

Uloga zelenila u očuvanju energije zgrada

Damiš, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:231:542052>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-19**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI
Studij politehnike

Izvanredni diplomski studij politehnike i informatike

Antonio Damiš

Uloga zelenila u očuvanju energije zgrada

Diplomski rad

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
Studij politehnike

Izvanredni diplomski studij politehnike i informatike

Antonio Damiš
**Uloga zelenila u očuvanju energije
zgrada**
Diplomski rad

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

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
Studij politehnike
Rijeka, 3.5.2023.

Zadatak za diplomski rad

Pristupnik: Antonio Damiš

Naziv diplomskog rada: Uloga zelenila u očuvanju energije zgrada

Naziv diplomskog rada na eng. jeziku: The role of greenery in energy conservation of buildings

Sadržaj zadatka: Analizirati utjecaj zelenih površina, posebno stabala na potrošnju energije u višestambenim zgradama i obiteljskim kućama. Obraditi slučajeve zelenila u okućnici, zelenih krovova i fasada. Dati pregled postojećih kalkulatora koristi stabala u odnosu na energiju i druge usluge ekosustava.

Mentor: Prof. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger



(potpis mentora)

Voditelj za diplomske radove



Zadatak preuzet: datum

(potpis pristupnika)

SAŽETAK

Biljni svijet oduvijek je vezan za razvoj ljudske civilizacije, a propast jednog može značiti i propast drugog. Tako je u uvodnom djelu opisana sudbina drevnog grada Uruk čiji su stanovnici na nagli porast populacije odgovorili krčenjem šuma što je uzrokovalo lančanu reakciju zagađenja i isušnja njihova složenog sustava za navodnjavanje. S druge strane, grad Anuradhapura suočavao se s istim problemom no njegovi stanovnici nisu krčili šume što je rezultiralo time da je grad procvao i opstao sve do danas. Važnost šuma je neprocjenjiva, one ne samo da proizvode kisik, već njihovo korištenje služi kao prirodni filter, a njihove krošnje stvaraju sjenu što utječe na lokalnu klimu. Također, stabla pružaju utočište mnogobrojnim vrstama. Današnji gradovi suočavaju se s mnogim problemima nastalim u jeku klimatskih promjena. Velike betonske površine apsorbiraju enormne količine topline radi izlaganja izravnoj sunčevoj radijaciji što rezultira višim temperaturama u gradovima nego u okolnim prostorima. Kako bi se borili s tim učinkom urbanog toplinskog otoka potrebno je povećati zelene površine, a to se može učiniti kroz ozelenjivanje gradskih površina korištenjem zelenih fasada i krovova, zelenih balkona, nebeskih vrtova, planskom sadnjom stabala, travnjaka, urbanih vrtova i voćnjaka. Uloge zelenila u suzbijanju posljedica klimatskih promjena su višestruke. One stvaraju sjenu čime štite osjenčane površine od direktne sunčeve radijacije, a pomoću učinka evapotranspiracije raspršuju višak topline natrag u atmosferu što rezultira manjim temperaturama okoline. Također, zelenilo predstavlja odličnu toplinsku izolaciju kao i zaštitu od vjetrova i buke te omogućuje prirodnu ventilaciju zgrada što u konačnici umanjuje potrebu za korištenjem klimatizacijskih sustava i smanjuje potrošnju energije. U radu su obrađeni svi navedeni slučajevi zelenila te posebno stabla, zeleni krovovi i fasade zato što su upravo ti slučajevi ključni u borbi protiv sve većih temperatura. Postoje mnogi kalkulatori koristi stabala pomoću kojih svatko može izračunati razne dobrobiti koje stabla pružaju za vrijeme zadanog vremenskog perioda. U radu su opisana dva takva kalkulatora, i to „Omni Calculator“ i „MyTree Calculator“. Prvi predstavlja jednostavniji kalkulator dok je drugi složeniji. Oba kalkulatora su primijenjena na nekoliko stabala s područja Grada Rijeke i Općine Viškovo te su na temelju rezultata uspoređene njihove funkcionalnosti. U metodičkom poglavlju rada analiziran je kurikulum srednje strukovne škole za stjecanje zvanja Fasader unutar kojeg je moguće primijeniti temu diplomskog rada, te su navedene i druge mogućnosti primjene kroz međupredmetnu temu Održivog razvoja. Također, metodičko poglavlje sadrži pripremu za nastavni sat za koji je predviđena tema „Zelene“ arhitekture.

KLJUČNE RIJEČI: očuvanje energije, evapotranspiracija, zeleni krovovi, zelene fasade, učinak toplinskog otoka

THE ROLE OF GREENERY IN ENERGY CONSERVATION OF BUILDINGS

SUMMARY

Plants have always been tightly bound to the development of human civilisation. The demise of one can spell doom for the other. Introductory part presents the fate of an ancient city of Uruk which decided to respond the growing problem of overpopulation by cutting the trees, which in turn caused a chain reaction of water pollution and the drying of their complex irrigation system. On the other hand, the city of Anuradhapura faced the same problem, but they did not cut down their trees and that resulted in the city flourishing and remaining populated to this day. The importance of forests is immeasurable, they don't just create oxygen, but their roots serve as a natural water filter, and their canopies provide shade which affects the local climate. Additionally, trees provide a home to a great number of species. The cities of today face many problems in the wake of climate change. Large concrete areas absorb enormous amounts of heat which results in greater temperatures than the surrounding area. In order to face this heat island effect, it is important to increase the green cover areas, and that can be done by utilising green facades and roofs, green balconies, sky gardens, planned tree planting, lawns, urban gardens and orchards. The roles of greenery in combating the effects of climate change are many. They create shade which protects the areas from direct solar radiation, with the effect of evapotranspiration they disperse heat back into the atmosphere which results in lower local temperatures. Greenery provides a great thermal insulation as well as the protection from wind and noise. It provides natural ventilation of buildings which reduces the need for air conditioning systems and energy consumption. The thesis deals with all the mentioned cases of greenery, especially trees, green roofs and façades, because these cases are crucial in combating the ever-increasing temperatures. There are numerous tree benefit calculators that anyone can use to calculate the various benefits that trees provide over a given period of time. Two such calculators are described in the paper, those being "Omni Calculator" and "MyTree Calculator". The first one is a simpler calculator, while the second is more complex. Both calculators were applied to several trees from the area of the City of Rijeka and the Municipality of Viškovo, and their functionalities were compared based on the results. In the methodical chapter of the work, the curriculum of the secondary vocational school for profession is analysed, and it is possible to integrate the topic of this master thesis therein, as well as to apply it through the inter-curricular course of Sustainable Development. Also, the methodological chapter contains preparation for the lesson for which the topic of "Green" architecture is planned.

KEYWORDS: energy conservation, evapotranspiration, green roofs, green facades, heat island effect

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Različiti slučajevi zelenila u stambenoj zgradi.....	4.
Slika 2.2. Struktura zelenog krova.....	5.
Slika 2.3. a) ekstenzivni, b) poluintenzivni i c) intenzivni zeleni krov.....	8.
Slika 2.4. Ekstenzivni zeleni krov.....	9.
Slika 2.5. Primjeri poluintenzivnih zelenih krovova.....	10.
Slika 2.6. Primjer intenzivnog zelenog krova na gradskoj vijećnici u Torontu.....	11.
Slika 2.7. Primjer solarnog krovnog vrta.....	12.
Slika 2.8. Unutrašnji zeleni zid i vanjska zelena fasada.....	14.
Slika 2.9. Model pametnog aktivnog zelenog zida (lijevo), graf temperature i relativne vlažnosti (sredina) i slika prototipa pametnog aktivnog zelenog zida.....	15.
Slika 2.10. Podjela sustava vertikalnog ozelenjivanja.....	17.
Slika 2.11. Direktna zelena fasada.....	17.
Slika 2.12. Indirektna zelena fasada.....	18.
Slika 2.13. Primjeri zelenih balkona.....	20.
Slika 2.14. Iskorištavanje vertikalne površine balkona za kultivaciju zelenila.....	21.
Slika 2.15. Usporedba stupnja vlažnosti i temperature zelenih i klasičnih balkona u ovisnosti o dobu dana.....	21.
Slika 2.16. Natkriveni (gore), otkriveni (sredina) i djelomično natkriveni (dole) nebeski vrt.....	22.
Slika 2.17. Zgrada Commerzbank-a u Frankfurtu i Liberty Tower Sveučilišta u Meji.....	23.
Slika 2.18. Stabla pred Lincoln centrom u New York-u.....	25.
Slika 2.19. Korijenje stabla stvara štetu na prilazu stambenoj zgradi.....	27.
Slika 2.20. Stablo široke krošnje koje je posađeno preblizu stambenoj zgradi.....	27.
Slika 2.21. Stablo koje se uslijed nevremena srušilo na kuću.....	28.

Slika 2.22. Previsoko stablo posađeno preblizu stambenoj zgradi umanjuje učinkovitost kolektora postavljenog na njezin krov.....	28.
Slika 2.23. Usporedba temperature gradova u odnosu na okolna područja.....	29.
Slika 3.1. Živica načinjena od bršljana.....	33.
Slika 3.2. Voćnjak u ruralnom području.....	34.
Slika 3.3. Union Street urbani voćnjak.....	35.
Slika 3.4. Štete na plodovima jabuke izazvane izravnom izlaganju suncu i visokim temperaturama.....	35.
Slika 3.5. Urbani vrt u Chicagu.....	36.
Slika 4.1. Korisničko sučelje „Omni Calculator-a“.....	39.
Slika 4.2. Judić.....	40.
Slika 4.3. Čempres.....	41.
Slika 4.4. Pinija.....	41.
Slika 4.5. Američka platana.....	42.
Slika 4.6. Himalajski cedar.....	42.
Slika 4.7. Divlji kesten.....	43.
Slika 4.8. Koštela.....	43.
Slika 4.9. Javor mliječ.....	44.
Slika 4.10. Obična smokva.....	44.
Slika 4.11. Primorski bor.....	45.
Slika 4.12. Malolisna lipa.....	45.
Slika 4.13. Hrast medunac.....	46.

POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Rezultati istraživanja za zgrade Liberty Tower Sveučilišta u Meji i zgrade Commerzbank u Frankfurtu.....	24.
Tablica 4.1. Rezultati primjene kalkulatora MyTree.....	47.
Tablica 4.2. Rezultati primjene „Omni Calculator- a“.....	47.
Tablica 5.1. Jedinstveni nastavni plan i okvirni obrazovni program za zanimanje fasader.....	48.

SADRŽAJ:

POPIS SLIKA	I
POPIS TABLICA.....	III
1. UVOD	1
1.1. Cilj i predmet rada	2
1.2. Izvori i načini prikupljanja informacija	2
1.3. Sadržaj i struktura rada	2
2. ANALIZA UTJECAJA ZELENIH POVRŠINA NA POTROŠNJU ENERGIJE U STAMBENIM ZGRADAMA.....	4
2.1. Zeleni krov.....	5
2.1.1. Utjecaj na lokalnu temperaturu i toplinski tok	6
2.1.2. Učinak evapotranspiracije	6
2.1.3. Učinak sjenčanja	6
2.1.4. Učinak toplinske izolacije zelenog krova.....	7
2.1.5. Energetski učinak zelenih krovova na sustave klimatizacije	7
2.1.6. Vrste zelenih krovova.....	8
2.1.6.1. Ekstenzivni zeleni krovovi.....	9
2.1.6.2. Poluintenzivni zeleni krovovi	9
2.1.6.3. Intenzivni zeleni krovovi	11
2.1.6.4. Solarni krovni vrtovi	12
2.1.6.5. Plavo – zeleni krovovi	12
2.1.7. Prednosti zelenih krovova	13
2.1.8. Nedostaci zelenih krovova	13
2.2. Zeleni zidovi i fasade.....	14
2.2.1. Energetski učinak zelenih fasada	15
2.2.2. Vrste zelenih fasada	16
2.2.2.1. Direktne zelene fasade	17
2.2.2.2. Indirektne zelene fasade.....	18

2.2.3.	Prednosti zelenih fasada	18
2.2.4.	Nedostaci zelenih fasada	19
2.3.	Zeleni balkon	20
2.4.	Nebeski vrtovi.....	22
2.5.	Stabla	25
2.5.1.	Učinak evapotranspiracije	25
2.5.2.	Učinak sjenčanja	26
2.5.3.	Utjecaj lokacije stabala na smanjenje potrošnje energije.....	26
2.5.4.	Uloga stabala u suzbijanju učinka toplinskog otoka	29
2.5.5.	Ostali učinci urbanih stabala	30
3.	ZELENILO U OKUĆNICI	31
3.1.	Travnjaci.....	31
3.1.1.	Filtriranje i zadržavanje oborinskih voda.....	31
3.1.2.	Smanjenje lokalne temperature	32
3.1.3.	Poboljšanje kvalitete zraka.....	32
3.1.4.	Poticanje bioraznolikosti	32
3.1.5.	Suzbijanje erozije tla	33
3.2.	Živice	33
3.3.	Voćnjaci.....	34
3.4.	Vrtovi.....	36
4.	KALKULATORI KORISTI STABALA U ODNOSU NA ENERGIJU I DRUGE USLUGE EKOSUSTAVA	38
4.1.	Omni Calculator	38
4.2.	MyTree Calculator.....	39
4.3.	Primjena kalkulatora na stablima na području Grada Rijeke i Općine Viškovo	40
4.3.1.	Stabla na području Grada Rijeke.....	40
4.3.1.1.	Judić (lat. Cercis siliquastrum)	40
4.3.1.2.	Čempres (lat. Cupressus semperverens)	41

4.3.1.3.	Pinija (lat. Pinus pinea)	41
4.3.1.4.	Američka platana (lat. Platanus occidentalis).....	42
4.3.1.5.	Himalajski cedar (lat. Cedrus deodara).....	42
4.3.1.6.	Divlji kesten (lat. Aesculus hippocastanum)	43
4.3.1.7.	Koštela (lat. Celtis occidentalis)	43
4.3.1.8.	Javor mliječ (lat. Acer platanoides)	44
4.3.2.	Stabla na području Općine Viškovo.....	44
4.4.	Analiza rezultata i usporedba funkcionalnosti kalkulatora.....	47
5.	METODIČKI DIO	48
5.1.	Analiza nastavnog programa srednje strukovne škole	48
5.2.	Priprema za nastavu.....	50
6.	ZAKLJUČAK	59
7.	LITERATURA.....	61

1. UVOD

Zelenilo, a posebno stabla su oduvijek imali snažan utjecaj na razvoj ljudskog društva. Stabla predstavljaju prirodne filtre zraka, a kroz fotosintezu pretvaraju ugljikov dioksid u kisik. Također, korijenje stabala služi kao prirodni filter koji upija višak vode u tlu i na taj način čini tlo plodnijim i pogodnijim za sadnju drugih biljaka. Korijenje stabala uz ulogu filtra ima i ulogu učvršćivanja tla čime se smanjuje mogućnost nastajanja odrona.

Tri tisuće godina prije nove ere u Mezopotamiji je postojao grad Uruk, čiji su se stanovnici borili s prenapučenosti. Naime, taj grad imao je istu gustoću naseljenosti kao i današnji New York. Kako bi prehranili svoje rastuće stanovništvo morali su konstantno širiti svoj složen sustav navodnjavanja, a to su činili tako da su sjekli okolna stabala kako bi osigurali više obradive zemlje. No kako je vrijeme odmicalo pojavio se golemi problem. Naime, kako su stabla nestajala, nestajalo je njihovo korijenje koje je filtriralo vodu. Na taj način je voda postala kontaminirana, počele su se stvarati mineralne naslage koje su zagađile tlo i činile ga nepovoljnim za sadnju. Tako je agresivna ekspanzija dovela do postupnog nestanka ovog velikog drevnog grada. Petsto godina prije nove ere na drugom kraju svijeta u Šri Lanki, stanovnici grada Anuradhapura borili su se s istim problemom prenapučenosti, no za razliku od stanovnika grada Uruka, oni nisu sjekli svoja stabla, već su poticali njihovu sadnju unutar urbanih parkova, a njihov sustav navodnjavanja bio je dizajniran na način da funkcionira u skladu sa šumom koja ga je okruživala. S vremenom se populacija toga grada povećala na brojku dvostruko veću od Uruka. Anuradhapura je za razliku od Uruka i dan danas naseljen kao glavni grad sjeverne središnje provincije Šri Lanke. Opisana paralela između gradova Uruk i Anuradhapura pokazuje koliko su stabla značajna za razvoj jedne civilizacije. S jedne strane stoji civilizacija koja nije shvatila značaj stabala i samim time je s vremenom izumrla, dok s druge strane stoji civilizacija koja je na vrijeme shvatila njihov značaj, a njihov grad kao rezultat toga postoji i dan danas (TED – Ed, 2020).

Kako se ljudsko društvo razvija, razvijaju se i načini gradnje. Tokom dvadesetog stoljeća favorizirao se beton kao glavni građevni materijal. Kako se ljudska populacija povećavala tako su se povećavale i velike betonske površine, a zelene površine postupno smanjivale. S vremenom je takva vrsta gradnje, uz brojne druge čimbenike, počela utjecati na samu klimu u obliku velikih klimatskih promjena kakve imamo danas. Međutim, neka od mogućih rješenja za ublažavanje njihova utjecaja su povećanje zelenih površina i zelena gradnja. Zelenilo ima veoma bitnu ulogu u urbanim sredinama. Što je više zelenih površina to će se okolina manje zagrijavati, zrak će biti čišći, kao i voda koja će se vratiti u atmosferu, fizičko i psihičko zdravlje ljudi biti će bolje i lokalna

fauna zadržati će svoje stanište. Zelena gradnja podrazumijeva povećanje zelenih površina horizontalno u obliku zelenih krovova i vertikalno u obliku zelenih fasada. Korist od zelene gradnje jednaka je koristi od općenitog povećanja zelenih površina, uz povećanu energetske učinkovitost i manji ugljični otisak stambenih zgrada.

1.1. Cilj i predmet rada

Diplomski rad pisan je na temu „Uloga zelenila u očuvanju energije zgrada“ u sklopu kolegija Održivi razvoj. U radu će biti opisan i analiziran utjecaj različitih vrsta zelenila, posebice utjecaj stabala na potrošnju energije u višestambenim zgradama i obiteljskim kućama. Obraditi će se različiti slučajevi zelenila u okućnici kao što su travnjaci, živice, voćnjaci i vrtovi. Također, u radu će se obraditi i slučajevi zelene gradnje kao što su zelene fasade i krovovi. Definirati će se što su zelene fasade, a što zeleni krovovi, obraditi će se osnovni tipovi, navesti će se njihove prednosti i njihovi nedostaci. Nadalje, opisati će se dva postojeća kalkulatora koristi stabala u odnosu na energiju i druge usluge ekosustava. U sklopu tog opisa, oba kalkulatora će se primijeniti na stablima na području Grada Rijeke i Općine Viškovo nakon čega će se analizirati dobiveni rezultati i provesti usporedba dvaju kalkulatora. Cilj ovog rada je ukazati na potrebu za čuvanjem i odgovornim upravljanjem prirodnim resursima kako bi se sačuvao okoliš za sadašnju populaciju ali i za buduće generacije. Uz sve navedeno, cilj ovog rada je provesti analizu nastavnog plana i programa za srednju strukovnu školu koji je vezan uz temu diplomskog rada. Nakon analize plana i programa slijedi priprema za izvođenje nastave.

1.2. Izvori i načini prikupljanja informacija

Kako bi se tema diplomskog rada kvalitetno istražila korištena je literatura poput članaka, brošura, časopisa i internetskih stranica iz područja održivog razvoja, ekologije i građevinarstva. Za prikupljanje podataka o stablima korištena je besplatna mobilna aplikacija za identifikaciju biljaka „PlantNet“, a korišteni kalkulatori koristi stabala u odnosu na energiju i druge usluge ekosustava su „MyTree Calculator“ i „Omni Calculator“.

1.3. Sadržaj i struktura rada

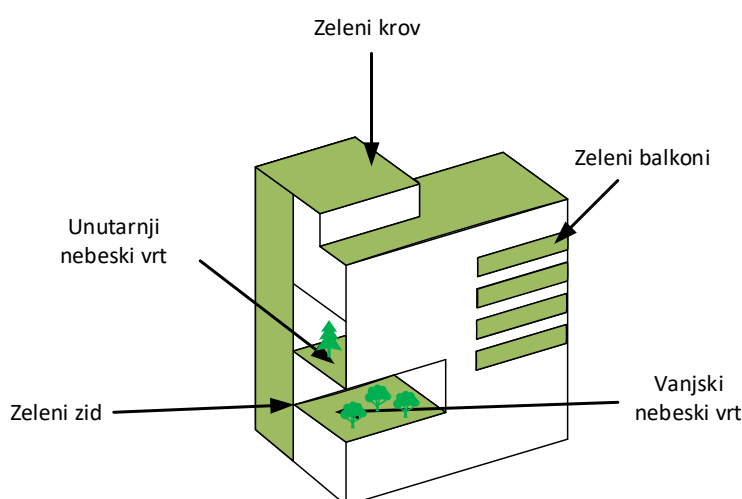
Diplomski rad sastoji se od šest poglavlja, počinje s uvodom i završava sa zaključkom. U uvodu je opisana važnost zelenila i stabala te njihov utjecaj na razvoj ljudskog društva. Povučena je paralela između dva drevna grada koja su se borila s problemom prenapučenosti i dva načina na koja su pokušali riješiti taj problem. U drugom poglavlju provodi se analiza utjecaja zelenih površina na potrošnju energije u stambenim zgradama. Također, opisani su zeleni krovovi i zelene fasade, različite vrste zelenih krovova i fasada kao i njihove prednosti, ali i nedostaci. Ovo poglavlje također sadrži analizu utjecaja stabala na potrošnju energije u stambenim zgradama.

Treće poglavlje opisuje slučajeve različitih vrsta zelenila unutar okućnice i podijeljeno je na četiri manja potpoglavlja od kojih svako opisuje jedan slučaj. Vrste opisanih zelenih površina su travnjaci, živice, voćnjaci i vrtovi. Iduće poglavlje opisuje dva postojeća kalkulatora koristi stabala u odnosu na energiju i druge usluge ekosustava. Provedeno je istraživanje primjene dvaju kalkulatora, te su izneseni i obrađeni rezultati istraživanja. Nadalje, povučena je paralela među korištenim kalkulatorima, iznesene su prednosti i nedostaci svakog od njih, a rezultati istraživanja prikazani su tablicom. Peto poglavlje sadrži analizu nastavnog plana i programa srednje strukovne škole unutar kojega se može integrirati tema diplomskog rada. Također, ovo poglavlje sadrži i pripremu za nastavni sat kako bi se tema mogla implementirati u nastavi.

2. ANALIZA UTJECAJA ZELENIH POVRŠINA NA POTROŠNJU ENERGIJE U STAMBENIM ZGRADAMA

U današnje doba više od polovice svjetske populacije živi u gradovima, a gusta urbana područja su izvori ekoloških problema kao što su urbani toplinski otoci te zagađenje vode i zraka. Glavni građevni materijali koji se koriste kod urbanih površina su anorganskog porijekla. Iz tog je razloga potrebno uzeti u obzir održivost pri planiranju gradnje stambenih zgrada što znači da budući planovi zgrada trebaju biti prilagodljivi s obzirom na klimu, a građevni materijali trebali bi biti dobiveni iz obnovljivih ili recikliranih resursa kako bi se novonastala zgrada što bolje uklopila u prirodno okruženje. Pri tome treba uzeti u obzir ravnotežu između materijala organskog i anorganskog porijekla kroz dodavanje primjerene količine biomase, poboljšanje bioraznolikosti te stvaranje ekoloških veza novonastale zgrade s prirodnim okruženjem (Raji B.; Tenpierik M. J.; van den Dobbelen A., 2015).

Zgrade u gustim urbanim područjima imaju malenu horizontalnu površinu, a veliku vertikalnu površinu. Kako bi se u takvo okruženje uklopila što veća količina zelenila potrebno je iskoristiti što veću količinu raspoloživih površina. Uobičajene površine za sadnju zelenila u gradovima su: zeleni krov, zeleni zid, zeleni balkon te unutrašnji i vanjski nebeski vrtovi (Raji B i sur., 2015). Navedeni slučajevi zelenila prikazani su na slici 2.1. te će za svakog biti analiziran utjecaj na potrošnju energije u stambenim zgradama. Osim utjecaja na potrošnju energije, zelenilo ima i druge utjecaje od kojih su neki: utjecaj na lokalnu temperaturu i toplinski tok, učinci evapotranspiracije, sjenčanja i toplinske izolacije te energetske učinkovitosti na sustave klimatizacije.

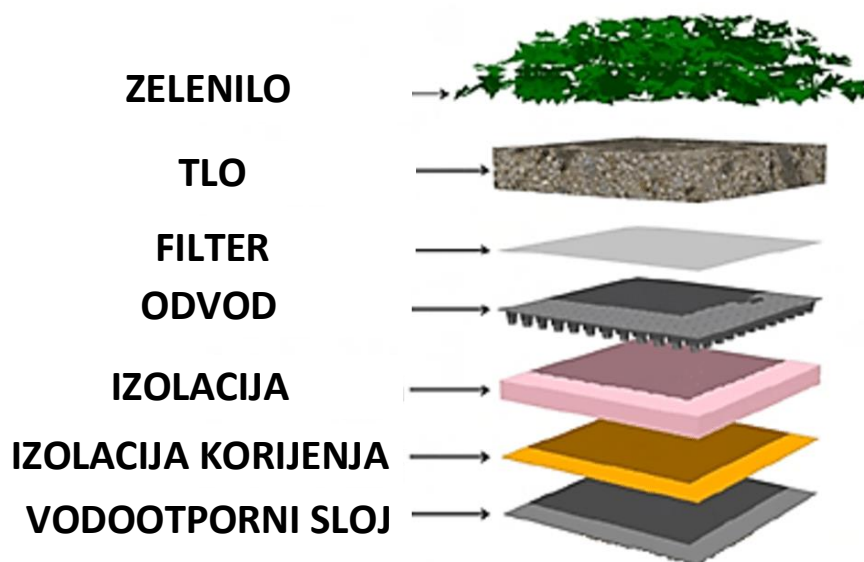


Slika 2.1. Različiti slučajevi zelenila u stambenoj zgradi.

Izvor: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115000994>

2.1. Zeleni krov

Kao posljedica urbanizacije krovovi pokrivaju od 20 % do 25 % ukupne urbane površine (Raji B i sur., 2015). Dakle, zbog sve brže urbanizacije dolazi do prikrivenosti gradskih površina betonom i asfaltom od preko 70%, što rezultira time da te površine postaju golemi spremnici topline zbog čega dolazi do povećanja temperature u urbanim sredinama, naročito za vrijeme ljetnih mjeseci. Shodno tome, ozelenjivanje krovova predstavlja odličan primjer energetske učinkovitosti i namjene, a prilikom ozelenjivanja moguće je pridonijeti bioraznolikosti te osvježiti urbanističku vizuru. Zeleni krov jedan je od osnovnih tipova zelene gradnje, a najviše je zastupljen u Europi, Sjevernoj Americi i tropskim azijskim zemljama. U suštini zeleni krov predstavlja kombinaciju više međusobno poduprtih slojeva koji stvaraju uvjete potrebne za rast i razvoj vegetacije (Raji B i sur., 2015). Struktura zelenog krova prikazana je slikom 2.2. Zeleni krovovi su ostvarivi u obliku ravnih i kosih krovova. Oni nisu moderna ideja, već se upotrebljavaju od najranijih perioda ljudske povijesti. Primjeri takvih drevnih građevina sa zelenim krovovima su busenjem prikriveno groblje Newgrange u Irskoj (3200 godina prije nove ere), Aterejeva riznica u Miken (1350 godina prije nove ere) te babilonski viseći vrtovi (9. stoljeće prije nove ere) (T. Vrančić, 2014). U nastavku će biti opisani razni načini na koje zeleni krov utječe na lokalnu klimu i uštedu energije kao i tri osnovne vrste zelenih krovova kao i njihove prednosti i nedostaci.



Slika 2.2. Struktura zelenog krova.

Izvor: https://www.researchgate.net/publication/350084835_Problems_and_Solutions_for_Green_Roofs

2.1.1. Utjecaj na lokalnu temperaturu i toplinski tok

Kada se promatra utjecaj zelenih krovova na lokalnu temperaturu i toplinski tok treba uzeti u obzir određene parametre. Najbitniji parametri su oblik i tip vegetacije, omjer pokrivenosti vegetacijom, indeks površine lista, visina raslinja i osnovni biološki procesi biljaka kao što su fotosinteza, respiracija i transpiracija.

2.1.2. Učinak evapotranspiracije

Evapotranspiracija je kombinacija dva procesa, evaporacije i transpiracije. Evaporacija predstavlja izravno isparavanje vode iz tla i vodenih površina. Glavni faktori koji utječu na evaporaciju su temperatura, vlažnost, sunčevo zračenje i brzina vjetra. Transpiracija predstavlja kretanje vode iz tla kroz sustave korijenja i samu biljku u zrak u obliku isparavanja kroz puči biljke. Brzina transpiracije ovisi o faktorima kao što su vrsta biljke, vrsta tla, vremenske prilike i količina vode. Dakle, evapotranspiracija predstavlja ukupno kretanje vode iz tla u atmosferu, odnosno zbroj procesa evaporacije i transpiracije, a mjeri se u milimetrima vode po jedinici vremena.

Evapotranspiracija je jedan od glavnih faktora koji utječu na potencijal hlađenja zelenih krovova. U istraživanju provedenom od strane Feng, Meng i Zhang (2009.) analizirana je energetska bilanca ekstenzivnih zelenih krovova. Istraživanje je pokazalo da je 58.4% raspršene topline bilo upravo preko evapotranspiracije, 30,9% preko dugovalnog zračenja između krošnje i atmosfere i 9.5% preko fotosinteze. Samo 1.2% ukupne topline je bilo pohranjeno unutar biljaka ili je prešlo u prostoriju koja se nalazi direktno ispod krova (Feng C.; Meng Q.; Zhang Y., 2009).

2.1.3. Učinak sjenčanja

Zeleni krovovi predstavljaju slojevite strukture čiji je donji sloj beton, srednji sloj zemlja i gornji sloj raslinje koje stvara sjenu na donji sloj. Beton sam po sebi upija sunčevu radijaciju i time zagrijava okolinu, zemlja bez raslinja samo djelomično apsorbira toplinu, a ostatak vraća u atmosferu, dok raslinje apsorbira veliku većinu topline i raspršuje ju u atmosferu pomoću evapotranspiracije. Raslinje također stvara sjenu na srednjem zemljanom sloju što ima određen učinak na smanjenje površinske temperature krova.

Raji B. i sur. analiziraju nekoliko istraživanja drugih autora gdje se mjere površinske temperature klasičnih betonskih krovova, krovova prekrivenih zemljom i zelenih krovova u tropskim klimama. Istraživanja su provedena tijekom popodneva kada je sunčevo zračenje najjače. Izmjerena temperatura na klasičnom betonskom krovu bila je 57 °C, na krovu prekrivenom

zemljom 42 °C, a na zelenom krovu s gustim slojem vegetacije 25.6 °C. Ostala istraživanja došla su do sličnih rezultata te je zaključeno da zeleni krovovi bitno smanjuju površinsku temperaturu krova ovisno o vrsti zelenila, pokrivenosti krova i koeficijentu sjenčanja (Raji B i sur., 2015).

2.1.4. Učinak toplinske izolacije zelenog krova

Pod pojmom toplinska izolacija podrazumijeva se sposobnost materijala da se opire prolasku topline. Dakle, prostorija s dobrom toplinskom izolacijom zadržavati će zadanu temperaturu bez obzira na vanjske promjene temperature što znači da toplina ne prodire van prostorije i da toplina izvana ne prodire u prostoriju. Dobra toplinska izolacija uvelike povećava toplinsku učinkovitost stambene zgrade.

Zeleni krov zbog svoje slojevite strukture može pružati dobru toplinsku izolaciju. Zemlja koja služi kao medij za rast biljaka može sama po sebi pružati određeni stupanj toplinske izolacije, a raslinje pomoću efekata sjenčanja i evaporacije štiti krov od solarne topline, apsorbira višak topline te istog raspršuje i na taj način smanjuje površinsku temperaturu krova i zraka neposredno iznad njega. Istraživanja su pokazala da izolacijska svojstva zelenih krovova reduciraju prodor topline iz okoline i interijer zgrade što umanjuje troškove klimatizacije posebice u ljetnim mjesecima za 10 % do 30 % (U.S. Environmental Protection Agency., 2018).

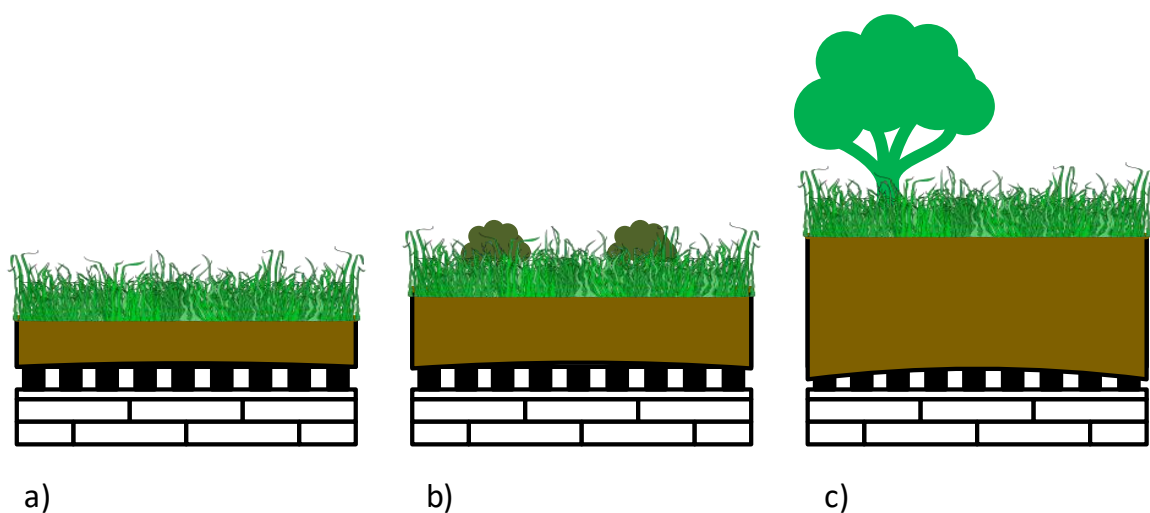
2.1.5. Energetski učinak zelenih krovova na sustave klimatizacije

Ranije opisani utjecaji zelenih krovova na toplinski tok, efekt evapotranspiracije, sjenčanja i svojstvo toplinske izolacije pridonose održavanju sobne temperature unutar prostorija koje se nalaze u zgradi sa zelenim krovom što utječe na potrebu za klimatizacijom i samim time rasterećuje klimatizacijske jedinice i smanjuje potrošnju električne energije.

Istraživanja provedena od strane Sveučilišta Nottingham Trent pokazuju razliku u temperaturama ispod krovne membrane klasičnih krovova i zelenih krovova u odnosu na temperaturu zraka tokom ljetnih i zimskih mjeseci. Zimi je temperatura zraka bila 0 °C, temperatura ispod membrane klasičnog krova bila je 0.2 °C dok je temperatura ispod membrane zelenog krova bila 4.7 °C. Za vrijeme ljetnih mjeseci temperatura zraka iznosila je 18.4 °C, temperatura ispod membrane klasičnog krova 32 °C, a temperatura ispod membrane zelenog krova 17.1 C (GRO, 2023). Iz istraživanja je vidljivo da zeleni krovovi pružaju bolju toplinsku izolaciju u odnosu na klasične krovove ljeti i zimi što povećava učinkovitost klimatizacijskih uređaja. U stvarnosti ta učinkovitost ovisi o nekoliko faktora kao što su vrsta zelenog krova, tip raslinja te vrsta i model klimatizacijskog uređaja.

2.1.6. Vrste zelenih krovova

Tri su osnovne varijante zelenih krovova koje se uzimaju u obzir tijekom projektiranja. Naime, vrlo je bitno odrediti nagib, strukturu, namjenu i vijek trajanja krova. Odabir varijante zelenog krova također ovisi i o vrsti raslinja koje će rasti na njoj (Baldwin, E.). Osnovne tri varijante zelenih krovova su ekstenzivni, poluintenzivni i intenzivni zeleni krovovi, a one su prikazane slikom 2.3. Također, postoje dvije dodatne skupine zelenih krovova koje služe kao nadogradnja za osnovne skupine zelenih krovova od kojih svaka ima svoju strogu namjenu. One su solarni krovni vrt i plavo – zeleni krovovi (Green Roof Technology, 2023).



Slika 2.3. a) ekstenzivni, b) poluintenzivni i c) intenzivni zeleni krov.

2.1.6.1. Ekstenzivni zeleni krovovi

Ova vrsta zelenog krova predstavlja prirodnu formaciju vegetacije koja je pretežito samoodrživa i evoluirajuća. Ekstenzivni zeleni krovovi najisplativiji su po pitanju cijene. Najprirodniji su obzirom da se na njima razvija lokalna vegetacija koja je pogodna za prirodno miješanje i prilagodbu lokalnim vremenskim uvjetima. Ovakvi krovovi samo djelomično obnavljaju prirodni okoliš no dokazano je da predstavljaju najefikasnije i najprirodnije rješenje (Green Roof Technology, 2023). Slika 2.4. prikazuje primjer ekstenzivnog zelenog krova.



Slika 2.4. Ekstenzivni zeleni krov.

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EVA-Lanxmeer_Green_roof_2009.jpg

Ekstenzivni zeleni krovovi predstavljaju dom za bilje koje ima posebne sposobnosti prilagodbe na ekstremne lokacijske uvjete i visoku regeneracijsku sposobnost. Nadalje, primjeri bilja koji karakteriziraju ekstenzivne zelene krovove uključuju sukulente, razne vrste mahovine i malo zeljasto raslinje. Stoga, ova vrsta krovova ne zahtjeva mnogo održavanja te nema postavljen permanentni sustav navodnjavanja.

U pravilu dubina sustava za ekstenzivni zeleni krov iznosi 10 cm do 15 cm što ih čini najplićom kategorijom zelenih krovova. Ekstenzivni zeleni krovovi zbog svog plitkog profila vrlo su male mase i predstavljaju manje dodatno opterećenje za zgradu u odnosu na dublje sustave. Masa zelenog krova ne ovisi samo o biljkama koje rastu na njemu već primarno o količini vode koju je krov sposoban skladištiti za navodnjavanje biljaka (Green Roof Technology, 2023).

2.1.6.2. Poluintenzivni zeleni krovovi

Poluintenzivni zeleni krov predstavlja kompromis između ekstenzivnih i intenzivnih zelenih krovova. Ova varijanta zelenih krovova (prikazana na slici 2.5.) je najisplativije rješenje po pitanju bioraznolikosti i odvodnje oborinskih voda. Nadalje, poluintenzivni zeleni krovovi bolje

obnavljaju prirodni okoliš zgrade. Poluintenzivne zelene krovove moguće je djelomično postaviti u kombinaciji sa ekstenzivnim zelenim krovovima što daje bolji vizualni i ekološki učinak. Također, kombinacija poluintenzivnog i intenzivnog zelenog krova smanjiti će ukupnu cijenu cijele površine krova te ponuditi tranzicijski vizualni efekt. (Green Roof Technology, 2023).



Slika 2.5. Primjeri poluintenzivnih zelenih krovova.

Izvor: <https://greenrooftechology.com/green-roof-finder/semi-intensive-green-roof/>

Kako poluintenzivni zeleni krov predstavlja tranzicijski oblik iz ekstenzivnog u intenzivni zeleni krov tako se mijenja i vrsta raslinja. Naime, u skupine biljaka koje karakteriziraju poluintenzivni zeleni krov spadaju: zeljasto raslinje, razne trajnice, trave te maleno grmoliko bilje. Oni zahtijevaju određenu razinu održavanja te povremeno navodnjavanje ovisno o lokaciji. Poluintenzivni sustavi imaju dubinu između 15 cm i 20 cm pa stoga se na njima mogu razvijati biljke s dubljim sustavima korijenja te mogu zadržati više oborinskih voda od ekstenzivnih zelenih krovova. Također, radi svojih karakteristika ovi zeleni krovovi mogu podržati bogatiju bioraznolikost, te kao takvi pružaju potencijal za gradnju krovnog vrta. Uz sve navedeno, raslinje na poluintenzivnom zelenom krovu podložno je prirodnom miješanju što znači da pojedine vrste biljaka napuštaju površinu krova dok se na istu može primiti sjeme nekih drugih biljaka. Poluintenzivni zeleni krovovi većih su masa u odnosu na ekstenzivne zelene krovove zbog čega je potrebno kalkulirati može li zgrada podnijeti težinu poluintenzivnog zelenog krova (Green Roof Technology, 2023).

2.1.6.3. Intenzivni zeleni krovovi

Intenzivni zeleni krov poznatiji kao krovni vrt uključuje beskonačne kombinacije dizajna i varijanti biljaka. Intenzivno ozelenjivanje uključuje različite vrste biljaka kao što su: razne trajnice, trave, lukovice, ljetno cvijeće, različito grmlje, pa čak i veliko drveće. Obzirom da ova varijanta zelenog krova zahtjeva puno održavanja, neke njegove dijelove kao što su travnjaci smatra se intenzivnim zelenim krovovima. Slika 2.6. prikazuje primjer intenzivnog zelenog krova (Green Roof Technology, 2023).



Slika 2.6. Primjer intenzivnog zelenog krova na gradskoj vijećnici u Torontu.

Izvor: <https://www.flickr.com/photos/bricoleurbanism/6905855462>

Intenzivni zeleni krovovi imaju potencijal potpune obnove lokalnog ekosustava zgrade ako se tijekom projektiranja uzme u obzir bioraznolikost lokacije u kojoj se zgrada nalazi. Kao što je ranije spomenuto, intenzivni zeleni krovovi zahtijevaju više održavanja u odnosu na poluintenzivne i ekstenzivne zelene krovove, no to ne mora biti tako. Naime, količina i troškovi održavanja intenzivnih krovova jako ovise o izboru raslinja. Primjerice, urbana krovna šuma ne zahtjeva mnogo održavanja, no biljke kao što su grmlje, trava, cvijeće i slično zahtijevaju redovito navodnjavanje i održavanje (Green Roof Technology, 2023).

2.1.6.4. Solarni krovni vrtovi



Slika 2.7. Primjer solarnog krovnog vrta.

Izvor: https://greenrooftechnology.com/wp-content/uploads/2021/08/Aerial_SolarGardenRoof-1024x1024.jpg

Solarni krovni vrtovi (slika 2.7) su nadogradnja na postojeće zelene krovove, a najčešće se montiraju na ekstenzivne zelene krovove. Ova podvrsta zelenog krova odlična je za dodatno smanjenje potrošnje energije stambene zgrade. Naime, uz sve ranije pozitivne utjecaje zelenih krovova na očuvanje energije zgrade moguće je na zeleni krov montirati solarne panele koji mogu služiti za grijanje vode i proizvodnju električne energije čime se stvara dodatna ušteda. Također, dodatna prednost kombinacije zelenih krovova sa solarnim panelima je subvencionirana cijena montaže i održavanja takvih panela. Zbog toga što zeleni krovovi imaju bolji protok zraka i manje temperature u odnosu na klasične krovove, moguće je povećati količinu proizvedene električne energije za 10% (Green Roof Technology, 2023).

2.1.6.5. Plavo – zeleni krovovi

Plavo – zeleni krovovi pretvaraju kose krovove s malim nagibom u jedno od najučinkovitijih sredstava za upravljanje oborinskim vodama. Ova vrsta krovova sakuplja i zadržava oborinske vode u posebnom sloju za drenažu unutar sastava zelenog krova koji je kontroliran pametnim odvodima. Prednosti ovakve varijante zelenih krovova uključuju kombiniranje prirodnog okoliša i maksimalno učinkovitog sustava za odvodnju oborinskih voda, pojačani učinak evapotranspiracije koji dodatno smanjuje učinak toplinskog otoka, potpuno upravljive spremnike za kišnicu, upravljive sustave za regulaciju odvodnje, povećanje bioraznolikosti kroz kvalitetniji omjer vode i zraka, bolju toplinsku izolaciju, smanjenje korištenja ustajale vode na urbanim farmama za 75% kao i razne prilike za edukaciju (Green Roof Technology, 2023).

2.1.7. Prednosti zelenih krovova

Zeleni krovovi imaju mnoge prednosti u odnosu na klasične krovove kao što su poboljšani sustav odvodnje, dulji životni vijek krova, bolje temperaturne performanse, pozitivan učinak na okoliš, poboljšanje kvalitete zraka i mogućnost stvaranja staništa za mnoge vrste.

Održiva odvodnja oborinskih voda bitna je komponenta svake zgrade kao protumjera poplavama u slučaju vrlo jakih oborina. Klasični krovovi imaju sustave odvodnje u obliku cijevi koje odvede oborinske vode izravno u kanalizaciju što danas pogotovo u vremenskim prilikama pod utjecajem klimatskih promjena znatno preopterećuje te sustave. Također, odvedene oborinske vode miješaju se s kanalizacijskim vodama što predstavlja nepotrebnu potrošnju potencijalno korisnog resursa. Zeleni krovovi predstavljaju odlično rješenje za upravljanje oborinskim vodama jer se voda pohranjuje u biljkama i tlu te se naknadno ispušta u okoliš u obliku isparavanja što dodatno spušta lokalnu temperaturu (Green Roof Technology, 2023).

Zeleni krovovi mogu povećati životni vijek krova zgrade. Naime, krovovi su konstantno izloženi vremenskim prilikama, što znatno utječe na njihov vijek trajanja. Zeleni krovovi potencijalno imaju dvostruki vijek trajanja u odnosu na klasične krovove. Sloj zelenila krova pomaže u zaštiti vodootporne membrane (Green Roof Technology, 2023).

Utjecaj zelenih krovova na lokalnu temperaturu već je ranije opisan, no važno je spomenuti da zeleni krovovi ne izoliraju samo kat zgrade koji se nalazi ispod njih već smanjuju temperaturu okoline što pomaže u borbi protiv učinka toplinskog otoka.

2.1.8. Nedostaci zelenih krovova

Uz sve navedene prednosti, zeleni krovovi imaju i svoje nedostatke. Prvi i osnovni nedostatak predstavlja cijena krova. Naime, zeleni krovovi skuplji su od tradicionalnih izvedbi. No to je samo privremeni nedostatak obzirom da početnu investiciju dugoročno nadoknađuju svojim ekonomsko – energetske dobrobitima. Drugi glavni nedostatak je masa krova. Poluintenzivni i intenzivni krovovi imaju mnogo veće mase od tradicionalnih krovova što utječe na opterećenje same zgrade. Posljednji nedostatak predstavlja održavanje samog krova, no to ovisi o tipu krova i vrsti raslinja koja raste na njemu. Ranije je spomenuto da ekstenzivni krovovi ne zahtijevaju gotovo nikakvo održavanje dok poluintenzivni i intenzivni zeleni krovovi zahtijevaju mnogo više održavanja.

2.2. Zeleni zidovi i fasade

Uz krovove kao horizontalne površine moguće je ozeleniti i vertikalne površine kao što su unutarnji zidovi prostorije ili fasade stambenih zgrada. Unutarnje izvedbe pomažu u stvaranju ugodne klime s hladnim i vlažnim zrakom (E. Rosenkranz, 2021). Zeleni zidovi, odnosno fasade predstavljaju vertikalne konstrukcije koje na sebi nose različite vrste biljaka i zelenila. Kako se na zelene zidove postavljaju žive biljke vrlo je važno da takve strukture imaju ugrađen sustav navodnjavanja (NAAVA, 2017). Unutarnje i vanjske izvedbe zelenih zidova prikazane su slikom 2.8. Ovo poglavlje bavi se utjecajem zelenih zidova i fasada na lokalnu klimu i potrošnju energije, strukturom i različitim vrstama zelenih fasada. Također, u ovom poglavlju biti će nabrojane različite prednosti zelenih fasada, ali i njihovi nedostaci.



Slika 2.8. Unutrašnji zeleni zid i vanjska zelena fasada.

Izvori: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:An_indoor_living_wall_%2828515828890%29.jpg i <https://pxhere.com/en/photo/1413764>

Kako bi zelena fasada dala maksimum svojih blagodati, potrebno je pomno odabrati raslinje koje će ju krasiti. U pravilu se koriste četiri vrste raslinja:

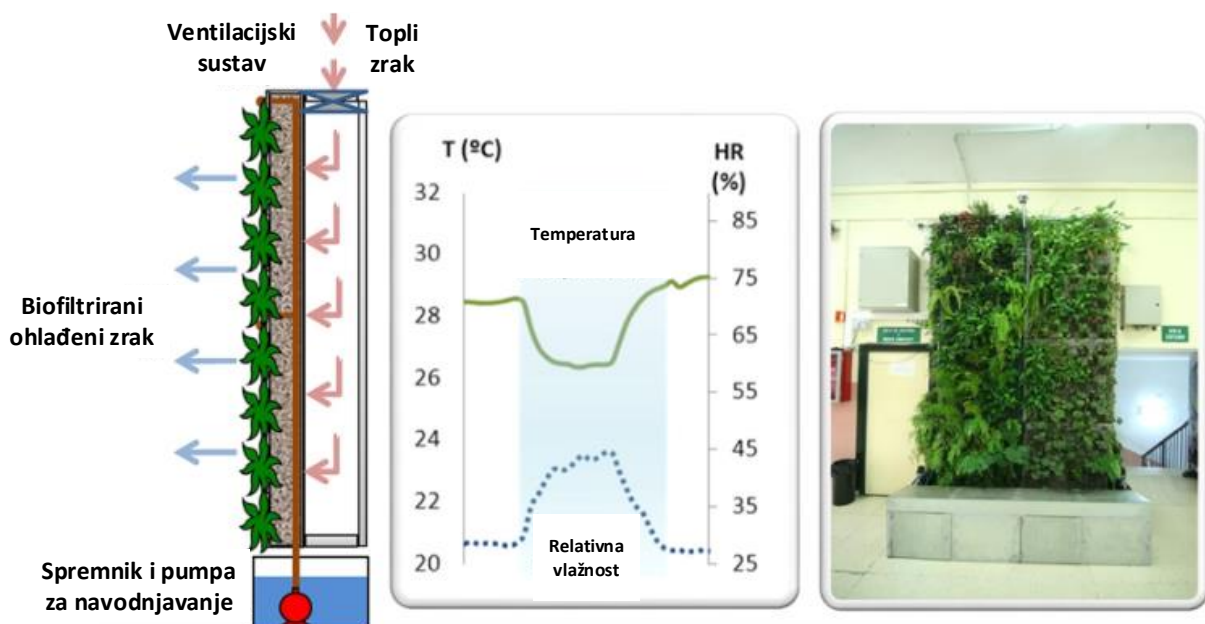
- 1) Biljke koje se same penju pomoću vitica, vijugavih stabljika ili izdanaka;
- 2) Penjačice koje zahtijevaju posebnu konstrukciju po kojoj mogu rasti;
- 3) Viseće bilje koje se sadi u posebne posude smještene na krov ili balkon zgrade (zahtijevaju posebnu brigu u obliku zaštite protiv mraza, gnojiva i vode) i
- 4) Biljke koje se sade u spremnike ravnomjerno raspoređene po fasadi na različitim visinama (načelno skuplja i krhka solucija) (Urban Green – Blue Grids for resilient cities).

2.2.1. Energetski učinak zelenih fasada

Zeleni zidovi imaju sličan utjecaj na okolinu kao i zeleni krovovi te se na njih odnose ranije opisani utjecaji na temperaturu i toplinski tok, efekt evapotranspiracije, efekt sjenčanja, dobre toplinske izolacije i povoljnog utjecaja na sustave klimatizacije. Isto tako, kao i kod zelenih krovova, zeleni zidovi ne upijaju sunčevu toplinu već ju raspršuju natrag u atmosferu i samim time površina ispod zelenog zida postiže niže temperature (Ambius, 2023).

Osim unutrašnjih i vanjskih zelenih zidova koji su pasivne prirode postoje i pametni aktivni zeleni zidovi kod kojih se zrak usmjerava kroz ozelenjeni zid kako bi se maksimalno iskoristili efekti evapotranspiracije i sjenčanja i samim time povećao potencijal hlađenja i pročišćavanja zraka kod samog zida. Postoje vanjske ali i unutarnje izvedbe pametnih aktivnih zelenih zidova. Kod unutarnjih izvedbi zrak se hladi, vlaži i pročišćava i samim time se smanjuje potreba za klasičnom ventilacijom (L. Pérez-Urrestarazu, R. Fernández-Cañero, A. Franco, G. Egea, 2016).

Sveučilište u Sevilli u suradnji s tvrtkom Terapia Urbana u svojim prostorijama instaliralo je prototip pametnog aktivnog unutarnjeg zelenog zida kako bi se proveo eksperiment o učinkovitosti takvog zida na temperaturu zraka i stupanj vlažnosti u prostoriji. Prikaz, skica i dijagram pada temperature i vlažnosti tog zida prikazani su na slici 2.9 (L. Pérez-Urrestarazu i sur., 2016).



Slika 2.9. Skica pametnog aktivnog zelenog zida (lijevo), dijagram temperature i relativne vlažnosti (sredina) i prikaz prototipa pametnog aktivnog zelenog zida.

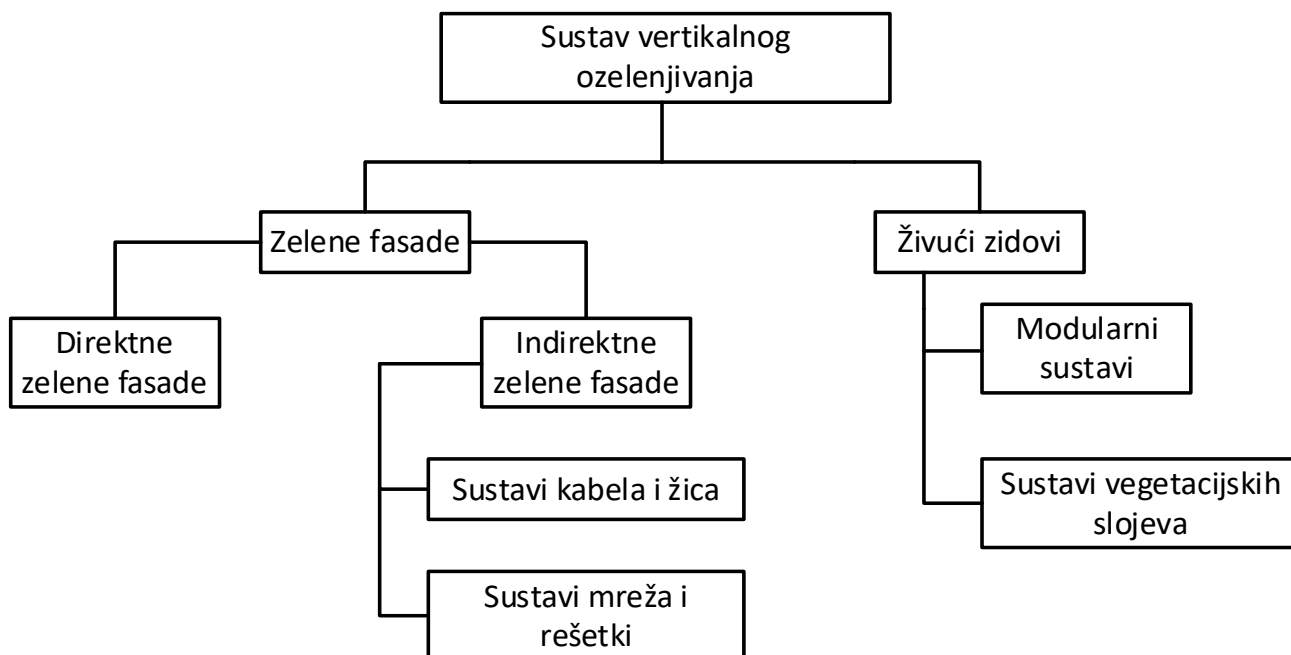
Izvor: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857416300507>

Pametni aktivni zeleni zid prikazan lijevo na slici 2.9. sastoji se od samog zelenog zida koji sadrži zemlju i raslinje, kroz zemlju prolaze cijevi sustava za navodnjavanje koji uz pomoć vodene pumpe uzima vodu iz spremnika i prema potrebi navodnjava određene dijelove zida. Osim samog zida postoji vertikalni prostor na čijem vrhu se nalazi ventilacijski sustav koji uzima topli suhi zrak iz prostorije te ga usmjerava kroz vertikalni prostor u tlo gdje mora proći kroz sustav korijenja i samo raslinje. Na izlazu se dobiva biofiltrirani i ohlađeni zrak.

Dijagram temperature i relativne vlažnosti na slici 2.9. (sredina) prikazuje temperaturu i vlažnost zraka prije i nakon prolaska kroz zid. Vidljivo je da je temperatura prije prolaska veća od one nakon prolaska, a relativna vlažnost zraka je manja prije prolaska u odnosu na onu nakon prolaska zraka kroz zid. Preliminarni rezultati eksperimenta pokazali su da temperatura ovisno o udaljenosti od zida pada za 0.8 °C do 4.8 °C (L. Pérez-Urrestarazu i sur., 2016).

2.2.2. Vrste zelenih fasada

Zelene fasade dolaze u mnoštvu različitih izvedbi ovisno o načinu sadnje, vrsti i načinu rasta biljaka, potrebi za nosivom konstrukcijom za raslinje i udaljenosti raslinja od fasade. Podjela sustava vertikalnog ozelenjivanja prikazana je slikom 2.10. Najpopularnije izvedbe zelenih fasada temelje se na biljkama penjačicama u ovisnosti o tome je li im potrebna posebna nosiva konstrukcija ili nije te jesu li udaljene od fasade ili se biljke penju izravno po fasadi. Također, još jedan bitan faktor je način sadnje. Zelene fasade razlikuju se po tome sude li se biljke izravno u tlo uz fasadu ili se sade u posebne spremnike koji se nalaze iznad tla. Prema tome je moguće zelene fasade podijeliti na dvije varijante: direktne i indirektne zelene fasade koje će biti obrađene u nastavku.

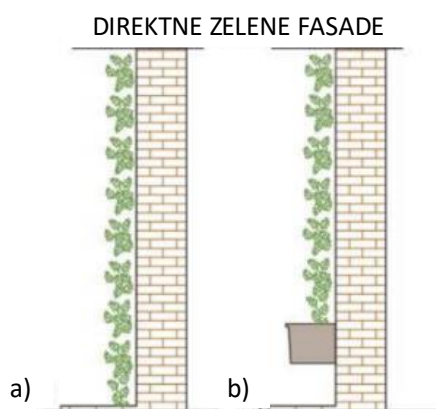


Slika 2.10. Podjela sustava vertikalnog ozelenjivanja
(T. Trkulja; M. Radujković; M. Nikolić – Topalović, 2022).

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/408434>

2.2.2.1. Direktne zelene fasade

Kod direktnih zelenih fasada biljke penjačice penju se izravno po zidu bez ikakvog usmjeravanja kao što je prikazano na slici 2.11. Postoje dvije varijacije direktnih zelenih fasada ovisno o načinu sadnje biljaka. Kod prve varijacije biljke se sade izravno u tlo uz dno fasade, dok se kod druge varijacije biljke sade u spremnik na određenoj visini.

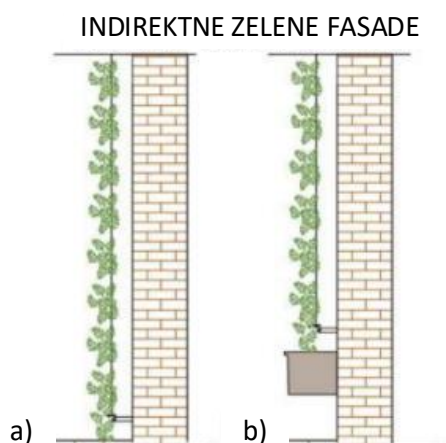


Slika 2.11. Direktna zelena fasada.

Izvor: https://www.researchgate.net/publication/338808990_Green_Wall_systems_where_do_we_stand

2.2.2.2. Indirektne zelene fasade

Indirektne zelene fasade razlikuju se od direktne izvedbe po tome što se biljke penju po žičanoj ili rešetkastoj nosivoj strukturi tako da postoji određeni razmak između zida zgrade i zelene fasade. Ovakva nosiva konstrukcija sa sobom nosi nekoliko prednosti od kojih su neke: sprječavanje pada raslinja, stvaranje zračnog raspore između zida i raslinja što pomaže pri hlađenju kao i povećanje otpornosti sustava prema vremenskim neprilikama (A. S. Palermo; M. Turco, 2020). Indirektna zelena fasada također dolazi u dvije izvedbe gdje se biljke sade izravno u tlo i ona gdje se biljke sade u spremnike na određenoj visine što je prikazano na slici 2.12.



Slika 2.12. Indirektna zelena fasada.

Izvor: https://www.researchgate.net/publication/338808990_Green_Wall_systems_where_do_we_stand

2.2.3. Prednosti zelenih fasada

Zelene fasade predstavljaju održivo rješenje za borbu protiv klimatskih promjena u urbanim sredinama koje potiču održavanje prirodne bioraznolikosti, umanjuju utjecaj učinka toplinskog otoka, učinkovito sakupljaju i umanjuju štetu nastalu prevelikom količinom oborinskih voda, te predstavljaju prirodnu termičku i zvučnu izolaciju. Također, pomoću procesa fotosinteze učinkovito pretvaraju ugljikov dioksid u kisik i poboljšavaju kvalitetu zraka. Zbog utjecaja učinaka sjenčanja i evapotranspiracije smanjuju temperaturu okoline, te efektivno štite zgrade od pregrijavanja i infiltracije hladnog zraka za do 40% što dovodi do smanjenja potrošnje energije (T. Trkulja; M. Radujković; M. Nikolić – Topalović, 2022).

Jedno istraživanje provedeno je od strane Djedjig i sur. u trajanju od dvije zime. U istraživanju su korišteni mali modeli od cigle prekriveni bršljanom (*Hedera helix*) s ciljem ispitivanja izolacijskih svojstava zelenih fasada za vrijeme zimskih mjeseci. Rezultati istraživanja prikupljeni tijekom prve zime pokazali su da je potrošnja energije bila smanjena za 21% u odnosu na modele

bez raslinja. Modeli s raslinjem trošili su 4,3 kWh, a goli modeli 5,4 kWh na tjednoj bazi. Za vrijeme druge zime lišće bršljana bilo je veće a ukupno raslinje gušće što je dodatno povećalo uštedu energije na 37%. Tada su goli modeli trošili 5,9 kWh, a izolirani modeli trošili 3,7 kWh na tjednoj bazi. Prisutnost bršljana osigurala je dodatnu toplinsku izolaciju za prekriveni model. Najveće uštede energije ostvarene su za vrijeme ekstremnijih vremenskih uvjeta kada je učinkovitost povećana za 40% do 50% te osigurana temperaturna razlika od 3°C u odnosu na gole modele (T. Trkulja; M. Radujković; M. Nikolić – Topalović, 2022) (R. Djedjig; R. Belarbi; E.l Bozonnet, 2017).

2.2.4. Nedostaci zelenih fasada

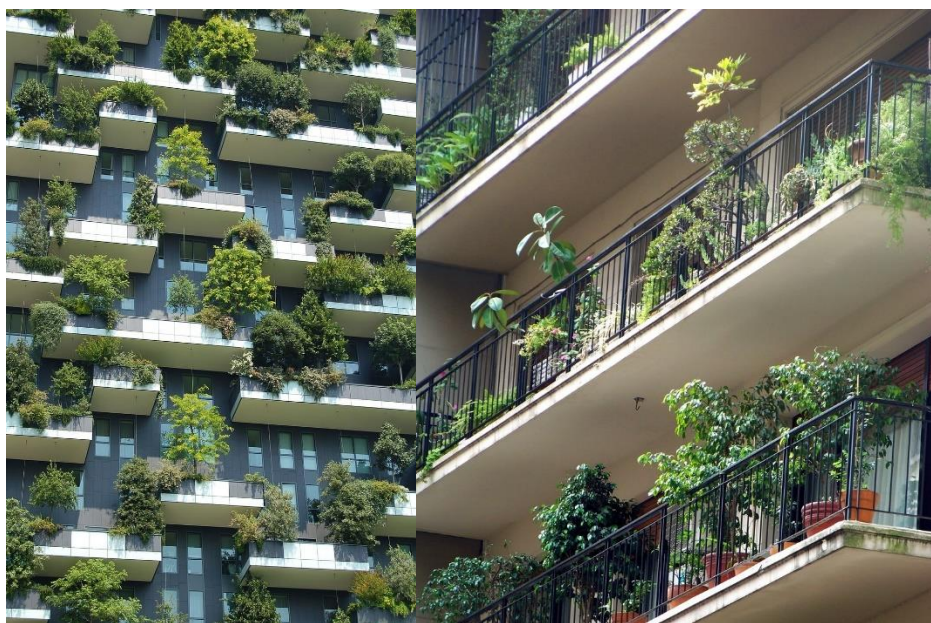
Uz navedene prednosti zelene fasade imaju i svoje dugoročne nedostatke. Neki od nedostataka su štete nastale djelovanjem korijenja, grana i lišća, zadržavanje vlage, problemi sa štetočinama te problemi s vodootpornim površinama. Korijenje može izazvati veliku štetu na objektima ljudske izrade. Kada korijenje preraste površinu svojih spremnika i počinje rasti van istih može doći do nastanka pukotina na zidovima i pločnicima. Također, može nastati šteta u vodovodnom sustavu zgrade obzirom da korijenje prirodno raste prema izvoru vode (D. Cartwright , 2018). Kako bi se spriječila šteta nastala djelovanjem korijenja potrebno je birati biljke koje imaju plitko korijenje te redovito održavati i provjeravati njihovu strukturu pogotovo za vrijeme faza rasta biljaka.

Drugi oblik moguće štete predstavlja oštećenja nastala djelovanjem lišća i grana biljaka u sklopu zelene fasade. Pod utjecajem vjetra grane se miču što može izazvati ogrebotine i druga oštećenja na zidu fasade. Lišće s druge strane puni sustave za odvodnju i s vremenom stvara začepjenja koja izazivaju poplave. Pod djelovanjem tih poplava dolazi do stvaranja većih oštećenja na temeljima i zidovima zgrade (D. Cartwright, 2018). Ova oštećenja mogu se spriječiti primjenom indirektnih sustava zelenih fasada, izborom zimzelenih biljaka kao što su bršljani i redovitim čišćenjem sustava odvodnje oborinskih voda.

Daljnja oštećenja mogu biti izazvana zadržavanjem vlage. Naime, biljke i tlo u kojem su one posađene zadržavaju vlagu što rezultira time da se zgrada nikada ne može potpuno osušiti pogotovo ako nije izložena izravnom suncu i djelovanju vjetra (D. Cartwright, 2018).

2.3. Zeleni balkon

Kako bi se iskoristio potencijal koristi zelenila potrebno je ozeleniti više površina stambene zgrade. Uz zelene krovove i zidove moguće je ozeleniti i balkone. Ozelenjivanje balkona nije toliko kompleksno kao u slučaju zelenih zidova pošto su takve površine idealne za sadnju zelenila. Zeleni balkon, prikazan na slici 2.13., ima određeni efekt hlađenja zraka, toplinske izolacije i sjenčanja te samim time pogodno djeluje na smanjenje troškova klimatizacije i potrošnju energije. Također, zeleni balkoni imaju utjecaj na smanjene koncentracije ugljičnog dioksida i umanjenja buke.



Slika 2.13. Primjeri zelenih balkona.

Izvori: <https://www.pxfuel.com/en/free-photo-oxgna> i
<https://www.flickr.com/photos/jglsongs/2227528930>

Kako bi se maksimalno iskoristili svi pozitivni utjecaji zelenih balkona potrebno je uzeti u obzir nekoliko faktora. Prvi bitan faktor je izbor vrste raslinja ovisno o orijentaciji balkona, te vremenu kada je balkon izložen izravnoj sunčevoj svjetlosti kako bi se ono razvijalo kako treba. Slijedeći faktor je površina koja je raspoloživa za ozelenjivanje. Naime, ukoliko je horizontalna površina premalena, moguće je iskoristiti i vertikalne površine za kultivaciju raslinja. Površine koje se mogu iskoristiti su ograda balkona i zidovi uz sam balkon. Primjer iskorištavanja vertikalne površine balkona prikazan je na slici 2.14.

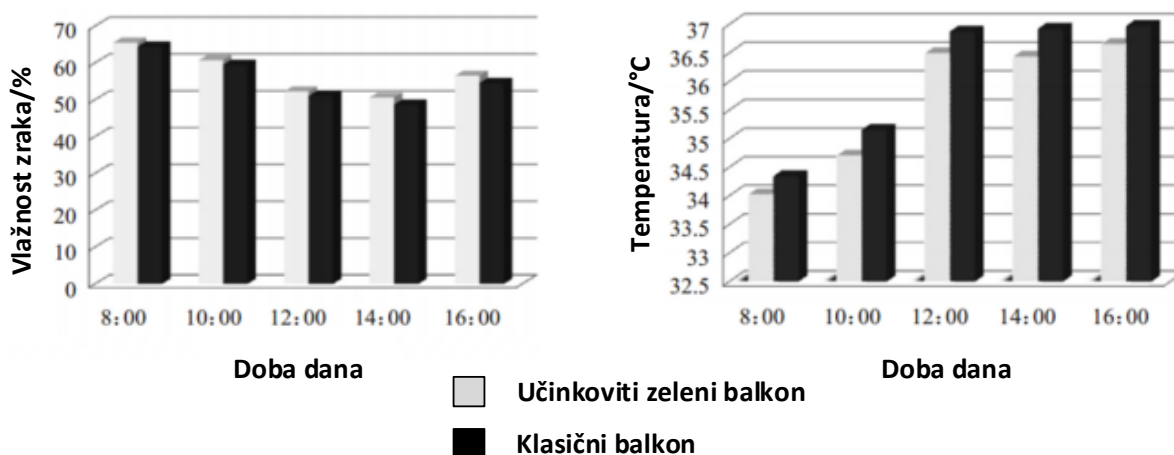


Slika 2.14. Iskorištavanje vertikalne površine balkona za kultivaciju zelenila.

Izvor: <https://www.pexels.com/photo/green-leafed-plant-on-balcony-during-daytime-226515/>

Posljednji faktor odnosi se na korištenje naprednih tehnika kultivacije raslinja. Načini kultivacije su korištenje stupčastih struktura i ljestvi za biljke penjačice koje se postavljaju u spremnik za zemlju. Takav spremnik uza sebe ima kutiju za periodično dodavanje gnojiva, perfuzijske cijevi i priključka (Sun, Jinkun & Liu, Jing & Wu, Feng & Nian, Hongfen., 2015).

Učinkoviti zeleni balkoni povećavaju stupanj vlažnosti zraka u prostoriji za 0.1% do 3.6% i umanjuju temperaturu za 0.1 °C do 1 °C u odnosu na klasične balkone što je prikazano na slici 2.15 (Sun, Jinkun i sur., 2015).

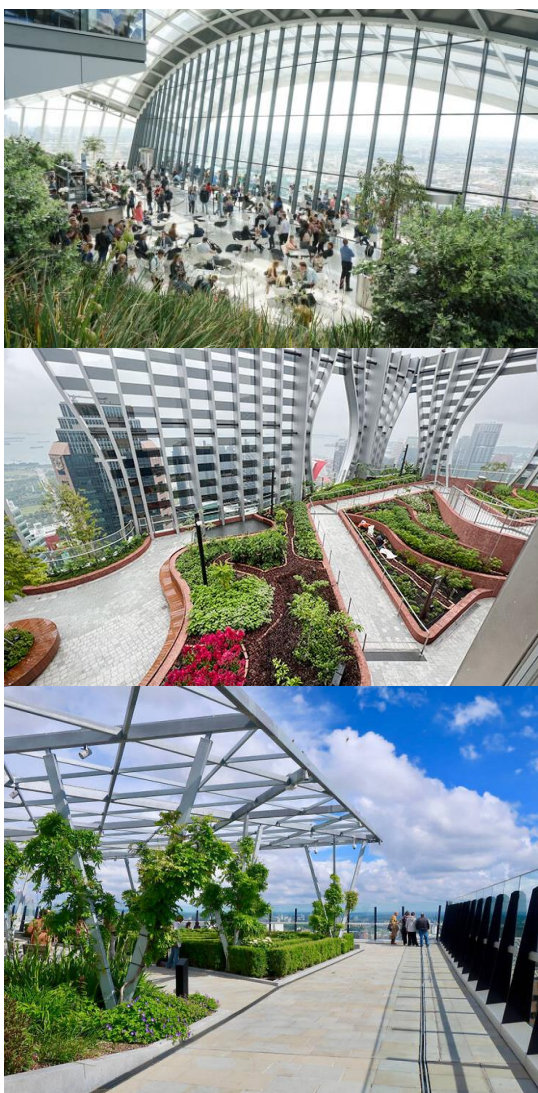


Slika 2.15. Usporedba stupnja vlažnosti i temperature zelenih i klasičnih balkona u ovisnosti o dobu dana.

Izvor: <https://www.atlantis-press.com/article/25844138.pdf>

2.4. Nebeski vrtovi

Nebeski vrt predstavlja natkrivene ili djelomično natkrivene ventilirane površine na zgradama velikih visina koje su dizajnirane kako bi se poboljšala ventilacija i toplinski uvjeti mikroklimе (TONI IP, 2019). U suštini nebeski vrtovi predstavljaju kombinaciju zelenog krova i zelenog balkona budući da se mogu nalaziti na vrhu zgrade ili na horizontalnoj površini sa strane zgrade. Također, postoje unutarne varijante nebeskih vrtova koje stvaraju specifičnu vlastitu mikroklimu koja je većinski neovisna o vanjskim vremenskim uvjetima. Slika 2.16. prikazuje natkriveni, otkriveni i djelomično natkriveni nebeski vrt.



Slika 2.16. Natkriveni (gore), otkriveni (sredina) i djelomično natkriveni (dole) nebeski vrt.

Izvori: <https://www.flickr.com/photos/philgyford/48113039361/in/photostream/> ,
<https://www.littledayout.com/capitaspring-sky-garden-green-oasis-how-to-get-there-top-of-the-world-feeling/> i <https://www.timeout.com/london/things-to-do/the-best-rooftop-gardens-in-london>

S porastom visine zgrade raste i kompleksnost njezina ventilacijskog sustava zbog međusobne interakcije raznih faktora interijera i eksterijera zgrade. Kako bi se uspostavila optimalna mikroklima unutar zgrade potrebno je instalirati sustave klimatizacije. Takvi sustavi su veliki potrošači električne energije te imaju visoke troškove održavanja. Drugi oblik ventilacije koji se može iskoristiti za visoke stambene zgrade je prirodna ventilacija koja je jednako učinkovita u visokim i niskim zgradama, no postoji malo zgrada koje koriste 100% takve ventilacije. Moderne zgrade koriste hibridni sustav ventilacije između prirodne ventilacije i sustava klimatizacije (Mughal, H., 2017).

Kako bi se prirodna ventilacija višekatne zgrade pospješila potrebno je ukupnu visinu zgrade podijeliti na nekoliko međusobno izoliranih dijelova kako bi se nastali otvoreni prostori mogli iskoristiti za nebeske vrtove. Uloga nebeskih vrtova u tim prostora svodi se na filtriranje zraka i apsorpciju direktne sunčeve svjetlosti. Naime, ukoliko građevina ima krovni prozor velike površine kako bi se što bolje iskoristila prirodna svjetlost, doći će do povećanja temperature. Ako taj isti prostor ima zatvoreni nebeski vrt doći će do smanjenja temperature i povećanja vlažnosti zraka zbog efekata sjenčanja i evapotranspiracije. Samim time zbog niže temperature i bolje kvalitete zraka potreba za klimatizacijom, potrošnja električne energije i troškovi klimatizacije biti će manji.



Slika 2.17. Zgrada Commerzbank-a u Frankfurtu i Liberty Tower Sveučilišta u Meji.

Izvori: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frankfurt_Commerzbank-Turm.20130904.jpg i <https://www.flickr.com/photos/31029865@N06/15069506717>

Mughal, H. (2017) opisuje dvije visoke zgrade, Liberty Tower Sveučilišta u Meji i zgrade Commerzbank u Frankfurtu, prikazane na slici 2.17. U radu su uspoređeni parametri dvaju zgrada kao što su lokacija, godina izgradnje, klima, namjena zgrade, visina zgrade, broj katova, vrsta ventilacije, strategija za korištenje prirodne ventilacije, vegetacija, strategije ventilacije u samom dizajnu zgrade, potrošnja energije, okvirni postotak dijela godine kada se može koristiti prirodna ventilacija, te postotak godišnje uštede energije za hlađenje i grijanje zgrade. U tablici 2.1. izdvojeni su neki od bitnijih podataka vezanih za potrošnju i uštedu energije za navedene dvije građevine.

Tablica 2.1. Rezultati istraživanja za zgrade Liberty Tower Sveučilišta u Meji i zgrade Commerzbank u Frankfurtu (Mughal, H. , 2017).

Izvor: https://www.researchgate.net/publication/330385675_Role_of_Sky-gardens_in_Improving_Energy_Performance_of_Tall_Buildings

Naziv građevine:	Liberty Tower Sveučilišta u Meji	Commerzbank u Frankfurtu
Klima:	Umjerena	Umjerena
Visina zgrade:	119 m	295 m
Vegetacija:	Nema	Nebeski vrtovi
Potrošnja energije:	166 Wh/m ²	117 kWh/m ²
Postotak mogućeg godišnjeg korištenja prirodne ventilacije:	29%	80%
Postotak godišnje uštede energije:	55%	63%

Iz tablice je vidljivo da zgrada Commerzbank-a koja u svom sastavu uključuje nebeske vrtove ima veću potrošnju od Liberty Tower-a no ipak ima veću godišnju uštedu energije i veći postotak mogućeg godišnjeg korištenja prirodne ventilacije zraka upravo zbog svoje segmentirane strukture.

Nebeski vrtovi su se pokazali kao dobar pojačivač prirodne ventilacije i filtracije zraka, a moguće ih je unaprijediti tako da im se poveća bioraznolikost. Na taj način će ova pasivna strategija uštede energije dostići svoj puni potencijal.

2.5. Stabla

Stabla imaju značajan utjecaj na razvoj urbanih sredina. To je vidljivo iz primjera drevnih gradova gdje su stabla služila za filtraciju i pročišćavanje vode u sustavima navodnjavanja. Također, stabla stvaraju hlad čime smanjuju temperaturu okoline, čiste okolni zrak i služe kao stanište za brojne vrste životinja. Slika 2.18. prikazuje primjer korištenja stabala u urbanim sredinama.



Slika 2.18. Stabla pred Lincoln centrom u New York-u.

Izvor: <https://www.flickr.com/photos/deeproot/15302735919>

Uz sve navedeno, stabla služe kao prirodni vjetrobrani koji smanjuju brzinu vjetra u okolini čime utječu na rashladni potencijal zgrada u blizini. Smanjena brzina vjetra rezultira većom mogućnošću otvaranja prozora u ljetnim mjesecima čime se povećava potencijal prirodne ventilacije zgrada i samim time smanjuje potreba za konstantnom uporabom klimatizacijskih sustava. Osim navedenog efekta prirodnog vjetrobrana za stabla vrijede i ranije opisani efekti sjenčanja i evapotranspiracije. Uz to, bitan faktor kod smanjenja potrošnje energije je lokacija stabla u odnosu na stambenu zgradu.

2.5.1. Učinak evapotranspiracije

Evapotranspiracija je pogodna u ljetnim mjesecima kada stabla koriste preko 380 litara vode dnevno kako bi raspršila toplinu natrag u atmosferu čime smanjuju temperaturu okoline. Problem se javlja kod listopadnih stabala kod kojih je taj efekt za vrijeme zimskih mjeseci sveden na minimum. U slučaju da urbana površina ima dovoljno stabala može se postići efekt oaze gdje se efekt evapotranspiracije može primijeniti na mnogo veću površinu čime će se temperatura okoline značajno smanjiti, a zgrade će trošiti manje električne energije na hlađenje (Abdel-Aziz DM , 2014).

2.5.2. Učinak sjenčanja

Kako bi se opisao efekt sjenčanja kod stabala vrlo je važno napomenuti da postoje dvije vrste radijacije, to su sunčeva radijacija i zemaljska radijacija. Sunčeva radijacija predstavlja zračenja koja potječu sa Sunca dok zemaljska radijacija predstavlja zračenja koja su emitirana od strane objekata na zemlji. Stabla pomoću efekta sjenčanja modificiraju obje vrste radijacija. Sjene stabala smanjuju blještavilo i uspješno prigušuju raspršenu svjetlost koja može utjecati na razmjenu topline između stambene zgrade i njene okoline. Tijekom dana sjene stabala neizravno smanjuju porast topline kod stambenih zgrada zbog njihova utjecaja na zemaljsku radijaciju čime smanjuju temperature tla i ostalih površina. Za vrijeme ljetnih mjeseci stabla djelomično sprječavaju ulazak neželjene sunčeve radijacije u stambene zgrade čime se umanjuje potreba za korištenjem klimatizacijskih sustava. Listopadna stabla posebno su pogodna zato što umanjuju sunčevu radijaciju tokom ljetnih mjeseci, a istu propuštaju tokom zimskih mjeseci. Isto tako stabla noću zadržavaju toplinu koju emitiraju stambene zgrade te istu sprječavaju u grijanju okoline. Listopadna stabla umanjuju sunčevu radijaciju za 80 % tijekom ljetnih mjeseci i za 40% tijekom zimskih mjeseci. Na taj način znatno umanjuju površinske temperature urbanih područja. S druge strane, zbog manjka sjene u urbanim područjima dolazi do povećanja temperatura površina i zraka. Stoga stabla predstavljaju glavne saveznike u smanjenju temperature okoline i svih umjetnih površina u gradskim područjima što u konačnici neizravno utječe na smanjenje potrošnje energije (Abdel-Aziz DM, 2014).

2.5.3. Utjecaj lokacije stabala na smanjenje potrošnje energije

Lokacija stabla u odnosu na stambenu zgradu bitna je kako bi se maksimalno iskoristile sve prednosti u vidu smanjenja temperature i uštede energije koje stabla pružaju. Važno je da stabla ne budu posađena preblizu zgrade zato što bi u tom slučaju korijenje stabala raslo ispod temelja zgrade ili u slučaju da je korijenje plitko, izbijalo pločnike oko zgrade (prikazano na slici 2.19.).



Slika 2.19. Korijenje stabla stvara štetu na prilazu stambenoj zgradi.

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2017-09-05_18_22_55_Concrete_driveway_severely_cracked_and_buckled_by_tree_roots_along_Glen_Mawr_Drive_in_Ewing_Township_Mercer_County_New_Jersey.jpg

Također, u tom slučaju bi krošnja stabla smetala jer bi rasla direktno u fasadu zgrade što bi stvaralo dodatna oštećenja što je prikazano na slici 2.20. Isto tako, ako je stablo preblizu zgradi uvijek postoji opasnost da se ono sruši na nju u slučaju nevremena i samim time stvori veliku štetu za stanovnike što je vidljivo na slici 2.21. U slučaju da je stablo posađeno predaleko od zgrade ne bi se postigao željeni učinak smanjenja temperature i smanjenja potrošnje energije.



Slika 2.20. Stablo široke krošnje koje je posađeno preblizu stambenoj zgradi.

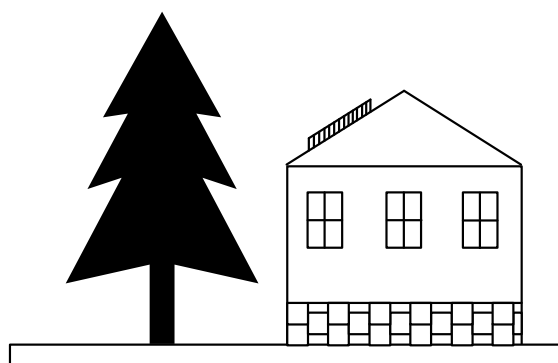
Izvor: <https://www.flickr.com/photos/24736216@N07/4982136759>



Slika 2.21. Stablo koje se uslijed nevremena srušilo na kuću.

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Felled_tree_in_Chandler,_Texas_%28USA%29.jpg

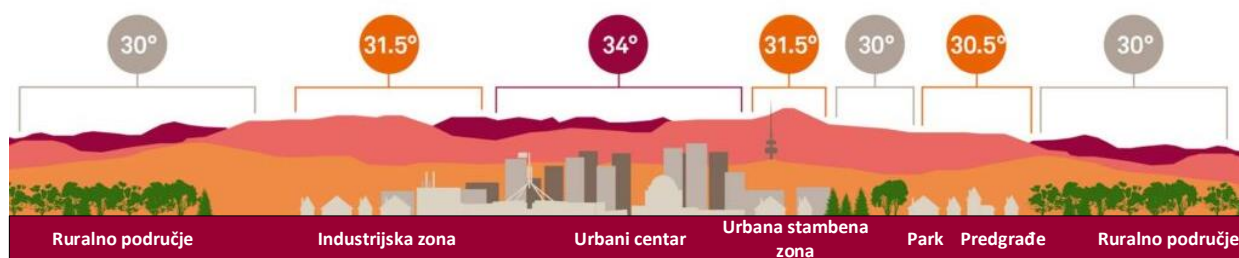
Vrlo je važno pronaći optimalnu lokaciju za sadnju stabala kako bi udaljenost od zgrade bila dovoljno malena da se mogu iskoristiti sve prednosti u vidu povećanja energetske učinkovitosti zgrade, a da pritom ne dođe do stvaranja materijalne štete za stanovnike. Isto tako, ako se gleda lokacija stabla jedan bitan faktor je orijentacija stabla u odnosu na zgradu. Naime, dvije najbolje lokacije za sadnju stabala oko stambene zgrade su zapadna i istočna strana kako bi te strane zgrade bile u sjeni za vrijeme jutarnjih i popodnevni sati. Ako se gleda zimsko doba optimalne lokacije za sadnju stabala su sjeverna i sjeveroistočna strana zgrade. Na taj način stabla služe kao prirodni vjetrobrani za hladne vjetrove koji pušu sa tih strana. U slučaju da se stabla sade s južne strane zgrade važno je uzeti u obzir njihovu visinu. Ako zgrada na južnoj strani krova ima postavljene kolektore može doći do smanjenja njihove učinkovitosti ukoliko je stablo previsoko pa zato do kolektora ne dolazi dovoljno sunčeve svjetlosti te se tako ne može iskoristiti njihov potencijal. Opisani slučaj prikazan je na slici 2.22.



Slika 2.22. Previsoko stablo posađeno preblizu stambenoj zgradi umanjuje učinkovitost kolektora postavljenog na njezin krov.

2.5.4. Uloga stabala u suzbijanju učinka toplinskog otoka

Urbana područja posebno su pogođena neugodno vrućim ljetima. Ona nisu uzrokovana isključivo vremenskim uvjetima već na njih utječu mnogi drugi čimbenici. Neki od tih čimbenika su mnogobrojne betonske površine i asfaltirane ceste koje upijaju toplinu emitiranu od strane Sunca i samim time povećavaju temperaturu okoline. Također, na temperature u gradovima uvelike utječu i vozila koja emitiraju toplinu i štetne stakleničke plinove. Neboderi urbanih područja stvaraju takozvane urbane kanjone koji sprječavaju raspršivanje topline u atmosferu i drže ju na nižim razinama. Sve navedeno utječe na stvaranje fenomena kojeg se naziva „učinak toplinskog otoka“ (Bacić K., 2019). Učinak toplinskog otoka rezultira time da su temperature u urbanim područjima više u odnosu na područja u okolini što je prikazano na slici 2.23.



Slika 2.23. Usporedba temperature gradova u odnosu na okolna područja.

Izvor: <https://www.environmentforyouth.com.au/3-trees-in-the-city/3-1-the-importance-of-trees/>

Iz slike je vidljivo da industrijalizirana i urbanizirana područja bilježe dosta više temperature u odnosu na ruralna područja. Industrijske zone i gradska područja u pravilu imaju više betonskih i asfaltnih, a manje zelenih površina. Povećanje broja stabala u urbanim površina redovito se predlaže kao moguće rješenje za umanjene učinka toplinskih otoka. No, donedavno nije bilo poznato kolika površina bi trebala biti prekrivena stablima kako bi se umanjio njegov učinak. Znanstvenici su na temelju rezultata mjerenja utvrdili međusobni utjecaj betonskih površina i stabala na temperature u urbanim područjima. Utvrđeno je da potrebna prekrivenost urbanog područja stablima treba biti veća od 40 %. Tada bi došlo do znatnijeg smanjenja učinka toplinskog otoka čime bi najviše dnevne temperature znatno pale (Bacić K., 2019). Također, važno je napomenuti da najbolji učinak imaju stabla sa širokim krošnjama.

2.5.5. Ostali učinci urbanih stabala

Uz navedene učinke stabala kao što su smanjenje temperature, ušteda energije, smanjenje utjecaja vjetra i stvaranje staništa za mnogobrojne vrste životinja, stabla imaju još mnoge pozitivne učinke. Stabla i zelene površine predstavljaju prostore pogodne za rekreaciju i odmor čime pozitivno utječu na zdravlje gradskog stanovništva. Pročišćavaju zrak i smanjuju količinu ugljikovog dioksida u atmosferi. Smanjuju količinu prašine u zraku, pružaju efektivnu zaštitu od ultra ljubičastog zračenja te smanjuju zagađenje zraka. Također, stabla efektivno utječu na smanjenje štetnog utjecaja oborinskih voda. Zbog svoje estetike utječu na cijene nekretnina kao i razvoj gospodarstva i turizma. Uz sve navedeno stabla pružaju mnoge pozitivne učinke na tjelesno i psihičko zdravlje ljudi.

3. ZELENILU U OKUĆNICI

Drugi oblici sadnje mogu imati sličan utjecaj na smanjenje lokalne temperature i potrošnje energije kao i stabla. U okućnicama stambenih kuća i zgrada postoje razni oblici zelenila. Najčešći oblici zelenila uz stabla su travnjaci i živice, no uz njih se unutar okućnice mogu naći i drugi oblici zelenila kao što su voćnjaci i vrtovi. U nastavku će se promatrati utjecaji sadnje na energiju stambene zgrade kao i druge koristi koje one donose.

3.1. Travnjaci

Travnjaci više prevladavaju u prigradskim nego u gradskim sredinama. Uloga travnjaka primarno je rekreacijskog, estetskog i društvenog tipa. Dakle, travnjaci služe za održavanje sportskih natjecanja te organizaciju i provedbu društvenih okupljanja. Isto tako lijepo i uredno održavan travnjak poželjna je komponenta svake prigradske okućnice zbog svoje estetike. No osim navedenih koristi, travnjaci imaju i mnoge druge, veće koristi. Travnjaci filtriraju i zadržavaju oborinske vode, smanjuju lokalnu temperaturu, poboljšavaju kvalitetu zraka, potiču bioraznolikost, suzbijaju eroziju tla te smanjuju ugljični trag.

Travnjaci predstavljaju monokulturu što znači da ista vrsta trave prekriva cjelokupnu površinu travnjaka. Pri projektiranju travnjaka vrlo je bitan izbor trave. Naime, treba izbjegavati sijati vrste trave koje zahtijevaju mnogo vode i umjetnih gnojiva. Isto tako, važan je izbor niskih vrsta trava koje ne zahtijevaju mnogo košnje. Nadalje, košnja remeti cvatnju koja je bitna za medonosne kukce, pa se danas sije kombinacija trave i sitnog šarenog cvijeća koje je ukrasno bez košnje.

3.1.1. Filtriranje i zadržavanje oborinskih voda

Za vrijeme oborinskih nevremena kiša koja pada na betonske površine počinje se na njima skupljati te se s vremenom formiraju lokve i potoci koji u većim količinama mogu izazvati štetu u obliku poplava. S druge strane, travnjaci upijaju i filtriraju kišnicu koja pada na njih. Za vrijeme tog procesa travnjaci usporavaju kišnicu koja prolazi kroz njih za razliku od zemljanih površina bez trave koje u kratko vrijeme upiju veliku količinu kišnice koja zbog zasićenja tla vodom počinje formirati lokve na površini što s vremenom vodi do erozije tla.

Travnjaci imaju kompleksne vlaknaste strukture korijenja koje uvelike pospešuju filtraciju čime se poboljšava kvaliteta vode. Kišnica filtrirana kroz zdravi travnjak može biti i do deset puta manje kisela u odnosu na kišnicu koja se nakupila na betonskoj ili nekoj drugoj tvrdoj podlozi (Green Valley Turf Company , 2022). Nadalje, u odnosu na tlo bez raslinja, travnjaci umanjuju eroziju i nakupljanje oborinskih voda od šest do osam puta (Advanced Turf Solutions , 2022).

3.1.2. Smanjenje lokalne temperature

Travnjaci uz stabla mogu imati dovoljno jak utjecaj za efektivno suzbijanje učinka toplinskog otoka. Pomoću učinka evapotranspiracije travnjaci efektivno umanjuju temperaturu okoline što utječe na količinu električne energije koja je potrebna za hlađenje zgrade u čijoj se okućnici nalazi travnjak (Advanced Turf Solutions , 2022). U istraživanju koje je bilo fokusirano na područje Los Angeles-a utvrđeno je da smanjenje travnjaka i travnatih parkova dovodi do povećanja prosječnih dnevnih temperatura za 1,3 °C (Green Valley Turf Company, 2022).

3.1.3. Pобољшanje kvalitete zraka

Fotosinteza je prirodni proces kojim biljke pretvaraju ugljikov dioksid u kisik. Radi toga biljke spadaju među glavne ponore ugljika na svijetu. Ponori ugljika ponašaju se poput spužvi koje upijaju spojeve ugljika što predstavlja ključnu ulogu u suzbijanju stakleničkih plinova. Prema istraživanju provedenom od strane Sveučilišta u Californiji, travnate površine puno su otpornije i pouzdanije kao ponori ugljika u odnosu na šume. Isto vrijedi i za travnjake. Štoviše, travnjaci toliko dobro upijaju ugljikov dioksid da se do sedam puta premašuje količinu ugljikova dioksida kojeg emitiraju uređaji za održavanje travnjaka. Trava uspješno upija zagađivače zraka, prašinu i dim te na taj način dodatno čisti zrak u okolini. Uz sve navedeno tipični travnjak u okućnici samostojeće kuće stvara dovoljno kisika da zadovolji dnevne potrebe jedne četveročlane obitelji (Green Valley Turf Company, 2022). Također, travnjak površine 460 m² tijekom 24 sata proizvede dovoljno kisika za 34 osobe (Advanced Turf Solutions, 2022).

3.1.4. Poticanje bioraznolikosti

Radi posljedica ljudskog djelovanja modificirano je do 95 % prirode što otežava opstanak lokalnih biljaka i životinja. Stabla, grmlje i travnjaci potiču bioraznolikost na način da stvaraju nova staništa za mnogobrojne vrste ptica i manjih sisavaca. Također, sam travnjak i tlo ispod njega predstavljaju stanište za mnoge vrste crva, pauka i kukaca koji su ključni za održavanje lokalnog ekosustava (Green Valley Turf Company , 2022). Također, tlo ispod travnjaka sadrži organski ugljik koji je nastao kao nuspojava procesa fotosinteze. Na taj način potiče se zdravlje ekosustava ispod travnjaka. Kvalitetno održavan zdravi travnjak razvija veću bioraznolikost podzemnog mikrobioma u odnosu na tlo bez raslinja (Advanced Turf Solutions, 2022).

3.1.5. Suzbijanje erozije tla

Erozija tla je definirana kao odvajanje ili pomicanje gornjeg sloja tla utjecajem vode i vjetra kao rezultat promjena koje je izazvao čovjek. Ona ima štetan utjecaj na kvalitetu vode. Naime, kada tlo pod utjecajem erozije gubi svoj gornji sloj koji ulazi u potoke i jezera, može doći do замуćenja vode. Mutna voda onemogućuje prodiranje sunčeve svjetlosti u dubinu što uz dodatak hranjivih tvari koje su u vodu dospjele djelovanjem erozije potiče rast algi koje uzrokuju smanjenje riblje populacije i populacije mnogih vodenih insekata. Još jedan štetan utjecaj erozije je stvaranje klizišta koja su potencijalna opasnost za imovinu i ljudske živote.

Travnjaci predstavljaju efektivan alat u suzbijanju erozije zbog svoje guste vlaknaste strukture korijenja koji učvršćuje tlo. Korijenje travnjaka mora biti zdravo i jako kako bi se moglo uvući dublje u tlo. Na taj način tlo postaje čvršće što uvelike pospješuje borbu protiv erozije (Green Valley Turf Company, 2022).

3.2. Živice

Kako bi se povećali pozitivni učinci zelenila u okućnici uz travnjake i stabla pogodno je oko okućnice posaditi živicu. Živice služe kao prirodna ograda oko dvorišta, pomažu u obrani od vjetra i buke, stvaraju sjene i smanjuju temperaturu okoline na isti način kao i stabla. Živice se obično sade uz rub dvorišta čime sjenčaju određeni dio dvorišta ali i pločnik pored istog. Pločnik koji je načinjen od betona i asfalta na izravnom suncu će apsorbirati toplinu i samim time podizati temperaturu okoline. No ako se pločnik nalazi u sjeni živice biti će zaštićen od izravne sunčeve svjetlosti te će samim time apsorbirana toplina biti manja. Dva su bitna faktora za učinkovitost živice po pitanju očuvanja energije zgrade, a oni su gustoća i vrsta živice. Najpogodniji oblik živice bio bi sustav živice načinjen od bršljana gusto pletenog oko konstrukcije po kojoj se bršljan može penjati i širiti kao što je prikazano na slici 3.1.



Slika 3.1. Živica načinjena od bršljana.

3.3. Voćnjaci

Voćnjaci ako se nalaze u okućnici kuće mogu imati isti utjecaj na lokalnu temperaturu i na energetska uštedu kuće kao i ostale vrste stabla. Voćke su u pravilu stabla srednje visine koja se uzgajaju ciljano radi njihovih plodova. Voćnjaci bacaju sjenu na tlo ispod njih čime ga efektivno štite od izravnog udara sunčeve svjetlosti. Na taj način tlo upija manje topline, a ostatak topline biva raspršen u atmosferu radi učinka evapotranspiracije. Iz navedenih razloga voćnjaci su pogodni za okućnicu samostojeće kuće, no nisu podjednako efektivni kao stabla koja su posađena ciljano kako bi povećavala energetska učinkovitost kuće. Primjer korisne sadnje voćki može se pronaći u dijelovima Italije gdje uspijevaju agrumi. Stabla naranče se sade u drvorede i na parkirališta gdje stvaraju sjenu. Slično se može postići i s drugim vrstama voćki ili maslinama ovisno o podneblju.



Slika 3.2. Voćnjak u ruralnom području.

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seone_Vo%C4%87njak_02.jpg

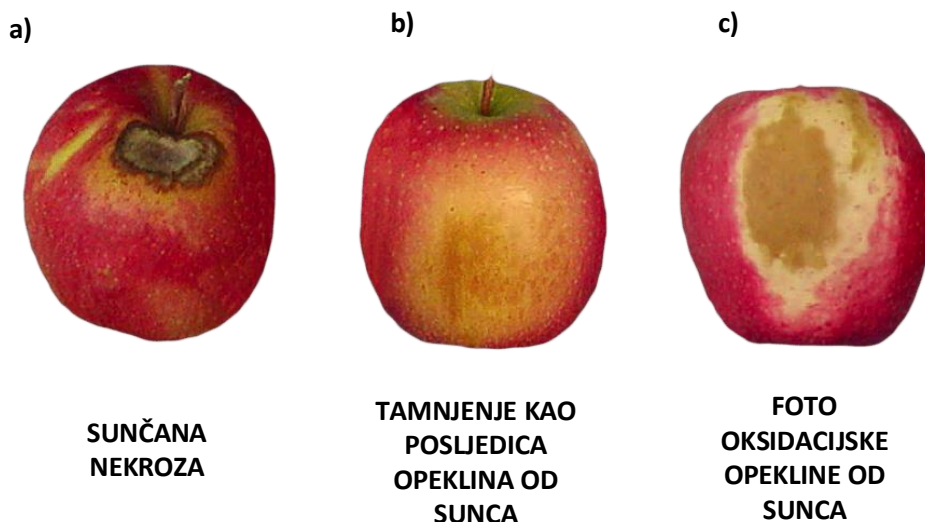
Voćnjaci se tradicionalno nalaze u ruralnim područjima (prikazano na slici 3.2.), no u modernije doba počeli su se pojavljivati i urbani voćnjaci (slika 3.3.). Naime, u mnogim svjetskim gradovima počeli su se saditi javni voćnjaci u kojima rade volonteri i udruge koje su specijalizirane za urbanu poljoprivredu, a u održavanju i branju plodova takvih voćnjaka mogu sudjelovati i sami stanovnici grada. Javni voćnjaci predstavljaju dobro rješenje za ozelenjivanje gradova i ublažavanje posljedica klimatskih promjena (EKO Vjesnik, 2022). Isto tako javni voćnjaci mogu umanjiti utjecaj toplinskog otoka te umanjiti troškove klimatizacije zgrada.



Slika 3.3. Union Street urbani voćnjak.

Izvor: https://www.flickr.com/photos/james_nash/4757754931/in/photostream/

Klimatske promjene imaju posebno štetan utjecaj na voćnjake. Naime, vrlo visoke temperature za vrijeme ljetnih mjeseci mogu štetno djelovati na lišće i plodove voćki u obliku opeklina nastalih kao posljedica direktnom izlaganju suncu. Postoje tri praga pri kojima nastaju različite vrste opeklina na plodovima voćki. Ako se za primjer uzmu jabuke ta tri temperaturna praga iznose 31°C, 46°C i 52°C. Pri temperaturi od 31°C na plodovima jabuke javljaju se foto oksidativne opekline od sunca, prikazane na slici 3.4.c.



Slika 3.4. Štete na plodovima jabuke izazvane izravnom izlaganju suncu i visokim temperaturama.

Izvor: <https://tfrec.cahnr.wsu.edu/postharvest-export/fruit-finish-sunburn/>

Do foto oksidativnih opekline od sunca dolazi kada je plod koji je ranije bio u sjeni naglo izložen izravnoj sunčevoj svjetlosti što izaziva izbjeljivanje kore jabuke. Pri temperaturama od 46°C do 49°C dolazi do tamnjenja kore jabuke kao što je prikazano na slici 3.4.b. Za nastanak tamnjenja dovoljno je da plod jabuke bude izložen izravnom suncu i visokim temperaturama u trajanju od 60 minuta. Kada temperature prijeđu 52°C dovoljno je 10 minuta da se razvije sunčana nekroza. Tada dolazi do smrti kore i unutrašnjosti ploda kao što je prikazano na slici 3.4.a. (I. Goodwin, 2017).

Jedno od rješenja za ublažavanje posljedica izlaganja ploda izravnoj sunčevoj svjetlosti naziva se evaporacijsko hlađenje. Evaporacijsko hlađenje funkcionira tako da se potiče prirodni proces evapotranspiracije tako da se plodovi i lišće voćke prskaju odozgo. Voda s vremenom isparava i raspršuje višak topline natrag u atmosferu, dok temperatura na razini voćnjaka pada. Takav oblik hlađenja ne samo da štiti plodove voćke, već se ohlađeni zrak širi bližom okolinom te može imati pozitivan učinak na energetske učinkovitost obližnjih kuća. Glavni nedostatak ovakvog oblika hlađenja jest povećana potrošnja čiste vode, no to se može riješiti prikupljanjem i pročišćavanjem kišnice čime se potrošnja vode iz vodovoda može znatno smanjiti.

3.4. Vrtovi

Vrtovi su zelene površine koje primarno predstavljaju izvor hrane i češća su pojava u ruralnim i prigradskim sredinama dok su rjeđa pojava u urbanim sredinama. Kao odgovor na klimatske promjene, energetska siromaštvo i općenito na siromaštvo u urbanim sredinama počeli su se sve češće pojavljivati urbani vrtovi (slika 3.5).



Slika 3.5. Urbani vrt u Chicagu.

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:North_view_of_a_Chicago_urban_garden.jpg

Prvi urbani vrtovi pojavili su se za vrijeme velike gospodarske krize 1930-tih godina u New Yorku gdje je kultivirano približno 5000 urbanih vrtova od strane građana kako bi se povećale zalihe hrane i zaposlilo što veći broj ljudi. Također, 80-tih godina dvadesetog stoljeća urbani vrtovi su popularizirani kao način borbe protiv siromaštva. Urbani vrt bitno se razlikuje u odnosu na ostale javne zelene površine. Glavna karakteristika urbanog vrta je mogućnost građana da uzgajaju vlastitu hranu ili ljekovito bilje. Zbog današnjih klimatsko – ekonomskih okolnosti predložen je razvoj urbanih vrtova kako bi se povećale urbane zelene površine, smanjilo energetska siromaštvo i spustila lokalna gradska temperatura, tj. kako bi se ublažio učinak urbanog toplinskog otoka (V. Tsilini; S. Papantoniou; D. Kolokotsa; E. Maria, 2015).

Znanstvenici s Tehničkog sveučilišta na Kreti, V. Tsilini, S.Papantoniou, D. Kolokotsa i E. Maria proveli su simulaciju za područje jednog kvarta grada Hania gdje su pratili promjenu temperature kroz tri godišnja doba: ljeto, jesen i proljeće za četiri različita scenarija. Prvi je bio scenarij u kojem je kvart bez vegetacije, drugi je tzv. „trenutno stanje“, treći je scenarij gdje se na svim raspoloživim površinama kultiviraju vrtovi gdje se uzgajaju voće i povrće, a posljednji scenarij je onaj gdje se na svim raspoloživim površinama uzgaja aromatsko i ljekovito bilje. Rezultatima simulacije utvrđeno je da su temperature u trećem i četvrtom scenariju bile niže u odnosu na postojeće stanje i stanje bez vegetacije (V. Tsilini i sur., 2015).

4. KALKULATORI KORISTI STABALA U ODNOSU NA ENERGIJU I DRUGE USLUGE EKOSUSTAVA

Ovo poglavlje bavi se pregledom dvaju kalkulatora koristi stabala, „Omni Calculator“ i „MyTree Calculator“. Kalkulatori koristi stabala uzimaju osnovne informacije o stablu kao što je lokacija, vrsta stabla, promjer debla, broj stabala, i period vremena uzimajući pritom u obzir razne parametre kao što su udaljenost stabla od zgrade, starost zgrade, zdravlje stabla te prostorna orijentacija stabla u odnosu na zgradu. Kao rezultat daju procjenu koristi stabala kroz određeni vremenski period u obliku podataka kao što su sekvestracija ugljika, količina apsorbiranog ugljikova dioksida, upravljanje oborinskim vodama, količina pročišćenog zraka, ušteda energije te emisije koje su spriječene zbog prisutnosti stabla. Isto tako, neki kalkulatori nude opciju dodavanja više različitih stabala u skupinu te kao rezultat daju skupne podatke koristi unesenih stabala.

U nastavku slijedi opis navedenih kalkulatora, kao i njihova primjena na stablima koja se nalaze na područjima Grada Rijeke i Općine Viškovo. Dobiveni rezultati biti će prikazani tablično za svaki kalkulator pojedinačno ovisno o njegovim funkcionalnostima nakon čega će biti provedena analiza dobivenih rezultata i usporedba dvaju kalkulatora.

4.1. Omni Calculator

Ovaj kalkulator predstavlja grupu kalkulatora iz različitih područja kao što su: biologija, kemija, građevinarstvo, pretvaranje, ekologija, svakodnevni život, financije, hrana, zdravlje, matematika, fizika, sport, statistika i drugi. Tvrtka „Omni Calculator“ predstavlja poljsku start up tvrtku koja se bavi izradom različitih digitalnih kalkulatora s ciljem olakšavanja ljudske svakodnevnice. Njihov kalkulator koristi stabala vrlo je jednostavan za korištenje i prima sljedeće podatke: vrsta stabla, opseg i promjer stabla, broj stabala i vremenski period. Nudi kalkulacije za osam različitih vrsta stabala i daje izlazne podatke o proizvodnji kisika, apsorpciji ugljika, smanjenju ugljičnog traga, isparavanju vode i uštedi energije namijenjene za klimatizaciju u zadanom vremenu. Sučelje ovog kalkulatora kao i primjer izračuna za jedan hrast promjera 30 cm u periodu od 10 godina prikazan je slikom 4.1. (Zaborowska, Ł. and Żuławieńska, J., 2023).

Kako izmjeriti stablo?

omni[®]
CALCULATOR

Vrsta stabla	🌳 Hrast
Opseg	
Promjer	30 cm ▾
Broj stabala	1
Vremenski period	10 godina

👉 Vaše stablo proizvesti će 137.2 kg kisika.

Ta količina kisika omogućuje zadovoljavanje dnevnih potreba za 163 osobe.

🏠 Vaše stablo će skladištiti 51,5 kg ugljika.

Vaše će izbrisati ugljični trag ekvivalentan putu zrakoplova duljine 572 m! ✈️

💧 Isparavanje vode: 4500 litara.

Ta količina vode ima isti učinak hlađenja kao 5 klima uređaja za 200 radnih sati.

Uštediti ćete približno 219,54 eura.

Slika 4.1. Korisničko sučelje „Omni Calculator-a“.

4.2. MyTree Calculator

MyTree kalkulator bazira se na programskoj podršci „i-Tree Suite“ razvijen od strane i-Tree Cooperative-a kojeg čine USDA Forest Service, Davey Tree Expert Co., National Arbor Day Foundation, Society of Municipal Arborists, International Society of Arboriculture i Casey Trees. Njihovi digitalni alati pomažu u jačanju upravljanja šumama i zagovaranju ekoloških koristi koje pružaju stabla.

Ovaj kalkulator ima složenije korisničko sučelje, a uzima slijedeće podatke: lokacija, vrsta stabla (prihvata engleske i latinske nazive stabala), zdravlje stabla, promjer i opseg stabla (prihvata metričke i USC vrijednosti), izloženost suncu, udaljenost od najbliže zgrade, starost zgrade i prostornu orijentaciju u odnosu na zgradu. Izlazni podaci kalkulatora su slijedeći: apsorbirani ugljik, ekvivalent apsorbiranom ugljiku prikazan ugljikovim dioksidom, upravljanje oborinskim vodama, podaci o čistoći zraka, ušteda energije te emisije stakleničkih plinova koje su izbjegnute u periodu od 20 godina. Radi se o dosta složenom i preciznom kalkulatoru kojemu je jedina mana ta što ima fiksni maksimalni vremenski period od 20 godina. Uz to iste podatke daje i za period od godine dana (US Forest Service; i-Tree, 2006).

4.3. Primjena kalkulatora na stablima na području Grada Rijeke i Općine Viškovo

U nastavku slijede popisi i osnovni podaci o stablima podijeljeni po lokacijama na kojima se nalaze ona nalaze. Sva stabla su identificirana pomoću aplikacije „Plant.net“. Izmjeren im je promjer i udaljenost od najbliže zgrade ukoliko postoji zgrada u neposrednoj blizini.

4.3.1. Stabla na području Grada Rijeke

4.3.1.1. Judić (lat. *Cercis siliquastrum*)

Prvo stablo na kojem će se primijeniti kalkulatori koristi stabala je Judić (lat. *Cercis siliquastrum*) promjera 18 cm koje se nalazi u gradu Rijeci u parku u Ulici Žrtava fašizma na udaljenosti od približno 20 m od najbliže zgrade i prikazano je na slici 4.2.



Slika 4.2. Judić.

4.3.1.2. Čempres (lat. Cupressus semperverens)

Drugo stablo je čempres (lat. Cupressus semperverens) promjera 16 cm koji se nalazi u Parku Nikole Hosta u Rijeci prikazan na slici 4.3.



Slika 4.3. Čempres.

4.3.1.3. Pinija (lat. Pinus pinea)

Iduće je stablo Pinije (lat. Pinus pinea) promjera 34 cm koje se također nalazi na lokaciji Park Nikole Hosta u Rijeci. Isto kao i čempres nema zgrade u krugu od 50 m. Opisana Pinija prikazana je slikom 4.4.



Slika 4.4. Pinija.

4.3.1.4. Američka platana (lat. Platanus occidentalis)



Slika 4.5. Američka platana.

Također, na lokaciji Park Nikole Hosta nalazi se Američka platana (lat. Platanus occidentalis) promjera 26 cm u neposrednoj blizini manje zgrade, a ista je prikazana slikom 4.5.

4.3.1.5. Himalajski cedar (lat. Cedrus deodara)

Himalajski cedar promjera 47 cm na lokaciji Park Nikole Hosta prikazan je slikom 4.6. Najbliža zgrada nalazi se s druge strane ulice pa se ta udaljenost ne može uzeti u obzir.



4.6. Himalajski cedar.

4.3.1.6. Divlji kesten (lat. Aesculus hippocastanum)

Divlji kesten (lat. Aesculus hippocastanum) promjera 49 cm na lokaciji Park Nikole Hosta udaljen 16 m od najbliže zgrade prikazan je na slici 4.7.



Slika 4.7. Divlji kesten.

4.3.1.7. Koštela (lat. Celtis occidentalis)

Sedmo stablo na kojem će se primijeniti kalkulatori je Koštela (lat. Celtis occidentalis) koja se također nalazi na lokaciji Park Nikole Hosta. Promjera je 52 cm i udaljena je 7 m od najbliže zgrade. Stablo je prikazano na slici 4.8.



Slika 4.8. Koštela.

4.3.1.8. Javor mliječ (lat. *Acer platanoides*)

U Parku Nikole Hosta nalazi se zgrada Doma Zdravlja. Nasuprot te zgrade nalazi se stablo Javora promjera 46 cm udaljeno 1,6 m od zgrade. Javor je prikazan slikom 4.9.



Slika 4.9. Javor mliječ.

4.3.2. Stabla na području Općine Viškovo

Sva stabla s područja Općine Viškovo nalaze se u okućnici jedne samostojeće kuće u naselju Bezjaki. Stabla na kojima će se primijeniti kalkulatori su smokva (lat. *Ficus carica*), malolisna lipa (lat. *Tilia cordata*), primorski bor (lat. *Pinus pinaster*) i hrast medunac (lat. *quercus pubescens* Willd). Sva stabla nalaze se u krugu od 18 m od kuće i orijentirana su južno i jugozapadno u odnosu na kuću i prikazana su slikama 4.10. do 4.13.



Slika 4.10. Obična smokva.



Slika 4.11. Primorski bor.



Slika 4.12. Malolisna lipa.



Slika 4.13. Hrast medunac.

Promjeri stabala su slijedeći:

- 1) Smokva: 20 cm
- 2) Primorski bor: 35 cm
- 3) Malolisna lipa: 3,4 cm
- 4) Hrast medunac: 22 cm

4.4. Analiza rezultata i usporedba funkcionalnosti kalkulatora

Tablica 4.1. Rezultati primjene kalkulatora MyTree.

ULAZNI PODACI												
Vrsta stabla:	Judić	Čempres	Pinija	Američka platana	Himalajski cedar	Divlji kesten	Koštela	Javor mlječ	Obična smokva	Primorski bor	Malolisna lipa	Hrast medunac
Stanje stabla:	Odlično	Odlično	Odlično	Dobro	Odlično	Loše	Odlično	Odlično	Odlično	Odlično	Dobro	Odlično
Promjer debla:	18 cm	16 cm	34 cm	26 cm	47 cm	49 cm	52 cm	46 cm	20 cm	35 cm	3,4 cm	22 cm
Izloženost suncu:	Potpuna	Potpuna	Potpuna	Potpuna	Djelomična	Potpuna	Djelomična	Djelomična	Potpuna	Potpuna	Potpuna	Djelomična
Udaljenost od zgrade:	20 m						7 m	1,6 m	11 m	13 m	12 m	15 m
Orijentacija stabla u odnosu na zgradu:	Istok						Sjever	Sjeveroistok	Sjeverozapad	Jugoistok	istok	Zapad
IZLAZNI PODACI ZA PERIOD OD 20 GODINA												
Vrijednost apsorbiranog CO ₂ (EUR)	71,28	69,2	113,77	56,02	130,42	164,85	19,44	172,71	71,37	137,92	36,46	71,05
Masa apsorbiranog ugljika (kg)	445,97	403,55	711,79	350,48	816,03	1033,03	121,85	1144,96	447,18	864,26	228,44	445,24
Masa apsorbiranog CO ₂ (kg)	1635,21	1479,69	2609,88	1285,1	2992,12	3787,79	446,78	4198,19	1639,66	3168,94	837,61	1632,54
Ublažavanje oborinskih voda (EUR)	55,58	25,73	70,55	68,26	70,21	76,43	155,69	46,61	37,49	97,55	16,06	52,45
Izbjegnuto otjecanje (l)	25260,71	11691,33	32065,19	31019,1	31861,24	34787,4	70863,5	21214,9	17061,95	44401,98	7309,71	23874,01
Presretne padaline (l)	144164,6	66723,22	182998,2	117028,02	181834,22	198534,01	404423	121,074	97373,72	253405,07	41717,06	136250,59
Pročišćavanje zraka (EUR)	5,74	2,65	7,29	7,42	7,24	12,73	16,07	4,81	3,87	10,07	1,74	5,43
Ugljikov monoksid (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Ozon (g)	7	3,24	8,88	9,04	8,82	15,54	19,62	5,87	4,72	12,3	2,13	6,61
Dušikov dioksid (g)	0,85	0,39	1,08	1,1	1,07	1,89	2,39	0,71	0,57	1,49	0,26	0,8
Sumporov dioksid (g)	0,43	0,2	0,55	0,56	0,54	0,96	1,21	0,36	0,29	0,76	0,13	0,41
PODACI U SLUČAJU DA SE STABLO NALAZI U BLIZINI ZGRADE												
Ušteda energije (EUR)	779,98						312,21	512,75	171,36	628,24	106,86	482,85
Ušteda električne energije (kWh)	6542,8						3537,08	4858,55	1500,16	3305,26	813,84	3896,81
Vrijednost izbjegnute emisije (EUR)	426,88						169,58	279,84	93,71	345,27	58,61	264,48
Ugljikov dioksid (kg)	3643,7						1129,99	2199,74	779,83	3305,26	530,36	2316,95
Ugljikov monoksid (g)	2341,04						1082,04	1627,82	524,61	1729,7	308,05	1426,38
Dušikov dioksid (g)	716,31						236,47	441,08	154,26	633,93	102,95	452,98
Sumporov dioksid (g)	7806,2						2660,44	4857,03	1686,57	6186,17	1114,24	4921,92

Tablica 4.2. Rezultati primjene Omni kalkulatora.

ULAZNI PODACI	
Vrsta stabla:	Hrast medunac
Stanje stabla:	Odlično
Promjer debla:	22 cm
Izloženost suncu:	Djelomična
Udaljenost od zgrade:	15 m
Orijentacija stabla u odnosu na zgradu:	Zapad
IZLAZNI PODACI	
Ispušteni kisik (kg)	9546,4
Apsorbirani ugljik (kg)	3579,9
Isparena voda (l)	9000
Ušteda na energiji (EUR)	438,54

Usporedbom rezultata dvaju kalkulatora utvrđeno je da „MyTree Calculator“ daje nešto drugačija rješenja u odnosu na „Omni Calculator“, vjerojatno zato što uzima u obzir više različitih faktora kao što je stanje stabla, udaljenost od zgrade i orijentacija u odnosu na zgradu. „MyTree Calculator“ uzima u obzir i geografsku lokaciju stabala. S druge strane, „Omni Calculator“ nudi mogućnost vršenja kalkulacija za samo osam vrsta stabala dok „MyTree Calculator“ nudi puno veći izbor stabala što se vidi iz tablice 4.1. gdje su prikazani rezultati za navedeni kalkulator. Stoga je u kalkulacije uzet upravo *Hrast medunac* kojega je mogao obraditi i „Omni Calculator“, što se vidi iz tablice 4.2. Evidentna je određena razlika kada se usporede rezultati dvaju kalkulatora za tu vrstu stabla. Vidljivo je također da su sve kalkulacije stabala s područja Grada Rijeke i Općine Viškovo uspješno izvršene.

5. METODIČKI DIO

5.1. Analiza nastavnog programa srednje strukovne škole

Tema diplomskog rada je „Uloga zelenila u očuvanju energije zgrada“. Gradivo vezano uz temu rada moguće je obraditi u sklopu predmeta Tehničke kulture za osnovne škole kao i u okviru predmeta Tehnologija grijanja i hlađenja, Energetika, Obnovljivi izvori energije, Tehnologije građenja te u okviru međupredmetne teme Održivi razvoj na razinama osnovne i srednje škole. Nastavni predmet Tehnologija građenja je izborni predmet koji se predaje u svim razredima trogodišnjeg strukovnog programa Fasader. Fond sati je 35 sati godišnje za prvi i drugi razred dok je za treći razred iznosi 32 sata godišnje odnosno jedan sat tjedno. Tablica 5.1. prikazuje nastavni program za predmet Tehnologija građenja u prvom razredu srednje škole. U okviru predmeta učenici će usvajati sve spoznaje o značaju i veličini graditeljskog pothvata, stvaranju impresivnih zdanja, kulturološkom i gospodarskom značaju graditeljstva. Učenike se nastoji potpuno opredijeliti za graditeljski poziv te poticati na stjecanje trajnog interesa za struku koju su odabrali (MINISTARSTVO GOSPODARSTVA, RADA I PODUZETNIŠTVA, NN 86/2007).

Tablica 5.1. Jedinstveni nastavni plan i okvirni obrazovni program za zanimanje fasader.

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2007_08_86_2680.html

Nastavne cjeline	Očekivani rezultati (znanja, vještine i umijeća)	Nastavni sadržaji
1. Što je graditeljstvo?	Usvojiti temeljne spoznaje o: – suštini graditeljstva kao stvaralačkom području i čimbeniku razvoja, – kulturološkom značenju graditeljskog čina i građevine kao značajnoga povijesnog artefakta, – mogućem umjetničkom karakteru graditeljskih zdanja, ali i o mogućem ugrožavajućem djelovanju neprihvatljive izgradnje nametnute okolišu.	Osnovni pojmovi: djelatnost, tehnika, tehnologija. Kulturološka uloga graditeljstva ukupnoga civilizacijskog razvoja. Djelovanje izgrađenog okoliša na čovjekov život.
2. Područja graditeljstva	Naučiti osnovna područja graditeljske, struke i tipove objekata koje obuhvaćaju.	Visokogradnja – arhitektura. Niskogradnja. Vodogradnja.
3. Specifičnosti graditeljske proizvodnje	Uočiti bitne značajke graditeljske proizvodnje i uvjeta u kojima se izvodi djelatnost. Naučiti resurse kojima mora raspolagati gradilište kao proizvodni pogon i raspored njihova optimalnog međudjelovanja u tijeku izvedbe građevine.	Veličina proizvoda. Trajanje proizvodnje – izgradnje. Sudionici u izgradnji. Sredstva za rad putuju. Gradilište kao pogon za proizvodnju. Suвременost i trajnost građevine. Vrijednost izgrađenog objekta.
4. Podjela radova i vremenski tijek izgradnje te korištenje objekta	Prepoznati ključne faze u građenju i značajke organizacije njihova izvođenja.	Pripremni radovi. Građevinski radovi. Završni radovi. Opremanje objekta. Korištenje objekta. Održavanje objekta. Konzervacija i zaštita. Rušenje objekta.

Nastavne cjeline	Očekivani rezultati (znanja, vještine i umijeća)	Nastavni sadržaji
5. Sustavi nosivog tijela građevine	Naučiti i razumjeti vrste i načine prijenosa opterećenja od vanjskih opterećenja do tla.	Masivni. Linijski. Skeletni. Čelijasti. Viseći. Zategnuti – šatorasti. Pneumatski.
6. Razvoj graditeljskog umijeća	Upoznati i zapamtiti osnovne vrste građenja nosivog sustava te njihova kombiniranja u različitim epohama i podnebljima. Uvidjeti od kolikog su značaja za izbor materijala i uobličavanje principa građenja u pojedinoj razvojnoj epohi bile društveno-razvojne okolnosti. Uvježbavati govornu interpretaciju i skiciranje karakterističnih oblika arhitektonskim konstrukcijama.	Razvoj tektonskog sustava. Razvoj stereotomskog sustava. Kombiniranje sustava unutar nosivog tijela. Masivnost raznoga srednjeg vijeka. Raščlanjenost korpusa razvijenoga i kasnoga srednjeg vijeka. Odmjerenost i antropomorfnost arh. tijela u renesansi. Razigranost tijela u baroku i rokokou. Strogost i prezentnost klasicizma i historicizma. Moderna i suvremena arhitektura.
7. Suvremene tendencije u graditeljstvu	Upoznati se sa stremljenjima u suvremenoj arhitekturi i graditeljstvu.	Konstruktivizam. Ekstatična arhitektura. »Zelena« arhitektura.
8. Razvoj prostornog planiranja i graditeljstva	Upoznati se sa suvremenim tendencijama demografskoga i gospodarskog razvoja: – rastom priobalnih područja, – mogućnostima ruralnog razvoja, – principima održivog razvoja.	Prostorni plan. Donošenje prostornog plana. Javni uvid i rasprave. Urbani razvoj. Urbanistički planovi. Detaljni planovi. Građevna dozvola

Predlaže se da se nastava izvodi u klasičnoj učionici sa svom potrebnom tehničkom i crtaćom opremom. Također, određeni dio nastave može se održati i u računalnoj učionici opremljenoj računalima s pripadajućim programima za obradu teksta, programima za crtanje, LCD projektorom i pisačem te s mogućnošću pristupa internetu (MINISTARSTVO GOSPODARSTVA, RADA I PODUZETNIŠTVA, NN 86/2007).

5.2. Priprema za nastavu

S V E U Č I L I Š T E U R I J E C I

STUDIJ POLITEHNIKE

Ime i prezime: Antonio Damiš

P R I P R E M A

Z A I Z V O Ğ E N J E N A S T A V E

Razred: Prvi (1.) Zanimanje: Fasader

Nastavni predmet: Tehnologije gradnje

Kompleks: Suvremene tendencije u graditeljstvu

Metodička (nastavna) jedinica: „Zelena“ arhitektura

S A D R Ź A J N I P L A N

Podjela kompleksa na teme (vježbe, operacije)

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

R.B.	Naziv tema u kompleksu	Broj sati	
		teorija	vježbe
1.	Konstruktivizam	1	0
2.	Ekstatična arhitektura	1	0
3.	„Zelena“ arhitektura	1	0

Karakter teme (vježbe, operacije) – metodičke jedinice

Formativno – obrada nastavnog gradiva s ciljem upoznavanja učenika s načelima zelene arhitekture te njena utjecaja na potrošnju energije zgrada, lokalnu temperaturu i ljudsko zdravlje.

PLAN VOĐENJA ORGANIZACIJE NASTAVNOG PROCESA

Cilj (svrha) obrade metodičke jedinice:

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

Upoznati učenike s pojmovima: zelena gradnja, vrstama zelene gradnje, zelenim fasadama i krovovima te različitim varijantama istih. Objasniti učinak zelene gradnje na očuvanje energije građevine.

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

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

ZNANJE I RAZUMIJEVANJE:

- Objasniti pojam zelene arhitekture
- Definirati pojam zelene fasade
- Razlikovati vrste zelenih fasada
- Definirati pojam zelenog krova
- Razlikovati vrste zelenih krovova
- Nabrojati prednosti i nedostatke zelenih fasada i krovova

VJEŠTINE I UMIJEĆA:

- Objasniti važnost zelene arhitekture
- Objasniti razloge za očuvanjem okoliša
- Prepoznati važnost odgovornog korištenja energije i resursa

SAMOSTALNOST I ODGOVORNOST:

- Osvijestiti se o važnosti održivog razvoja
- Raspraviti razloge važnosti zelene arhitekture i njezinog utjecaja na okoliš
- Razviti smisao za zaštitu okoliša

Organizacija nastavnog rada – artikulacija metodičke jedinice:

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

Dio sata	Faze rada i sadržaj	Metodičko oblikovanje	Vrijeme (min)
<u>UVODNI DIO:</u>	<ul style="list-style-type: none">- Ponavljanje gradiva obrađenog na prošlom satu- Odgovaranje na učenička pitanja- Najava nove nastavne teme	Ponavljanje Dijalog	10 min
<u>GLAVNI DIO:</u>	<ul style="list-style-type: none">- Definicija zelene arhitekture- Usvajanje novih pojmova zelenih fasada i krovova- Vrste i podvrste zelenih fasada i krovova- Prednosti i nedostaci zelene gradnje	Dijalog Frontalni rad Demonstracija	30 min
<u>ZAVRŠNI DIO:</u>	<ul style="list-style-type: none">- Ponavljanje obrađenih sadržaja- Odgovaranje na učenička pitanja- Samorefleksija učenika, popunjavanje kratkog upitnika u svrhu stjecanja povratnih informacijama	Ponavljanje Evaluacija	5 min

Posebna nastavna sredstva, pomagala i ostali materijalni uvjeti rada:

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

- Power Point prezentacija s nastavnim sadržajem
- Nastavničko računalo
- Projektor

Korelativne veze metodičke jedinice s ostalim predmetima i područjima:

(Navedite nastavni predmet i konkretno područje – temu.)

- Građevne konstrukcije
- Otpornost građevina

Metodički oblici koji će se primjenjivati tijekom rada:

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

UVODNI DIO:

- Dijalog s učenicima, ponavljanje prethodno usvojenih pojmova
- Frontalna najava teme: „Zelena“ Arhitektura – zainteresirati učenike

GLAVNI DIO:

- Frontalni rad
- Dijalog
- Demonstracija
- Vođenje bilješki s predavanja

ZAVRŠNI DIO:

- Ponavljanje usvojenih pojmova
- Dijalog s učenicima
- Odgovaranje na eventualna učenička pitanja
- Samorefleksija i evaluacija

Izvori za pripremanje nastavnika:

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

- Obnovljivi izvori energije: energetske tehnologije koje će obilježiti 21. stoljeće: mudra i razumna uporaba energije ; Ljubomir Majdandžić, Zagreb: Graphis, 2008
- Tehnologija građenja; Vjeran Mlinarić, Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada, Tehničko veleučilište u Zagrebu, 2018

Izvori za pripremanje učenika:

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

- Bilješke s predavanja
- Nastavni listići

TIJEK IZVOĐENJA NASTAVE – NASTAVNI RAD

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

UVODNI DIO:

Na samom početku sata pozdravljam učenike. Ponavljam ključne pojmove s prethodnih predavanja kroz pitanja:

- 1) Što je konstruktivizam?
 - Konstruktivizam je arhitektonski pokret koji se razvio u Rusiji početkom 20. stoljeća. Osnovna zamisao je stvaranje umjetnosti koja bi bila korisna društvu, posebno u kontekstu industrijske i tehnološke revolucije.
 - Konstruktivizam je odbacio tradicionalnu ideju umjetnosti kao nečega što je samo za gledanje ili dekoraciju.
 - Korišteni materijali: čelik, staklo i beton
 - Naglasak je na praktičnosti, a ne na estetici
- 2) Što je ekstatična arhitektura?
 - Ekstatična arhitektura je način dizajniranja zgrada i prostora koji uzima u obzir kako nove tehnologije mijenjaju način na koji doživljavamo svijet oko sebe.
 - Pristup koji gleda na arhitekturu kao na alat za istraživanje, koji nam omogućuje da iskusimo različite načine gledanja na svijet.

Nakon ponavljanja slijedi najava nove teme „Zelena“ arhitektura, naslov kao i današnji dan zapisujem na ploču. Kroz kratka pitanja o zelenim fasadama i krovovima potičem znatiželju kod učenika i zainteresiram ih za novu temu.

GLAVNI DIO:

Definicija zelene arhitekture

Na Power Point prezentaciji prikazujem slajd definicije zelene gradnje te na narednim slajdovima primjere različitih građevina kojima potičem učenike da odrede koje od prikazanih građevina su primjeri zelene, a koji klasične arhitekture.

Zelena arhitektura predstavlja cjelokupni proces osmišljavanja, projektiranja, uporabe i održavanja temeljen na principu održivosti. To je posebna gradnja građevina na način da građevina bude više u skladu s prirodom, da troši manje energije te ima pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš.

Učenici prikazanu definiciju zapisuju u svoju bilježnicu.

Zelene fasade

Na sljedećem slajdu prikazujem definiciju zelene fasade te na narednim slajdovima prikazujem primjer klasične i zelene fasade.

Zelena fasada predstavlja vanjski zid građevine koji je djelomično ili potpuno prekriven raslinjem.

U idućim slajdovima prikazujem slike različitih primjera zelenih fasada te navodim osnovne dvije skupine zelenih fasada, a one su **direktne** i **indirektne** zelene fasade. Objašnjavam razlike među navedenim tipovima zelenih fasada. Kod direktnih zelenih fasada se raslinje penje izravno po fasadi dok se kod indirektnih zelenih fasada raslinje penje po konstrukciji koja je odmaknuta za određenu udaljenost od zgrade što čuva sam zid zgrade i omogućuje protok zraka. Također, napominjem učenicima da postoje fasade kod kojih se raslinje sadi izravno u zemlju uz zgradu i fasade gdje se raslinje sadi u posebne spremnike na određenim visinama od tla što prikazujem pomoću prezentacije. Učenici za to vrijeme bilježe najbitnije pojmove u svoje bilježnice.

Zeleni krovovi

Nakon zelenih fasada prelazim na zelene krovove počevši s definicijom zelenog krova.

Zeleni krov predstavlja svaki krov koji na svojoj površini ima osigurane uvjete za sadnju biljaka. Takav krov predstavlja slojevitú strukturu sastavljenu od: vodootpornog sloja, izolacije protiv prodiranja korijenja, dodatnog izolacijskog sloja, odvoda za vodu, sloja za filtraciju, tla i zelenila na svom vrhu.

Učenicima prikazujem strukturu zelenog krova te različite primjere zelenih krovova. Nakon toga nabrajam osnovna tri tipa zelenih krovova kao: **ekstenzivne**, **poluintenzivne** i **intenzivne** krovove. Objašnjavam specifičnosti svakog krova te prikazujem stvarne primjere istih. Učenicima spominjem da postoje posebne podskupine zelenih krovova: solarni zeleni vrtovi i plavo – zeleni krovovi. Solarni zeleni vrtovi uz raslinje sadrže i fotonaponske kolektore koji griju vodu i proizvode električnu energiju čime pridonose dodatnoj uštedi energije. Plavo – zeleni krovovi služe za pojačano zadržavanje i odvodnju oborinskih voda čime rasterećuju gradski kanalizacijski sustav. Učenici za to vrijeme bilježe najbitnije pojmove u svoje bilježnice.

Kako zelena gradnja pridonosi uštedi energije i očuvanju okoliša?

Učenicima pojašnjavam da dodatan sloj zelenila predstavlja dodatnu toplinsku izolaciju čime se stvara bolja energetska učinkovitost zgrade. Dodatno, biljke pomoću prirodnih učinaka kao što su evapotranspiracija i sjenčanje umanjuju upijanje topline i raspršuju ju natrag u atmosferu čime hlade okolinu što smanjuje potrebu za klimatizacijom. Spominjem urbane toplinske otoke i njihovu specifičnost da temperatura u takvim sredinama bude veća u odnosu na ruralna područja.

Prednosti i nedostaci zelenih krovova i fasada

Učenicima navodim prednosti i nedostatke zelenih fasada i krovova koje oni zapisuju u svoje bilježnice.

Prednosti:

- Bolja toplinska izolacija
- Smanjenje lokalne temperature
- Ušteda energije
- Čišćenje zraka
- Odvođenje oborinskih voda
- Estetski ugođaj
- Poticanje bioraznolikosti

Nedostaci:

- Razne štete nastale djelovanjem korijenja i grana
- Stanište za razne štetocine
- Masa zelenih krovova
- Problemi s vlagom

Tokom cijelog sata najvažnije pojmove zapisujem na ploču.

ZAVRŠNI DIO:

S učenicima ponavljam usvojene pojmove kroz kratka pitanja te im dijelim listiće s gradivom današnjeg sata za domaću zadaću. Dajem im kratki upitnik za povratne informacije nastavniku. Na kraju sata pozdravljam učenike i zahvaljujem im se na suradnji i posvećenoj pažnji. Također, pohvaljujem njihovo sudjelovanje u nastavi.

Izgled ploče

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

„Zelena” Arhitektura

- Zelena arhitektura predstavlja cjelokupni proces osmišljavanja, projektiranja, uporabe i održavanja temeljen na principu održivosti.
- Posebna gradnja građevina na način da građevina bude više u skladu s prirodom, da troši manje energije te ima pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš.
- Zelena fasada predstavlja vanjski zid građevine koji je djelomično ili potpuno prekriven raslinjem.
- Vrste zelenih fasada: direktne i indirektne
- Zeleni krov predstavlja svaki krov koji na svojoj površini ima osigurane uvjete za sadnju biljaka.
- Slojevita struktura zelenog krova
- Vrste zelenih krovova: intenzivni, poluintenzivni i ekstenzivni

„Zelena” Arhitektura

Prednosti zelenih fasada i krovova:

Prednosti:

- Bolja toplinska izolacija
- Smanjenje lokalne temperature
- Ušteda energije
- Čišćenje zraka
- Odvođenje oborinskih voda
- Estetski ugođaj
- Poticanje bioraznolikosti

Nedostaci:

- Razne štete nastale djelovanjem korijenja i grana
- Stanište za razne štetočine
- Masa zelenih krovova
- Problemi s vlagom

(potpis studenta)

Pregledao:_____

Datum:_____

Osvrt na izvođenje:

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

Ocjena: _____

(Potpis ocjenjivača)

(Datum)

6. ZAKLJUČAK

Svijet današnjice suočen je s brojnim izazovima od kojih su možda najveće klimatske promjene. Nagla industrijalizacija, krčenje šuma, širenje gradova samo su ih ubrzali, a sve to ima golem utjecaj na naš planet. Kako se zelene površine smanjuju tako pada količina proizvedenog kisika, a raste količina ugljikova dioksida u zraku što dodatno otežava borbu sa klimatskim promjenama. Gradovi su posebno na udaru vrlo neugodno toplih ljeta što bitno otežava život u tim sredinama. Naime, sve veće betonske i asfaltirane površine upijaju sunčevu toplinu umjesto da ju odbijaju u atmosferu, a velika količina ugljikova dioksida u atmosferi sprječava odvođenje topline natrag u svemir. Samim time dolazi do stvaranja svojevrsnog učinka staklenika koji ubrzano povisuje temperature kako vrijeme odmiče. Zelene površine igraju ključnu ulogu u borbi s klimatskim promjenama, a njihovo povećanje može bitno umanjiti utjecaj zagrijavanja na različite načine.

Načini korištenja biljaka za očuvanje energije zgrada su zeleni krovovi i fasade, unutarnji zeleni ili živi zidovi, zeleni balkoni i nebeski vrtovi. Sve biljke bacaju sjenu na površinu iz koje rastu čime umanjuju njihovu izloženost sunčevom zračenju i apsorpciju topline. Također, biljke pomoću učinka evapotranspiracije uz višak vode raspršuju i višak topline natrag u atmosferu, pomoću fotosinteze razgrađuju ugljikov dioksid i stvaraju kisik i na taj način umanjuju utjecaj učinka staklenika i smanjuju lokalnu temperaturu. Za gradove je vrlo važno povećanje zelenih površina, a to zbog prostornog uređenja gradova predstavlja izazov koji se može riješiti na način da se što više vertikalnih i horizontalnih površina prekrije raslinjem na ranije spomenute načine. To dovodi do dodatnog sloja toplinske izolacije, bolje odvodnje oborinskih voda, smanjenja lokalne temperature, smanjenja stope zagađenja zraka, manje potrebe za korištenjem klimatizacije i u konačnici smanjenja potrošnje energije. Razne vrste zelenila u okućnici također mogu postići isti efekt. Naime, većina okućnica ima travnjake, vrtove, živice, ukrasno bilje, a neke u ruralnim područjima i voćnjake. Također, zelene površine pogodno utječu na očuvanje i razvoj prirodne bioraznolikosti na način da pružaju staništa za brojne vrste ptica, sisavaca i kukaca. Razni oblici zelenila u gradovima ublažavaju utjecaj urbanog toplinskog otoka obzirom da umanjuju količinu izloženih betonskih i asfaltiranih površina te time upijaju manje topline dok istu biljke odbacuju natrag u atmosferu čime se postižu znatno niže temperature.

Stabla su od posebne važnosti u očuvanju energije zgrada. Ako se posade na određene lokacije služe kao prirodni vjetrobrani, njihovo složeno korijenje uspješno upravlja oborinskim vodama i učvršćuje tlo čime sprječava nastanak klizišta. Stabla proizvode ogromnu količinu kisika, a njihove široke krošnje bacaju sjene koje štite od izravnog sunčevog zračenja, zimi predstavljaju prirodnu

barijeru protiv hladnih vjetrova čime ublažavaju prodor hladnog zraka u zgrade i time omogućuju efikasnije grijanje, dok ljeti omogućuju prirodnu ventilaciju što stvara dodatnu uštedu energije. Koristi stabala su mnoge, a koje točno pruža određeno stablo moguće je saznati primjenom takozvanih kalkulatora koristi stabala koji daje procijenjene vrijednosti njihovih koristi u nekom vremenskom roku.

Najveći neprijatelj uz klimatske promjene je vrijeme kojeg je sve manje. Zato je potrebno brzo i odlučno djelovati u ostvarenju cilja povećanja zelenih površina kako bi se maksimalno iskoristile sve njihove blagodati. Uz sve navedeno vrlo je bitna edukacija o odgovornom i održivom korištenju energije kako bi se djelovalo na okoliš i putem smanjene potrošnje energije što dodatno smanjuje naš ugljični trag. Uz sve to važno je napomenuti da svaki mali korak odnosno mala promjena u pozitivnom smjeru može u konačnici dovesti do vrlo jakih i dugotrajnih rezultata u vidu održivog razvoja.

7. LITERATURA

Abdel-Aziz DM (2014): „Effects of Tree Shading on Building’s Energy Consumption“. J Archit Eng Tech , s Interneta,

<https://www.omicsonline.org/open-access/effects-of-tree-shading-on-buildings-energy-consumption-2168-9717-1000135.php?aid=42568> , 05.09.2023.

Advanced Turf Solutions (2022): „Environmental Benefits of a Healthy Lawn“ s Interneta,

<https://www.advancedturf.com/resources/environmental-benefits-of-a-healthy-lawn/> , 08.09.2023.

Ambius (2023): „The ultimate guide to living green walls“ s interneta,

<https://www.ambius.com/resources/plant-care/ultimate-guides/green-walls#green-walls-reduce-energy-cost> , 25.08.2023.

A. S. Palermo; M. Turco, (2020): „Green Wall systems: where do we stand?“. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 410. 012013. 10.1088/1755-1315/410/1/012013, s Interneta,

https://www.researchgate.net/publication/338808990_Green_Wall_systems_where_do_we_stand , 10.09.2023.

D. Cartwright (2018): „Living Green Walls are Causing Serious Structural Issues“ s Interneta,

<https://www.buildsoft.com.au/blog/living-green-walls-are-causing-serious-structural-issues> , 10.09.2023.

E. Baldwin.: „An Architect’s Guide To: Green Roofs“, s Interneta,

<https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/> , 10. 09.2023.

EKO Vjesnik (2022): „Zagreb po uzoru na druge europske gradove uskoro dobiva svoj prvi javni voćnjak“ s Interneta ,

<https://www.ekovjesnik.hr/clanak/4826/zagreb-po-uzoru-na-druge-europske-gradove-uskoro-dobiva-svoj-prvi-javni-vocnjak> , 09.09.2023.

E. Rosenkranz (2021): „What is a Green Facade? – Types, Benefits, Costs“ s Interneta,

<https://smart-cre.com/green-facade-definition-and-examples/> , 10.09.2023.

Feng C.; Meng Q.; Zhang Y. (2009): „Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. Energy and Buildings“ s Interneta,

<https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/64865.pdf> , 25.08.2023.

Green Roof Technology (2023): „Green Roof Types all under one Tent“ s Interneta,

<https://greenrooftechnology.com/green-roof-finder/green-roof-types/> , 10.09.2023.

Green Roof Technology (2023): „Extensive Green Roof a Touch of Biodiversity“ s Interneta,

<https://greenrooftechnology.com/green-roof-finder/extensive-green-roof/> , 10.09.2023.

Green Roof Technology (2023): „Semi - Extensive Green Roofs“ s Interneta,

<https://greenrooftechnology.com/green-roof-finder/semi-intensive-green-roof/> , 10.09.2023.

Green Roof Technology (2023): „Intensive Green Roofs Roof Gardens“ s Interneta,

<https://greenrooftechnology.com/green-roof-finder/intensive-green-roof/> , 10.09.2023.

Green Roof Technology (2023): „Solar Garden Roofs – Solar Green Roofs“ s Interneta,

https://greenrooftechnology.com/green-roof-finder/solar_pv_greenroofs/ , 10.09.2023.

Green Roof Technology (2023): „Blue Green Roofs – Sponge Cities“ s Interneta,

https://greenrooftechnology.com/green-roof-finder/blue_green-roofs/ , 10.09.2023.

Green Roofers (2023): „Advantages and Disadvantages of Green Roofs“ s Interneta,

<https://www.greenroofers.co.uk/green-roofing-guides/advantages-disadvantages-green-roofs/> ,
10.09.2023.

GRO (2023): „How do Green Roofs save Energy?“ s Interneta,

<https://www.greenrooforganisation.org/2023/01/12/how-do-green-roofs-save-energy/> ,
25.08.2023.

Green Valley Turf Company (2022): „5 Reasons Lawns are Beneficial For the Environment“ s Interneta, <https://gvt.net/5-reasons-lawns-are-beneficial-environment/> , 07.09.2023.

I. Goodwin (2017): „Evaporative cooling in apple and pear orchards“ s Interneta,

https://www.hin.com.au/_data/assets/pdf_file/0020/76007/Goodwin-2017-Factsheet-Evaporative-cooling.pdf , 08.09.2023.

- K. Bacić (2019): „Kako smanjiti učinak urbanog toplinskog otoka?“ s Interneta, <https://www.pmf.unizg.hr/oldwww/geof/znanost/klimatologija/ccgg/zanimljivosti?@=1173f> , 07.09.2023.
- L. Pérez-Urrestarazu, R. Fernández-Cañero, A. Franco, G. Egea (2016): „Influence of an active living wall on indoor temperature and humidity conditions, Ecological Engineering“, 90. izdanje., stranice 120-124, s Interneta, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857416300507> , 26.08.2023.
- MINISTARSTVO GOSPODARSTVA, RADA I PODUZETNIŠTVA, NN 86/2007 (20.8.2007.): „Jedinstveni nastavni plan i okvirni obrazovni program za zanimanje fasader“, s Interneta, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2007_08_86_2680.html , 10.09.2023.
- Mughal, H. (2017): „Role of Sky-gardens in Improving Energy Performance of Tall Buildings“ s Interneta, https://www.researchgate.net/publication/330385675_Role_of_Sky-gardens_in_Improving_Energy_Performance_of_Tall_Buildings , 26.08.2023.
- NAAVA(2017): „What are Green Walls - the Definition, Benefits, Design, and Greenery“ s Interneta, <https://www.naava.io/editorial/what-are-green-walls> , 25.08.2023.
- R. Djedjig; R. Belarbi; E.l Bozonnet (2017): „Green wall impacts inside and outside buildings: experimental study“, Energy Procedia, Volume 139, Pages 578-583, ISSN 1876-6102, s Interneta, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.256> , 10.09.2023.
- Raji B.; Tenpierik M. J.; van den Dobbelen A. (2015): „The impact of Greening Systems on building energy performance“ s Interneta, <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:3d3ca7d5-0a7d-4895-949f-83577476634d/datastream/OBJ/download> , 16.08.2023.
- Sun, Jinkun & Liu, Jing & Wu, Feng & Nian, Hongfen. (2015). „Research on High-efficient Balcony Greening Based on the Concept of Low-carbon Green Buildings“ s Interneta, <https://www.atlantis-press.com/article/25844138.pdf> , 26.08.2023.

T. Trkulja; M. Radujković; M. Nikolić – Topalović(2022): „Sustav vertikalnog ozelenjavanja - model za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrada“, Građevinar 7/2022, stranice 561 – 571, s Interneta,

<https://hrcak.srce.hr/file/408434> , 10.09.2023.

TED – Ed (2020): „What happens if you cut down all of a city's trees? - Stefan Al“ s Interneta,

<https://www.youtube.com/watch?v=zarll9bx6FI>, 20.08.2023.

TONI IP (2019): „The benefits of sky gardens to promoting health and wellbeing“ s Interneta,

<https://www.tonyip.green/blog/2019/2/8/the-benefits-of-sky-gardens-to-promoting-health-and-wellbeing> , 26.08.2023.

T. Vrančić (2014): „Vrste i prednosti zelenih krovova – isplativo i estetsko rješenje“; Građevinar 9/2014, stranice 869-872. s Interneta,

http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE_66_2014_9_10_Zeleni-krov.pdf , 09.09.2023.

Urban Green – Blue Grids for resilient cities: „Green Facades“ s Interneta,

<https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/> , 10.09.2023.

U.S. Environmental Protection Agency. (2018). „Estimating the environmental effects of green roofs: A case study in Kansas City, Missouri“. EPA 430-S-18-001, s Interneta,

www.epa.gov/heat-islands/using-greenroofs-reduce-heat-islands , 25.08.2023

US Forest Service; i-Tree (2006): „My Tree Calculator“ s Interneta,

<https://www.itreetools.org/> , 10.09.2023.

V. Tsilini; S. Papantoniou; D. Kolokotsa; E. Maria (2015): „Urban Gardens: As a Solution to Energy Poverty and Urban Heat Island“ s Interneta,

https://www.aivc.org/sites/default/files/89.1367334712.full_.pdf , 09.09.2023.

Zaborowska, Ł. and Żuławińska, J. (2023): "Tree Benefits Calculator". s Interneta,

<https://www.omnicalculator.com/ecology/tree-benefits> ,10.09.2023.