

Anja SETNIČAR
Valentina SCHMITZER

Deževni vrt kot sonaravni pristop k upravljanju padavinske vode v mestih

V urbanih območjih, ki jih zaznamuje visoka stopnja neprepustnih površin in odsotnost vegetacije, se pojavi urbani vodni krog, ki negativno vpliva na kakovost okolja in življenja v mestih. Sonaravni pristopi k upravljanju padavinske vode se poskušajo približati poteku naravnega vodnega kroga in tako omiliti vplive urbanega. Med take pristope spadajo tudi deževni vrtovi, ki so prepoznani kot funkcijsko najbolj pestri. Zaradi širokega rastlinskega nabora in raznolikih po-

javnih oblik lahko deževni vrtovi služijo tudi kot prostori za igro in izobraževanje, biotsko pestre oaze ali kot nove vizualno privlačne zelene površine (javne ali zasebne).

Ključne besede: deževni vrt, padavinska veriga, sonaravni pristopi, urbani vodni krog, vegetacija

1 Uvod

Voda je dragocena naravna dobrina, ključna za ohranjanje okolja in življenja v njem. Pokriva približno 71 % površine Zemlje. Od celotne količine je okoli 97 % slane in le okoli 3 % sladke vode. Toda tudi večina sladke vode je človeku nedostopna, saj je globoko v tleh, v ledenikih in permafrostu (Bralower in Bice, 2020).

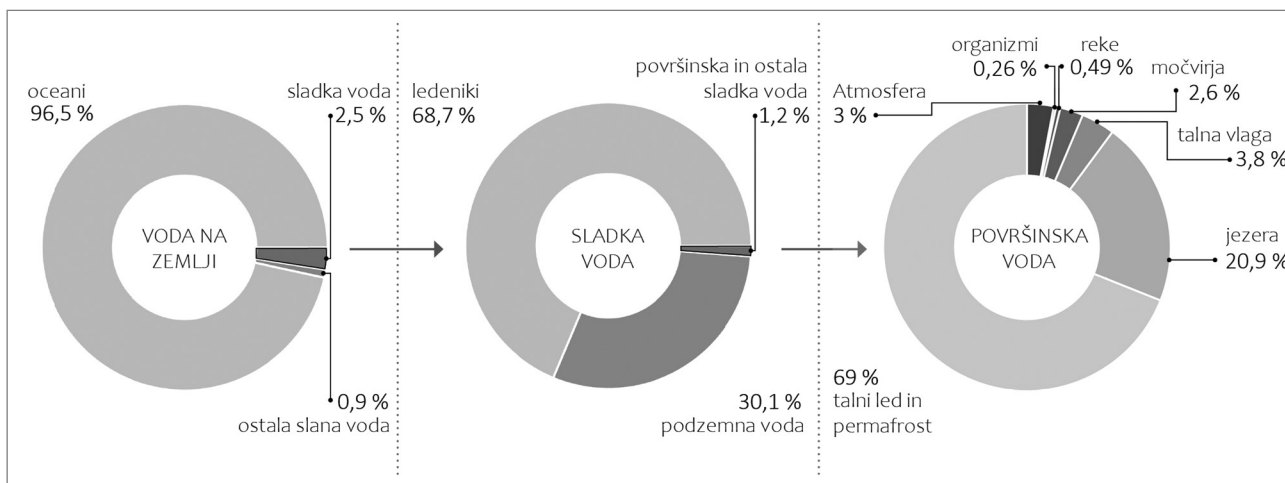
Kljub majhni količini dostopne pitne vode velik del človeštva z njo ravna netrajnostno. Danes je večina vode v mestih ujeta v cevi in dostopna z enim gibom roke, kar daje občutek neomejenih količin sveže pitne vode in ne vzbuja krivde ob onesnaženi odpadni vodi (ang. *Out of sight, out of mind*). Posledice takega odnosa so tudi podnebne spremembe, ki jih pripisujemo poseganju človeka v naravne procese – predvsem v naravni vodni krog, ki ima pomembno vlogo pri vzdrževanju ravnovesja na Zemlji. Zadnje je ključno za kakovostno življenje vseh živih bitij, njegova porušitev pa vodi k pomanjkanju čiste vode in hrane, padavinskim in temperaturnim ekstremom, onesnaževanju vode in vodnih okolij. V urbanih območjih, kjer naravne površine večinoma nadomeščajo togi in neprepustni materiali, ne govorimo več o naravnem, temveč o urbanem vodnem krogu. Po napovedih se bo delež urbane populacije do leta 2050 dvignil s 54 na 66 % (International Resource Panel, 2018), z njim pa tudi negativen vpliv človeka na vodni krog. Med ukrepi, ki se poskušajo približati naravnemu poteku vodnega kroga, so sonaravni pristopi upravljanja padavinske

vode v mestih (ang. *nature-based solutions*). Ti temeljijo na živih materialih (vegetaciji in substratu), saj opravljajo številne funkcije (predstavljajo nove zelene površine in habitate, blagodejno vplivajo na mikroklimo itd.), s katerimi blažijo učinek urbanih toplotnih otokov. Med sonaravne pristope spadajo zelene strehe in stene, deževni zabojniki in raznolike zasajene depresije, med katerimi so tudi deževni vrtovi. Ti so funkcijsko in vegetacijsko najbolj pestri (Dunnett in Clayden, 2007). Sonaravni pristopi dajejo vodi v mestu ponovno prostor, jo dalj časa zadržijo na mestu padavin in s tem pripomorejo k ponovni vzpostavitvi naravnega krogotoka.

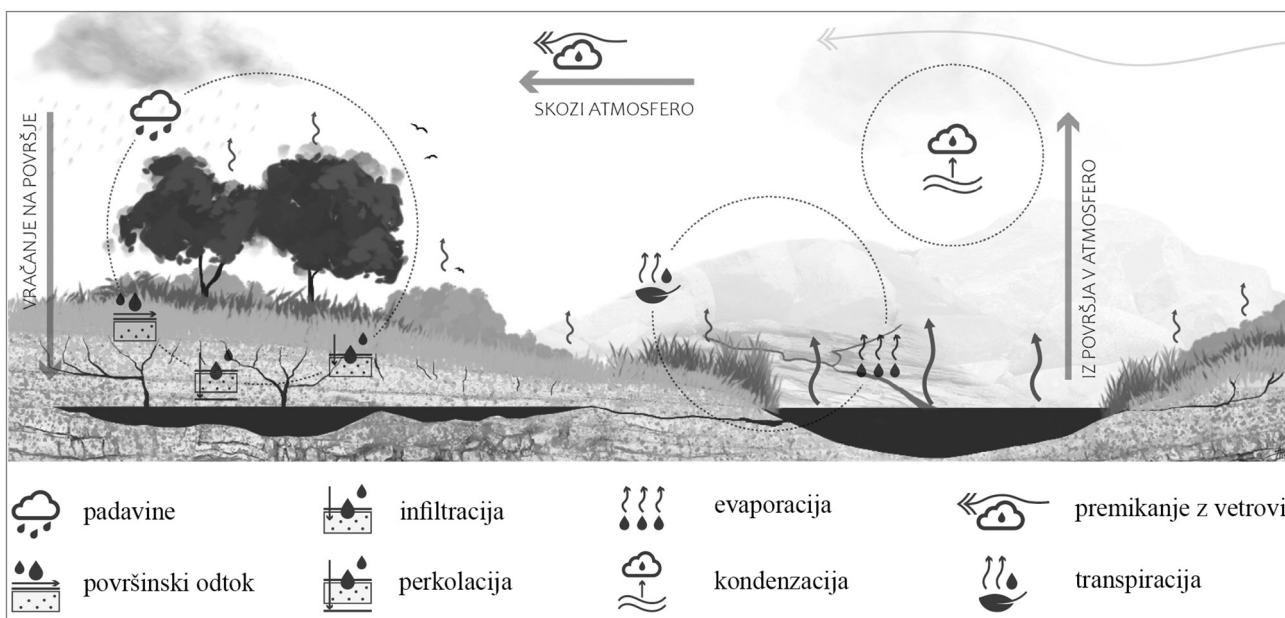
2 Urbani vodni krog

Voda v naravi neprestano spreminja agregatna stanja in kroži. To kroženje, ki ga poganja energija sonca, se imenuje vodni krog (slika 2). Na njegov potek vplivajo lokacije vodnih teles, količina vode, vetrovi in relief. V grobem delimo kroženje vode v tri sklope (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019):

- gibanje s površja v atmosfero (evaporacija^[1], transpiracija^[2] in sublimacija^[3]),
- gibanje v atmosferi (kondenzacija^[4] ter gibanje zračnih mas),
- pot nazaj na površje Zemlje (padavine, resublimacija^[5], infiltracija^[6], perkolacija^[7] in površinski odtok).



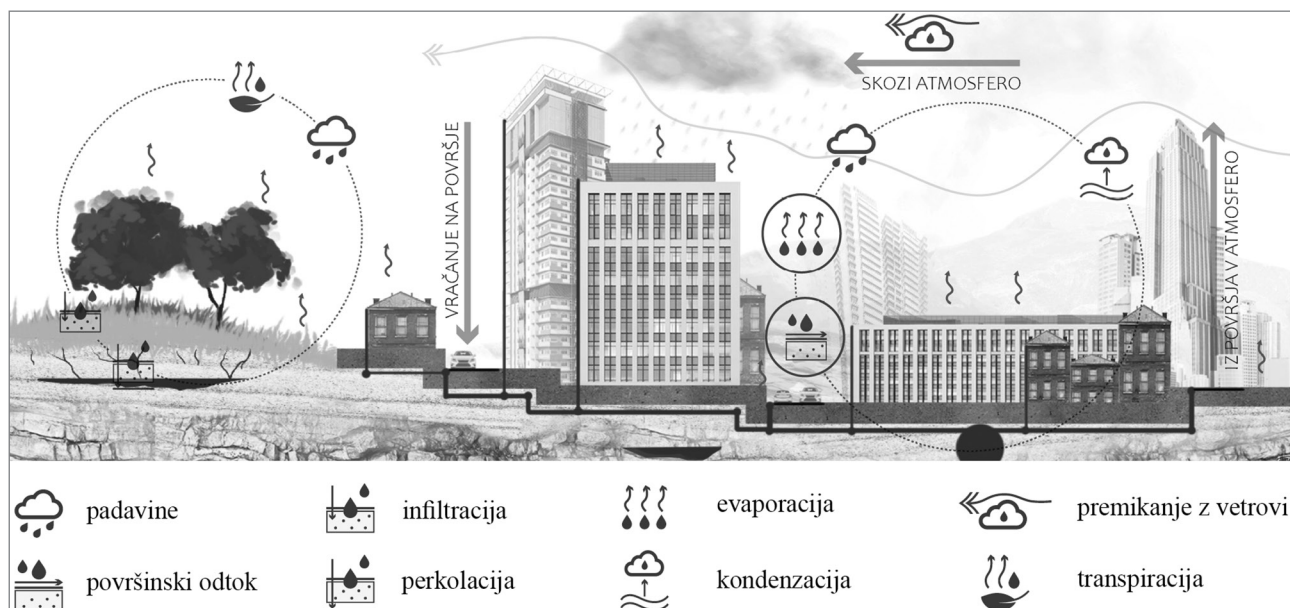
Slika 1: Razporeditev vode na Zemlji (vir: prirejeno po Bralower in Bice, 2020).



Slika 2: Potek naravnega vodnega kroga (ilustracija: Anja Setničar, prirejeno po Dunnett in Clayden, 2007).

V urbanih okoljih se vzpostavi urbani vodni krog (slika 3), ki se odvija hitreje, vendar je kljub temu bolj kompleksen od naravnega vodnega kroga (Dunnett in Clayden, 2007). Največje razlike med naravnim in urbanim vodnim krogom zaznavamo pri teh komponentah:

- evaporacija: zaradi višje porabe energije in višjih temperatur zraka v urbanih okoljih je evaporacija od 5 do 20 % hitrejša kot v naravnih okoljih (Marsalek idr., 2007);
- transpiracija: višje temperature zraka v urbanih okoljih jo pospešujejo, manjša dostopnost talne vlage pa jo zavira (Dunnett in Clayden, 2007). Take razmere so za rastline v urbanih okoljih zelo stresne in vodijo do propada ali prezgodnega staranja rastlin;
- infiltracija in perkolacija: zaradi neprepustnih površin je stopnja infiltracije in perkolacije v urbanih okoljih nižja (Dunnett in Clayden, 2007);
- površinski odtok: zaradi neprepustnih površin je površinski odtok vode veliko večji. Površinsko odtekla voda je bolj onesnažena ter ne prispeva k podzemnim zalogam vode in talni vlagi (Dunnett in Clayden, 2007). V urbanih okoljih se padavinska voda najpogosteje onesnaži s težkimi kovinami (baker (Cu), cink (Zn), kadmij (Cd), krom (Cr), svinec (Pb) itd.), z dušikom (N) in fosforjem (P), pesticidi, patogeni, ogljikovodiki, solmi in mikroplastiko. Onesnažila negativno vplivajo na razvoj in zdravje organizmov ter na kakovost vodnih in obvodnih okolij. Nekatera onesnažila (predvsem težke kovine in pesticidi) imajo zmožnost bioakumulacije, kadar je vnašanje v organizme hitrejšo od njihove presnove in izločanja (Collett, 2013).



Slika 3: Potek urbanega vodnega kroga (ilustracija: Anja Setničar, prirejeno po Dunnett in Clayden, 2007).

Na vodni krog vplivata tudi urbani toplotni otok (v nadaljevanju: UTO), groba struktura urbanega površja (visoke stavbe, gosta pozidava, ostri robovi) in onesnaženost zraka. UTO je pojav, ki nastane zaradi neravnovesja med prejeto in oddano energijo. Ravnovesje se poskuša vzpostaviti s segrevanjem zraka, pospešenim izhlapevanjem vode in shranjevanjem toplote v materialih. Shranjena toplota se sprošča ponoči, ko se ozračje ohladi (Gunawardena idr., 2017). Urbana območja so zaradi pojava UTO za od 4 do 6 °C (Marsalek idr., 2007) oziroma tudi do 11 °C (Britannica, 1998) toplejša od okolice. Zaradi velikih temperaturnih razlik prihaja do nestabilnosti ozračja. Toplejši zrak nad mesti se zaradi hladnejše okolice hitreje dviguje in adiabatno ohlaja^[8]. Če je prisotna zadostna količina vlage, nastajajo nevihtni oblaki, ki lahko povzročajo močne nalive. Intenzivnejši ko je UTO, večji vpliv ima na potek vodnega kroga (National Aeronautics and Space Administration, v nadaljevanju: NASA, 2006a). Zaradi razgibanosti višin (visoke stavbe) in ostrih oblik robov se zračnim tokovom pri gibanju čez urbano krajino neprestano spreminjata smer in hitrost. Ob konvergenci^[9] tople in vlažen zrak prehaja v hladnejši zrak v višjih plasteh, kar prav tako povzroča nastanek nevihtnih oblakov. Groba struktura mestne krajine otežuje tudi prevetritev in naravno ohlajanje pregretega ozračja (NASA, 2006a).

Onesnaženost zraka ima pomembno vlogo pri nastanku padavin. Za oblikovanje kapljic v oblakih je nujna prisotnost aerosola. Naravni aerosol oblikujejo delci peska, cvetnega prahu in soli, antropogeni aerosol pa tvorijo predvsem delci onesnažil. Kapljice, ki nastanejo okrog naravnega aerosola, so velike 20

mikrometrov, kapljice okrog antropogenega aerosola pa so manjše in ne presegajo 2 mikrometrov (NASA, 2006b). Ker je nad mesti zrak bolj onesnažen, se lahko oblikuje več manjših dežnih kapljic, ki so lažje ter se s pomočjo zračnih mas hitreje in višje dvigajo. Oblaki nad urbani površinami so posledično bolj plastoviti in zmožni nositi večje količine vode. Na to, ali bo deževalo ali ne, vpliva vlažnost zraka ob površju. Če je zrak suh, bodo dežne kapljice zaradi svoje majhnosti izparele, preden bodo dosegle površje – padavin ne bo, nastopijo lahko daljša sušna obdobja. Če je zrak vlažen, pa so lahko padavine zelo obilne (NASA, 2006b).

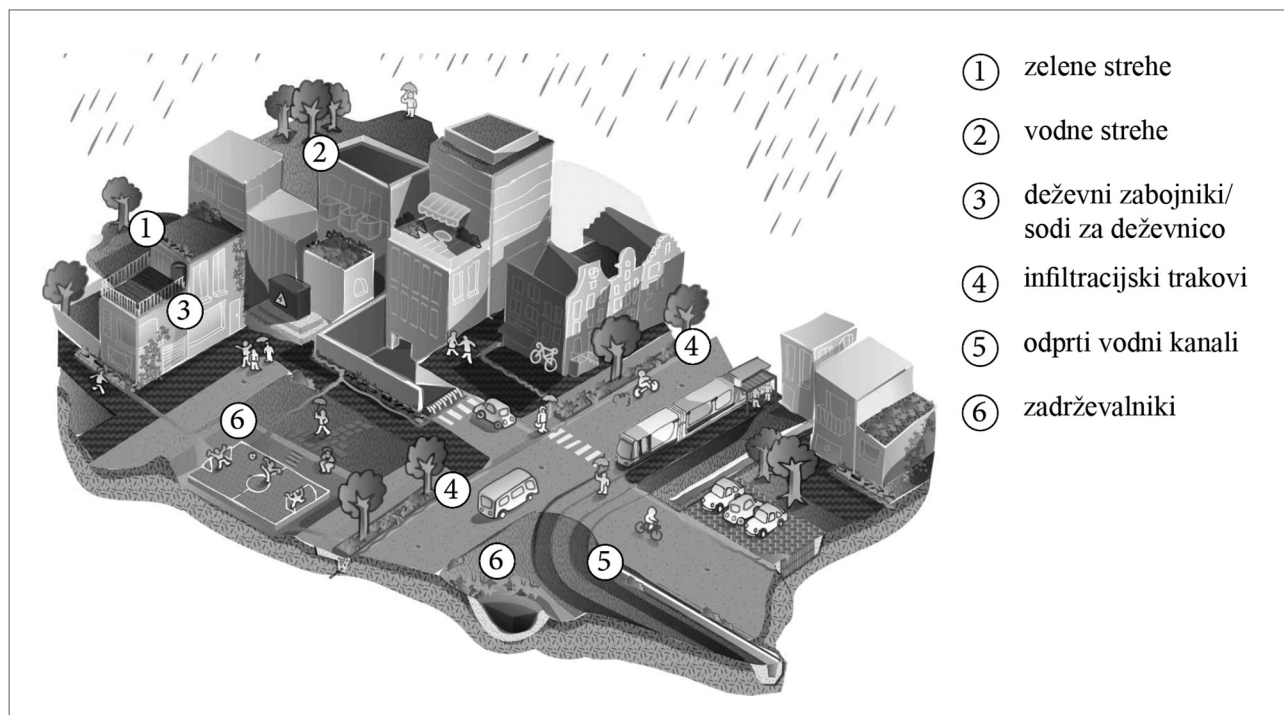
3 Sonaravni pristopi in padavinska veriga

Vzpostavitev padavinske verige je celosten pristop k upravljanju padavinske vode v urbani krajini. Padavinska veriga nastane, ko medsebojno povežemo različne sonaravne pristope v prostoru, ki postanejo členi verige (slika 4). Členi so med seboj povezani in soodvisni. Večje ko je število členov na območju, močnejša je padavinska veriga (Dunnett in Clayden, 2007). Z vzpostavitvijo padavinske verige se zagotavlja celosten pristop k upravljanju padavinske vode, saj členi verige vodo vodijo čez celotno potovanje po urbanih površinah. Primeri členov verige (preglednica 1) so zelene strehe, zelene stene, deževni zabojniki, prepustno tlakovanje in različne zasajene depresije (npr. deževni vrtovi).

Preglednica 1: Členi padavinske verige

| | Zelene strehe | Zelene stene | Zasajeni deževni zabojniki | Prepustno tlakovanje | Deževni vrtovi in ozelenjeni infiltracijski trakovi | Ozelenjeni kanali | Rastlinski filtri in umetna mokrišča |
|-------------------------------|--|---------------------------------------|---|---|---|---|---|
| Lokacija/opis | ozelenjene strešne površine, horizontalne površine | ozelenjene stene, vertikalne površine | prestrezanje in začasno zadrževanje deževnice neposredno ob objektu | tlakovane površine, ki omogočajo infiltracijo padavinske vode | ozelenjene površine za zbiranje padavinske vode | parki, stanovanjska in komercialna krajina, urbana infrastruktura | parki, stanovanjska in komercialna krajina, urbana infrastruktura |
| zaviranje površinskega odtoka | X | | X | X | X | | |
| zadrževanje | X | X | X | X | X | X | X |
| pridrževanje | X | | X | | X | X | X |
| transport | | | | | | X | |
| filtracija | | | X | | X | X | X |
| habitat | X | X | X | X | X | X | X |
| ugodje | X | X | X | X | X | X | X |

Vir: prirejeno po Dunnett in Clayden (2007).

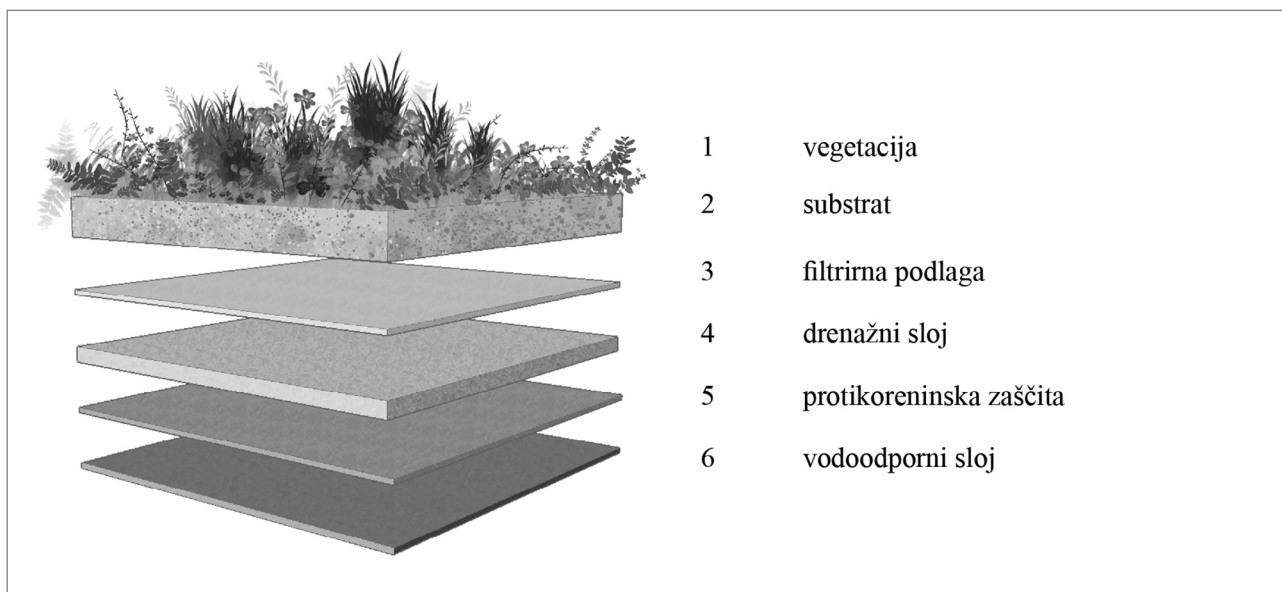


Slika 4: Členi padavinske verige v mestu (vir: prirejeno po Dunnett in Clayden, 2007).

3.1 Zelene strehe

Strehe v mestih predstavljajo do 50 % vseh neprepustnih površin (Dunnett in Clayden, 2007) in so prva površina, ki jo doseže padavinska voda, zato so idealna lokacija za implementacijo prvega člena padavinske verige – zelene strehe (ang. *green roof*). Zelena ali ozelenjena streha je ravna streha objekta, prekrita z

vegetacijo na posebej prilagojeni podkonstrukciji (Slovar slovenskega knjižnega jezika, v nadaljevanju: SSKJ, 2022). Sestavljajo jo vodoodporni sloj, protikoreninska zaščita, drenažni sloj ter posebej prilagojen substrat in vegetacija (slika 5).



Slika 5: Sloji zelene strehe (ilustracija: Anja Setničar, prirejeno po Dunnett in Clayden, 2007).

Med sonaravne pristope spadajo samo ekstenzivne zelene strehe, saj so primarne funkcije intenzivnih zelenih streh vezane predvsem na človekovo ugodje in ne na upravljanje padavinske vode. Tudi stroškovno so potratnejše od ekstenzivnih zelenih streh.

Primarni nalogi ekstenzivne zelene strehe kot člena padavinske verige sta zmanjševanje količine in hitrosti površinskega odtoka. V grobem velja, da se letni površinski odtok vode, ki pade na površino strehe, zmanjša za od 50 do 80 %. V primeru rahlih padavin pa so zelene strehe zmožne zadržati tudi do 100 % padavinske vode (Dunnett in Clayden, 2007). Zadrževalna sposobnost zelenih streh je odvisna od letnega časa, podnebja, jakosti in trajanja padavinskega dogodka, nagiba strehe, globine in vrste substrata, kompleksnosti izdelave plasti ter izbora in vitalnosti rastlin. Če količina padavin presega zadrževalno sposobnost zelene strehe, presežek v primerjavi z odtokom z nezelenjene strehe odteče počasneje. Z zmanjševanjem hitrosti površinskega odtoka se zmanjša tudi njegova erozijska moč. Zelene strehe nudijo tudi dobro zvočno in toplotno izolacijo, predstavljajo nove habitate, zvišujejo biodiverzitetno območje, izboljšujejo mikroklimo in posledično zmanjšujejo jakost UHO.

Plast substrata na ekstenzivnih zelenih strehah je plitka, zato se nanje sadijo nizke in nezahtevne rastline, ki so prilagojene na daljša sušna obdobja, vročino in izpostavljenosti neposredni sončni svetlobi. So samozadostne ter ne predvidevajo zalivanja in pogostega vzdrževanja, le letni ali polletni pregled stanja sistema. Izvedemo jih na površinah z naklonom do 30°. Večji nakloni povzročajo nestabilnost in večjo možnost erozije substrata (Cahill, 2012).

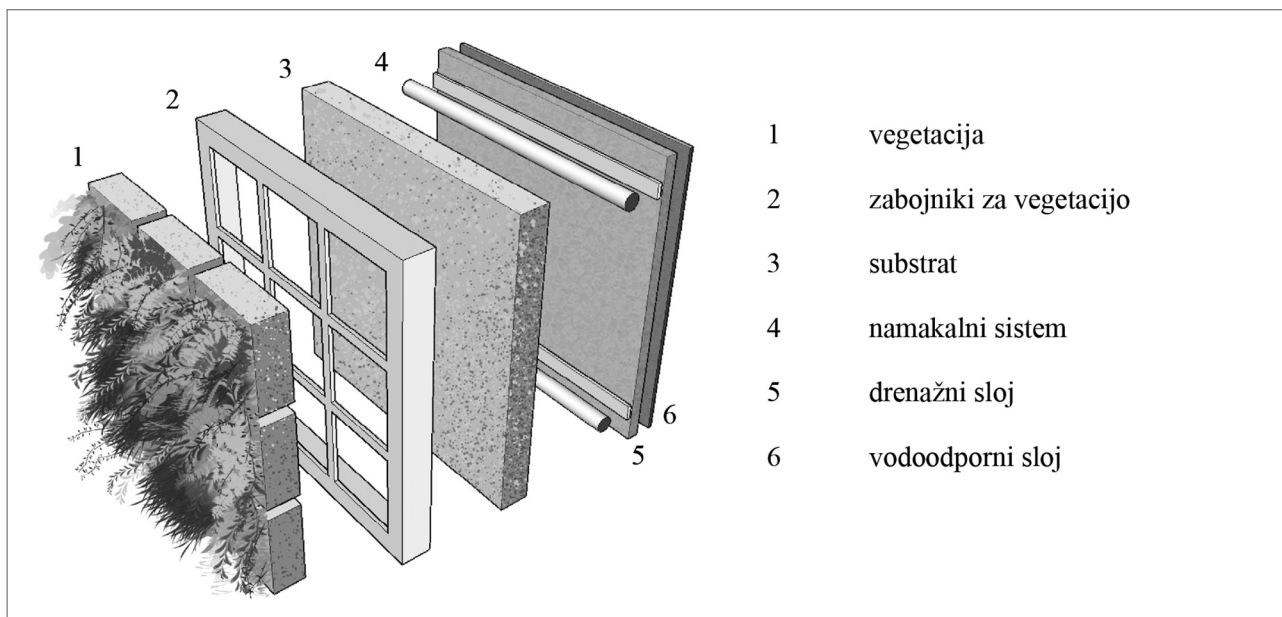
3.2 Zelene stene

Zelene stene (ang. *green walls*) so z vegetacijo prekrivane stene objektov (SSKJ, 2022). Vegetacija je lahko zasajena ob objektih in se vzpenja v koritih na balkonih ali pa je stena obložena z vnaprej oblikovanimi elementi, ki so pritrjeni neposredno na objekt, in zasajeni z različnimi rastlinami (zelnate trajnice, čebulnice, nižje grmovnice). Pri vnaprej oblikovanih vertikalnih elementih je zaradi vpliva gravitacije zadrževalna sposobnost vode manjša. Večina takih sten zato zahteva dodatno namakanje (slika 6). Pri zelenih stenah, ki so ozelenjene s plezajočimi ali visečimi rastlinami, je zadrževalna sposobnost vode nižja, vendar je manjša tudi potreba po zalivanju (Dunnett in Clayden, 2007). Kot člen padavinske verige ne prispevajo bistveno k zmanjševanju površinskega odtoka, lahko pa izboljšajo mikroklimo v urbanem okolju, saj nudijo temperaturno in zvočno izolacijo objektov in prestrezajo prašne delce. Poleg naštetih funkcij zvišujejo biodiverzitetno in oblikujejo nove habitate za različne organizme.

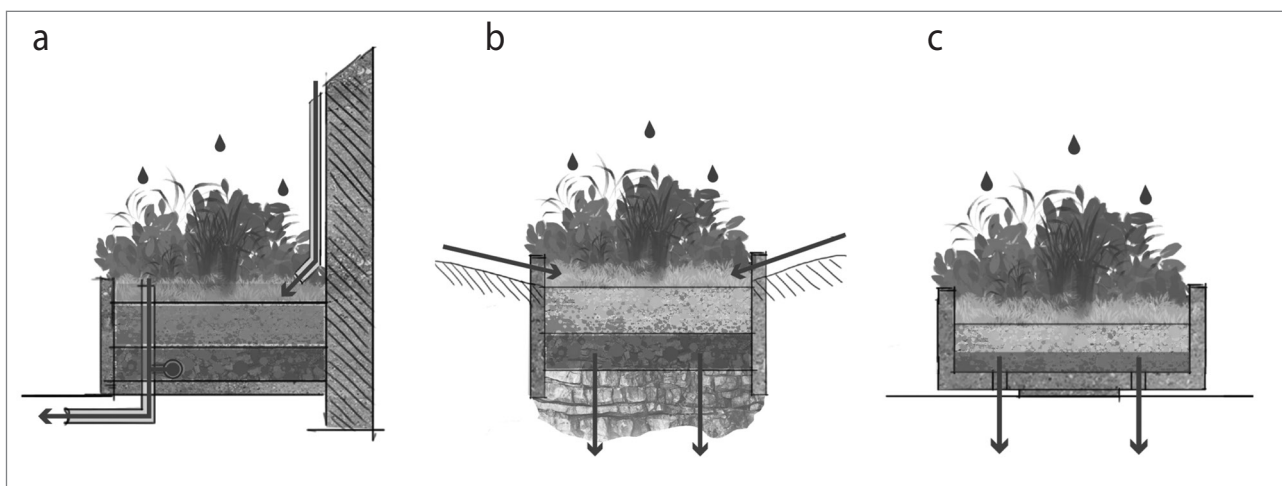
3.3 Zasajeni deževni zabojniki

Zasajeni deževni zabojniki prestrezajo padavinsko vodo in časovno podaljšujejo pot, ki jo mora voda opraviti, preden odteče z območja. Umeščeni so neposredno ob objekt (Dunnett in Clayden, 2007), rastline v njih pa so prilagojene na periodično zastajanje vode, ki ni daljše od 12 ur. Obstajajo različni tipi, ki se razlikujejo po načinu zbiranja in odtekanja vode (City of Portland, 2022):

- pretočni zabojnik (ang. *flow-through planter*) (slika 7a): neprepustno korito z drenažo, ki vodo odvaja do določene



Slika 6: Sloji zelene stene (ilustracija: Anja Setničar, prirejeno po Biotecture, 2022).



Slika 7: (a) Pretočni, (b) ponikovalni in (c) zadrževalni zabojniki (ilustracija: Anja Setničar, prirejeno po City of Portland, 2022).

- ne lokacije (reka, kanal, zbiralnik, čistilna naprava itd.);
- ponikovalni zabojniki (ang. *infiltration planter*) (slika 7b): prepustno korito, ki omogoča infiltracijo vode na isti lokaciji;
- zadrževalni zabojniki (ang. *contained planter*) (slika 7c): prepustno korito, ki prestreza samo padavinsko vodo, ki pade neposredno na njegovo površino. Postavljeni so neposredno na nepropustne tlakovane površine, v njih se voda začasno zadrži in nato odteče skozi drenažne luknje po tlakovani površini.

3.4 Prepustni tlaki in tlakovanje

Novi prepustni materiali za tlakovanje, kot sta porozen beton in asfalt, omogočajo infiltracijo vode. Zmanjšujejo površinski

odtok padavinske vode in vplive netočkovnega onesnaževanja, saj se voda naravno očisti prek talnih plasti. Infiltrirana voda je dostopna okoliškim rastlinam in prispeva k polnjenju podtalnice (City of Portland, 2022). Prepustni beton in asfalt imata številne pomanjkljivosti in nista primerna za vse okoliščine. Poroznost se zaradi nalaganja sedimentov skozi čas zmanjšuje, kar vodi do zastajanja vode na površini in v porah (zmrzovanje povzroča poškodbe). Zaradi pogostega vzdrževanja sta porozen asfalt in beton stroškovno neučinkovita. Obstajajo stroškovno učinkovitejša rešitve. Infiltracija vode se izboljša že s preprostim ukrepom, kot je večji razmik med tlakovci, ki mora biti za nemoteno infiltracijo vode večji od 6 mm (Swanson idr., 2019), uporaba peska in drobljenega kamna tam, kjer je to mogoče.

3.5 Zasajene depresije

Glavne naloge zasajenih depresij so zbiranje, zadrževanje in filtriranje padavinske vode na ravni tal, ki vanje priteka z okoliških neprepustnih površin. Zaradi majhnih razlik med tipi zasajenih depresij prihaja do prepletanja definicij in pomanjkanja slovenskih izrazov.

Z vegetacijo zasajeni pasovi oziroma ozelenjeni infiltracijski trakovi (ang. *infiltration strips* ali *urban infiltration strips*) so linijske depresije, ki se večinoma umeščajo ob cestah in parkiriščih. Njihova primarna naloga je infiltracija padavinske vode na isti lokaciji (Atelier GroenBlauw, 2022).

Z vegetacijo zasajeni jarki oziroma ozelenjeni kanali (ang. *landscape swales*, *bioswales*, *vegetated swales*, *grassy swales*) so linijske depresije ob cestah, parkiriščih in drugih neprepustnih površinah, glavna naloga katerih je transport vode do drugih infiltracijskih depresij, kot so deževni vrtovi in mokrišča (Dunnnett in Clayden, 2007).

Rastlinske filtre (ang. *vegetation filters*) tvori skrbno izbrana vegetacija, ki uspeva tudi ob visoki koncentraciji onesnažil (predvsem težkih kovin) ter jih je sposobna absorbirati in skladiščiti v vegetativnih delih. Uporabljene rastline veljajo za toksični odpadki in morajo biti obravnavane temu primerno (Korže in Janškovec, 2009).

Zadrževalniki (ang. *retention, detention ponds*) so obsežnejše depresije, ki so namenjene zadrževanju večje količine padavinske vode iz širšega območja. Ločimo mokre zadrževalnike (neprepustni bazeni, v katerih je voda trajno prisotna) in suhe (prepustni bazeni, v katerih je voda prisotna kratek čas ob večjih padavinskih dogodkih).

Med zasajene depresije spadajo tudi deževni vrtovi (ang. *rain gardens*), ki so v osnovi zasajeni suhi zadrževalniki. Najosnovnejša definicija deževnega vrta je, da je ta z vegetacijo zasajena depresija, ki v času padavinskih dogodkov zbira in zadržuje padavinsko vodo ter ji omogoča infiltracijo v tla (Cahill, 2012). S tem zmanjšuje obremenjenost meteornege sistema in podpira naravno kroženje vode. Prek vegetacije in substrata se voda očisti tudi različnih onesnažil. Ta definicija postavlja deževne vrtove ob bok suhim zadrževalnikom, toda tudi infiltracijskim trakovom, ozelenjenim kanalom in delno rastlinskim filtrom. Deževni vrtovi so lahko zasebni ali javni, majhni ali veliki in opravljajo širok nabor različnih funkcij.

4 Deževni vrt

Deževni vrt je sonaravni pristop k upravljanju padavinske vode, ki ima najobširnejši nabor primarnih in tudi sekundarnih funkcij (Dunnnett in Clayden, 2007). Od nabora funkcij so odvisni njegova oblika, velikost, zasaditev in posledično končni videz. V nadaljevanju so natančneje povzete ključne primarne (zbiranje in zadrževanje vode, absorpcija onesnažil) in sekundarne funkcije deževnih vrtov (izboljšava mikroklima, novi habitati, biodiverziteti, igra, izobraževanje, senzorična privlačnost idr.). Zbiranje in zadrževanje padavinske vode sta osnovni funkciji deževnih vrtov. Voda se vanje steka z okoliških območij, kot so strehe, dovozi, parkirišča in ceste. Priporočeno je, da se voda v deževnih vrtovih ne zadržuje dalj kot 24 ur, saj daljše zastajanje te negativno vpliva na številne rastline (Dunnnett in Yuan, 2018). Voda se nato infiltrira v tla ali preusmeri drugam (npr. v čistilne naprave). V nekaterih primerih je treba vodo tretirati tudi pred izlivanjem v deževni vrt. Take okoliščine se pojavijo, če je padavinska voda močno nasičena s sedimenti ali ima preveliko hitrost in bi povzročila erodiranje (Cahill, 2012). Absorpcija onesnažil je druga osnovna funkcija deževnih vrtov. Kompleksne zasaditve z različnimi rastlinskimi vrstami in tipi vegetacije (trajnice, trave, praprotnice, grmovnice, drevesa) in primeren substrat (struktura, tekstura, globina) lahko iz vode odstranijo do 90 % bakra, cinka in svinca, do 50 % dušika in do 65 % fosforja (Morash idr., 2019). Če je voda preveč onesnažena in deževni vrtovi niso dovolj učinkoviti, se voda prek cevi steka v dodatne čistilne naprave. Znanstveniki so navedli približno 4.000 rastlinskih vrst, ki so primerne za odstranjevanje onesnažil (Korže in Janškovec, 2009). Zaradi uporabe vegetacije in substrata so deževni vrtovi novi habitati in zvišujejo biodiverzitetno območje. Rastline v zasaditvah deževnih vrtov so različne zelnate trajnice, trave, praproti ter tudi grmi in drevesa. Čim raznovrstnejši je rastlinski material, tem stabilnejše je okolje deževnega vrta in več funkcij lahko opravlja. Tudi pozimi, ko rastline mirujejo in deževni vrtovi ne morejo tako dobro opravljati primarnih nalog, še vedno služijo kot habitati (Dunnnett in Clayden, 2007). Vegetacija zmanjšuje tudi jakost UTO, saj se z evapotranspiracijo^[10] v atmosfero sprošča velika količina energije, ki hladi ozračje. Na globalni ravni naj bi evapotranspiracija letno odvedla $1,4803 \times 10^{23}$ J oziroma 21,74 % celotne razpoložljive energije na Zemlji. Letna poraba človeka pa se giblje okoli $4,935 \times 10^{20}$ J, kar je samo 0,33 % letne porabe evapotranspiracije (Guoyu idr., 2013). Med sekundarnimi funkcijami deževnih vrtov so igra, izobraževanje in senzorična zanimivost teh ureditev. Kombinacija različnih materialov in rastlin je lahko poučna in prek igre spodbuja senzorični razvoj otrok, saj se seznanijo z različnimi materiali, teksturami okolja in tako razvijejo boljši odnos do narave. V mestih, kjer je pomanjkanje raznolikih naravnih okolij, je taka igra še toliko pomembnejša.

Preglednica 2: Priporočeni tipi deževnih vrtov glede na vrsto tal

| Vrsta tal | Minimalna hitrost infiltracije | Priporočen tip deževnega vrta |
|------------------|--------------------------------|---|
| Pesek | 21 cm/uro | Plitka kotanja, dodajanje organske snovi za boljšo zadrževalno sposobnost tal, uporaba rastlin, ki so odporne na pomanjkanje vode. |
| Peščena ilovica | 2,5 cm/uro | Plitka kotanja, dodajanje organske snovi v substrat za boljšo zadrževalno sposobnost tal. Kljub počasnejšemu osuševanju je treba izbrati rastline, ki so odporne na pomanjkanje vode. |
| Meljasta ilovica | 0,6 cm/uro | Plitka in zmerno velika kotanja, dodajanje organske snovi za boljšo poroznost in zračnost tal. |
| Glinasta ilovica | 0,25 cm/uro | Velika kotanja z izboljšanjem poroznosti tal s peskom. Uporaba rastlin z globokimi koreninami za boljšo in hitrejšo infiltracijo. |
| Glina | 0,05 cm/uro | Glinena tla niso priporočljiva za deževne vrtove, infiltracija je prepočasna. |

Vir: prirejeno po Erskine in Uncapher (2012).

Preglednica 3: Izbor trajnic za deževne vrtove

| Trajnice | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <i>Acanthus</i> sp. | <i>Caltha palustris</i> | <i>Heliopsis helianthoides</i> | <i>Polemonium reptans</i> |
| <i>Achillea</i> sp. | <i>Cardamine pratensis</i> | <i>Hemerocallis</i> sp. | <i>Polygonatum</i> sp. |
| <i>Actaea racemosa</i> | <i>Chamerion angustifolium</i> | <i>Iris</i> sp. | <i>Primula</i> sp. |
| <i>Alcea rosea</i> | <i>Chelidonium majus</i> | <i>Lavandula angustifolia</i> | <i>Rheum palmatum</i> |
| <i>Alchemilla mollis</i> | <i>Chelone</i> sp. | <i>Leucosium aestivum</i> | <i>Rodgersia pinnata</i> |
| <i>Allium cernuum</i> | <i>Coreopsis</i> sp. | <i>Liatris</i> sp. | <i>Rudbeckia</i> sp. |
| <i>Amorpha canescens</i> | <i>Darmera peltata</i> | <i>Ligularia</i> sp. | <i>Sanguisorba tenuifolia</i> |
| <i>Amsonia tabernaemontana</i> | <i>Delphinium</i> sp. | <i>Lobelia</i> sp. | <i>Scobiosa</i> sp. |
| <i>Anemone canadensis</i> | <i>Dianthus gratianopolitanus</i> | <i>Lychnis flos-cuculi</i> | <i>Schizostylis coccinea</i> |
| <i>Angelica sylvestris</i> | <i>Dicentra formosa</i> | <i>Lysimachia</i> sp. | <i>Silphium</i> sp. |
| <i>Aquilegia canadensis</i> | <i>Echinacea</i> sp. | <i>Lythrum salicaria</i> | <i>Symphytum officinale</i> |
| <i>Aquilegia vulgaris</i> var. <i>stellata</i> 'Black Barlow' | <i>Equisetum hyemale</i> | <i>Melissa officinalis</i> | <i>Telekia speciosa</i> |
| <i>Artemisia ludoviciana</i> | <i>Eupatorium</i> sp. | <i>Mentha</i> sp. | <i>Tellima grandiflora</i> |
| <i>Aruncus dioicus</i> | <i>Filipendula</i> sp. | <i>Mertensia virginica</i> | <i>Thalictrum</i> sp. |
| <i>Asarum canadense</i> | <i>Fragaria</i> sp. | <i>Monarda</i> sp. | <i>Tiarella cordifolia</i> |
| <i>Asarum caudatum</i> | <i>Gaura lindheimeri</i> | <i>Myosotis palustris</i> | <i>Trollius europaeus</i> |
| <i>Asclepias tuberosa</i> | <i>Gentiana</i> sp. | <i>Pantsemon digitalis</i> | <i>Typha latifolia</i> |
| <i>Aster</i> sp. | <i>Geranium</i> sp. | <i>Persicaria</i> sp. | <i>Verbena hastata</i> |
| <i>Astilbe</i> sp. | <i>Geum</i> sp. | <i>Petasites hybridus</i> | <i>Vernonia</i> sp. |
| <i>Baptisia</i> sp. | <i>Helenium autumnale</i> | <i>Phlox</i> sp. | <i>Veronica</i> sp. |
| <i>Brunnera macrophylla</i> | <i>Helianthus giganteus</i> | <i>Physostegia virginiana</i> | <i>Veronicastrum virginicum</i> |

Vir: Dunnett in Yuan (2018), Erskine in Uncapher (2012), Hop (2016), Steiner in Domm (2012).

naklon za odtekanje vode je 2 % (Erskine in Uncapher, 2012). Tudi struktura in tekstura tal pomembno vplivata na obliko deževnega vrta (preglednica 2), saj učinkujeta na sposobnost zadrževanja vode, hitrost infiltracije in osušitve ter izbor rastlin. Tla delimo na težka (peščena glina, glina, glinasta ilovica in meljasta glina), srednje težka (peščeno-glinasta ilovica, ilovica, meljasta ilovica in melj) in lahka (pesek, ilovnati pesek in peščena ilovica) (Korže, 2013).

Na namen in videz deževnega vrta vplivajo predvsem želje in potrebe naročnikov. Poleg upravljanja padavinske vode je lahko vodilni cilj pri oblikovanju tudi barvna paleta, nov habitat za različne organizme (čebele, metulji, ptice itd.), igra, izobraževanje in celo pridelava hrane (Erskine in Uncapher, 2012). Če so deževni vrtovi interaktivni, moramo paziti, da padavinska voda ni onesnažena.

Preglednica 4: Izbor trav za deževne vrtove

| Trave | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>Acorus calamus</i> | <i>Deschampsia cespitosa</i> | <i>Miscanthus sinensis</i> | <i>Schizachyrium scoparium</i> |
| <i>Andropogon scoparius</i> | <i>Eriophorum angustifolium</i> | <i>Molinia caerulea</i> | <i>Sesleria caerulea</i> |
| <i>Arundo donax</i> | <i>Glyceria maxima</i> | <i>Muhlenbergia capillaris</i> | <i>Sporobolus heterolepis</i> |
| <i>Calamagrostis brachytricha</i> | <i>Juncus effusus</i> | <i>Panicum virgatum</i> | <i>Typha minima</i> |
| <i>Carex</i> sp. | <i>Juncus inflexus</i> | <i>Pennisetum alopecuroides</i> | |
| <i>Chasmanthium latifolium</i> | <i>Luzulea nivea</i> | <i>Phalaris arundinacea</i> | |

Vir: Dunnett in Yuan (2018), Erskine in Unchapher (2012), Hop (2016), Steiner in Domm (2012).

Preglednica 5: Izbor praproti za deževne vrtove

| Praproti | | | |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| <i>Adiantum pedatum</i> | <i>Athyrium filix-femina</i> | <i>Dryopteris wallichiana</i> | <i>Onoclea sensibilis</i> |
| <i>Asplenium scolopendrium</i> | <i>Dryopteris filix-mas</i> | <i>Matteuccia struthiopteris</i> | <i>Osmunda regalis</i> |

Vir: Dunnett in Yuan (2018), Erskine in Unchapher (2012), Hop (2016), Steiner in Domm (2012).

Preglednica 6: Izbor grmovnic za deževne vrtove

| Grmovnice | | | |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <i>Abies balsamea</i> ‚Nana‘ | <i>Enkianthus campanulatus</i> | <i>Ligustrum ovalifolium</i> | <i>Skimmia japonica</i> |
| <i>Aronia arbutifolia</i> | <i>Euonymus europaeus</i> | <i>Ligustrum vulgare</i> | <i>Syringa vulgaris</i> |
| <i>Aucuba japonica</i> | <i>Frangula alnus</i> | <i>Photinia</i> sp. | <i>Vaccinium</i> sp. |
| <i>Calycanthus floridus</i> | <i>Hamamelis</i> sp. | <i>Rhododendron</i> sp. | <i>Viburnum dentatum</i> |
| <i>Clethra alnifolia</i> | <i>Hedera helix</i> | <i>Ribes</i> sp. | <i>Viburnum opulus</i> |
| <i>Cornus</i> sp. | <i>Hydrangea quercifolia</i> | <i>Salix cinerea</i> | <i>Vinca major</i> |
| <i>Corylus avellana</i> | <i>Hypericum</i> sp. | <i>Salix purpurea</i> | |
| <i>Cytisus scoparius</i> | <i>Illex</i> sp. | <i>Sambucus</i> sp. | |

Vir: Dunnett in Yuan (2018), Erskine in Unchapher (2012), Hop (2016), Steiner in Domm (2012).

4.2 Rastline v deževnih vrtovih

Rastline so izbrane tako, da prenašajo sušna in mokra obdobja ter v nekaterih primerih tudi višje koncentracije onesnažil. V deževnih vrtovih ločimo tri območja, ki se razlikujejo po vsebnosti talne vlage in posledično po naboru primernih rastlin (Erskine in Uncapher, 2012):

1. robovi deževnih vrtov: so najbolj suha območja, ki praviloma niso poplavljeni. Tla se izsušijo hitro, saj voda ne zastaja;
2. bregovi deževnih vrtov: so območja, na katerih je poplavljanje občasno in kratkotrajno. Tla se izsušijo počasneje;
3. osrednji del deževnega vrta: je najgloblji in najvlažnejši predel, na katerem so lahko poplavljeni deli rastlin ali celotne rastline. Tla ostanejo vlažna najdalj časa.

Trajnice so najbolj raznolika in številčna skupina rastlin za deževne vrtove (preglednica 3), ki v prostor vnaša predvsem barvni in teksturni poudarek. Zanimive so tudi za opravevalce. Večina zelnatih trajnic dobro raste v odcednih tleh, zato jih je v primeru zastajanja vode priporočeno saditi na robove in bregove deževnih vrtov (Erskine in Uncapher, 2012).

Trave vnašajo v deževne vrtove vertikalni teksturni poudarek, ki je privlačen tudi pozimi, ko zelne trajnice mirujejo (preglednica 4). Nudijo zavetišče različnim organizmom. Trave imajo zelo globoke in razvejanje korenine, ki izboljšujejo infiltracijo vode, zračnost in kakovost zemlje in ščitijo pred erozijo tal (Erskine in Uncapher, 2012). Trave se sadijo predvsem na sončne predele bregov in osrednji del deževnega vrta.

Preglednica 7: Izbor dreves za deževne vrtove

| Drevesa | | | |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <i>Acer ginnala</i> | <i>Betula pubescens</i> | <i>Nyssa sylvatica</i> | <i>Salix</i> sp. |
| <i>Acer palmatum</i> | <i>Cercis canadensis</i> | <i>Platanus</i> sp. | <i>Sorbus</i> sp. |
| <i>Acer rubrum</i> | <i>Chionanthus virginicus</i> | <i>Populus nigra</i> | <i>Taxodium distichum</i> |
| <i>Alnus</i> sp. | <i>Fraxinus pennsylvanica</i> | <i>Populus tremula</i> | <i>Thuja occidentalis</i> |
| <i>Amelanchier</i> sp. | <i>Gleditsia triacanthos</i> | <i>Prunus padus</i> | <i>Tilia cordata</i> |
| <i>Betula nigra</i> | <i>Liquidambar styraciflua</i> | <i>Quercus</i> sp. | |

Vir: Dunnett in Yuan (2018), Erskine in Unchapher (2012), Hop (2016), Steiner in Domm (2012).

Praproti tako kot trave v deževne vrtove vnašajo teksturni podudarek (preglednica 5). Večina jih najbolje uspeva v senčnih in vlažnih predelih deževnih vrtov, kot je osrednji del deževnega vrta.

Grmovnice (preglednica 6) in drevesa (preglednica 7) nudijo zavetišče, dom in hrano številnim organizmom in blagodejno vplivajo na okoliško mikroklimo, kar izboljšuje razmere za druge rastline v deževnem vrtu. Z globokimi in razvejanimi koreninami omogočajo hitrejšo in globljo infiltracijo vode (Erskine in Unchapher, 2012).

Če so v deževne vrtove zasajena večja drevesa, je treba predvideti njihovo končno velikost ter vpliv na manjše rastline in okolico, saj spremenijo svetlobne pogoje.

5 Sklep

Mesta veljajo za najbolj antropogene spremenjene površine Zemlje, na katerih živi večina svetovnega prebivalstva. Zaradi razhajanja med naravnim in urbanim okoljem so mesta dovzetnejša za negativne vplive podnebnih sprememb, ki jih pripisujemo tudi poseganju človeka v naravno kroženje vode. Sonaravni pristopi se poskušajo približati naravnemu kroženju vode ter tako omiliti posledice urbanega vodnega kroga (pomanjkanje vode, poplavljanje, spremenjena raven podtalnice in okoliških vodnih teles, nižja kakovost vode in okolja, spremembe vremena itd.) in izboljšati kakovost bivanja v urbanem okolju. Med sonaravnimi pristopi je deževni vrt prepoznan kot funkcijsko najpestrejši. V različnih oblikah in velikostih se lahko pojavlja v zasebnem ali javnem prostoru. Nabor rastlin je primeren za zasaditev v širšem slovenskem prostoru in je dovolj širok za raznolike zasaditve, saj vsebuje predstavnike trajnic, trav, praproti, grmovnic in dreves, prilagojenih na razmere v deževnih vrtovih. Treba je opozoriti, da deževni vrtovi in tudi vsi drugi sonaravni pristopi niso dovolj učinkoviti pri upravljanju padavinske vode, če niso del povezane padavinske verige. Za celovito upravljanje padavinske vode bi morali v mestih vzpostaviti mrežo padavinskih verig, ki bi jo tvorili različni

sonaravni pristopi (zelene strehe, deževni zabojniki, deževni vrtovi itd.). Vsaka zelena površina lahko postane člen padavinske verige in tako rešuje problematiko urbanega vodnega kroga, pomanjkanje sinergije med zeleno in modro infrastrukturo ter hkrati opravlja več funkcij.

.....
 Anja Setničar, univ. dipl. inž. kraj. arh.
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Ljubljana
 E-pošta: anja.as96@gmail.com

Izr. prof. dr. Valentina Schmitzer, univ. dipl. inž. kraj. arh.
 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Ljubljana
 E-pošta: valentina.schmitzer@bf.uni-lj.si

Opombe

Prispevek je nastal na podlagi magistrskega dela *Izbor rastlinskih vrst za deževne vrtove v Sloveniji*, ki ga je pod mentorstvom izr. prof. dr. Valentine Schmitzer na Oddelku za krajinsko arhitekturo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani napisala in leta 2022 uspešno zagovarjala magistrica Anja Setničar.

[1] Evaporacija – spreminjanje agregatnega stanja iz tekočega v plinasto. Evaporacijo imenujemo tudi izhlapevanje. Glavni dejavnik je energija sonca, ki s segrevanjem povzroča izhlapevanje vode.

[2] Transpiracija – izhlapevanje oziroma evaporacija vode iz rastlin v obliki vodne pare. Odvisna je od temperature ter relativne vlažnosti zraka, vetrov, talne vlage in rastlinske vrste.

[3] Sublimacija – neposredno prehajanje vode iz trdega v plinasto stanje (brez vmesnega tekočega stanja).

[4] Kondenzacija – prehajanje vode iz plinastega v tekoče stanje. Ko se zrak z vodno paro dviga s površja, se pri tem ohlaja in kondenzira. Posledica kondenzacije so oblaki, v katerih se tvori kapljevina.

[5] Resublimacija – pojav nasproten sublimaciji. Agregatno stanje se iz plinastega spremeni v trdno (brez vmesnega tekočega stanja).

[6] Infiltracija – prodiranje vode v reže in razpoke v tleh zaradi gravitacije in kapilarnih sil. Gre za plitko prodiranje vode. Infiltrirana voda se zadržuje v tleh kot talna vlaga.

^[7] Perkolacija – prodiranje vode v reže in razpoke v tleh zaradi gravitacije in kapilarnih sil. Gre za globoko prodiranje vode. Voda prek perkolacije napaja podtalnico, ki pod vplivom gravitacije teče proti oceanom.

^[8] Adiabatno ohlajanje – ohlajanje zraka brez izmenjave toplote z okolico pri njegovem dviganju (SSKJ, 2022).

^[9] Konvergenca – stekanje zraka na območjih nizkega zračnega tlaka, povezano z vzpenjajočimi se zračnimi tokovi (SSKJ, 2022).

^[10] Evapotranspiracija – izhlapevanje vode s površine, porasle z rastlinami, ki nastaja zaradi evaporacije tal in transpiracije rastlin (SSKJ, 2022).

Viri in literatura

Atelier GroenBlauw (2022): *Urban infiltration strips*. Dostopno na: <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/urban-infiltration-strips> (sneto 23. 3. 2022).

Biotope (2022): *Biotope living green wall specification*. Dostopno na: <https://www.biotope.uk.com/design-and-specify/specifications-and-compliance/specifications-and-drawings> (sneto 20. 9. 2022).

Bralower, T., in Bice, D. (2020): *Earth in the future: Distribution of Water on the Earth surface*. Dostopno na: <https://www.e-education.psu.edu/earth103/node/701> (sneto 20. 5. 2021).

Britannica (1998): *Urban climate*. Dostopno na: <https://www.britannica.com/science/urban-climate> (sneto 21. 5. 2021).

Cahill, H. T. (2012): *Low impact development and sustainable stormwater management*. New Jersey, John Wiley & Sons.

City of Portland (2022): *Stormwater solution handbook*. Dostopno na: <http://www.portlandoregon.gov/bes/43110> (sneto 13. 7. 2021).

Collett, B. (2013): *Low impact development: Opportunities for the PlanET Region*. City of Knoxville, Knoxville-Knox County Metropolitan Planning Commission.

Dunnett, N., in Clayden, A. (2007): *Rain gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Portland, Oregon, Timber Press.

Dunnett, N., in Yuan, J. (2018): Plant selection for rain gardens: Response to simulated cyclical flooding of 15 perennial species. *Urban Forestry and Urban Greening*, 35(2018), str. 57–65.

Erskine, W. C., in Uncapher, A. (2012): *Creating rain gardens: Capturing the rain for your own water-efficient garden*. Portland, Oregon, Timber Press.

Gunawardena, K. R., Wells, M. J., in Kershaw, T. (2017): Utilising green and blue space to mitigate urban heat island intensity. *Science of the Total Environment*, 584–585, str. 1040–1055.

Guoyu, Q., Hongyong, L., Qingtao, Z., Wan, C., Xiaojian, L., in Xiangze, L. (2013). Effects of evapotranspiration on mitigation of urban temperature by vegetation and urban agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(8), str. 1307–1315.

Hop, M. (2016): Wateroverlast is niet voor alle planten een probleem. *TuinenLandschap*, 18, str. 10–12.

International Resource Panel (2018): *The weight of cities: Resource requirements of future urbanization*. Dostopno na: <https://www.resource-panel.org/reports/weight-cities> (sneto 24. 5. 2021).

Korže, V. A. (2013): Določanje teksture prsti za šolsko raziskovalno delo. *Geografija v šoli*, 22(1), str. 24–30.

Korže, V. A., in Janškovec, K. (2019): Čiščenje prsti s pomočjo rastlin. *Geografski obzornik*, 56(1–2), str. 15–21.

Marsalek, J., Jiménez, C. B. E., Malmquist, P. A., in Karamouz, M. (2007): *Urban water cycle processes and interactions*. France, Taylor & Francis Group.

NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2006a): *Urban rain*. Dostopno na: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/UrbanRain/urbanrain.php> (sneto 5. 5. 2022).

NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2006b): *The impact of urban pollution on rain*. Dostopno na: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/UrbanRain/urbanrain3.php> (sneto 5. 5. 2022).

National Oceanic and Atmospheric Administration (2019): *Water cycle*. Dostopno na: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/freshwater/water-cycle> (sneto 20. 4. 2021).

Setničar, A. (2022): *Izbor rastlinskih vrst za deževne vrtove v Sloveniji*. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo.

SSKJ (Slovar slovenskega knjižnega jezika) (2022): *Fran.si*. Dostopno na: <https://fran.si/iskanje?FilteredDictionaryIds=130&View=1&Query=%2A> (sneto 2. 10. 2022).

Steiner, L. M., in Domm, R. W. (2012): *Rain gardens sustainable landscaping for a beautiful yard and a healthy world*. Beverly, Voyageur Press.

Swanson, B., ASLA, RLA, CSI, CDT, LEED AP. (2019): *Defining a permeable paver*. Dostopno na: <https://commercial.unilock.com/defining-a-permeable-paver> (sneto 2. 10. 2022).