

Saša KOLMAN
Valentina SCHMITZER

Oblikovalski in ekološki potencial ozelenjevanja sten v naših podnebnih razmerah

Zaradi zgoščanja pozidave v urbanem okolju na uličnih tleh pogosto primanjkuje prostora za zelene površine. Vertikalno ozelenjevanje ima zato velik potencial. Rastline blagodejno vplivajo na mikropodnebje, izboljšujejo kakovost bivanja in so močen estetski element. Začetki vertikalnega ozelenjevanja segajo v čas prvih civilizacij. Najprej so se uporabljale vzpenjavke za ustvarjanje sence in gojenje užitnih plodov. Rastline so rastle ob preprostih lesenih opornih strukturah. S pojavom novih gradbenih tehnik in materialov v industrijski revoluciji sta se razvila in prišla v ospredje ekološki in estetski vidik vertikalnega ozelenjevanja. V 20. stoletju se je razvil popolnoma nov

sistem ozelenitve sten. Njegova največja prednost je, da lahko rastline rastejo na vertikalni površini. S tem se je povečal nabor rastlinskega gradiva, primerne za ozelenitev vertikal. Danes so na trgu številni tipi vertikalnega ozelenjevanja, ki jih je mogoče povezovati in smiselno izbirati okoliščinam primerno in glede na želen vidni učinek.

Ključne besede: vertikalno ozelenjevanje, zelene stene, zelena pročelja, krajinska arhitektura, rastline

1 Uvod

Mikropodnebje v urbanem okolju se precej razlikuje od tistega zunaj mest. Gosta pozidava povzroča, da se temperature zaradi pregrevanja zidov in tlakovanj povišajo. Temu pojavu pravimo učinek urbanega toplotnega otoka (ang. *urban heat island*). Segrevanje lahko omilimo z zelenimi površinami, prostora zanje pa na ulični ravni pogosto primanjkuje. To pomanjkanje lahko rešujemo z ozelenjevanjem streh in vertikalnih površin. Ozelenjene stene tvorijo mestni zeleni sistem in pripomorejo k zmanjšanju učinka urbanega toplotnega otoka tako, da s pomočjo evapotranspiracije znižujejo okoliško temperaturo in vlažijo zrak, kar je v vročih poletnih mesecih zelo dobrodošlo. Rastline lahko s filtriranjem izboljšujejo kakovost padavinske vode in zraka, absorbirajo prašne delce in blažijo hrup. Dodaten ozelenitveni sloj na pročelju izboljšuje izolacijo. Poleti se stene manj pregrevajo, pozimi pa v notranjih prostorih zadržujejo več toplote, kar pripomore k zmanjšanju stroškov za ogrevanje in hlajenje. Izbor rastlin za ozelenjene stene je omejen, saj so vertikalne površine izjemno težavno rastišče z vidika pomanjkanja substrata in vode ter tudi s tehničnega vidika. Nosilnost elementov, ki tvorijo zeleno steno, pogosto opredeli tudi izbor rastlinskega gradiva.

2 Razvoj vertikalnega ozelenjevanja

Prva omemba vertikalnih vrtov sovpada z nastankom prvih civilizacij v obdobju okrog 3.000 let pred našim štetjem. Danes najvidnejša dediščina antičnih kultur v Egiptu in Mezopotamiji so zigurati, ogromne kamnite terasaste strukture, zasajene z drevesi in grmi. V Egiptu je bil najden kamnit relief, ki prikazuje vinsko trto, razpeto med drevesi. To nakazuje nov način hortikulturenega gojenja rastlin, ki do tedaj še ni bil uporabljen. Primeri v Mezopotamiji namigujejo na uporabo vinske trte (*Vitis vinifera*) in njihove opore v arhitekturni funkciji. Tak način gojenja plezalk je vodil k razvoju pergole in drugih opornih struktur, po katerih se vzpenjajo popenjavne rastline (Petty, 2008). Sprva je šlo za preproste lesene konstrukcije, po katerih so se vzpenjale rastline ter nudile senco, udobje in zasebnost na vrtu. Podporne konstrukcije so se ves čas izpopolnjevale. V srednjem veku se je pojavil način gojenja v obliki špalirja. Gre za hortikultureno tehniko gojenja ploščatih rastlin ob steni – ki za rast ne potrebuje veliko prostora –, ki je bila v prostorsko omejenih srednjeveških vrtovih zelo uporabna. Pergole so v srednjem veku pogosto preraščali popenjavne vrtnice (*Rosa* sp.), bršljan (*Hedera helix*) in kovačniki (*Lonicera* sp.).

Velik vpliv na razvoj vertikalnega ozelenjevanja je imela industrijska revolucija z razvojem novih gradbenih materialov

in tehnik. V modernizmu se je razširilo mnenje, da je vse botanično in hortikulturno znanje, ki je na splošno povečalo uporabo rastlin, destruktivno vplivalo na vrtno oblikovanje (Eckbo, 1950). Kot odziv na to, je Stanley Hart White napisal esej, v katerem poudarja, da modernistično oblikovanje objektov izkazuje veliko nepovezanost s krajino. V ospredju so geometrijske oblike in vzorci, rastlinstvu pa se ne posveča nobene pozornosti. White je opisal zeleno steno kot oblikovalsko rešitev za sodoben vrt, ki dopušča prazen prostor na vrtu in vnaša v kompozicijo vertikalno dimenzijo. Z esejem je White postavil nov prostorski in časovni koncept v krajinski arhitekturi v okviru razmišljanja, ki se je pojavilo tudi na drugih področjih umetnosti, kot sta gledališče in slikarstvo (Hindle, 2013).

Stanley Hart White zato velja za enega od izumiteljev sodobne zelene stene, saj je oblikoval arhitekturne elemente iz rešetk, ki so bili napolnjeni s substratom in v katerih so rastline rastle na vertikalni površini. Razvoj je nadaljeval Patrick Blanc, ki je izpopolnil zeleno steno brez substrata. Za svoje vertikalne vrtove je uporabljal geotekstil, v katerega so se rastline vrastle s koreninami, hranilne snovi pa so se jim dovajale iz vodne raztopine. Pozneje so se razvili kompleksni panelni sistem zelenih sten. Danes je na trgu veliko različnih modularnih sistemov zelenih sten.

Naslednji mejnik v razvoju vertikalnih ozelenitev je hidroponika, ki se je sprva začela uvajati v breztalni pridelavi prehransko pomembnih rastlin (predvsem zelenjadnic) v 30. letih prejšnjega stoletja. Pri hidroponskem gojenju rastline rastejo v inertnem substratu, ki jim zagotavlja oporo in sidranje korenin, ki hranilne snovi črpajo iz hidroponske raztopine. Kl-

jučno vlogo ima namakalni sistem s črpalko, rezervoarjem za hranilno raztopino in cevmi, ki dovajajo raztopino do rastlin na vseh ravneh vertikalne zasaditve (Dunnett in Kingsbury, 2013). Od konca 20. stoletja je tako na voljo veliko različnih načinov vertikalnega ozelenjevanja, prednjačijo predvsem panelne (predpripravljene) zelene stene iz plastičnih kompozitov, kamene volne in substrata. Sistemi so izdelani iz visokokakovostnih plastičnih materialov, ki so odporni na zunanje vremenske vplive in se v osnovi delijo na dva načina ozelenjevanja: 1. zelena stena, sestavljena iz posameznih lončkov, napolnjenih s substratom, in 2. modularni paneli z vdolbinicami, ki jih napolnimo s substratom.

3 Tipologija vertikalnega ozelenjevanja

Z napredkom tehnologij in iznajdbo novih materialov je prišlo do sprememb na področju vertikalnega ozelenjevanja. Od preprostih žičnatih ali lesenih struktur, po katerih rastejo vzpenjavke, se je z razvojem oblikoval kompleksen modularni ali polsteni sistem zelenih sten. Najprej se je razvilo inovativno ozelenjevanje vertikalnih površin z volumenskimi elementi (zabojniki, betonski bloki), ki vsebujejo substrat, pozneje pa so sisteme dodelali tako, da rastline na vertikalni površini uspevajo popolnoma brez substratne mešanice. Način izvedbe vertikalnega ozelenjevanja je torej ključno merilo za osnovno členitev na ozelenjene pročelja in zelene stene (preglednica 1).

Pri ozelenjenih pročeljih rastejo rastline v substratu, koritu ali neposredno v tleh in se vzpenjajo po opori ali previsno spuščajo. Za to so primerne vzpenjave rastline ali rastline z dolgimi

Preglednica 1: Vrste vertikalnega ozelenjevanja

Ozelenjena pročelja (ang. <i>green façades</i>)		Zelene stene (ang. <i>living walls</i>)
rastline rastejo v substratu, v koritu ali neposredno v tleh; vzpenjajo se ali previsno spuščajo	način rasti	rastline so pritrjene na vertikalni ali poševni površini, s substratom ali brez njega
oprijemalke, popenjavke, plezalke, ovijalke	vrste rastlin	nižje grmovnice in polgrmi, zelišča, trajnice, enoletnice, dvoletnice, čebulnice
za ozelenitev je potrebno manjše število rastlin na tekoči meter	količina rastlin	za ozelenitev je potrebno večje število rastlin na m ²
Vrste vertikalnega ozelenjevanja		
1. neposredno ozelenjena stena brez opore		1. zelena stena z geotekstilom brez substrata
2. ozelenjena stena z oporo		
(a) stenska opora za vzpenjave rastline		
(b) špalir		2. zelena stena z žepki iz geotekstila s substratom
(c) opora ob objektu z zračno režo		
(č) stenska opora s sadilnimi koriti in vzpenjavkami		
3. vertikalno ozelenjevanje z visečimi rastlinami		3. zelena stena s posameznimi lončki s substratom
		4. modularna zelena stena – paneli s substratom

MERILA IN OPISNI DOLOČILNIKI ZA IZBOR RASTLIN:				
NAČIN RASTI	TIP RASTLINE	TEKSTURA LISTJA	RABA PROSTORA	DRUGE ZNAČILNOSTI
vzpenjavka, ki potrebuje oporo	zimzelena olesenela rastlina	fina tekstura	primerna za zasebni prostor	prezimna trdnost
vzpenjavka, ki ne potrebuje opore	listopadna olesenela rastlina	srednje fina tekstura	primerna za javni prostor	rastlina, ki privablja žuželke
previsno rastoča rastlina	zimzelena zelnata trajnica	groba tekstura	PLOD	rastlina, ki privablja ptice
pokončno rastoča rastlina	listopadna zelnata trajnica		užiten plod	strupena rastlina
			neužiten plod	privlačna jesenska barva listja
				dišeča rastlina

Slika 1: Merila in opisni določilniki za izbor rastlin

poganjki. Za ozelenitev vertikalne površine je potrebno manjše število rastlin. Pri zelenih stenah rastline rastejo na vertikalni ali poševni površini. Za to so primerne rastline s pokončno rastočo – nižje grmovnice, zelišča, trajnice, čebulnice. Za ozelenitev vertikalne površine je potrebno veliko število rastlin, njihov nabor pa je pestrejši.

Glede na lastnosti izbrane stene določimo tip ozelenitve, ki je zanj najprimernejši. Lastnosti, kot so lokacija, orientacija in izpostavljenost stene ter ambient, ustvarjajo posebne pogoje mikropodnebja, v katerem bodo rastle rastline, in so osnova za nadaljnje načrtovanje. Z analizo stene proučimo te pogoje in naredimo tak rastlinski izbor, da bodo vse rastline imele optimalne pogoje za rast, hkrati pa upoštevamo njihove vidne lastnosti, s katerimi lahko dosežemo različne učinke (slika 1).

4 Prednosti vertikalnega ozelenjevanja

Današnja mesta se soočajo s pojavom učinka urbanega toplotnega otoka. Rastlinje lahko ta pojav omili s procesom evapotranspiracije, tako da vlaži zrak in niža temperaturo. Ozelenitveni sloj na pročelju je tudi zvočna in temperaturna izolacija. Poleti se stene manj pregrevajo, pozimi pa v notranjih prostorih zadržujejo več toplote, kar pripomore k zmanjšanju stroškov za ogrevanje in hlajenje. Padavinska voda v urbanem okolju zaradi neprepustnih površin večinoma odteka v sistem meteorne vode. Ob večjih nalivih voda skozi odtočne kanale ne more odtekati dovolj hitro. Rastline na zeleni steni absorbirajo del padavinske vode in s tem prispevajo k zmanjšanju površinskega odtekanja. Izboljšajo tudi kakovost vode, saj se prašni delci in hranila v vodi, na primer dušik in fosfor, vežejo na prst ali v rastline (Sheweka in Magdy, 2011).

Rastline lahko blažijo hrup, stopnja zmanjšanja tega pa je odvisna predvsem od lastnosti površin, ki oblikujejo zvočno oviro.

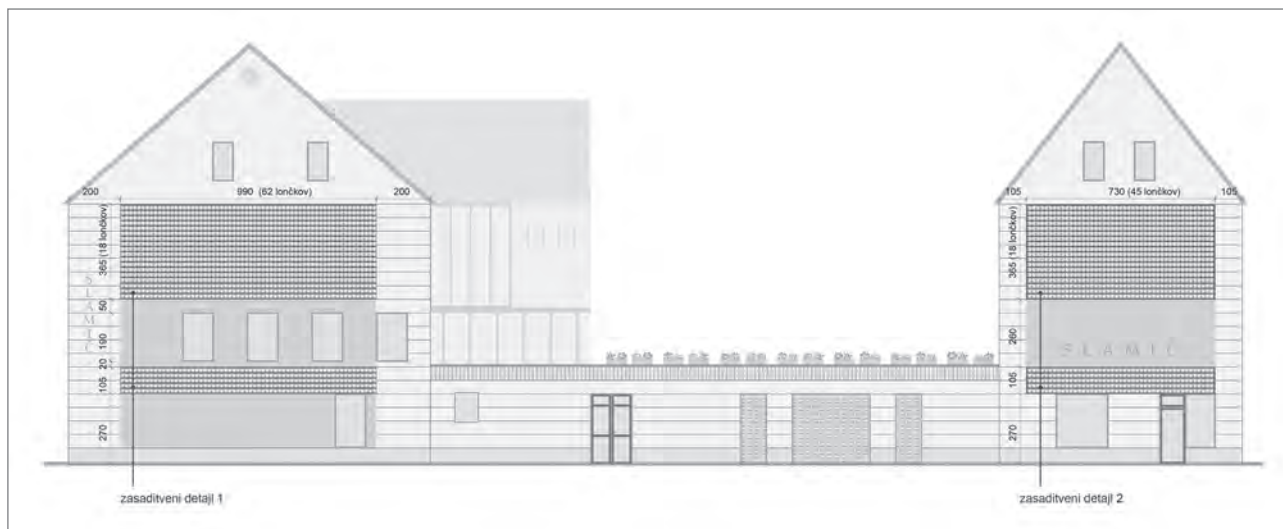
Pri rastlinah na to vplivajo velikosti listov, njihova dlakavost, gostota listja na celotni rastlini in dolžina olistanja rastline. Zasajeni pasovi dreves, grmov in trav kot zvočna ovira tvorijo t. i. mehke površine, ki lahko glasnost hrupa zmanjšajo za 8–12 decibelov, včasih tudi do 15 decibelov. Bolj ko je zvočna ovira blizu viru hrupa, učinkovitejša je. Najučinkovitejše so goste zasaditve zimzelenih rastlin, saj ohranjajo liste na rastlini skozi vse leto (Dobson in Ryan, 2000).

Ohranjanje in bogatenje biodiverzitete z ozelenjenimi vertikalnimi površinami v urbanem okolju zagotavljata večplastno izboljšanje kakovosti bivanja. Ljudem v mestu nudita stik z naravo, hkrati pa povezuje z zeleni sistem mesta ter omogočata boljšo prehodnost organizmov. Pticam in drugim organizmom nudita življenjski prostor, plodovi in semena rastlin pa so vir hrane.

Vertikalno ozelenjevanje je v pozidanem okolju velik vidni poudarek, saj je rastlinski material živ in se spreminja z letnimi časi. Od grajenih elementov se razlikuje v barvi, teksturi in obliki. Z abstrakcijo je pri vertikalnem ozelenjevanju rastlinskemu gradivu odvzet prostorski učinek. Tako kot pri pokrovnih rastlinah sta oblika rasti in listna tekstura rastlin zabrisani, celota pa postane bolj ali manj teksturirana enotna ploskev (Ogrin, 2010). Rastline v različnih letnih časih spreminjajo tudi teksturo, to je posebej opazno pri listopadnih rastlinskih vrstah. S specifičnim izborom rastlin lahko dosežemo različne vidne učinke. Barvne poudarke največkrat dosežemo s cvetočimi rastlinskimi vrstami. Ključna je tudi orientiranost listov, poenotena velikost listne ploskve in sezonska stalnost, kar v našem podnebju omogočajo le izbrane zimzelene rastlinske vrste.

5 Slabosti vertikalnega ozelenjevanja

Slabosti in nevedčnosti so vezane na posamezne tipe ozelenitve. Do težav v večini primerov pride predvsem zaradi neustrezne-



Slika 2: Zelena stena s posameznimi lončki na Hotelu Slamič

ga načrtovanja ali uporabe neprimerne rastline ali opore. Ob nerednem vzdrževanju dajejo vertikalne ozelenjene stene vtis neurejenosti. Tehnologija ozelenjevanja vertikalnih površin se še vedno razvija. Če izberemo kakovostne materiale, so stroški načrtovanja in izdelave zelene stene še vedno zelo visoki. Zaradi pomanjkanja standardnih meril je načrtovanje zelenih sten zelo kompleksno. Standardizacija materialov, kakovosti in stroškov pri vertikalnem ozelenjevanju bi omogočila lažjo primerljivost različnih tipov ozelenjevanja med seboj in s tem olajšala odločitve, kateri tip vertikalne ozelenitve izbrati.

6 Predlogi za ozelenitev stene v Ljubljani

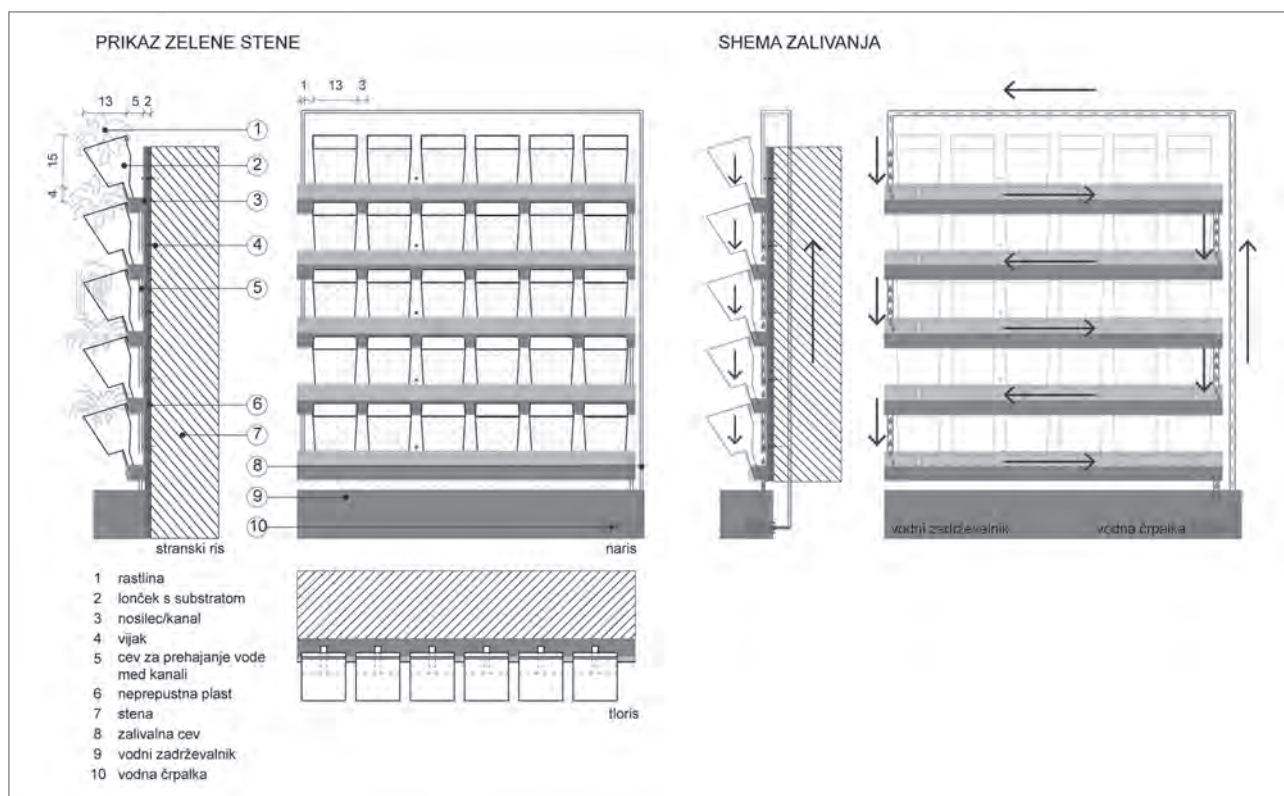
V Ljubljani so zelene stene redke. Edini javni sodobni primer je zelena stena v Mali ulici. Pogosteje lahko opazimo ozelenjene stene z vzpenjalkami, ki rastejo iz tal ob vnožju objekta. Najpogosteje so ozelenjene starejše hiše in vile, in sicer s trirogljato viniko (*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii') in navadnim bršljanom (*Hedera helix*). Najbolj znan primer iz Ljubljane je ozelenjeno pročelje na križišču med Drenikovo in Celovško ulico. Možnosti za vertikalno ozelenjevanje je veliko, zato so v tem poglavju predstavljeni trije različni predlogi ozelenitve stene.

Za ozelenitev je izbrana stena na pročelju hotela Slamič, ki stoji na vogalu Kersnikove ulice in Gosposvetske ulice v Ljubljani. Pročelje je sestavljeno iz treh delov – iz levega in desnega krila objekta, ki ju povezuje vmesni trakt. Na levem in desnem delu pročelja je večja prazna ploskev brez oken ali z majhnim številom teh in brez posebnih estetskih dodatkov, zato je popolna za vertikalno ozelenitev, ki lahko obogati zunanjo podobo hotela. Vidni učinek utegne pritegniti številne obiskovalce,

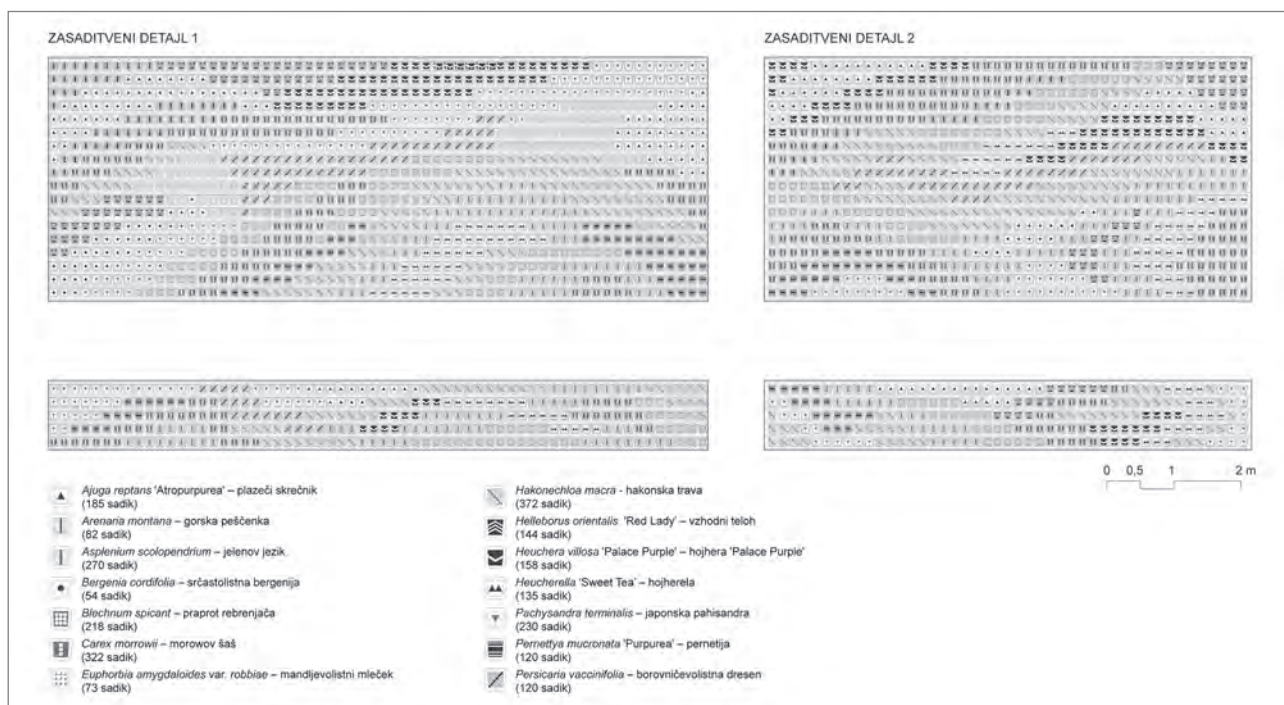
rastlinje pa blagodejno vpliva na okoliško mikropodnebje in tvori dodaten izolacijski sloj na pročelju. Predlogi različnih načinov ozelenitev so izdelani na podlagi likovne analize. Cedilnik in sod. (2016) so raziskovali, kako raba tal vpliva na temperature s pomočjo satelitskih posnetkov in ugotovili, da je tudi v Ljubljani prisoten pojav učinka toplotnega otoka. Kersnikova ulica poteka v smeri sever–jug. Je razmeroma ozka in obdajajo jo visoke stavbe, ki tvorijo ulični koridor. Na ulici ni nobene rastlinje, zato se tu pozidane površine v poletni vročini pregrevajo.

6.1 Zelena stena s posameznimi lončki s substratom

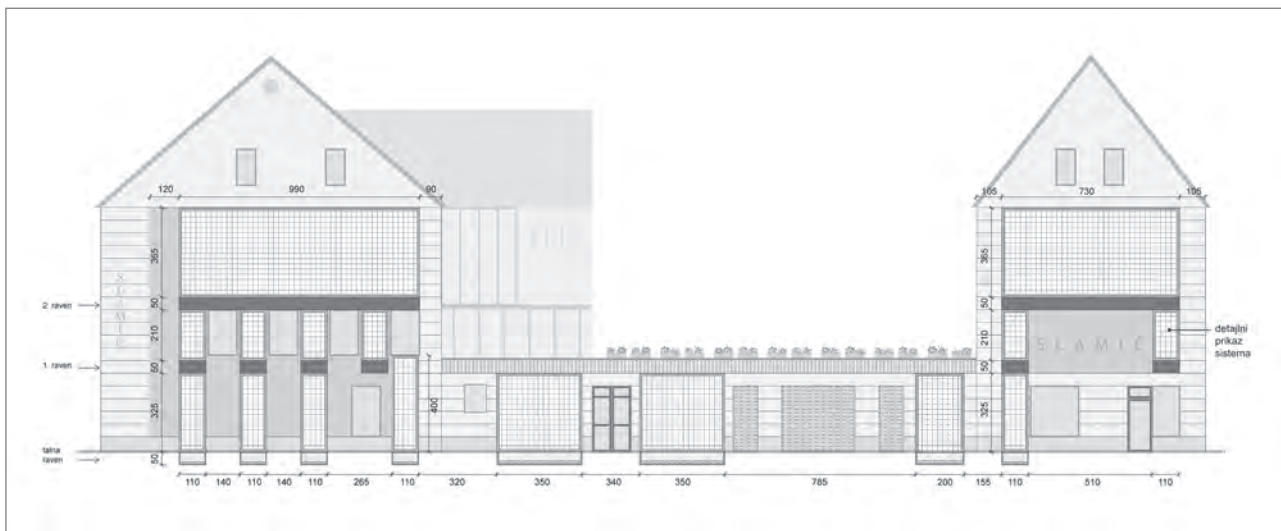
Za ta tip zelene stene (slika 2) je uporabljen patent modularnih vertikalnih vrtov češkega podjetja Nemeč. Teža celotnega sistema z rastlinami je okoli 60 kg/m². Postavitev take zelene stene je preprosta: neposredno na steno se namesti PVC-hidroizolacijska plast, nato se nanjo pritrdi okvirna konstrukcija. Na okvir se namestijo nosilci, na katere se zataknejo posamezni lončki (slika 3). Ti so velika prednost celotnega sistema, saj vsaka rastlina raste v svojem lončku. To omogoča preprosto menjavo rastlin v primeru pojava bolezni in škodljivcev ali propada zaradi drugih vzrokov (sušni, temperaturni stres). Pri modularnih sistemih, v katerih se rastline vraščajo v geotekstil ali pa se v substrat prepletejo s koreninami, je menjava posameznih rastlin težja, saj pri odstranjevanju poškodujemo tudi sosednje rastline, nove rastline pa potrebujejo pri začetnem vraščanju posebno nego. Zalivalni sistem je sklenjen vodni krog, v katerem vodna črpalka premešča vodo na vrh zelene stene, ta pa se po kanalih počasi pretaka nazaj v vodni zadrževalnik. Nosilci, na katerih so zatakneni posamezni lončki, so hkrati vodni kanali. Lončki so oblikovani tako, da imajo podaljšano cev, ki



Slika 3: Detalj zelene stene s posameznimi lončki (prirejeno po Nemeč, 2018)



Slika 4: Zasaditveni detajl pri zeleni steni



Slika 5: Stena, ozelenjena z vzpenjavko v koritih in oporno mrežo

sega do vode. Voda prihaja v substrat s pomočjo kapilarnega dviga vode, rastlinam pa je vedno na voljo.

Za ozelenitev stene je potrebno veliko število rastlin (slika 4). Sistem zelene stene s posameznimi lončki oblikuje izolacijski sloj na steni, ki uravnava dnevne in letne temperaturne razlike med zunanostjo in notranostjo objekta. Zasaditev z rastlinami z raznovrstno teksturo, časom cvetenja in življenjskim ciklom vnaša v prostor barvno in teksturno dinamiko z močnim vidnim učinkom.

Na podlagi analiz je bilo ugotovljeno, da je stena na hotelu Slamič neposredno osončena le nekaj ur na dan, večino časa pa je v senci. Izbrane so rastline, ki dobro uspevajo v danih mikropodnebnih razmerah – primerne so za senčna in polsenčna rastišča in so prezimno trdne.

Zelena stena prevzema reprezentativno vlogo hotela Slamič in je vidni poudarek, ki utegne pritegniti obiskovalce. Stena je načrtovana tako, da se v letnih časih dinamično spreminja glede na življenjski cikel posameznih rastlinskih vrst. Izbrane so rastlinske vrste z različnimi teksturami. Zelene prekrivne rastline, praproti in trave tvorijo podlago oziroma ploskev, na kateri so strukturni in barvni poudarki, ki so sezonsko cvetoče vrste. Nekatere trajnice v zimskem času zaradi mraza popolnoma spremenijo barvo.

6.2 Stena, ozelenjena s koriti in oporno mrežo

Drugi tip ozelenitve pročelja je načrtovan s stenskimi koriti, zasajenimi z vzpenjavkami (slika 5). Korita so izdelana iz nerjavečega jekla, ki je dovolj trdno, da zadrži težo substrata in rastlin, toda hkrati relativno lahek material, ki le zmerno poveča skupno težo sistema. Korita na steni so pritrjena z nosilci,

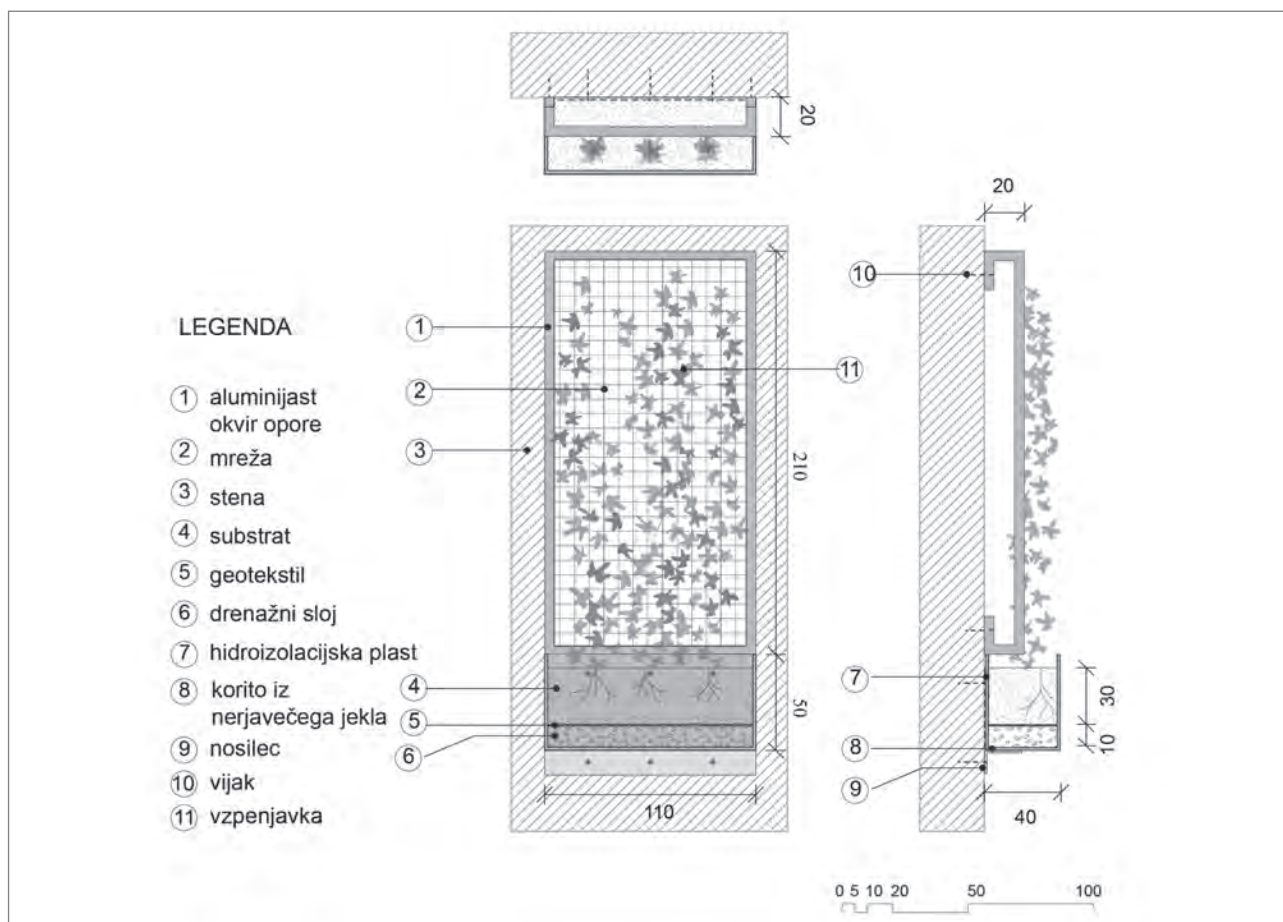
spodnja korita pa so na tleh ob vznožju objekta. Nad korita so na steno pritrjeni okvirji iz nerjavečega jekla z mrežo, ki nudijo vzpenjavkam oporo in usmerjajo oziroma omejujejo njihovo rast (slika 8). Zračna reža med stavbo in mrežo tvori dodaten izolacijski sloj pročelja ter nudi zavetje pticam in manjšim živalim. Vzpenjavka je posajena v korito tako, da se vzpenja po zunanji strani mreže.

Pri tem načinu je za ozelenitev pročelja izbran navadni bršljan (*Hedera helix*), ki se bo razrastle po površini mreže in tako ustvaril učinek goste homogene zelene ploskve. Izbrana je zimzelena rastlinska vrsta, ki poudari členitev pročelnih ploskev med vsem letom. Ritem korit na steni je dodaten estetski element (slika 9). V posamezno korito se zasadijo tri rastline, ki bodo prerastle oporno mrežo.

6.3 Stena, ozelenjena z vzpenjavkami in stensko oporo

Ozelenitev stene je načrtovana z vzpenjavkami, ki rastejo v koritih ob vznožju stavbe (slika 7). Na steno so v rastru 50 centimetrov krat 50 centimetrov pritrjeni nosilci, skozi katere je napeljana jeklena vrv (slika 8). Oblika opore je prilagojena izbrani steni. Opora je speljana okoli oken tako, da vzpenjavke ne preprečujejo dostopa svetlobe v notranje prostore stavbe. Talna korita ob objektu so betonska, da se korenine vzpenjavke ne bi nenadzorovano razrastle in poškodovale stavbe ali se vrastle v podzemne vode.

Izbrana rastlinska vrsta za ozelenitev stene je jasmínova troblja (*Campsis radicans*). Gre za vzpenjavko, ki se oprijema opore z zračnimi koreninami. Ker v višino zraste tudi do 10 metrov, lahko z njo ozelenimo površine do višjih ravni. Močen vidni estetski učinek imajo številni oranžni cvetovi v obliki troblje, ki



Slika 6: Detalj korita in oporne mreže na steni (Kolman, prirejeno po Perini in sod., 2013)

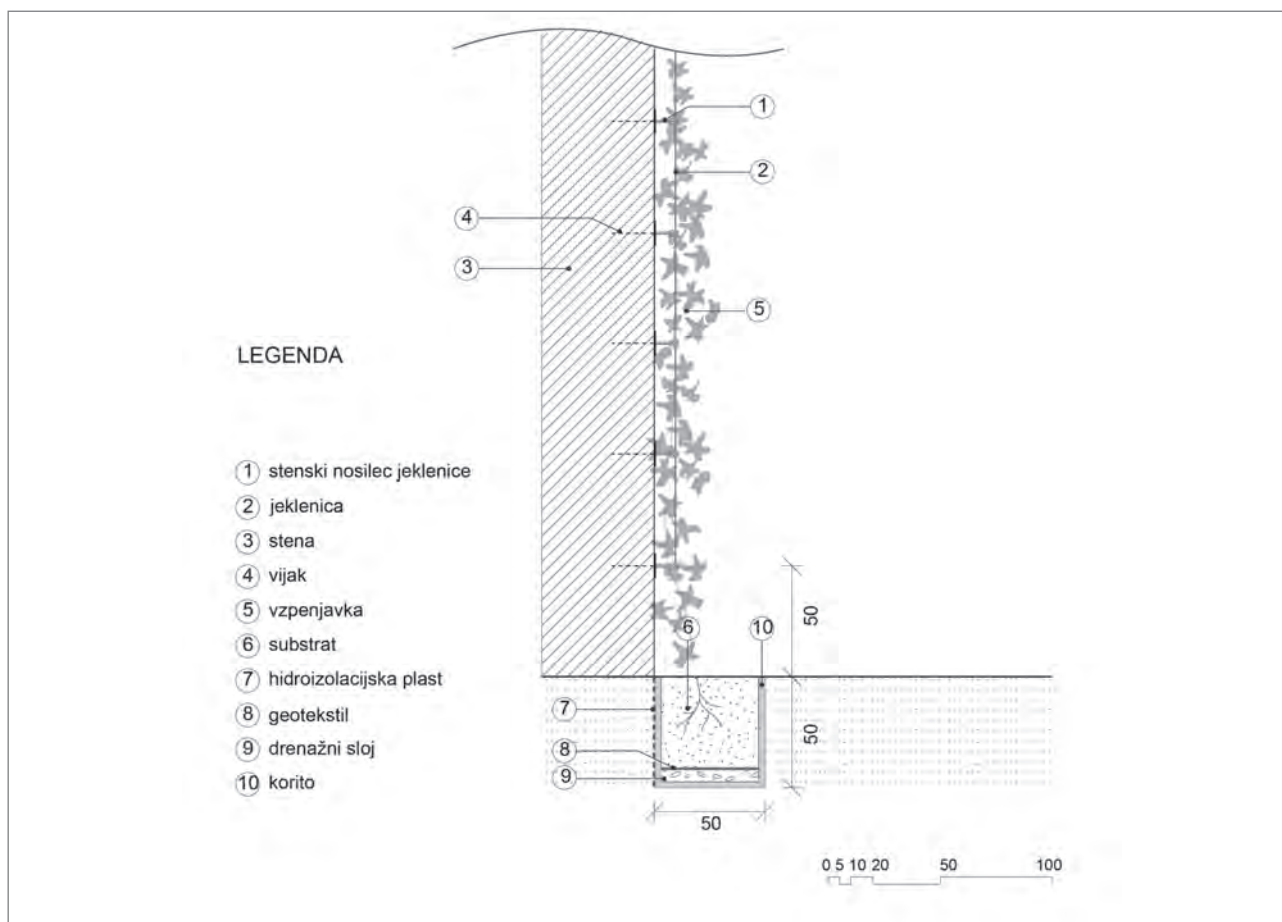


Slika 7: Stena, ozelenjena z vzpenjalkami in stensko oporo

se razvijejo julija in cvetijo do septembra. Rastlina je listopadna in pozimi ostanejo na opori olesneli poganjki. Videz ozelenjene stene je tako takrat popolnoma drugačen kot v drugih letnih časih, vidnejša je stenska opora, ki je sicer prekrita z rastlino. Rastlina lahko tudi brez listov pozimi nudi zavetje številnim pticam, stroki s semeni pa so vir njihove hrane.

7 Primerjava

Oblikovalski in ekološki potencial predlaganih rešitev se močno razlikujeta (preglednica 2). Obstaja več možnosti in načinov ozelenitve, izbrana so različna osnovna načela, različnih povezav med njimi pa je ogromno. Vsem predlaganim



Slika 8: Detalj stenske opore s koritom ob vznožju stavbe (Kolman, prirejeno po Fassadengruen, 2017)

Preglednica 2: Primerjava med predlaganimi tipi vertikalnih ozelenitev

Kategorija	Predlog 1: zelena stena s posameznimi lončki	Predlog 2: ozelenjena stena z vzpenjavko v koritih in oporno mrežo	Predlog 3: ozelenjena stena z vzpenjavko in stensko oporo mrežo
število rastlin	2461	99	33
število različnih rastlinskih vrst (biotska pestrost)	14	1	1
količina substrata	~ 4,9 m ³	~ 4,6 m ³	~ 2,6 m ³
hitrost ozelenitve oziroma dosežen zelen učinek	takojšen učinek	srednje hitro	počasneje
vidni učinek	različno teksturirana heterogena ploskev	enotna homogena ploskev	heterogen teksturiran volumen
okoljska obremenitev	srednja	velika	majhna

sistemom je skupno, da na steni tvorijo dodaten izolacijski sloj, ki uravnava temperaturna nihanja med notranjimi prostori objekta in zunanostjo, in viden poudarek (slika 9). Rastline pri vseh predlaganih rešitvah pripomorejo k izboljšanju okoliških mikropodnebnih razmer in s skladiščenjem padavinske vode upočasnjujejo površinsko odtekanje vode. Glede na vrsto in količino uporabljenih materialov pri izvedbi sistemov je okoljska obremenitev pri predlaganih sistemih različna. Ozelenjena stena z vzpenjavko v koritih in oporno mrežo je zaradi uporabe nerjavečega jekla za okolje najbolj obremenjujoča (Ottele in

sod., 2011). Najmanjši vpliv na okolje ima ozelenjena stena z vzpenjavko in stensko oporo, saj je oporni sistem sestavljen iz najmanjše količine materialov.

Zelena stena s posameznimi lončki je najkompleksnejši način ozelenitve z vidika izvedbe in vzdrževanja. Je edini sistem, ki ima vgrajen avtomatski namakalni sistem, zato je tudi trajnostno manj učinkovita, saj sistem namakanja porablja energijo. Količina uporabljenega substrata je pri tem sistemu največja, zato je taka ozelenitev največje breme za steno. Prednost siste-



Slika 9: Pogled z Gosposvetske ceste na posamezne različice vertikalnih ozelenitev

ma je, da lahko v primeru pojava bolezni in škodljivcev posamezne rastline preprosto in hitro zamenjamo. Učinek ozelenitve je takojšen. Vidno in biotsko je taka vertikalna ozelenitev najpestrejša. Številne rastlinske vrste z različnimi teksturnimi lastnostmi ustvarjajo heterogeno ploskev, ki je sezonsko predvsem barvno dinamična.

Pri ozelenjeni steni z vzpenjavko v koritih in oporno mrežo je količina substrata sicer manjša kot pri zeleni steni s posameznimi lončki, vendar je obremenitev stene neenakomerno porazdeljena. Kjer so korita pritrjena na steno, je stena zelo obremenjena, zato so ta mesta dozvetnejša za poškodbe. Ozelenitev stene z vzpenjavkami v koritih z mrežno oporo je primer abstrakcije gradbenega materiala z rastlinskim tkivom. Vzpenjavka, ki prerašča mrežo, tvori homogene ploskve. Namenoma je izbrana zimzelena rastlinska vrsta, ki se v različnih letnih časih zelo malo vidno spreminja. Končni učinek dosežemo hitreje kot pri tretji različici, saj so vzpenjavke posajene tudi v koritih na višjih ravneh in se lahko hitreje razrastejo.

Cenovno najugodnejši je predlog ozelenitve stene z vzpenjavko na stenski opori. Sistem vsebuje najmanj rastlin, substrata in materiala za oporne strukture. Izvedba oporne strukture je hitra in dokaj preprosta. Učinek ozelenitve stene je dosežen razmeroma počasi, saj traja, da rastlina zraste do okoli osem metrov.

Vidno je sistem zanimiv, saj se med letom videz dinamično spreminja – od olistanega stanja in obilnega cvetenja do stanja brez listov. Učinek ozelenitve je pri tej različici najmanj ploskoven, saj vzpenjavka tvori večjo prostornino na vertikalni ploskvi.

8 Sklep

Vertikalno ozelenjevanje ima v današnjih časih velik potencial, saj se mesta širijo, pozidava v mestih se zgošča, prostora za zelene površine pa primanjkuje. Številne študije dokazujejo, da zelene stene blagodejno vplivajo na mikropodnebje. Rastline lahko filtrirajo zrak in padavinsko vodo in absorbirajo hrup, zato posredno pozitivno vplivajo tudi na zdravje in kakovost življenja ljudi v mestih. Številnim organizmom lahko nudijo življenjski prostor in hrano ter tako prispevajo k pestrejši biotski raznovrstnosti. Zelene stene kot izolacijski sloj vplivajo tudi na temperaturo v notranjosti stavbe. Pozimi se zmanjša poraba energije za ogrevanje, poleti pa za hlajenje, s tem pa tudi stroški. Zelene stene se lahko kot stopalni kamni vključujejo v urbano okolje in dopolnjujejo zeleni sistem mesta.

V Sloveniji je vertikalno ozelenjevanje še precej redko. V večini primerov gre za ozelenjevanje z oprijemalkami, ki ne potrebujejo opore, zelene stene pa so zelo redke. Predvsem zaradi pomanjkanja standardizacije na tem področju so investicije umeščanja zelenih sten razmeroma visoke, zaradi široke izbire pa je tudi odločitev, kateri tip ozelenitve stene izbrati, težja. Zaradi podnebnih lastnosti je omejen rastlinski nabor rastlin, saj morajo biti te prezimno trdne. Najpogosteje uporabljeni rastlinski vrsti pri neposrednem ozelenjevanju sten sta trirogljata vinika (*Parthenocissus quinquefolia*) in bršljan (*Hedera helix*). Nabor rastlin je odvisen od izbora tipa vertikalne ozelenitve, pri zelenih stenah je izbira pestrejša. Kljub omejenosti izbora zaradi morfoloških lastnosti rastlin in podnebnih dejavnikov je nabor rastlin, ne glede na izbran tip vertikalne ozelenitve, še vedno dovolj pester, da omogoča vidno zanimive in dinamične zasaditve.

Ozelenjevanje sten z vzpenjavkami je cenovno še vedno dostopnejše od sistemov zelenih sten (panelov, plastičnih

kompozitov). Za ozelenitev sta potrebna manjše število rastlin in količina substrata. Zelene stene morajo za optimalno rast rastlin imeti vgrajen namakalni sistem, s tem pa zahtevajo več vzdrževanja. Vzpenjavke potrebujejo namakanje le v začetnih fazah rasti, pozneje pa zadošča deževnica, ki jo ujamejo, zato zalivalni sistem ni potreben.

Prednosti vertikalnega ozelenjevanja pretehtajo slabosti. Vertikalno ozelenjevanje je razmeroma sveže in se nenehno razvija. Sistemi zelenih sten postajajo preprostejši za namestitev in vzdrževanje, zato bo v prihodnosti tudi načrtovanje zelenih sistemov preprostejše in cenovno ugodnejše.

.....
 Saša Kolman
 magistrantka Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani,
 Oddelek za krajinsko arhitekturo, Ljubljana
 E-pošta: sassa.kolman@gmail.com

Doc. dr. Valentina Schmitzer
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko
 arhitekturo, Ljubljana

Viri in literatura

Cedilnik, R., Oštir, K., Kokalj, Ž. 2016. Satelitsko termično sevanje Ljubljane. V: Digitalni podatki. Ciglič, R., Geršič, M., Perko, D., Zorn, M. Ljubljana, Založba ZRC: 83–93.

Dobson, M., Ryan, J. 2000. Trees & Shrubs for Noise Control. Arboreal Advisory and Information Service: 8 str. Dostopno na: <https://www.trees.org.uk/Trees.org.uk/files/8c/8c69f212-a82e-424b-96d1-c8ff6dc02403.pdf> (oktober 2018).

Dunett, N., Kingsbury, N. 2013. Planting green roof and living walls. 3. izdaja, London, Timber press, Inc.: 328 str.

Eckbo, G. 1950. Landscape for living. New York. Duell, Sloan & Pearce: 274 str.

Fassadengruen. 2017. Wire-rope systems. Dostopno na: <https://www.fassadengruen.de/en/wire-rope-systems-overview.htm> (oktober, 2017).

Hindle, L. R. 2013. Stanley Hart White and the question of 'What is Modern?' Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes. 33, 3: 170–177.

Nemec. 2018. Nemec cascade gardens. Dostopno na: <https://nemec.co.uk/technical-data> (april, 2018).

Ogrin, D. 2010. Krajinska arhitektura. Ljubljana, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani: 324 str.

Petty, N. A. 2008. Vertical is the new horizon: An overview of vertical gardening in the 21th century. Master thesis. University of Georgia, Landscape architecture department (MLA): 226 str.

Perini, K., Ottelé, M., Haas, E. M., Raiteri, R. 2013. Vertical greening systems, a process tree for green façades and living walls. Urban Ecosystems, 16: 265–277.

Sheweka, S., Magdy, N. 2011. The living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment. Energy Procedia, 6: 592–599.