

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za gradbeništvo in geodezijo*



**IZBOLJŠANJE STANJA NARAVNE VREDNOTE DVOJNO JEZERO –
PRIPRAVA IDEJNEGA PROJEKTA ZA ZMANJŠANJE VPLIVA ODPADNE
VODE IZ PLANINSKE KOČE**

Končno poročilo

Ljubljana, Januar 2022



Naslov projekta

Izboljšanje stanja naravne vrednote Dvojno jezero – priprava idejnega projekta za zmanjšanje vpliva odpadne vode iz planinske kočice

Končno poročilo

Naročnik

Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Dunajska cesta 48, 1000 Ljubljana

Izvajalec:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

Nosilka naloge:

izr. prof. dr. Nataša Atanasova¹

Sodelavci

doc. dr. Darja Istenič^{1,2}

Markus Lechner³

doc. dr. Sabina Kolbl Repinc¹

prof. dr. Tjaša Griessler Bulc^{1,2}

doc. dr. Gašper Rak¹

asist. Matej Radinja¹

doc. dr. Andrej Ovca²

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana, Slovenija

³ EcoSan Club OG

Kontakt: natasa.atanasova@fgg.uni-lj.si

Datum

31. 01. 2022



Vsebina

1	UVOD	5
2	PREGLED MOŽNIH REŠITEV ČIŠČENJA SIVE VODE IN SUHIH STRANIŠČ	6
2.1	SCHIESTELHAUS, AVSTRIJA	6
2.1.1	Arhitektura	6
2.1.2	Vir pitne vode in čiščenje sive vode.....	7
2.1.3	Suha stranišča	9
2.1.4	Upravljanje	10
2.2	VOISTHALER, AVSTRIJA	10
2.2.1	Arhitektura	10
2.2.2	Vir pitne vode in čiščenje odpadne vode	10
2.3	BETTELWURF, AVSTRIJA	11
2.4	CASERA BOSCONERO, ITALIJA	11
2.5	BRITANNIA, ŠVICA (projekt Sanbox)	12
2.6	GÖPPINGER HÜTTE.....	13
2.6.1	Postopki čiščenja	13
2.7	SUHA STRANIŠČA	13
2.7.1	Suho kompostno stranišče	14
2.7.2	Suho ločevalno stranišče	14
2.7.3	Pisoarji brez vode	15
2.7.4	Prezračevanje	16
2.7.5	Prisilno izhlapevanje	16
3	STANJE V KOČI PRI TRIGLAVSKIH JEZERIH.....	17
3.1	PROBLEMATIKA IZTOKA IZ ČISTILNE NAPRAVE.....	17
3.2	MERITVE IN OPAZOVANJA.....	19
3.3	IZZIVI UPRAVLJANJA.....	21
3.4	OCENA OBREMENITVE Z ODPADNIMI SNOVMI.....	24
4	VREDNOTENJE IN IZBIRA REŠITVE ZA ČIŠČENJE ODPADNE VODE.....	25
4.1	ČIŠČENJE SIVE VODE	25
4.1.1	Opcija A: obstoječi SBR ter peščeni filter	25
4.1.2	Opcija B: obstoječi SBR z rastlinsko čistilno napravo.....	26
4.1.3	Vrednotenje opcij za sivo vodo	27
4.2	SUHA STRANIŠČA	28
4.2.1	Opcija I: suha stranišča s prisilnim izhlapevanjem	29
4.2.2	Opcija II: ločevalna suha stranišča	29
4.2.3	Ovrednotenje obeh opcij	29



5	PREDSTAVITEV IN OKVIRNO DIMENZIONIRANJE IZBRANE REŠITVE	30
5.1	Prilagoditev SBR za čiščenje sive vode	31
5.2	RČN	32
5.3	Suha kompostna stranišča	33
5.3.1	Lokacija suhih stranišč	34
5.3.2	Zasnova prezračevanja in evaporacije izcedne vode	35
5.3.3	Količina komposta in dimenzije kompostnika	37
5.4	Učinkovitost čiščenja	37
5.5	Premik iztoka	38
5.6	Ocenjeni stroški celotne investicije	38
6	PRIPOROČILA ZA UPRAVLJAVCE V TRENUTNIH POGOJIH OBRATOVANJA ...	39
6.1	SUHA STRANIŠČA	39
6.2	SBR IN RČN	40
6.3	RAVNANJE Z ODPADKI V KUHINJI	40
6.3.1	Priporočila za zmanjšanje kuhinjskih odpadkov	42
6.4	Ravnanje ob določenih okvarah	43
7	ZAKLJUČKI	43

1 UVOD

Čiščenje odpadnih voda na odročnih turističnih lokacijah kot so planinske in gorske kočice predstavlja izziv tudi v državah, kjer je odvajanje in čiščenje odpadnih voda v urbanem in ruralnem okolju povsem urejeno. Na številnih gorskih kočah v Avstriji, Nemčiji, Švici in Italiji tako potekajo rekonstrukcije in izboljšave sistemov zbiranja in čiščenja odpadnih vod, saj obstoječi sistemi preveč obremenjujejo okolje in/ali predstavljajo prevelike stroške upravljanja in vzdrževanja. Za izboljšanje stanja pri ravnanju z odpadno vodo so bile razvite različne rešitve, od naprednih suhih stranišč za zmanjševanje nastajanja odpadnih voda do kompleksnih visoko-tehnoloških čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda.

Odpadna voda, ki nastaja v koči pri Triglavskih jezerih, onesnažuje naravno vrednoto Dvojno jezero, čigar kakovost se je v zadnjih 30 letih znatno poslabšala (Slika 1). Trenutno se odpadna voda čisti na mali komunalni čistilni napravi tipa SBR ter odvaja v ponikovalnico v bližini kočice, od koder pa voda zateka v jezero s čimer prihaja do vnosa hranil v jezero. Ob upoštevanju razlage predpisov - MOP, št. 3601-2/2021-2550-40, z dne 4. 6. 2021 je obstoječa ureditev v nasprotju z 12. členom Uredbe o emisiji snovi in toplote (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15), ki prepoveduje neposredno odvajanje odpadne vode v vodna telesa oz. prepoveduje posredno odvajanje v oddaljenosti manj kot 300 m od obale naravnega ali umetnega jezera. 32a člen Uredbe o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15, 76/17 in 81/19) določa ravnanje z odpadno vodo, ki je ni mogoče odvajati neposredno v naravo in sicer tako, da ločimo odpadno vodo in ustrezno očistimo sivo vodo ter uvedemo in ustrezno ravnamo s suhimi stranišči. 32.a člen določa pogoje za (1) stavbe za kratkotrajno nastanitev brez restavracije ali (2) druge gostinske stavbe za kratkotrajno nastanitev, kot na primer planinska kočica, gorsko zavetišče ali dom ali lovska kočica, ki ležijo na nadmorski višini, enaki ali večji od 1.500 m. Kočica pri Triglavskih jezerih zadošča drugemu pogoju. Torej glede na veljavne predpise je ločevanje sive vode in uvedba suhih stranišč ustrezna rešitev za kočico.



Slika 1: Vidni znaki evtrofikacije Dvojnega jezera, November 2021

To poročilo predstavlja idejni projekt za zmanjšanje vpliva odpadne vode iz planinske kočice in obsega kratek pregled možnih rešitev čiščenja odpadne sive vode in suhih stranišč v planinskih kočah, pregled in analizo obstoječih podatkov stanja v koči pri Triglavskih jezerih, pregled izbranega (optimalnega)



sistema čiščenja sive vode in suhih stranišč, dimenzije in lociranje predlagane rešitve kot tudi okvirne stroške izvedbe. Na koncu poročila so tudi priporočila za upravljavce.

2 PREGLED MOŽNIH REŠITEV ČIŠČENJA SIVE VODE IN SUHIH STRANIŠČ

V nadaljevanju podajamo nekaj primerov gorskih koč, kjer so uporabili suha stranišča ter ločeno čiščenje sive vode. Najpodrobneje in celostno je predstavljena koča Schiestlhaus v Avstriji, ki smo si jo s projektno skupino tudi ogledali oktobra 2021. Upravljavci koče so nam podrobno predstavili tehnične lastnosti sistema suhih stranišč in čiščenja izcedne ter sive vode ter način upravljanja koče. V bližini smo obiskali tudi novo odprto kočo Voisthaler s splakovalnimi stranišči in ponovno uporabo prečiščene sive vode. Odvajanje in čiščenje odpadnih vod v avstrijskih gorskih kočah je sicer zelo raznoliko – od uporabe enostavnih ali modernih suhih stranišč, splakovalnih stranišč s čistilno napravo do odvajanja odpadne vode po dolgih kanalizacijskih povezavah do čistilnih naprav v dolini. Pomemben podatek je tudi, da sta obe koči na kraškem območju ter na vodozbornem območju za mesto Dunaj.

Dodatno navajamo tudi tri primere koč, ki so predstavljeni v kratkem članku avtorjev Langergraber in Müllegger (2011): Bettelwurf (Avstrija), Casera Bosconero (Italija) in Britannia (Švica), kjer so uporabili ločeno obdelavo različnih tipov odpadnih vod zlasti zaradi zmanjšanja stroškov prevoza odpadne vode in blata. Iz študije je tudi razvidno, da ločevanje tokov odpadne vode (npr. suha stranišča) zmanjša porabo pitne vode in zmanjša okoljski vpliv koče. Drug primer ločene obravnave odpadne vode je Britannia - koča v Švici, kjer so pred nekaj leti prešli iz suhih v vakuumsko vodovarčna stranišča, predvsem zaradi udobja uporabnikov. V nadaljevanju smo zato predstavili prednosti in slabosti novo vpeljanih vakuumskih vodovarčnih stranišč.

Podajamo tudi opis tehnologije suhih stranišč in podpornih tehnologij (suhi pisoarji, ventilacija, aktivno izhlapevanje).

2.1 SCHIESTELHAUS, AVSTRIJA

Koča Schiestlhaus (Slika 2) je najvišje ležeča koča v pogorju Hochschwab in prva visokogorska pasivna hiša. Leži na nadmorski višini 2156 m na sedlu približno 600 m severovzhodno od vrha Hochschwab. Prva koča je bila na lokaciji zgrajena že leta 1884. Do leta 1974 je bila oskrbovana z nosači ter tovorno živino, od takrat dalje pa s helikopterjem. Tovorna žičnica postavljena 1976 je bila uničena že prvo zimo. Zaradi slabega stanja koče se je avstrijsko turistično društvo (lastnik koče) l. 2000 odločilo za novogradnjo. Ker je šlo za prvo pasivno hišo v visokogorju, so gradnjo podprle različne agencije. Gradnja se je začela l. 2004 in l. 2005 je bila koča odprta za obiskovalce. Staro kočo so v celoti podrli.

2.1.1 Arhitektura

Zasnova nove koče je strogo sledila funkcionalnosti, zaradi česar nova koča nima podobe tradicionalnih planinskih koč. Klet oz. delno vkopana prva etaža je betonska in je namenjena zbiranju in čiščenju odpadnih voda, hranilnikom pitne vode, pralnici in strojnici za proizvodnjo elektrike in izmenjavo toplote. Klet ima samostojen vhod od zunaj in je neposredno povezana s prevzemnim/odjemnim mestom za helikopter. Sledita dve etaži v leseni konstrukciji. Južna stran koče ima velike steklene površine, 46 m² sončnih kolektorjev za pridobivanje tople vode ter 68 m² sončnih celic za pridobivanje električne energije. Dodatne potrebe po električni energiji pokrivajo s pomočjo agregata na repično olje ustrezne kakovosti, pri čemer porabijo 2400 do 3800 L olja na sezono. Električno energijo



shranjujejo v baterijah, ki jih mora biti dovolj in ustrezne kakovosti. Stene hiše imajo visoko izolativnost (U -vrednost približno $0,13 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Zunanost stenske konstrukcije je bila prekrita z macesnovim lesom in kasneje, zaradi zahtevnih vremenskih pogojev, zamenjana z aluminijastimi ploščami.

Odpadno toploto zlasti iz kuhinje, kjer je plinski štedilnik in tudi peč na drva, izkorišča toplotni izmenjevalec, ki skrbi tudi za prisilno prezračevanje kočice. Električni radiatorji so postavljeni le v sušilnici in umivalnicah.



Slika 2: Pogled na južno strah kočice Schiestlhaus (vir: Wikipedia).

2.1.2 Vir pitne vode in čiščenje sive vode

Vir vode je deževnica, ki se zbira s strešne površine in shranjuje v več cisternah skupne prostornine 34 m^3 , ki so postavljene v kleti. Pred uporabo deževnico obdelajo s peščenim filtrom in dezinficirajo z UV lučjo. V času, ko je vode dovolj (dež, sneg), v koči porabijo okvirno 1 m^3 vode dnevno, v času pomanjkanja padavin in s tem vode pa okrog 400 L dnevno.

Deževnica se uporablja:

- v kuhinji za pripravo hrane ter pomivanje posode (2 pomivalna stroja – za posodo in za kozarce v baru),
- v moški in ženski umivalnici, umivalnici za osebje ter umivalnikih v suhih straniščih,
- v pralnici za pralni stroj.

V času suše ali majhne količine padavin, ko začne vode primanjkovati, najprej zaprejo umivalnike v straniščih. V tem času je na voljo le dezinfekcijsko sredstvo za roke. Kasneje zaprejo tudi umivalnice za goste, zato je za umivanje na voljo voda zgolj na pipi zunaj pred kočico. Pralni stroj uporabljajo smotrno – rjuhe in posteljne prevleke vsak dan posejajo, perejo pa zgolj občasno. Uporabljajo ekološka čistila Sonett brez fosfatov.

Voda iz kuhinje se odvaja v lovilec maščob, nato pa večkrat zaokroži čez precejalnik. Lovilec maščob ima kapaciteto okvirno 1 m^3 . Na koncu sezone zberejo okvirno 20 L maščob, ki jih s helikopterjem odpeljejo v dolino. Precejalnik ima kapaciteto čiščenja $1,27 \text{ m}^3/\text{dan}$. Vsebuje plastične nosilce (porozne kroglice premera $4\text{-}5 \text{ cm}$ z veliko površino), na katerih se razvije biofilm, ki omogoča biološko

razgradnjo onesnažil. Plastični nosilci so nameščeni na pladnjih, razporejenih v 12 precejalnih stolpov velikosti okvirno 2 x 0.6 x 0.6 m. Plastične nosilce zamenjajo z očiščenimi ali novimi na vsake 3 leta. Po precejalniki se voda zbira v tri-prekatnem zbiralniku, ki je vgrajen v kletna tla. Voda nato večkrat zaokroži čez precejalnik preden gre na UV dezinfekcijsko enoto in nadalje v ponikovalnico. Schiestlhaus namreč leži v drugem vodovarstvenem območju dunajskega vodovoda, zato mora biti prečiščena odpadna voda pred izpustom v okolje tudi dezinficirana. Monitoring kakovosti vode na iztoku v okolje opravi pooblaščen izvajalec dvakrat letno (zakonsko obvezno je enkrat letno). Prečiščena voda se sproti odvaja v okolje. Za ponikanje ni urejenega posebnega objekta (ponikalnica, ponikovalno polje ipd.). Iztočna voda dosega kakovost kopalne vode.

Celotno postrojenje za čiščenje sive vode se nahaja v kletnih prostorih hiše. To omogoča lahek dostop osebju, enostaven in pogost nadzor delovanja in razmeroma stalne in ugodne temperature za potek bioloških procesov (Slika 3).



Slika 3: Lovilec maščob (levo) in več enot precejalnika sive vode (desno, označeno s puščicami) v kletnih prostorih koč.

Odvajanje in čiščenje odpadne vode iz gorskih koč v Avstriji ureja posebna uredba, ki se nanaša na čistilne naprave v »ekstremnih« okoljih (Uredba Zveznega ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo, okolje in vodno gospodarstvo o omejitvi emisij odpadnih voda iz čistilnih naprav za posamezne objekte na ekstremnih lokacijah (BGBl. II Nr. 128/2019). V tem primeru je potrebno dosegati parametre v Preglednici 1.

Preglednica 1: Mejne vrednosti parametrov za izpust iz komunalnih čistilnih naprav v ekstremnih območjih v Avstriji.

Parameter	Mejna vrednost
Usedljive snovi (a)	0,5 mL/L
NH ₄ -N (b)	4,5 g/PE*dan (c), (d) 0,9 g/PE*dan (c), (e)
TP	(f)
TOC (g)	12 g/PE*dan (c)
KPK (g)	36 g/PE*dan (c)
BPK ₅	12 g/PE*dan (c)

a. Specifikacija za parameter »usedljive snovi« ne zahteva specifikacije za parameter »filtrirane snovi«.

- b. Omejitev emisij je treba določiti samo, če izpust v skladu z odstavkom 1 (1) predstavlja tveganje, da bo mejna vrednost za amonij v skladu z odstavkom 30a (2) WRG 1959 (Zakon o vodah) v površinski vodi, kamor se odpadna voda odvaja, presežena.
- c. Mejna vrednost emisij se nanaša na ocenjevalno vrednost, izraženo v populacijskih ekvivalentih (PE), na kateri temelji vodno dovoljenje za čistilno napravo.
- d. Mejna vrednost emisij velja za temperaturo odpadne vode, ki je na izpustu biološke stopnje čistilne naprave višja od 8 °C.
- e. Mejna vrednost emisij velja za temperaturo odpadne vode, ki je na izpustu biološke stopnje čistilne naprave višja od 12 °C.
- f. Ni treba določiti mejne vrednosti emisij; Odstavek 4 (3) 2. stavek Splošne uredbe o emisijah odpadnih voda se ne uporablja.
- g. Za spremljanje se lahko uporabi parameter TOC ali parameter KPK.

2.1.3 Suha stranišča

V koči so tri suha stranišča (moški, ženski in za osebje) ter pisoar. Postrojenje za zbiranje črne vode se nahaja v kletnih prostorih neposredno pod zgoraj ležečimi stranišči (Slika 4), s čimer je omogočena povsem vertikalna gravitacijska pot črne vode od stranišča do zbirne vreče. Suha stranišča niso ločevalna – tako feces kot urin se zbirata skupaj v zbirnih vrečah. Zbirne vreče iz kompaktnega sintetičnega materiala so vložene v kovinske nosilce na kolesih, ki omogočajo enostavno menjavo vreče na zbirni enoti in transport do prevzemnega mesta za helikopter. Zbirno enoto predstavlja vertikalna cev, ki povezuje stranišče z zbirno vrečo v kovinskem nosilcu. Cev se na stiku s kovinskim nosilcem razširi v pokrov, iz katerega je speljana cev za odvajanje zraka in plinov iz zbirne vreče (Slika 4). Med zbiranjem črne vode je v zbirni vreči nameščena perforirana plastična cev, preko katere se iz polne vreče izčrpa tekoča frakcija črne vode. Slednja se skupaj s sivo vodo in vodo iz pisoarja prečisti na precejalniku. Trdno frakcijo črne vode helikopter odpelje v dolino. V višku sezone, ki traja od maja do konca oktobra, napolnijo 2 vreči na teden. Helikopter odpelje zgolj vreče, kovinski nosilci ostanejo. Praktična težava opisanega sistema je zgolj ta, da upravljalec ne ve, kdaj je vreča polna. Za preverbo je potrebno odpreti zbirno enoto in s svetilko preveriti stanje, kar je časovno zahtevno in človeku neprijetno ter potencialno za zdravje tvegano opravilo.



Slika 4: Suha stranišče (levo), zbirna enota v kleti pod straniščem (sredina) in prazna zbirna vreča v kovinskem nosilcu (desno).

Upravljavci kočice poročajo, da se gostje nad suhimi stranišči ne pritožujejo. Težavo vidijo v tem, da imajo le eno žensko stranišče, kar predvsem zjutraj in zvečer povzroča čakalne vrste. Sicer razmišljajo,



da bi zunaj koče dogradili še dve suhi stranišči, vendar je pri obstoječi razporeditvi prostorov težko najti rešitev, ki bi bila dovolj praktična in enostavna za obratovanje (npr. cev iz školjke mora biti nujno navpična - brez kolen...).

2.1.4 Upravljanje

V koči Schiestlhaus je 60 postelj, v glavnini sezone jo dnevno obišče okrog 200 planincev. V koči dela 4-6 zaposlenih, glede na sezonsko dinamiko gostov. Zaposleni skrbijo za gostinske storitve, čiščenje, odvoz odpadkov, delovanje strojnice in sanitarnega sistema ter sprotno vzdrževanje koče. Vse dobrine pripeljejo s helikopterskim prevozom, in sicer 10-18 ton na 6 tednov. Ob vsakem prevozu helikopter odpelje tudi 1 vrečo kuhinjskih organskih odpadkov, to so predvsem ostanki hrane s krožnikov gostov, saj so meniji v kuhinji zasnovani tako, da se porabi praktično vsa pripravljena hrana. Koča obratuje od maja do konca oktobra, v zimskem času je na voljo zimska soba in sanitarije v koči. Ker je koča na vodovarstvenem območju, finančno pomoč pri upravljanju koče zagotavljata tudi občina Dunaj in lokalna vlada.

2.2 VOISTHALER, AVSTRIJA

Nedaleč od koče Schiestlhaus ob vznožju Hochschwab se na nadmorski višini 1654 m nahaja koča Voisthaler. Prva koča je bila na tem mestu postavljena l. 1898 in bila kasneje nemalokrat dozidana in predelana. Obnova koče je bila ocenjena na 1,4 milijona €, leta 2017 pa je bila sprejeta odločitev o gradnji nove stavbe, ki je bila ocenjena na 1,6 milijona €. Gradnja se je pričela l. 2020, nova koča pa je bila odprta za obiskovalce septembra 2021. Koča je odprta od maja do oktobra. Podatki v tem poglavju izvirajo iz Wikipedie in pogovora z upravljavcem.

2.2.1 Arhitektura

Koča je zasnovana kot enostavna kockasta struktura z enokapno streho obrnjeno proti jugu. Kočo oskrbujejo s pomočjo tovarne žičnice, ki omogoča transport dobrin neposredno v klet koče, kar močno olajša delo oskrbnikom. Tehničnim in skladiščnim prostorom sta namenjeni dve kletni etaži, sledijo tri nadzemne etaže s kuhinjo in restavracijo za 70 oseb, sobo za osebje in spalnice s po dvema do šest posteljami. Zimska soba ni predvidena. Vetrolov hiše služi kot zavetišče, v času ko je koča zaprta. Fasada nadzemnega dela je narejena iz grobo žaganih macesnovih desk.

Koča je zasnovana v skladu z najnovejšimi standardi na področju varčevanja energije in virov. Sončne celice na strehi zagotavljajo električno energijo, ki se shranjuje v puferskih baterijah, za daljša obdobja slabega vremena pa je na voljo še agregat na oljno ogrščico.

2.2.2 Vir pitne vode in čiščenje odpadne vode

Približno 500 m nad kočo se nahaja vodni izvir slabše jakosti. Izvir so v celoti zajeli in speljali v na novo postavljene podzemne zadrževalnike prostornine okvirno 75 m³ (Slika 5). Voda se uporablja v kuhinji in kopalnicah. Vsa odpadna voda se odvaja v usedalnik in rastlinsko čistilno napravo, ki je postavljena v neposredni bližini koče. Prečiščena voda se delno odvaja v okolje preko ponikovalnice, delno pa se vrača nazaj za splakovanje stranišč. Sistem vračanja je v fazi izgradnje.



Slika 5: Vgradnja podzemnega zadrževalnika za pitno vodo pri koči Voisthaler.

2.3 BETTELWURF, AVSTRIJA

Koča Bettelwurf leži na nadmorski višini 2077 m na zaščitenem območju na Tirolskem. Pod kočjo leži tudi vodovarstveno območje za oskrbo bližnjih naselij s pitno vodo. Koča je odprta od sredine junija do sredine oktobra. V koči so zaposlene 3 osebe. Letno kočjo obišče okrog 3000 obiskovalcev. Koča ima 66 ležišč in okrog 2000 nočitev letno. Ker leži nad vodozbornim območjem, je potrebno vso odpadno vodo transportirati v dolino.

Z namenom zmanjšanja količine odpadne vode je bilo leta 2006 nameščenih 6 suhih ločevalnih stranišč in 4 pisoarji. Črna voda se zbira v 60 L sodih in se transportira v dolino s tovorno žičnico. Siva voda iz kuhinje se zbira ločeno, vodi čez lovilec maščob in naprej v ponikovalnico.

Sistem je bil dobro sprejet tako s strani upravljalcev kot obiskovalcev, poročila navajajo, da je za delovanje sistema ključno sodelovanje upravljalcev kočice.

2.4 CASERA BOSCONERO, ITALIJA

Kočica Casera Bosconero leži v Dolomitih na nadmorski višini 1457 m. Koča je oskrbovana s helikopterskim prevozom in je odprta zgolj v poletnih mesecih. Siva in črna voda ter urin se zbirajo ločeno. Za dnevne goste so na voljo počepna ločevalna stranišča, medtem ko imajo gostje, ki prenočijo, na voljo običajna ločevalna stranišča. Kuhinjski odpadki se zmeljejo v mlinčku, kar predstavlja četrto frakcijo vode. Čiščenje poteka s pomočjo dveh tehnologij:

- Rastlinska čistilna naprava s horizontalnim tokom je zasajena z lokalno vegetacijo (*Mentha*

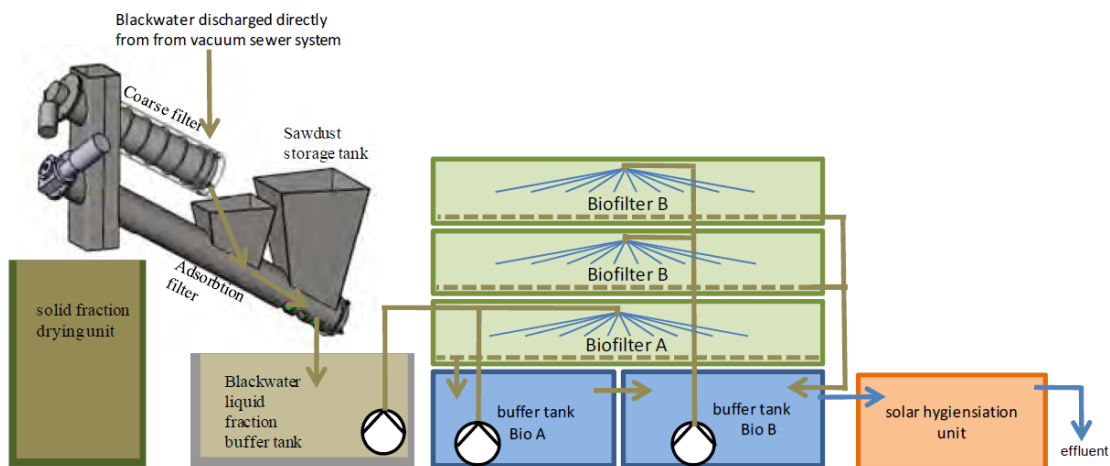
peperita) in čisti sivo vodo ter urin. Postavljena je bila l. 2006 in omogoča 50% odstranjevanje KPK in celokupnega dušika ter 40% odstranjevanje celokupnega fosforja. S povečanjem kapacitete naprave in obarjanjem fosforja (precipitacijo) bi lahko dosegli večje učinkovitosti.

- Anaerobni digester se uporablja za črno vodo in zmlate kuhinjske odpadke, pri čemer se proizvaja bioplin, ki se uporablja v kuhinji. S tem se je občutno zmanjšal helikopterskih prevoz plinskih jeklenk za obratovanje kuhinje.

2.5 BRITANNIA, ŠVICA (projekt Sanbox)

Kočica Britannia se nahaja v švicarskem kantonu Valais in leži na nadmorski višini 3030 m. Koča je odprta zgolj v poletnih mesecih, pozimi pa je na voljo zimska soba za spanje. Sanitarni sistem kočice je bil prenovljen v sklopu projekta SANBOX financiranega s strani sedmega okvirnega programa EU. Projekt je bil namenjen razvoju sanitarnih sistemov za oddaljene turistične objekte, ki omogočajo visoko učinkovitost čiščenja, ponovno uporabo vode in za energijo izkoriščajo sonce. Koča Britannia je prvotno imela suha ločevalna stranišča, pri čemer so ves proizveden material odvažali v dolino s helikopterjem.

V okviru projekta SANBOX so želeli povečati udobje obiskovalcev in zmanjšati transport s helikopterjem ter lokalne emisije in s tem zmanjšati okoljski odtis. V sklopu projekta so v letu 2011 suha stranišča zamenjali z vakuumskimi vodovarčnimi stranišči. Vakuumska stranišča so že dolgo v uporabi na križarkah in drugih ladjah, v avtobusih in vlakih in na posamezen poteg porabijo zgolj 0.8 L vode. Za splakanje se uporablja siva voda iz kuhinje, pralnice in umivalnikov, ki se predhodno razmasti s pomočjo žagovine in očisti na biofiltru. Črna voda iz stranišč se čisti v tehnični enoti (Slika 6), ki je postavljena na južni steni kočice na zunanji strani. Nad tehnično noto so navpično na steno nameščeni solarni paneli, ki omogočajo ustrezno temperaturo za boljši potek bioloških procesov pri čiščenju črne vode v bio filtrih in higienizacijo pri kompostiranju. Sistem čiščenja črne vode poteka tako, da se najprej izloči trdna frakcija črne vode, tekoča pa se zbira v zadrževalniku, od koder se črpa na več premikajočih se biofiltrih, kjer poteka mehansko filtriranje in biološka razgradnja predvsem organskih snovi. Očiščena voda gre še čez postopek solarne dezinfekcije in se nato odvaža v okolje. Sončni paneli omogočajo tudi izhlapevanje tekoče frakcije v za to ustreznem sistemu (solarnem uparjevalniku), kar močno zmanjša prostornino preostalih odpadkov, ki jih je potrebno odpeljati v dolino.



Slika 6: Pilotni sistem čiščenja črne vode pri koči Britannia, Švica (Tadt, 2015).

Opisan sistem je bil pilotne narave. Rezultati analiz delovanja sistema so pokazali, da sistem lahko doseže visoko učinkovitost čiščenja, a je za to potrebna pravilna implementacija in tehnološko



nekoliko bolj zahtevno vzdrževanje. Prav tako je sistem pokazal dokaj veliko potrebo po energiji in sproščanje toplogrednih plinov. Avtor raziskave predlaga uvedbo anaerobnih metod čiščenja kot je UASB (Todt, 2015), ki pa z vidika zaščite vodnih ekosistemov ne predstavlja optimalne rešitve, saj generira s hranili bogat iztok. Pri postavitvi pilotne naprave so sodelovali tudi raziskovalci FGG.

2.6 GÖPPINGER HÜTTE

Koča Göppinger je bila izgrajena 1913, ki je nato od 50.-ih obratovala kot poletna koča. V tem času so jo dvakrat obnovili in sicer leta 1969/70 in 2008/09. Koča ima tovorno žičnico, sicer pa je dostopna samo peš. V koči prenoči v sezoni 2500 oseb in jo obišče 3000 gostov dnevno.

Za kočo uporabljajo kot vodni vir 70 m višje ležeče snežno polje ter padavinsko vodo, ki se zbira v 28 m³ jekleno-betonskem zadrževalniku in se pred uporabo čisti v peščenem filtru in dezinficira s pomočjo UV. Kakovost vode je pod nadzorom s strani akreditiranega laboratorija.

Odločitev za suha stranišča je bila sprejeta, zlasti zaradi omejenih vodnih virov. V koči so postavili 2-5 ločevalnih suhih stranišč (švedskih), pri čemer je eno namenjeno osebju.

2.6.1 Postopki čiščenja

Trdna frakcija fekalij se obravnava ločeno, medtem ko se tekoči del v ločevalnem sistemu stranišča ločeno odvaja in zbira v zadrževalniku in se nadalje čisti na čistilni napravi. Trdna frakcija se suši v sušilnih gredah, pri čemer se prostornina ustrezno zmanjša. Tekoča frakcija iz ločevalnih suhih stranišč, kot tudi urin iz brezvodnih pisoarjev, se zbira v zadrževalniku, ki ga je mogoče transportirati na drugo lokacijo in vsebino odstraniti. Čiščenje manj obremenjene sive vode iz kuhinje in umivalnic poteka sprva z ločevanjem trdnih snovi s pomočjo filtrnih vreč, nato pa preko črpališča v rastlinski čistilni napravi (kapaciteta 30 PE, površina 90 m²). Voda iz kuhinje se predhodno odvajala preko lovilca maščob.

Namestitev suhih ločevalnih stranišč v koči, je povzročilo, da se je poraba vode, kljub povečanemu obisku, za 50 % zmanjšala. Izkušnje kažejo, da so morali zaradi vonjav namestiti prisilno odvajanje zraka, namesto načrtovanega pasivnega odzračevanja. Opazili so tudi, da gostje porabljajo velike količine toaletnega papirja, zato pri suhih straniščih ni bil potreben dodatek žagovine. Potrebno je bilo tudi povečati nadzor nad higieno in s tem pogostost čiščenja stranišč, saj gostje niso navajeni na ločevalna stranišča. Izkušnje so tudi pokazale, da je pri sivi vodi zelo malo trdnih snovi ter da so bile vrednosti na iztoku zelo nizke.

2.7 SUHA STRANIŠČA

Suho stranišče je naprava, ki se uporablja v kopalnici in ne uporablja nobenih tekočin (vode), tako da ostane "suha". V nasprotju z drugimi vrstami stranišč je takoj pod vidnim delom suhega stranišča še del, kjer poteka (delna) obdelava človeških iztrebkov. Ta razdelek vključno z vsemi inštalacijami je zato treba obravnavati kot sestavni del suhega stranišča.

Obstajajo različne vrste suhih stranišč, najbolj znana sta suho ločevalno stranišče (ali suho stranišče za ločevanje urina) ter suho kompostno stranišče.

2.7.1 Suho kompostno stranišče

Suho kompostno stranišče zbira mešanico urina in blata ter z dodatkom organskega strukturnega materiala stabilizira odpadke v procesu kompostiranja, ki poteka v predelovalni komori pod straniščem.



Slika 7: Primer suhega kompostnega stranišča Bielefeld, Germany (Source: Berger Biotechnik).



Slika 8: Predelovalna komora za kompostiranje (levo) in suho kompostno stranišče (desno) – Glocknitzer Hut, Austria.

2.7.2 Suho ločevalno stranišče

Suho ločevalno stranišče je sanitarni objekt, ki ločuje urin in blato ter jih ločeno shranjuje za zbiranje, nadaljnjo obdelavo in/ali ponovno uporabo.

V preteklosti je bilo v uporabi več različic, ki so se v glavnem razlikovale v načrtovanem času skladiščenja blata. Prvotni tip z dvema komorama je predvideval 6-mesečno obdobje skladiščenja blata, v katerem je prišlo do odmrtja patogenov. Ker pogosto ni mogoče zagotoviti zadostnega



prostora in časa za takšno skladiščenje (sploh v primeru preobremenitve glede na projektirano zmogljivost) niti ne pride do popolnega odmrtnja patogenov, je običajno potrebna nadaljnja obdelava blata pred ponovno uporabo ali odstranjevanjem. Tako se je razvil nov tip suhega ločevalnega stranišča z eno komoro, v kateri je zamenljiva posoda za shranjevanje, ki jo lahko odstranimo in na ločenem mestu zagotovimo ustrezno dolgo skladiščenje in nadaljnjo obdelavo. Tovrstna suha ločevalna stranišča so trenutno najsodobnejša.



Slika 9: Suho ločevalno stranišče – individualna hiša, Austria (M. Lechner, 2021).

2.7.3 PISOARJI BREZ VODE

Ena od glavnih težav suhih kompostnih stranišč je potencialni presežek tekočine, pri suhih ločevalnih straniščih pa nepravilna uporaba. Obe težavi je mogoče rešiti z vgradnjo pisoarjev brez vode za moške. Na trgu je na voljo veliko različnih vrst.



Slika 10: Primer pisoarja brez vode (koča Gocknitzer, Austria).

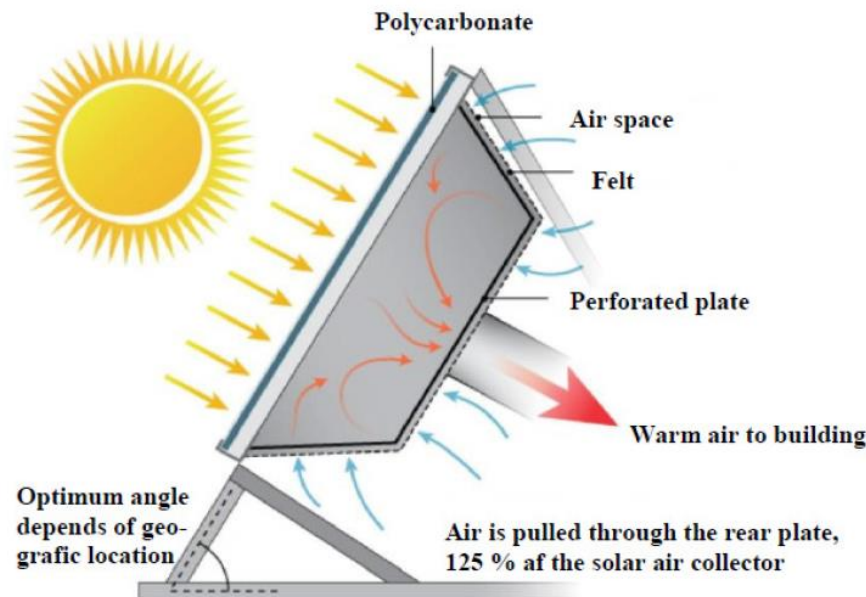
2.7.4 Prezračevanje

Pogost predsodek do suhih stranišč je, da smrdijo. Glavna razloga, da suha stranišča smrdijo, sta slabo upravljanje in nepravilno prezračevanje. Pravilna namestitev prezračevanje zagotavlja nadzorovan pretok zraka od straniščne deske skozi zbiralno/predelovalno komoro do prezračevalne cevi. Prisilno prezračevanje z električnimi ventilatorji je edina rešitev, ki zagotavlja pravi pretok zraka v vseh razmerah, tudi v primeru obrnjenega toplotnega toka zraka.

Suha ločevalna stranišča in pisoarji brez vode zahtevajo namestitev sifona, ki preprečuje povratni tok zraka iz pripadajočih predelkov za shranjevanje.

2.7.5 Prisilno izhlapevanje

V kolikor se ne izvajajo dodatni ukrepi, v suhih kompostnih straniščih v kočah pogosto nastaja odvečna tekočina. Le-ta je posledica nesorazmerja med urinom in blatom, pogosto pa se količina še poveča zaradi nezadostnega vzdrževanja, tj. dodajanja strukturnega materiala, kot je rezana slama. V takem primeru je poleg dodajanja zadostne količine strukturnega materiala potrebno predvideti tudi dodatne ukrepe kot so vgradnja črpalke za reciklažo izcedne vode, ki vrača izcedno vodo zbrano na dnu predelovalne komore na vrh kompostnega kupa, namestitev mešalne naprave in prisilnega izhlapevanje s tokom ogrevanega zraka za povečanje izhlapevanja. Ti ukrepi se izvedejo, v kolikor ni drugih alternativnih možnost čiščenja ali odstranjevanja izcedne vode (npr. skupno čiščenje s sivo vodo na čistilni napravi). Za ogrevanje zraka se lahko uporabi komercialno dostopen zbiralnik vročega zraka, kot je prikazano na Slika 11.



Slika 11: Solarni zbiralnik vročega zraka (Vir: Solarventi).



3 STANJE V KOČI PRI TRIGLAVSKIH JEZERIH

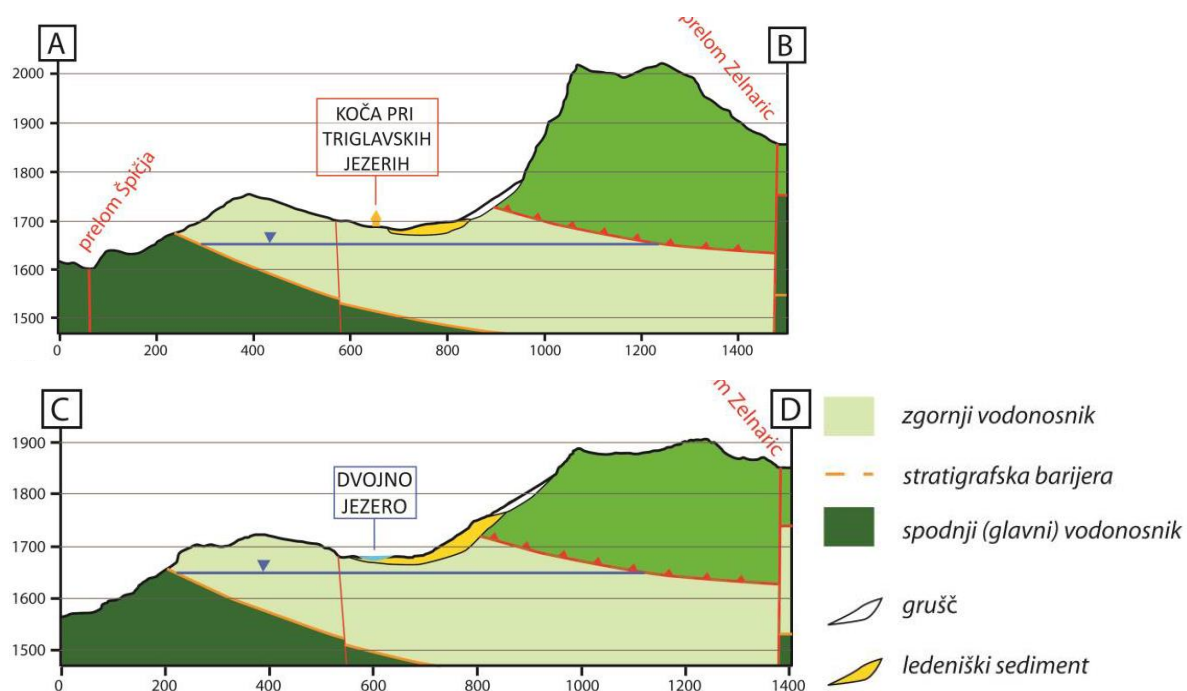
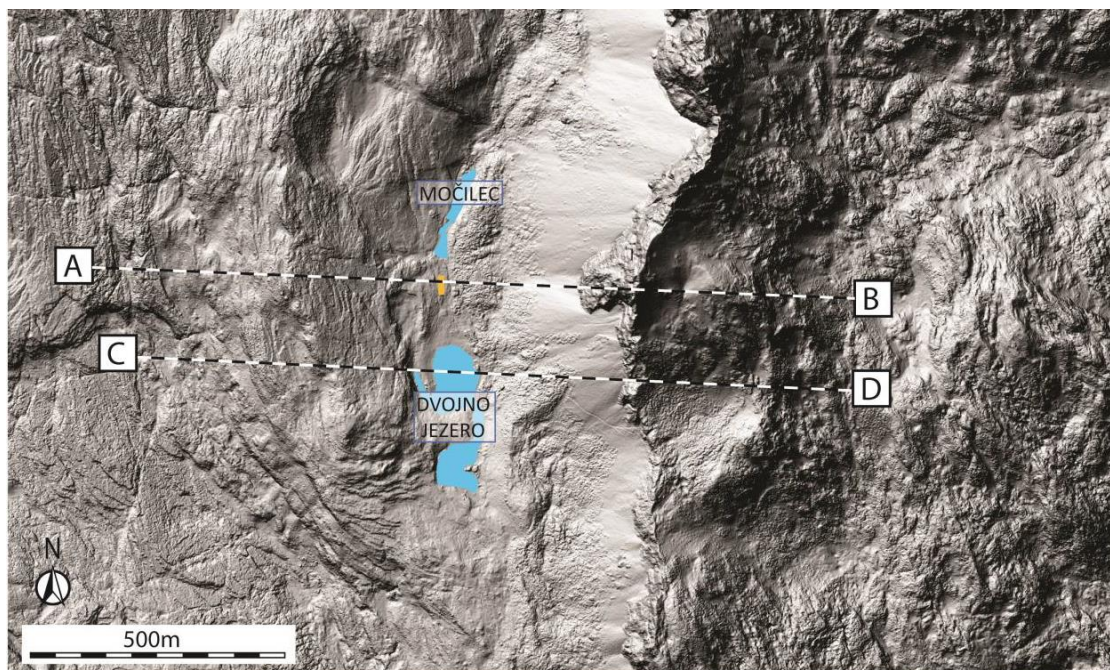
Koča pri Triglavskih jezerih obratuje okvirno 120 dni od junija do konca septembra. V gostinskem delu kočje je 150 sedežev, v 13 sobah je 30 postelj ter v 13 skupnih ležiščih 170 ležišč (Rozman, 2020). Po podatkih iz poročila, ki jih navaja Levstek (2019), se število nočitev v sezoni giblje med 36 in 147 oseb dnevno, število dnevnih obiskovalcev pa se giblje med 58 in 552 (maksimalno 650). Osebe šteje 7 ljudi preko celotne sezone. V celotni sezoni beležijo okvirno 6.000 nočitev ter 10.000 dnevnih gostov.

Vir pitne vode za kuhanje in sanitarije je zajetje nad kočjo. Povprečna poraba v avgustu (višek sezone) je 5,6 m³/dan oz. niha med 2 in 9 m³/dan. Odpadna voda iz kočje nastaja pri pripravi hrane, pomivanju posode, pranju perila, tuširanjem in umivanjem rok ter z izločki ljudi. Dnevno je na meniju povprečno sedem različnih jedi (juha, glavna jed, sladica).

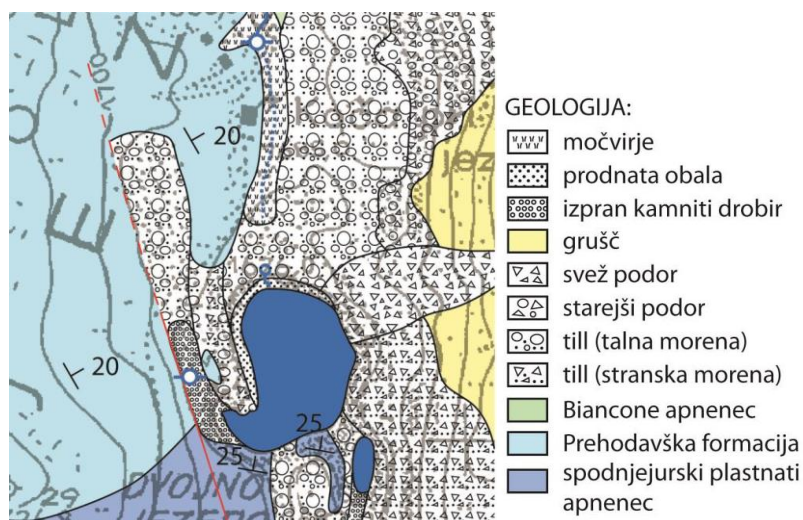
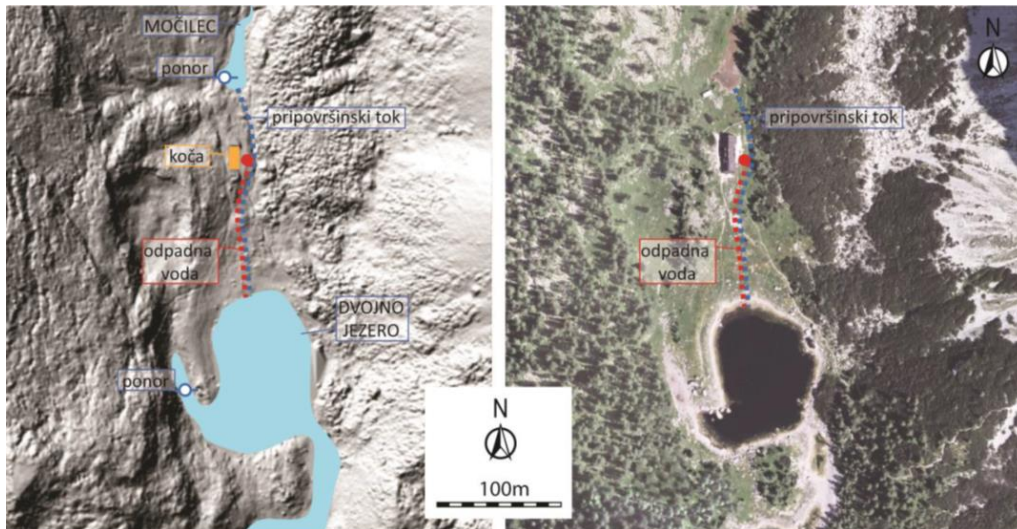
V in ob objektu se nahaja 6 stranišč na izplakovanje (pet notranjih in en zunanji; volumen kotlička je 7 L), 2 notranja pisoarja na izplakovanje (čas izpiranja 6 s), 6 umivalnikov (pet notranjih in en zunanji), en tuš za osebe, en tuš za obiskovalce (v sezoni 2021 zaprt), eno kuhinjsko korito in en pralni stroj (Rozman, 2020). Odpadna voda se čisti na mali komunalni čistilni napravi tipa Compact SBR 21000 (šaržni biološki reaktor), ki je bila dobavljena s strani podjetja ZPR in obratuje od leta 2011. Odpadna voda iz kuhinje teče preko lovilca maščob velikosti okvirno 200 L, se nato združi z odpadno vodo notranjih sanitarij in tušev in zbira v južni greznici (15 m³). Južna greznica je troprekatna nepropustna betonska greznica, zgrajena leta 1988. Od tam se občasno prečrpa v SBR. Odpadna voda iz zunanjega stranišča se zbira v severni greznici (10 m³) in prav tako občasno prečrpa v SBR. Po navedbah oskrbnikov, se v primeru slabše pretočnosti južne greznice uredi preklon odpadne vode iz hiše na severno greznico, kar se je tudi zgodilo v sezoni 2021. Čistilna naprava je dimenzionirana za 50 PE, in sicer za hidravlično obremenitev 150 L/PE/dan in organsko obremenitev 60 g BPK₅/PE/dan. Skupna maksimalna kapaciteta čistilne naprave je 12 m³/dan, nazivna odjemna moč pa je 3,5 kW in je najmočnejši odjemnik električne energije v kočji. Po čiščenju v SBR se voda odvaja v ponikovalni jašek globine okvirno 1 m v neposredni bližini SBR.

3.1 PROBLEMATIKA IZTOKA IZ ČISTILNE NAPRAVE

Po navedbah hidrogeološkega poročila (Rožič in Čenčur Curk, 2019) ponikovalni jašek leži na slabo prepustnih ledeniških sedimentih, kar onemogoča učinkovito ponikanje prečiščene odpadne vode (Slika 12). Le-ta tako izteka v močvirnat svet ob kočji in nadaljuje pot do Dvojnega jezera. Preostala onesnažila se sicer delno vgradijo v biomaso tam prisotnih močvirskih rastlin in zadržijo v sedimentu, ob spomladanskem taljenju snega pa se na površini oblikuje vodotok, ki spira akumulirana hranila v jezero (Slika 13). Ker je odtok iz jezera majhen, se jezero vztrajno onesnažuje z delno prečiščenimi odpadnimi vodami iz čistilne naprave.



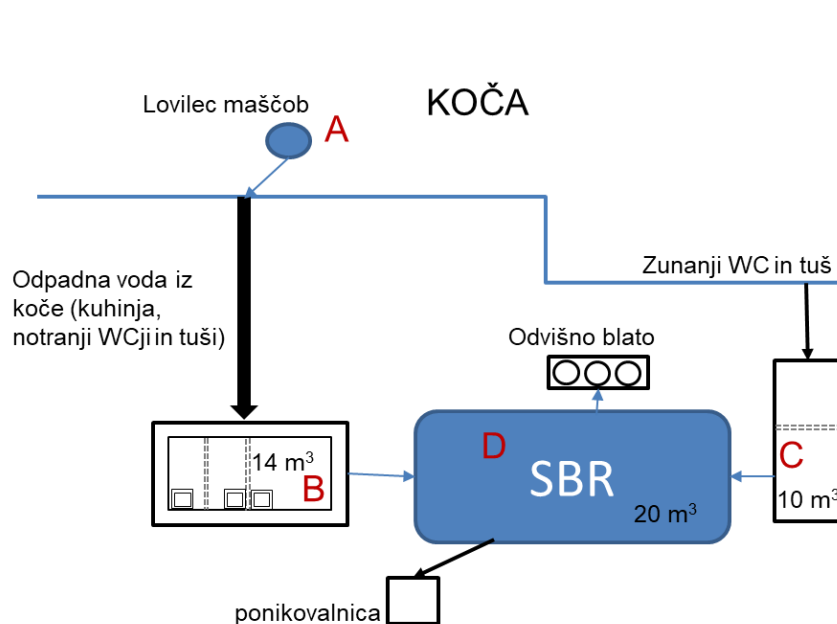
Slika 12: Geološka zgradba doline Triglavskih jezer na območju Dvojnega jezera. Zgoraj: dva prereza čez dolino A-B na območju kočice in C-D na območju dvojnega jezera. Spodaj: prečni profil hidrogeološke sestave za oba prereza; nivo podzemne vode je hipotetičen (vir: Rožič in Čenčur-Curk, 2019)



Slika 13: Zgoraj: Prikaz poti odpadne vode iz obstoječe ponikovalnice proti jezeru s pripovršinskim tokom, ki poteka od Močilca do jezera. Spodaj: natančna geološka karta okolice Dvojnega jezera (vir: Rožič in Čenčur-Curk, 2019)

3.2 MERITVE IN OPAZOVANJA

V sezoni 2021 smo opravili štiri vzorčenja odpadne vode iz kočice pri Triglavskih jezerih, in sicer v drugi polovici julija, dvakrat v avgustu ter v začetku septembra. Shema toka odpadne vode in mesta vzorčenja so označena na Slika 14. Sivo vodo smo vzorčili v lovilcu maščob (točka A), pri čemer smo odstranili plavajočo plast maščobe in delcev ter vzorčili spodaj ležečo odpadno vodo. Vrhnja plast v lovilcu maščob je bila ob vsakem vzorčenju debelejša in gostejša in je ob zadnjem vzorčenju nismo mogli več prebiti. Vzorcili smo tudi odpadno vodo iz obeh usedalnikov. Severni usedalnik za odpadno vodo iz zunanjih stranišč (točka C) smo vzorčili na dotoku, južni usedalnik, ki zbira odpadno vodo iz objekta (kuhinja in notranja stranišča) (točka B) pa smo vzorčili v prvem in zadnjem prekatu. SBR smo vzorčili na srednjem pokrovu (točka D). Opozoriti velja, da je bil pri zadnjih dveh vzorčenjih, 24.8.2021 in 8.9.2021 iztok iz lovilca maščob povezan na točko C. Rezultati analiz so prikazani v Preglednici 1.



Slika 14: Shema toka odpadne vode v koči pri Triglavskih jezerih ter mesta vzorčenja (A – lovilec maščob, B – južni usedalnik za odpadno vodo iz objekta, C – severni usedalnik za odpadno vodo iz zunanjih stranišč, D – čistilna naprava SBR).

Iz obstoječih analiz in poročil, ki so jih opravili na CČN Domžale Kamnik (Roš in Levstek, 2019), je razvidno, da so koncentracije biokemijskih parametrov na iztoku iz male čistilne naprave povečane in presegajo mejne dovoljene koncentracije, ki so določene v Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Vendar pa njihove meritve kakovosti sive vode pokažejo nižje vrednosti, kot smo jih zabeležili v tej študiji, KPK od 821 do 1507 mg/l, TN od 6,9 do 19,4 mg/l in TP od 1,2 do 3,8 mg/l, medtem ko so v tej študiji te vrednosti bistveno višje (meritve v točki A, Preglednica 1). Razlog za ta odstopanja je neredno menjavanje lovilca maščob v letu 2021.

Mejna koncentracija za KPK (za naprave $50 \leq PE < 2000$) znaša 150 mg/L, za BPK₅ pa 30 mg/L. Koncentracije KPK na iztoku iz SBR so bile presežene v vseh terminih vzorčenja, najbolj 9. 9. 2021 in 12.



8. 2021 (Preglednica 1). Presežene so bile tudi vrednosti BPK₅, najbolj 27. 8. 2021, takrat so znašale med 120 in 140 mg/L (Preglednica 1). Te koncentracije so 4,67x nad mejno koncentracijo. Za male čistilne naprave pod 2000 PE mejne dovoljene vrednosti za dušik in fosfor niso določene. Vrednosti amonijevega dušika v lovilcu maščob in obeh usedalnikih so večje od običajnih vrednosti surove komunalne odpadne vode (Preglednica 1), večji del amonija se v procesu čiščenja oksidira v nitrat. Pri napravah večjih PE so vrednosti celokupnega fosforja med 1 in 2 mg/L. V primeru SBR kočice pri Triglavskih jezerih so le-te na iztoku znatno višje od 2 mg/L, saj dosegajo vrednosti do 52 mg/L (Preglednica 1). Glede na različne lokacije vzorčenja, ugotavljamo, da večji del fosforja izvira iz kuhinje in stranišč. Vir takega fosforja so lahko predvsem čistilna sredstva.

Koncentracije vseh merjenih parametrov so višje od običajnih koncentracij, ki jih zasledimo v tipični komunalni odpadni vodi, kar kaže na bolj koncentrirano odpadno vodo. Prav tako razmerje med KPK in BPK₅ nakazuje visok delež biološko nerazgradljivih ali slabo razgradljivih snovi. Slednje prav tako lahko izvirajo iz različnih čistilnih sredstev.

Preglednica 1: Izmerjeni parametri odpadne vode iz kočice pri Triglavskih jezerih v letu 2021.

	pH	EC	KPK	BPK ₅	NH ₄ -N	NO ₃ -N	TN	PO ₄ -P	TP	Datum vzorčenja
	/	mS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Lovilec maščob (A)	6,20	0,197	967	185	8,3	1,55	1543	1,28	1,53	21.07.2021
	5,13	0,233	2442	865	16,1	5,77	725	3,59	4,41	12.8.2021
	4,78	0,246	2477	1775	69,0	212	327	1,33	1,63	27.08.2021
	4,95	0,442	/	1500	193	263	788	85,0	96,8	9.09.2021
Severni usedalnik (C, zunanje stranišče)	8,17	2,058	923	610	220	149	471	16,7	18,9	27.08.2021
	6,80	2,410	8880	6415	221	90,0	362	114	129	9.09.2021
Južni usedalnik (B, prvi prekat)	7,03	2,330	2405	1730	250	249	450	14,0	20,8	27.08.2021
	6,58	2,560	2518	1000	274	50,0	407	89,0	99,5	9.09.2021
Vtok v SBR (B, zadnji prekat)	7,16	1,920	1996	310	177	1,0	1960	13,6	18,0	27.08.2021
	7,33	2,235	1074	575	223	2,9	756	15,7	16,6	9.09.2021
SBR srednji pokrov (D)	6,43	0,842	325	30	15,3	1,5	396	18,9	19,1	21.07.2021
	6,19	1,073	346	40	27,7	3,5	385	17,1	17,1	12.08.2021
	7,34	1,367	279	130	72,0	199	350	16,9	19,3	27.08.2021
	5,34	1,194	361	50	34,5	145	212	46,0	51,0	9.09.2021

3.3 IZZIVI UPRAVLJANJA

Podatki meritev in opazovanja na terenu kažejo očitno nepravilno upravljanje z organskimi odpadki v kuhinji in odpadno vodo na sploh. Pri vzorčenju iztoka iz kuhinje smo opazili, da v celotni sezoni 2021 lovilca maščob ni bil niti enkrat zamenjan. V njem se je nabrala velika količina plavajočih maščob in ostankov hrane (Slika 15); lovilca maščob ni več opravljal svoje funkcije. Prostornina lovilca maščob

zadošča zgolj za nekaj tednov, potem ga je potrebno zamenjati. Novi lovilci maščob so bili na voljo v kleti. To je tudi glavni razlog za nerazumno visok KPK in BPK, ki smo jih izmerili. Takih koncentracij ni bilo zaznati v študiji Roš in Levstek (2019), saj so bili takrat lovilci maščob redno menjani.



Slika 15: Povsem napolnjen lovilca maščob, 8.9.2021. Dva prazna lovilca maščob na voljo v kleti.

Pri vzorčenju 12.8.2021 smo odprli tudi prvi pokrov južne greznice (točka B), kjer je dotok iz hiše. Slike nazorno prikazujejo, da se ostanki hrane mečejo v straniščno školjko kar je prepovedano (Uredba o ravnanju z biološko razgradljivimi kuhinjskimi odpadki in zelenim vrtnim odpadom, UR. L. RS 39/10) (Slika 16). Ostanki hrane mašijo dotok v južno greznico, zato oskrbniki občasno prestavijo iztok iz kočice v severno greznico (točka C).



Slika 16: Prvi prekat južne greznice (točka B) na dan 12. 08. 2021 z vidnimi ostanki hrane.

Pri pregledu stanja greznice na dan 21.11.2021 smo ugotovili, da je debelina vrhnjega sloja blata v prvem prekatu greznice večja od pol metra (glede na razpoložljivo opremo do večjih globin nismo dosegli), kar nakazuje verjetnost, da je celotna globina greznice zapolnjena z akumuliranim blatom (Slika 17). Greznica tako ne opravlja svoje funkcije primarnega čiščenja. Potrebno je preveriti, kdaj se je nazadnje izvedel odvoz akumuliranega blata ter to nemudoma urediti.



Slika 17: Prvi prekat južnega usedalnika (točka B), 21. 11. 2021, je popolnoma napolnjen z blatom.



3.4 OCENA OBREMENTITVE Z ODPADNIMI SNOVMI

Količine hranil in organskih snovi iz blata in urina lahko ocenimo s pomočjo literature (Rose in sod., 2015) in praktičnih izkušenj, pri čemer je potrebno upoštevati tudi varnostna odstopanja. Količina blata in urina, ki ju proizvede en človek dnevno je podana v Preglednici 2. Na podlagi tega smo izračunali obremenitev z dušikom in fosforjem glede na povprečno število dnevnih gostov oz. gostov, ki prenočijo, pri čemer je upoštevano, da gostje, ki prenočijo prispevajo 80 % urina in blata, medtem ko dnevni gosti prispevajo zgolj 10 % blata in 30 % urina. Celokupna količina proizvedenega blata in urina z upoštevanjem varnostnih odstopanj je 1,25 kg blata in 90 L urina, kar smo uporabili tudi pri nadaljnjih izračunih (Preglednica 3).

Preglednica 2: Specifična produkcija in obremenitev z dušikom in fosforjem, ki jo proizvede en človek dnevno.

	N (g/dan)	P (g/dan)	Masa (sveža) (g/dan)	Masa (suha) (g/dan)	Prostornina (L/dan)
Blato	1,8	0,5	126	28	-
Urin	11	1	-	-	1,42

Preglednica 3: Obremenitev s hranili na dan glede na povprečno število dnevnih gostov (83) in gostov, ki prenočijo (50).

	Delež obremenitve		N	P	Količina
	Dnevni gosti	Gosti, ki prenočijo	(g/dan)	(g/dan)	
Blato	10%	80%	87	24	1.25 kg
Urin	30%	80%	715	65	90 L
Skupaj			802	89	

Glede na vodno dovoljenje kočice, znaša dovoljena poraba vode 3 m³/dan. Ta vrednost je trenutno presežena, a je ob predpostavki manjše potrebe po vodi zaradi suhih stranišč realna. Torej predpostavimo, da je produkcija sive vode največ 3 m³/dan. Naše meritve pokažejo, da siva voda vsebuje poleg organskih snovi tudi veliko hranil, predvsem zaradi neustreznega ravnanja v kuhinji, kar ji daje značaj močno obremenjene odpadne vode in je treba temu ustrezno prilagoditi tehnologijo čiščenja. Namen ločevanja sive vode pa je ravno izogib hranilom (dušika in fosforja), kajti tudi najboljše tehnologije lahko včasih zataji in se bodo na iztoku iz ČN pojavljala hranila, ki povzročajo cvetenje alg v jezeru. Zato je nujno spremeniti protokol ravnanja v kuhinji, da bo siva voda vsebovala čim manj hranil. Protokol ravnanja v kuhinji predlagamo v poglavju 5.

Ob upoštevanju protokola za ravnanje v kuhinji predvidevamo naslednje obremenitve, na katere tudi načrtujemo tehnologije za čiščenje sive vode (Preglednica 4). Siva voda obsega odpadno vodo iz kuhinje ter umivalnikov in tušev. Največja količina je 3 m³/dan.

Preglednica 4: Predvidene obremenitve tipične sive vode.

	KPK	BPK₅	TN	TP
Koncentracije [mg/l]	400-700	100-300	10	2
Obremenitve [kg/dan]	1,2 – 2,1	0,3 – 0,9	0,01	0,006



4 VREDNOTENJE IN IZBIRA REŠITVE ZA ČIŠČENJE ODPADNE VODE

Predlagana rešitev za ravnanje z odpadno vodo vključuje suha stranišča in zbiranje ter čiščenje sive vode. V nadaljevanju prikazujemo kratek opis in vrednotenje treh možnosti za čiščenje sive vode in dve možnosti za suha stranišča, nato pa v poglavju 5 podrobnejši opis izbrane rešitve.

4.1 ČIŠČENJE SIVE VODE

Za čiščenje sive vode predlagamo uporabo obstoječe male čistilne naprave tipa SBR, katere obratovanje se ustrezno prilagodi (opisano v nadaljevanju), ter dodatnega čiščenja za dodatno odstranjevanje suspendiranih snovi in s tem tudi organskih snovi in hranil, ki so vezane na suspendirane snovi. Tako opcijo sta predlagala Roš in Levstek (2019), t.j. ustrezno nadgraditev obstoječega SBR v šaržni membranski biološki reaktor (SMBR). Po tem predlogu, se vsa odpadna voda načrpa v večji primarni usedalnik (14 m^3) od tu pa na SMBR z optimiziranim ciklom obratovanja. En cikel ali šarža traja 5 ur v katerem se očisti 3 m^3 vode. Vgradi se tudi membranski filter, ki se vklopi v zadnji fazi cikla (30 min) in prefiltrira čiščeno vodo v rezervoar za prečiščeno vodo.

Dnevno se obdelata 4,8 ciklov ali $14,5 \text{ m}^3$ vode. SBR lahko miruje, če je v primarnem usedalniku manj kot 3 m^3 vode. SBR se po 3 mesecih ustavi, blato pa se prečrpa v dehidracijske vreče in odpelje v dolino v nadaljnjo obdelavo. Membranski filter se ob koncu sezone demontira in odpelje v dolino na kontrolni servis.

K opisanemu predlogu Roš in Levstek (2019) dodajamo še dve opciji:

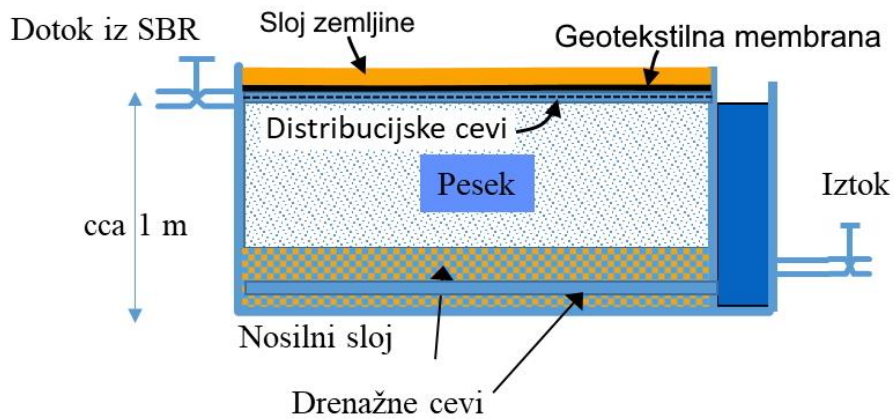
- Opcija A: obstoječi SBR (z optimiziranimi cikli) s peščenim filtrom
- Opcija B: obstoječi SBR (z optimiziranimi cikli) z ali brez dodatka nosilcev ter rastlinska čistilna naprava za končno poliranje in zmanjšanje volumna čiščene vode.

4.1.1 Opcija A: obstoječi SBR ter peščeni filter

Pri tej opciji predlagamo, da se siva voda, za katero upoštevamo karakteristike iz poglavja 3 ($Q_{\max} = 3 \text{ m}^3/\text{dan}$), najprej pelje v severni primarni usedalnik (točka C na Slika 14) nato pa na SBR z optimiziranim ciklom obratovanja. Z upoštevanjem predvidene obremenitve s sivo vodo je potrební volumen SBR le 6 m^3 in ne 20 m^3 kot je trenutno stanje. Za primarni usedalnik zadošča le severni usedalnik (točka C na Slika 14). Natančnejši opis optimiziranega SBR podajamo v poglavju 5 pri opisu izbrane opcije za čiščenje vode.

Za dodatno čiščenje se uvede filtracija na peščenem filtru, ki odstranjuje suspendirane snovi (Slika 18). Na delovanje peščenega filtra vplivajo predvsem efektivno zrno peska, koeficient enakomernosti (UC) ter vsebnost glin in mulja v pesku. Dnevno doziranje očiščene odpadne vode na peščeni filter z namenom poliranja iztoka znaša $200 \text{ L}/\text{m}^2 \text{ dan}$. Efektivno zrno peska mora biti med 0,6 in $1,00 \text{ mm}$, vsebnost glin in mulja pod 5 %, $UC_2 < 4$. Torej potrebna površina filtra bi bila od 12 do 15 m^2 . Okvirna skupna teža peska, ki bi se ga vgradilo v tak peščeni filter, bi znašala okrog 25 ton, kar znese okrog $1,6 \text{ t}/\text{m}^3$ peščenega filtra.

Po določenem časovnem obdobju, je filtrni medij potrebno zamenjati. Časovni okvir zamenjave peska je odvisen od kakovosti iztoka iz čistilne naprave. Če naprava pravilno deluje, je ta čas lahko tudi 10 let. Filter se lahko namesti v južnem primarnem usedalniku (točka B na Slika 14), pri čemer je usedalnik potrebno nekoliko povečati, saj je njegova trenutna površina 8 m^2 .



Slika 18: Shema peščenega filtra za končno čiščenje iztoka iz čistilne naprave.

4.1.2 Opcija B: obstoječi SBR z rastlinsko čistilno napravo

V tej opciji se za čiščenje sive vode uporabi obstoječi SBR na enak način kot pri opciji A z razliko, da se namesto peščenega filtra končno čiščenje vode izvede na rastlinski čistilni napravi (RČN). RČN so sonaravna tehnologija čiščenja odpadnih vod, pri kateri pretvorba onesnažil poteka v peščenem mediju s pomočjo mikrobne razgradnje, filtracije in rastlinskega privzema. Zgrajene so kot nepropustni bazeni, napolnjeni s peskom ustrezne frakcije in zasajene z rastlinami. Po zgradbi nekoliko spominjajo na peščeni filter. Za razliko od peščenega filtra tu poleg filtracije in mikrobne razgradnje preostanka onesnažil poteka tudi rastlinski prevzem hranil in evapotranspiracija. Prek evapotranspiracije rastline v ozračje aktivno oddajajo vodo, s čimer se lahko iztok iz čistilne naprave znatno zmanjša s tem pa tudi količina vode in hranil, ki ju spuščamo v okolje.



Slika 19: Primer rastlinske čistilne naprave zasajene z navadnim trstom (*Phragmites australis*).



Rastline poleg privzema dela hranil prispevajo k vzdrževanju hidravlične prepustnosti medija, zaradi česar je tveganje za mašenje substrata manjše. Tako za razliko od peščenega filtra tu ni potrebno pranje medija. Dotok odpadne vode na površino RČN poteka pod zgornjo plastjo peska tako da celoten tok vode poteka podpovršinsko. Zaradi tega ni neprijetnih vonjav in možnosti razvoja komarjev.

RČN pri koči pri Triglavskih jezerih je potrebno ustrezno prilagoditi zahtevam Triglavskega narodnega parka, še posebej kar se tiče izbora rastlin in posega v prostor. Zaradi čim manjšega posega v prostor predlagamo, da se izkoristi prostor obstoječe greznice (15m³, površina okvirno 8m²). Zaradi majhne razpoložljive površine je edini ustrezen tip RČN z aeracijo. Aerirane RČN so novejša oblika RČN in se uporabljajo v primerih, ko na voljo ni dovolj prostora za sisteme brez aeracije ali v primerih povečane obremenitve odpadne vode. Zaradi vnosa kisika prek aeracije so potrebne površine aeriranih RČN namreč precej manjše kot v primeru klasičnih RČN brez aeracije. Razpoložljiva površina 8 m² tako povsem zadošča za končno čiščenje vode (poliranje). Zaradi kompaktnosti predlagane RČN se zmanjša tudi količina potrebnega medija (peska), katerega transport predstavlja največji strošek pri postavitvi RČN. V kolikor bi aerirana RČN nadomeščala tudi delovanje SBR, je potrebno obstoječo greznico povečati do površine 20 m².

Klasične RČN so večinoma zasajene z navadnim trstom (*Phragmites australis*), ki v to okolje ne sodi. Ustrezna alternativa bi bila alpska kislica (*Rumex alpinus*), ki se pojavlja v zaplatah v bližini koče in dolvodno od jezera. Uspeva v s hranili bogatih tleh, nasičenih z vodo in ima bogat koreninski sistem in vegetativno razmnoževanje, zato sklepamo, da bi uspešno rasla tudi v RČN.

4.1.3 Vrednotenje opcij za sivo vodo

V primerjavi s predlagano rešitvijo Roš in Levstek (2019) so tu predlagane opcije A in B energetsko in upravljavsko manj zahtevne, vendar pa so zahtevnejše pri izgradnji, saj je potreben helikopterski prevoz cca 25 ton peska (Preglednica 5). Ob preučitvi vseh opcij smo upoštevali sledeče kriterije: investicija (le okvirno), obratovanje, robustnost ob pomanjkanju električne energije in učinkovitost čiščenja. Opozoriti velja, da je za natančno vrednotenje investicij potreben natančnejši načrt s strani projektanta in so tu prikazane le okvirne vrednosti. Prav tako odločitev za izbrano tehnologijo ne sme sloneti le na seštevku polj enake barve.

Po preučitvi opcij menimo, da je najbolj zanesljiva opcija SBR+RČN, zaradi: (1) zanesljivega čiščenja in robustnosti. Ta opcija (obstoječi SBR in RČN) je dovolj robustna, da bo delovala tudi ob določenih težavah (pomanjkanje električne energije) z SBR-om (2) Zelo verjetno je, da bo v iztoku iz SBR tudi določena količina hranil in bi dodatno čiščenje vode na RČN omililo ta vpliv in predvsem (3) omogoča enostavno vzdrževanje, ki ga lahko uspešno opravlja oskrbnik koče.



Preglednica 5: Primerjava opcij čiščenja sive vode. Vrednotenje kriterijev smo označili z barvami: temno zelena barva je najbolj ugodno, svetlo zelena je ugodno, svetlo oranžna manj ugodno in temno oranžna neugodno.

	SBR + peščeni filter	SBR + RČN ob koči	MSBR (Roš in Levstek)
Investicija	Predelava SBR	Predelava SBR	Predelava SBR
	Transport peska (25 ton): 25.000 € ^a	Transport peska (25-42 ton): 25-42.000 € ^a	Nakup membran: 12.000 € ^b Transport: 200 €
	Vgradnja filtra v obstoječo greznico	Razširitev ^c greznice in vgradnja RČN v greznico	Vgradnja v obstoječi SBR
Obratovanje	SBR: 3 kW	SBR: 3 kW	SBR: 3 kW
	SBR: 0.3 kWh/m ³	Aerirana RČN 0.1-0.2 kWh/m ³	Membrane 1.4 do 3.8 kWh/m ³
	Črpalka za dotok na filter 0.4 kW Črpalka za spiranje filtra	Aerator 0.2 kW Črpalka za dotok na RČN 0.4 kW	Ni dodatnih črpalk
	Oskrbnik kočice	Oskrbnik kočice	Usposobljen strokovnjak
	Črpalka za iztok	Črpalka za iztok	Črpalka za iztok
Vzdrževanje	Cepljenje SBR z aktivnim blatom pred vsako sezono	Cepljenje SBR z aktivnim blatom pred vsako sezono	Cepljenje SBR z aktivnim blatom pred vsako sezono
	Pranje peska dvakrat na sezono (avtomatsko)	Košnja rastlin vsako pomlad	Odstranitev filtra na koncu sezone (servis membran in hranjenje čez zimo)
	Menjava celotnega peska: na 10 let; 25.000 €	Pregled dotočnih cevi in aeratorja	Transport membran na lokacijo pred sezono
	Oskrbnik kočice	Oskrbnik kočice	Usposobljen strokovnjak
Izpad elektrike za SBR	Dela samo peščeni filter	Dela samo RČN	Ne dela
Učinkovitost čiščenja	Odstranjevanje KPK, BPK: OK	Odstranjevanje KPK, BPK: OK	Odstranjevanje KPK, BPK: OK
	Nitrifikacija: OK	Nitrifikacija: OK	Nitrifikacija: OK
	Odstranjevanje TN 60-80%	Odstranjevanje TN 60-80% + 15-60%	Odstranjevanje TN 60-80%
	Odstranjevanje PO ₄ : ni	Odstranjevanje PO ₄ : 20-30%	Odstranjevanje PO ₄ : ni
	Dezinfekcija: delno	Dezinfekcija: solidno	Dezinfekcija: 99%
	TSS: 80-90%	TSS: 80-95%	TSS: 99%

^akomercialna cena, možni popusti

^bokvirna cena za MBR, samo membrane bi bile verjetno cenejše

^cče SBR ukinemo, moramo razširiti površino RČN (greznico) na pribl. 20 m² površine

4.2 SUHA STRANIŠČA

Z namenom preprečevanja vstopa hranil v naravni vodni cikel, je potrebno hranila iz blata in urina obdržati oziroma obdelati ločeno ter s tem preprečiti njihov vstop v jezero na katerikoli točki. Čiščenje odpadne vode iz stranišč na splakovanje v tem primeru ni ustrezna rešitev, saj bi za zadostno odstranjevanje dušika in fosforja potrebovali visoko sofisticirano čistilno napravo, ki bi omogočala nitrifikacijo, denitrifikacijo in obarjanje fosforja, s čimer pa celotna obremenitev s hranili še vedno ne bi bila odstranjena.



Zadrževanje blata in urina ter s tem hranil je najlažje doseči s katerokoli vrsto suhih stranišč. Glede na dejansko stanje v koči je pri tem glavna težava odvečna tekočina, za katero je potrebno najti ustrezno rešitev. Pri tem smo v naprej izključili dve možnosti:

1. sočasna obdelava odvečne tekočine v čistilni napravi skupaj s sivo vodo ni bistveno boljša možnost kot uporaba stranišč na splakovanje in čiščenje celotnega toka odpadne vode v čistilni napravi, saj velik del hranil zopet konča v čistilni napravi;
2. zbiranje, skladiščenje in transport celotnega blata in urina v drugo čistilno napravo v dolini je nerealno drago.

Za ureditev suhih stranišč predlagamo dve opciji, opisani v nadaljevanju.

4.2.1 Opcija I: suha stranišča s prisilnim izhlapevanjem

Pri tej opciji gre za zbiranje urina in blata v sodobnih suhih kompostnih straniščih za osebje in goste s prisilnim izhlapevanjem odvečne tekočine. Prednosti te opcije so enotna oprema in popolno zadrževanje hranil. Glavna težava je pričakovana velika količina odvečne tekočine, ki zahteva razmeroma izpopolnjen sistem izhlapevanja in znatne stroške vzdrževanja.

Opcija I vključuje (preliminarna ocena):

- 2 suhi kompostni stranišči za osebje,
- 6-8 suhih kompostnih stranišč za goste,
- sončne zbiralnike za zbiranje vročega zraka in
- črpalke za kroženje izcedne vode za povečano izhlapevanje.

Stranišča za osebje in goste, ki prenočijo, morajo biti v največji možni meri integrirana v obstoječo zgradbo.

4.2.2 Opcija II: ločevalna suha stranišča

Pri opciji II gre za ločeno zbiranje urina in blata v suhih kompostnih straniščih ali suhih ločevalnih straniščih za osebje in ločeno zbiranje urina in blata v suhih kompostnih straniščih za goste. Suha ločevalna stranišča (ločeno zbiranje urina) niso primerna rešitev za goste brez predznanja ali izkušenj s tovrstnimi stranišči.

Tako stranišča za osebje kot stranišča za goste morajo biti opremljena s sistemom za pred-obdelavo odvečne tekočine, pri čemer se prilagodi pH in obarjanje pred čiščenjem odpadne vode v čistilni napravi skupaj s sivo vodo.

Opcija II vključuje (preliminarna ocena):

- 2 suhi kompostni stranišči ali suhi ločevalni stranišči za osebje,
- 6 suhih kompostnih stranišč za goste,
- 2 pisoarja,
- zbiranje in serijsko obarjanje urina/izcedne vode iz suhih kompostnih stranišč..

4.2.3 Ovrednotenje obeh opcij

V tem poglavju na kratko povzemamo prednosti in slabosti obeh predstavljenih možnosti suhih stranišč. Glavna prednost opcije I je njena relativna preprostost, predvsem kar se tiče prijaznosti do uporabnika, upravljanja in vzdrževanja. Poleg rednih tehničnih pregledov so izdatki za vzdrževanje in



upravljanje omejeni na redno dodajanje suhega konstrukcijskega materiala in mešanje. Pomanjkljivost opcije I je njena odvisnost od zadostnega sončnega sevanja in pretoka zraka za doseganje dovolj visoke stopnje izhlapevanja odvečne tekočine. Poleg tega sončni zbiralniki vročega zraka potrebujejo tretjo odprtino v procesni komori, kar ima za posledico manj optimalno zasnovano pretoka zraka za preprečevanje vonjav.

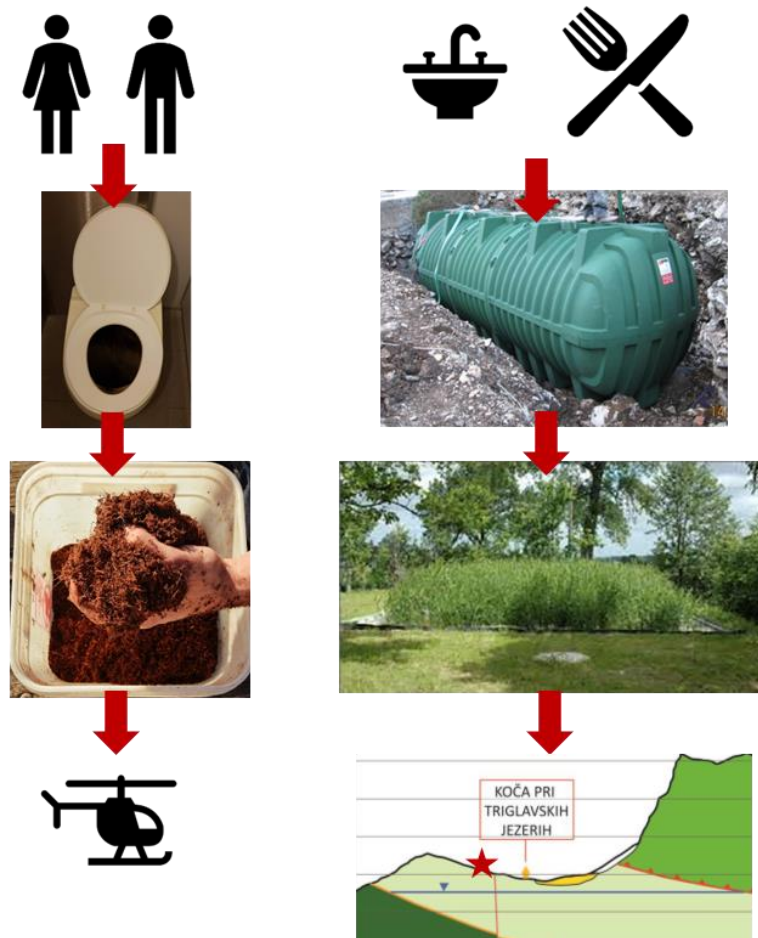
Po drugi strani pa opcija II nima takšnega tveganja napačnega pretoka zraka in ima več prostora za napake pri obratovanju, predvsem kar se tiče ravnanje s predelovalno komoro. Glavna pomanjkljivost te opcije je zmanjšanje obremenitve s hranili z obarjanjem, saj ustrezno obarjanje hranil zahteva natančno poznavanje koncentracij N in P v posamezni šarži ter pravilno doziranje kemikalij. Čeprav obstaja dovolj podatkov o učinkovitem obarjanju hranil v industrijski odpadni vodi ali v povratnem toku iz obdelave komunalnega blata, so izkušnje z urinom in/ali odvečno tekočino iz suhih stranišč omejene in pogosto kažejo manj kot optimalne rezultate, kar je predvsem posledica zgoraj opisane zahteve po zagotavljanju optimalne koncentracije reagentov in pH vrednosti.

V konkretnem primeru kočice pri Triglavskih jezerih zato priporočamo opcijo I, saj je z operativnega vidika manj verjetno, da bo (v celoti) neuspešna v primerjavi z opcijo II. Opcija I zahteva razumevanje zgolj preprostih fizičnih procesov (izhlapevanja) in ne nujno iz strani operaterja, medtem ko opcija II za doseg optimalnih rezultatov potrebuje na lokaciji delovanja osebo s precejšnjim znanjem kemije in izkušnjami ter morda tudi izvedenim posebnim usposabljanjem za izvajanje faze obarjanja.

5 PREDSTAVITEV IN OKVIRNO DIMENZIONIRANJE IZBRANE REŠITVE

Izbrana rešitev obsega uvedbo suhih stranišč, ločeno čiščenje sive vode ter premik iztoka očiščene vode iz ledeniških sedimentov na apnenčasto podlago (Slika 20). Z uvedbo suhih stranišč se poraba pitne vode zmanjša iz obstoječih 2-9 m³/dan na 2-3 m³/dan, s čimer se zmanjša tudi količina in obremenitev proizvedene odpadne vode ter posledično količina energije, ki jo potrebujemo za njeno čiščenje.

Za čiščenje sive vode predlagamo uporabo obstoječe male čistilne naprave tipa SBR, katere obratovanje se ustrezno prilagodi (opisano v nadaljevanju), ter dodatnega čiščenja na aerirani RČN. Obremenitev (za suha stranišča in z sivo vodo) upoštevamo, kot je prikazano v poglavju 3.



Slika 20: Shema predlagane rešitve: kompostna stranišča in odvoz kompostiranega materiala (levo) ter čiščenje sive vode iz kuhinje in umivalnikov na SBR in rastlinski čistilni napravi ter premik iztoka na apnenčasto podlago, ki omogoča ponikanje.

5.1 Prilagoditev SBR za čiščenje sive vode

SBR je potrebno predelati za čiščenje sive vode iz kočice, pri čemer upoštevamo karakteristike sive vode iz poglavja 3. Obremenitev z ogransko snovjo L_{BPK} znaša:

$$L_{BPK} = Q \cdot BPK_{in} = 0,9 \text{ kg BPK}_5/\text{dan}$$

Če izberemo (po veljavnih priporočilih) dopustno specifično obremenitev biološkega blata (L_s) $0,07 \text{ kg BPK}/(\text{kg VSS dan})$ ter koncentracijo biološkega blata (X) v reaktorju $2 \text{ kgVSS}/\text{m}^3$, znaša potrebni volumen reaktorja:

$$V = L_{BPK}/(L_s \cdot X) = 6,4 \text{ m}^3$$

Ob tem, bo dnevna produkcija blata znašala $0,44 \text{ kg VSS}/\text{dan}$, starost blata pa 29 dni. Nastajalo bo odvišno blato, ki ga je potrebno odvajati v obstoječe zalogovnike blata in sicer $70 \text{ l}/\text{dan}$ oz. $17 \text{ l}/\text{cikel}$, če imamo 4 cikle na dan.

SBR bo deloval v 4 ciklih, pri čemer en cikel traja 6 ur in se v njem izmenja $0,75 \text{ m}^3$ vode. Faze čiščenja znotraj enega cikla pa so sledeče:

- Dotok iz primarnega usedalnika $0,75 \text{ m}^3$ vode v 15 min ($60 \text{ l}/\text{min}$)
- Mešanje (in anoksična faza) 20 min + 60 min
- Aeracija 3 h

- Usedanje 30 min
- Praznjenje v zalogovnik čiste vode znotraj obstoječega SBR 10 min
- Mirovanje 45 min

V primeru 8 urnih ciklov (z več mirovanja med cikli) bi imeli 3 cikle/dan. V tem primeru se na cikel izmenja 1m^3 vode ter imamo daljše mirovanje med cikli. Čiščena voda se nato pulzno dodaja na RČN.

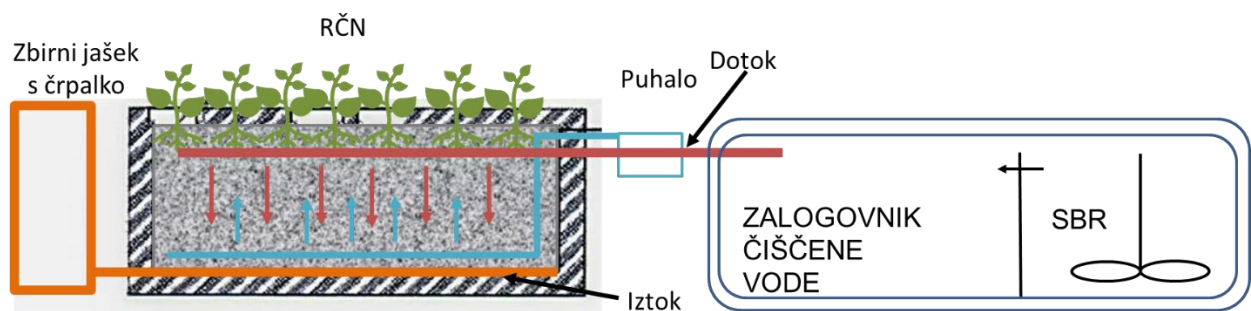
5.2 RČN

Za postavitev aerirane RČN je potrebno izprazniti obstoječo južno greznico in jo primerno očistiti. Strop greznice se odstrani, s čimer dobimo bazen globine okvirno 2 m in površine 7 m^2 . Preveri se vodotesnost nastalega bazena in se po potrebi zatesni. Priporočila za dimenzioniranje aeriranih RČN določajo največjo obremenitev z organskimi snovmi 100 g KPK/m^2 dnevno (Cross in sod., 2021). Iztok iz SBR ocenjujemo na $3\text{ m}^3/\text{dan}$ in koncentracijo KPK 150 mg/L . Obremenitev za RČN tako znaša 450 g KPK/dan za kar bi zadostovala površina $4,5\text{ m}^2$. Ker pa RČN predlagamo tudi kot varovalo v primeru nedelovanja SBR zaradi izpada elektrike ali povečanih obremenitev iz kuhinje, predlagamo, da se za postavitev RČN izkoristi celotna prostornina greznice. Zaradi večje razpoložljive površine kot je potrebno, se ob normalne delovanju SBR aeracija lahko zmanjša na posamezne intervale ali celo ugasne (prihranek energije), v primeru povečanih obremenitev pa se čas trajanja aeracije podaljša.

Preglednica 6: Izračun potrebne površine RČN za poliranje iztoka iz SBR.

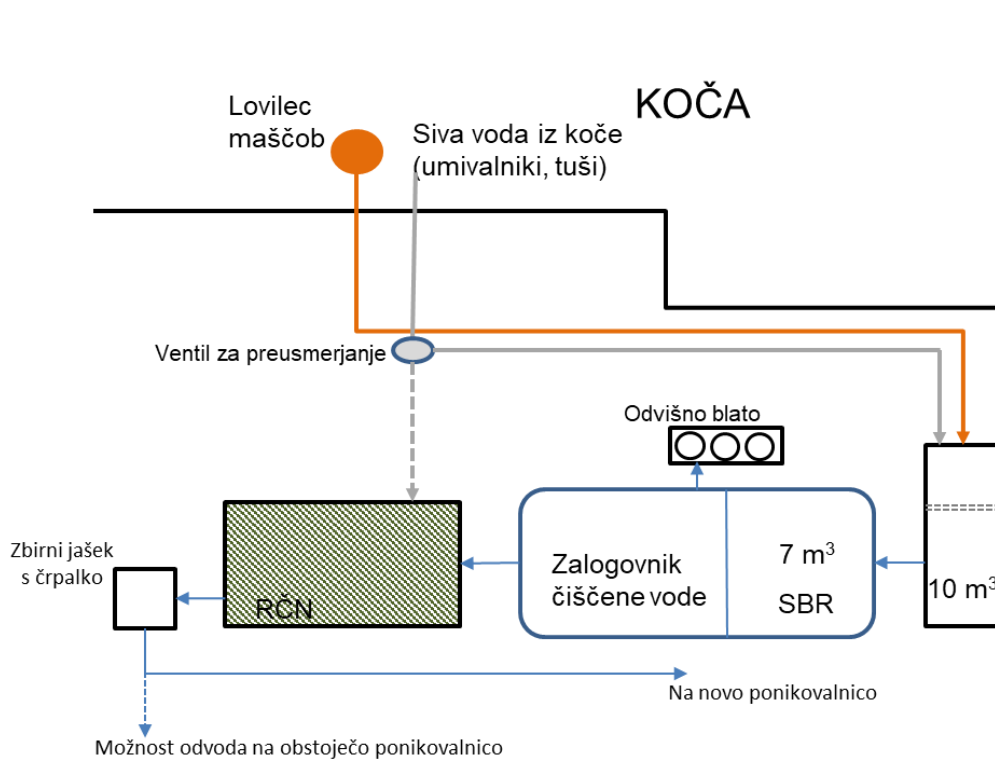
Parameter	Enota	Vrednost
Dovoljena obremenitev na RČN	$\text{g KPK/m}^2/\text{dan}$	100
Predvidena poraba vode	m^3/dan	3
Predvidena kakovost dotoka na RČN (po SBR)	mg KPK/L	150
Predvidena obremenitev na RČN	g/dan	450
Potrebna površina	m^2	4,5

Za izvedbo RČN se pridobi natančna dokumentacija za izvedbo s strani inženirja tehnologa. Na dnu bazena se postavijo iztočne cevi ter cevi za aeracijo (Slika 21). Število odprtin za aeriranje in program aeracije se določi v projektu. Cevi za aeracijo so povezane s puhalom v jašku med SBR in RČN. Bazena se napolni s peskom v frakciji kot bo predpisano v projektu (okvirno 16-32 mm v spodnji 15 cm plasti okrog iztočnih cevi ter 8-16 mm za preostali volumen). Dotočne cevi se postavijo enakomerno po celotni površini filtra in sicer 10 cm pod vrhom medija. Dotočna voda se na RČN črpa iz zadnjega prekata SBR. Iztočna voda iz RČN gravitacijsko odteka v zbirni jašek, v katerem se nahaja črpalka, ki črpa prečiščeno vodo v ponikovalnico na zahodni strani koče. Zbirni jašek se lahko postavi na novo oz uredi v ločenem prekatu obstoječega SBR. RČN se zasadi z alpsko kislico (*Rumex alpinus*), minimalno 7 rastlin na m^2 .



Slika 21: Shema aerirane rastlinske čistilne naprave na lokaciji obstoječe greznice.

Inštalacije se izvede tako, da se iztoki iz koče, t.j. iztok iz lovilca maščob in iztok odpadne vode, ki sta trenutno povezana na južni usedalnik (ki bo sedaj RČN) peljeta na severni usedalnik. Pri tem se ohrani povezava odpadne sive vode na RČN preko ventila, ki lahko po potrebi preusmerja vso sivo vodo iz koče razen tiste iz lovilca maščob na RČN (Slika 22). Ta povezava je pomembna ob izpadu delovanja SBR, saj se lahko v tem primeru manj onesnažena siva voda (vsa razen tiste iz lovilca maščob) čisti na RČN, koča pa normalno deluje, seveda z zmanjšano dejavnostjo v kuhinji.



Slika 22: Povezava odpadne sive vode iz koče na SBR in RČN. Zaradi varnosti se uvede ventil, ki lahko vso sivo vodo (razen tiste iz lovilca maščob) usmerja na RČN.

5.3 Suha kompostna stranišča

Kot je razloženo v četrtem poglavju za suha stranišča predlagamo opcijo I, to je kompostna suha stranišča. Opcija vključuje 4 kompostna stranišča za osebje in 6 kompostnih stranišč za goste. Število stranišč je določeno glede na priporočeno število stranišč na število gostov.



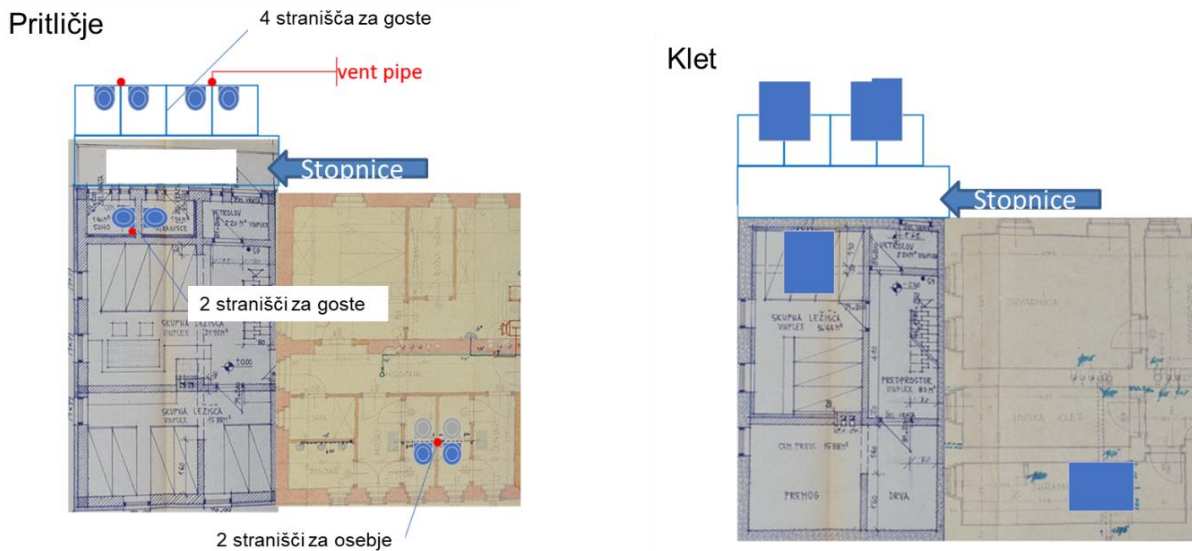
5.3.1 Lokacija suhih stranišč

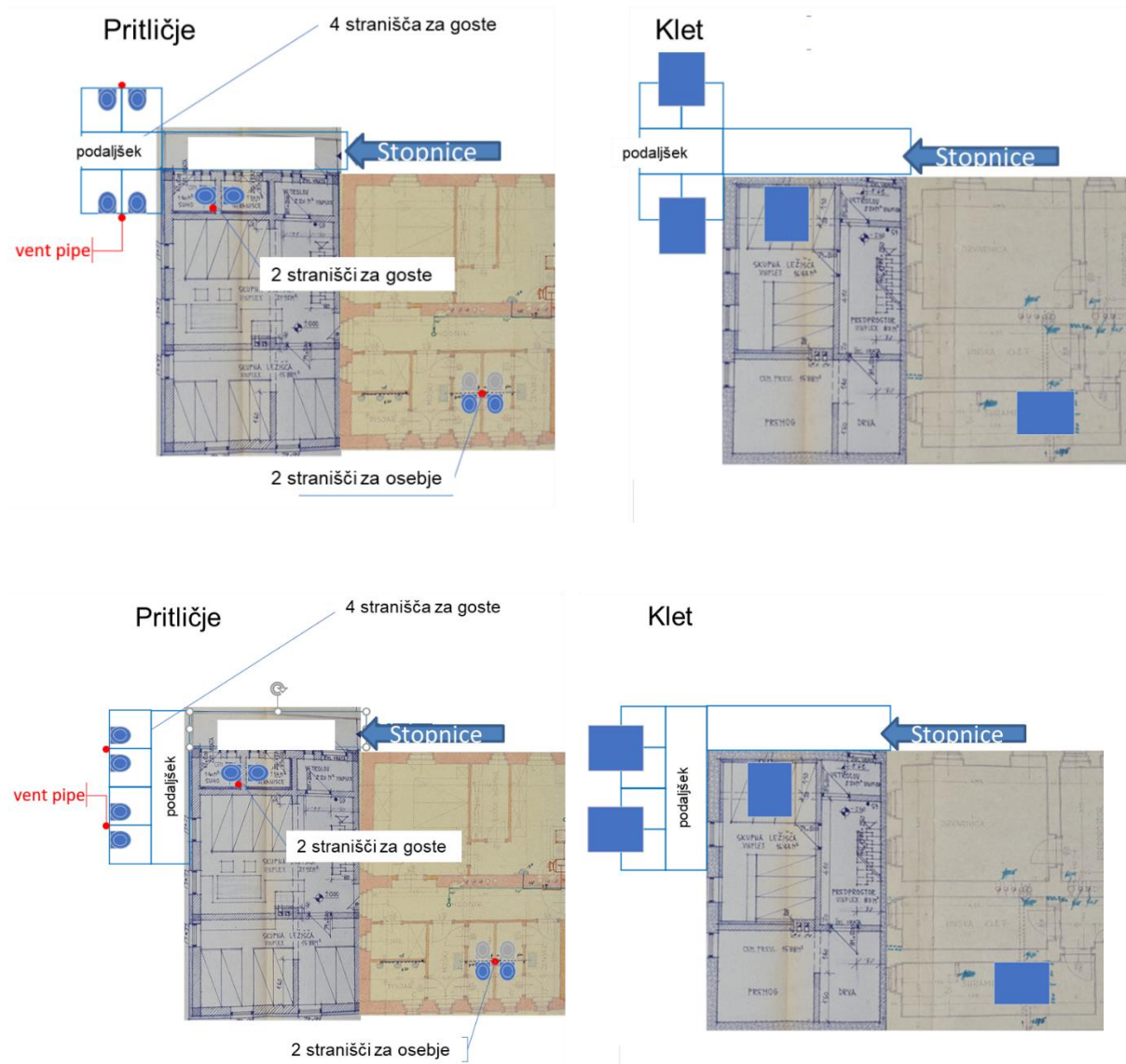
Za potrebe osebja se v pritličju hiše v kompostna stranišča preuredijo 4 obstoječa splakovalna stranišča. Skupni kompostnik za vsa štiri stranišča je postavljen v spodaj ležečem kletnem prostoru (Slika 23). Namesto štirih se lahko postavita samo 2 stranišči.



Slika 23: Umeščanje kompostnih stranišč v pritličju zgradbe (levo) in kompostnika v kleti (desno).

Stranišča za goste se uredijo na lokaciji obstoječega zunanjšega stranišča za dnevne obiskovalce. Dve stranišči se postavita neposredno na mestu trenutnega stranišča, štiri stranišča pa se postavijo v manjšem prizidku dostopnem iz obstoječega hodnika. Lokacija prizidka je lahko na vzhodni ali severni strani hiše (Slika 24). Vseh 6 stranišč je dostopnih tako od zunaj kot iz notranjosti stavbe (iz pritličja). Po dve stranišči imata skupni kompostnik v kleti. Tri opcije izvedbe so možne, kot kaže Slika 24.



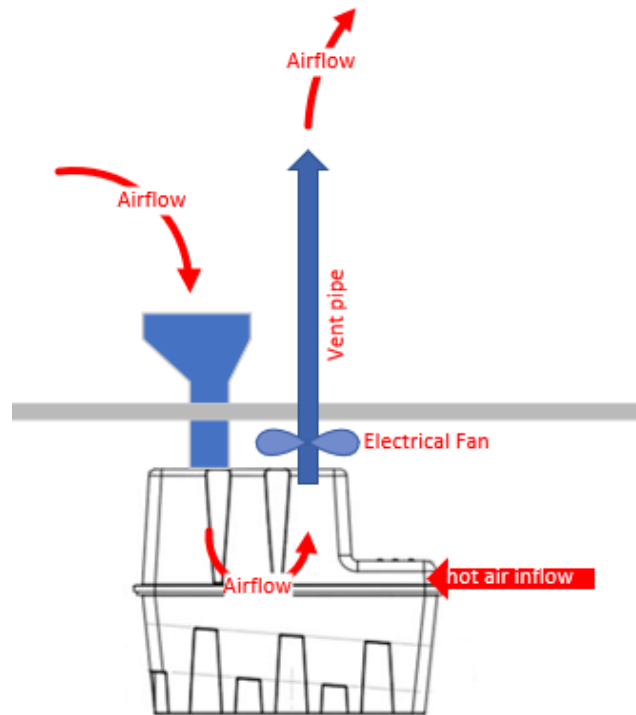


Slika 24: Tri opcije umestitve kompostnih stranišč za obiskovalce na lokacijo obstoječega stranišča in manjšega prizidka v sklopu obstoječega hodnika.

5.3.2 Zasnova prezračevanja in evaporacije izcedne vode

Zaradi ustreznega prezračevanja bodo kompostna stranišča brez vonja. Prezračevanje kompostnih stranišč bo doseženo z nadzorovanim pretokom zraka iz straniščne sobe preko kompostne komore do prezračevalne cevi z uporabo visokozmogljivega linijskega centrifugalnega ventilatorja (Slika 25).

Kompostna stranišča ne ločujejo urina od blata, zato lahko, odvisno od vhodne obremenitve ter narave in količine strukturnega materiala, odvečna tekočina odteče iz kompostnika. Sočasna obdelava te močno onesnažene odvečne tekočine s sivo vodo je možna le v nujnih primerih, zato je potrebno popolno izhlapevanje izcedne tekočine. Kot je opisano v poglavju 3.2 se dnevno proizvede do 100 l izcedne tekočine. Ta količina predvideva, da se ne doda noben dodaten, suh strukturni material za zadrževanje vode v kompostu, zato se lahko šteje za maksimum.



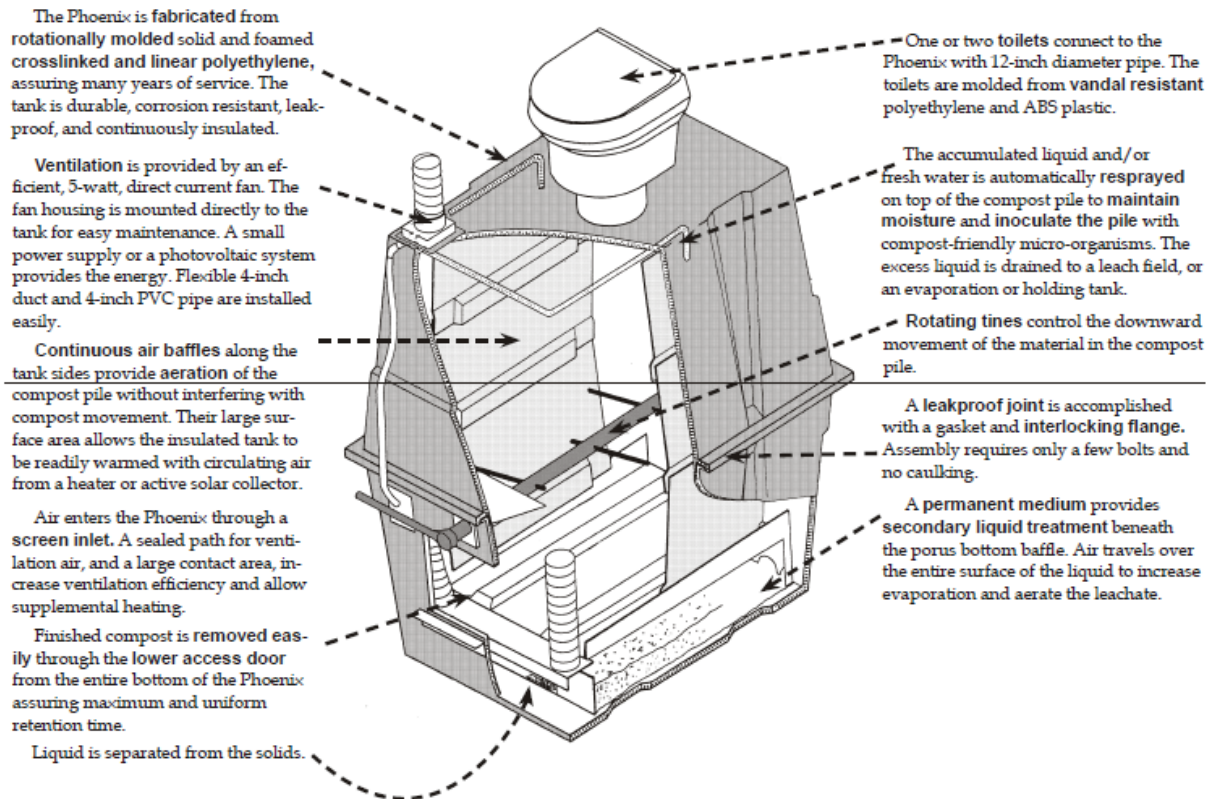
Slika 25: Prikaz prezračevanja kompostnih stranišč z uporabo linijskega ventilatorja.

Poleg prezračevanja bodo stranišča zato opremljena s prisilnim izhlapevanjem izcedne vode, ki se zbira na dnu kompostne komore. Le-ta se s pomočjo črpalke vrača na vrh kompostnega kupa, ter s pomočjo toka ogrevanega zraka hlapi.

Vroč zrak doteka v kompostnik preko tretje odprtine kompostnika (Slika 25). Za ogrevanje zraka so predvideni komercialno dostopni zbiralniki vročega zraka (Slika 11) nameščeni na strehi kočice oz. novega prizidka, čim bližje kompostniku zaradi zmanjšanja izgub. Orientacija sončnih zbiralnikov je zelo pomembna in jo je potrebno upoštevati pri projektu za izvedbo. Številni komercialno dostopni zbiralniki vročega zraka so opremljeni z integriranimi ventilatorji, ki tlačijo zrak v komoro za kompostiranje in ne sesajo zraka iz kompostnika. To lahko povzroči pretok zraka v napačno smer. Rešitev je vgradnja solarnih zbiralnikov vročega zraka brez vgrajenih ventilatorjev in temperaturno reguliranega centralnega linijskega ventilatorja v prezračevalni cevi.

Za učinkovito izhlapevanje izcedne tekočine in kompostiranje priporočamo izbiro takega modela komercialnega kompostnika, ki omogoča aktivno mešanje fekalij, strukturnega materiala in pronicanja kot je prikazano na Slika 26.

Za uspešno izhlapevanje izcedne vode na koči so potrebni 4 solarni kolektorji (1 m² efektivne površine vsak). Zaradi varnosti in glede na število suhih stranišč pa predlagamo 6.



Slika 26: Shematski prikaz komercialnega kompostnega stranišča.

5.3.3 Količina komposta in dimenzije kompostnika

Dimenzioniranje kompostnika sloni na sledečih predpostavkah:

- Obremenitev, kot je opisana v poglavju 3;
- Dodajanje 100% strukturnega materiala kot je rezana slama; to je približno 150 l strukturnega materiala na mesec, kar pa se lahko pomembno spreminja v odvisnosti od uporabe
- Ne upoštevamo zmanjšanja volumna zaradi procesa kompostiranja, smo torej na varni strani.

S pričakovano prostornino vnosa 5 l/d in 100 % strukturnega materiala ter 6 stranišči za goste bo dnevna nova količina cca. 1,5 l na stranišče. Za trajanje ene sezone 120 dni bo torej potrebna prostornina shranjevanja okrog 180 l na stranišče. Primerni komercialno dostopni kompostniki imajo bistveno večjo prostornino kar pomeni, da odvažanje komposta ne bo potrebno vsako sezono.

Za predlagana stranišča za osebe je prostornina kompostnika opredeljena z najmanjšimi komercialno dostopnimi kompostniki in odvisno od dejanskega položaja namestitve.

5.4 Učinkovitost čiščenja

Predlagana rešitev - kompostna stranišča ter ločeno čiščenje sive vode na predelanem SBR in dodatno čiščenje na RČN, predstavlja bistveno manjšo obremenitev za okolje v primerjavi s trenutno situacijo. Količina uporabljene pitne vode se bo zmanjšala iz trenutnih 2-9 m³/dan na 1-3 m³/dan. Posledično se bo zmanjšala tudi absolutna količina onesnažil izpuščenih v okolje (Preglednica 7). Pričakovane koncentracije po uvedbi predlagane rešitve so ocenjene ob predpostavki, da je upravljanje s



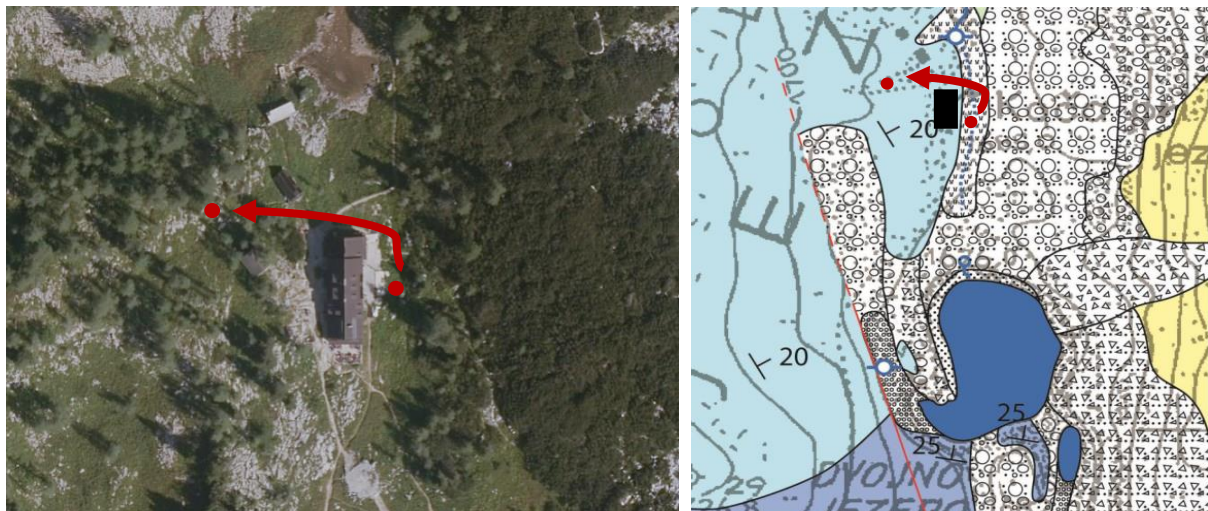
tehnologijami ustrezno, t.j. redno menjavanje lovilca maščob, pravilno delovanje primarnega usedalnika in SBR ter učinkovitega kompostiranja v kompostnih straniščih (ni iztoka izcedne vode).

Preglednica 7: Trenutne in predvidene nove obremenitve z onesnažili na iztoku iz čistilne naprave. Trenutne vrednosti so podane kot povprečje in razpon (minimum-maksimum) meritev v letu 2019 (Roš in Levstek) ter meritev v letu 2021.

	Koncentracija (mg/L)		Obremenitev (kg/leto)	
	Nova	Trenutna	Nova	Trenutna
KPK	100	345 (268-598)	30	164 (124-227)
BPK ₅	10	151 (20-140)	3	70 (9-65)
TN	10	319 (207-401)	3	148 (96-186)
TP	1	25 (14-52)	0.3	11 (7-24)
TSS	20	/	6	/

5.5 Premik iztoka

Po uvedbi predlaganih rešitev se bo obremenitev okolja z organskimi snovmi in hranili močno zmanjšala – npr. količina sproščenega fosforja se bo znižala iz 11 na 0,3 kg/leto. Kljub znatnemu znižanju onesnaženja, so pričakovane koncentracije hranil na iztoku še vedno previsoke in nesprejemljive za Dvojno jezero. Za preprečevanje nadaljnje eutrofikacije jezera je potrebno povsem eliminirati kakršenkoli vnos fosforja. S prestavitvijo iztoka iz čistilne naprave iz območja ledeniških sedimentov na območje propustnih apnencev omogočimo učinkovito ponikanje vode v nižje plasti in preprečimo zatekanje prečiščene vode v jezero (Slika 27). Natančno lokacijo ponikovalnice je potrebno določiti na terenu s strani izkušenega geologa (predlagamo prof. Boštjana Rožiča, ki je izdelal hidrogeološko študijo doline Triglavskih jezer).



Slika 27: Predlagan premik iztoka iz obstoječe ponikovalnice, ki leži na ledeniški moreni, na vzhodno stran kočice, kjer se nahaja dobro prepustna apnenčasta podlaga.

5.6 Ocenjeni stroški celotne investicije

V preglednici 8 podajamo okvirne stroške celotne investicije. Pri oceni stroškov smo upoštevali varnostni faktor, t.j. predstavljeni stroški so 'zaokroženi navzgor'. Opozoriti velja, da so stroški za gradbena dela na koči težko določljiva brez natančnega načrta in predstavljajo le grobo oceno.



Preglednica 8: Ocena stroškov celotne investicije.

Komponenta	EUR	Komentar
Suha stranišča - tehnologija	41,000.00 €	Stranišča, kompostniki, kolektorji vročega zraka, ventilator in recirkulacijske črpalke za izcedno vodo
Prilagoditev koče, prizidek	80,000.00 €	Groba ocena
Nadgradnja SBR	?	Manjši strošek
RČN - tehnologija	10,000.00 €	Groba ocena
Prevoz peska	25,000.00 €	brez širitve greznice, komercialna cena prevoza, dejanska je lahko nižja oz. ob uporabi vojaškega helikopterja.
Gradbena dela	?	Razširitev južne greznice, kjer bo RČN; inštalacije
Črpalka in cev za iztok (cca 80 m)	8,000.00 €	Groba ocena
	>164,000.00 €	

6 PRIPOROČILA ZA UPRAVLJAVCE V TRENUTNIH POGOJIH OBRATOVANJA

6.1 SUHA STRANIŠČA

Za delovanje suhih stranišč lahko v celoti skrbi oskrbnik koče. Upoštevati je potrebno naslednje:

Začetek sezone:

- Dodati ustrezno količino rezane slame, žaganja ipd. v kompostnik, (glede na navodila proizvajalca).
- Odstraniti kompost iz prejšnje sezone (pusti se ustrezna starega substrata; doda je plast strukturnega materiala). Opcija: odstranjen kompost se lahko naslednjo sezono kompostira na zunanjem (vrtnem) kompostniku, s čimer se dodatno zmanjša volumen (manjši stroški transporta); kljub temu pa je potrebno nadzorovati vlažnost.
- Preveriti delovanje elektromehanske opreme (zračnik, črpalka, števec vrat, mešalo (če je))
- (čiščenje sončnih panelov)

Redno vzdrževanje, glede na situacijo in izkušnje upravljavca:

- Dnevno dodajanje strukturnega materiala v kompostnik (glede na uporabo; zato je potrebno namestiti števec vrat).
- Tedensko preverjanje vlažnosti komposta in prilagajanje količine strukturnega materiala.
- Tedensko preverjanje delovanja zračnikov in črpalk.
- Tedensko mešanje kompostnega kupa (mešanje z grabljami ali vgrajeno mešalo).

Splošno:

- Izogibanje: kemikalije, sanitarni izdelki (potrebno namestiti smetnjake; tablice z navodili), (pralna) voda, biološko nerazgradljivi odpadki



6.2 SBR IN RČN

Za ustrezno delovanje SBR in RČN je ključnega pomena ravnanje v kuhinji kot ga predlagamo v naslednjem poglavju. Prav tako je ključno uporabljati biorazgradljiva mila in šampone ter čistila v kuhinji, ki ne vsebujejo fosfatov. Vzdrževanje lahko strnemo v naslednjih točkah.

1. **Preveriti stanje lovilca maščob in ga zamenjati vsaka 2 tedna.** Kot je opisano v prejšnjih poglavjih smo v sezoni 2021 izvedli 4 vzorčenja odpadne vode, pri čemer smo vsakič vzorčili tudi sivo vodo v lovilcu maščob. V tem času je bil lovalec maščob vedno isti in ni bil nikoli zamenjan. V načrtih in poročilih izdelanih l. 2019 je navedeno, naj bi bili lovci maščob štirje (Rozman, 2020). Kuhinja predvidoma predstavlja 46% celotne porabe vode (Rozman, 2020), kar v povprečju pomeni 2,6 m³ dnevno. Voda teče skozi lovalec maščob volumna okvirno 200 L. V koči Schiestelhaus, Avstrija, porabijo 1 m³ vode dnevno (večina za potrebe kuhinje). Lovilec maščob pa je v tem primeru 1 m³. Ker ima kočica pri Triglavskih jezerih precej majhen lovalec maščob, ga je zato potrebno redno menjati. Glede na naše meritve KPK v lovilcu maščob se kakovost bistveno poslabša po treh tednih. Zato priporočamo menjavo na 2 tedna, torej 6 krat v sezoni.
2. **Na začetku sezone in nato enkrat mesečno pregledati primarni usedalnik in preveriti količino akumuliranega blata ter urediti odvoz po potrebi.** Ob zadnjem obisku kočice 21. 11. 2021 smo ugotovili, da usedalnika nista izpraznjena, pač pa skoraj v celoti napolnjena z blatom (Slika 25). Redno pregledovanje in praznjenje usedalnikov je ključnega pomena za učinkovito delovanje čistilnih naprav. Glede na to da v primarni usedalnik doteka le siva voda, je po naši oceni potrebno primarni usedalnik (pod pogojem da se vanj spušča le odpadna voda in ne hrana) prazniti na približno 5 let. Kljub temu priporočamo redni letni pregled količine akumuliranega blata.
3. **Na začetku sezone preveriti delovanje črpalk** (iz primarnega usedalnika na SBR, iz SBR na RČN iz iztočnega jaška v ponikovalnico ter delovanje dotočnih cevi in aeracije na RČN).
4. **Odstranjevanje plevela na RČN enkrat mesečno**, to je vseh drugih rastlinskih vrst razen alpske kislice. Po dveh sezonah, ko bo razrast alpske kislice že zelo gosta ne pričakujemo plevelov
5. **Pograbitvi odmrlo biomaso rastlin na površini RČN** (pri tem paziti, da ne poškodujemo podzemnih delov rastlin).

6.3 RAVNANJE Z ODPADKI V KUHINJI

Predlagan program obratovanja čistilne naprave za sivo vodo temelji na izmerjenih vrednostih parametrov sive vode, zato je za učinkovito delovanje naprave potrebno zagotoviti čim bolj konstantno sestavo sive vode. Poleg tega so tudi suha stranišča dimenzionirana glede na število obiskovalcev in osebja oz. količin urina in blata, ki jih le-ti proizvedejo. Tako čistilna naprava kot stranišča niso namenjena nikakršnim drugim odpadkom, četudi so le-ti biološko razgradljivi, kot npr. kuhinjski odpadki. V času monitoringa v sezoni 2021 smo namreč zasledili, da se kuhinjski odpadki mečejo v straniščne školjke, kar je bilo razvidno iz ostankov večjih kosov hrane v prvem prekatu greznice (Slika 16). Glede na 4. člen Uredbe o ravnanju z biološko razgradljivimi kuhinjskimi odpadki in zelenim vrtnim odpadkom (UR. L. RS 39/10) je kuhinjske odpadke prepovedano rezati, drobiti ali mleti ter redčiti z namenom, da se z odpadno vodo odvajajo javno kanalizacijo, greznice, nepretočne greznice ali neposredno v vode. Navedeni člen še navaja, da je kuhinjske odpadke iz gostinstva prepovedano mešati z mešanimi komunalnimi odpadki in drugimi ločeno zbranimi frakcijami, vključno z zelenim vrtnim odpadkom. Dehidriranje kuhinjskih odpadkov iz gostinstva je prav tako prepovedano, če se odpadne vode odvajajo v kanalizacijo posredno prek lovilca maščob, vsebnost usedljivih snovi v odvedeni odpadni vodi pa brez dodatnega redčenja presega 40 ml/L.

Zakonodajni okvir ravnanja z biološko razgradljivimi kuhinjskimi odpadki določajo:



- Uredba Evropskega parlamenta in Sveta (ES) št. 853/2004 z dne 29. aprila 2004 o higieni živil (Priloga 2 / POGLAVJE VI - Ostanke živil)
- Uredba o ravnanju z biološko razgradljivimi kuhinjskimi odpadki in zelenim vrtnim odpadom (Uradni list RS, št. 39/10)
- Uredba o ravnanju z odpadnimi jedilnimi olji in mastmi (Uradni list RS, št. 70/08)

V nadaljevanju podajamo povzetek zakonodaje oz. Smernic dobre higienske prakse in sistema HACCP za gostinstvo, kako ravnati v skladu z zakonodajo (povzeto po Pollak in sod., 2010):

1. Nosilec živilske dejavnosti (NŽD), ki upravlja kuhinjo, v kateri se pripravi v letnem povprečju dnevno **20 ali več obrokov** mora ne glede na kraj razdelitve obrokov, zagotoviti, da se vsi biološko razgradljivi kuhinjski odpadki in odpadna jedilna olja, ki nastanejo pri pripravi in ostanki obrokov, ki nastanejo po zaužitju obrokov, zberejo ločeno od drugih odpadkov in oddajajo zbiralcu kuhinjskih odpadkov oz. zbiralcu odpadnih jedilnih olj.
2. NŽD vodi evidenco o nastajanju biološko razgradljivih kuhinjskih odpadkov in nastajanju odpadnih jedilnih olj v obliki zbirke evidenčnih listov o pošiljkah, ki jih odda zbiralcu kuhinjskih odpadkov oz. zbiralcu odpadnih jedilnih olj s katerim ima podpisano pogodbo za odvoz.
3. Kuhinjske odpadke je prepovedano rezati, drobiti ali mleti ter redčiti s tekočimi odpadki z namenom, da se z odpadno vodo odvajajo v javno kanalizacijo.
4. Odpadna jedilna olja je prepovedano mešati z drugimi odpadki, prepovedano jih je odvajati v javno kanalizacijo, male komunalne čistilne naprave, greznice, nepretočne greznice ali neposredno v vode.
5. NŽD pri katerem v posameznem koledarskem letu zaradi njegove dejavnosti nastane skupaj več kot 150 ton odpadkov ali skupaj več kot 200 kilogramov nevarnih odpadkov mora izdelati načrt gospodarjenja z odpadki.

Glede načina odstranjevanja odpadkov pa zakonodaja zahteva sledeče:

1. Zagotoviti je treba takojšnje odstranjevanje ostankov živil in drugih odpadkov. V primeru, da je to neizvedljivo, je treba zagotoviti primerne posode za ločeno shranjevanje odpadkov, ki jih je treba čim prej odstraniti oz. izprazniti.
2. Posode morajo omogočati dobro zapiranje in morajo biti ustrezno označene.
3. Za shranjevanje nevarnih in neužitnih snovi je treba zagotoviti posode iz materialov, primernih za shranjevanje tovrstnih snovi.
4. Prostori za zbiranje odpadkov naj med drugim izpolnjujejo naslednje pogoje:
 - morajo biti ločeni od drugih prostorov,
 - preprečen mora biti dostop škodljivcem,
 - zagotovljeno mora biti redno vzdrževanje,
 - omogočeno mora biti mokro čiščenje,
 - oprema za zmanjševanje volumna embalaže naj bo locirana izven prostorov, kjer se živila hrani oz. pripravlja.

Strokovna (higienska) priporočila:

- Odstranjevanje ostankov živil iz kuhinjskih prostorov poteka sproti oz. najmanj enkrat dnevno (praviloma po končanem delovnem procesu), odstranjevanje drugih odpadkov pa po potrebi.
- Priporočljivo je, da so prostori za zbiranje odpadkov čim dlje od prostorov, kjer se hrani, rokuje ali pripravlja živila oz. od prezračevalnega sistema (Pollak in sod., 2010).
- Posode za odpadke namestimo povsod na mestih in v prostorih, kjer odpadki nastajajo v območju: priprave živil oz. surovin, razdeljevanju obrokov, pomivalnici jedilne in kuhalne

posode

6.3.1 Priporočila za zmanjšanje kuhinjskih odpadkov

V kuhinjah gostinskih obratov nastajajo večje količine organskih odpadkov, ki jih lahko razdelimo v dve skupini:

- A. odpadki, ki jih lahko preprečimo - to so ostanki na krožnikih, živila s pretečenim rokom uporabe, ipd.
- B. neizogibni odpadki – kot so olupki, kosti, peške ipd., ki nastajajo pri pripravi hrane

Študije (Styles, 2013) navajajo, da se pri enem obroku nastane okvirno 0.48 kg organskih odpadkov, pri čemer 65% odpadkov predstavljajo odpadki, ki nastanejo pri pripravi hrane (v kuhinji), in 30% ostanki na krožnikih. Živila s pretečenim rokom predstavljajo zgolj minimalen del (5%). Razmerja med vrstami odpadkov se lahko močno razlikujejo med različnimi ponudniki. Osnovne smernice za zmanjševanje količine odpadkov v kuhinji so:

- Zagotavljanje optimalne ponudbe na meniju
- Skrbno shranjevanje živil (npr. pravilna nastavitve temperature hlajenja)
- Zagotavljanje porcij primernih velikosti
- Skrbna priprava hrane za zmanjšanje in ločevanje organskih odpadkov
- Ločevanje organskih odpadkov pri strganju krožnikov in predpranju
- Ločeno zbiranje odpadnega olja

Pri oblikovanju velikosti porcij in za zmanjševanje ostankov hrane na krožnikih je potrebno pregledati količino in vrste ostankov na krožnikih in temu ustrezno prilagoditi meni. Kot v restavracijah v dolini, se lahko tudi v gorskih kočah gostom ponudi, da ostanke (predvsem trdne hrane) odnesejo s seboj v dolino. V ta namen je potrebno zagotoviti ustrezno embalažo, ki mora biti iz razgradljivih materialov (papir, sladkorni trs, koruzni škrob ipd.).

Ostanki hrani se med predpranjem sperejo s posode in pripomočkov prek sita, ki ga postavimo v korito. S tem zmanjšamo organsko obremenitev sive vode ter preprečimo zamažitve odtoka.



Slika 28: Sito za predpranje, v katerega ujamemo delce iz krožnikov, posode in kuharskih pripomočkov.



6.4 Ravnanje ob določenih okvarah

Prva točka pri zagotavljanju ustreznega čiščenja odpadne vode je ustrezno vzdrževanje in obratovanje naprav za predčiščenje, kot sta lovilec maščob in usedalnik. Kljub vestnemu ravnanju pa lahko prav tako pride do okvar in težav predvsem vezanih na zadostno količino električne energije.

Izpad ali zmanjšane količine električne energije

- V tem primeru se lahko SBR izklopi. Dejavnosti v kuhinji se omejijo za minimiziranje dotoka na lovilec maščob. Iztok iz lovilca maščob se zapre, vsa voda iz koče pa se (preko preusmeritvenega ventila) usmeri na RČN. Tako lahko koča naprej obratuje do 14 dni, ko se SBR in črpalke ponovno vzpostavijo.
- Na kritičnih črpalkah se namesti fotovoltaika: to so puhalo zraka v RČNju in črpalka, ki odvaja čiščeno vodo v novo ponikovalnico.

Izpad delovanja SBR

- V tem primeru RČN deluje z aeriranjem in dosega zadostne učinke čiščenja. Koča lahko polno obratuje, vključno s kuhinjo.

Okvara kolektorja toplega zraka, ali pomanjkanje sonca: evaporacija izcedne vode v kompostnikih ne deluje

- Izcedna voda se zbira v rezervoarju pod kompostom. Če je ta kapaciteta presežena, se lahko del izcedne vode zbere v primarni usedalnik, saj je dovolj volumna.
- V skrajnem primeru, se del izcedne vode lahko očisti na SBR + RČN

Pokvari se črpalka, ki odvaja vodo v novo ponikovalnico

- V tem primeru, če vse obratuje korektno, je iztok dovolj dobre kakovosti, da se ga za zelo kratek čas usmeri v staro ponikovalnico

7 ZAKLJUČKI

V tem poročilu podajamo stanje ravnanja z odpadno vodo na koči pri Triglavskih jezerih in možnost (tehnično rešitev) za izboljšanje sistema. Glede na veljavne predpise je edina možnost uvedba suhih stranišč in uporaba vode iz vodnega vira le za potrebe v koči, predvsem v kuhinji ter za umivanje in pitje, pri čemer bi nastala le odpadna siva voda. Največja dovoljena poraba je 3 m³/dan. Ob teh pogojih smo predlagali rešitev, ki vključuje primarni usedalnik, optimizacijo obstoječega SBR in dodatno čiščenje vode na RČN, za stranišča pa suha kompostna stranišča s prisilnim izhlapevanjem. Suha stranišča so brez vonja, nameščena so v in izven koče ter omogočajo večje udobje kot pa je trenutno v koči. Predlagana rešitev je dovolj robustna, da jo lahko vzdržuje oskrbnik koče. Prav tako bo ta rešitev delovala tudi ob izpadu elektrike za krajši čas ter ob pojavu različnih okvar, kar je za to lokacijo in občutljivost tako ranljivega sistema kot je Dvojno jezero nujno.

Za upravljanje in vzdrževanje čistilne naprave – tako obstoječe kot novega sistema z ločeno obravnavo sive in črne vode, je nujno upoštevati navodila za upravljavca ter redno kontroliranje s strani nadzornih služb.



LITERATURA

- Aygun, A. Nas, B., Berktaş, A., Ates, H. 2014. Application of sequencing batch biofilm reactor for treatment of sewage wastewater treatment: effect of power failure, Desalination and water treatment, 52: 37-39.
- Cross et al. 2021...
- Levstek, M. 2019. Ugotovitve – MKČN pri koči pri Triglavskih jezerih, JP Centrala čistilna naprava Domžale – Kamnik.
- Pollak, P., Mehikić, D., Klun N., Dekleva N. 2010. Smernice dobre higienske prakse HACCP za gostinstvo. Ljubljana: Turistično gostinska zbornica pri GZS: Sekcija za gostinstvo in turizem pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije. 75 str.
- Rose, C. et al (2015): The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 45:1827–1879, 2015 Published with license by Taylor & Francis, ISSN: 1064-3389 print / 1547-6537 online, DOI: 10.1080/10643389.2014.1000761
- Roš, M. 2019. Predlog sanacije male komunalne čistilne naprave (MKČN) pri koči pri Triglavskih jezerih
- Roš, M., Levstek, M. 2019. Predlog čiščenja sive vode iz koče pri Triglavskih jezerih
- Rozman, 2020. Elaborat vhodnih podatkov za pripravo ukrepov, ki bodo omilili vpliv čiščene odpadne vode iz koče pri triglavskih jezerih – dopolnitev.
- Rožič, B., Čenčur Curk, B. 2019. Geološko in hidrogeološko poročilo o dolini Triglavskih jezer s predlogi reševanja odvajanja vode iz čistilne naprave koče pri Triglavskih jezerih. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo.
- Styles, D., Schönberger, H., Galvez Martos, J. L. 2013. Best environmental management practice in the tourism sector. JRC Scientific and Policy Reports, European Commission, Joint Research Centre, Luxembourg. ISBN 978-92-79-30895-6 doi:10.2788/33972
- Todt, D. 2015. Source separating sanitary systems – energy efficient treatment of blackwater and minimizing greenhouse gas emissions. Doktorska disertacija, Norwegian University of Life Sciences.