




SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Preddiplomski studij:
Krajobrazna arhitektura



**UPOTREBA VODENIH ELEMENATA
U KRAJOBRAZNOJ OBLIKOVANJU**



STRUČNI PROJEKT



Tea Grgurev
Lovro Kolarić
Ines Petrač
Matea Rafaj
Leona Vidaković



Mentor: doc. art. Monika Kamenečki

Zagreb, svibanj, 2023.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. uvod u rad	1
1.2. uvod u temu	2
2. RAZRADA LITERATURE - POGLAVLJA	4
2.1. VODENI ELEMENT KROZ POVIJESTI	4
2.2. ULOGA VODE U KRAJOBRAZU	5
2.2.1. stvaranje ugođaja	5
2.2.2. sport i rekreacija	5
2.2.3. bioraznolikost	6
2.2.4. klima	7
2.3. TIPOLOGIJA VODENIH ELEMENATA	7
2.4. NBS - RJEŠENJA TEMELJENA NA PRIRODI	13
2.4.1. opis NBS-a	13
2.4.2. podjela NBS-a	14
2.4.3. opis hibridnih NBS-a	15
2.4.4. matrica mogućnosti korištenja NBS-a za pojedine vodene elemente	23
2.5. SUDS	25
2.6. KIŠNI VRTOVI	25
3. ZAKLJUČAK	36
4. POPIS LITERATURE	37

1. UVOD

1.1. UVOD U SEMINARSKI RAD

Seminarski rad u kojem će se opisivati i navesti podjela vodenih elemenata prema izgledu, funkciji i načinu izvedbe. Također uz analizu primjera, biti će izrađene skice i tehnički detalji specifičnih elemenata.

U ovom stručnom radu biti će obuhvaćene teme vodenih elemenata, njihove uporabe u krajobrazu s naglaskom na održivost i nove metode uporabe.

Voda i vodeni elementi biti će podijeljeni i opisani prema ulozi i namjeni korištenja.

Povijest korištenja vodenih elemenata u krajobrazu biti će ukratko shematski i tekstualno prikazana. Razvoj korištenja određen je geografskim područjem, kulturom i vremenom.

Tradicionalni vodeni elementi korišteni u krajobrazu biti će objašnjeni prema tipološkoj podjeli u namjeni, korištenju, oblikovanju i posebnim karakteristikama. Uz to, ispitujemo mogućnosti primjene principa NBS-a pri izgradnji tih vodenih elemenata te njihovu interpretaciju u obliku suvremenih vodenih elementa temeljenih na održivosti.

Naposljetku, naglasak stavljamo na kišni vrt zbog njegova dvojnog karaktera kao elementa u urbanom prostoru, ali i kao jedno od rješenja održivosti, tj rješenja temeljena na prirodi. Poblježe ćemo prikazati njegovu ulogu uz priložene izvedbene tehničke detalje.

1.2. UVOD U TEMU

Europska povelja o vodi

Bavljenje vodom u okviru aktivnosti Vijeća Europe

Postoji 12 temeljnih principa ove Povelje

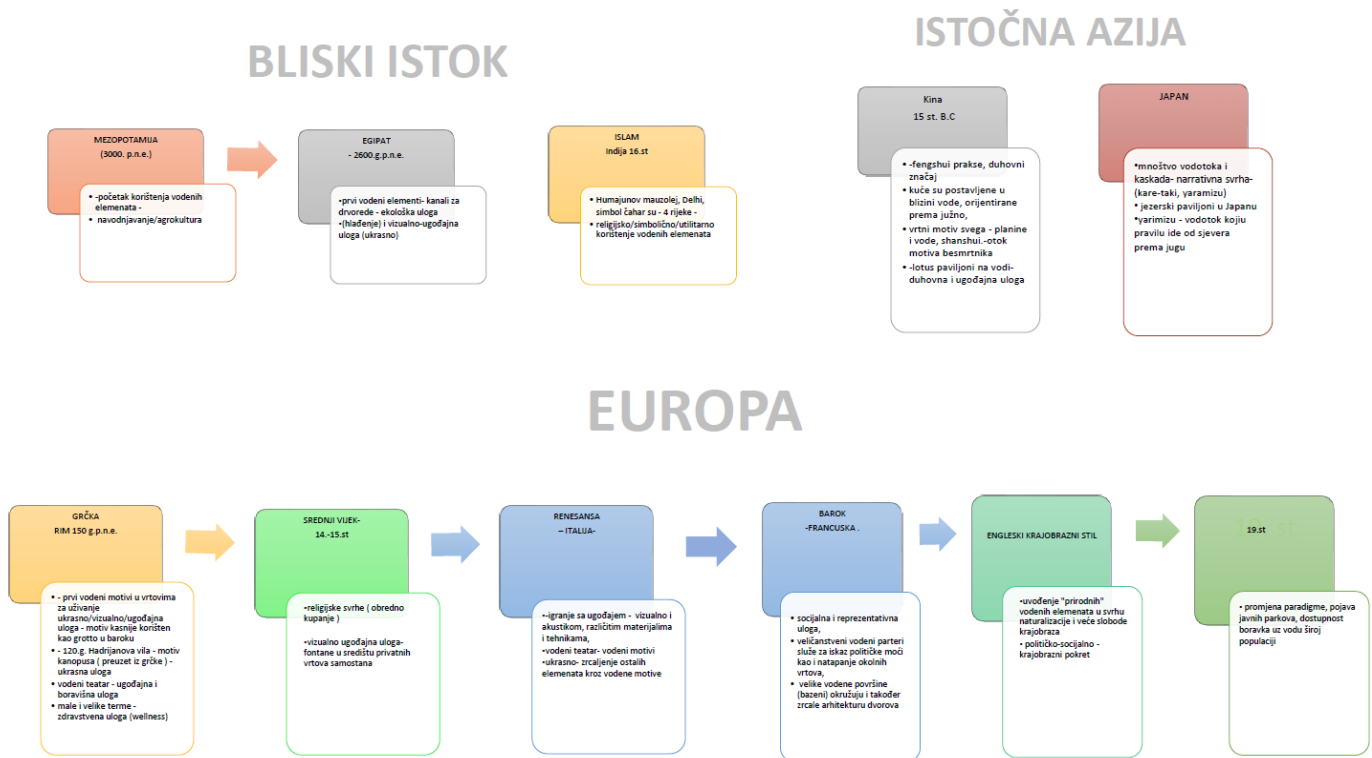
1. Bez vode nema života. Ona je dragocjeno dobro, prijeko potrebno u svakoj ljudskoj djelatnosti.
2. Slatkovodni resursi vode nisu neiscrpnj. Nužno je sačuvati, kontrolirati i koliko je moguće povećati količinu postojećih resursa.
3. Mijenjati kvalitetu vode znači ugrožavati život čovjeka i ostalih živih bića koja od vode zavise.
4. Kvalitetu vode mora se čuvati do nivoa prilagođenog njenom korištenju koji predviđa i zadovoljava posebne zahtjeve zdravlja stanovništva.
5. Ako se voda poslije upotrebe vraća u prirodnu sredinu, to ne smije biti na štetu drugih korisnika, javnih ili individualnih.
6. Održavanje odgovarajućeg biljnog pokrivača, prvenstveno šumskog, od velike je važnosti za očuvanje vodenih resursa.
7. Vodeni resursi se moraju stalno kontrolirati.
8. Dobro upravljanje vodama mora se planirati i registrirati zakonom preko nadležnih institucija.
9. Zaštita voda traži značajan napor u znanstvenom istraživanju i u stvaranju specijalista za javno informiranje.
10. Voda je zajedničko nasljedstvo i njenu vrijednost moraju svi poznavati. Zadatak je svakoga da vodu racionalno koristi.
11. Upravljanje vodenim resursima mora se prije svega vršiti u sklopu sliva, a ne unutar upravnih i političkih granica.
12. Voda ne zna granice. To je jedan, zajednički izvor, koji traži međunarodnu suradnju.

“Ova Konvencija se odnosi na cijelo područje zemlja Članica i pokriva prirodna, ruralna, urbana i suburbana područja. Uključujući zemlju, kopnenu vodu i morska područja. To se tiče krajolika koji bi se mogli smatrati izvanrednim kao i svakodnevnim ili degradiranim krajolici.” (UNECE, 1992)

“Voda je oduvijek bila važan formativni element gradskog prostora – prvotne su fontane, za razliku od današnjih, bile isključivo utilitarnog karaktera te su služile za opskrbljivanje gradova pitkom vodom. No pritom ne smijemo zanemariti ni socijalnu komponentu jer je voda redovito bila i mjesto susreta. Danas se besplatna pitka voda u gradu čini povlasticom, a to je pitanje prije svega odraz slike društva i našeg odnosa spram nje. U razvijenim društvima voda kao sastavni element javnog prostora grada ne predstavlja više samo njegovu estetsku komponentu, nego je sve više i odlučujući faktor održivosti gradova i društva općenito.” (Šimpraga, 2016)

2. RAZRADA LITERATURE

2.1. VODENI ELEMENTI KROZ POVIJEST



Prilog 1. | lenta vremena - povijest vodenih elemenata

Lenta vremena je prikaz razvoja vodenih elemenata kroz povijest i kroz različite kulture i civilizacije. Ovim prilogom prikazuje se shvaćanje vode kao elementa u prostoru i njegova uporaba, namjena i uloga koja se mijenjala ovisno o povijesnom i geografskom kontekstu. Prikazana je primjena vodenih elemenata i njihova evolucija sve do danas.

Voda nije neiscrpan resurs, te se u budućnosti vodeni elementi moraju planirati, graditi i ukomponirati u prostor na održivije i prirodnije načine.

2.2. ULOGA VODE U KRAJOBRAZU

2.2.1. STVARANJE UGOĐAJA

Voda kao element ima razne uloge, a jedna od njih je i stvaranje ugođajnih kvaliteta pomoću auditivnih, vizualnih ili taktilnih faktora pri čemu prostor postaje privlačniji i prepoznatljiviji. Vodeni elementi stvaraju ugođajne kvalitete te pozitivno utječu na raspoloženje djece i odraslih. (Yang i dr., 2022.)

Auditivni faktori vode poput šuma ili žuborenja djeluju umirujuće i relaksirajuće, te daju dojam prirodnosti u urbanom prostoru, također pročišćuju zvučno onečišćenje. (Jeon i dr., 2012.) Takvih prostora je sve manje, no upotreba vodenih elemenata u javnom prostoru znatno povećava društvenu i estetsku vrijednost javnih prostora, stoga ih je preporučljivo koristiti u većem broju. Primjer takvog elementa je fontana na trgu Ante Starčevića, osim što djeluje relaksirajuće i pročišćuje zvučno onečišćenje, također je sama po sebi reprezentativna zbog svog oblika.

Uz auditivni faktor također djeluje i vizualni. Gledajući vodu kroz vodeni element te teksturu vode, također djeluje opuštajuće na čovjeka te se kroz teksturu vode povezujemo s njom, ali i sa samom prirodom preko vodenog elementa. Relevantan primjer takvog doživljaja je Kozmički ciklus vode na trgu kralja Petra Krešimira IV gdje se vodeni element uklapa u urbani prostor čime je stvorena oaza prirodnosti u samom centru grada Zagreba.

Osim što upotreba vodenih elemenata djeluje na naša osjetila pomoću kojih tvorimo ugođaj, voda sama po sebi ima veliku ulogu u razvoju djece u njihovoj najmlađoj dobi. Djeca u igri s vodom mogu naučiti razne stvari poput razvijanja koordinacije, poboljšanja koncentracije, te razvijanja motoričkih sposobnosti. (Busy Bees, 2020.)

2.2.2. SPORT I REKREACIJA

Sport i rekreacija su potreba pojedinca koja omogućava fizičku i duhovnu snagu, zdravlje i socijalne odnose. Sport može biti u grupama ili pojedinačno, neovisno o tome svaki sport ima svoj prostor u kojem se odvija odnosno daje namjenu nekom prostoru. Uloga vode u sportu je visoke važnosti i na njoj se mogu održavati razni oblici sporta, neovisno ona bila slatka ili slana. Za odabir lokacije bazena/kupališta potrebno je paziti na kvalitetu vode, kvalitetu zraka, udaljenost od urbanih područja i prometnih područja koji mogu uznemiravati korisnike. Različite dimenzije vode pružaju različiti raspon aktivnosti koje se mogu na njoj odvijati.

Kod voda za rekreaciju potrebno je paziti na fekalnu kontaminaciju kod površinskih voda i otpadnih voda (otpaci od industrije, gospodarstva, domaćinstva) gdje uvijek postoji rizik pri kupanju. Kako bi se taj rizik smanjio u što većoj mjeri treba kontrolirati uzročnike u kupališnoj zoni, te u širem području zone za rekreaciju. Važno je da tijekom prakticiranja aktivnosti na vodi ne dođe do ugrožavanja zdravlja korisnika koje može biti mikrobiološkog, kemijskog i fizičkog porijekla. Osnovna opasnost dolazi od mikroorganizama, dok je opasnost od kemijskog zagađenja manja.

2.2.3. BIORAZNOLIKOST

Bioraznolikost označava raznolikost oblika života nekog područja te uključuje sve razine od gena do ekosustava, ali se često koristi za označavanje raznolikosti biljnih i životinjskih skupina i vrsta

Voda je veoma bitna za biljni i životinjski svijet. Vodene biljke se najlakše opskrbljuju sa vodom, gdje nalaze mnoge korisne stvari, te biljka apsorpcijom lako dolazi do njih. Međutim, biljke na kopnu često ne mogu lako doći do vode, jer imaju poteškoća da ju u dovoljnoj mjeri izvuku iz tla. Za kopnene biljke voda je samo jedan od ekoloških čimbenika, dok je za vodene biljke to njihova životna sredina. Kod kopnenih biljaka voda stalno protječe od korijena prema listovima. Isparavanjem vode dolazi i do hlađenja biljke, što je važan preduvjet opstanka biljke u tropskoj klimi. Kod životinja potreba za vodom može varirati ovisno o vremenu i hrani. Na primjer, trebaju više vode tijekom ljeta nego zimi. Razlog je intenzitet topline i manji omjer vode u hrani. Na isti način bi pili više vode kada jedu sušenu krmu ili pšeničnu slamu i pili manje vode kada jedu djetelinu.

Čovjek izgradnjom jezera, vodopada, kaskada, potoka i sadnjom određenih vrsta biljaka, te njihovom kompozicijom pokušava imitirati određene vrste krajobraza u prirodi. Imitacija izgradnje ovih elemenata predstavlja složeni konstruktivno-prostorni zahvat koji ima svoj hidrotehnički, funkcionalni i oblikovni aspekt. Hidrotehnika u formiranju urbanih vodenih elemenata danas koristi automatske računalne sustave koji kontroliraju vodu kao medij (ph, temperatura, strujanje) i omogućuju opstanak različitim biljnim vrstama. Pored navedenog izgrađenim vodenim elementima je potrebna i povremena kontrola profesionalnog vrtlara.

Popularan, jednostavniji i jeftiniji način izgradnje i održavanja formalnih urbanih vodenih elemenata (najčešće fontana) je tretiranje vode kemikalijama kako bi što duže ostala čista. Ova praksa je otrovna za životinje iz područja, te nemoguća za opstanak bilo kakve biljne zajednice ili vrste unutar te vode.

2.2.4. KLIMA

Uslijed klimatskih promjena sve su češća pojava temperaturni ili oborinski ekstremi. Urbani prostori, ukoliko su neadekvatno planirani, posebno su ugroženi tim pojavama zbog prevelike izgrađenosti i pri visokim temperaturama dolazi do stvaranja toplinskih otoka (eng. *Urban heat island, UHI*). Pojam toplinskih otoka odnosi se na otpuštanje viška, i potom akumuliranja, topline površina koje se brzo zagrijevaju kao što su površine zgrada, asfaltirane površine, zemljane i površine s niskom travom (Kim, 1992). Osim toga, pri velikoj količini padalina, nepropusne površine onemogućuju otjecanje vode u tlo, što sam sobom vuče niz posljedica. U oba slučaja, vodeni elementi mogu imati značajnu ulogu kod umanjenja posljedica tih pojava kroz integraciju u sustave plave ili plavo-zelene infrastrukture; vodene površine, uz druge faktore, mogu utjecati na temperaturu okolnog prostora zahvaljujućim fizikalnim svojstvima vode (Theeuwes i dr., 2013). Također, mogu posredovati u nošenju urbanih prostora s intenzivnim padalinama prihvaćajući višak oborinske vode.

2.3. TIPOLOGIJA VODENIH ELEMENATA

U niže navedenim tablicama tipološki razrađujemo neke od karakteristika urbanih vodenih elemenata. Tako imamo tipologiju prema materijalu, dinamici vode, kvaliteti vode i prema rubu vodenog elementa.

		materijal				
		prirodno tlo	beton	kamen	cigla	ostalo (drvo, metal, stakloplastika)
vodeni elementi	jezero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
	rijeka, potok	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
	fontana		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	bazen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	vodopad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	kaskada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	česma		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	kišni vrt	<input type="radio"/>				

Tablica 1. | tipologija materijala vodenih elemenata

vodeni elementi		dinamika					
		stajaća		gibajuća			
		mirna	uzburkana	slobodan pad	tok	kaskadna	šikljajuća
	jezero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
	rijeka, potok			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	fontana						<input type="radio"/>
	bazen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
	vodopad			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
	kaskada			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	česma			<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
	kišni vrt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				

Tablica 2. | tipologija dinamičnosti vodenih elemenata

vodeni elementi		kvaliteta vode			
		netretirana	tretirana (ne i pitka)	tretirana i pitka	oborinska voda s oploćenih površina
	jezero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	rijeka, potok	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
	fontana		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	bazen		<input type="radio"/>		
	vodopad		<input type="radio"/>		
	kaskada		<input type="radio"/>		
	česma			<input type="radio"/>	
	kišni vrt				<input type="radio"/>

Tablica 3. | tipologija kvalitete vode vodenih elemenata

		rub		
		izgrađena obala		biološka obala
		u razini s vodom	iznad vode	
vodeni elementi	jezero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	rijeka, potok		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	fontana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	bazen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	vodopad		<input type="radio"/>	
	kaskada		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	česma			
	kišni vrt			<input type="radio"/>

Tablica 4. | tipologija ruba vodenih elemenata

Jezeru

Definicija jezera je “*udubina na kopnu ispunjena vodom koja nema izravne veze s morem*” (jezero. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 25. 5. 2023.) i ono kao takvo po pitanju materijala može biti izgrađeno jedino od prirodnog tla. Jezera na čiju je izgled utjecao čovjek se smatraju umjetnim jezerima i pružaju različite funkcije poput opskrbe pitkom vodom i navodnjavanje, sport i rekreacija, upotreba u industriji, a najveća umjetna jezera su izgrađena za potrebe hidroelektrana. Jezera kao takva se izvode prema zadanim normama od materijala kao što su beton i kamen i ostalih materijala poput vapnenačkih stijena i onih nepropusnih poput cementnih smjesa (cement s pijeskom, s glinom, s betonom) koje nalazimo u primjerima umjetnih jezera s branama gdje se izvode injekcijske zavjese. Rubovi jezera izgrađenih obala mogu biti u razini s vodom ili iznad vode, dok su rubovi bioloških obala ispod, u razini i iznad vode. Po pitanju dinamike, odnosno po stilu vode, voda u jezeru ovisno o vanjskim utjecajima može biti mirna i uzburkana. Podvodno stanje tla i stanje površine vode utječe na finalni efekt. Ako dno nije bistro, a površina vode je mirna jezero pruža efekt zrcaljenja, dok ako je voda uzburkana pruža efekt teksture isto tako u obrnutom slučaju kada je dno jezera bistro i vidljivo u kombinaciji sa mirnom površinom stvara efekt transparentnosti, a u kombinaciji sa uzburkanom površinom stvara efekt modifikatora. Govoreći o kvaliteti vode u slučaju prirodnog jezera ona nije tretirana, a u slučaju umjetnih jezera voda se tretira no to nužno ne znači da je ona pitka (iako može biti).

Kaskade i vodopadi

Kaskade i vodopadi su vodeni elementi karakterizirani stalnim kretanjem vode, slobodnim padom s neke visine prilikom čega se stvaraju jedinstvena auditivna svojstva za prostor u kojem se nalaze. (Wikipedia, 2023.) Dinamika zasićuje vodu kisikom što je poželjno za floru i faunu. Oba elementa se imitiraju u urbanim prostorima, a često se za izgradnju koriste beton ili kamen, a rjeđe druge vrste nepropusnih materijala. Imitacijom u urbanom kontekstu fokus je na slobodnom padu jednog ili više mlazova vode koji stvaraju zvuk udarom o površinu ispod, pri čemu se naglašavaju dinamička i auditivna svojstva. Voda se u antropogenim vodopadima i kaskadama tretira kemikalijama kako bi ostala čista. Također je potrebna pumpa za vodu, ali i posebna pumpa za crpljenje kontaminirane vode opremljena filterima koji filtriraju pijesak i prljavštinu zbog kojih motor ne radi. Kod oblikovanja antropogenih kaskada se koristi baraž, to je vrsta kaskadnog uređaja u obliku stepenaste potpore stijenke za podizanje i održavanje razine vodenih tokova na željenoj visini i otpuštanju viška. (Jezikoslovac, 2023.)

Bazen i fontana

Ovi elementi su arhitektonski oblikovani, često kiparski obrađeni u koji pritječe voda iz prirodnih izvora ili iz rezervoara i vodovodnih instalacija. (Hrvatska enciklopedija, 2021.) Najčešće su reprezentativni elementi u krajobrazu, a njihova reprezentativnost je naglašena oblikovanjem (materijalom, dinamikom vode, kvalitetom vode, te samim dizajnom ruba). Ovisno o oblikovanju materijali su razni, a koristi se beton, kamen, cigla. Najčešće se upotrebljavljaju razne vrste kamena, prirodni i ukrasni, te kamen može služiti i kao obloga. Izvođenje ruba kod bazena će ovisiti o načinu oblikovanja i on može biti u razini vode ili iznad razine vode. Rub fontana će također ovisiti o načinu oblikovanja fontane, te o tome preljeva li se voda ili šiklja. Što se tiče kvalitete vode, ona je tretirana primjenom kemijskih preparata kako bi voda ostala čista, bistra i bez algi.

Naposljetku jedna od uočljivijih razlika fontane i bazena je njihova dinamika. Voda u bazenu je statičkog karaktera, dok je kod fontane taj karakter dinamičniji. Osnovna razlika između ova dva elementa je primjena sustava za pokretanje vode u slučaju fontane, odnosno njegov nedostatak kod bazena. Voda je u bazenu stajaća, no njena površina može biti glatka (mirna), pa će u tom slučaju zrcaliti okolni prostor ako je dno bazena tamnije završne obrade, odnosno biti providna ako je dno svjetlije završne obrade, i uzburkana u kojem slučaju će imati efekt teksture u kombinaciji s tamnim dnom, odnosno ulogu aktivatora ako se radi o svjetlijem dnu (Harris, 1997). Voda u fontani je skoro uvijek u pokretu, te ovisno o boji dna fontane kao i kod bazena može stvarati efekt teksture ili imati ulogu aktivatora.

Česma

Česma (tur. çeşme, prema perz. česmē: kotač), arhitektonski oblikovan objekt uporabne funkcije u koji pritječe voda (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021). Razlikuju se slobodno stojeće i uzidane česme. U zidano tijelo dovodi se voda s izvora ili vodovoda te se izlijeva iz jednog ili više metalnih izljeva u dublje ili pliće korito. Česma kao vodeni element sastoji se od nadzemnog dijela i podzemnog sistema vodoopskrbe odakle dolazi pitka voda. Nadzemni dio može biti izgrađen od različitih materijala, no to zapravo djelomično i ovisi o izgledu; ako je jednostavnog oblikovanja može biti cjeloviti metalni element ili u obliku betonske podloge s metalnim dijelom - pipom. Također podloga, odnosno postolje, može biti izgrađeno od kamena ili cigle. Također ti materijali mogu biti upotrebljeni u dekorativne svrhe samo kao završna obloga. Česme po dinamici mogu biti slobodnopadajuće (česma na prirodnom izvoru / toku) i prskajuće - (česme u urbanim područjima sa podzemnim vodoopskrbnim sustavom). Česma mora imati zadovoljavajuću kvalitetu vode potvrđenu ispitivanjima i testiranjima koja se provode redovno. Voda mora biti nezagađena, tretirana i sigurna za piće. Česme u gradovima mnogo pridonose ekološkom aspektu zaštite okoliša - njihova izgradnja omogućavala bi pitku vodu bez korištenja nepotrebne ambalaže, najviše plastične. U zadnjih 5 godina sve je više peticija za uvođenje više novih i vraćanje starih česmi, što u Hrvatskoj, ali i u ostatku Europe i Sjevernoj Americi. (M.Šu./Hina, 2021)

Rijeka

Rijeka je veliki prirodni vodotok. Od izvora do ušća u drugu rijeku, jezero ili more, rijeke primaju vodu od pritoka i svojim tokom stvaraju riječno korito. Rijeke mogu biti prirodne i doprirodne/poluprirodne. Materijali prirodnih korita rijeka su uglavnom prirodna tla i prirodni kamen, dok se u proširenju korita ili nadogradnji koriste beton i kamen kao čvrsti i stabilni materijali. Rijeke prema dinamici mogu biti nesmetanog toka i kaskadne, ovisno o prirodnoj konfiguraciji terena. Tok rijeke može biti neometan u cijelosti, ili se na nekom dijelu može pojaviti i kaskada. Čovjek može djelovati na oba oblika čime rijeka postaje doprirodna/poluprirodna. Kvaliteta vode u rijekama može biti netretirana (prirodna voda) ili tretirana u slučaju veće količine zagađenja, no ne i sigurna za ljudsku konzumaciju.

Potok

Potok — mali vodotok, obično širine od nekoliko desetaka centimetara do nekoliko metara. Tipično, duljina toka ne prelazi nekoliko kilometara, a dubina rijetko prelazi 1,5 metara. Potoci se formiraju otjecanjem kišnih voda, topljenjem snijega ili pri izlazu podzemne vode na površinu. Potoci se često ulijevaju u rijeke ili jezera. Potoci su podijeljeni na stalne i sezonske (povremene), ravničarske i brdske. Potočna korita prirodnog porijekla obično se malo mijenjaju, ali pod utjecajem određenih uzroka (erozija vododerine, klizišta, potresa) mogu značajno promijeniti svoj položaj, oblik i veličinu. Potoci mogu biti prirodni i doprirodni/poluprirodni. Materijali prirodnih potoka su uglavnom prirodna tla i prirodni kamen, dok se u proširenju korita ili nadogradnji koriste i beton i kamen kao čvrsti i stabilni materijali.

Potoci prema dinamici mogu biti nesmetanog toka i kaskadni, ovisno o prirodnoj konfiguraciji terena. Tok potoka može biti neometan u cijelosti, ili se na nekom dijelu može pojaviti i kaskada. Čovjek može djelovati na oba oblika čime potok postaje doprirodan/poluprirodan. Kvaliteta vode u potocima može biti netretirana (prirodna voda) ili tretirana u slučaju veće količine zagađenja, no ne i sigurna za ljudsku konzumaciju.

2.4. NBS - RJEŠENJA TEMELJENA NA PRIRODI

2.4.1. OPIS NBS

NBS - Rješenja Temeljena na Prirodi - su koncepti koji utjelovljuju nove načine pristupa društveno-ekološkoj prilagodbi i otpornosti, oslanjajući se na društvene, ekološke i ekonomske domene.

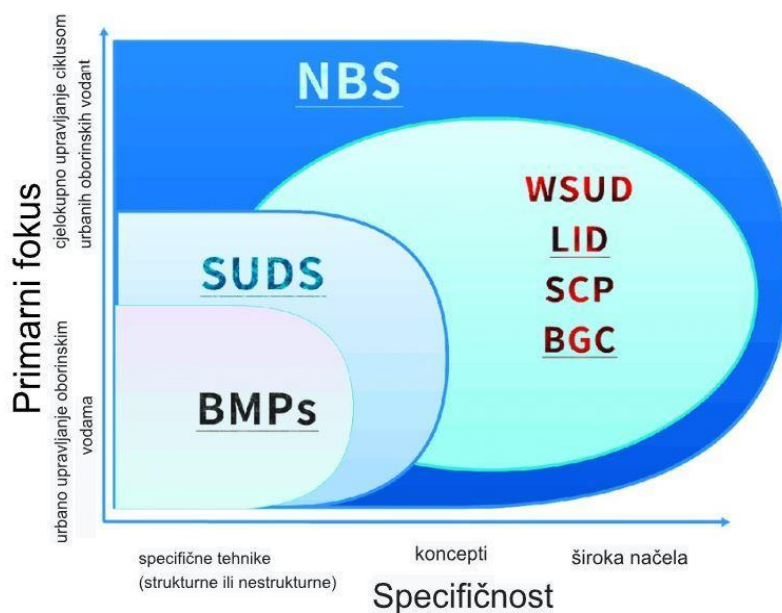
Europska komisija definira NBS kao rješenja koja su "inspirirana i podržana prirodom, koja su isplativa, istovremeno pružaju ekološke, socijalne i gospodarske koristi i pomažu u izgradnji otpornosti. Takva rješenja donose raznovrsniju prirodu i prirodnije značajke u gradove, krajolike i morske pejzaže putem lokalno prilagođenih, resursno učinkovitih i sustavnih intervencija." (GEONARDO, 2021)

Potencijali:

- Dostupnost i opskrbljivanje vodom: Skladištenje vode putem prirodnih močvara, vlažnosti zemljišta i/ili punjenja podzemnih voda može biti održivije i ekonomičnije od sive infrastrukture, kao što su brane.
- Kvaliteta vode: Zagađenje iz poljoprivrede može se drastično smanjiti NBS-om i to konzervatorska poljoprivreda koja štiti zemljište od erozije ili obalnim baferima, trakama zemljišta duž vodenih tokova (drvećem i grmljem).
- Upravljanje rizicima: Efekti klimatskih promjena, kao što su česte ekstremne poplave, mogu se ublažiti nizom NBS-a, kao što su priobalni odbojnici ili povezivanje rijeka sa poplavnim područjima.

Primjena određenih NBS stvara ono što je poznato kao "zelena infrastruktura": prirodni ili polu-prirodni sistemi koji nam daju ekvivalentne ili slične koristi konvencionalnoj, sivoj infrastrukturi čovjeka.

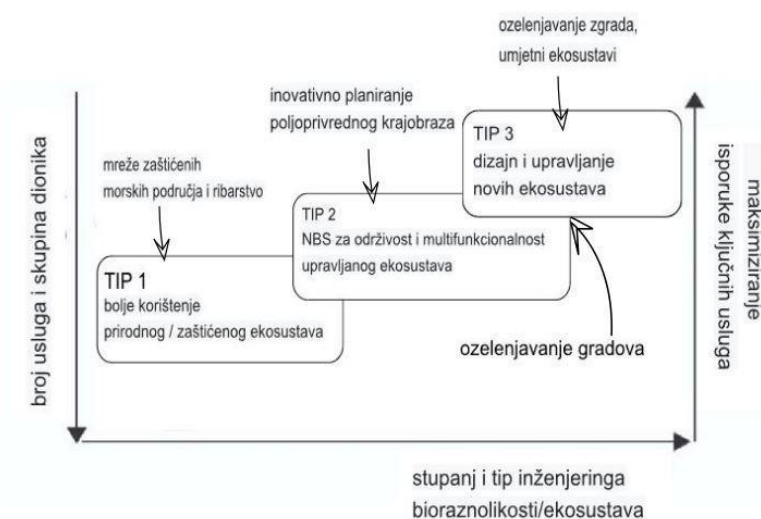
NBS često stvaraju beneficije izvan usluga vezanih za vodu. Na primjer, izgrađena močvarna područja koja se koriste za pročišćavanje otpadnih voda mogu pružiti biomasu za proizvodnju energije, poboljšati biodiverzitet i stvarati rekreativne prostore, te slično zapošljavanje.



Prilog 2. | grafički prikaz šire podjele NBS-a

https://www.researchgate.net/figure/Relationship-of-Nature-Based-Solutions-NBS-Best-Management-Practices-BMPs_fig2_344540350

2.4.2. PODJELA NBS-a



Prilog 3. |

grafički prikaz podjele NBS-a po tipovima

TABLICA PODJELE TIPOVA NBS-a

TIP 1 – minimalne intervencije u krajobrazu	TIP 2 – intervencije u ekosustavima i krajobrazu	TIP 3 – upravljanje ekosustavima većih razmjera
Strategije zaštite i očuvanja	Protokoli održivog upravljanja	Zelena površina – višenamjenski otvoreni prostor obilježen prirodnom vegetacijom i propusne površine
Strategije urbanističkog planiranja		Drveće i grmlje
Monitoring		Očuvanje tla i upravljanje kvalitetom
		Plavo-zelena površina, objekt ili restauracija
		Zeleni okoliš

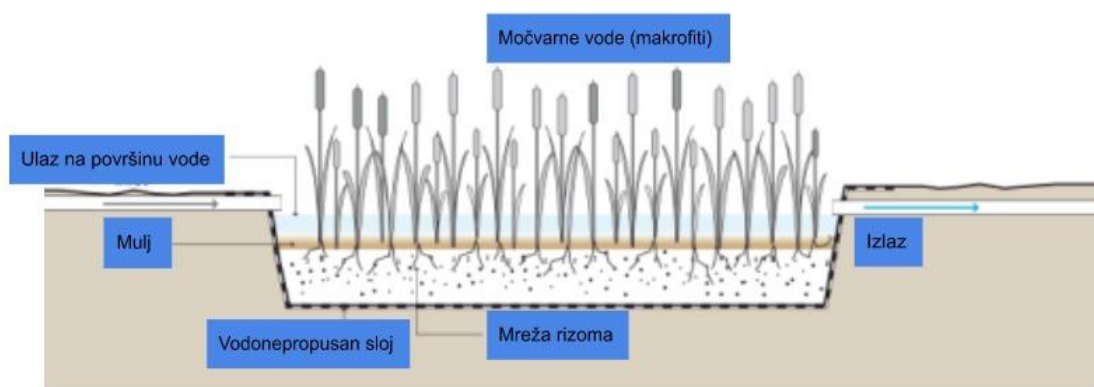
Tablica 5. | podjela NBS-ova po tipovima

2.4.3. OPIS HIBRIDNIH / TIP 3 RJEŠENJA NBS-a

Prirodne ili poluprirodne strukture za skladištenje i transport vode

Površinsko (izgrađeno) močvarno područje-definirani su kao močvarni sustavi gdje je vodena površina izložena atmosferi. Promatranje poboljšanja kvalitete vode u ovim prirodnim močvarama za mnoge godine doveli su do razvoja izgrađenih močvara u nastojanju da se ponovi ova pojava. Većina izgrađenih močvarnih područja namijenjena su za tretman otpadne vode. U tretmanu izgrađene močvare, voda teče preko vegetacije na površini tla od ulazne točke do izlazne točke. U nekim slučajevima, voda se potpuno gubi zbog evapotranspiracije i procjeđivanja unutar močvare. Izgrađena močvarna područja obično se sastoje

od jednog ili više plitkih bazena ili kanala s barijerom za sprječavanje curenja u osjetljive podzemne vode i potopljeni sloj tla, za podupiranje korijena odabiru se oblici makrofitne vegetacije. Svaki sustav ima odgovarajuće ulazne i izlazne strukture za jednoliku distribuciju i prikupljanje otpadne vode. Najčešće korištena vegetacija u izgrađenim močvarama uključuju mačji rep (*Typha* spp.), rogoz (*Scirpus* spp.), i trske (*Phragmites* spp.). U sustavima dizajniranim prvenstveno za liječenje, uobičajeno je odabrati samo jedna ili dvije vrste za sadnju. Biljna krošnja formirana vegetacijom u nastajanju zasjenjuje vodenu površinu, sprječava rast algi i smanjuje turbulencije u vodi izazvane vjetrom. Najvažniji su potopljeni dijelovi živih biljaka, stojeće mrtve biljke i biljni otpad akumuliran iz prethodnog rasta.



Slika 4. | Presjek površinsko izgrađene močvare

https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/sites/cracc/files/inline-files/Constructed_wetland_for_water_treatment.pdf

Poplavna ravnica- relativno ravna područja uz rijeku koja može poplaviti ta zemljišta tijekom razdoblja velikih protoka, odnosno poplava. Povremene poplave i meandar migracija (erozija i taloženje sedimenta) oblikuju poplavna područja tijekom tisuća godina, oblikujući ih sa specifičnim ekološkim značajkama koje utječu na divlje životinje i biljne zajednice. Poplavna područja podržavaju raznolike i produktivne ekosustave. Karakterizira ih značajna varijabilnost u prostoru i vremenu, što zauzvrat proizvodi neke od najbogatijih ekosustava. S ekološke perspektive, ekosustav poplavnih nizina definira se kao dio riječne doline koji je redovito plavljen i isušuje se. Sanacija i obnova poplavnih ravnica i riječnih močvara osigurava sezonska vodena staništa, koridore autohtonih obalnih šuma i stvara zasjenjena riječna i kopnena staništa. Nadalje, pomaže u zadržavanju i polaganom istjecanju iz vodnih tijela, kao i olakšava obnavljanje podzemne vode i poboljšava kvalitetu vode.

Restauracija vodenih tijela -Postojeća jezera i spremnici dostupni u gradskim lokalnim tijelima su tijekom godina zagađeni i zbog toga su vodena tijela manje funkcionalna za punjenje. Osim dostupne kišnice i ponovne upotrebe pročišćene otpadne vode, vodna tijela (jezera, ribnjaci) posebno u urbanim područjima imaju ogromnu vrijednost u smislu pružanja resursa (za piće ili navodnjavanje), usluga regulacije (klimatsko posredovanje, upravljanje poplavama i sušama) i kulturnih usluga (vjerska, povijesna vrijednost).

Restauracija / preusmjeravanje vodotoka -Sanacija i obnova vodotoka obuhvaća veliki izbor mjera, a sve su usmjerene na poboljšanje prirodnih funkcija kanala i rijeka, koje su možda izgubljene ili degradirane ljudskim intervencijama. Pridonosi upravljanju rizikom od poplava podupiranjem prirodnog kapaciteta rijeka da zadrže vodu. Mjere prirodnog zadržavanja vode dio su rehabilitacije i obnove rijeka i mogu biti vrlo korisne za smanjenje rizika od poplava.

Otvaranje korita-Osvjetljavanje rijeka ili potoka je postupak uklanjanja prepreka (poput betona ili pločnika) koje prekrivaju rijeku, potok ili odvodni put i njihovo vraćanje u prethodno stanje. Kako se urbana područja razvijaju cestama, parkiralištima i zgradama, vodeni putovi se ponekad preusmjeravaju, prekrivaju nepropusnim materijalom i/ili zakopavaju u cijevima, propustima ili sustavom odvodnje kako bi se stvorila površina koja se može izgraditi ili u pokušaju zaštite imovine od poplava. Nažalost, zatrpavanje ili prekrivanje rijeka i potoka ima neželjene posljedice povećanja onečišćenja hranjivim tvarima, degradacije staništa i povećanja nizvodnih poplava. Dnevno osvjetljenje uklanja te umjetne prepreke i ponovno uspostavlja rijeke i potoke unutar njihovih izvornih kanala gdje je to moguće ili, gdje je razvoj na putu, stvara novi kanal za plovni put. Rezultirajuća obnovljena rijeka ili potok pruža prednosti oborinskim vodama, kao i brojne estetske, ekonomske i ekološke popratne koristi.

Retencijski bazen- je umjetni ribnjak s vegetacijom oko perimetra i stalnim bazenom vode u svom dizajnu. Koristi se za upravljanje otjecanjem oborinskih voda, za zaštitu od poplava, za kontrolu erozije i da služi kao umjetna močvara, te poboljšava kvalitetu vode u susjednim vodenim tijelima. Razlikuje se od bazena za zadržavanje , koji se ponekad naziva "suho jezero", koji privremeno skladišti vodu nakon oluje, ali na kraju istječe kontroliranom brzinom u nizvodno vodeno tijelo. Također se razlikuje od infiltracijskog bazena koji je dizajniran za usmjeravanje oborinske vode u podzemnu vodu kroz propusna tla. Vlažna jezera često se

koriste za poboljšanje kvalitete vode, punjenje podzemne vode, zaštitu od poplava, estetsko poboljšanje ili bilo koju kombinaciju navedenog. Ponekad djeluju kao zamjena za prirodnu apsorpciju šume ili drugog prirodnog procesa koji je izgubljen kada se područje razvija. Oborinska voda se obično kanalizira u retencijski bazen kroz na ulici i/ili parkiralištu i mrežom odvodnih kanala ili podzemnih cijevi. Bazeni su projektirani tako da dopuste ulazak relativno velikih protoka vode, ali ispusti u prihvatne vode ograničeni su ispušnim strukturama koje funkcioniraju samo tijekom vrlo velikih oluja.

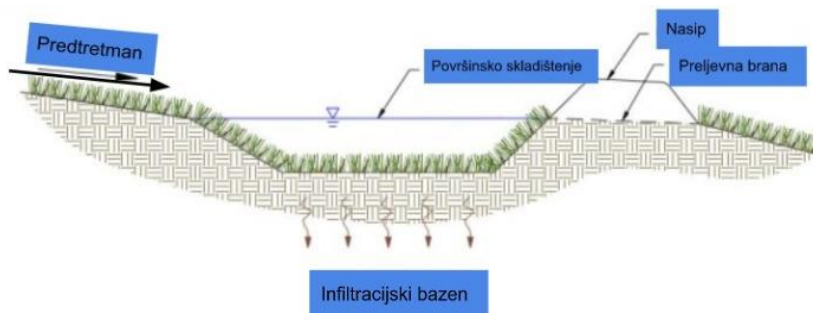


Slika 5. | presjek retencijskog bazena

https://www.researchgate.net/figure/Schemes-of-the-wet-detention-pond-in-Odense-Aarhus-and-Silkeborg_fig1_224931578

Strukture infiltracije, filtracije i biofiltracije

Infiltracijski bazen- (ili bazen za ponovno punjenje) oblik je izgrađenog bazena ili procjdnog bazena koji se koristi za upravljanje otjecanja oborinske vode, sprječavanje poplava i nizvodne erozije i poboljšanje kvalitete vode u susjednoj rijeci, potoku, jezeru ili zaljevu . To je u biti plitko umjetno jezero koje je dizajnirano za infiltraciju oborinske vode kroz propusno tlo u vodonosnik podzemne vode. Infiltracijski bazeni ne ispuštaju vodu osim infiltracijom, isparavanjem ili hitnim prelijevom tijekom poplavnih uvjeta.



Slika 6. | presjek infiltracijskog bazena

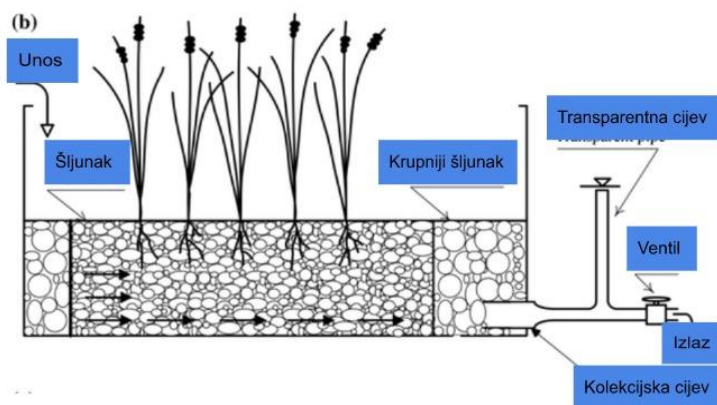
https://swb.mpy.wrc.wp.prod.es.cloud.vt.edu/wp-content/uploads/2018/07/BMP_Spec_No_8_INFILTRATION.pdf

Biljno - filtracijski pojas- Vegetirane filtarske trake su obrasle površine čija je funkcija usporavanje brzine oborinskih voda, filtriranje sedimenta i drugih zagađivača, i osiguravanje određene infiltracije u temeljno tlo. Filtarske trake izvorno su bile prakse u poljoprivredi i u novije vrijeme prerasle u urbanu praksu. Uz pravilan dizajn i održavanje, filtarske trake mogu pružiti relativno visoki stupanj uklanjanja zagađivača. Međutim kako bi bila učinkovita, oborinska voda bi trebala održavati protok vode po cijeloj duljini trake filtera, u suprotnom, teži koncentrirani tokovi koji primaju malo ili nikakvo liječenje mogu nadvladati praksu. Najprikladnije su za obradu ispusta oborinskih voda od cesta i autocesta, krovnih odvoda, vrlo malih parkirališta i prohodnih površina, no nisu praktične u urbanim područjima zbog količine prostora koja je potrebna kako bi bile uspješne.

Kišni vrt- Kišni vrt je plitka pejzažna depresija dizajnirana za hvatanje i obradu oborinskih voda. Biljke i tlo u kišnom vrtu olakšavaju infiltraciju i uklanjanje zagađivača. Kišni vrtovi su dizajnirani za zadržavanje vode kratko vrijeme (obično 12 do 48 sati). Voda skupljena u kišni vrt će se ili infiltrirati, ispariti ili prelići kao površinsko otjecanje.

Suho/mokri sprudovi- suhi sprudovi poboljšavaju kvalitetu vode olakšavanjem infiltracije oborinskih voda, a mokri sprudovi koriste vrijeme zadržavanja i prirodni rast za obradu oborinskih voda prije ispuštanja u nizvodno površinsko vodno tijelo. Suhi se valovi razlikuju dodavanjem pažljivo odabranog, visoko propusnog tla (obično pjeskovite ilovače), sigurnosnih brana i sustava podzemne drenaže. Mokri sprudovi održavaju zasićeno stanje na dnu spruda, a cilj je stvoriti izduženi sustav za pročišćavanje koji tretira oborinske vode fizičkim i biološkim djelovanjem. Suhi i mokri sprudovi prikladni su za korištenje u uskim područjima duž cesta i središnjica gdje postoji dovoljno prostora za potrebnu dubinu i širinu. Pokazuju dobro uklanjanje zagađivača, pri čemu suhi sprudovi pružaju značajno bolju izvedbu za metale i nitrate.

Podzemni filtracijski sustav- postoje horizontalne i vertikalne podzemne filtracije. Kod horizontalnog toka filtracije otpadna voda od nekog ulaza polako teče vodoravno kroz porozni medij u kojem se sadi vegetacija, ova voda se zatim filtrira i, nadalje, prolazi neki aerobni, anoksični i anaerobni procesi koji ga pročišćavaju, te učinkovito uklanjaju suspendirane krutine i organske tvari. Međutim, njihova sposobnost uklanjanja dušika ovisi o nekoliko čimbenika, a njihova je učinkovitost uklanjanja amonijaka i fosfora niska, te se koriste u sekundarnom tretmanu komunalnih otpadnih voda. Vertikalna podzemna filtracija razlikuje se od prethodne po smjeru kojim otpadna voda teče kroz porozni medij, Sada se velike količine vode dovode na površinu i tako je poplave. Otpadna voda tada mora procijediti prema dolje kroz krevet napustiti sustav. čini ih boljim za mala područja tretmana, tako da su prikladni za tretiranje na jednom mjestu u kućanstvu ili malu količinu komunalne otpadne vode. Hibridni sustavi poboljšavaju njihove pojedinačne performanse, posebno u pitanju uklanjanje dušika.



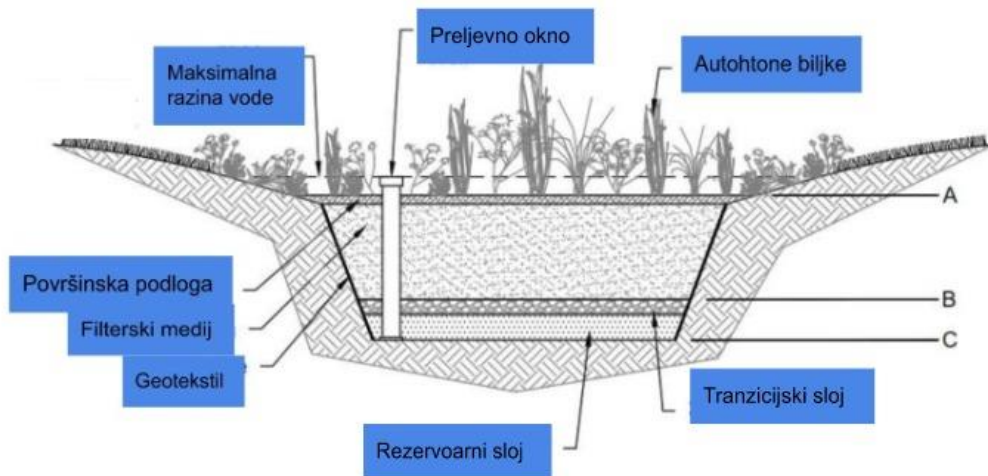
Slika 7. | presjek podzemno izgrađene močvare

https://www.researchgate.net/figure/Schematic-layout-of-different-types-of-constructed-wetlands-CWs-a-free-water-surface_fig1_318975389

Bioretencijski bazeni- su uređena udubljenja ili plitki bazeni koji se koriste za usporavanje i obradu oborinskih voda na licu mjesta. Oborinska voda se usmjerava u bazen i zatim procjeđuje kroz sustav gdje se pročišćava nizom fizičkih, kemijskih i bioloških procesa. Usporena, pročišćena voda dopušta se infiltraciji u prirodno tlo ili usmjerava u obližnje odvode oborinske vode ili prijemne vode.

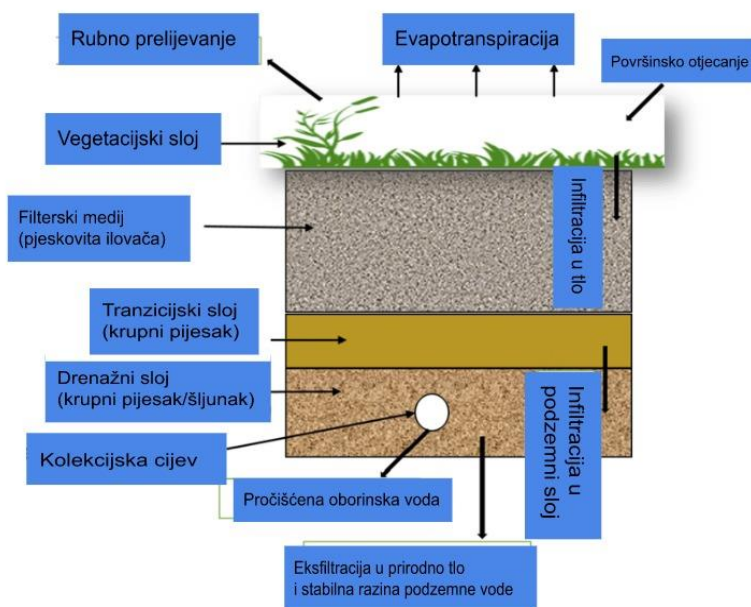
Ovi sustavi obično se sastoje od sedam elemenata, od kojih svaki ima različitu funkciju:

1. **Zaštitna traka za travu** - smanjuje brzinu otjecanja i uklanja suspendirane krutine.
2. **Vegetacija** – pomaže u uklanjanju vode kroz proces evapotranspiracije i uklanja višak hranjivih tvari kroz kruženje hranjivih tvari.
3. **Područje s plitkim jezercima** – omogućuje skladištenje viška oborinskih tokova i njihovo naknadno isparavanje, također pomaže u dodatnom taloženju čestica.
4. **Malč** – organski sloj koji potiče mikrobiološku razgradnju zagađivača na bazi nafte, pomaže u filtraciji zagađivača i smanjuje eroziju tla.
5. **Projektirana tla** – za potporu rastu vegetacije zajedno s unosom hranjivih tvari i osiguravanjem skladištenja vode. Tlo treba sadržavati malo gline za adsorpciju zagađivača kao što su ugljikovodici, teški metali i hranjive tvari.
6. **Pješčana podloga** – osigurava drenažu i prozračivanje tla za sadnju kao i pomoć pri ispiranju zagađivača.
7. **Podvodni sustav** – uklanjanje viška pročišćene vode u sustav oborinske odvodnje ili prijemne vode.



Slika 8. | presjek bioretenzijskog bazena

https://filetransfer.nashville.gov/Portals/0/SiteContent/WaterServices/Stormwater/docs/SWMM/2021/vol5/GIP01_Bioretenion_2021.pdf



Slika 9. | detalj presjeka bioretenzijskog bazena

https://www.researchgate.net/figure/Bioretenion-layers-and-hydrologic-function-of-bioretenion-system_fig1_313909291

2.4.4. MATRICA MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA NBS-a ZA POJEDINE VODENE ELEMENTE

Vodeći se principima NBS-a, navedene matrice su proizašle iz promišljanja mogućnosti primjene procesa / svojstava NBS rješenja na pojedine vodene elemente kako bi oni u urbanom kontekstu poprimili održiviji oblik.

Glavni procesi koje bi NBS sustavi obavljali su bioretencija i biofiltracija oborinske i otpadne vode pomoću elemenata : geotekstila, oblikovanja terena, filterskog medija i najvažnije, vegetacije, kroz koje bi se omogućile pojave prirodnih procesa sedimentacije i mikrobiološke razgradnje otpadnih tvari. Navedeni procesi omogućuju učinkovito uklanjanje suspendiranih krutih tvari i organskih tvari ovisno o načinu biofiltracije za koji se odlučimo. Bioretenciju također biramo prema potrebama korištenja i konfiguraciji terena, a može biti polovična (spora filtracija pročišćene vode u podzemne) ili potpuna, te povremena (oborinske vode). Važno svojstvo NBS-a je i mogućnost korištenja vegetacije koja pruža estetsku i ekološku ulogu u urbanim prostorima.

		prirodne/poluprirodne strukture					
		površinsko (izgrađeno) močvarno područje	poplavne ravnice	restauracija vodenih tijela	restauracije/preusmjerenje vodotoka	otvaranje (osvjetljavanje) korita	retencijski bazen
vodeni elementi	jezero	○		○			○
	rijeka, potok		○	○	○	○	
	fontana	○					○
	bazen	○		○			○
	kaskada	○					○
	česma						

Tablica 6. | mogućnosti izvođenja vodenih elemenata uz korištenje svojstava prirodnih/poluprirodnih struktura NBS-a

		(bio)filtracijske strukture					
		infiltracijski bazen	biljnofiltracijski bazen	kišni vrt	suhi/mokri sprudovi	podzemni filtracijski sustavi	bioretencijski bazen
vodeni elementi	jezero	○	○	○		○	○
	rijeka, potok	○	○				
	fontana			○			○
	bazen	○		○			
	kaskada	○					○
	česma					○	

Tablica 7. | mogućnosti izvođenja vodenih elemenata uz korištenje svojstava (bio)filtracijskih struktura NBS-a

Jezeru kao vodenom elementu u krajobrazu može se pristupiti rješenjima kako bi eventualno

poprimili svojstva sljedećih NBS-a: izgrađeno močvarno područje, restauracija vodenih tijela, retencijski bazen, infiltracijski bazen, biljno-filtracijski pojas, podzemni filtracijski sistem, metodom bioretencijskog bazena i kišni vrt.

Fontana kao element može postati održivija i prirodnija primjenom svojstava sljedećih rješenja: izgrađeno močvarno područje, kišni vrt, retencijski bazen i bioretencijski bazen.

U slučaju rijeke/potoka kao elementa u krajobrazu, mogu se primijeniti svojstva sljedećih intervencija: poplavnih ravnica, restauracije vodenih tijela, restauracije/preusmjeravanja vodotoka, otvaranje (osvijetljavanje) korita, infiltracijskog bazena i biljno-filtracijskog pojasa.

Kod bazena kao elementa u krajobrazu, mogu se primijeniti svojstva nekih od metoda NBS-a, a to su konkretno: izgrađeno močvarno područje, restauracija vodenih tijela, retencijski bazen, kišni vrt te infiltracijski i bioretencijski bazen.

Česma kao jedan od manjih elemenata i dalje ima veliku podzemnu strukturu i sistem, na koje mogu biti primijenjena svojstva sljedećih metoda NBS-a: restauracija vodenih tijela, restauracija/preusmjeravanje vodotoka, i intervencija i obliku podzemnog filtracijskog sustava.

Te naposljetku, u slučaju kaskada u krajobrazu, mogu biti primijenjena svojstva sljedećih rješenja NBS-a: izgrađeno močvarno područje, retencijski bazen, infiltracijski te bioretencijski bazen.

2.5. SUDS

Održivi urbani sustavi odvodnje (Sustainable urban drainage systems, SUDs) su rješenja čija je uloga održivo rješavanje pitanja oborinskih voda u urbanim područjima uz dodatni značaj podizanja ekoloških kvaliteta prostora. Osnovni cilj je smanjenje utjecaja izgrađenog područja na kvalitetu i kvantitetu otjecanja vode i uz to unosenje prilike za povećanje bioraznolikosti i sadržajnosti prostora, što se ostvaruje reproduciranjem prirodne odvodnje prostora prije izgradnje. U tom kontekstu, ti sustavi spadaju u skupinu rješenja temeljenih na prirodi (NBS). (Woods-Ballard i dr., 2007)

2.6. KIŠNI VRTOVI

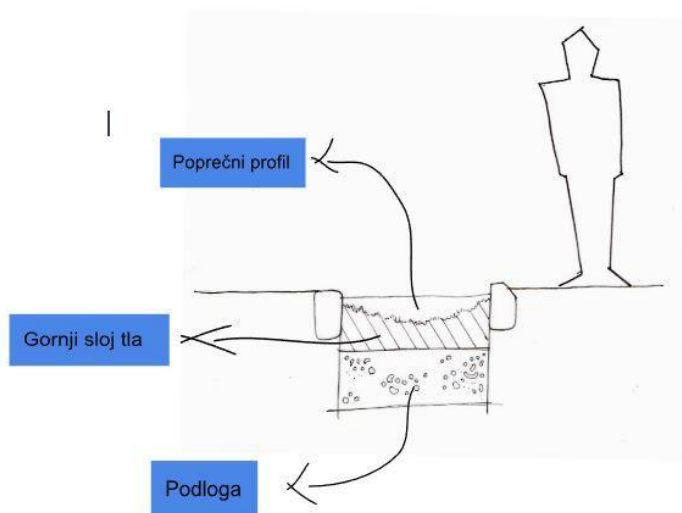
Kišni vrtovi su vrsta Održivog drenažnog sustav (SuDS) koji hvata oborinu prije nego uđe u cjevovodnu mrežu i polako je ispušta u mrežu ili joj dopušta da se infiltrira u zemlju. Kišni vrtovi su plitke uređene depresije koje smanjuju otjecanje oborina, smanjuju utjecaj zagađenja i utječu na poboljšanje bioraznolikosti. Mogu se koristiti za poboljšanje kapaciteta cijevne odvodnje površinske vode hvatanjem i pohranjivanjem padalina, dopuštajući joj upijanje u zemlju ili laganim spuštanjem natrag u cjevovodnu mrežu.

KAKO DIZAJNIRATI KIŠNI VRT

Kišni vrtovi su fleksibilni u dizajnu i izvrsni su primjeri kako se SuDS komponente mogu integrirati u ulični pejzaž bez negativnog utjecaja na primarni funkciju naših ulica i prostora. Učinkovitost kišnog vrta može se poboljšati projektiranjem podloge koja uključuje sloj šljunka koji pomaže filtrirati zagađivače i osigurava veći kapacitet skladištenja kišnice. 'Projektirani' kišni vrtovi često se nazivaju bioretencijski sustavi, međutim u praksi nema jasne razlike između kišnih vrtova i bioretencijski sustava.

Kišni vrtovi trebaju biti dizajnirani tako da pomognu u smanjenju rizika od poplava i u poboljšanju kvalitete vode, bioraznolikosti i javne dobrote unutar raspoloživog proračuna. Mogu se saditi s raznim vrstama ovisno o kontekstu i zahtjevima. Kišni vrtovi mogu se implementirati gdje god ima dostupnog prostora.

Troškovi instalacije mogu se značajno smanjiti za integraciju kišnih vrtova u javne projekte i može pružiti značajnu dodatnu vrijednost, za to je potrebno odabrati pogodno mjesto i napraviti izračun površine sliva koji se slijeva u kišni vrt (slivno područje je definirano položajem i topografijom).



Slika 10. | presjek koji prikazuje tipične značajke kišnog vrta

Kišni vrt obično se sastoji od sljedećih karakteristika:

1. Poprečni profil

Poprečni profil omogućuje potencijalno skladištenje vode prostora, iznad gornjeg sloja tla. Dubina profila se mjeri od razine kolnika ili pješačke staze do vrh gornjeg tla. Minimalna dubina poprečnog profila može biti 100 mm. Idealna dubina treba biti 200-300 mm kako bi se potaknuo protok vode u kišni vrt, te za prilagodbu nakupljanja mulja i lišća. Česta pogreška je da se poprečni profil napravi preplitkim, gdje je gornji sloj tla u ravnini s pješačkom stazom ili kolnikom, odnosno blokira se slobodan tok vode u kišni vrt.

2. Gornji sloj tla

Gornji sloj tla obično se sastoji od mješavine zemlje i pješčanog komposta. Kišni vrtovi često imaju pjeskovitiji sastav tla kako bi se omogućila brža infiltracija. Omjer od približno 50% pijeska, 30% gornjeg sloja zemlje i 20% komposta će biti prikladan za većinu biljaka, iako to nije pogodan sastav za rast svih biljaka. Minimalna dubina gornjeg sloja tla od 300 mm preporučuje se za grmlje i zeljaste biljke, a može se uzeti u obzir manja dubina od 200 mm za kišne vrtove koji će biti pokriveni travnjakom ili poljskim cvijećem. Posađenom bilju treba dodati sloj mulcha za pomoć u suzbijanju korova.

3. Podloga

Dubina temeljne podloge varirat će ovisno o potrebnom kapacitetu skladištenja i proračuna. Dublja podbaza će pomoći u skladištenju više vode. Dubina podloge može biti od 100 do 500 mm, ali u većini slučajeva preporučuje se minimalna dubina od 100 mm. U slučaju kada je podtlo slobodno drenirano ili je slivno područje malo, može se uzeti u obzir potpuno uklanjanje podloge.

Podzemna infrastruktura može imati utjecaj na dizajn kišnog vrt. Kišni vrtovi još uvijek se mogu postaviti gdje su komunalije kao što su struja, plin i voda nalazi unutar predviđene dubine izgradnje; međutim, bit će potrebna jedna od sljedećih opcija:

-Ručno kopanje

Ručno kopanje po komunalijama može omogućiti stvaranje kišnog vrta na željenoj dubini, no oduzima puno vremena i može dovesti do znatno povećanog troška.

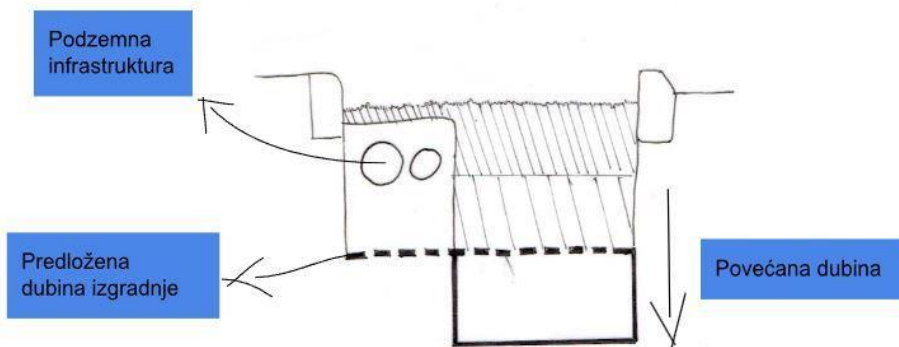
-Prestanak kopanja

Smanjenje dubine izgradnje kišnog vrta na mjestima gdje su podzemne infrastrukture i prisutne je isplativa metoda. Međutim ovo će smanjiti učinak kišnog vrta.

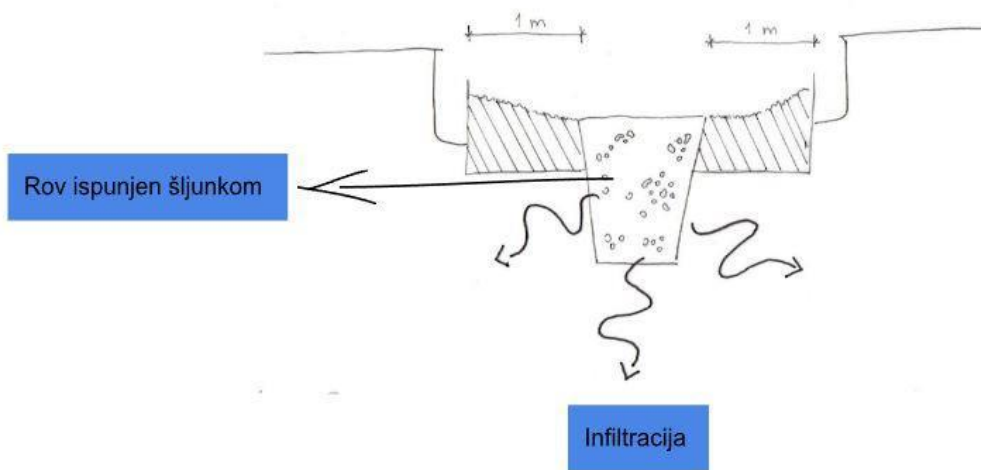
-Kopanje dublje

U nekim slučajevima može biti moguće zadržati ukupni volumen podbaze povećanjem dubina gdje nema komunalija, da bi nadoknadili smanjeni iskop gdje su te komunalije prisutne. Ovo će smanjiti kopanje oko infrastruktura uz održavanje željenog kapacitet pohrane.

Dostupni proračun i potrebna izvedba će odrediti koji od ovih mogućnosti su najbolje za kišni vrt.



Slika 11. | poprečni presjek prikazuje kako se dubina izgradnje može lokalno povećati ako postoje prisutne podzemne infrastrukture.



Slika 12. | poprečni presjek kišnog vrta sa rovom ispunjenim šljunkom

Izračun veličine i dubine

Povećanje kišnog vrta (a time i skladištenje više vode) povećava upravljanje rizikom od poplava. Tipični autocestni slivnik drenira slivno područje od oko 200 m². Kao opće pravilo kišni vrt treba biti 5-10% slivno područje odnosno kišni vrt drenira područje od 10-20m² isto kao i tipični vododerina. Dobar cilj je uskladištiti prvih 20 mm padalina, pohranjivanje ove količine vode doprinosi smanjenju opasnost od poplava. Idealnije je osigurati veći prostor kako bi se kako bi se mogla pohraniti veća količina vode.

STANDARD DIZAJNA	KOLIČINA OBORINA
Prvo ispiranje	5 mm
Količina padalina 1 u 5 godina	20 mm
Količina padalina 1 u 10 godina	50 mm

Tablica 8. | količinu očekivane kiše ovisno o standardu dizajna

Prvih 5 mm padalina nosi većinu onečišćenje, kao što su mulj i ulje iz otjecanja s ceste, i često je poznat kao "prvo ispiranje".

Izračun za pohranu padalina:

Volumen padalina (m³) = dubina padalina (m) X slivno područje (m²)

Volumen skladištenja (m³) = dubina skladištenja (m) X područje kišnog vrta (m²)

Dubina prostora za pohranu dobiva se preko formule :

Dubina skladištenja (m) = dubina poprečnog profila (m) + 30% dubine podbaze (m)

Koristi se samo 30% dubine podloge jer je to tipična poroznost sloja šljunka, tj. 30% volumena šljunka je prostor raspoloživ za skladištenje vode. Za dani standard dizajna, ako je volumen pohrane veći od volumena padalina može se pretpostaviti da je projektni standard postignut.

Gotov primjer:

Površina kišnog vrta = 20 m²

Slivno područje = 200 m²

Dubina poprečnog profila = 0,1 m

Dubina podloge = 0,3 m

Dubina skladištenja (m) = dubina poprečnog profila (m) + 30% dubine podbaze
(m) = 0,1 m + 30% od 0,3 m = 0,19 m

Volumen skladištenja (m³) = dubina skladištenja (m) X područje kišnog vrta (m²)
= 0.19 m x 20 m² = 3,8 m³

STANDARD DIZAJNA	KOLIČINA PADALINA	VOLUMEN PADALINA	VOLUMEN SKLADIŠTENJA	REZULTATI
Prvo ispiranje	5 mm	1 m ³	3,8 m ³	Dobro
Količina padalina 1 u 5 godina	20 mm	4 m ³	3,8 m ³	Prekoračeno
Količina padalina 1 u 10 godina	50 mm	10 m ³	3,8 m ³	Prekoračeno

Tablica 9. | rezultati izračuna za skladištenje padalina

U ovom primjeru, dubina padalina od 20 mm koje se dogode jednom u 5 godina prekoračuje dobiven volumen skladištenja vode, ali samo neznatno.

U primjeru ispod je napravljena izmijenjena dubine poprečnog profila za 0,15 m koji osigurava volumen skladišta od 4,8 m³ i omogućava kapacitet za pohranu padalina za vrijeme znatno većih vremenskih neprilika.

STANDARD DIZAJNA	KOLIČINA PADALINA	VOLUMEN PADALINA	VOLUMEN SKLADIŠTENJA	REZULTATI
Prvo ispiranje	5 mm	1 m ³	4,8 m ³	Dobro
Količina padalina 1 u 5 godina	20 mm	4 m ³	4,8 m ³	Dobro
Količina padalina 1 u 10 godina	50 mm	10 m ³	4,8 m ³	Prekoračeno

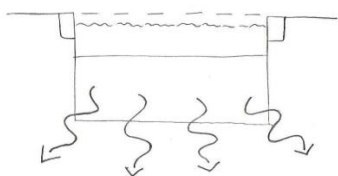
Tablica 10. | prikaz izmijenjenog izračuna za mogućnost većeg skladištenja padalina

Potrebno je znati da je ovo pojednostavljeni izračun dizajna kojim se može odrediti indikativni učinak kišnog vrta, ne uzimajući u obzir faktore kao što su gubici presretanja, infiltracija ili trajanje oluje koji također mogu utjecati na ukupnu izvedbu.

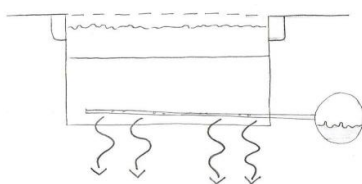
4. Infiltracija

Kišni vrt treba biti dizajniran da omogućuje maksimalnu infiltraciju vode jer se time ublažava pritisak na drenažnu cijev, obnavljaju podzemne vode i podržava bazni tok u rijekama. Za učinkovitu odvodnju je potrebno osigurati podzemni odvod pomoću perforirane cijevi ugrađene u podbazu koja se spaja na odvodnju površinskih voda. Prilikom stvaranja kišnog vrta važno je omogućiti odvodnju u kratkom vremenskom periodu, kako bi se osigurao skladišni kapacitet za buduće kišne periode.

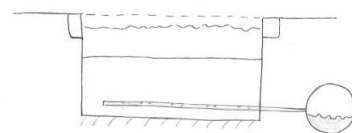
Prema smjernicama iz SuDS priručnika, preporuča se polu-pražnjenje od 48 sati, te kontrola odvodnje kako se kišni vrt ne bi prebrzo osušio. Ukoliko je odvodnja prebrza, postoji mogućnost stvaranja pritiska na sustav odvodnje, stoga se ograničava otvor na promjer od 25 mm, čime će se reducirati protok na manje od 1 litre po sekundi. Drugi način pražnjenja je modificiranje čvrste cijevi pomoću stvaranja više manjih otvora.



Slika 12. | potpuna infiltracija



Slika 13. | djelomična infiltracija



Slika 14. | bez infiltracije

VRSTA DIZAJNA	VRSTE TLA	ZAHITJEVI ODVODNJE
Potpuna infiltracija	Šljunčana ili pjeskovita tla	Dodatne značajke odvodnje nisu potrebne
Djelomična infiltracija	Tla mješavine gline i šljunka ili drugih komponenti mogu biti pogodna za djelomičnu infiltraciju	Dio vode iz kišnog vrta će se izliti u tlo, ali će biti potrebni dodatni elementi odvodnje kako bi osigurali da ne dođe do plavljenja područja
Bez infiltracije	Glinena tla, nisu prikladna za infiltraciju	Potrebne su dodatne karakteristike odvodnje

Tablica 11. | zahtjevi odvodnje s obzirom prema vrsti infiltracije

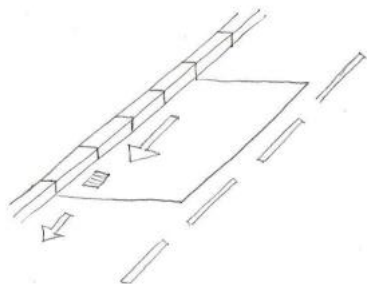
Podizanjem razine omogućuje se djelomična infiltracija prije nego je sustav odvodnje aktiviran. Preporučuje se za tla prikladnima za djelomičnu infiltraciju.

Ako je zemljište uz kišni vrt kontaminirano, bit će potrebno obložiti kišni vrt vodonepropusnom membranom kako bi se osiguralo da se štetne tvari ne mobiliziraju u tlu. Takav postupak onemogućuje infiltraciju, stoga je potrebno uključiti drenažu. Potrebno je osigurati da voda koja se skladišti u kišni vrt ne može negativno utjecati na cestu. To se osigurava stvaranjem vodootporne barijere između kišnog vrta i ceste, pomoću proširenja dubine betonskog spusta koji podupire kolnik.

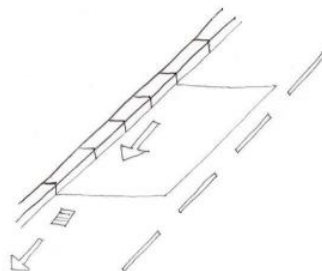
Jednostavan način procjene stope infiltracije podzemlja je da se iskopa rupa od najmanje 500 mm dubine i napuni vodom, ako se ispraznila u roku od nekoliko sati tada je vjerojatno da se tlo dobro infiltrira, te dodatna drenaža neće biti potrebna. Ovaj eksperiment treba ponoviti barem jednom za poboljšanje pouzdanosti rezultata.

5.Upravljanje tokovima

Sustav kišnog vrta treba imati osigurano upravljanje površinskim otjecanjem vode osobito kada je kapacitet prekoračen. Ukoliko je kišni vrtovi naknadno ugrađen u urbani krajolik koji već postoji mogu se zadržati značajke odvodnje kao što su jaruge. Uklapanjem kišnog vrta oko postojeće jaruge osigurat će da voda teče niz jarugu kada kišni vrt popuni svoj kapacitet. Druga mogućnost je da se kišni vrt locira uzvodno od postojećeg slivnika. Ovim postupkom će se osigurati da većina površinskog otjecanja zahvaća kišni vrt, a kada se njegov kapacitet napuni, voda će se prelići u slivnik. Ako postoji slivnik odmah uzvodno od predloženog kišnog vrta možda će je biti potrebno blokirati, podignuti ili ponovno locirati kako bi se osiguralo da voda i dalje može doći do kišnog vrta.



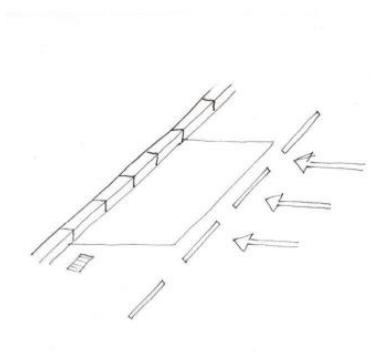
Slika 15. | uklapanje postojećeg slivnika u kišni vrt



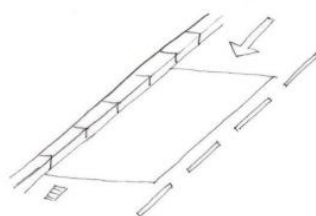
Slika 16. | kišni vrt uzvodno od slivnika

6. Ulazi

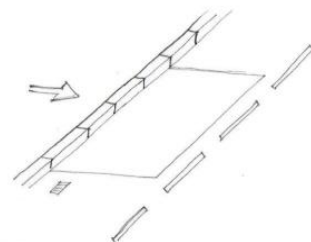
S obzirom na smjer ulaska vode u kišni vrt određuje se odgovarajuća vrsta ulaza. Postoje tri smjera, a to su: uzdužni pad uz kolnik, poprečni pad preko kolnika i poprečni pad preko pješačke staze. Ulaz kod uzdužnog pada uz kolnik treba biti širok najmanje 300 mm ili treba biti smješten kao razmak u rubniku ili će biti proveden pomoću kapljičnih rubnjaka. Kod poprečnog pada preko kolnika voda se odvodi pomoću puno malih razmaka između rubnjaka, a kod poprečnog pada preko pješačke staze podignuti rubnik nije potreban, otjecanje se može izravno odvoditi u kišni vrt.



Slika 17. | poprečni pad preko kolnika



Slika 18. | uzdužni pad uz kolnik



Slika 19. | poprečni pad preko pješačke staze

7. Primjena bilja

Kišni vrtovi mogu sadržavati širok raspon različitih biljka kao što su: grmlje, trajnice, trave, poljsko cvijeće, hidrofilne biljke.

Grmlje pomoću korijena može poboljšati stabilnost tla, a dok su trave posebno učinkovite u filtriranju tla od zagađenja s cesta. Upotreba divljeg cvijeća je korisna u smislu troškova, te također zbog jednostavnih uvjeta za rast, razvoj i održavanje. Dok su hidrofilne biljke poput trske, šaša prikladne za vlagu i područja sklona poplavama.

Osim odabira vrsta bitno je voditi brigu i o drugim čimbenicima poput: lokacije, sezone, sunčeve svjetlosti, sadržaju vlage u tlu, te stablima. Prilikom sadnje bitno je odrediti koje biljne vrste će biti posađene na određenu površinu s obzirom na lokaciju, te ekološke uvjete (sunčeva svjetlost, sadržaj vlage u tlu). Ukoliko se lokacija nalazi na frekventnom mjestu poželjno je da biljke budu reprezentativne, te da budu posađene vrste koje će cvasti u različito vrijeme kako bi lokacija cijele godine bila postojana.

8. Potrošnja, održavanje i oglašavanje

Plan sadnje i izbor biljnih vrsta treba biti odobren od strane stručnjaka krajobrazne arhitekta i hortikulture. Nakon izvedenog kišnog vrta treba odrediti tko će biti odgovoran za buduće održavanje u dogovoru s nadležnim tijelom, te također trebaju postojati smjernice održavanja i proračuna napisanog od strane stručnjaka.

Tijekom projektiranja kišnog vrta od samoga početka trebaju biti uključeni stanovnici. Bitno je predstaviti i objasniti primjenu kišnog vrta i drugih alternativnih rješenja, te na koji način ti sustavi funkcioniraju i koja je njihova uloga. Također je i poželjno angažirati stanovnike prilikom sadnje, te održavanja samog kišnog vrta čime se stvara i zajedništvo. Informiranje stanovništva putem plakata i oglasnih ploča također je dio projekta, pri čemu će svi građani biti informirani o projektu. (UDL, 2018.)

3. ZAKLJUČAK

U ovom seminarskom radu pokriveno je više aspekata na temu vodenih elemenata u prostoru. Kroz kombinaciju svih ovih aspekata i objašnjavanje njihovih osnovnih i bitnih pojmova, namjera je bila prikazati značaj vodenih elemenata. Prvo kroz ustanovljavanje same vode kao pojma, zatim kroz objašnjavanje razlika kod uloga vode u prostoru, te prema povijesnoj analizi koja je objedinila kako je shvaćanje vode kao pojma kroz povijest utjecalo na njeno korištenje u prostoru.

Nakon toga, shvaćamo kako je korištenje vode i vodenih elemenata u krajobraznoj arhitekturi doseglo visoke razine, no nažalost iscrpljivanjem iste kao prirodnog resursa.

Obzirom na globalno stanje, potrebno je početi s primjenom NBS-a u većoj mjeri kako bi se riješio prethodno navedeni problem. Prikazane i objašnjene metode NBS-a su zaista potrebne kao mjera u krajobraznoj arhitekturi, što smo htjeli pokazati fokusiranjem na temu ovog rada tj. na vodene elemente s inkorporiranim principima NBS-a.

Uz efikasnost primjene SUDS-a u urbanim područjima, u ovom radu uočili smo kišni vrt kao jednu od najviše primjenjivih varijanti NBS-a. Istaknuli smo ga zbog odnosa jednostavnosti izvedbe i održavanja, primjenjivosti na manjim površinama i potencijala za bioraznolikost.

Istraživanja dokazuju da korištenje vode u krajobrazu među ostalom pridonosi smanjenju zatopljenja u urbanom prostoru, te poboljšava bioraznolikost zelenih urbanih površina.

Vodeni elementi unose brojne benefite u prostor stoga bi trebali biti neizostavan element u njegovu oblikovanju, ukoliko postoji mogućnost za njihovu izvedbu.

4. OPIS LITERATURE

UVOD U TEMU

UNECE (UN), 1992: The Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes,

[org/environment-policy/water/about-the-convention/introduction](https://unece.org/environment-policy/water/about-the-convention/introduction)<https://unece.org/environment-policy/water/about-the-convention/introduction>

Šimpraga, 2016: Voda u prostoru postaje povlastica, [VODA U JAVNOM PROSTORU POSTAJE POVLASTICA/... - ARS PUBLICAE 2016: VODA I JAVNI PROSTOR \(tumblr.com\)](#)

Uloga vode

Jeon, J.Y., Lee, P.J., Kang, J., 2012: Acoustical characteristics of water sounds for soundscape enhancement in urban open spaces,

<https://pubs.aip.org/asa/jasa/article/131/3/2101/993112/Acoustical-characteristics-of-water-sounds-for> (22.4.2023.)

Yang, X., Kang, J., 2022: The effect of visual and acoustic factors on the sound preference for waterscapes in urban public spaces, (22.4.2023.)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X2200319X>

Busy Bees, 2020: The Benefits of Water Play for Childhood Development,

<https://www.busybees.edu.au/the-benefits-of-water-play-for-childhood-development-2/> (22.4.2023.)

<http://weblibrary.apeiron-uni.eu:8080/WebDokumenti/9458-poglavlje.pdf>

<http://weblibrary.apeiron-uni.eu:8080/WebDokumenti/9458-poglavlje.pdf>

Marija Vizner (HR), 2010. : Značaj vode u očuvanju bioraznolikosti,

https://vusz.hr/Cms_Data/Contents/VSZ/Folders/dokumenti/javanustanovazaupravljanjezasticenimprirodnimvrijednostima/arhiva/~contents/9982JNLLE7YC2M72/2011-3-21-60313269-znacajvodeuocuvanjubioraznolikosti.pdf

N. E. Theeuwes, A. Solcerová, G. J. Steeneveld, 2013: Modeling the influence of open water surfaces on the summertime temperature and thermal comfort in the city, *Journal of Geophysical Research*, 118 (16) 8881-8896, DOI: 10.1002/jgrd.50704 (9.5.2023.)

H. H. KIM (1992) Urban heat island, *International Journal of Remote Sensing*, 13:12, 2319-2336, DOI: 10.1080/01431169208904271 (9.5.2023.)

TIPOLOGIJA -

Wikipedia, 2023. : Jezero, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Jezero>

Wikipedia, 2023. : Umjetno jezero, https://hr.wikipedia.org/wiki/Umjetno_jezero

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.,: <https://enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=29119>

Wikipedia, 2023: Vodopad, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Vodopad> (10.5.2023.)
Jezikoslovac, 2023: Baraža, <https://jezikoslovac.com/word/365i> (10.5.2023.)

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021: Fontana, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=69224> (10.5.2023.)

česma. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021, <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=69216> (10.5.2023.)

M. Šu./Hina, 2021. Performans kod Manduševca, *tportal*, 20.7.,<https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/zelena-akcija-izgradite-cesme-zahitijevamo-pravo-na-vodu-bez-ambalaze-20210720>

Goran Šafarek, (HR) 2022. : Priroda Hrvatske : Karakteristike rijeka <https://priodahrvatske.com/hidrografija/>

Wikipedia, 2021: Rijeka (vodotok), [https://hr.wikipedia.org/wiki/Rijeka_\(vodotok\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Rijeka_(vodotok)) (10.5.2023)

Wikipedia, 2023: Potok, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Potok> (10.5.2023.)

OPIS NBS - GEONARDO,2021: NATURE BASED SOLUTIONS - A HANDBOOK FORPRACTITIONERS,
<https://geonardo.com/news/38/nature-based-solutions-a-handbook-for-practitioners>

NBS-definicije - (EPA (US), 2000: Wastewater Technology Fact Sheet: Free Water Surface Wetland,
https://www3.epa.gov/npdes/pubs/free_water_surface_wetlands.pdf

Christin, Z., Kline, M. 2017: Why we continue to develop floodplains: Examining the disincentives for conservation in federal policy. White paper. Earth Economics, Tacoma, WA.,
https://www.nawm.org/pdf_lib/discincentives_for_conservation_in_federal_policy.pdf

TamilNadu Water Supply And Drainage Board (TWAD), 2018: Restoration and rejuvenation of waterbodies,
<https://www.twadboard.tn.gov.in/restoration-and-rejuvenation-water-bodies>

Interreg Italy-Croatia Adriadapt (UN), 2023. : Rehabilitation and restoration of rivers, <https://adriadapt.eu/adaptation-options/rehabilitation-and-restoration-of-rivers/>

Naturally Resilient Communities (US), : Daylighting Rivers and Streams
<https://nrcsolutions.org/daylighting-rivers/>

Kathryn A. Pekarek i dr. (US), 2011: Stormwater Management : Terminology,
<https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec701.pdf>

NPDES (US), 2021. : Stormwater Best Management Practice : Vegetated Filter Strip, <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-vegetated-filter-strip.pdf>

Federal Highway Association (US), : Stormwater Best Management Practices in an Ultra-Urban Setting: Selection and Monitoring,
https://www.environment.fhwa.dot.gov/env_topics/water/ultraurban_bmp_rpt/3fs10.aspx

Nicolas Martin, CARTIF : Constructed wetlands and built structures for water management, https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/sites/cracc/files/inline-files/Constructed_wetland_for_water_treatment.pdf

lake superior stream (US), : Bioretention basins,
<https://www.lakesuperiorstreams.org/stormwater/toolkit/bioretention.html>

SUDS - B. Woods-Ballard, H. R. Wallingford, R. Kellagher, P. Martin, C. Jefferies, R. Bray, P. Shaffer, 2007: -The SuDs manual, Classic House, London

KIŠNI VRT - Urban Design London (UDN), 2018: Designing Rain Gardens: A Practical Guide, <https://www.urbandesignlondon.com/> (18.5.2023)

