Važnost krovnh i vertikalnih vrtova u urbanim sredinama

Šimunović, Hrvoje

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:630835

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

VAŽNOST KROVNIH I VERTIKALNIH VRTOVA U URBANIM SREDINAMA

DIPLOMSKI RAD

Hrvoje Šimunović

Zagreb, srpanj, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Krajobrazna arhitektura

VAŽNOST KROVNIH I VERTIKALNIH VRTOVA U URBANIM SREDINAMA

DIPLOMSKI RAD

Hrvoje Šimunović

Mentor: doc.dr.sc. Petra Pereković

Zagreb, srpanj, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Hrvoje Šimunović**, JMBAG 0178067331, rođen dana 03.11.1987. u Zagrebu izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

VAŽNOST KROVNIH I VERTIKALNIH VRTOVA U URBANIM SREDINAMA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana 13.7.2018. _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Hrvoja Šimunović**,a JMBAG 0178067331, naslova

VAŽNOST KROVNIH I VERTIKALNIH VRTOVA U URBANIM SREDINAMA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. doc. dr. sc. Petra Pereković mentor _____
2. prof. dr. sc. Branka Aničić član _____
3. izv. prof. art. Stanko Stergaršek član _____

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici doc.dr.sc. Petri Pereković na podršci i stručnim komentarima koji su pomogli pri pisanju ovog diplomskog rada. Također bi se htio zahvaliti, ponovo mentorici ali i svim članovima studija Krajobrazne arhitekture koji su na mene prenijeli dio svoga znanja, koje mi nije pomoglo samo pri stručnim, već i pri životnim lekcijama.

Posebna zahvala ide teti Julijani koja se tijekom cijelog mog studija brinula o meni i mojim brigama poput rođene majke. Hvala, teta Julijana.

Želio bih se zahvaliti svim kolegicama i kolegi koji su me trpili i koji su uvelike olakšali sve godine provedene na Krajobraznoj arhitekturi. Napose kolegicama koje su svojim kritičkim smjernicama i osvrtom na moj rad omogućile da on dobije svoju glavu i svoj rep.

I na kraju, zahvala obitelji (bratu Jakovu, ocu Nikoli i majci Barbari) koji su kroz sve moje uspone i padove uvijek bili veliki životni oslonac.

Sadržaj

Zahvala 5

Sadržaj 6

Sažetak 8

Summary 9

1. Uvod 10

1.1. Problemi 11

1.2. Ciljevi 11

1.3. Metoda rada 11

2. Teorijski okvir 12

3. Krovni vrtovi 14

3.1 Povijest krovnih vrtova 14

3.2. Moderni krovni vrtovi 17

3.3. Uloge i prednosti krovnih vrtova 18

3.4. Tipologija krovnih vrtova 21

3.4.1. Usporedba intenzivnih i ekstenzivnih krovnih vrtova 23

3.5. Elementi i konstrukcija krovnih vrtova 24

3.5.1. Odabir vegetacije 26

4. Vertikalni vrtovi 28

4.1. Povijest 28

4.2. Uloge i prednosti vertikalnih vrtova 29

4.3. Tipologija vertikalnih vrtova 30

4.4. Elementi vertikalnog vrta 31

4.4.1. Tehnološka rješenja 32

4.4.2. Biljni materijal 36

5. Primjeri krovnih i vertikalni vrtova 37

5.1. Primjeri krovnih vrtova 37

5.1.1. Ekstenzivan vrt 37

5.1.1. Intenzivan vrt 39

5.2. Primjeri vertikalnih vrtova 41
5.2.1. Zelene fasade 41
5.2.2. Živi zidovi 43
5.2.2.1. Unutarnji živi zid 43
5.2.2.2. Vanjski živi zid 45
5. Rasprava 46
6. Zaključak 48
7. Popis literature 49
8. Tablice 52
9. Slike 52
10. Životopis 54

Sažetak

Diplomskog rada studenta Hrvoja Šimunovića, naslova

VAŽNOST KROVNIH I VERTIKALNIH VRTOVA U URBANIM SREDINAMA

Zelena infrastruktura, održivi razvoj, bioraznolikost, zaštita prirode, samo su neki od pojmova koje susrećemo u raznim raspravama i predavanjima. Krovni i vertikalni vrtovi dio su te velike cjeline i sve su popularnija rješenja oblikovanja urbanih površina.

U ovom radu istražen je pojam krovnih i vertikalnih vrtova, a uz pojmove vežemo stvarne primjere na postojećoj lokaciji. Stoga se u prvom djelu rada navode jasni problemi i ciljevi, prikazuju metode rada i definiraju važni pojmovi. Prvi dio rada također je posvećen krovnim vrtovima u kojem je naveden povijesni okvir razvoja krovnog vrta, od razdoblja prije Krista do danas. Opisane su uloge krovnih vrtova te beneficije koje se vežu uz njih. U daljnjem tekstu govori se o tipologiji i usporedbi ta dva tipa krovnih vrtova, a nakon toga spominju se elementi i konstrukcija krovnih vrtova te odabir biljnog materijala, ovisno o tipu vrta.

Drugi dio rada odnosi se na vertikalne vrtove, a sama konstrukcija tekstualnog dijela identična je Krovnim vrtovima. Što znači da se prvo razrađuje povijesni okvir zatim uloge i prednosti vertikalnih vrtova. Govori se o tipologiji i elementima vertikalnih vrtova, a nakon toga slijedi poglavlje sa tehnološkim rješenjima te odabir biljnog materijala, koji također ovisi o tehnologiji i tipu vertikalnog vrta.

Sva prethodna terminologija i tipologija u daljnjem je dijelu teksta popraćena primjerima, i krovnih i vertikalnih vrtova, koje nalazimo u Hrvatskoj i svijetu. A dani primjeri podvrgnuti su međusobnoj komparaciji.

Ključne riječi: krovni vrtovi, vertiklani vrtovi, vrtovi, krajobraz

Summary

Of the master's thesis - student **Hrvoje Šimunović,** entitled

IMPORTANCE OF ROOF AND VERTICAL GARDENS IN URBAN AREAS

Green infrastructure, sustainable development, biodiversity, nature conservation, are just some of the concepts we encounter in various discussions and lectures. Roof and vertical gardens are part of these great entities and are increasingly popular solutions for greening urban areas. In this text the concept of roof and vertical gardens is explored, and with the concepts we combine real examples in the existing location. Therefore, in the first part of the paper, they state clear problems and goals, outline the methods of work and define important terms. The first part of the work is also devoted to the roof gardens where the historical framework for the development of the roof garden has been mentioned, from the period before Christ to today. The rooftops of the roof gardens are described and the benefits that they attach to them. The following are the typologies and the comparisons of these two types of roof gardens, after which the elements and structures of roof gardens and the choice of plant material, depending on the type of garden, are mentioned. The second part of the paper deals with vertical gardens, and the structure of the textual part is identical to the Roof Gardens. Which means that the historical framework then first elaborates the roles and advantages of vertical gardens. It is about typology and elements of vertical gardens, followed by a chapter with technological solutions and a choice of plant material, which also depends on the technology and type of vertical garden. All the previous terminology and typology in the rest of the text are accompanied by examples, and the roof and vertical gardens found in Croatia and the world. And the given examples are subjected to mutual comparisons.

Keywords: roof gardens, vertical gardens, gardens

1. Uvod

Problemi današnjice koji se očituju u prostoru, posebice gradskim sredinama, vezani su za narušavanje kvalitete čovjekovog životnog okoliša. Otvoreni prostori grada doživjeli su velike promjene počevši od prekomjerne izgrađenosti pa do komercijalizacije, odnosno privatizacije javnih prostora. Stoga otvoreni gradski prostori koji su namijenjeni za rekreaciju i odmor uglavnom bivaju žrtvovani. Kao posljedica smanjenja zelenih i ekspanzije betoniranih i asfaltiranih površina, javlja se problem pretjeranog zagrijavanja gradova, odnosno stvaranja toplinskih otoka. Osim ekoloških problema, javljaju se problemi društvenog i estetskog karaktera. Estetika grada vrlo je bitna komponenta bez obzira proučavamo li vizure grada iz perspektive pješaka, vozača ili iz svojih vlastitih domova, što se posebice odnosi na objekte višestambene gradnje. Upravo iz tih različitih poimanja prostora moguće je uočiti kako su krovne i fasadne površine uglavnom u lošem stanju te predstavljaju vizualno degradiran prostor što zajedno s manjkom otvorenih površina grada posredno utječe na psihofizičko stanje ljudi.

Shodno navedenom, pojavila se društvena potreba za „prirodnim“ rješenjima u urbanom krajobrazu. U tom kontekstu potrebni su novi okolišni koncepti. Jedni od njih zasigurno su vertikalni i krovni vrtovi koji svojom širokom primjenom na gotovo svim izgrađenim površinama horizontalne i vertikalne raščlanjenosti mogu pridonijeti kvaliteti života ljudi u gradu i smanjenju toplinskog otoka.

1.1. Problemi

Problemi koji se javljaju u urbanim sredinama vezani su uz gustoću izgrađenosti koja je površinom obrnuto proporcionalna u odnosu na otvorene površine grada. Zbog prenapučenosti gradova svaka se otvorena površina potencijalno promatra kao budući stambeni blok. Preizgrađenost, odnosno dojam preizgrađenosti mogao bi se smanjiti primjenom krovnih i vertikalnih vrtova. Također, prisutni su problemi kod njihove primjene što se prvenstveno odnosi na funkciju te oblikovanje ~~dizajn~~. Iako je njihova primjena sužena te je vrlo često fokus stavljen na estetsku komponentu uloge su daleko opsežnije. Navedeno se odnosi na sociološke, boravišne te ekološke koristi krovnih i vertikalnih vrtova koje svoj vrhunac mogu doseći u sredinama pod velikim antropogenim utjecajem.

1.2. Ciljevi

Cilj rada je definiranje krovnog i vertikalnog vrta te istraživanje vrsta i tipova istih kroz njihove korisnosti. Osim navedenoga, dati će se naglasak na nastanak i razvoj kao i na tipologiju vezano uz način izvedbe te namjeni u odnosu na objekt nam kojem se nalaze. Na primjerima će se prikazati tehnička izvedba krovnih i vertikalnih vrtova. Prikazani će biti primjeri iz Hrvatske i svijeta, kako bi se dobila usporedna slika i spoznalo koliko je trend takvih vrtova prepoznat u svijetu u odnosu na Hrvatsku.

1.3. Metoda rada

Kabinetsko istraživanje obuhvatilo je pregled stručne literature počevši od knjiga, časopisa pa do stručnih članaka te internetske baze podataka Hrvatskih i svjetskih primjera krovnih i vertikalnih vrtova. Nakon inventarizacije pristupilo se analizi kroz povijesni pregled, tipologiju te elemente konstrukcije i gradnje. Usporedba i kritički osvrt obrađeni su u završnom dijelu s naglaskom na izvedene primjere.

2. Teorijski okvir

Kako bi se jasno prikazao predmet istraživanja ovog rada definirani su osnovne pojmovi, a to su: krajobraz, otvoreni prostori, urbani krajobraz. Kompleksniji pojmovi koji su temelj ovog rada (krovni i vertikalni vrtovi) biti će detaljno prikazani kroz poglavlja u nastavku.

Krajobraz

Postoje brojne definicije krajobraza jer je predmet proučavanja različitih struka, no definicija koja je uvriježena na nacionalnoj razini preuzeta je iz Konvencijom o europskim krajobrazima iz 2001. godine. Ona navodi: *„Krajobraz znači određeno područje, viđeno ljudskim okom, čija je narav rezultat međusobnog djelova-nja prirodnih i/ili ljudskih čimbenika“.*

Otvoreni prostori ili urbani krajobraz

Pereković (2011.) u svojoj Disertaciji navodi: *„Pojmovi ''urbani krajobraz'', ''otvoreni prostor'', ''otvoreni zeleni prostor'', ''zelene površine'' i slično imaju mnoga značenja i uporabe. U teorijama struka vezanih uz planiranje gradskih sredina i u prostorno planskoj dokumentaciji obično se povezuju s prisutnošću prirode ili zelenila u gradu.* Ogrin (1982.) otvorene prostore smatra područjima koji nisu zauzeta gradnjom, a namijenjena su društvenim funkcijama na otvorenom. Prinz (1980.) navodi da neizgrađene otvorene površine imaju različite pojavne oblike i namjene, od malog parka preko sportskih građevina do oranica, šuma i voda.

Krovni vrt

Morić i sur (2007.) navode da je krovni vrt otvoreni prostor prekriven biljnim materijalom, a odvojen od tla objektom ili nekom drugom strukturom. Taj se prostor može nalaziti ispod ili iznad kote terena, ali su biljke posađene tako da se ne sade direktno u teren. ˝Zeleni krovovi˝ nastali sadnjom bilja u kontejnere ili korita nisu krovni vrtovi (Herr, 2002). Krovni vrtovi definirani su na ravnoj ili nakošenoj površini koja sadrži vegetaciju, odnosno govori o prostoru koji pridonosi urbanom zelenilu za objekte, ljude i okoliš, a koji ujedno pomaže prilikom upravljanja oborinskim vodama. (Dvorak, 2010)

Vertikalni vrt

Blanc (2015.) navodi da su vertikalni vrtovi postali drugi, "živući", sloj fasade objekta. U svoj istraživanju vertikalnih vrtova kao koncepta modernog doba Jain i Janakiram (2016.) vertikalne vrtove nazivaju zelenim zidovima koji slobodno stoje ili su dio zgrade koji je

djelomično ili u potpunosti prekriven vegetacijom i u nekim slučajevima tlom ili anorganskim supstratom za uzgoj.

3. Krovni vrtovi

Pregledom stručne literature, različiti autori utvrdili su definicije krovnih vrtova, a zajednički elementi koji su prepoznati kod svih odnosi se na: horizontalna antropogena plohu, prirodni materijal te na spektar prednosti i primjene. Za potpuno sagledavanje čitavog teorijskog i primjenjivog koncepta u sljedećim poglavljima biti će prikazani: povijesni razvoj, tipologija kovnih vrtova, gradivi elementi te njihove uloge i prednosti.

3.1 Povijest krovnih vrtova

Magill i sur. (2011.) u svom istraživačkom radu navode da je najstariji krovni vrt pojavio prije 600 godina prije Krista u Mezopotamiji na ziguratu. Zigurat je stepenasta piramida izgrađena od kamenih blokova u nekoliko etaža (terasa) na kojima su se nalazilo posađeno drveće i grmlje. Ono je služilo za ublažavanje pristupa i penjanja te su pružali ugodu i olakšanje od vrućina babilonskih ravnica (Slika 1).



Slika 1 Prikaz zigurata i vrtova (Izvor: http://geotecnia-sor.blogspot.com)

Najpoznatiji zigurat bio je izgrađen u gradu Babilonu za vrijeme kralja Nabukodonosora II. (2113.-2047. prije Krista) koji je dao sagradio Viseće vrtove Babilona za svoju ženu Amytis. Prema drugim izvorima ista građevina povezana je s visećim vrtovima mitske kraljice

Samiramide koji se svrstavaju u najljepše vrtove tog doba te jedno od sedam svjetskih čuda. Isti autori navode da su platforme terasa bile izgrađene od masivnih kamenih ploča, odozgo prekriveni slojem trske, na što je bio nasut debeli sloj zemlje koji je omogućavao rast velikog broja egzotičnog bilja za koje se smatralo da su doneseni iz svih krajeva svijeta (Slika 2).



Slika 2 Semiramidini viseći vrtovi (Izvor: http://povijest.hr)

U srednjem vijeku i renesansi krovni vrtovi nisu pronašli široku primjenu, osim u posjedu bogatih obitelji (gdje su služili kao demonstratori političke i društvene moći) te benediktinskih samostana (Hammer 1968.).

Hammer (1968.) navodi da je između 1600 godine i 1800 godine stanovništvo na skandinavskim predjelima pokrivalo svoje krovove zemljom u izolacijske svrhe, u koju su kasnije sadili trave i ostale vrste bilja radi povećavanja stabilnost zemlje na krovu (Slika 3). Rani američki doseljenici su također koristili tu praksu zbog nedostatka drva kao građevinskog materijala.



Slika 3 Pastirske kolibe u skandinavskim zemljama (Izvor: https://hidrogreen.hr)

Urbanizacija i industrijalizacija 1800-ih godina postižu ubrzani rast i razvoj što je rezultiralo gradnjom jeftinih objekata s vrlo zapaljivim krovištima. U tom periodu krovopokrivač Koch osmislio je metodu smanjena rizika od požara na način da je krov prekrio pijeskom, a na njega položio sloj zemlje. Sjeme se prirodnim putem samo zasadilo i s vremenom formiralo travnjak. Stotinu godina kasnije, taj krov je i dalje bio vodonepropustan (Magill i sur. 2011.).

Nadanje, Gedge i Kadas (2005.) navode kako su za vrijeme II svjetskog rata zeleni krovovi koristili u kamuflažne svrhe. Tu se posebno ističu Britanci koji su imali višestruku korist pri kamufliranju svojih vojnih hangara.

Iz prethodno navedenih činjenica možemo zaključiti da primjena krovnih vrtova seže u daleku prošlost u kojoj su oni predstavljali znak društvene moći kraljeva, bogatih plemićkih obitelji te svećenstva. U kasnijim razdobljima, krovni vrtovi postali su dio čovjekova boravišnog i radnog prostora posebice u ruralnim područjima. Iskorištavanjem prirodnog materijala iz neposredne okolice doveo je do stvaranje prirodnih krovnih vrtova koji su se u modernom doba razvili u vrlo složene sustave unutar gradskih područja što će biti prikazano u sljedećem poglavlju.

3.2. Moderni krovni vrtovi

Rufai Mohammed Ahmed i Halil Z Ahmed (2016.) navode da su se početkom 60-ih godina prošlog stoljeća razvila brojna istraživanja i tehnologije krovnih vrtova u europskim zemljama, poglavito Njemačkoj i Švicarskoj. Njemački istražitelj i publicist Reinhard Bornkamm objavio je 1961. godine svoj rad o krovnim vrtovima te je time potaknuo istraživanja o drenažnim slojevima i drugim elementima krovnih vrtova.

Razvoj tržišta krovnih vrtova 80-ih godina prošlog stoljeća u Njemačkoj odvijao se vrlo brzo, s prosječnim rastom od 15 do 20%. Do 1989. godine postavljeno je oko milijun kvadratnih metara krovnih vrtova, a 1996. godine taj broj se popeo na oko 100 milijuna kvadratnih metara. Ovaj izniman rast omogućen je zahvaljujući državnim poticajima od 35 do 40 njemačkih maraka po kvadratnome metru te su sličan model preuzele i druge europske zemlje. Navedeno je utjecalo na razvoj novih industrija koje su izravno povezane s zelenih krovova i to kroz proizvodnju biljnog materijala, krovopokrivača, instalatera te sudionika u gradnji. U Njemačkoj, Austriji, Norveškoj, Švicarskoj, Francuskoj, ali i drugim europskim zemljama, krovni su vrtovi postali opće prihvaćeni u građevinskoj industriji i urbanom krajobrazu (Peck i sur. 1999.)

Trenutno u Sjedinjenim Američkim Državama raste popularnost krovnim vrtovima, ali druge su zemlje poprilično odmakle u prilagodbi zelenih krovnih sustava. Primjerice u Njemačkoj je procijenjeno da je 14% svih ravnih krovova prekriveno zelenilom. Prije nego su ljudi svojim razvojem uzrokovali poremećaj, zemlja i vegetacija su uspješno gospodarile oborinskim vodama i sunčevom energijom. Budući da to sada više nije slučaj, sada tu ulogu djelomično preuzimaju krovni vrtovi (Getter 2006.).

Kratak pregled razvoja krovnih vrtova od 60-ih godina pa do danas prikazuje postepeno napredovanje u njihovoj prostornoj primjeni, a na koju je neposredno utjecalo razvoj različitih tehnologija. Brži tehnološki procesi obrade materijala, koji se primjenjuje u sustavu krovnih vrtova, doveli su do široke primjene i dostupnosti različitim društvenim skupinama. Veliki utjecaj u samom razvoju i primjeni zasigurno su imale političke strukture kroz sustave financiranja različitih mjera. U današnje vrijeme krovni vrtovi imaju značajnu ulogu u

prilagodbi klimatskim promjenama i ponovnog povezivanja s prirodom. U sljedećim poglavljima biti će detaljno prikazane njihove koristi te različiti materijali u primjeni istih.

3.3. Uloge i prednosti krovnih vrtova

U ovom djelu rada detaljnije će se nabrojati i ukratko objasniti uloge i prednosti krovnih vrtova.

Smanjenje potrošnje energije (objekata)

Prema istraživanju Takebayashia i Moriyama (2007.) krovni i vertikalni vrtovi mogu smanjiti trošak rashlađivanja ili grijanja, na način da smanjuju gubitke topline ili primanje topline kroz površine objekta. Jedna od glavnih beneficija koja proizlazi iz krovnog vrtova kao „izolacijskog materijala“ je smanjenje interne i eksterne fluktuacije topline.

Stabilnost temperature u objektu pod krovnim vrtom znatno je povećana i pridonosi termalnom komforu kroz cijelu godinu, na način da ljeti sprječava ulaz topline, a zimi sprječava gubitak topline iznutra prema van. Konstrukcija krova i ostalih komponenta objekta značajno pridonose determiniranju gubitka i zadržavanja topline (Parizotto i Lamberts 2011.).

Poboljšanje kvalitete oborinskih voda

Otjecanje vode sa sobom nosi organski materijal (ostatke vegetacije i životinjske otpatke), prašinu, zemljane čestice te kemijske zagađivače, kao što su ulja i gnojiva raznog tipa. Nasuprot navedenome, oborinske vode koje dolaze s krovnih površina relativno su visoke kvalitete. Većina biljaka koja raste na krovnome vrtu zahtijeva određenu količinu gnojiva kako bi normalno rasle, stoga oborinska voda može do neke granice biti onečišćena nutrijentima. Nutrijenti su uglavnom na bazi fosfora (P) i dušika (N) zbog čega može doći do cvjetanja algi ukoliko ta voda završi u odvodnom kanalu, ali izgubljene količine nutrijenata nikada nisu velike. Korist koju pridonose krovni vrtovi, kroz smanjenje opterećenja odvodnog sustava, nadvisuju cijenu koju plaćamo prilikom gubitka nutrijenata.

Poboljšanje kvaliteta zraka u urbanim područjima

Mnoge su studija pokazale vezu između slabe kvalitete zraka i nepovoljnog efekta na ljudsko zdravlje. Veći prostori pod stablima i grmovima, povećavaju površinu gdje će se onečišćivači zraka moći zaustaviti. Što nam sugerira da bi krovni vrtovi, sa širokim spektrom vegetacije, mogli predstavljati efektivan pristup u suzbijanju onečišćenja u višim slojevima.

Količina čestica koju neka biljka može primiti, ovisi o gustoći i kompleksnosti vegetacijskog sloja. Najvažnije ja zapravo saznanje da se zahvaljujući krovnim (i vertikalnim) vrtovima, značajno mogu smanjiti količine plinovitih i čestičnih polutanata, efekti UHI (*eng. urban heat islands*) odnosno efekti toplinskih otoka te nakupljanje smoga (Pugh i sur. 2012.).

Društvena uloga krovnog vrta

Krovni vrtovi imaju velik utjecaj u urbanim sredinama, pri čemu društvena uloga ima jedan od bitnijih utjecaja. Oni predstavljaju pozitivan utjecaj na psihološko stanje i zadovoljstvo ljudi bez obzira predstavlja li taj krovni vrt vizualnu ili boravišnu kvalitetu. Krovni vrtovi, bez obzira gdje se nalazili, predstavljaju pogodnost jer u različitim sredinama na svoj način doprinose kvaliteti života. Bilo da je riječ o bolnicama i o bržem oporavku pacijenata, o poslovnim objektima i povećanju poslovne produktivnosti, ili da je riječ o obrazovnim ustanovama i podizanju kreativnosti kroz igru i učenje.

Područja pod vegetacijom ljudima su potrebna i korisna. Krovni vrtovi i ostale otvorene površine omogućuju ljudima odmor i osvježenje, prostor za rekreaciju i prostor za proizvodnju hrane (eng. *Comunity Gardens*). Ovakve otvorene površine pružaju ljudima prostor za socijalnu interakciju, fizički i psihički odmor, ali i prostor za ispuštanje stresa koji je nezaobilazan faktor ubrzanog života u urbanoj sredini.

Ostale uloge krovnih vrtova

Zaštita i produljenje života krovnoj membrani

U Europi je na temelju brojnih primjera dokazano kako krovni vrtovi bez ikakvih probleme mogu za duplo produžiti životni vijek konvencionalnog krova, a samim time smanjiti troškove i otpadni materijal koji bi eventualno nastao uslijed skidanja stare i postavljanja nove krovne konstrukcije. Kada se zbroje troškovi, dolazi se do zaključka kako krovni vrt košta jednako ili manje od konvencionalnog krova (Hopkins i Goodwin 2011.).

Otpornost na požar

Europski proizvođači izlažu dokaze kako krovni vrtovi pripomažu usporavanju širenja požara, putem krova, pogotovo ako je supstrat zasićen vlagom. Nasuprot tome, biljke same, ukoliko su suhe, mogu predstavljati potencijalnu opasnost za požar. Stoga je potrebno na krovu predvidjeti poteze (eng. *fire breaks*) koji su napravljeni od negorivog materijala (npr. betona

ili zemlje) koji će zaustaviti potencijalan požar. Ti potezi bi trebali biti 60 cm široki i postavljeni svakih 40m u svim smjerovima. Druga opcija bi bila korištenje vegetacije koja je otporna na požare, kao što su sedumi, koji u sebi sadrže visoki postotak vode ili navodnjavanje prskalicama, spojenim na protupožarni alarm (Wong i sur. 2010.).

Zaštita od buke

Gradovi su bučna mjesta za život (izgradnja, promet i različiti zvukovi) te su dio svakog urbanog krajobraza. Iako su studije pokazale kako krovni vrtovi prigušuju dio buke, ta brojka nije zamjetna (10dB). Testovi provedeni na vertikalnim vrtovima (i fasadama) u Hort Parku u Singapuru, prikazale su identičan ishod. Za sada ne postoji dokaz o jačem smanjenju buke zahvaljujući supstratu debljine 20 cm (do 40cm), ali svako i najmanje smanjenje vanjske buke smatra se pozitivnim rezultatom (Van Renterghem i Botteldooren 2008.).

Dodatne beneficije

Krovni vrt, osim što pruža ugodan prostor za stanare, također podiže i vrijednost nekretnine. Agencije za javno stanovanje mogu priskrbiti starijim građanima i njihovim obiteljima siguran i pristupačan otvoreni prostor na vrhu zgrade, a ujedno u poboljšati kvalitetu stanovanja. Školski odbori mogu uključiti nastavu i priuštiti zeleni otvoreni prostor – nastavu na otvorenom (na krovu). Čak i nepristupačni zeleni prostori na vrhu komercijalnih objekata u rezidencijskim dijelovima, mogu značajno povećati estetsku vrijednost i mogu ubrzati procese odobrenja za druge slične projekte. Bolnice i ostale zdravstvene ustanove mogu davati mogućnost hortikulturne terapije, dokazane metode ubrzavanja stupnja oporavka te smanjenja potrošnje lijekova. Industrijske zgrade ugrađuju krovne vrtove zbog rashlađivanja, ponude ugodnog prostora za boravak zaposlenika ili jednostavno estetske svrhu za okolne zgrade koje gledaju na krov tvornice. Krovni su vrtovi pogodni za uzgoj visoko kvalitetne organske hrane, ljekovitog i ukrasnog bilja. Na ovaj se način smanjuju troškovi skladištenja i transporta hrane te smanjuje udaljenost i vrijeme koje je potrebno hrani da dođe od polja do stola (Wong i sur. 2010.).

3.4. Tipologija krovnih vrtova

Prema Peck i sur. (1999.) postoje dva tipa sistema krovnih vrtova, a to su:

1. **Ekstenzivni krovni vrt** jednostavne je tehničke izvedbe i sadržava prirodnu i laganu vegetaciju te ne zahtjeva puno održavanja. U tu svrhu najčešće se koriste sukulenti, a to su biljke aridnih krajeva, mesnatih listova čija je funkcija zadržavanje vlage. Također, mogu se koristit biljne zajednice otporne na sušu kao što su mahovinama, livadno, začinsko te aromatično bilje. Debljina supstrata u ovoj vrsti krovnih vrtova ograničavajući je faktor te ne prelazi 20 centimetara, a to uvelike sužava izbor biljnog materijala. Također, osmišljen je standardni dizajn s više slojeva različitih funkcija koji omogućuju rast vegetacije, filtriranje te drenažu.

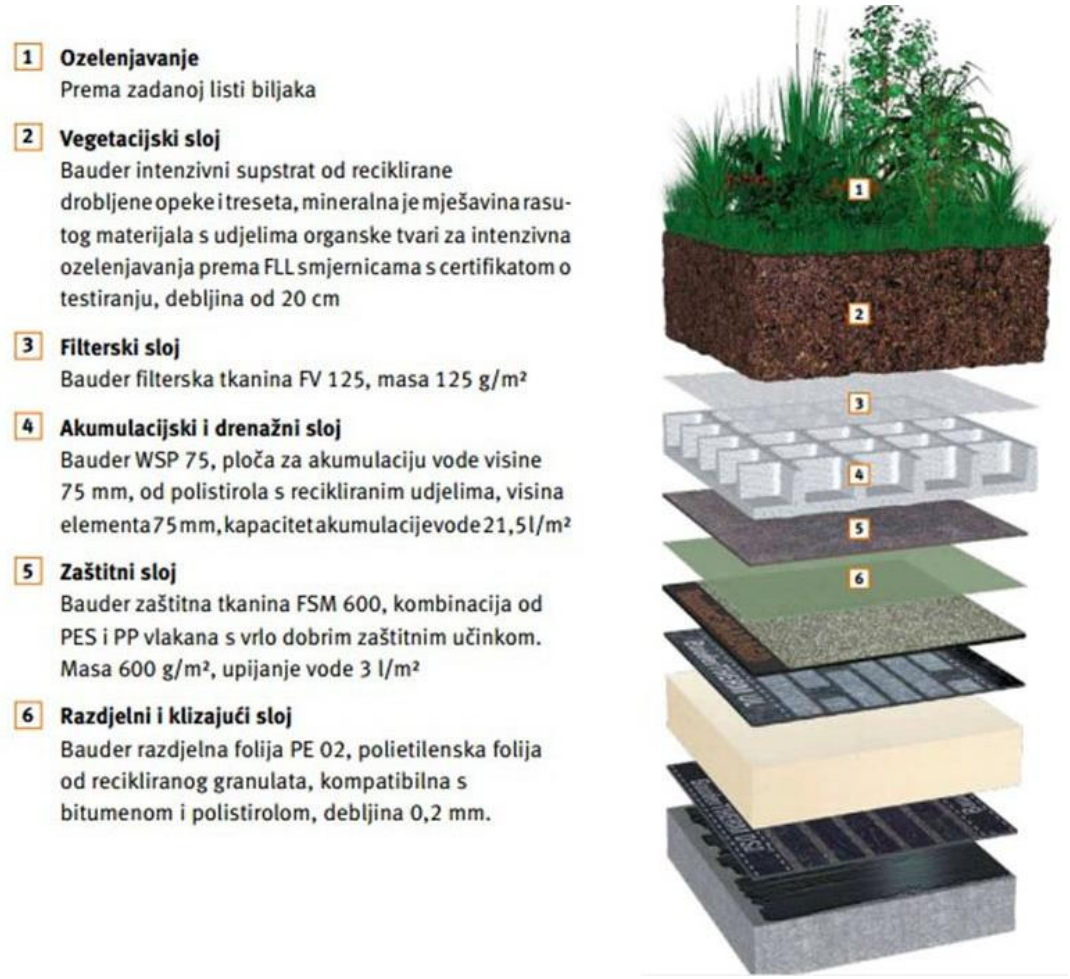
Prema shematski prikaz ekstenzivnog krovnog vrta (Bauder d.o.o.) on se sastoji od 4 osnovna sloja kojeg čine, počevši od najnižeg, razdjelni i klizajući sloj, zaštitni, drenažni i filterski sloj, vegetacijski sloj te sloj ozelenjivanja. Specifikacije za svaki sloj variraju ovisno o proizvođaču, ali bez većih odstupanja.



Slika 4 Shematski prikaz ekstenzivnog krovnog vrta (https://www.bauder.hr/)

2. Intenzivni krovni vrt nudi širok spektar mogućnosti oblikovanja i namjene. Najčešće se izvodi na ravnoj krovnoj površini što omogućava, osim biljnog materijala, unošenje i drugih krajobraznih elemenata kao što su klupe, pergole, vodeni elementi i sl. Zbog svoje moguće kompleksnosti ovi vrtovi imaju brojne uloge u urbanim prostorima, a najbitnije su ekološka i društvena. Nadalje, ukoliko je vegetacijski sloj dovoljno dubok te je osigurano dovoljno nutrijenata i vode, uvjeti za rast bilja mogu biti gotovo jednako kvalitetni kao i u zemlji. U obzir se jedino trebaju uzeti u obzir faktori poput stabilnosti drveća i grmlja te potencijalno negativni utjecaj zgrade poput isijavanja vrućine.

Prema shematskom prikazu intenzivnog krovnog vrta (Bauder d.o.o.) on se sastoji od 6 osnovna sloja kojeg čine, počevši od najnižeg, razdjelni i klizajući sloj, zaštitni sloj, akumulacijski i drenažni sloj, filterski sloj, vegetacijski sloj te sloj ozelenjivanja. Specifikacije za svaki sloj variraju ovisno o proizvođaču, ali bez većih odstupanja.



Slika 5 Shematski prikaz intenzivnog krovnog vrta (https://www.bauder.hr/)

3.4.1.Usporedba intenzivnih i ekstenzivnih krovnih vrtova

Usporedbom intenzivnih i ekstenzivnih tipova krovnih vrtova razni autori navode brojne sličnosti i razlike prema njihovim karakteristikama. Važno je napomenuti da krovni vrtovi, ovisno o čvrstoći konstrukcije objekta, budžetu, potrebama klijenata te dostupnosti biljnog materijala, mogu biti kombinacija intenzivnog i ekstenzivnog tipa krovnog sistema. Shodno navedenom u tablici (Tablica 1) u nastavku prikazani su prednosti i nedostaci krovnih vrtova.

Tablica 1 Usporedba ekstenzivnog i intenzivnog krovnog sistema (Johnston 1996.)

EKSTENZIVNI KROVNI VRT	**INTENZIVNI KROVNI VRT**
Tanka površina supstrata; malo ili bez irigacije; stresni uvjeti za biljku; mala bioraznolikost	Debeo sloj supstrata; irigacijski sustav; prihvatljiviji uvjeti za biljku; veća bioraznolikost; pristupačniji su
Prednosti:	**Prednosti:**
• Lagani su; krov u pravilu ne zahtjeva ojačanja • Pogodno za veće površine • Pogodan za nagibe krova od 0 – 45° • Manje održavanja i dug život • Najčešće nije potrebna irigacija i specijalizirani drenažni sustavi • Potrebno je manje stručnosti • Prikladno je za osvježiti projekte i prostor • Može se ostaviti da se vegetacija spontano razvija • Relativno je jeftino • Izgleda prirodnije	• Veći broj biljnog materijala i staništa • Odlične izolacijske karakteristike • Moguće je simulirati divlji vrt na površini • Može biti vizualno vrlo atraktivan • Omogućen mu je pristup i veća je funkcionalnost (korištenje za rekreaciju, uzgoj hrane, otvoreni prostor i td.) • Veća je ušteda energije i veća je sposobnost zadržavanja oborinskih voda • Produženje života krovne membrane
Nedostatci:	**Nedostatci:**
• Manje je očuvanje energije i zadržavanje oborinskih voda • Manji je izbor biljnog materijala • Najčešće je nepristupačno za korištenje u rekreacijske i ostale svrhe • Neki ga smatraju neatraktivnim, posebice zimi	• Veće je opterećenje krova • Potrebni su irigacijski i drenažni sistemi koji zahtijevaju energiju, vodu i dr. materijale • Veći kapitalni troškovi te troškovi održavanja • Sistemi su puno zahtjevniji i zahtijevaju veću razinu stručnosti

Navedeni tipovi krovnih vrtova najviše se razlikuju cjenovno te po dubini supstrata i izboru biljnog materijala. Prema Peck i sur. (1999.) navedeni sistemi krovnih vrtova sadrže slijedeće zajedničke karakteristike:

- biljni materijal plitkog korijena
- posebno pripremljen supstrat

- geotekstil ili filter platno koje će zadržavati supstrat i korijen, a u isto vrijeme propuštati protjecanje vode
- poseban drenažni sloj
- vodonepropusnu krovnu membranu
- krovnu strukturu s tradicionalnom izolacijom

3.5. Elementi i konstrukcija krovnih vrtova

Prema Dvoraku (2010.) krovni se vrtovi sastoje od niza slojeva od kojih svaki ima određen zadatak. Na grafičkom prikazu u tekstu niže (Slika 6) mogu se vidjeti dijelovi strukture, a oni obuhvaćaju:

1. **Krovnu strukturu (krov)**

Najozbiljniji problem kod svih krovnih vrtova je urušavanje zbog loše krovne konstrukcije te neadekvatno planiranje prilikom postavljanja krovnih sistema. Težina predstavlja ključan faktor prilikom konstrukcije krovnih vrtova. Kategorizacija opterećenja gleda se kroz dvije komponente:

- **„Živi" teret**: obuhvaća tranzitnu težinu kao što su pješački promet i privremene instalacije
- **„Mrtvi" teret**: odnosi se na težinu strukture samoga krova, uključujući slojeve krova, elemente hlađenja i grijanja te teret koji projicira vjetar ili nanosi snijega

2. **Vodonepropusni sloj:** vodonepropusna membrana
3. **Zaštitne slojeve**

Zaštitni sloj može biti ploča laganog betona, komad čvrste izolacije, komad debele plastike, bakrena folija ili kombinacija navedenog, što naravno ovisi o određenom dizajnu i funkcijama na krovnom vrtu.

4. **Drenažni sloj**

Koristi se sloj široko rasprostranjene gline ili valovita plastika. Minimalna debljina drenažnog sloja najčešće iznosi 2 cm, dok deblja folija može pridonijeti boljoj izolaciji i zaštiti od korijena.

5. **Filter tkanina**

Nalazi se između supstrata za sadnju i drenažnog sloja i ne samo da omogućava protjecanje vode i zaustavlja ispiranje supstrata, već i služi kao protukorijenska zaštita.

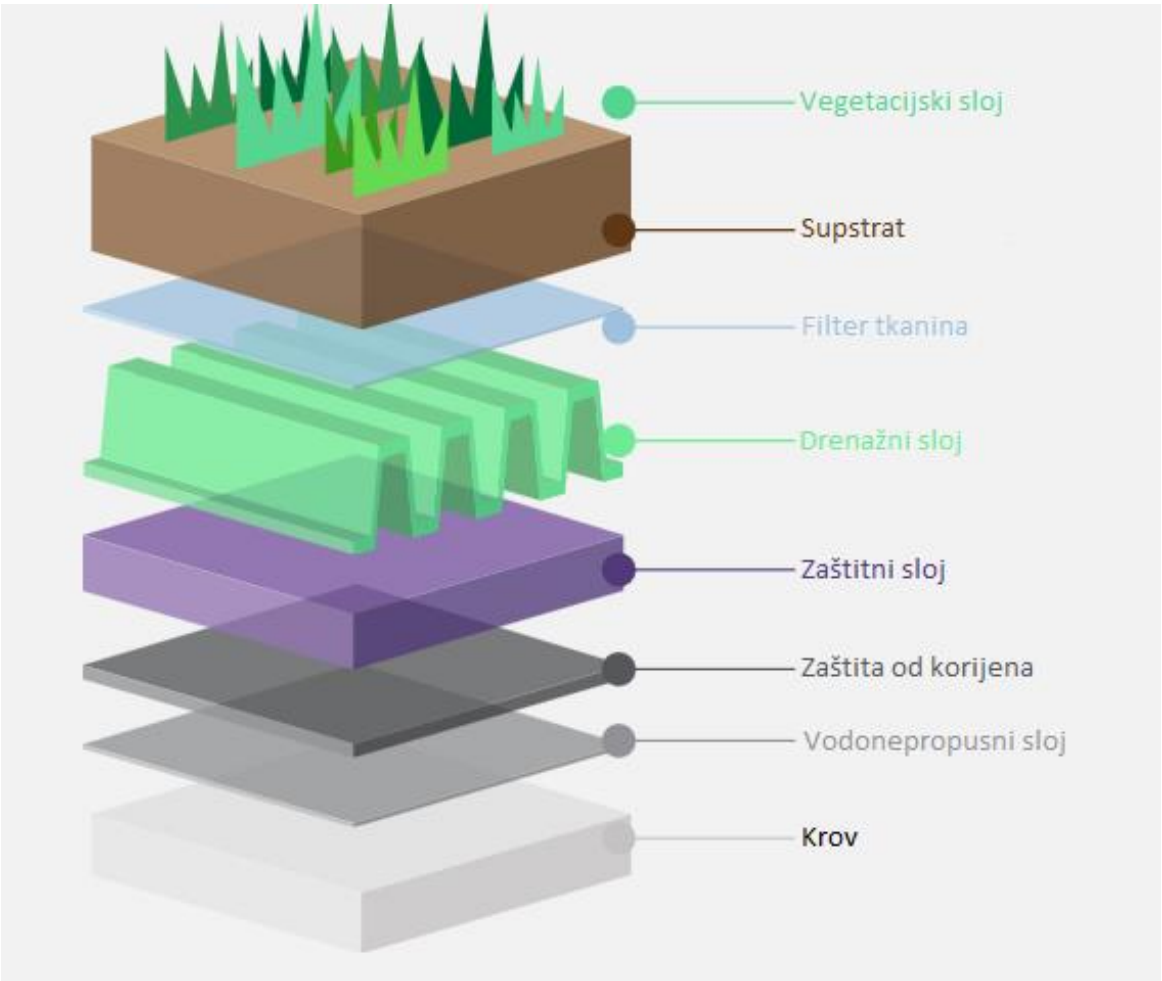
6. **Supstrat (za rast)**

Ovisno o klimatskim uvjetima i bilju koje će se saditi odabire se debljina i vrsta supstrat.

7. **Vegetacija**

Odabir vegetacije zahtjeva pažljivo promišljanje o prostoru, mikroklimi, supstratu i faktorima održavanja, a to se sve odražava na estetiku, funkcionalnost i konačan rezultat projekta.

Osim navedenih komponenti, krovni vrtovi mogu sadržavati: sustave za detekciju prodora vode, termalnu izolaciju, irigaciju (navodnjavanje) te čvrste krajobrazne elemente (urbana oprema).



Slika 6 Presjek krovnog vrta (Dovrak i suradnici, 2010)

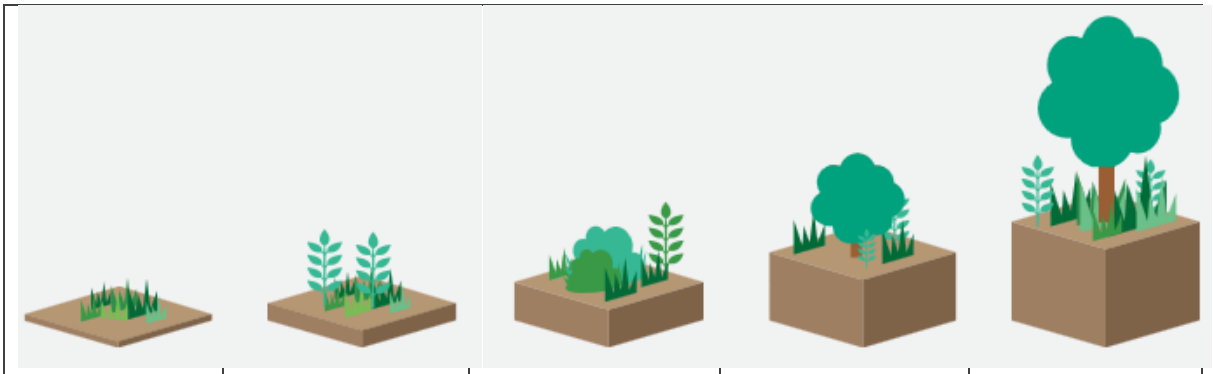
3.5.1. Odabir vegetacije

Vegetacija ima veliku ulogu u zadržavanju krova hladnijim i prijenosu sunčeve energije u atmosferu. U ljetno vrijeme, temperatura listova svih biljaka prosječno je niža za 5°C od okolne temperature. Dok u zimskim mjesecima vegetacija koja gubi lišće, omogućava sunčevim zrakama da zagrijavaju krov čime se smanjuje potrošnja energije u objektu. U nekim slučajevima, određene biljke bi trebale biti zabranjene na krovnim vrtovima zbog zdravstvenih razloga ali i zbog opasnosti od požara (Ampim i sur. 2003.). Odabir vegetacije ovisi o debljini supstrate i tipu vegetacije.

Debljini supstrata

Ovisi o jačini i veličini korijena biljke pa su tako debljine supstrata u rasponu od 5 cm do 15 cm. Niskorastući sukulentni saditi će se u supstrat od 5 do 15 cm, jednogodišnje i dvogodišnje biljke saditi će se u supstrat debljine 15 cm. Manji grmovi i travan sade se u supstrat debljine 25 cm, grmovi u supstrat debljine 50 cm, dok se manja stabla sade u dublji supstrat od 1 metra dubine (Tablica 2).

Tablica 2 Prikaz kako dubina supstrata na krovu ovisi o vrsti bilja koja će se koristiti (Izvor: http://agritech.tnau.ac.in)



Niskorastući sukulenti	**Jednogodišnje, dvogodišnje biljke, biljke nalik travi**	**Manji grmovi, travan**	**Grmovi do 2 m**	**Manja stabla**
Supstrat može biti dubine 5-15 cm	Supstrat dublji od 15 cm	Supstrat dublji od 25 cm	Supstrat dublji od 50 cm	Najbolji rezultati u supstratu dubljem od 1 m

Proučavajući tablicu iznad (Tablica 2) zaključujem da bi se ona mogla sagledati s dva ugla ovisno o tome gradi li se krovni vrt na već postojećem krovu ili se radi potpuno nova građevina u koju je već u idejnom rješenju ukomponiran krovni vrt. Sagledavajući te dvije stavke možemo zaključiti da dubina supstrata može ovisiti o odabiru bilja kao i da odabir bilja može ovisiti o

dubini supstrata. Kod projektiranja nove građevine debljini supstrata možemo prilagoditi statiku zgrade, odabir vegetacije, konstrukciju zgrade i sl. Na postojećim krovovima moramo se prilagoditi statici zgrade i težini koju ona može podnijeti. U tome slučaju odabiremo vegetaciju prema debljini supstrata koju ta zgrada može podnijeti.

Tip vegetacije

Biljne vrste koje se koriste za ozelenjavanje krovnih površina su one koje mogu uspijevati unatoč surovim uvjetima na krovovima. Koriste se određene vrste jednogodišnjeg i dvogodišnjeg bilja, geofita te trajnica, koje su ujedno i najzastupljenije uz grmlje i drveće (Morić i sur. 2007.). Najzastupljenijih vrsta u Hrvatskoj prikazane su u tablici (Tablica 3) u nastavku, a iz koje je vidljivo da su najzastupljenije trajnice, a najmanje zastupljeni su crnogorično grmlje i drveće te trske.

Tablica 3 Najzastupljenije bilje za krovne vrtove u Hrvatskoj (Morić i suradnici 2007)

Jednogodišnje biljne vrste	*Gypsophila muralis, Gypsphila elegans, Linaria maroccana, Linum grandiflorum var. Rubrum...*
Geofiti	*Allium carinatum, Allium flavum, Arium insubricum, allium antropurpureum, Alium moly...*
Trave	*Corynephorus canescens, Fastuca punctoria, Festuca vivipara, Melica ciliata,Briza media, Briza minorTreslica, Festuca scoparia ...*
Sukulenti	*Jovibarba sobolifera, Rosularia aizoon, Saxifraga paniculata, Sempervivella alba, Sempervivum tectorum, Sempervivum montanum...*
Trajnice	*Acaena inemis, Acaena microphylla, Acinos alpinus, Carlina acaulis, Carlina acanthifolia, Harniaria alpina, Mazus reptans, Centarium erythrea, Prunella grandiflora, ...*
Paprati	*Cheilanthes, Davallia canariensis...*
Bjelogorično grmlje i drveće	*Betula nana, Buddleja davidii, Cotoneaster dammeri, Cotoneaster horizontalis, Rosa multiflora, Rosa rugosa, Rosemarinus officinallis, Salix aposa, Sorbus reducta, Spiraea japonica...*
Crnogorično grmlje i drveće	*Juniperus procumbens, Juniperus horizontalis, Juniperus communis ssp. Alpina, Pinus mugo var. Pumilio, Pinus nigra 'Helga'...*

4. Vertikalni vrtovi i „zelena“ pročelja

Pregledom stručne literature u sljedećim poglavljima dati će se jasan uvid u povijesni razvoj, tipološku podjelu te tehnološka rješenja vertikalnih vrtova. Također, izdvojit će se ključni elementi i informacije koje se odnose na sličnosti krovnih i vertikalnih vrtova.

4.1. Povijest

Mistični viseći vrtovi Babilona su prvi zeleni vertikalni vrtovi napravljeni od strane čovjeka, nastali oko 600 god pr.Kr. za vrijeme vladavine kralja Nabukodonosora II. U današnje doba vode se brojne rasprave o postojanju takvih vrtova te o njihovoj lokaciji. Posljednjih godina povjesničari su skupili dovoljno dokaza kako su poznati vrtovi izgrađeni 300 milja sjeverno od grada Nineveha, a izgradio ih je Sirijski vladar Sennacherib (Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design September, 2008.).

Babilonski vrtovi jednako tako se smatraju i prvim krovnim vrtovima. S obzirom da su objekti građeni u obliku stepeničaste piramide, na vertikalnoj plohi koja prelazi u horizontalnu i obrnuto, nalazio se biljni materijal koji se ovisno o vrsti zasigurno spušta po zidovima i izdizao na terasama. Babilonskih vrtova jedan su od češćih prikaza i inspiracije brojnim umjetnicima.

Zelene fasade bile su vrlo važne u „pokretu umjetnosti, obrtništva i modernog stila“ u Europi. Na primjer, početkom 20. stoljeća pokret "Jugendstil" koristio je biljke penjačice (*Parthenocissus tricuspidata*) na zgradama kako bi se napravio nevidljivi prijelaz između kuće i vrta. U Engleskoj je pokret “Garden City“ pokazao velike primjere zelenih fasada. William Robinson i Gertrude Jekyll osmislili su vanjske vegetacijske stijene koje se koriste kao pozadina i granica u vrtovima te i dalje su takvi primjeri vidljivi u Griftparku (Ultrecht, Nizozemska). Korištenje biljaka penjačica smanjilo se u 30-ima godinama prošlog stoljeća zbog novih tehnika gradnje i zabrinutosti ljudi oko mogućih posljedica na stabilnost zidova. Patrick Blanc, francuski botaničar, smatra se prvim dizajnerom „modernog“ zelenog zida s inertnim medijem i brojnim egzotičnim vrstama (Land8: Landscape Architects Network). Stvarni izumitelj vertikalnih vrtova je Stanley Hart White, profesor krajobrazne arhitekture na Sveučilištu Illinois u Urbana-Champaign, koji je patentirao sistem vertikalnih vrtova 1938. godine (Living walls and Vertical Gardens - Living Art)

4.2. Uloge i prednosti vertikalnih vrtova

Provedena su bojna istraživanja o ulogama i prednostima vertikalnih vrtova, stoga će u nastavku biti prikazana istraživanja koja najbolje opisuju navedeno. Eksperimentalne studije o vertikalnim vrtovima i fasadama usmjerene su na beneficije koje proizlaze iz zasjene i rashlađivanja.

Studija provedena u Torintu 2005. godine, predvidjela je da bi instalacijom krovnih vrtova na niske objekte s ravnim ili blago nagnutim krovom doprinijela smanjenju toplinskog otoka (eng.*heat islands)* te lokalno smanjila temperaturu za 0.5 – 2 ^{0}C. Izračunato je da bi vlasnici domova i tvrtki u Torontu uštedom energije, uštedjeli godišnje 21 milijun kanadskih dolara (Banting i sur. 2005.). Efektu toplinskog otoka doprinose sve antropogene površine (prometne i pješačke površine, objekti i sl.) u urbanim sredinama, stoga je vegetacija (u bilo kojem obliku) vrlo važna u takvim područjima.

Pérez i sur. (2011.) navode da postoji širok spektar faktora koji utječu na to koliko sjene nude vertikalni vrt i fasada (uključujući tip podupiruće strukture, orijentaciji fasade te vrsti vegetacije – listopadno ili zimzeleno) iz toga proizlazi da smanjenje temperature zida često iznose od 5^{o}C do 10^{o}C (Tablica 4).

Tablica 4 Efekt vertikalnog vrta na termalna svojstva objekta (Izvor: Pérez i suradnici, 2011.)

Mjerena svojstva	**Rezultat**	**Efekt vertikalnog vrta**
Temperaturna razlika ispred i iza fasade	1.4^{o}C hladnije ljeti 3.8^{o}C toplije zimi	List apsorpcijom svjetlosne i toplinske energije snižava temperaturu fasade
Temperaturna razlika između golog zida i zida prekrivenog vegetacijom (ljeti)	Prosječna temperatura golog zida viša je za 5.5^{o}C Maksimalna temperatura je 15.2^{o}C viša	Veća prekrivenost vertikalnim vrtom pridonosi zasjenjivanju i sprječava dotok topline
Relativna razlika vlažnosti ispred i iza fasade	7% viša ljeti 8% niža zimi	Evapotranspiracija iz lista povećava vlagu (i rashlađuje) ljeti

Studija provedena od strane CSIRO i Nursery and Golden Industry of Australia, istraživala je kakav bi efekt izazvalo povećanje vegetacijskog pokrova u poslovnom centru (CBD) Melburna u vrijeme maksimalnih prosječnih ljetnih temperatura, od prosinca do veljače. Daljinskim istraživanjem provedenim u ljeto 2009. godine, pokazalo je kako je dnevna temperatura zemljane podloge zbog vegetacije značajno umanjena. Nakon toga korišten je model urbane klime kako bi se predvidjele promijene temperature korištenjem različitih vegetacijskih shema

za godinu 2009. godinu te projiciranu buduću klimu za 2050. i 2090. godine. Povećanjem urbane vegetacije i primjenom krovnih vrtova visoke ljetne temperature značajno bi se smanjile, kao što bi se smanjile i potrebe za potrošnjom energije (Chen i sur. 2013.).

4.3. Tipologija vertikalnih vrtova

Prema Jain i Janakiram (2016.) postoje dvije kategorije vertikalnih vrtova:

1. **Zelene fasade - sustav s posudama/rešetkama**

Ovaj sustav je poznatiji pod nazivom zelene fasade, a odnosi se na lozu i penjačice koje rastu iz tla ili u većim posudama uz objekt i podupire ih sam zid ili potporna mreža (Slika 7). Penjačice koje se penju po zidu su zapravo tradicionalna i vrlo česta metoda vertikalnih vrtova. Ali ova je metoda vrlo dugotrajna, tj. dug je vremenski period potreban da biljka zazeleni čitav zid. Ponekad se u svrhu ubrzavanja procesa prekrivanja površine, sade biljke u posudama koje su na višim dijelovima bile fiksirane uz pomoć rešetke ili drugih potpornih sistema.



Slika 7 1. Zelena fasada (Izvor: http://wallpapercraze.com/wallpaper/Ivy-Crawling-Building/)

2. Živi zidovi - sustav modularnih panela

Modularni sustav ili „živi zidovi“ sastoji se od unaprijed zasađenih panela, modula koji sadrže medij za rast bilja, a koji su vertikalno postavljeni izravno na zid ili na strukturu. Modularni tip je suvremeniji koncept vertikalnih vrtova, u odnosu na prethodni tip. On zahtjeva malo više pažnje prilikom oblikovanja i planiranja (Slika 8).



Slika 8 Sustav modularnih panela (»živi zid«) u interijeru (Izvor: www.ambius.com)

4.4. Elementi vertikalnog vrta

Planiranje uključuje adekvatnu lokaciju, lokalnu klimu, raspoloživost biljnog materijala, postavljanje potpornih struktura, uključujući potrebne pripreme za integrirano navodnjavanje i td. Vertikalni vrt može se graditi praktički na bilo kojem mjestu, a ključ uspjeha je odabir odgovarajuće biljne vrste za predmetnu lokaciju (Jain i Janakiram, 2016.)

Zeleni zid se sastoji od:

- **biljnog materijala:** selekcija biljaka specifična je za određenu lokaciju, a lokacija je determinirana izvorom svjetla, lokacijom, veličinom rasta, teksturom i dr.
- **supstrat**: medij za bilje koji će omogućavati rast i zakorijenjivanje na vertikalnoj površini. Može biti u obliku organskih tvari, kao što su tlo ili anorganske poput plastike i sintetičkih vlakana
- **sustav za navodnjavanje**: za opskrbu biljaka vodom i hranjivim tvarima za pravilan rast
- **vodonepropusna membrana**: za zaštitu fasade od vlage

- **strukturna potpora**: za podupiranje, prebacivanje strukturnog opterećenja vertikalnog vrta na fasadu
- **rasvjeta**: opskrbljivanje biljaka s dovoljno osvjetljenja za poticanje fotosinteze i poticanje prirodnog rasta. Rasvjeta može biti osigurana od strane prirodnih izvora (Sunce) ili umjetnih (halogena i LED rasvjeta).

4.4.1. Tehnološka rješenja

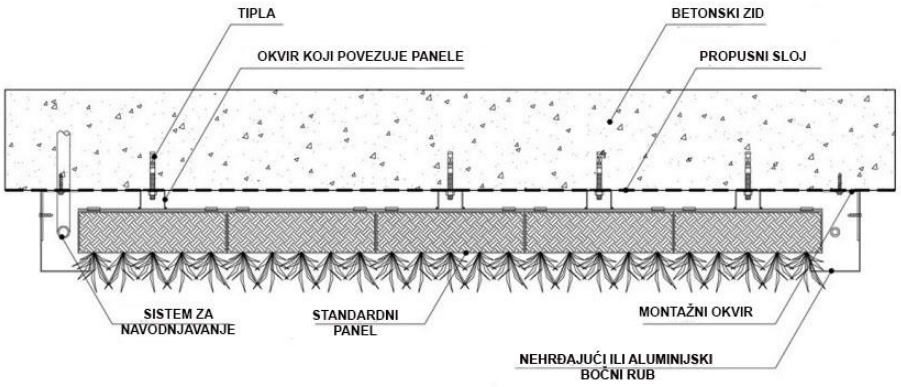
Budući na povećani interes i prostornih dizajnera i samih klijenata za vertikalne vrtove pojavio se veći broj tehnoloških rješenja. Kmieć (2014.) je proizašla s usmjerenijom podjelom u odnosu na prethodno navedenu klasifikaciju, a ona obuhvaća:

1. Fasade s (biljkama) penjačicama zasađenih u tlo

Penjačice karakterizira tanka i brzorastuća stabljika, kojoj vitica služi za prianjanje zbog nestabilne strukture. Penjačice su koristili i drevni Grci, a kasnije i Rimljani, na pergolama radi dobivanja hlada. Padom Rimskoga carstva trend korištenja penjačica i vertikalnih vrtova za ispunjavanje funkcionalne i estetske svrhe polako se gubio sve do pojave Renesanse, pa kasnije i Baroka, dok su sam procvat doživjeli u poslijeratnom razdoblju 20. stoljeća. Osim balkona, pergole su predstavljale najčešći izbor konstrukcije za biljke penjačice. U novije vrijeme počele su se raditi konstrukcije za podupiranje penjačica koje se sastoje od rešetki ili mreža, za manje penjačice, te čvrste metalne konstrukcije za veće penjačice. Bilje je moguće zasaditi u posude za cvijeće ili u zemlju, s time da je sađenje u zemlju bolja opcija jer je korijen manje izložen mrazu.

2. Modularni sistemi

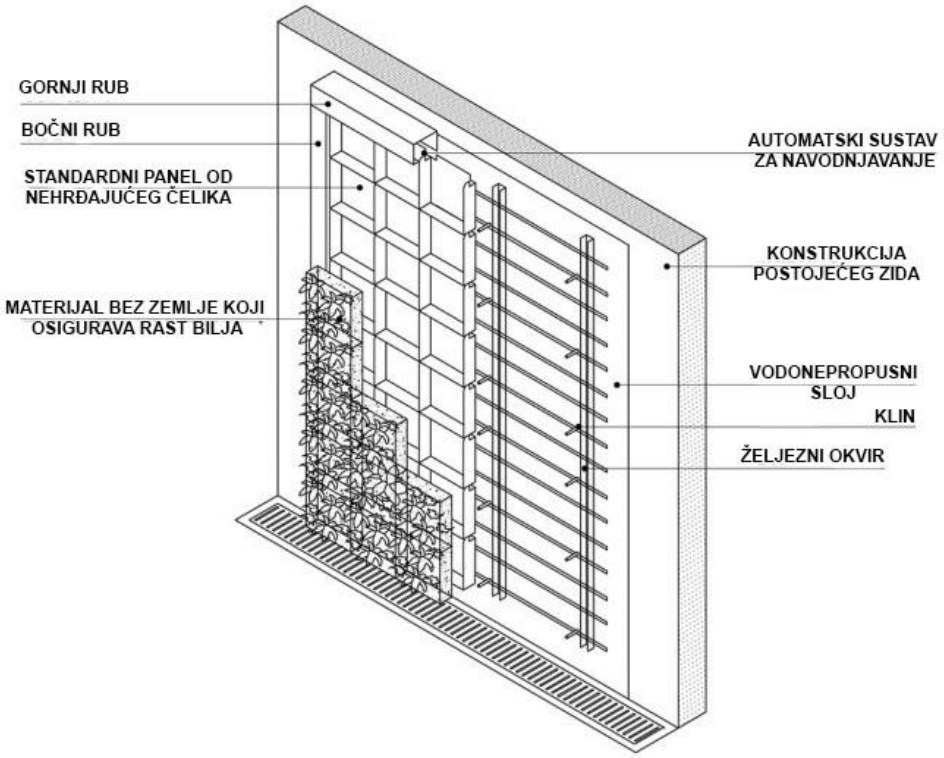
Modularni se sistemi mogu aplicirati na svaku površinu i u bilo kojoj klimatskoj zoni. Vrlo su otporni na jake vjetrove i kišu. Na slikama (Slika 9 i Slika 10) u nastavku prikazani su konstruktivni elementi ovih sistema.



Slika 9 Horizontalni presjek modularnog sistema (Izvor: http://gsky.com/green-walls/pro/)

Ovaj se sistem sastoji od pet osnovnih dijelova:

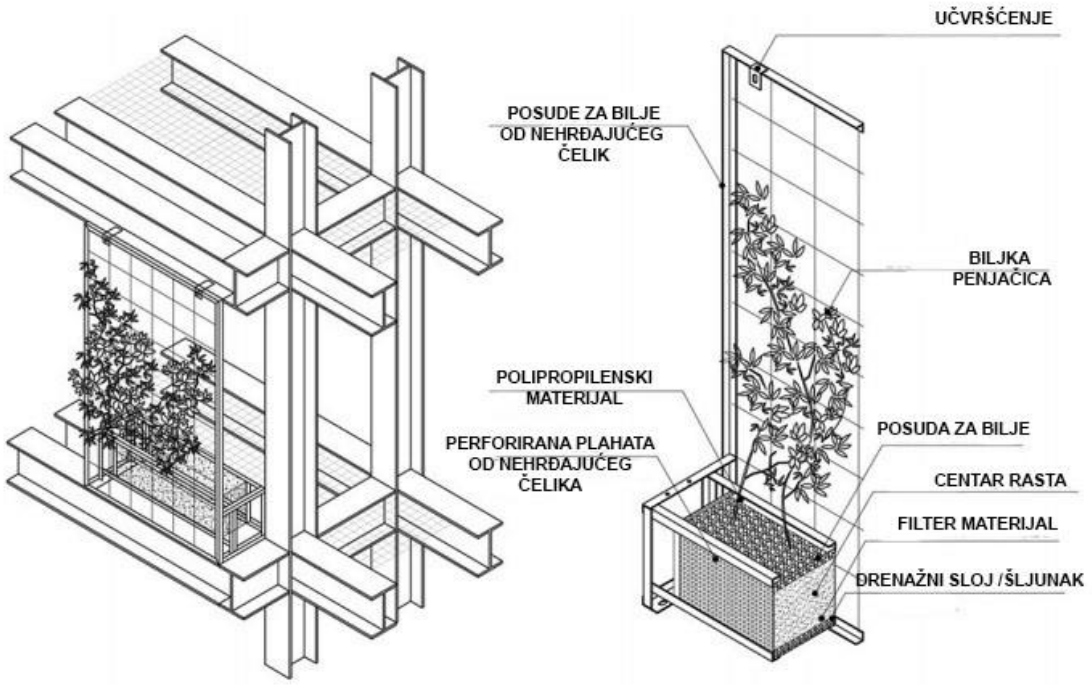
- panel izrađen od nehrđajućeg čelika
- nezemljani materijal potreban za biljni rast
- biljni materijal posebno kultiviran i otporan na atmosferske utjecaje
- programirani sustav navodnjavanja sa senzorima vlage i temperature
- zidni okvir (izrađen od nehrđajućeg čelika ili drva)



Slika 10 Primjer modularnog vertikalnog vrta (Izvor: http://gsky.com/green-walls/pro/)

3. **Vertikalni vrtovi (sađeni u posude)**

Kod ovog primjera poseban sustav konstruiran je uz zidove i pričvršćen je na građevinsku konstrukciju. Cvjetni lonci postavljeni su na ovaj sustav i pričvršćeni su šipkama. Ovaj sustav obično koristi kombinaciju šipki i greda od nehrđajućeg čelika i može biti na maloj ili velikoj udaljenosti od zgrade, a udaljenost ovisi o potrebama za održavanjem i očuvanja rasta biljaka. U ovom slučaju, automatski sustav za navodnjavanje osigurava dobar rast biljaka. Voda se transportira u cvjetne lonce kroz male cijevi izrađene od plastike. Dodatni grijaći kablovi su opremljeni sa senzorima temperature koji sprečavaju zamrzavanje biljaka. Slika (Slika 11) u nastavku prikazuje primjer konstrukcije ovog tipa vertikalnih vrtova postavljenih na metalne grede.

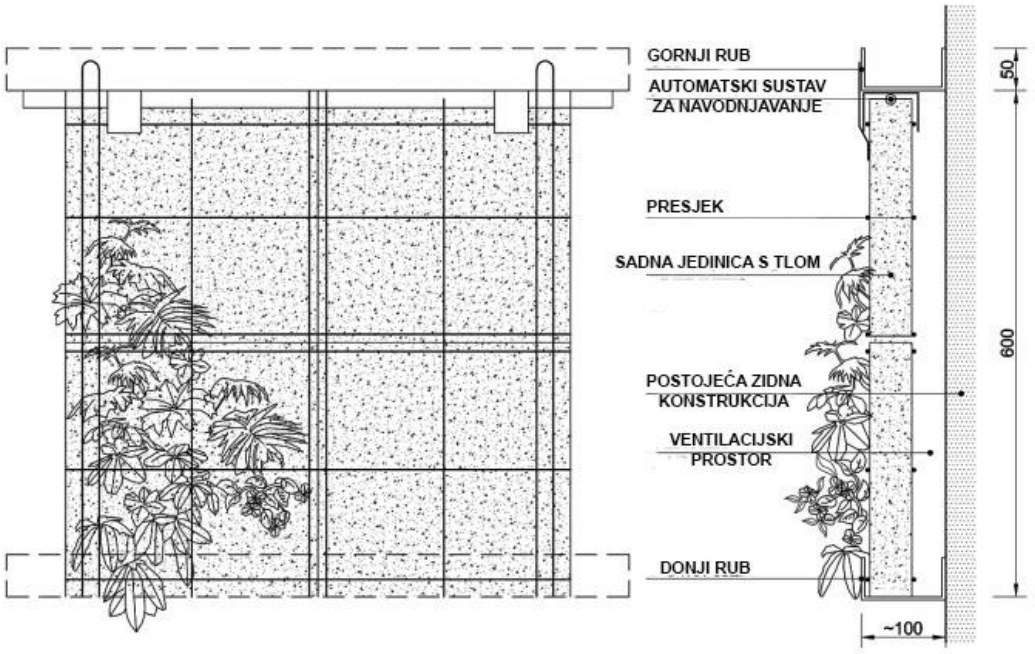


Slika 11 Rješenje bazirano na rasteru od metalnih greda (Izvor: http://gsky.com/green-walls/basic/)

4. „Živi zidovi“

„Živi zidovi“ su naprednija tehnologija u kojoj se sposobnost zakorijenjivanja biljke koristi za uzgoj biljaka na ravnim površinama. To se može učiniti na različite načine. Biljke su posađene u posebne posude i pripremljene su za određene klimatske uvijete i pristup svjetlu. Prilikom rasta biljke se ukorjenjuju u umetke slične vrtnoj pjeni, koji se kasnije smještaju u noseće okvire postavljene na zidnu konstrukciju. Na ovakve sustave moguće je ugraditi sustav

navodnjavanja i grijaće kablove. Ovaj je sustav, zbog svoje lagane konstrukcije i zbog mogućnosti da se cijela površina prekrije zelenilom, vrlo fleksibilan i primjenjiv. Primjer "živog zida" je Parabienta Living Wall System. Sustav je dizajniran od strane japanske tvrtke Shimizu Corporation (Slika 12). Rješenje kombinira zasađene jedinice nalik ploči za oblikovanje zida. Kultivirano tlo čini osnovu koja je fiksirana na montažnim tračnicama. Jedinice su dodatno ojačane okomito. Ovisno o uvjetima koje zahtjeva, razne se biljne vrste mogu saditi na ovom tipu konstrukcije. Jedinice za sadnju mogu se lako pomicati ili izmjenjivati tijekom njegove izgradnje ili održavanja.

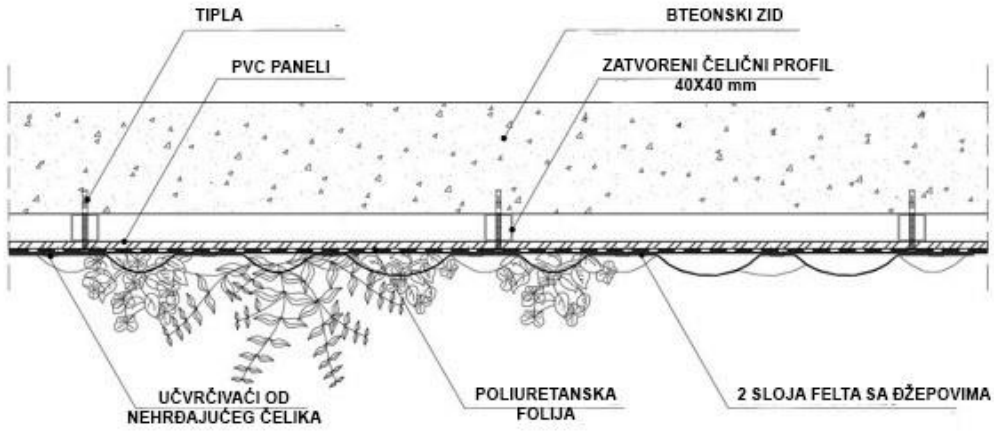


Slika 12 Zidni sistem Shimizu korporacije (Izvor: www.shimz.co.jp/en/

5. Tehnologija Patricka Blanca

Na temelju dugogodišnjih studija i brojnih putovanja tropskim prašumama, Patrick Blanc opisao je najjednostavnije rješenje u svom patentu pod nazivom „Smjernice za uzgoj bilja na vertikalnim površinama". U ovom dokumentu, on je predstavio strukturu koja se sastoji od vertikalne površine prekrivene filcom, koja je zamjena za tlo i zadržava vodu. Cijela se struktura sastoji od okvira te od vertikalne PVC ploče dodatno prekrivene polipropilenskom folijom. Struktura posjeduje automatski sustav navodnjavanja reguliran senzorom vlage. Ovaj princip omogućava koegzistiranje bilja, tim više što filc omogućuje ravnomjernu distribuciju vode i nutrijenata.

Za svaki projekt Blanc primjenjuje nekoliko kriterija za raspored i odabir biljnih vrsta. Najbitniji kriteriju su mu geografski položaj i smjer svjetlosti kojem je krovni vrt izložen. Temperatura i vlaga su također bitni faktori pri odabiru. Kod vanjskih vertikalnih vrtova Blanc nastoji imitirati slojevitost bilja kao na planinama, što znači da su na vrhu biljke koje bolje podnose vjetar i visoke temperature.



Slika 13 Patrick Blancovo rješenje vertikalnog vrta (P.Blanc: V The Vertical Garden. From Nature to the City)

4.4.2. Biljni materijal

Odabir biljaka treba se temeljiti na lokalnim klimatskim uvjetima. Također, biljke moraju imati kompaktan rast i habitat, plitki vlaknasti korijenski sustav te dug životni vijek. Najčešće korištene biljke, prema Ritu Jain (2016) u vertikalnom vrtu mogu se podijeliti u 4 skupine s određenim biljnim vrstama koje su prikazane u tablici niže (Tablica 5).

Tablica 5 Popis najčešće korištene biljne vrsta u vertikalnom vrtu prema Ritu Jain (2016)

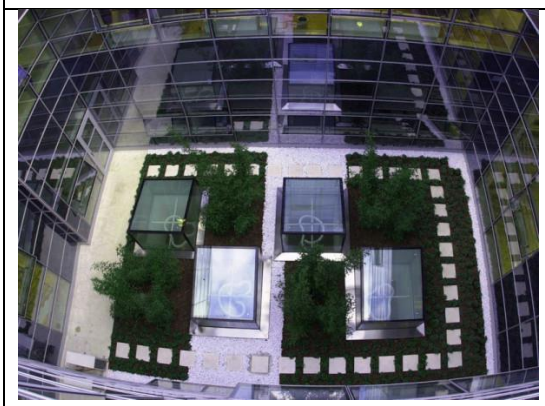
Zelene fasade	*Hedera helix, Parthenocissus spp, Hydrangea petiolaris, Polygonum bauldschianicum, Lonicera spp. Clematis spp. Aristolochia spp. Jasminum officinale, Passiflora caerulea* i td.
Živi zid	*Dracaena, Phalaenopsis spp, Asparagus sprengeri, Kalanchoe, Cordyline spp.Chlorophytum spp., Haworthia spp., Tradescantia sp, Fittonia spp, Nephrolepsis, Clematis, Gardenia spp., Asplenium nidus, Maranta spp., Cotoneaster, Euonymus fortune, Hedera, Hydrangea, Lonicera, Parthenocissus, Polygonum, Pyracantha, Selaginella, Wisteria, Petunia, Nasturtiums, Bromeliads* itd.
Vanjski zid	*Lavendula, Thymus, Rosmarinus ili Salvia za jako osunčana svjetla, dok npr. Begonia, Arum, Davallia, Asplenium, i Fuchsia* odgovaraju zasjenjenim prostorima.
Unutarnji zid	*Philodendron, Epipremnum, Aeschynanthus, Columnea, Saintpaulia, Begonia* ili razne vrste paparati kao što su *Nephrolepis* i *Peperomia.*

5. Primjeri krovnih i vertikalni vrtova

U nastavku biti će prikazani po jedan primjer krovnog i vertikalnog vrta iz Hrvatske te po jedan primjer krovnog i vertikalnog vrta iz svijeta.

5.1. Primjeri krovnih vrtova

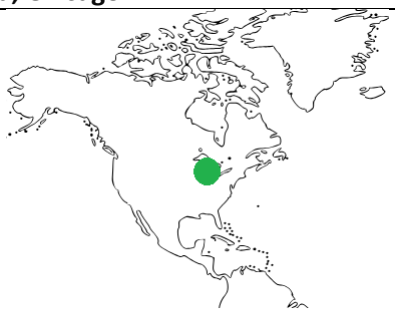
5.1.1. Ekstenzivan vrt

<table>
<tr><td colspan="2">Primjer iz Hrvatske</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zgrada HAK-a</td></tr>
<tr><td>Investitor: HAK d.o.o.
Lokacija: Zagreb, Hrvatska
Trajanje izvedbe: 2002.
Obuhvat: 565 m²
Info: Krajobrazni projekt i izvedba okoliša poslovne zgrade HAK-a ukupne zelene površine 1.015 m². Zelene površine se sastoje od 500 m² ekstenzivnog krova, 65 m² atrija</td><td>
Karta lokacije</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fotografije vrta (Izvor: https://www.dionaea.hr/krovni-vrtovi/#ovrtovima)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Atrijski krovni vrt</td><td>Ekstenzivan krovni vrt</td></tr>
</table>

- Kratak opis[1]:

Dionea vrtovi su 2002.godine projektirali i izveli dva krovna vrta na površini od 565 m². Zelene se površine sastoje od 500 m² ekstenzivnog vrta na najvišoj koti zgrade te atrijskog krovnog

vrta. Ekstenzivni vrt na krovu zgrade sastoji se od plohe prekrivene kombinacijom seduma crvenih i zelenih nijansi. Dok u atriju nailazimo na drugačiji pristup. Pravilnost i jednostavnost linija omekšavaju grmovi bambusa. Simetrija je dodatno naglašena rubno postavljenim stazama (eng, *stepping stones*). Ekstenzivan vrt na vrhu zgrade ne posjeduje boravišnu funkciju, pa samim time izostaje većina krajobraznih elemenata. Dok atrijski vrt posjeduje potencijal intenzivnog korištenja, ali uglavnom se u prvom planu pojavljuje estetska funkcija.

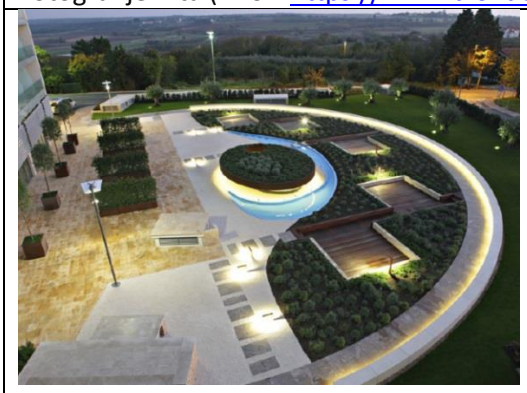
<table>
<tr><td colspan="2"><u>Primjer iz svijeta</u></td></tr>
<tr><td colspan="2">Daniel F. i Ada L.Rice Znanstveni centar za zaštitu bilja, Chicago</td></tr>
<tr><td>Investitor: Daniel F. i Ada L.Rice Znanstveni centar za zaštitu bilja
Lokacija: Chicago, SAD
Trajanje izvedbe: 2009.
Obuhvat: 1,500 m²
Info: Projekt obuhvaća dvije particije ekstenzivnog krovnog vrta, koji se koristi u obrazovne svrhe</td><td>
Karta lokacije</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fotografije vrta (Izvor: https://www.architecturaldigest.com/gallery/green-roof-living-roof-designs/all)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Pogled na krovu</td><td>Panoramski pogled</td></tr>
</table>

- Kratak opis[2]:

Znanstveni centar oblikovao je Booth Hansen, a završen je 2009.godine. Daniel F. i Ada L. Rice Znanstveni centar za zaštitu bilja, nalazi se u sklopu botaničkog vrta u Chicagu i prostire se na približno 1,500 m² krovnog prostora. Podijeljen je u dva djela, jedan je dio zasađen autohtonim biljem, dok se drugi sastoji od varijeteta koji su najčešći izbor kod krovnih vrtova. Ova se dva djela koriste za provođenje opsežnih istraživanja o tome kako određene biljke podnose krovne uvjete.

[2] Brojčani podaci preuzeti su sa www.architecturaldigest.com

5.1.1. Intenzivan vrt

<table>
<tr><td colspan="2">Primjer iz Hrvatske</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kempinski Hotel Adriatic</td></tr>
<tr><td>Investitor: Skiper hoteli d.d.
Lokacija: Alberi, Savudrija, Hrvatska
Trajanje izvedbe: 2008 – 2009.
Obuhvat: 5.000 m²
Info: Krajobrazni projekt i izvedba uključuju zelene površine koje su ujedno intenzivni krovni vrtovi hotela iznad garaža</td><td>
Karta lokacije</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fotografije vrta (Izvor: https://www.dionaea.hr/krovni-vrtovi/#ovrtovima)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Intenzivni krovni vrt hotela Kempinski</td><td></td></tr>
</table>

- Kratak opis:

Hotel Kempinski smješten je na sjeverozapadnoj strani hrvatske obale, u blizini mora, što znači da se u projektu moralo obratiti pozornost na ekstremnije uvjete (bura i posolica). Ovaj intenzivan krovni vrt uključuje zelene površine koje su smještene iznad garaža (Dionea, 2009). Karakterizira ga uglavnom geometrijsko simetrično oblikovanje u obliku polukruga sa kvadratnim prostorima za neformalno sjedenje. Vegetacija je uglavnom mediteranska, a navodi se podatak da je prilikom sadnje iskorišteno preko 20,000 sadnica. Putevi i staze kvalitetno pokrivaju prostor što omogućava cirkularnu šetnju čitavim prostorom. Posebnu atraktivnost prostora podiže centralno smješten vodeni element, koji je predstavlja fokusnu točku.

Primjer iz svijeta

Toni Areal – Pixel park

Investitor: Allreal Generalunternehmung

Lokacija: Cirih, Švicarska

Trajanje izvedbe: 2000. – 2014.

Obuhvat: 2,600 m²

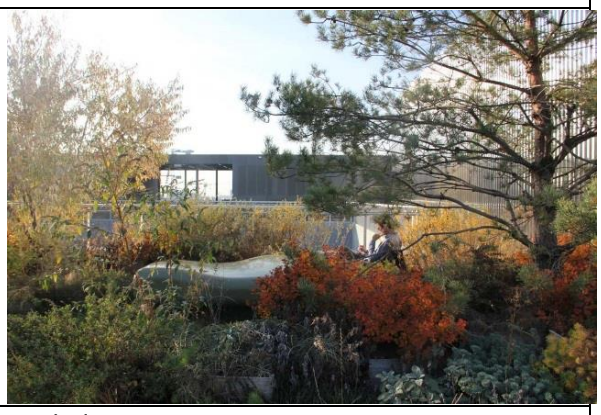


Karta lokacije

- Fotografije vrta (Izvor: http://www.landezine.com/index.php/2016/03/toni-areal-pixel-park-by-studio-vulkan/)



Pogled s ptičje perspektive



Pogled na terenu

- Kratak opis[3]:

Ovaj intenzivan krovni vrt nalazi se na visini od 30m i dio je Umjetničke akademije. Krovni prostor namijenjen je studentima, a karakterizira ga pikselizirani uzorak koji je dobiven sadnjom biljnog materijala u drvene kutije. Na taj se način dobio se surov prostor koji odaje dojam nedovršenosti. Prema navodima autora, ovo je paradoksalan vrt jer je u trenu bio dovršen i u odnosu na parkove, nije morao prolaziti kroz dugu fazu sazrijevanja. Filozofija ovoga vrta ne bazira se na rastu i sazrijevanju biljnog materijala, već se bazira na truljenju. Truljenju drvenih kutija u koje su zasađeni drveće, grmlje i drugi biljni materijal, kako bi se formirao novi krajobraz i dobilo na prirodnosti čitavog prostora.

[3] www.landezine.com

5.2. Primjeri vertikalnih vrtova

5.2.1. Zelene fasade

Primjer iz Hrvatske	
Arkade (Groblje Mirogoj)	
	 *Karta lokacije*
Pogled na glavni ulaz (Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Mirogoj)	

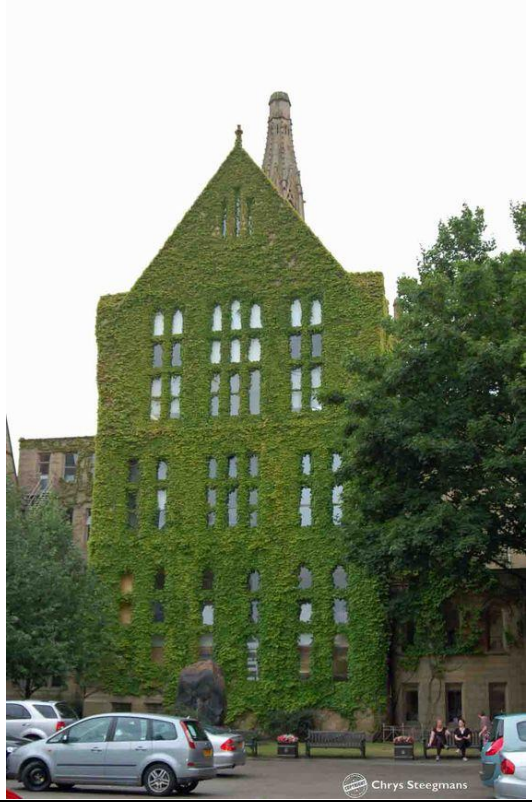
- Kratak opis[4]:

Mirogoj je središnje zagrebačko groblje, utemeljeno 1876. godine. Smješteno je na obroncima Medvednice i smatra se jednim od najljepših groblja u Europi. Zbog svoje ljepote, Mirogoj se može smatrati i parkom i umjetničkom galerijom na otvorenom. No ono što Mirogoj najviše ističe je njegov monumentalni ulaz koji se sastoji od arkada obraslih penjačicama. Gotovo je cijela fasada obrasla penjačicama i čini poseban kontrast i pridodaje dramatičnosti i uzvišenosti prostora.

[4] Brojčani podaci preuzeti su sa hr.wikipedia.org

Primjer iz svijeta

Fakultet u Manchesteru





Karta lokacije

Zelena fasada fakulteta (Izvor: https://www.pinterest.com/pin/551339179363089872/)

- Kratak opis:

Ovaj primjer vertikalnog vrta uobičajena je i česta pojava, kada govorimo o ovom tipu vrta, jer cijela je fasada obrasla penjačicama. Zelene fasade pioniri su daljnjeg razvoja vertikalnih vrtova, i kao takvi gotovo se i ne razlikuju od vrtova u ostalim dijelovima svijeta.

5.2.2. Živi zidovi

5.2.2.1. Unutarnji živi zid

<table>
<tr><td colspan="2">Primjer iz Hrvatske</td></tr>
<tr><td colspan="2">Green Gold Zagreb</td></tr>
<tr><td>Investitor: Green Gold Zagreb

Lokacija: Zagreb, Hrvatska

Trajanje izvedbe: 2011. godina</td><td>
Karta lokacije</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fotografije (Izvor: http://www.herbafarm-magnolija.hr/index.php)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

- Kratak opis

Vertikalni vrt u Green Goldu nalazi se na samom ulazu u zgradu, uz recepciju. Budući da je riječ o unutarnjem vrti sama vegetacija je prilagođena mikroklimi unutarnjeg prostora. Prevladava uglavnom zelena nijansa, a sama instalacija uvelike pridonosi podizanju vizualne kvalitete prostora. Ovaj konkretan primjer rađen je na bazi unaprijed pripremljenih modula koji se montiraju na, u većini slučajeva, metalnu konstrukciju ili izravno na zid.

Primjer iz svijeta	
La Jolla Village Square (Trgovački centar)	
Investitor: La Jolla Village Square *Lokacija:* San Diego *Tip objekta:* trgovački centar *Trajanje izvedbe:* 2016. *Pristup:* otvoreno javnosti *Instalacija i dizajn vertikalnog vrta:* Ambius	 *Karta lokacije*
Fotografije (Izvor: https://www.ambius.com/la-jolla-village-square/)	
	

- Kratak opis:

La Jolla trgovački centar smješten je u obalnom području u elitnom djelu San Diega. Tvrtka Ambius dugi je niz godina radila na održavanju i uređenju unutarnjeg prostora pa je tako pristupila i izradi vertikalnog vrta koji je služio kao vizualna fokusna točka. Da bi to postigli, Ambius je po cijelom središnjem prostoru centra na zidnu površinu instalirao niz vertikalnih vrtova raznih veličina i različite pozicioniranosti, ne bi li unio dašak prozračnosti i suvremenosti.

5.2.2.2. Vanjski živi zid

Primjer iz svijeta

Caixa Forum Muzej - muzej suvremene umjetnosti

Investitor: Caixa Fundacija

Lokacija: Madrid, Španjolska

Tip objekta: Muzej

Trajanje izvedbe: 2007.

Površina: 600 m²

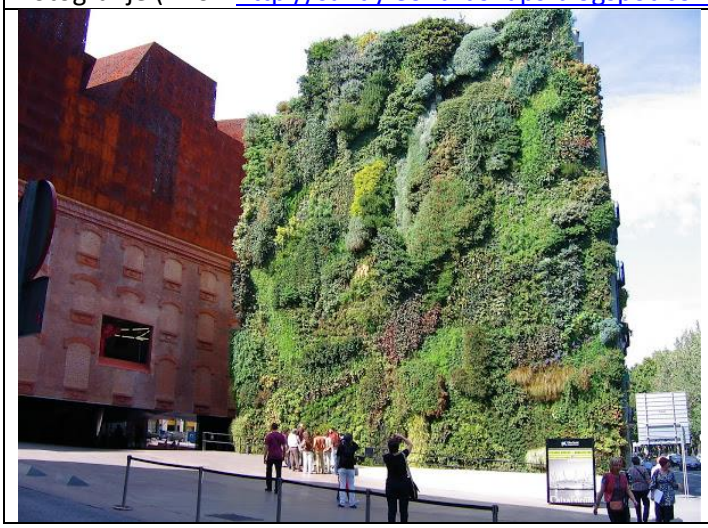
Pristup: otvoreno javnosti

Instalacija i dizajn vertikalnog vrta: Patrick Blanc



Karta lokacije

Fotografije (Izvor: http://sandyleonardsnaps.blogspot.com/2011/11/madrid-october-2009.html)





- Kratak opis[5]:

Ovaj se vertikalni vrt nalazi u samom centru Madrida i djelo je Patricka Blanca. Ova je instalacija potpuno otvorena javnosti i moguć je izravni kontakt sa biljnim materijalom koji broji više od 15,000 biljnih jedinki i sadržava oko 300 različitih biljnih vrsta. Biljni materijal pomno je biran od strane kreatora, ne bi li se što bolje prilagodio klimatskim promjenama koje prati izmjena godišnjih doba. Vizualno vrlo atraktivna instalacija s vremenom je doživjela neke promjene radi izmjene biljnog materijala, nastalih kao rezultat održavanja. Cijela konstrukcija odmaknuta je od zida kako bi se spriječila pojava vlage unutar objekta, i kako bi se olakšalo održavanje vertikalnog vrta.

[5] Brojčani podaci preuzeti su sa www.greenroofs.com

5. Rasprava

Kroz primjere oblikovanja, koristeći smjernice iz literature i svijeta, intenzivnijom primjenom krovnih i vertikalnih vrtova moguće je u potpunosti promijeniti sliku urbanog prostora na bolje. Nekontroliranim i neplanskim razvojem gradova, malo se brige vodilo o otvorenim prostorima, stoga se potreba za Zelenim oazama pokazala kao ključni faktor urbanog života

- Nemogućnost horizontalnog širenja u razini tla dovelo je do toga da se traže druga rješenja koja će imati jednak ili sličan utjecaj kao i „klasične“ parkovne i dr. otvorene površine. U ovom su se segmentu krovni i vertikalni vrtovi pokazali kao odlično rješenje što dokazuje niz beneficija koje su primjenjive na oba vrta a tiču se:
    - Očuvanja energije – ovi tipovi vrta djeluju kao izolacijski materijal, i na temelju toga pridonose stabilnosti temperature, i unutar i van, objekta, ali pridonose i smanjenju potrošnje energije
    - Poboljšanje kvalitete zraka - biljni materijal na sebe skuplja prašinu i plinove te djeluje kao bio-filter
    - Poboljšanje kvalitete oborinskih voda te kontrola njihovog oticanja – usporava oticanje vode i na taj način rasterećuje kanalizacijsku mrežu
    - Zdravstvenih beneficija – psihičkog zdravlja, smanjenju stresa
    - Bioraznolikosti i dr.

- Determiniranjem tipova krovnih i vertikalnih vrtova dobilo se saznanja o njihovim tehnološkim karakteristikama i primjenjivosti, s obzirom na specifičnost zahvata.
- Kod krovnih vrtova tako razlikujemo intenzivne i ekstenzivne kojima je primarna razlika boravišni faktor. Intenzivni su vrtovi kompleksniji i sadrže više elemenata. Ekstenzivne krovne vrtove zbog nekih ograničavajućih faktora karakterizira jednostavnost u svakom smislu riječi.

  Na temelju primjera iz zemlje i svijeta, uočljiva je šira primjena i raznovrsnost sadržaja koje krovni vrtovi u svijetu pružaju. Primjer ekstenzivnog vrta na zgradi Hrvatskog Auto kluba (HAK-a) ima usko definiranu funkcionalnost, dok smo na primjeru Znanstvenog

centra za zaštitu bilja iz Chicaga mogli uočiti da taj krovni vrt nema samo osnovne funkcije „zelenog krova“, već je taj vrt ujedno platforma brojnih događanja u istraživačkim okvirima. Što znači da se ne treba bazirati samo na funkcionalno-estetskoj ulozi, nego treba tražiti i druga rješenja te širiti primjenu u svakom smislu riječi.

Proučavajući ekstenzivne vrtove, u Hrvatskoj se ovaj tip krovnog vrta uglavnom veže uz hotelske komplekse i većina ih ne pripada javnim površinama. Primjer Kempinski Hotela Adriatic, privatan je posjed i nije namijenjen javnom korištenju. Uspoređujući Hrvatsku i svijet, U hrvatskoj je mali dio ovih površina javan, a kako je malo tih površina princip i kvalitetu oblikovanja teško je uspoređivati sa svjetskim primjerima. Pixel park kojeg navodim sadrži u sebi dublju filozofiju autora i u nevjerojatnom je oblikovnom, filozofskom i boravišnom kontrastu u odnosu na naše krovne vrtove u privatnom vlasništvu.

- Vertikalni vrtovi također svojom tipologijom i tehnološkim rješenjima odgovaraju raznim primjenama. Njihove su beneficije u usporedbi s krovnim vrtovima, gotovo identične. Ključan faktor je odabir tehnologije, koji je popraćen financijskim komponentom.
- Najveći problem u Hrvatskoj je premala primjena vertikalnog i krovnog vrta, možemo slobodno reći da smo u velikom zaostatku u odnosu na svijet. Razlog vjerojatno leži u slaboj educiranosti i „strahu“ od novih tehnologija u krajobraznom kontekstu.
- Vertikalan vrt u Hrvatskoj možemo uglavnom pronaći u sklopu poslovnih ili trgovačkih centara. Metodom zapažanja nisam se susreo ni za jednim primjerom vanjskog vertikalnog vrta, osim ako uključimo zelene fasade, koje su više dio djelovanja same prirode, nego što su antropogenog porijekla

6. Zaključak

Krovni i vertikalni vrtovi u cijelom su svijetu popularni već godinama. Razvijenost urbanog tkiva, ponajprije zbog lošeg planiranja, išlo je na štetu otvorenim površinama. Stoga izgradnjom vrtova ovog tipa stvaramo korisne zelene površine i vraćamo prirodu u gradove.

Razvojno gledano, krovni i vertikalni vrtovi dijele sličnu povijest i svoje početke vežu uz viseće Semiramidine vrtove. U kasnijim povijesnim razdobljima napravljena je jasna granica i njihov je razvoj tekao zasebnim strujama.

Nadalje, ono što je bitno napomenuti je da zelenilo na krovu i fasadi doprinosi „prirodnijem“ izgledu građevine i povoljno utječe na čovjeka i okoliš. Brojna su istraživanja potvrdila kako zelenilo ima pozitivan psihološki učinak na opuštanje ljudi. Svrha krovnog i vertikalnog vrta ne veže se samo uz vraćanje zelenila ili estetske uloge gradovima, već daje rješenja na važna pitanja, poput upravljanja oborinskim vodama te efekt urbanog toplinskog otoka. Zbog mnogo prednosti koje pruža zeleni krov, vrijednost stambenih i gospodarskih građevina je puno veća. Važno je napomenuti i ekonomsku vrijednost ovakvih tipova vrtova, koja se reflektira na smanjenje potrošnje energije ali i na povećanje vrijednosti same nekretnine. Svaki ravni krov ili fasadu možemo iskoristiti za zelenu površinu, stoga bi bilo dobro razmisliti o ozelenjivanju starijih neatraktivnih građevina, ukoliko to njihova konstrukcija dozvoljava.

Bez obzira na navedene prednosti i povoljnije utjecaje ovih vrtova, U Hrvatskoj nažalost nisu rasprostranjeni kao i u ostatku svijeta. Čak bih mogao zaključiti da u Hrvatskoj vertikalni uživaju manju popularnost od krovnih vrtova. Jedan od razloga je vjerojatno taj da sadnja djeluje kao skup i mukotrpan proces, no ona to zaista nije i svatko tko ima malo volje može uz ograničen proračun i u poprilično kratkom vremenu posjedovati ove tipove vrtova. Pozitivni učinci će se nedvojbeno opravdati, u nekim segmentima momentalno, a financijski kroz kratak period vremena. Još jedan od mogućih razloga neprakticiranja ovog tipa zelenila je slaba educiranost o pozitivnim učincima te manjak firmi koje koriste suvremene tehnologije i educirane zaposlenike u njihovoj izradi, stoga ljudi u Hrvatskoj ipak teže tradicionalnom krovu, odnosno „fasadi“. A tehnologije su uznapredovale i na tržištu postoji čitav niz rješenja primjenjiv na gotovo sve površine, neovisno govorimo o vertikalnim ili krovnim vrtovima.

Poticajima bi zasigurno riješili dio tog problema i potaknuli izgradnju krovnih i vertikalnih vrtova, kao i uvođenjem suvremenih tehnologija i materijala u njihovoj izgradnji. Bez obzira što su na području naše države povezani s privatnom inicijativom, krovni i vertikalni vrtovi su dobra odluka za sve one koji su svjesni da je prirodi, bar u maloj mjeri, potrebno vratiti ono što smo joj izgradnjom oduzeli.

7. Popis literature

- Ahmed R.M., Z Ahmed H., (2016). An Evaluation of Green roofing in Buildings. International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 6, Issue 1, [online] http://www.ijsrp.org/research-paper-0116/ijsrp-p4957.pdf Pristupljeno 14. svibanja 2018.
- Ampim Y., Peter A., Sloan J., Cabrera R., Harp D., Jaber F. (n.d.) (2003). Green Roof Growing Substrates: Types, Ingredients, Composition, and Properties. Journal of Environmental Horticulture, 28(4), 136-143.
- Banting D., Doshi H., Li J.,Missios, P. (2005). Report on the environmental benefits and costs of green roof echnology for the City of Toronto, Prepared for City of Toronto and Ontario Centres of Excellence – Earth and Environmental Technologies, Ryerson University [online] (http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/executivesummary.pdf) Pristupljeno 14. svibanja 2018.
- BAUDER d.o.o. [online] https://www.bauder.hr/ , Pristupljeno 14. svibanja 2018
- Blanc P. (2012). The Vertical Garden: From Nature to the City (Revised and Updated), W. W. Norton & Company; Revised and Updated edition
- Chen and Williams (2009). Green roofs as an adaptation to climate change: modelling the green roof at the Burnley campus. The University of Melbourne, Research Report for CSIRO Climate Adaptation Flagship
- Chen D, Wang X, Khoo YB, Thatcher M, Lin BB, Ren Z, Wang, C-H, Barnett G (2013). Assessment of Urban Heat island and Mitigation by Urban Green Coverage, in Mitigating climate change: the emerging face of modern cities, Khare A, Beckman T (eds), Springer, Berlin, New York.
- Gedge D., Kadas G, (2005). Green roofs and biodiversity [online] https://www.researchgate.net/publication/279578621_Green_roofs_and_biodiversity Pristupljeno 25. ožujka 2018.
- Getter K., Rowe B. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. Horticulture Science.41(5), 1276-1285
- Hammer K. (1968). North Dakota History: 1870-1889 (1st ed., Vol. 35). ND.

- Herr T. (2002). Krovni vrt, Časopis za graditeljstvo, instalacije, opremu i energiju 21. stoljeća, 21, 40-41
- Hopkins G, Goodwin C (2011). Living Architecture, CSIRO Publishing
- Horticultural College and Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, [online] http://agritech.tnau.ac.in/horticulture/horti_Landscaping_roofgarden.html Pristupljeno 14. svibanja
- Jain R., Janakiram T. (2016). Vertical Gardening: A New Concept of Modern Era, Division of Floriculture and Landscaping, IARI, New Delhi i Division of Horticultural Science, ICAR, New Delhi
- Johnston J. i Newton J. (1996). Building Green, A Guide for Using Plants on Roofs, Walls and Pavements. The London Ecology Unit, London
- Kmieć M.,(2014.) Green wall technology .Technical transactions architecture, 10-a/2014 [online] https://suw.biblos.pk.edu.pl/downloadResource&mId=1340428 Pristupljeno 25. ožujka 2018.
- Konvencija o europskim krajobrazima, Firenca, 20. listopada 2000.
- Land8: Landscape Architects Network, 2014. [online] https://land8.com/going-vertical-the-history-of-green-walls) Pristupljeno 14. svibanja
- Living walls and Vertical Gardens - Living Art, [online] http://www.livingwallart.com/the-history-of-living-walls/, Pristupljeno 14. svibanja
- Magill, J.D., Midden, K., Groninger, J., Therrell, M., (2011) A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research, Southern Illinois University Carbondale, [online] http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1132&context=gs_rp Pristupljeno 25. ožujka 2018.
- Mentens J, Raes D, Hermy R (2006) Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanised 21st century? Landscape and Urban Planning 77:217-226
- Morić S., Telišman T., Vršek I., Britvec M., Poje M., Mustać I. (2007). Izbor biljnih vrsta za krovne vrtove, Agronomski glasnik, 4/2007
- Morić, S. i sur. (2007). Izbor biljnih vrsta za krovne vrtove, Agronomski glasnik 4/2007, 309-336

- Niachou A, Papakonstantinou K, Santamouris M, Tsangrassoulis A, Mihalakakou G, (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance, Energy and Buildings 33: 719-729
- Njemački institut za istraživanja razvoja izgradnje okoliša (FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) [online] www.fll.de , Pristupljeno 14. svibanja 2018
- Ogrin D. (1982). Vrednotanje odpretega prostora in možnosti razvoja. Sinteza 58/60, Ljubljana, 28-34.
- Osmundson T. (1999). Roof gardens: History, de-sign and construction. W.W. Norton & Com-pany, New York.
- Parizotto S & Lamberts R (2011). Investigation of green roof thermal performance in a temperate climate: a case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil, Energy and Buildings 43:1712-1722
- Patrick Blanc's book The Vertical Garden. From Nature to the City
- Peck S.W., Callaghan C., Kuhn M., Bass B. (1999). Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation, 11-12
- Pereković P. (2011). Percepcija uloge složenosti u oblikovanju krajobraza. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- Pérez G, Rincón L, Vila A, González JM, Cabeza LF (2011). Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate, Energy Conversion and Management 52:1861–1867.
- Prinz D. (1983). Urbanizam 2. Golden Marketing – Tehnička knjiga, Zagreb, 172
- Pugh TAM, Mackenzie AR, Whyatt JD, Hewitt CN (2012). Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons, Environmental Science and Technology 46:7692-7699
- Ritu Jain R., Janakiram T. (2016). Vertical Gardening: A New Concept of Modern Era, Časopis Commercial Horticulture, 527-536
- Snodgrass, E. C., & Snodgrass, L. L. (2006). Green roof plants: a resource and planting guide. Portland, Or.: Timber Press.

- Takebayashi H, Moriyama M (2007). Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island, Building and Environment 42: 2971-2979
- Teemusk A, Mander Ü (2007). Rainwater runoff quantity and quality performance from a green roof: the effects of short-term events, Ecological Engineering 30:271-277.
- Van Renterghem T, Botteldooren D (2008). Numerical evaluation of sound propagating over green roofs, Journal of Sound and Vibration 317:781-799;
- Van Woert ND, Rowe DB, Andresen JA, Rugh CL, Fernandez RT, Xiao L (2005) Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope and media depth, Journal of Environmental Quality 34:1036-1044
- *Vertical Gardening: A New Concept of Modern Era*. [online] https://www.researchgate.net/publication/295646943_Vertical_Gardening_A_New_Concept_of_Modern_Era Pristupljeno 14. svibanja 2018
- Wharton D. A. (2002). Life at the limits: organisms in extreme environments (pp. 9-11). Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Wong NH, Chen Y, Ong CL, Sia A,(2003) Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment, Building and Environment 38 (2003) 261-270
- Wong NH, Tan AYK, Tan PY, Chang K, Wong NC (2010). Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls, Building and Environment 45:411-420.

8. Tablice

Tablica 1 Usporedba ekstenzivnog i intenzivnog krovnog sistema (Johnston, 1996.)

Tablica 2 Prikaz kako dubina supstrata na krovu ovisi o vrsti bilja koja će se koristiti (Izvor: http://agritech.tnau.ac.in)

Tablica 3 Najzastupljenije bilje za krovne vrtove u Hrvatskoj (Morić i suradnici 2007)

Tablica 4 Efekt vertikalnog vrta na termalna svojstva objekta (Izvor: Pérez i suradnici, 2011.)

Tablica 5 Popis najčešće korištene biljne vrsta u vertikalnom vrtu prema Ritu Jain (2016)

9. Slike

Slika: Sustav modularnih panela (»živi zid«) u interijeru (Izvor: https://www.ambius.com/blog/types-of-vertical-garden-systems/)

Slika: Horizontalni presjek modularnog sistema (Izvor: http://gsky.com/green-walls/pro/)

Slika: Primjer modularnog vertikalnog vrta (Izvor: http://gsky.com/green-walls/pro/)

Slika: Rješenje bazirano na rasteru od metalnih greda (Izvor: http://gsky.com/green-walls/basic/)

Slika: Zidni sistem Shimizu korporacije (Izvor: www.shimz.co.jp/en/)

Slika: Patrick Blancovo rješenje vertikalnog vrta (P.Blanc: V The Vertical Garden. From Nature to the City)

10. Životopis

Hrvoje Šimunović rođen je 3. studenog 1987. godine u Zagrebu, u kojem završava svoje osnovnoškolsko te srednjoškolsko obrazovanje (OŠ Žuti Brijeg, Opća gimnazija Sesvete). Nakon završetka srednje škole uspješno rješava prijamni ispit na studiju Krajobrazne arhitekture na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, na temelju čega dobiva stipendiju. Akademske godine 2010./2011. dobiva titulu prvostupnika krajobrazne arhitekture (univ. bacc. ing. prosp. arch.), obranom završnog rada na temu Oblikovanje suvremenog gradskog parka pod mentorstvom doc.dr.sc. Petre Pereković. Iste godine upisuje diplomski studij Krajobrazne arhitekture. U slobodno vrijeme bavi se sportskim aktivnostima te suđenjem boćarskih susreta na nacionalnom nivou.