

Utjecaj zelenih krovova na građevinu i okoliš

Edjut, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:288514>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Nikolina Edjut

Utjecaj zelenih krovova na građevinu i okoliš

Završni rad

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni preddiplomski studij
Građevinarstvo
Građevinske konstrukcije**

**Nikolina Edjut
JMBAG: 0114029814**

Utjecaj zelenih krovova na građevinu i okoliš

Završni rad

Rijeka, srpanj 2022.

Naziv studija: **Preddiplomski sveučilišni studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Arhitektura i urbanizam

Znanstvena grana: Arhitektonske konstrukcije, fizika zgrade, materijali i tehnologija građenja

Tema završnog rada

UTJECAJ ZELENIH KROVOVA NA GRAĐEVINU I OKOLIŠ
IMPACT OF GREEN ROOFS ON THE BUILDING AND THE ENVIRONMENT

Kandidatkinja: **NIKOLINA EDJUT**

Kolegij: **GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE**

Završni rad broj: **21-P-58**

Zadatak:

U radu treba analizirati i prezentirati koncept gradnje zelenih krovova te koliko oni utječu i mijenjaju zgradu i njen uži i širi okoliš. Rad treba sadržavati nekoliko cjelina: uvod - općenito o zelenim krovovima, povijest, principi projektiranja i izgradnje zelenih krovova te glavni dio rada posvećen utjecajima zelenih krovova na zgrade i okoliš, s oglednim primjerima.

U jednom poglavlju treba detaljnije prezentirati jedan odabrani primjer zelenog krova ili dati prijedlog uređenja jednog postojećeg objekta na razini idejnog projekta. Na kraju je potrebno dati zaključak i popis izvora i literature.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2021.

Mentorica:

izv. prof. dr. sc. Nana Palinić, d.i.a.

IZJAVA

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

Nikolina Edjut

U Rijeci, 2. ožujka 2022.

ZAHVALA

Zahvaljujem mentorici izv.prof.dr.sc. Nani Palinić, d.i.a. na razumjevanju i usmjeravanju tijekom pisanja i izrade završnog rada.

Sažetak

Zelena gradnja postaje sve popularnija metoda gradnje u modernom graditeljstvu. Porastom broja stanovnika javlja se sve veća potreba za napretkom i razvitkom urbanih područja, a to znači uklanjanje zelenih površina radi izgradnje građevina. U ovom završnom radu pobliže će se opisati zelena gradnja, točnije izrada zelenih krovova te će se odgovoriti na neka od najpopularnijih tema povezanih sa zelenim krovovima. Što su to zeleni krovovi, kada su nastali, kako su se razvijali tijekom prošlosti, koji sve tipovi zelenih krovova postoje, koji su slojevi zelenog krova, te će se pobliže opisati utjecaji zelenih krovova na građevinu i na okoliš. Također, rad će se dotaknuti i negativnih utjecaja zelenih krovova te će detaljnije opisati odabrani primjer zelenog krova.

Cilj rada je što više se približiti konceptu gradnje zelenih krovova, opisati na koje sve načine zeleni krovovi doprinose svojim pozitivnim učincima na okoliš te potaknuti na razmišljanje o poboljšanju prirode i vraćanju prirode na vrh građevina.

Ključne riječi: zeleni krovovi, priroda, održiva gradnja, očuvanje okoliša, zelene površine

Summary

Green building is becoming more and more popular method in modern architecture. With the rising number of world population there is greater need for progress and development of urban areas, but that unfortunately means removal of green areas for further building construction. In this final paper we will take a closer look at green building, more precisely green roofs, and will answer the most burning questions about green roofs. Some of which are: what are green roofs, when were they created, their development throughout the history, what kinds of green roofs exist, green roof layers, while the impact of green roofs on the building and the environment will be explained in more detail. Also, paper will touch upon negative impact of green roofs as well as detailed description of one selected example of green roof.

The main goal of this paper is to get familiar with the concept of building green roofs, describe in which way they contribute to the environment with many of their positive effects and encourage thinking of ways we can improve nature and return nature to the top of the buildings.

Keywords: green roofs, nature, sustainable building, environmental protection, green areas

SADRŽAJ RADA

1. UVOD	7
1.1. OPĆENITO O ZELENIM KROVOVIMA	8
1.1.1. EKSTENZIVNI ZELENI KROVOVI	12
1.1.2. INTENZIVNI ZELENI KROVOVI	13
1.1.3. BIOTOPSKI OZELENJENI KROVOVI	15
1.2. POVIJEST ZELENIH KROVOVA	16
1.3. SLOJEVI KONSTRUKCIJE ZELENIH KROVOVA	19
1.3.1. VEGETACIJSKI SLOJ	20
1.3.2. FILTERSKI SLOJ	21
1.3.3. DRENAŽNI SLOJ	22
1.3.4. ZAŠTITNI SLOJ	23
1.3.5. SLOJ ZAŠTITE OD KORIJENJA	24
1.3.6. RAZDJELNI SLOJ	25
2. UTJECAJ ZELENIH KROVOVA NA GRAĐEVINU I OKOLIŠ	26
2.1. TERMIČKA IZOLACIJA, SPOSOBNOST AKUMULACIJE TOPLINE	27
2.2. ZVUČNA IZOLACIJA (zaštita od buke)	29
2.3. ZAŠTITA OD ULTRALJUBIČASTOG ZRAČENJA I VELIKIH TEMPERATURNIH OSCILACIJA	30
2.4. VEZIVANJE PRAŠINE	31
2.5. POBOLJŠANJE MIKROKLIME	32
2.6. ELEMENT OBLIKOVANJA – POBOLJŠANJA KVALITETE ŽIVOTA	33
2.7. POBOLJŠANJE KVALITETE ZRAKA U GUSTO NASELJENIM PODRUČJIMA	34
2.8. POBOLJŠANJE ODVODNJE GRADA I VODNOG REŽIMA U OKOLICI	35
2.9. POVEĆANJE UKUPNE ZELENE POVRŠINE	36
2.10. NEGATIVNI UTJECAJI ZELENIH KROVOVA	38
3. ODABRANI PRIMJER ZELENOG KROVA	40
3.1. TEHNIČKI OPIS	41
3.2. NACRTNA DOKUMENTACIJA I FOTOGRAFIJE	42
4. ZAKLJUČAK	45
5. POPIS SLIKA	46
6. IZVORI I LITERATURA	50

1. UVOD

Svakodnevnim napretkom i dodatnim razvojem civilizacije dolazi do sve intenzivnijeg uklanjanja zelenih površina i parkova u svrhu daljnjeg širenja i razvoja gradova i industrijalizacije. Takav razvitak šteti samoj kvaliteti življenja u većim gradovima i razvijenim sredinama, smanjujući proizvodnju stvaranja kisika te emitiranjem velikih količina ugljika i ispušnih plinova.

Napretkom razvoja građevinarstva kao znanosti i sličnih tehničkih grana, nastoji se potaknuti razvitak i ukomponirati što više elemenata zelene gradnje u planirane projekte. Pažnja se počinje posvećivati upravo okolišu te pronalasku raznovrsnih rješenja, kojima bi se standard života u gradovima znatno poboljšao i učinio ugodnijim unatoč nedostatku zelenih površina za rekreaciju i odmor.

Kako razvoj tehnologije svakodnevno napreduje tako se javlja i znatni napredak u razvitku alternativnih građevinskih materijala, što ujedno može i znatno utjecati na cijenu izgradnje, ali također i na samo vrijeme ugradnje materijala. Prirodni materijali kao što su bambus, blato i trstika počinju se ponovno koristiti u visokogradnji, dok reciklirani materijali poput plastike i gume pokušavaju zamijeniti tradicionalne komponente u niskogradnji kod proizvodnje asfalta. Počinje se shvaćati da razvitak tehnologije ne mora značiti ujedno i početak korištenja novih materijala. Pažnja se više poklanja recikliranju materijala koji već postoje kao i vraćanje na prvobitne materijale koji su služili za izgradnju stambenih prostora od davnina. Iako se način i postupak građenja razlikuje od onog od prije par tisuća godina, dokazano je da su ljudi već tada počinjali ekonomično razmišljati i pronalaziti rješenja kako uklopiti prirodu u sam proces građenja.

Zelena gradnja postaje sve prihvaćenija u radnom društvu, a potreba za uvođenjem zelenila u gradove u kojima nema prostora namijenjenog okolišu je sve veća i veća. Kao jedan od sve popularnijih primjera javljaju se upravo zeleni krovovi. Usprkos svojem očaravajućem izgledu, imaju vrlo veliki utjecaj na okoliš i to ne samo u pogledu poboljšanja okolne atmosfere, već služe i kao uspješni termički izolatori topline i hladnoće, što je vrlo velika pozitivna karakteristika za zemlje u kojima su oscilacije u temperaturi vrlo velike.

U ovom radu analizirati će se koncept gradnje zelenih krovova, njihova povijest, karakteristike te kako oni utječu na zgradu i njen uži i širi okoliš. Možemo reći da su zeleni krovovi dio prirode koja je prenesena iz okoliša na vrh zgrada i kuća.

1.1. OPĆENITO O ZELENIM KROVOVIMA

Zeleni krovovi su odlični alternativni načini dovođenja prirode u područja s manjkom zelenila. Kako krovovi zgrada zauzimaju veliku kvadratnu površinu, a najčešće su neiskorišteni do svojeg punog potencijala, savršeno su mjesto za izvođenje vrtova, terasa pa čak i parkova. Na izgradnji zelenih krovova nisu zahvalni samo ljudi koji dobivaju mjesto za rekreaciju i relaksaciju, već od izgradnje zelenih krovova koristi imaju i životinje i razne biljne vrste koje dobivaju nova utočišta, staništa i skloništa.



Slika 1 – 4: Zeleni krovovi na stambenim zgradama

Iako zeleni krovovi pridonose obnovi prirode i ostavljaju dojam da kod njihovog dizajna i projektiranja ima vrlo malo prepreka i ograničenja, potrebno je poštovati pravila koja dolaze sa njihovom izgradnjom.

Kod ravnih zelenih krovova dovoljna kosina, tj. nagib je 0,5 %, koji omogućuje da padaline bez problema mogu otjecati te da se ne zadržavaju na krovu u prekomjernim količinama. Kosi zeleni krovovi zahtijevaju više kreativnosti i prilagodbe. Prilikom projektiranja nagib ne bi trebao biti veći od 40 ° zbog održavanja kompaktnosti zelene mase te moguće pojave erozije. Unatoč tome, postoje metode gradnje koje podržavaju veće nagibe krovova, ali one zahtijevaju i veća financijska sredstva zbog svoje složenosti izgradnje. O nagibu krova ovisi koja će nam vrsta drenaže biti potrebna. Dobro odabrana i izvedena drenaža je vrlo važna jer sprječava oštećenja hidroizolacijskog sloja, čime se dobiva dugotrajniji vijek trajanja samog krova. (1)

Pri spomenu na zelene krovove najčešće vizualiziramo stambene zgrade i kuće sa ozelenjenim krovovima ili raskošnim vrtovima, međutim danas možemo naći zelene krovove u ruralnim dijelovima svijeta koji se još uvijek koriste kao krovovi za vinske podrumne i grobnice. Zbog svojeg odličnog termoizolacijskog svojstva zadržavaju jednoliku temperaturu unutar objekata što je poprilično bitno u procesu nastanka vina, gdje temperatura ne smije naglo postizati velike oscilacije.



Slika 5, 6: Stari vinski podrumi

Na Slici 5 prikazani su vinski podrumi u Hercegovini u Mađarskoj karakteristični prema svojem trokutastom obliku ulaznih vrata. Mogu biti dvoetažni, ali nalaze se i podrumi sa tri etaže, 10 - 40 m dubine. Upisani su u Registar svjetske baštine. (4)

Na Slici 6 prikazane su špilje koje se nalaze u Pietragalli u Italiji. U sklopu sela nalazi se 200 špilja koje se koriste za spremanje grožđa i izradu vina. Stare su oko 700-800 godina. (5, 6)



Slika 7: Grobnica Newgrange, Irska

Na Slici 7 prikazana je grobnica Newgrange u Irskoj, izgrađena 3200 g.pr.Kr. što je čini oko 600 godina starijom od piramida u Gizi, Egipat. Prolaz, komora i krov izgrađeni su u potpunosti bez veziva, žbuke, a praznine između krovnog kamenja popunjavale su se morskim pijeskom. Za izgradnju je bilo potrebno 200 000 tona materijala i pretpostavlja se da je trajala 30 godina. Na svojem najširem dijelu doseže čak 85 metara. (7)

Financije su danas jedan od glavnih aspekata gradnje ako ne i najvažniji, jer bez dovoljne financijske potpore sama izgradnja ne bi bila moguća. Međutim, zelena gradnja može produžiti vijek trajanja krova za 200 % , tako što se sloj hidroizolacijske membrane pokriva sa zemljom i vegetacijom, što štiti membranu od ultra-ljubičastih zračenja i fizičkih oštećenja. Početna cijena postavljanja zelenog krova može bit i dvostruko veća od postavljanja običnog krova sa crijepovima, zbog čega mnogi investitori odmah odustanu od ulaganja na početku, ali uzevši u obzir da se većina materijala koja se koristi za izgradnju može spasiti i ponovno upotrijebiti, procijenjeno je da cijena zamjene zelenog krova iznosi tek trećinu početne cijene ugradnje krova. Stoga visoka početna cijena vrijedi svih onih pozitivnih efekata šta ćemo

opaziti i primijetiti na građevini, društvu i atmosferi, kada se početni ulog počne vraćati tijekom godina. (1)

Cijena ugradnje ovisi o više faktora, od kojih neki ovise o: regiji u kojoj se radi, mogućnostima pronalaska biljnih vrsta koje će se ugrađivati, nagibu krova, stanju konstrukcije dok je možda i najbitniji faktor sam tip zelenog krova.

Postoji više vrsta zelenih krovova s obzirom na njihov način izgradnje, dubini sadnje vegetacije te potrebnoj količini održavanja:

- Ekstenzivni zeleni krovovi,
- Intenzivni zeleni krovovi,
- Biotopski ozelenjeni krovovi.

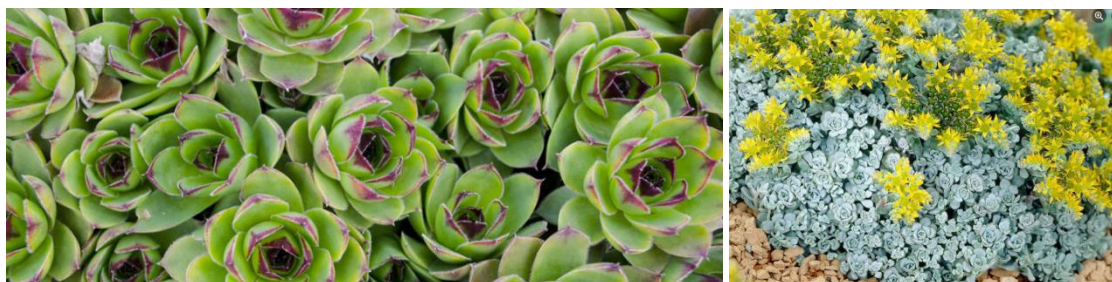
1.1.1. EKSTENZIVNI ZELENI KROVOVI

Ekstenzivni zeleni krov ima najjednostavniju izvedbu. To su krovovi kod kojih nasipano tlo ne prelazi 15cm. Najpovoljnije biljke za ovakve krovove su mahovine, nisko cvijeće i sukulenti, tj. biljke koje ne rastu pretjerano u visinu i biljke kojima nije potrebna velika količina vode.



Slika 8: Izgled ekstenzivnog zelenog krova

Kako sustav navodnjavanja nije preko potreban za ekstenzivne zelene krovove, oni su pogodni za izgradnju na zgradama koje ne moraju imati izlaz na krov. Unatoč niskim zahtjevima za održavanje, uklanjanje korova te povremena prihrana i sadnja novih biljaka, odvija se par puta godišnje. Ovaj tip zelenog krova smatra se također najlakšom vrstom zelenog krova, težina se kreće od 50 do 200 kg/m². Težina krova prvenstveno ovisi o debljini nanesenog supstrata, a u manjoj količini o vrsti posađenih biljaka. Pogodan je za krovove s nagibom, ali i za adaptacije starijih krovova jer težina nije velika pa nije potrebno posebno izvoditi konstrukciju koja bi mogla nositi veća opterećenja. (1, 8)



Slika 9, 10 : Tip biljaka pogodan za ekstenzivni zeleni krov

Ovakvom izvedbom može se dobiti vrlo kvalitetan krov čija će funkcija i trajnost sa pravilnom izvedbom i održavanjem biti znatno duža nego ona klasičnog krova.



Slika 11: Slojevi ekstenzivnog zelenog krova

1.1.2. INTENZIVNI ZELENİ KROVOVI

Intenzivan zeleni krov ima daleko veće mogućnosti dizajniranja i uređivanja vrtova, jer ako je vegetacijski sloj dovoljno dubok te ako je osigurano dovoljno nutrienata i vode, biljke mogu rasti gotovo u istim uvjetima kao i u dvorištu na zemlji. Opterećenje na konstrukciju se kreće od 150 kg/m^2 za slojeve krova oko 20 cm, a pošto debljina supstrata može biti znatno veća, čak i preko 100 cm, sama težina krova može preći 1000 kg/m^2 . Upravo zbog velike težine krova, pri projektiranju je bitno uzeti u obzir opterećenje koje će djelovati na konstrukciju građevine bilo ono konstantno, kontinuirano ili točkasto. Raznovrsnost biljaka nije određena te se mogu saditi biljke od trave i grmlja pa sve do manjeg drveća neovisno o njihovoj visini.



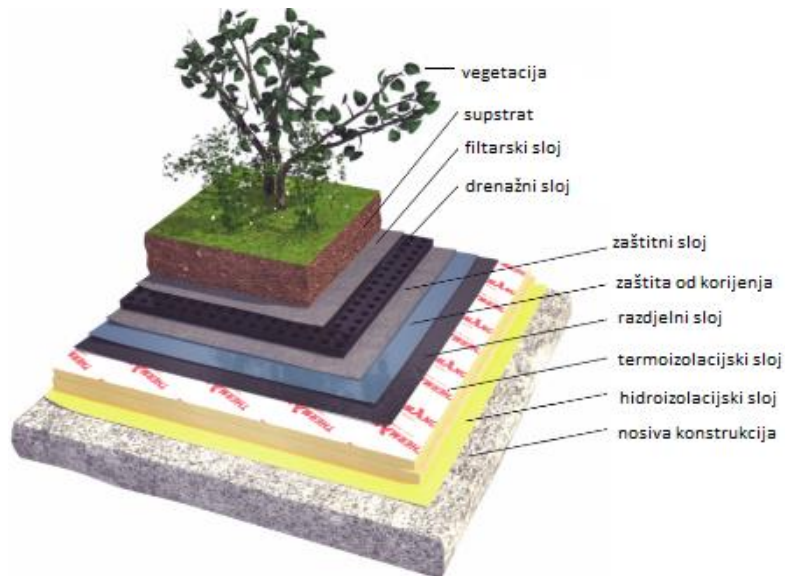
Slika 12, 13: Tip biljaka pogodan za intenzivni zeleni krov

Bitno je napomenuti da intenzivni zeleni krovovi zahtjevaju redovito održavanje, gdje je ovisno o vrsti zasađenih biljaka potrebno provesti redovito zalijevanje, uklanjanje korova te košnju.



Slika 14: Izgled intenzivnog zelenog krova

Iako intenzivni zeleni krovovi zahtjevaju i veća financijska ulaganja i održavanja, oni nam daju i više pozitivnih učinaka. Zahvaljujući svojem debelom sloju zemlje, 90% padalina se zadržava i infiltrira, što je vrlo korisna informacija za područja s znatnom količinom padalina. Također, kako debeli sloj zemlje omogućuje gotovo neograničene mogućnosti sadnje, sve više se počinje saditi voće i povrće. Zbog toga, iako ljudi žive u razvijenim urbanim sredinama, uređenjem krovova poput vrtova i parkova, omogućen im je osjećaj prirode i agrikulture. (1, 9)



Slika 15: Slojevi intenzivnog zelenog krova

1.1.3. BIOTOPSKI OZELENJENI KROVOVI

Biotopski ozelenjeni krov je tip krova koji se temelji na prirodnom nosivom sloju, na njemu raste samo autohtona vegetacija koja je specifična za područje izgradnje. Stapa se sa prirodom u jedan kontinuiran izgled te se dobiva dojam da je građevina dio krajolika. Zbog svojstva prilagodljivosti klimi i podneblju, ne zahtjeva navodnjavanje niti posebne metode održavanja, što znatno smanjuje financijske troškove. Može izdržati duža sušna razdoblja bez problema.

Ovakav tip krova može biti ekstenzivni, intenzivni ili kombinacija navedenih, ovisno o tipu vegetacije koja prevladava u okolišu. (1)



Slika 16, 17: Biotopski zeleni krov na kući Malator u Druidstoneu, Wales

1.2. POVIJEST ZELENIH KROVOVA

Nastanak i razvoj zelenih krovova ne možemo pripisati suvremenim tehnološkim idejama. Sam koncept izgradnje zelenih krovova poznat je od davnina. Tadašnji ljudi nisu znali graditi trajne kuće kakve danas poznajemo pa su smještaje morali tražiti u prirodnim zaklonima. Vegetacija je pokrivala špilje, jame i razna druga prirodna skloništa te je prvenstveno služila za zaštitu od nepovoljnih vremenskih uvjeta i prirodnih neprijatelja. Špilje su pružale sigurnost jer su otvorene najčešće samo s jedne strane te je obrana kućanstva bila olakšana jer se dolazak neprijatelja mogao očekivati samo s jedne strane, a visoko okolno zelenilo omogućavalo je stapanje špilja sa prirodom.

U to vrijeme zeleni pokrovi bili su od vrlo velike važnosti jer su osiguravali ugodan smještaj ljudi i životinja te prihvatljive temperature tijekom raznih vremenskih razdoblja. Temperature se nisu znatno povećavale ili snižavale zbog činjenice da su se zakloni nalazili ispod debelog sloja stijena i zemlje, a neki čak i pod zemljom. (10, 11)



Slike 18, 19: Špilje u kojima su pronađeni tragovi života neandertalaca

Na prijelazu iz 9. u 8. st.pr.Kr. izgrađeni su Viseći vrtovi Babilona uz rijeku Euftrat, poznatiji kao i Semiramidini viseći vrtovi koji se smatraju prvim primjerom ozeljenjavanja zgrada sa florom radi ljepšeg estetskog izgleda. Upravo zbog svojeg očaravajućeg i neobičnog izgleda se smatraju jednim od sedam svjetskih čuda drvenog svijeta. Vrtovi su rasli preko velikih kamenih stupova i krovova koji su bili izolirani trskom i katranom kako voda ne bi prodrjela u konstrukciju te izazvala vidljiva ili nevidljiva oštećenja. Sama lokacija Semiramidinih visećih vrtova postala je tabu tema u prošlim stoljećima, jer iako ima nekih arheoloških dokaza da su

vrtovi postojali na tom području, vrlo ih je malo te nedovoljno da se potvrdi postojanje tako opsežnih i veličanstvenih vrtova. (11)



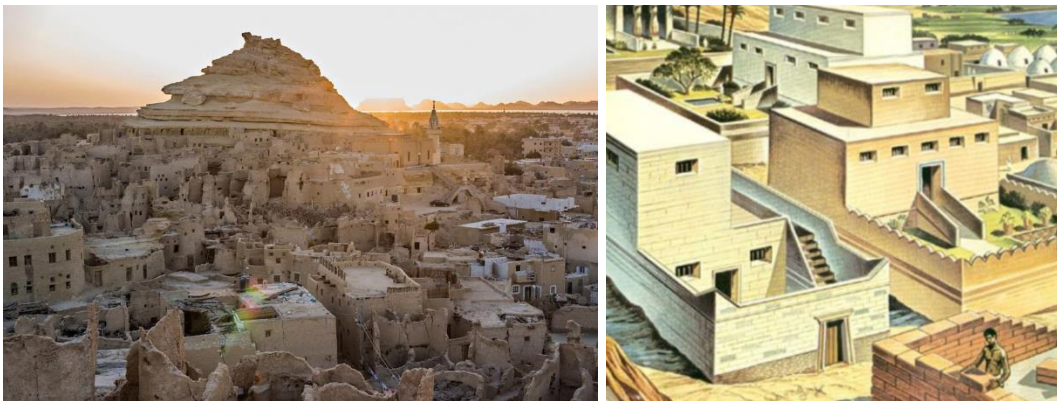
Slika 20, 21: Ilustracije Semiramidinih visećih vrtova

S razvojem građevinarstva i većim shvaćanjem tehnika građenja, ljudi počinju stavljati busene, treset i trave na svoje krovove kako bi što bolje izolirali unutrašnjost građevine. Trend se najviše očitovao u Skandinavskim zemljama, gdje su upravo Vikinzi počeli koristiti takav sustav gradnje. Uvidjevši razne pozitivne efekte koje takav način izgradnje ima na građevinu, odlučili su iskoristiti zemlju i vegetaciju kao toplinske izolatore te si time omogućiti ugodnije stanovanje bez velikih oscilacija temperatura tijekom godine. Također, zeleni krovovi su imali veliku ulogu kod smanjivanja šteta od kiša i poplava, koje su u tim predjelima česte i snažne. Kiša bi se infiltrirala kroz slojeve krova te time spriječavala brze otokе vode niz krovove, time bi se odmah smanjivale šanse za skupljanjem velikih količina voda i padalina na jednom mjestu te nastanka velikih poplava. Sustav se brzo proširio Skandinavskim zemljama jer je imao razne pozitivne doprinose te je definitivno olakšavao svakodnevni život pogotovo jer sustavi odvodnje kišnice još nisu bili dobro razvijeni. (1, 12)



Slika 22, 23: Tradicionalna Skandinavska kuća (lijevo), Zeleni krov od treseta (desno)

Prvi ravni krovovi počeli su se pojavljivati još u Mezopotamiji i Egiptu, gdje je krov bio položen na ravne grede koje su nosili stupovi i zidovi. Međutim razvoj ravnih krovova kakve danas poznajemo počinje u prvoj polovici 20. stoljeća i to početkom uporabe novih građevinskih materijala kao što su armirani beton i čelik. Ravni krovovi od armiranog betona sami po sebi imaju veliku masu koju je potrebno pravilno poduprijeti i osigurati kako ne bi došlo do urušavanja građevine i ugrožavanja ljudskih života i imovine. Razvitkom armiranog betona, dopušta se postizanje i dosezanje još većih raspona, a s time i omogućuje podupiranje još veće težine ploča i tereta na pločama. Upravo to je glavna osobina koja je bitna kod zelenih krovova, jer njihovi slojevi izolacije, zemlje i ostalih potrebnih materijala za pravilnu izgradnju nisu ni malo lagani. Pogotovo nakon pada velikih količina kiša gdje se težina krovova znatno povećava ako ne i udvostručava. Sama konstrukcija i postavljanje ravnih krovova ne bi bilo moguće bez prethodnog razvoja hidroizolacijskih materijala, koji su danas neizbježni materijal bilo u gradnji ravnih ili kosih krovova, a sprječavaju prodiranje vode u samu konstrukciju. (13, 14)



Slika 24, 25: Ravni krovovi u Egiptu; danas (lijevo), u drevnim vremenima (desno)



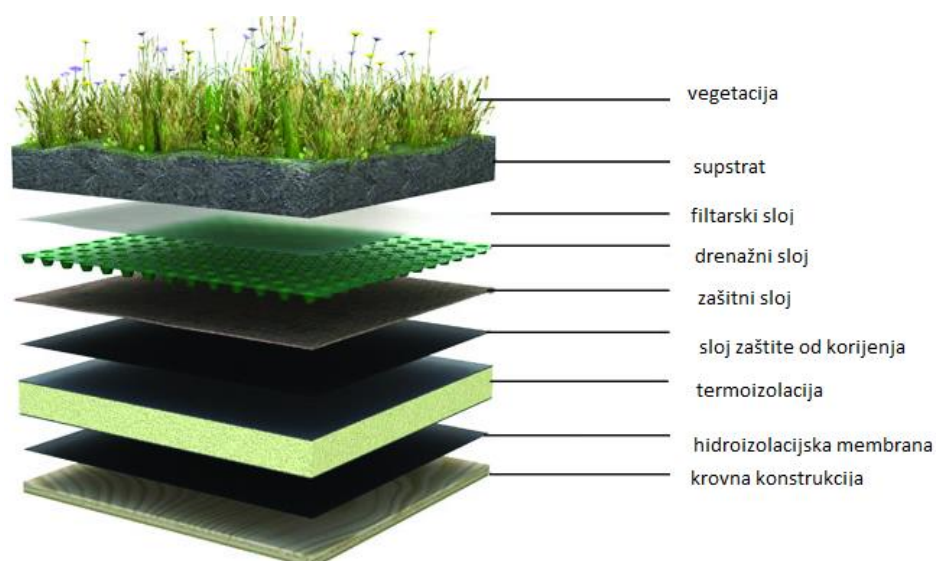
Slika 26, 27: Ravni krovovi na stambenim zgradama od armiranog betona

1.3. SLOJEVI KONSTRUKCIJE ZELENIH KROVOVA

Slojevi krovova su vrlo važni u samoj konstrukciji zelenih krovova pa tako i međusobno povezivanje tih slojeva. Izvedba zahtijeva iskusne stručnjake i kvalitetan materijal, koji kada je pravilno izveden čini nepropusni krov čija će funkcija trajati naraštajima. Projektirana krovna konstrukcija treba zadovoljiti zahtjeve trajnosti, protupožarne sigurnosti i razgradivosti, a kako bi se to postiglo međusobno je potrebno uskladiti arhitekturu, statiku, fiziku zgrade, vegetaciju pa sve i do građevinskih dozvola, tehničkih zahtjeva i estetskog izgleda. Krovna konstrukcija se u najviše slučajeva sastoji od nosive konstrukcije koju čini armiranobetonska ploča, na nju dolazi pravilno odabran i postavljen sustav izolacije, koji je tada prekriven zelenom površinom čija debljina ovisi o tipu zelenog krova.

Osnovni slojevi zelenih krovova:

1. Vegetacijski sloj
2. Filtarski sloj
3. Drenažni sloj
4. Zaštitni sloj
5. Sloj zaštite od korijenja
6. Razdjelni sloj (15, 16, 41)



Slika 28: Osnovni slojevi zelenog krova

1.3.1. VEGETACIJSKI SLOJ

Vegetacijski sloj je površinski sloj zelenog krova vidljiv golim okom. Sastoji se od biljaka i supstrata. Ovisno o tipu zelenog krova, razlikovati će se i zasađene biljke. Biljke se sastoje od nadzemnog, vidljivog djela i od podzemnog, nevidljivog djela u kojem je korijen usko vezan uz supstrat. Pri sađenju pojedinih biljaka treba unaprijed isplanirati njihovo održavanje tijekom godine, troškovi održavanja nisu jeftini, stoga se proračunavaju skupa sa ostalim troškovima potrebnim za građenje konstrukcije. Potrebno je dobro proučiti koje biljke rastu u kakvim klimatskim uvjetima, jer je zeleni krov sam po sebi izložen raznim klimatskim uvjetima kao: kiša, snijeg, mraz, led, suša te je osigurati da ne bi došlo do sušenja i truljenja biljaka uslijed ne predviđenih klimatskih okolnosti. Biljke imaju sposobnost prepoznavanja hladnog i toplog vremena te se s time prilagođavaju okolini.



Slika 29, 30: Japansko grmlje naranče (lijevo), Engleski jaglac (desno) ,
biljke pogodne za rast zimi

Supstrat je zemljani dio iz kojeg biljke dobivaju vodu te sve hranjive tvari i nutrijente potrebne za život. Debljina supstrata također ovisi o tipu izvedenog zelenog krova, ali isto tako ovisi i o području u kojem se izgrađuje. Što je veća debljina supstrata to zeleni krov ima veću sposobnost akumulacije topline te zagrijavanje i hlađenje građevine tijekom različitih godišnjih doba.

Krovovi nisu predviđeni za sadnju teških biljaka poput drveća, jer imaju duboko korijenje, a svojom težinom samo povećavaju točkasto naprezanje na građevini.

Klasični zeleni krovovi znatno ovise o vegetacijskom sloju koji krovu daje njegov prepoznatljiv izgled te razne pozitivne karakteristike, stoga, vegetacijski sloj je neizostavni dio zelenih krovova koji upotpunjuje projektirani estetski izgled krova. (15, 17)

1.3.2. FILTERSKI SLOJ

Filtarski sloj sprječava ispiranje sitnih čestica supstrata u drenažni sloj, a osigurava slobodan protok vode, čime se postiže funkcionalnost drenažnog sloja. Postavlja se između vegetacijskog sloja i drenažnog sloja, a dolazi u obliku namotanog tankog sloja poliestera, najčešće geotekstila, materijala sastavljenog od sintetskih vlakana koji je otporan na truljenje. Materijal koji služi pri ugradnji filtarskog sloja zelenih krovova mora zadržati i spriječiti prodor najmanje 90% supstrata. Većina poliestera nije biorazgradiva, međutim postoji prirodni poliestar koji je razgradiv, te o tome treba voditi računa pri ugradnji filtarskog sloja. (18, 19)



Slika 31, Slika 32: Geotekstil korišten za filtarski sloj zelenih krovova

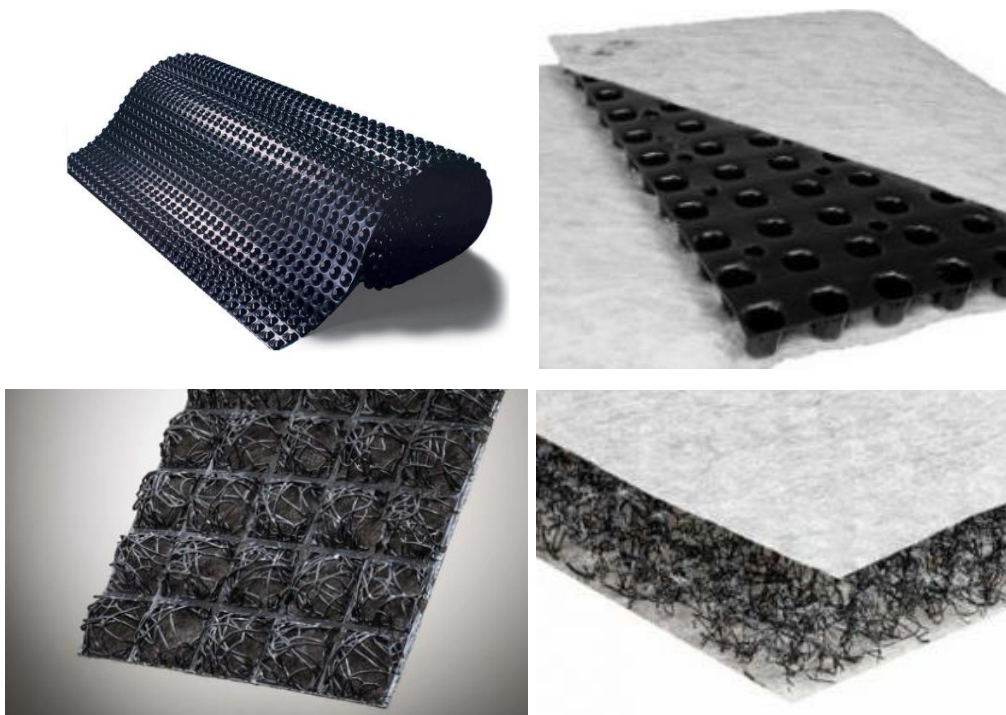
Kada filtarskog sloja ne bi bilo, ne bi postojala nikakva zaštita od prodora supstrata (zemlje) u drenažni sloj. Funkcionalnost zelenog krova bi opadala, jer bi drenaža bila začepljena te voda ne bi mogla otjecati.



Slika 33, 34: Postavljanje filtarskog sloja

1.3.3. DRENAŽNI SLOJ

Drenažni sloj je od izuzetne važnosti za pravilno dreniranje kiše i palih oborina na zeleni krov. Služi za odvodnju viška vode, prozračivanje zone korijenja, a može služiti i za pohranu vode i hranjivih tvari za opskrbljivanje biljaka. Postavlja se između filtarskog sloja i zaštitnog sloja. Može doći u obliku prešanih plastičnih kadica, obloge od vlaknastog tkanja, čepićaste ili čvornate folije ili ploče od sintetičkih vlakana ili pak drenažne trake od pjenastog materijala.



Slika 35, 36, 37, 38: Sintetski materijali drenažnog sloja

Međutim postoji i mogućnost postavljanja drenažnog sloja od prirodnih materijala od ekspanzirane gline ili grubog šljunka, krupno zrnatih materijala koji imaju mogućnost provođenja vode između šupljina nasutog materijala. (20)

Drenažni sloj odabire se s obzirom na nagib krova, količinu potrebnog dreniranja i lokaciju. (21)



Slika 39, 40: Prirodni materijali drenažnog sloja

1.3.4. ZAŠTITNI SLOJ

Zaštitni sloj smješten je ispod drenažnog sloja, a služi za zaštitu tijekom izvođenja radova i sprječava koncentrirano naprezanje na građevini. Mora biti testiran na probijanje i urastanje korijenja kako bi se osiguralo sigurno izvođenje radova bez proboja. Postavlja se preko cijele površine koja planira biti prekrivena vegetacijskim slojem, tj. supstratom koji sadrži plitko ili duboko korijenje zasađenih biljaka.

Zaštitni sloj može biti sastavljen od sljedećih materijala: poliester (PES), kemijskih vlakana, vlakana sirovog stakla, polietilenske folije debljine 0,2 – 0,4 mm, polietilenske spužve debljine 3 mm ili PVC polutvrde folije debljine 1 mm. (15, 19)



Slika 41, 42: Različiti materijali zaštitnog sloja zelenog krova

1.3.5. SLOJ ZAŠTITE OD KORIJENJA

Zaštita od prodora korijenja napravljena je od fleksibilnih materijala koji preusmjeravaju korijenje, kako ne bi došlo do prodora u dublje dijelove krovne konstrukcije. Ponajviše služe za zaštitu hidroizolacije kako ne bi došlo do oštećivanja građevine.

Sloj zaštite od korijenja ne sadrži kemikalije ili štetne spojeve koji bi mogli negativno reagirati i utjecati na krov, tlo ili biljke. Materijali koji se najčešće koriste su PVC folije ili trake, velike čvrstoće, a postavljaju se preko cijele površine predviđene za vegetaciju, neprekinutom ugradnjom. Ugradnja se postavlja slično kao i hidroizolacija, potrebno je produžiti zaštitnu foliju 1,5m izvan površine ugradnje vegetacije, produženi dio zaštićuje se slojem šljunka. (22, 23)



Slika 43, 44, 45: Zaštitni sloj zelenih krovova od korijenja

Svaki tip zelenog krova, ekstenzivni, intenzivni ili biološki moraju imati ugrađen sloj zaštite od korijenja, unatoč tome što je u ekstenzivnim krovovima manja vjerojatnost od prodiranja korijenja pošto se sade manje biljke koje nemaju duboko i veliko korijenje.

1.3.6. RAZDJELNI SLOJ

Razdjelni sloj poznati kao i klizni sloj, dolazi nakon sloja zaštite od korijenja, može se reći da je to posljednji sloj zelenog krova prije slojeva izolacija i nosive konstrukcije. Odvaja krovno zelenilo, živi dio krova, od krovne konstrukcije. Izvodi se u obliku folija koje štite od mehaničkih utjecaja. Folije su napravljene od finih polipropilenskih vlakana, crne su boje, otporne na djelovanje mikroorganizama i truljenje.(22, 24)



Slika 46, 47: Materijali za izvedbu razdjelnog sloja

Nakon razdjelnog sloja slijede svi standardni slojevi ravnog krova, koji ovise o tipu krova (klasičan, obrnuti, hladni, topli). Primjerice:

- hidroizolacija,
- termoizolacija,
- izolacija buke (po potrebi),
- nosiva konstrukcija (betonska, armiranobetonska, metalna ili drvena).

2. UTJECAJ ZELENIH KROVOVA NA GRAĐEVINU I OKOLIŠ

Zeleni krovovi su praktični, ne samo u smislu funkcije koju krovovi imaju da štite konstrukciju od vanjskih utjecaja, koja im je prvobitna zadaća, već imaju i vrlo snažan utjecaj na građevinu, a pogotovo okoliš. Kroz razne pokuse i proučavanja dokazano je da ugradnja zelenog krova znatno utječe na mikroklimu te ima pozitivne učinke na fiziku zgrada. Svakodnevnim napretkom tehnologije dolazimo do novih metoda koje nam olakšavaju ugradnju brojnih i bitnih slojeva zelenih krovova, a samim time pronalazimo i uviđamo nova pozitivna svojstva koja se javljaju ponajprije na okolnoj atmosferi pa i samoj konstrukciji.

Neka od mnogobrojnih pozitivnih karakteristika zelenih krovova jesu:

1. dobra termička izolacija,
2. dobra zvučna izolacija,
3. zaštita od ultraljubičastih zračenja i velikih temperaturnih oscilacija,
4. sposobnost vezivanja prašine,
5. poboljšanje mikroklime,
6. poboljšanje kvalitete života,
7. poboljšanje kvalitete zraka u gusto naseljenim područjima,
8. poboljšanje odvodnje grada i vodnog režima u okolici,
9. povećanje ukupne zelene površine,
10. veća zaštita od oštećenja,
11. produženi vijek trajanja.

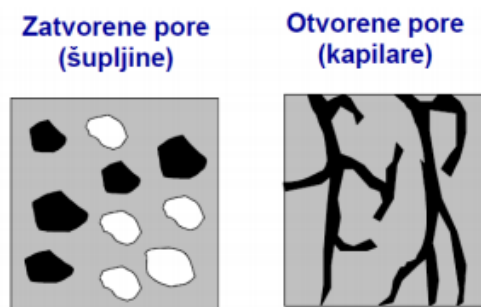
Nabrojena svojstva su samo od neka od mnogobrojnih prednosti koje zeleni krovovi imaju u odnosu na klasične krovove.

U nastavku se detaljnije opisuju neka od glavnih i najznačajnijih karakteristika zelenih krovova.

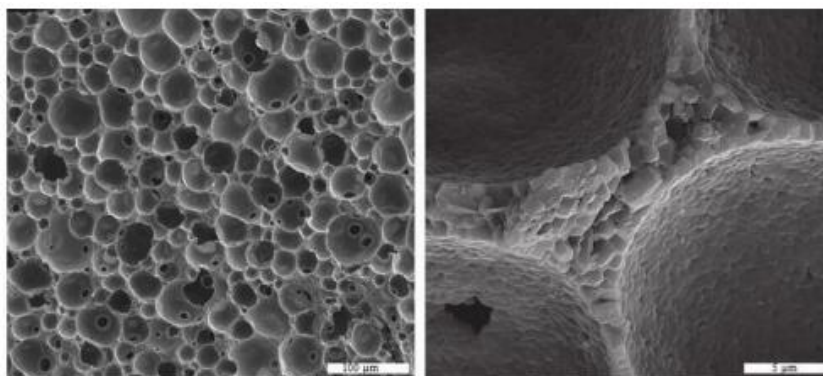
2.1. TERMIČKA IZOLACIJA, SPOSOBNOST AKUMULACIJE TOPLINE

Zamjena svakodnevnih ravnih, tamnih krovova sa zelenim krovovima može značajno umanjiti temperature nastale na vrhu građevine. Zeleni krovovi su izvrsni toplinski izolatori zahvaljujući debelom sloju supstrata koji ima veliki porozitet, a s time i mogućnost akumulacije čestica zraka i topline.

Poroznost je važna strukturalna karakteristika materijala pogotovo kod supstrata materijala zelenog krova. Predstavlja prisustvo praznog prostora unutar čvrste tvari, možemo reći da je poroznost dio volumena materijala koji nije ispunjen čvrstom tvari. S obzirom na veličinu pora razlikujemo: zatvorene pore, i otvorene pore. Zatvorene pore (šupljine) su odgovorne za termička i akustička svojstva materijala, a otvorene pore (kapilare) su odgovorne za propusnost materijala. (22)



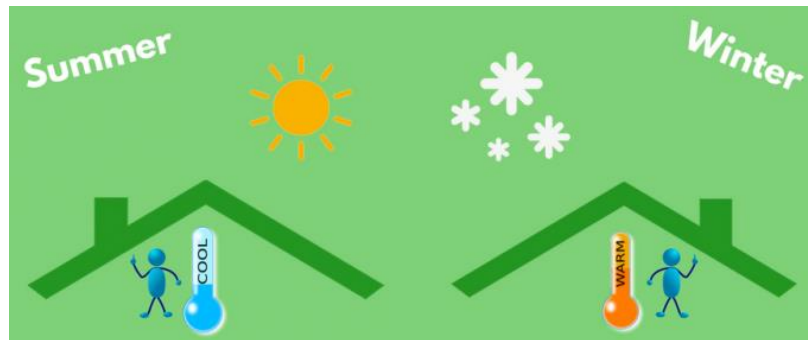
Slika 48.: Prikaz otvorenih i zatvorenih pora



Slika 49: Prikaz poroznosti materijala na mikroskopskoj razini

Svojstvo izolacije zelenih krovova otkriveno je u povijesnim građevinama, gdje je debljina slojeva krovova znala doseći i 100 cm, ovisno o području u kojem su se izvodili. Što su bolje

bili izvedeni slojevi krovova i što im je debljina bila veća, time se omogućavala bolja toplinska zaštita zimi i osiguravala ugodna temperatura ljeti, jer visoke temperature okoliša nisu mogle proći kroz slojeve krova.



Slika 50: Izolacijska svojstva zelenog krova na građevinu

Iako u zelenih krovova supstrat služi kao vrlo koristan termički izolator, termička izolacija je vrlo važna stavka koja nikako ne treba pasti u zaborav. Građevinske objekte potrebno je izolirati sa svih strana, kako bi se umanjili mogući potencijalni gubitci, ali posebna pažnja se posvećuje izolaciji krovova, gdje gubitci mogu biti značajni. U slučajevima gdje objekt ima samo jednu etažu, gubitci toplinske energije kroz krov mogu iznositi i do 50 % ukupnih gubitaka. (25)

Termička izolacija dolazi u raznim oblicima, ovisno o potrebnim uvjetima i zahtjevima okoliša i građevina, a najčešće su u obliku ploča koje se jednostavno postavljaju na već postojeću konstrukciju. Debljina izolacijskog sloja određuje se toplinskim proračunom, koeficijentom prolaska topline U. Što je koeficijent prolaska topline manji, to je toplinska zaštita zgrade veća i bolja. (26)



Slika 51, 52: Izgled i postavljanje termičke izolacije

2.2. ZVUČNA IZOLACIJA (zaštita od buke)

Jedna od mnogih pozitivnih karakteristika zelenih krovova, jest sposobnost zelenih krovova da apsorbiraju i smanjuju količinu okolne buke, stoga služe kao dobri zvučni izolatori.

Razina buke može doseći velike frekvencije, što nije niti malo ugodno, pogotovo u gusto naseljenim područjima, u područjima oko tvornica, noćnih klubova, koncertnih dvorana ili aerodroma.

Zeleni krovovi utječu na dio zvuka koji se inače odbija od tvrdih površina. Zvučni valovi se mogu apsorbirati, reflektirati ili odbijati s površina krovova. Zeleni krovovi smanjuju refleksiju zvuka sa krovnih površina do 3 decibela (dB). Kombinacije biljaka, tla i zarobljenih slojeva zraka unutar supstrata djeluju kao barijera za izolaciju zvuka. Dok medij za rast biljaka, supstrat, blokira niže zvučne frekvencije, biljke nastoje blokirati više frekvencije. Moguća količina apsorbiranog zvuka ovisi o tipu korištenog sustava i dubini ugradnje supstrata. Što je veća dubina i debljina ugradnje supstrata, to je veći izolacijski učinak. Stoga, zeleni krov debljine supstrata 12 cm, može smanjiti frekvencije zvuka za 40 dBa. (27)



Slika 53: Apsorpcija i emitiranje zvuka

Postotak krova prekrivenog zelenilom od uvelike je važnosti za apsorpciju zvuka isto kao i nagib zelenog krova. Kosi zeleni krov ima veću mogućnost apsorpcije zvuka od ravnog zelenog krova, zbog toga što postoji veća interakcija između zvučnih valova i postojeće podloge krova. (28)

Zvučna izolacija od velike je važnosti i u slučajevima prohodnih zelenih krovova, koji su namijenjeni kao igrališta ili parkovi, gdje se zvuk i vibracije trebaju apsorbirati kako ne bi došlo do ometanja stanara koji žive u potkrovlju.

2.3. ZAŠTITA OD ULTRALJUBIČASTOG ZRAČENJA I VELIKIH TEMPERATURNIH OSCILACIJA

Zeleni krovovi produljuju sam vijek trajanja krova, štiteći ga od ultraljubičastog zračenja i štetnih vanjskih utjecaja klime. Ultraljubičasto zračenje i visoke ljetne koncentracije ozona u zraku ubrzavaju proces starenja membrana i slojeva krovova, što uzrokuje zamor materijala, skupljanje materijala, nastanak pukotina te na kraju i „prokišnjavaње“ krova.

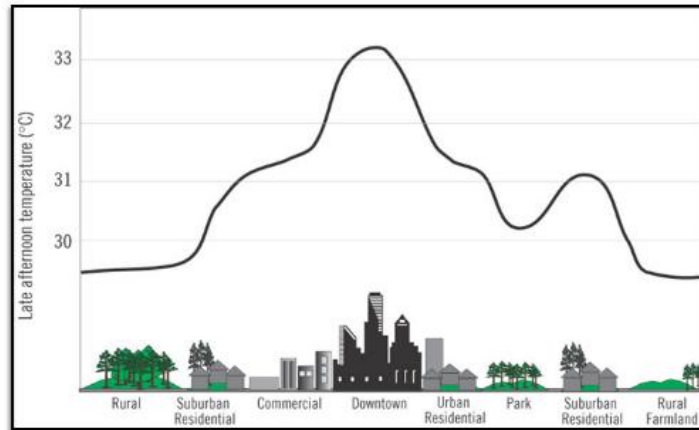


Slika 54, 55: Oštećenja krovova uslijed vanjskih utjecaja

Na površini završnog sloja klasičnog ravnog krova, godišnje oscilacije u temperaturi dosežu i do 100° C. Zimi se krov može ohladiti do -20° C, a ljeti temperature mogu doseći i vrtočlavih +80° C. Kako su slojevi krovova izloženi različitim temperaturama, dolazi do velikih dodatnih naprezanja na konstrukciju. Oscilacije kod zelenih krovova su nešto manje te se kreću u rasponu od +25° C. (29, 30)

Tradicionalni građevinski materijali upijaju sunčevo zračenje te ga emitiraju kao toplinu. Zbog toga, gusto naseljena područja mogu biti i do 4° C toplija nego okolna područja sa manjom količinom građevina. Ovaj efekt možemo osjetiti i na svojoj koži, pogotovo ljeti kada stanemo na krov garaža te osjetimo „isparavanje“ topline iz usijanog tamnog poda. Međutim, zeleni krovovi upijaju samo 13 % sunčevog zračenja, 60 % sunčevog zračenja upija raslinje te zasađene biljke, a ostalih 27 % zeleni krovovi u potpunosti odbijaju. (1, 29)

Na Slici 72. prikazan je dijagram koji nam detaljnije prikazuje raspored toplinskih oscilacija u razvijenim sredinama. Najveće temperature se postižu iznad stambenih zgrada i tvornica u gusto urbaniziranim dijelovima gradova, dok se najmanja temperatura nalazi iznad parkova i ruralnih područja koja su više ozelenjena.



Slika 56: Prikaz rasporeda topline u gradovima

2.4. VEZIVANJE PRAŠINE

Prašina je neizostavni dio života, a pogotovo u gusto naseljenih urbanih sredina. Najviše se ističe tijekom sušnog razdoblja, kada se ne može vezati na vlagu i leti zrakom. Zeleni krov zahvaljujući svojoj strukturi i zasađenim biljkama na sebe može preuzimati velike količine prašine, koje bi se inače vjetrom prenosile na daljnje građevine bez mogućnosti vezivanja. Pravilno napravljen zeleni krov može vezati do 0,2 kg prašine po četvornom metru pa čak i do 2 kg prašine godišnje po m². Količina ovisi o površini zasađenih biljaka i otpornosti biljaka na prašinu. Što je krov više ozelenjen s različitim vrstama biljaka različitih veličina, od trave i grmlja pa sve do drveća, to će se više prašine moći vezati. (31, 32)

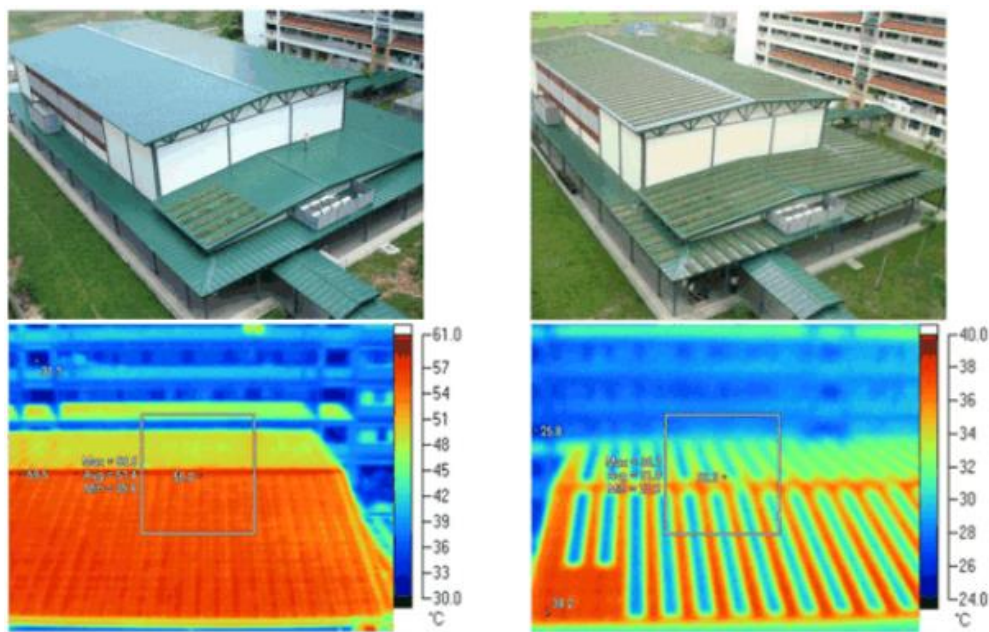


Slika 57: Ekstremni prikaz vezivanja prašine uslijed pustinjskih oluja

2.5. POBOLJŠANJE MIKROKLIME

Globalno zatopljenje sa sobom donosi razne negativne posljedice na klimatske uvjete, među njima jedan od bitnijih je povećanje temperature zraka. Povećanju temperature u gradovima pridonose lokalni utjecaji poput prometa, industrije ili grijanje stanova zimi. Kako bi se te brojke što više smanjile teži se većoj izgradnji parkova i zelenih površina, međutim zbog nedostatka prostora, zeleni krovovi su prihvatljiva alternativa.

Utječu na poboljšanje mikroklimе, tako što biljke i supstrat upijaju sunčevu energiju i ne emitiraju ju u velikim veličinama nazad u atmosferu kao što je to slučaj sa obični ravnim ili kosim krovovima koji emitiraju velike količine energije te time pridonose povećanju prosječne temperature gradova. Zelene površine mogu apsorbirati do 80 % toplinske energije proizvedene suncem. (33, 34)



Slika 58: Prikaz raspodjele topline na običnom i zelenom krovu

Na Slici 55. prikazana je usporedba raspodjele topline na običnom krovu od limenog materijala te usporedba nakon ugradnje zelenog pokrova na istom krovu. Na lijevoj slici se vidi da je temperatura konstantna po cijeloj površini krova i iznosi oko 54°C, dok se na desnoj slici vidi sniženje na području gdje je zeleni pokrov zasađen. Temperatura na desnoj slici nije konstantna po cijeloj površini, najveća vrijednost doseže 36°C što je već znatna razlika naspram lijeve slike, a na najhladnijem dijelu temperatura iznosi oko 30 °C.

2.6. ELEMENT OBLIKOVANJA – POBOLJŠANJA KVALITETE ŽIVOTA

Zeleni krovovi znatno poboljšavaju kvalitetu života, bilo smanjenjem temperature zraka, vezivanjem prašine, služeći kao toplinski izolatori ili zaštitom od ultraljubičastih zračenja, dakle karakteristikama koje su pobliže opisane u prethodnim poglavljima. Međutim, kvaliteta života poboljšava se i pozitivnim učincima na ljudsku psihu, a to se ostvaruje raznim mogućnostima koje zelena gradnja omogućuje. Na zelenim krovovima nastaju novi prostori za odmor, relaksaciju i aktivnosti koje si mnogi ljudi prije izgradnje možda i nisu mogli priuštiti zbog nedostatka potrebnog prostora. Zeleni krovovi počinju se koristiti kao parkovi gdje se odlazi kako bi se odmorilo od užurbanog načina života te opustilo u prirodi.

Raznim ispitivanjima dokazano je da temperatura u stanovima u prizemlju ima istu temperaturu kao i stanovi u potkrovlju, odnosno da ne dolazi do velikih oscilacija koje bi se pojavile kod običnih krovova, upravo zbog karakteristike zelenih krovova da služe kao dobri toplinski izolatori čiji izražaj dolazi do značaja tijekom ljetnih mjeseci.

Zeleni krovovi ne poboljšavaju samo kvalitetu ljudskog života, već i života životinja. Stvaraju mnoga staništa koja su prije bila uništena radi raznih zahvata na zelenim površinama. Životinje se sve više vraćaju u grad i dobivaju novi prostor za boravište. (1, 26, 32)

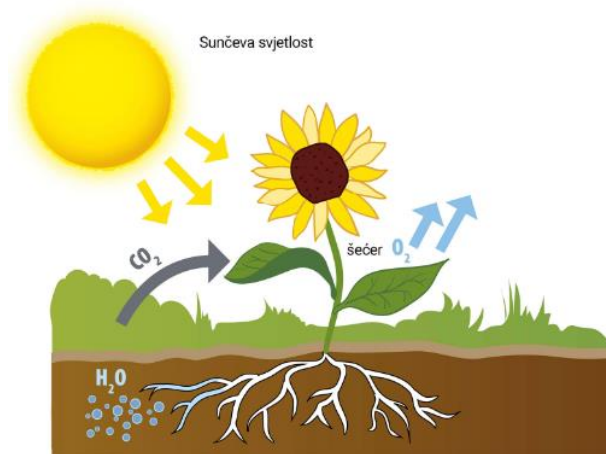


Slika 59, 60, 61: Životinje na zelenim krovovima

2.7. POBOLJŠANJE KVALITETE ZRAKA U GUSTO NASELJENIM PODRUČJIMA

Kisik je neophodan element bez kojeg ljudi i životinje ne bi mogli živjeti, a kako u naseljenim područjima ima mnogo ispušnih plinova iz prometa ili industrijskih tvornica, zrak je ispunjen štetnim stvarima poput ugljičnog monoksida, dušika, hlapljivih organskih spojeva i sitnih čestica koje nastaju uslijed sagorijevanja pogonskih goriva.

Zahvaljujući zelenim krovovima i bujnoj vegetaciji na istim, dolazi do proizvodnje procesa fotosinteze što značajno poboljšava kvalitetu zraka u gusto naseljenim područjima. Fotosinteza je proces stvaranja organskih stvari iz ugljikovog dioksida, CO_2 i vode, H_2O pomoću sunčeve energije i klorofila koji se izlučuje iz biljaka. Drugim riječima, biljkama je potreban ugljikov dioksid kako bi mogle stvarati kisik. (35)



Slika 62: Proces fotosinteze

Kvalitetu zraka u gusto naseljenim područjima zagađuje i prašina koja leti zrakom te ju vjetar može raznositi kilometrima. U ovom slučaju biljke opet pomažu, tako što se prašina veže na lišće i time sprječava daljnje širenje. Detaljnije opisano u poglavlju 2.4. Vezivanje prašine.

Također, vlažnost u neposrednoj blizini zelenih krovova je znatno veća, što odmah čini disanje i život ljeti lakšim jer se ne udiše „suhi“ zrak, koji može uzrokovati respiratorne bolesti poput astme ili bronhitisa nastale zbog smanjene količine tekućina tijekom disanja. (40)

2.8. POBOLJŠANJE ODVODNJE GRADA I VODNOG REŽIMA U OKOLICI

Brzo otjecanje oborinskih voda sa krovova i asfaltnih površina doprinosi vrlo snažnim destruktivnim poplavama, što u urbanim sredinama predstavlja veliki problem. Bujične poplave popraćene su erozijom tla koja ujedno zagađuje i okoliš, jer dolazi do nošenja materijala i smeća koji na kraju završavaju u prirodi. Zagađena voda se infiltrira u podzemlje, onečišćuju se podzemne vode, a time se smanjuje i kvaliteta pitke vode. Dio voda završava u rijekama i slivovima koji se šire i prelijevaju kako bi mogli zadržati pristiglu vodu, a to znači i uništavanje prirodnih staništa zbog novo nastalih brzina i dubina vode.



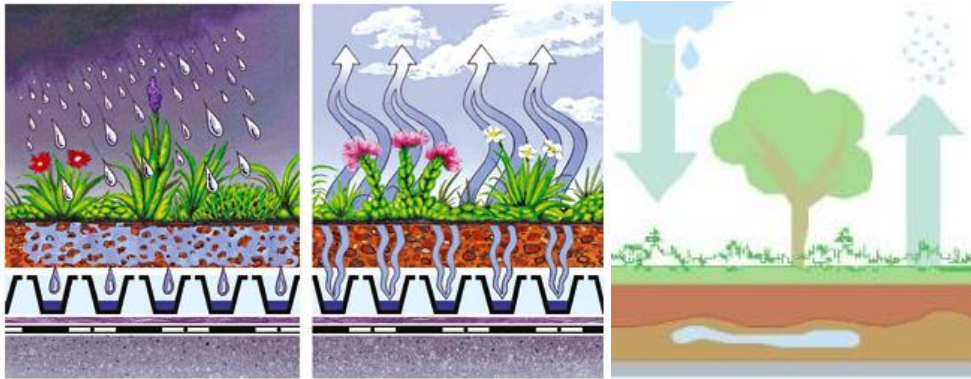
Slika 63, 64: Prelijevanje rijeka i zagađenje okoliša uslijed bujičnih poplava

Zeleni krovovi imaju sposobnost zadržavanja velikih količina vode koje padnu u kratkom vremenskom razdoblju, te time pripomažu u borbi protiv poplava. Ovisno o materijalima koji se koriste u mješavini supstrata te o vrsti krova, krovni sistem može zadržati 50 – 90 % padalina. Biljke infiltriraju palu vodu koja se procesima transpiracije i evaporacije vraća u ciklus kruženja vode u prirodi. Ostatak vode koji nije nestao prirodnim procesima, sa većim vremenskim zakašnjenjem se odvodi sa krova putem elemenata za odvodnju vode.

Sistem kanalizacije oborinskih voda smanjuje opterećenje godišnjeg priljeva vode u količini oko 700 l po m² zelenog krova. Zahvaljujući smanjenoj godišnjoj količini otekle vode, odvodnja i kanalizacija zelenih krovova na novim građevinama mogu se ugrađivati sa reduciranim dimenzijama: slivnika, kanala, preljeva, ispusta, žljebova pa i oluka. (1, 32)

Odvodnja grada se poboljšava samim time što se smanjuje količina vode koja odlazi u kanale za oborinsku odvodnju, a time se smanjuje pritisak na građevine koje reguliraju vodne dotoke.

Vodni režim se također poboljšava jer u njega ne dotiču velike količine vode koje bi mogle uzrokovat poplave i promjene u režimu tečenja. Zeleni krovovi su posebno popularni u područjima s velikim količinama padalina, upravo zbog svojih mogućnosti upravljanja vodom.



Slika 65, 66: Prikazi prihvata i isparavanja vode

2.9. POVEĆANJE UKUPNE ZELENE POVRŠINE

Izgradnjom zelenih krovova vraćamo prirodi oduzet prostor te pridonosimo povećanju ukupne zelene površine gradova. Time se stvara koristan prostor za vrtlarjenje, opuštanje, sportske igre, restorane i javne parkove. Ravni krovovi bivaju najčešće zanemareni pri samom pogledu na građevinu jer nisu vidljivi s ulice, međutim zeleni krovovi i njihov prirodni izgled potaknuli su pravi odmak u modernoj arhitekturi. Krov postaje prostor koji se počinje sve više koristiti, a zbog svoje atraktivnosti privlači sve više ljudi i životinja. Zeleni krovovi stvaraju prirodna staništa u vidu urbane divljine, čime se obnavljaju ekološki ciklusi koji su bili uništeni zbog razvitka gradske infrastrukture. Od površine koja je bila prekrivena betonom i neuglednim klimatskim uređajima, prelazi se za zelene površine koje su ugodne oku i daju dojam da se nalazimo u parkovima na tlu.

U gradovima gdje je sve manje prostora rezervirano za zelenilo i prirodu, zeleni krovovi su idealno rješenje jer se nalaze odmah nadomak ruke. Izlasci u parkove počinju se zamjenjivati sa odlascima na krov gdje se mogu voditi gotovo sve aktivnosti kao i u parkovima. Krovovi postaju mjesta zajedničkog druženja stanara zgrade. Pružaju mogućnosti vrtlarjenja, što je

nezamisliva pojava u velikim gradovima gdje kuće inače imaju vrlo maleni vrt ili ga gotovo ni nemaju, kao većina zgrada. Restorani na vrhu zgrada postaju svakidašnja pojava. Izolirani su od direktnog prometa, što smanjuje količinu ispušnih plinova i buke, a zahvaljujući zelenim krovovima hrana koja se priprema za jelo ujedno može biti i uzgajana na krovu. (36)



Slika 67, 68, 69, 70, 71, 72: Prikaz iskorištavanja zelenih krovova za aktivnosti

2.10. NEGATIVNI UTJECAJI ZELENIH KROVOVA

Glavni negativni utjecaj zelenih krovova jest upravo sama cijena izgradnje zelenog krova. Pri ugradnji se mora paziti na puno čimbenika i na međusobno spajanje mnogobrojnih slojeva krova, kako bi se osigurala pravilna izvedba i postigla što veća trajnost samog krova. Zbog toga, sama početna cijena ugradnje zelenog krova može doseći i duplo skuplju cijenu od cijene ugradnje standardnog krova.

Ovisno o kojem tipu krova se radi, održavanje nekih krovova može zahtijevati veća financijska sredstva, međutim, postoje tipovi krovova gdje je održavanje minimalno ili čak nije niti potrebno. Cijena održavanja je definitivno jedna od stavki koju ne treba zanemariti pri samom projektiranju i izračunu potrebnih financijskih sredstava.

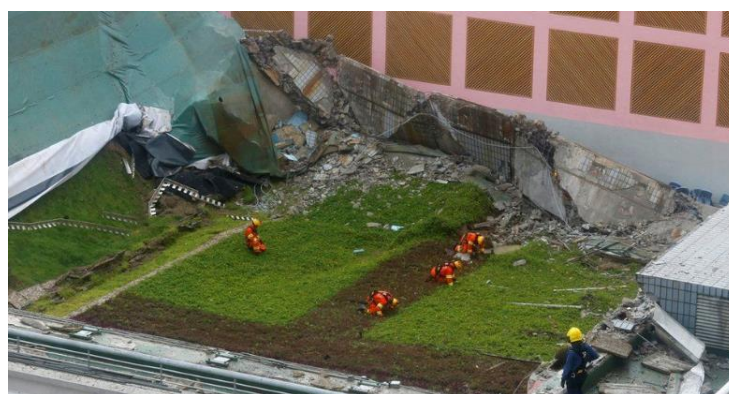
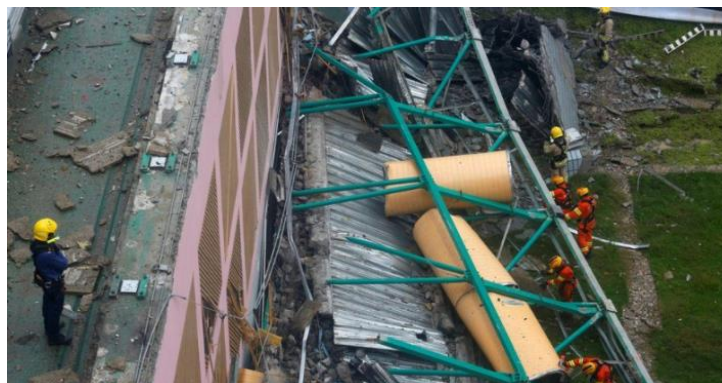
Neki tipovi zelenih krovova zahtijevaju izvedbu boljih i snažnijih hidroizolacijskih sustava građevine. Jedan od razloga zašto, je to što se se voda nakon obilnih kiša zadržava na krovovima te svakako treba osigurati građevinu od prodora vode pogotovo na kritičnijim mjestima kao što je oko otvora i prodora (vodolovke, dimnjaci, odušnici), na mjestima spajanja dvaju ili više elemenata te na rubovima. Bolja hidroizolacija ujedno štiti i od prodora korijenja zasađenih biljki.

Dodatna težina supstrata tla i zadržane vode na krovu, stvara veliko opterećenje na samu konstrukciju građevine. To je nažalost jedan od razloga zašto intenzivni zeleni krovovi ne mogu postati široko rašireni fenomen. Intenzivni zeleni krovovi mogu doseći velike težine, upravo zato što tip biljaka koji se smije saditi nije točno određen te se mogu saditi biljke sve od cvijeća, pa do visokog grmlja i drveća, što znatno povećava samo težinu krova. Većina postojećih zgrada i kuća nemaju dovoljno snažnu konstrukciju za podupiranje tako velikih dodatnih težina. U prvobitnom planu nije bila planirana naknadna ugradnja nekog drugog tipa krova, stoga u izračun nije uračunato dodatno stalno opterećenje koje nastaje zbog zelenog krova. (1, 37)

Zbog nepoštivanja pravila i izračuna pri izvedbi zelenih krovova, može doći do popuštanja djela konstrukcije, što izaziva lančanu reakciju urušavanja konstrukcije. Kao posljedice nastaju više milijunske materijalne štete čije će otklanjanje i čišćenje trajati mjesecima, a nekad i godinama.

Primjer loše izvedbe zelenog krova možemo vidjeti na primjeru urušavanju krova velike sportske dvorane Sveučilišta u Hong Kongu u 2016. godini (Slika 40.). Potvrđeno je da se krov

urušio zbog pretjerane količine pale kiše, koja se nije mogla pravilno drenirati zbog pogrešnog dizajna zelenih elemenata i drenaže. Do urušavanja ne bi došlo da je dvorana sveučilišta bila projektirana za zelene krovove, ali kako je zeleni krov naknadno postavljen, konstrukcija nije bila zadovoljavajuća. Šteta je većinom bila samo materijalna, a ozlijeđene su tri osobe. (38)



Slika 73, 74, 75: Urušavanje zelenog krova zbog neispravne konstrukcije

3. ODABRANI PRIMJER ZELENOG KROVA

THAMMASAT SVEUČILIŠTE , TAJLAND



Slika 76, 77, 78: Thammassat sveučilište u Tajlandu

3.1. TEHNIČKI OPIS

Thammasat sveučilište smješteno je u provinciji Pathum Thani udaljenoj 30 kilometara od glavnog grada Tajlanda, Bangkoka te predstavlja adaptivno klimatsko rješenje sa najvećom azijskom organskom farmom koja je smješтана na krovu.

Projekt je bio vrijedan 31 milijun dolara, dizajnirala ga je firma Landprocess, a uključuje održivu proizvodnju hrane, obnovljivu energiju, organski otpad, upravljanje vodama te javni prostor koji se proteže na 22 000 četvornih metara (m⁴). Građevina je podijeljena u četiri jednaka dijela, koja predstavljaju ključne elemente demokracije – ljude, slobodu, jednakost i bratstvo.

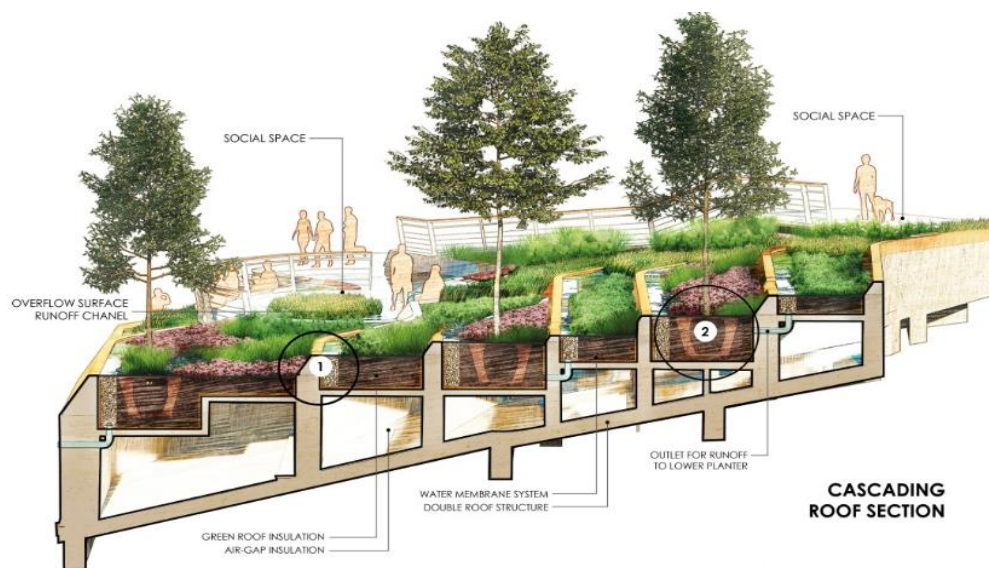
Inspirirani domišljatošću tradicionalne poljoprivrede planinskih terena duž jugoistočne Azije, izrađene su raznolike kaskadne plantaže koje umanjuju rizike od poplava te sudjeluju u prehranjivanju zajednice. Zahvaljujući dobro obavljenim zemljanim radovima na rižinim poljima i uz modernu tehnologiju zelenog krova, kaskadni krov apsorbira, filtrira i usporava otjecanje vode do 20 puta više učinkovitije nego sa betonskih krovova. Na dnu svakog krila nalazi se po jedan bazen u koji otječe višak vode, a koji se koriste uslijed velikih suša. Zajednički kapacitet bazena iznosi oko 11 718 000 litara vode.

Na krovu se također nalaze i solarne ploče, koje su sposobne stvarati do 500 000 vata na sat, a čija se energija koristi pri navodnjavanju urbane farme kao i za napajanje same zgrade sveučilišta.

Organska farma proizvodi više od 40 jestivih vrsta hrane, uključujući rižu, autohtono povrće, začinsko bilje te razno voće. Godišnje se osigura do 20 tona organske hrane ili 80 000 obroka pripremljenih u sveučilišnoj kantini. Otpad se koristi kao kompost pri oplodnji usjeva za sljedeću berbu.

Thammasat sveučilište je urbano rješenje puno nade, koji nastoji vratiti stanovnike u sklad s tradicionalnom poljoprivredom. Zanati o poljoprivredi, kulturi i tlu ukomponirani su u krovnu farmu sveučilišta te nastoje potaknuti buduće predsjednike svijeta da više pozornosti pridonose klimatskim promjenama i njihovim utjecajima na svijet koji se ostavlja budućim generacijama. (39)

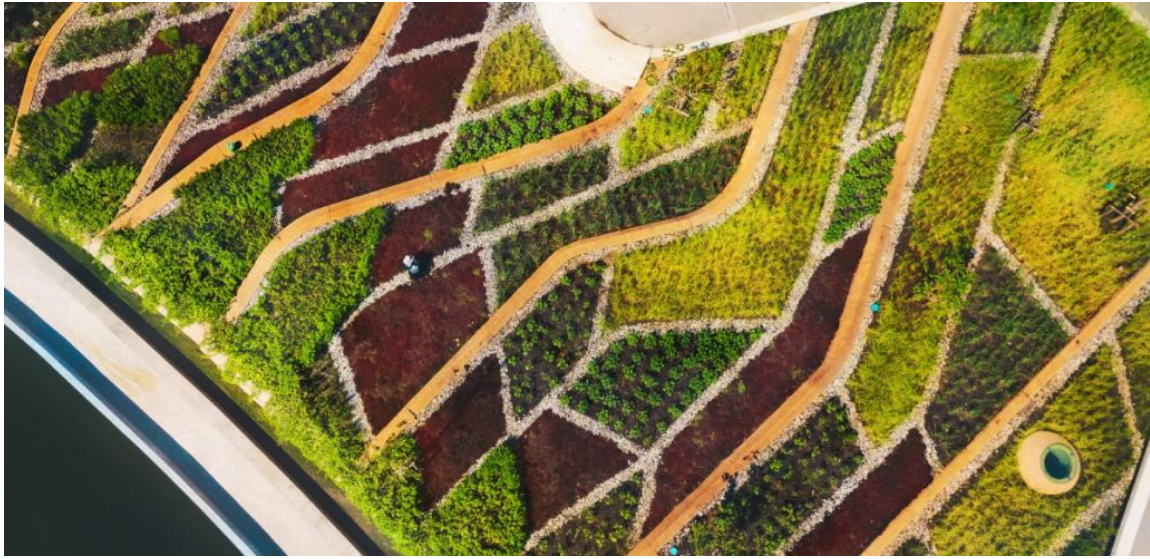
3.2. NACRTNA DOKUMENTACIJA I FOTOGRAFIJE



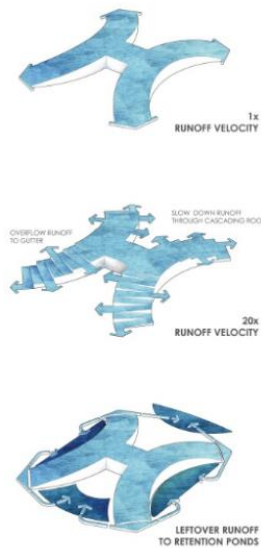
Slika 79: Projektirani izgled kaskadnog sustava



Slika 80: Prikaz kaskadnih plantaža



Slika 81: Kaskade ispunjene raznolikim biljkama



Slika 82: Sustav odvodnje i retencije vode



Slika 83: Vidljiva konstrukcija sveučilišta



Slike 84, 85: Sadnja raznih vrsta biljaka

4. ZAKLJUČAK

Nakon osnovnih informacija o zelenim krovovima i njihovim učincima na građevinu i okoliš, može se zaključiti da znatno pridonose obnovi prirode i sveukupnom ekološkom pokretu. Kako stanovništvo sve više raste iz dana u dan, tako raste i potreba za novim prostorima na kojima će doći do izgradnje stambenih zgrada, a upravo taj prostor se oduzima prirodi.

Čovječanstvo sve više postaje svjesno nepovoljne situacije u kojoj se nalazimo po pitanju očuvanja prirode, počinje se „buditi“ te osmišljavati nove načine i tehnologije kojima će se oduzeto zelenilo vratiti prirodi, a jedan od njih su zeleni krovovi.

Moderna arhitektura ukazuje na prednosti i nedostatke tehnologija građenja isto kao i na zastarjele materijale potrebne za gradnju. Velika je vjerojatnost da su neki materijali na početku svog korištenja bili revolucionarni i možda čak jedini izbor za odabrane tehnike građenja, međutim, danas postoji veći izbor materijala s kojima se oni stariji, ne ekološki, mogu zamijeniti te time smanjiti količinu otrovnih tvari, plastike ili pesticida koji se oslobađaju u okoliš. Vrijeme je da počnemo razmišljati o budućnosti i generacijama koje dolaze te obratimo pažnju na konstrukcije koje ostavljamo iza sebe. Treba se zapitati kako će budući naraštaj reagirati i živjeti ako ne budu imali potrebnih zelenih površina, već sve što će vidjeti oko sebe budu betonske zgrade i asfaltne ulice.

Smatram da su zeleni krovovi vrlo korisna i pametna investicija koja zamjenjuje obične krovove, jer ne samo da sprječavaju prodor vode u građevinu kao što je to kod običnih krovova već imaju i mnoge druge karakteristike koje obični krovovi nemaju te bi za njihovu ugradnju morali potrošiti dodatna financijska sredstva.

Iako zelena gradnja nije vrlo proširena u Hrvatskoj, ne vidim razlog zašto se to ne bi moglo promijeniti, pogotovo u područjima s velikim količinama kiše i oborina poput Rijeke, Gorskog kotara i okolice. Izvedba zelenih krovova bila bi značajna i u središnjoj Hrvatskoj, gdje ljetne temperature dosežu vrtoglave vrijednosti, a njihove karakteristike bi pridonosile smanjenju istih.

Vjerujem da će zeleni krovovi u budućnosti zamjenjivati veći broj ravnih krovova stambenih i poslovnih zgrada te da će što veći broj ljudi uvidjeti njihove prednosti, unatoč većoj početnoj cijeni koja definitivno opravdava svoju vrijednost.

5. POPIS SLIKA

Broj slike Izvor slike

1. UVOD

- Slika 1. <https://www.goodnet.org/articles/5-impressive-green-roofs-from-across-globe>
- Slika 2. <https://www.alamy.com/norway-geiranger-fjord-timber-houses-huts-grass-roof-ships-cruise-cruise-ships-scenery-mountains-image278617826.html>
- Slika 3. <https://www.treehugger.com/icelandic-turf-houses-old-school-green-viking-twist-4859199>
- Slika 4. <http://www.architecturehacker.com/?p=245>
- Slika 5. <https://visitworldheritage.com/en/buddha/tokaj-wine-region-hungary/54e68463-83b8-4ff0-a9e4-58884dfabd5d>
- Slika 6. <https://www.tripadvisor.co.uk/Tourism-g1526194->
<http://www.madeinsouthitalytoday.com/potenza.php>
- Slika 7. <https://www.authenticvacations.com/newgrange-20-intriguing-facts/>
- Slika 8. <https://auto.zanimacija.com/wp-content/uploads/2015/09/zeleni-krovovi2.jpg>
- Slika 9. <https://www.vrtlarica.com/cuvarkuca/>
- Slika 10. <https://prirodna.hr/vrt-kao-glazba>
- Slika 11. https://www.researchgate.net/figure/Components-of-green-roof-25_fig2_328875883
- Slika 12. <https://www.agroklub.com/agrogalerija/uzgoj-i-oblikovanje-simsira-na-opg-resetar-9916/>
- Slika 13. <https://www.hippopx.com/hr/orange-lily-monochrome-flower-plant-133031>
- Slika 14. <https://www.dom2.hr/vrt-clanci/krovni-vrtovi-za-povratak-prirode-u-urbanim-sredinama/>
- Slika 15. <https://www.pinterest.co.uk/pin/797981627713407640/>
- Slika 16. <https://www.flickr.com/photos/fivestar-design/24164443931>
- Slika 17. <https://www.pinterest.com/pin/340162578112843416/>
- Slika 18. <https://punkufer.dnevnik.hr/clanak/putovanja/spilja-vindija-dom-posljednjih-neandertalaca-s-pogledom-od-kojeg-zastaje-dah---626898.html>
- Slika 19. <https://www.bbc.com/news/science-environment-39747326>
- Slika 20. <https://www.pinterest.com/pin/444800900675605775/>
- Slika 21. <https://www.alamy.com/stock-photo/hanging-gardens-of-babylon.html>
- Slika 22. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Landa_-_Viking_house_3.JPG
- Slika 23. https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof#/media/File:Heidal.jpg
- Slika 24. <https://www.greenprophet.com/2010/12/rooftop-garden-middle-east/>

- Slika 25. <https://starshinetours.com/standard-house-designs-in-ancient-egypt/>
- Slika 26. <https://gambrick.com/modern-flat-roof-home-designs/>
- Slika 27. <https://www.thespruce.com/types-of-flat-roof-material-options-1824707>
- Slika 28. <https://www.capecontours.co.za/wp-content/uploads/2016/03/green-roof-layers2.jpg>
- Slika 29. <https://homesteading.com/plants-survive-winter-outside/>
- Slika 30. <https://homesteading.com/plants-survive-winter-outside/>
- Slika 31. <https://www.optigruen.com/products/fleeces/fil-105/>
- Slika 32. <https://kz.all.biz/dorozhnogo-stroitelstva-tipa-geotekstil-g1020893>
- Slika 33. <https://www.scottarboretum.org/building-layers-green-roof/>
- Slika 34. <https://www.scottarboretum.org/building-layers-green-roof/>
- Slika 35. <https://www.wallbarn.com/protection-drainage/drainage/>
- Slika 36. <https://www.sedumsupply.co.uk/shop/12mm-roof-drainage-system/>
- Slika 37. <https://www.eastgatesupply.com/products/green-roof-drainage-mat-enkadrain-3611>
- Slika 38. <https://odu-green-roof.com/drainage-and-water-retention-layers/>
- Slika 39. <https://continuingeducation.bnpmmedia.com/courses/soprema-inc/green-roofs-integrating-blue-and-gray/3/>
- Slika 40. <https://continuingeducation.bnpmmedia.com/courses/soprema-inc/green-roofs-integrating-blue-and-gray/3/>
- Slika 41. <https://archigreenroof.com/green-roof-products/filter-and-separation-sheets-g6/pictures>
- Slika 42. <https://archigreenroof.com/green-roof-products/filter-and-separation-sheets-g6/pictures>
- Slika 43. <https://greenuptheroof.com/root-protection-layer/>
- Slika 44. <https://www.constructioncanada.net/waterproofing-considerations-for-green-roofs/fig4-root-barrier/>
- Slika 45. <https://continuingeducation.bnpmmedia.com/courses/soprema-inc/green-roofs-integrating-blue-and-gray/2/>
- Slika 46. <https://archigreenroof.com/green-roof-products/filter-and-separation-sheets-g6/pictures>
- Slika 47. <https://archigreenroof.com/green-roof-products/filter-and-separation-sheets-g6/pictures>
- 2. UTJECAJ ZELENIH KROVOVA NA GRAĐEVINU I OKOLIŠ**
- Slika 48. 6. predavanje-Svojstva površine. Fizikalna svojstva materijala
- Slika 49. <https://repositorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A6068/datastream/PDF/view>

- Slika 50. <https://livingroofs.org/energy-conservation/>
- Slika 51. <https://www.knaufinsulation.hr/proizvodi-0/smartroof-top>
- Slika 52. <https://bg.stroifaq.com/flat-and-country-house/building-and-repair/roof/thermal-insulation-of-the-roof-the-order-of-insulation-pitched-and-flat-roofs.html>
- Slika 53. <https://www.areadyroofing.com/metal-roofing/uv-rays-effect-asphalt-roof-shingles/>
- Slika 54. <https://www.greenawaltroofing.com/blog/2018/3/6/sun-damage>
- Slika 55. <https://www.eeer.org/journal/view.php?number=1060>
- Slika 56. <https://www.eng.uwo.ca/research/greenroof/>
- Slika 57. <https://www.eeer.org/journal/view.php?number=1060>
- Slika 58. <https://learningtolivegreen2015.wordpress.com/2015/05/02/green-roof-vs-cool-roof/>
- Slika 59. <https://www.slideshare.net/OIAndrB/planning-green-roofs-and-green-walls-ecological-and-climatic-effects>
- Slika 60. <http://campdesigns.blogspot.com/2010/11/advantages-of-green-roofs.html>
- Slika 61. <https://inhabitat.com/green-roofs-are-changing-the-way-architects-design-buildings/scotttorrence-roof/>
- Slika 62. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/074ffbb3-a1b7-4fe1-9f4a-1ea3539d642d/biologija-1/m04/j01/index.html>
- Slika 63. <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/af0509d5-844b-4eea-bf1f-aede697f1e0a/poplave.html>
- Slika 64. <http://bih-x.info/svjetski-dan-okolisa-ovogodisnji-moto-pobijedimo-zagadenje-plastikom/>
- Slika 65. <https://zinco-greenroof.com/green-roof-systems>
- Slika 66. <https://hidrogreen.hr/prednosti.php>
- Slika 67. <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/sustainable-restaurant-copenhagen/>
- Slika 68. <https://saintcharlesroofing.com/information/2017/7/19/roofing-wednesdays-rockefeller-center>
- Slika 69. <https://www.archdaily.com/903443/second-stage-of-hangzhou-cloud-town-exhibition-center-approach-design>
- Slika 70. <https://4frontbuildingproducts.com/blog/what-are-benefits-of-green-roof-what-problems-do-green-roofs-solve/>
- Slika 71. <https://www.usbiopower.com/green-roofs>
- Slika 72. <https://www.usbiopower.com/green-roofs>
- Slika 73. <https://www.ejinsight.com/eji/article/id/1310589/20160523-fears-grow-over-green->

roofs-after-city-university-collapse

Slika 74. <https://www.bbc.com/news/world-asia-china-36343302>

Slika 75. <https://www.bbc.com/news/world-asia-china-36343302>

3. ODABRANI PRIMJER ZELENOG KROVA

Slika 76. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 77. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 78. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 79. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 80. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 81. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 82. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 83. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 84. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

Slika 85. <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>

6. IZVORI I LITERATURA

- (1) Zeleni krov https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof , 9.9.2021.
- (2) Kratka povijest zelenih krovova <https://www.optima.inc/a-brief-history-of-the-green-roof/> , 9.9.2021.
- (3) Povijest <http://www.greenrooftechnology.com/history-of-green-roofs> , 9.9.2021.
- (4) Vinska regija Tokaj, Mađarska <https://visitworldheritage.com/en/buddha/tokaj-wine-region-hungary/54e68463-83b8-4ff0-a9e4-58884dfabd5d> , 9.9.2021.
- (5) Provincija Potenza <http://www.madeinsouthitalytoday.com/potenza.php> , 9.9.2021.
- (6) Pietragalla: ruralna baština između arhitekture i arheologije <https://giucillis.medium.com/pietragalla-rural-heritage-between-architecture-and-archaeology-86ab04486654> , 9.9.2021.
- (7) Newgrange, 20 zanimljivih činjenica <https://www.authenticvacations.com/newgrange-20-intriguing-facts/> , 9.9.2021.
- (8) Ekstenzivni zeleni krovovi <http://www.greenrooftechnology.com/extensive-green-roof> , 9.9.2021.
- (9) Intenzivni zeleni krovovi <http://www.greenrooftechnology.com/intensive-green-roof> , 9.9.2021.
- (10) Povijest zelenih krovova https://www.ltu.edu/water/greenroofs_history.asp , 9.9.2021.
- (11) Povijest zelenih krovova <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/green-roof-information/history-of-green-roofing/> , 9.9.2021.
- (12) Kuće vikinga <https://www.followthevikings.com/discover/daily-life/houses> , 9.9.2021.
- (13) Što bi urbano vrtlarstvo moglo učiniti za Bliski istok <https://www.greenprophet.com/2010/12/rooftop-garden-middle-east/> , 9.9.2021.
- (14) Krovovi antičkih kultura <https://www.iko.com/na/blog/ancient-roofs/> , 9.9.2021.
- (15) Palinić, N.: Građevinske konstrukcije, skripta (predavanje), Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2011
- (16) Vrančić, T., Vrste i prednosti zelenih krovova, Isplativost i estetsko rješenje, Građevinar, HSGI, Zagreb, 2014
- (17) Supstrat [https://hr.wikipedia.org/wiki/Supstrat_\(ekologija\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Supstrat_(ekologija)) , 9.9.2021.
- (18) Određivanje tkanina zelenih krovova <https://fabricarchitecturemag.com/2009/01/01/specifying-green-roof-fabrics/> , 9.9.2021.

(19) Zeleni krov i njegovi slojevi

https://www.emaistor.hr/clanak/53/Zeleni_krov_i_njegovi_slojevi , 9.9.2021.

(20) Odvodnja <https://www.greenroofsolutions.com/products/green-roof/extensive-intensive-semi-intensive/drainage/>, 9.9.2021.

(21) Koji su slojevi zelenog krova <https://info.ecogardens.com/blog/what-are-the-layers-of-a-green-roof>, 9.9.2021.

(22) Bede, N.: Struktura i svojstva materijala, skripta (6.predavanje), Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka

(23) Koji su slojevi zelenog krova <https://info.ecogardens.com/blog/what-are-the-layers-of-a-green-roof> , 9.9.2021.

(24) Filter and separation sheets <https://archigreenroof.com/green-roof-products/filter-and-separation-sheets-g6> , 9.9.2021.

(25) Ravni krovovi, toplinska izolacija i pad u jednom potezu <https://korak.com.hr/ravni-krovovi-toplinska-izolacija-i-pad-u-jednom-potezu/> , 9.9.2021.

(26) Koeficijent prolaska topline https://hr.wikipedia.org/wiki/Koeficijent_prolaska_topline, 9.9.2021.

(27) Zvučna izolacija <https://livingroofs.org/noise-sound-insulation/> , 9.9.2021.

(28) Zeleni krovovi za tišinu

<https://acoustics.org/pressroom/httpdocs/155th/renterghem.htm> , 9.9.2021.

(29) Građevne konstrukcije <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-57-2005-09-09.pdf>, 9.9.2021.

(30) Građevne konstrukcije <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-58-2006-04-09.pdf>, 9.9.2021.

(31) Zeleni krovovi mogu poboljšati performance sustava 8% <https://www.pv-magazine.com/2021/09/02/green-roofs-may-improve-pv-system-performance-by-8/> , 9.9.2021.

(32) Hidrogreen: Prednosti zelenog krova <https://hidrogreen.hr/prednosti.php> , 9.9.2021.

(33) 6 načina kojima zeleni krovovi štite gradove od klimatskih promjena

<https://www.globalcitizen.org/en/content/benefits-of-green-roofs-climate-change/> , 9.9.2021.

- (34) 6 načina kojima zeleni krovovi štite gradove od klimatskih promjena <https://www.globalcitizen.org/en/content/benefits-of-green-roofs-climate-change/>, 9.9.2021.
- (35) Fotosinteza <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=20282> , 9.9.2021.
- (36) World's most sustainable restaurant <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/sustainable-restaurant-copenhagen/> , 9.9.2021.
- [37] Nedostatci https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof , 9.9.2021.
- [38] Urušavanje zelenog krova sveučilišta u Hong Kongu <https://www.pv-magazine.com/2021/09/02/green-roofs-may-improve-pv-system-performance-by-8/> , 9.9.2021.
- (39) Sveučilište Thammasat urbana krovna farma <https://www.greenroofs.com/projects/thammasat-university-urban-rooftop-farm-turf/>, 9.9.2021.
- (40) Kako nas uništava suhi zrak <https://net.hr/magazin/zdravlje/kako-nas-unistava-suhi-zrak-b05b2010-b1cf-11eb-a9bd-0242ac14003a>, 9.9.2021.
- (41) Slojevi zelenog krova <https://info.ecogardens.com/blog/what-are-the-layers-of-a-green-roof> , 9.9.2021.