

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Košak, B., 2014. Optimizacija rabe vode na gorskih postojankah. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kompare, B., somentor Uršič, M.): 96 str.

Datum arhiviranja: 07-07-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Košak, B., 2014. Optimizacija rabe vode na gorskih postojankah. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kompare, B., co-supervisor Uršič, M.): 96 pp.

Archiving Date: 07-07-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

BORIS KOŠAK

**OPTIMIZACIJA RABE VODE NA GORSKIH
POSTOJANKAH**

Diplomska naloga št.: 236/VKI

**OPTIMIZATION OF WATER USE ON MOUNTAIN
HUTS**

Graduation thesis No.: 236/VKI

Mentor:

prof. dr. Boris Kompare

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Žagar

Somentor:

asist. dr. Matej Uršič

Član komisije:

doc. dr. Mojca Šraj

Ljubljana, 03. 07. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Boris Košak izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »Optimizacija rabe vode na gorskih postojankah«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, maj 2014.

Podpis: _____

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 551.432:628.1+628.3(497.4Kamniško sedlo)(043.2)
- Avtor:** Boris Košak
- Mentor:** Prof. dr. Boris Kompare,
- Somentorja:** asist. dr. Matej Uršič, Prof. dr. Jože Panjan
- Naslov:** Optimizacija uporabe vode na planinskih postojankah
- Obseg in oprema:** 96 str., 10 pregl, 63 sl., 2 pril.
- Ključne besede:** deževnica, siva voda, gorske postojanke, optimizacija rabe vode

Izvleček:

Diplomska naloga obravnava problem priprave vode ter optimizacije njene rabe na gorskih postojankah in objektih, ki niso priključeni na komunalno omrežje. Veliko takih objektov, ki se največkrat pojavljajo na odročnih lokacijah, uporablja kot vir vode deževnico, nekatera med njimi imajo lastna zajetja. Voda se uporablja za različne namene, zato je smotno, da se raba vode razdeli glede na potrebe dejavnosti. V teoretičnem delu diplomske naloge so opisane različne vrste voda (pitna, siva in črna voda), postopki priprave pitne vode, sistemi za izkoriščanje deževnice in reciklažo sive vode. V praktičnem delu diplomske naloge je predlagana ureditev rabe vode na gorski postojanki Kamniška koča na Kamniškem sedlu, kjer kot vir vode služi deževnica.

BIBLIOGRAPHIC AND DOCUMENTARY INFORMATION

- UDC:** 551.432:628.1+628.3(497.4Kamniško sedlo)(043.2)
- Author:** Boris Košak
- Supervisor:** Prof. Boris Kompare, Ph.D.
- Co-supervisors:** Assist. Matej Uršič, Ph.D., Prof. Jože Panjan, Ph.D.
- Title:** Optimization of water use in mountain huts
- Notes:** 96 p., 10 tab., 63 fig., 2 ann.
- Key words:** Rainwater, grey water, mountain huts, water use optimization

Abstract:

The thesis addresses the problem of water preparation and optimization of its use in remote locations such as mountain huts and other buildings that are not connected to the main sewage system. Many of these facilities, use the rainwater as the primary source of water, some of them have their own water supply. This water is used for various purposes, so it should be divided up accordingly to its use. The theoretical part of the thesis describes the different types of water (potable, gray and black water), the process of producing the drinking water, rainwater systems and gray water recycling. In the practical part of the thesis, the regulation of water use in the mountain hut on Kamniško Sedlo is presented. The primary source of water in the hut is the rainwater.

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil:

mentorju prof. dr. Borisu Komparetu, nadomestnemu mentorju izr. prof. dr. Jože Panjan in somentorju asist. dr. Mateju Uršiču za nasvete, komentarje in pomoč;

skrbniku koče na Kamniškem sedlu Simonu Gregorcu, ki mi je omogočil ogled njihovega sistema za oskrbo z vodo in me založil s podatki in informacijami,

ter staršema in bratu za vso podporo tekom študija.

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	PITNA VODA	3
2.1	Pravilnik o pitni vodi	4
2.2	Priprava pitne vode	5
2.2.1	Filtriranje	6
2.2.2	Membranska tehnologija	10
2.2.3	Dezinfekcija (razkuževanje)	15
3	DEŽEVNICA	24
3.1	Lastnosti deževnice	26
3.2	Sistem za uporabo deževnice	30
3.2.1	Lovilna površina (streha)	32
3.2.2	Cevno omrežje	33
3.2.3	Filtriranje deževnice	34
3.2.4	Sesalna cev in tlačna črpalka	37
3.2.5	Hranilnik	38
3.3	Razmere za zbiranje deževnice v Sloveniji	39
3.4	Dimenzioniranje kapnic	42
4	SIVA VODA	44
4.1	Sestavine sive vode in njene karakteristike	45
4.2	Obdelava sive vode	46
4.2.1	Rastlinske čistilne naprave (RČN)	48
4.2.2	Potopniki oz. biodiski	49
4.2.3	Sekvenčni biološki reaktorji (SBR)	50
4.2.4	Membranski bioreaktorji (MBR)	51
4.3	Uporaba reciklirane vode	54
4.3.1	Ponovna uporaba v hišah	55
4.3.2	Ponovna uporaba zunaj hiš	57
4.3.3	Projekt Sanbox	59
5	ČRNA VODA	60
5.1	Kompostno stranišče	61
5.2	Vakuumsko stranišče	63
6	UPORABA VODE V GORSKIH POSTOJANKAH	65
6.1	Oskrba z vodo	65
6.2	Ravnanje z odpadno vodo	66
6.3	Siva in črna voda	68

7 PRIMER OPTIMIZACIJE RABE VODE NA GORSKI POSTOJANKI	
KAMNIŠKO SEDLO	69
7.1 Opis sistema oskrbe z vodo	70
7.2 Ravnanje z odpadno vodo	75
7.3 Predlog ureditve	76
7.3.1 Deževnica	76
7.3.2 Pitna voda	79
7.3.3 Odpadna voda	82
8 SKLEPI.....	88
VIRI.....	90

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrsta onesnaženja in priporočljiva metoda čiščenja	5
Preglednica 2: Postopki za dezinfekcijo vode.....	16
Preglednica 3: Patogeni organizmi in njihovi viri.....	29
Preglednica 4: Podatki o vodooskrbi v planinskih postojankah.....	65
Preglednica 5: Odvajanje odpadnih voda v planinskih postojankah.....	67
Preglednica 6: Količine prestreženih padavin s strehe v 10 letnem obdobju (m ³).....	73
Preglednica 7: Poraba vode po kategorijah	76
Preglednica 8: Presežki in primankljaji vode (m ³).....	76
Preglednica 9: Najmanjša prostornina vodohrana in velikost zbiralne površine.....	77
Preglednica 10: Izenačene vrednosti gospodarsko enakovrednih nalivov	78

KAZALO SLIK

Slika 1: Kroženje vode v naravi	3
Slika 2: Peščeni filter	7
Slika 3: Počasni peščeni filter	8
Slika 4: Granule aktivnega oglja	9
Slika 5: Ogleni filter	9
Slika 6: Delovanje pretočnega membranskega filtra	10
Slika 7: Membranska tehnologija	11
Slika 8: Proces reverzne osmoze	13
Slika 9: Naprava za čiščenje vode s tehnologijo reverzne osmoze	14
Slika 10: Dezinfekcija naprava	17
Slika 11: Shema sistema za filtriranje in dezinfekcijo vode	18
Slika 12: Sistem za dezinfekcijo vode s sončno energijo	19
Slika 13: Raztopina natrijevega hipoklorita	20
Slika 14: Ozonator	21
Slika 15: Ultrafiltracija - velikost por	22
Slika 16: Filterski sistem z ultrafiltracijsko membrano	23
Slika 17: Elementi sistema za zbiranje deževnice	30
Slika 18: Nesnaga na poti vode do rezervoarja	31
Slika 19: Polietilenska cev	33
Slika 20: Mrežica na vodoravnem žlebu	34
Slika 21: Zbiralnik listja	35
Slika 22: Lovilnik prvega preлива	36
Slika 23: Hranilnik deževnice	38
Slika 24: Povprečni letni seštevek korigiranih padavin	39
Slika 25: Povprečna količina korigiranih padavin (mm) po mesecih za obdobje 1971-2000.	40
Slika 26: Prostorska porazdelitev števila dni s padavinami nad 50 mm v obdobju 1971-2000.	41

Slika 27: Kapnica	43
Slika 28: Glavna vira sive vode	44
Slika 29: Shema uveljavljenih sistemov za obdelavo odpadne vode v Nemčiji	47
Slika 30: RČN	48
Slika 31: Večstopenjski biološki potopnik za sivo vodo	49
Slika 32: Shema sekvenčnega biološkega reaktorja	50
Slika 33: Shema čiščenja z membranskim bioreaktorjem	51
Slika 34: Zunanji reciklažni sistem za sivo vodo	52
Slika 35: Princip delovanja reciklažnega sistema	53
Slika 36: Shema ločenega sistema za obdelavo sive in črne vode	54
Slika 37: Sistem za izkoriščanje sive vode	55
Slika 38: Shema sistema za pripravo in ponovno uporabo sive vode	56
Slika 39: Shema sistema za pripravo in ponovno uporabo sive vode za namakanje	57
Slika 40: Zadnja generacija RČN za hladnejša okolja	58
Slika 41: Sistem za obdelavo sive vode v Klosterengi	58
Slika 42: Shematski prikaz delovanja čistilnega sistema SANBOX.	59
Slika 43: Kompostno stranišče	61
Slika 44: Vakuumsko stranišče	63
Slika 45: Sistem vakuumskega stranišča	64
Slika 46: Koča na Kamniškem sedlu.....	69
Slika 47: Sistem za zbiranje in čiščenje deževnice v koči na Kamniškem Sedlu	70
Slika 48: Detajl žleba	71
Slika 49: Zbiralne cevi	71
Slika 50: Pogled v večji rezervoar.....	72
Slika 51: Manjši rezervoar	72
Slika 52: UV dezinfekcijska naprava	73
Slika 53: Poročilo o preskusu.....	74

Slika 54: Precejalnik.....	75
Slika 55: UV dezinfekcijska naprava	79
Slika 56: Podpultni filter 0,5 mcr	80
Slika 57: Set za dezinfekcijo vode s klorovim dioksidom	81
Slika 58: Pipa s časovnim ventilom	82
Slika 59: Kompostno stranišče	83
Slika 60: Centralni kompostni sistem stranišč	84
Slika 61: Vakuumski straniščni sistem	85
Slika 62: Kompostnik	86
Slika 63: RČN	87

OKRAJŠAVE IN KLJUČNE BESEDE

Pitna voda - voda, ki vsebuje tako nizke količine onesnažil, da je zdravju neškodljiva. Taka voda je lahko v povsem naravnem, neobdelanem stanju ali pa je primerno obdelana do te mere, da izpolnjuje zahtevam Pravilnika o pitni vodi. [1]

Uporabna voda - voda, ki je slabše kvalitete kot pitna voda, vendar še vedno uporabna za namene kot so zalivanje, čiščenje avtomobilov, splakovanje stranišč itd.

Siva voda - prvotno pitna voda, ki je predhodno že odslužila namenom, kot so kopanje, umivanje, pranje perila, itd. [3]

Rumena voda - voda iz pisoarjev in ločevalnih stranišč, ki je mešanica urina in transportnega sredstva (pitna, siva ali druga voda).

Črna voda - voda iz stranišč, ki vsebuje človeške iztrebke, urin in posledično fekalne mikroorganizme, ki so lahko patogeni in ogrozijo zdravje človeka. Črna voda je mešanica rumene in rjave vode.

Rjava voda – voda iz ločevalnih stranišč, ki je mešanica trdnih človeških izločkov in transportnega medija (pitna, siva ali druga voda) .

Alternativno stranišče- to je stranišče, ki za svoje delovanje porabi malo ali nič vode. Med taka stranišča štejemo kompostna, vakuumska, kemična ipd.

RČN- rastlinska čistilna naprava.

BPK_t- biokemijska potreba po kisiku- količina raztopljenega kisika, ki je potreben za biološko oksidacijo organskih in anorganskih snovi. [4]

KPK - kemijska potreba po kisiku –količina raztopljenega kisika, ki se porabi pri kemični oksidaciji organskega onesnažila v odpadni vodi. [4]

AČE- aerobna čistilna enota

NTU– nefelometrična turbidimetrična enota, s katero podajamo motnost [5]

Mejna molekulska masa (MWCO) – Je tista molekulska masa snovi/delcev, ki še uspe priti skozi pore membrane. Npr. membrana, ki odstrani raztopljene trdne snovi z molekulsko maso 10.000 Da in več, ima mejno vrednost 10.000 Da. [6]

Dalton (Da) - je enota s katero izražamo atomske in molekulske mase. Ustreza masi vodikovega atoma ($1,67 \times 10^{-24}$ g). [34]

1 UVOD

Človekov obstoj in njegova dejavnost sta tesno povezana z vodo. Kjer vode primanjkuje ali je ni, sta obstoj človeka in njegova dejavnost otežena, lahko tudi onemogočena. Oskrba z vodo oz. dostop do nje je zato eden izmed ključnih pogojev, ki omogoča obstoj človeka in njegovih dejavnosti.

Slovenija je zelo razgibana dežela, njena značilnost je izredno razpršena poselitev. Ti dve lastnosti imata velik vpliv na vrsto oskrbe z vodo in težave, ki se pri tem pojavljajo. Velika večina prebivalstva v Sloveniji se oskrbuje s pitno vodo v sklopu javnega vodovoda (gospodarska javna infrastruktura namenjena izvajanju javne službe – oskrbe z vodo). Občine morajo zagotavljati oskrbo z vodo oz. opremiti z javnim vodovodom vsa poseljena območja s 50 ali več prebivalci s stalnim prebivališčem oz. z gostoto poselitve večjo od pet prebivalcev na hektar. Prav tako so občine odgovorne za opremljenost območij, kjer je manj kot 50 prebivalcev s stalnim prebivališčem in gostoto poselitve manjšo ali enako od pet prebivalcev na hektar, razen, če se na območju izvaja oskrba s pitno vodo v drugačni režiji, ki mora biti v skladu s predpisi o graditvi objektov, veljati pa morata naslednji dve zahtevi:

1. iz posameznega zasebnega vodovoda se oskrbuje manj kot 50 prebivalcev s stalnim prebivališčem in
2. letna povprečna zmogljivost je manjša $10 m^3$ pitne vode na dan.

Na območjih, kjer je teren razgiban, poselitev razpršena in število prebivalcev nizko, postavitve javnega vodovoda ni ekonomsko upravičena, zato je smotrno problem oskrbe z vodo rešiti na drugačen način, kot je npr. lastna oskrba s pitno vodo. Odvzem vode iz površinskih in podzemnih voda se izvaja na podlagi vodnega dovoljenja, izdanega v skladu s predpisi, ki urejajo vode. Kjer pa površinskih in podzemnih voda ni, je edina preostala možnost oskrbe z vodo deževnica oz. kapnica, kar je osrednja tema teoretičnega dela diplomske naloge. [66]

Praktičnem dele diplomske naloge se osredotoča na ureditev oz. optimizacijo rabe vode v gorski postojanki na Kamniškem sedlu. Gorske postojanke se v večini primerov nahajajo na odročnih območjih, kjer občina ne zagotavlja oskrbe s pitno vodo. To pomeni, da oskrba z vodo in priprava le-te postaneta naloga skrbnikov oz. upravnikov gorskih koč, ki navadno

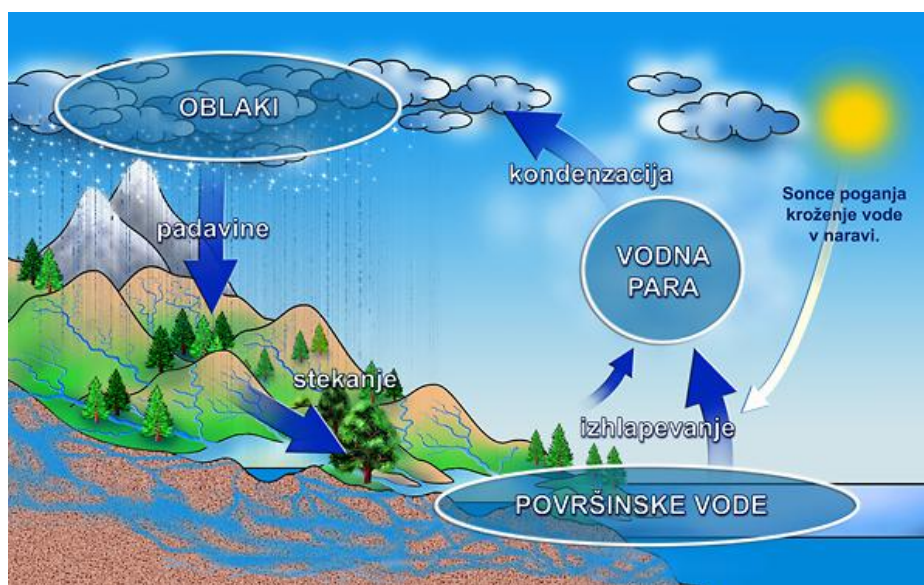
niso strokovnjaki za pripravo vode, zato v večini primerov voda v gorskih postojankah ni pitna. Priprava pitne vode iz deževnice ni uporabna zgolj v primeru gorskih postojank, ampak tudi v vseh ostalih objektih, ki se nahajajo na območjih, kjer občina ne zagotavlja oskrbe s pitno vodo oz. si želimo pitno vodo pripravljati v lastni režiji.

Namen diplomske naloge je prikaz možnosti oskrbe z vodo ter ravnanje z odpadno vodo v gorskih postojankah in ostalih objektih, ki niso priključeni na javno omrežje.

2 PITNA VODA

Pitna voda je (ne glede na njeno poreklo in način njene dobave) voda v naravnem ali predelanem stanju, ki je namenjena pitju, kuhanju, pripravi hrane, osebni higieni in ostalim gospodinjskim namenom ter proizvodnji in prometu z živili. Uporablja se tudi za industrijske procese ter zdravstvene in mnoge druge namene. Vsebuje lahko le minimalne količine primesi oz. onesnažil, ki so določene v Pravilniku o pitni vodi in ne predstavljajo nevarnosti za zdravje ljudi. [8]

»Čiste« vode v naravi ni. Voda se navzame različnih snovi že na poti skozi ozračje in med precejanjem skozi zemeljske plasti (slika 1). Surovo vodo, iz katere pripravimo pitno vodo lahko črpamo iz različnih virov. Črpamo jo lahko iz površinskih (reke, jezera, površinska zajetja, deževnica) ali pa iz podzemnih voda (vrtine, izviri, vodnjaki). Posebna kategorija so kraške vode, ki so kombinacija površinskih in podzemnih voda. Kvaliteta oz. lastnosti surove vode se med seboj razlikujejo in so odvisne od hidrogeoloških značilnosti, vpliva človeka, podlage in drugih faktorjev na območju na katerem se črpanje vrši. Pojavljajo se razlike v vrsti in količini usedljivih, lebdečih, suspendiranih, koloidnih in raztopljenih snovi ter prisotnosti vodnih organizmov. [9]



Slika 1: Kroženje vode v naravi [36]

2.1 Pravilnik o pitni vodi

Pravilnik o pitni vodi (Ur. list RS, št. 19/2004, spremembe in dopolnitve Ur. list RS, št. 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009) je predpis, ki je usklajen z evropsko direktivo o kvaliteti pitne vode (98/C91/01). V njem so zapisane zahteve, katerim mora ustrezati pitna voda. Zahteve so namenjene varovanju zdravja ljudi pred škodljivimi vplivi, ki se pojavijo z onesnaženjem pitne vode. Pitno vodo smatramo kot zdravstveno ustrezno, kadar ne vsebuje človeku potencialno nevarni snovi v koncentracijah, ki bi lahko ogrožale zdravje človeka in sicer:

1. število mikroorganizmov, parazitov in njihovih razvojnih oblik je nižje od števila, ki bi lahko imelo škodljiv vpliv na človekovo zdravje;
2. ne vsebuje dovolj visokih koncentracij snovi, ki same ali v kombinaciji z ostalimi snovmi lahko predstavljajo škodljiv vpliv na človekovo zdravje;
3. je skladna z zahtevami iz Priloge A.

V pravilniku je zapisano, da mora biti kvaliteta vode pod stalnim nadzorom, prav tako pa so zapisane strategije upravljanja in spremljanja kvalitete vode, ki temeljijo na HACCP sistemu. Snovi, ki se uporabljajo pri pripravi pitne vode, njenem transportu in pridejo v stik z vodo prav tako ne smejo imeti vpliva na kakovost pitne vode. Pri nas se izvaja dvojni nadzor kakovosti vode in sicer zunanji ter notranji. Notranji nadzor od zajema do porabe izvaja upravljavec vodovoda, zunanji pa izvaja država in se imenuje monitoring.

Spremljanje kakovosti pitne vode obsega spremljanje mikrobioloških, kemijskih in indikatorskih parametrov. Največ pozornosti se posveča mikrobiološkemu parametru, ki so indikator onesnaženosti z mikroorganizmi ter stopnjo le te. Posledice te vrste onesnaženja so najpogostejše akutne. Ugotavlja se onesnaženost vode s fekalnimi klicami (*Escherichia coli*, enterokoki), ki izvirajo iz človeških ali živalskih iztrebkov in indikatorskimi klicami (koliformne bakterije, število kolonij pri 22°C in pri 37°C). Kemijski parametri pokažejo obseg in stopnjo onesnaženosti s kemičnimi snovmi, ki imajo lahko škodljiv učinek na zdravje ljudi. Tem parametrom posvečajo manj pozornosti, saj so običajne vrednosti nižje od prepisanih in imajo možen kroničen učinek, kljub temu pa spremljajo indikatorski pomen in dinamiko pojava ter ocenijo ali gre za enkratni ali stalen pojav. Indikatorski parametri nam dajejo informacije o celotnem sistemu in nas zlasti ob spremembah opozarjajo, da se v vodi nekaj dogaja in jih je potrebno raziskati.

2.2 Priprava pitne vode

Priprava pitne vode je postopek, s katerim odstranimo iz surove vode nezaželene snovi, ki bi lahko imele vpliv na zdravje človeka. Vsebnost nezaželenih snovi z različnimi postopki znižamo do te stopnje, da so koncentracije onesnažil v prečiščeni vodi nižje od mejnih vrednosti, ki so določene v Pravilniku o pitni vodi in s tem vodo pripravimo za končne uporabnike.

Sistematika čiščenja je odvisna od lastnosti in količine surove vode, ki jo želimo prečistiti.

(preglednica 1).

[10]

Preglednica 1: Vrsta onesnaženja in priporočljiva metoda čiščenja

Vrsta onesnaženja	Priporočljiva metoda čiščenja
Bakterije in ostali mikroorganizmi	Dezinfekcija
Okus in vonj	Filtracija na ogljikovih filtrih
Usedline (suspendirane snovi)	Filtriranje na vlaknastih filtrih
Trdota (vsebnost kalcija in magnezija)	Magnetni nevtralizator, ionski izmenjevalnik
Vsebnost železa	Mehčalec za količine do 5 mg/l); filtriranje; filtracija na peščenih in ogljikovih filtrih v kombinaciji s predhodnim kloriranjem
pH (kisle ali bazične razmere)	pH korektor, mineralni vložek
Organske snovi (pesticidi)	Ogljikov filter
Kovine (svinec, živo srebro, arzen, kadmij) in ostali minerali (nitrati, sulfati)	Reverzna osmoza; destilacija

V najboljšem primeru je za pripravo pitne vode potrebna le dezinfekcija (UV, kloriranje), v večini primerov pa je potrebno predhodno čiščenje. V sklopu predhodnega čiščenja so vključeni postopki kot so: kosmičenje (koagulacija, flokulacija) ter usedanje delcev, filtracija, deferizacija (odstranjevanje železa), oksidacija organskih spojin (ozoniranje), demanganizacija (odstranjevanje mangana), adsorpcija na aktivnem oglju, izločanje nitrata, membranski postopki in dezodorizacija (odstranjevanje snovi, ki povzročajo vonj). V nadaljevanju poglavja sta opisana dva najpogostejša postopka priprave pitne vode (filtracija in dezinfekcija) za manjše porabnike (gorske postojanke, kmetije...). V takih primerih kot vir vode največkrat služita deževnica ali podtalnica.

2.2.1 Filtriranje

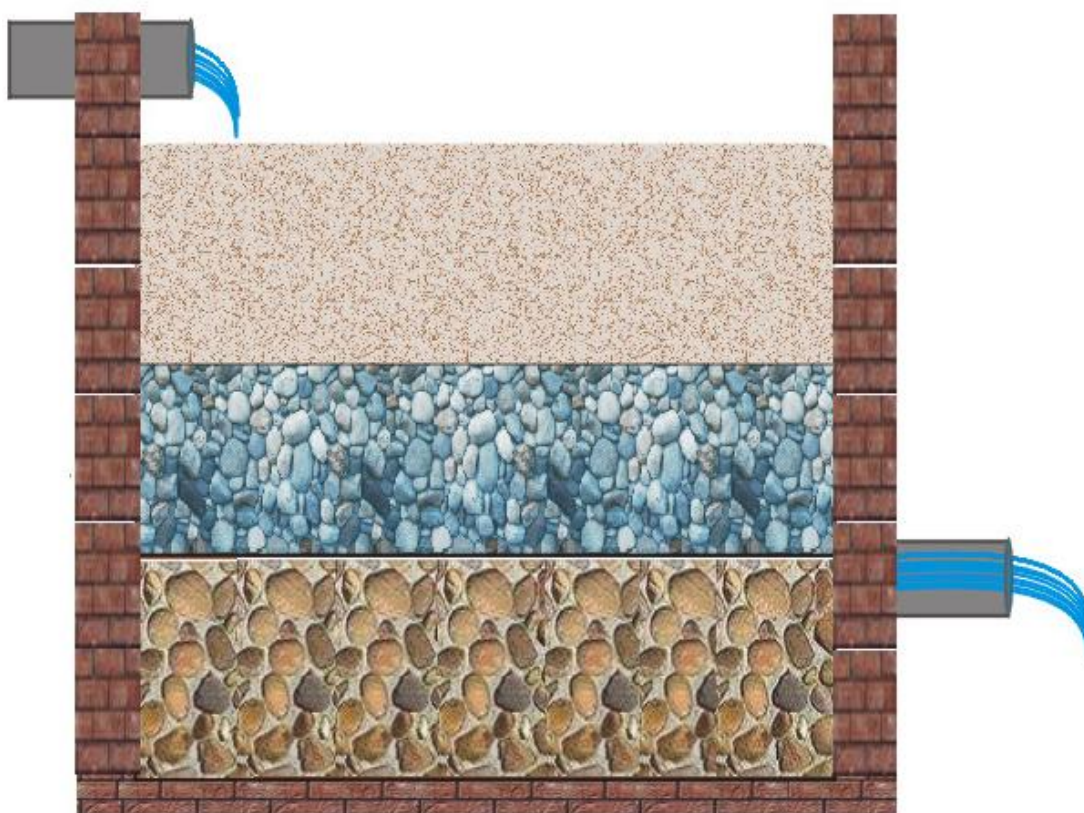
Filtriranje je fizikalni in kemični postopek, pri katerem s pronicanjem vode skozi porozni medij iz suspenzije izločimo suspendirane in koloidne primesi. Porozen medij je lahko naraven oz. zrnast (pesek, prod, oglje, antracit, kalcijevi in magnezijevi karbonati...) ali membrana. Filterskim medijem se med procesom filtracije dimenzije ter fizikalne in kemične lastnosti praviloma ne spreminjajo. Glede na način kako se delci ločijo od vode poznamo dve vrsti filtrov; pri prvih se delci ločijo od vode na sami površini filtra, pri drugih pa se delci odlagajo v notranjosti filtra (globinska filtracija). Filtracija je odvisna od količine onesnažila, temperature vode in velikosti ter naboja delcev, ki povzročajo onesnaženje. Z dodajanjem koagulantov, spreminjanjem pH-ja ter ostalimi procesi lahko povečamo učinek filtracije in povečamo življenjsko dobo filtrov. Pri filtriranju se v odvisnosti od vrste filtra spremenijo fizikalno-kemične lastnosti vode ter zmanjša se število bakterij. [10]

Med filtracijo se naenkrat izvaja več procesov čiščenja vode:

1. mehansko precejanje (iz vode se odstranjujejo suspendirani delci, ki so večji od vmesnih prostorov med granulami filterskega materiala)
2. sedimentacija (prostornine med filterskimi zrni delujejo kot majhni usedalniki in omogočajo sedimentacijski efekt, pri tem pa se iz vode izločajo koloidne snovi, bakterije in manjše suspendirane frakcije)
3. adsorpcija (raztopljene komponente v vodi se preko površinskih ali kemijskih sil vežejo na granule filterskega materiala, ki mora imeti ustrezno površinsko energijo)
4. kemijsko-elektrolitski vplivi (posledica električno različno nabitih ionov, ki med seboj reagirajo in na tak način nastanejo nove kemične substance)
5. biološka aktivnost (na in v filterski masi živijo mikroorganizmi, ki s svojim metabolizmom povzročajo fizikalne in kemične spremembe v vodi)

2.2.1.1 Peščeni filtri

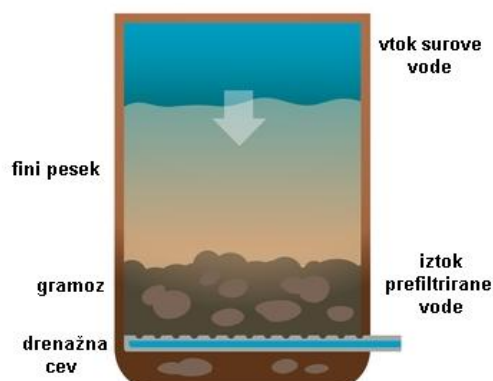
Peščeni filtri (slika 2) spadajo med globinske filtre, kar pomeni, da filtracija poteka v notranjosti filternega materiala oz. medija. Kot filtrski medij se uporablja kremenčev pesek (po kemijski sestavi je to silicijev dioksid). Pesek je mehansko zelo odporen, enakomerne oblike ter poceni. Od namena filtriranja je odvisna izbira granulacije (0,2 – 0,5 mm oz. 1 – 2 mm za fino filtracijo in 4 – 6 mm za grobo filtracijo). Peščeni filtri lahko zaustavijo delce velikosti med 30 in 50 mikrometri. Obstajata dve vrsti peščenih filtrov: počasni in hitri. Slednji se uporabljajo v večjih, zaključenih sistemih za obdelavo pitne vode, so avtomatizirani in kompleksnejši. Čeprav je tehnologija peščenih filtrov že zelo stara, je le-ta še vedno najpogostejša pri pripravi komunalne pitne vode. [10]



Slika 2: Peščeni filter [37]

2.2.1.2 Počasni peščeni filtri

Počasni peščeni filtri so namenoma narejeni tako, da je filtracija v njih počasna. Do nje pride v plitvem delu nasutega materiala (v prvih 20 cm), pri tem pa nastane na vrhu filtra biofilm oz. biološko aktivna plast. V tej plasti so aktivni mikroorganizmi, ki so nosilci biološkega dela čiščenja vode, zato moramo poskrbeti, da je biološka aktivna plast vedno pod vodo, saj bi drugače odmrla. Bioplast se samodejno razvije po dveh do treh tednih. Poleg bioloških se odvijajo tudi fizikalni procesi. Prihaja do sedimentacije, izločajo se suspenzije, koloidne snovi in snovi, ki imajo vpliv na okus in vonj vode. Voda, prečiščena s počasnimi peščenimi filtri ima naslednje lastnosti: NTU pod 1, koliformne bakterije se odstranijo v obsegu 95%, Kriptosporidiji in Girardije v obsegu 99%, obarvanost vode in vsebnost skupnega organskega ogljika pa se znižata za 75% oz. 10%. [10]



Slika 3: Počasni peščeni filter [38]

Za medij oz. polnilo počasnih filtrov se uporablja fin pesek, ki mora biti čim bolj enakomeren ($n=d_{60}/d_{10}=1,7-2,0$). Pesek mora biti čist in brez primesi ter odporen proti mehanski obrabi. Efektivni premer zrna počasnega filtra d_e znaša od 0,15 do 0,40 mm, hitrost pretoka skozi filter pa je 1-4 m³/m²/dan. Hitrost pretoka skozi filter je ključnega pomena pri dimenzioniranju in postavitvi filtra. Če zbiramo deževnico in jo pred vstopom v hranilnik filtriramo s počasnimi peščenimi filtri, moramo imeti dovolj velik oz. hiter filter, ki uspe sproti prefiltrirati vso vodo (v času najboljnih padavin) ali pa rezervoar (pred hranilnikom) za začasno shranjevanje, ki bi zadržal vodo, dokler se ta ne prefiltrira in nato shrani v hranilnik. Če upoštevamo to dejstvo pri dimenzioniranju, se v času največjih padavin izkoristi in prečisti vsa voda in ne prihaja do izgub. [9]

2.2.1.3 Ogljeni filtri

Aktivno oglje je eno izmed najučinkovitejših snovi, s pomočjo katere čistimo vodo. Aktivno oglje obstaja v različnih oblikah, v industriji čiščenja vode pa je najbolj uporabno v obliki zrn – granul (slika 4), bolj poznano pod imenom GAC (granular activated carbon). Ogljeni filtri (slika 5) se uporabljajo predvsem kot filtri za domačo uporabo, največkrat kot pred-stopnja pri čiščenju z reverzno osmozo in kot filtri za odstranjevanje cist, ki so odporne na klor (Giardia in Kriptosporidiji). [10]



Slika 4: Granule aktivnega oglja [39]



Slika 5: Ogljeni filter [40]

Aktivno oglje pridobivamo z žarjenjem lesa, premoga oz. druge organske snovi. Gre za zelo porozen material, kar pomeni, da ima veliko specifično površino ($300 - 2000 \text{ m}^2/\text{g}$). Ogljeni filtri čistijo vodo tako fizikalno kot tudi kemično, saj se voda mehansko preceja skozi medij (tako kot pri peščenih filtrih), po drugi strani pa je aktivno oglje znano je po svoji veliki adsorpcijski sposobnosti, zato se pri filtriranju vode prek oglenega filtra pričakuje največje zmanjšanje vsebnosti onesnažil kot so: aromati, barve, olja, pesticidi, insekticidi in ostalih organskih onesnažil. [10]

Adsorpcija je pojav, pri katerem molekula oz. adsorbat zapusti tekočino in se prilepi na trdno snov – adsorbent. V primeru, ko so vezi med adsorbatom in adsorbentom trdne, je proces nereverzibilen in adsorpcija dokončna. V nasprotnem primeru, ko vezi niso tako močne in temeljijo na osnovi Van der Waalovih sil, koncentracija ni dokončna, proces pa je z uporabo neke količine in energije reverzibilen.

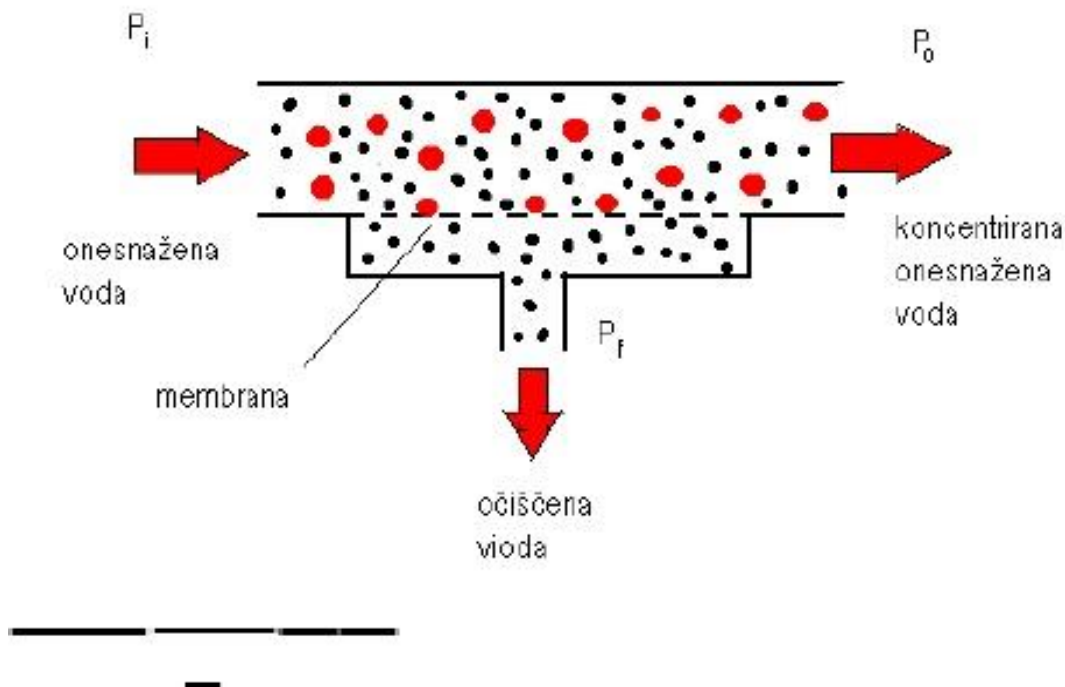
Proces adsorpcije, ki je odvisen od hitrosti gibanja molekul v tekočini poteka v treh stopnjah:

- Prenos molekul adsorbata skozi film, ki obdaja adsorbent
- Difuzija skozi pore adsorbenta
- Vezava adsorbiranih molekul na površini adsorbenta.

[11]

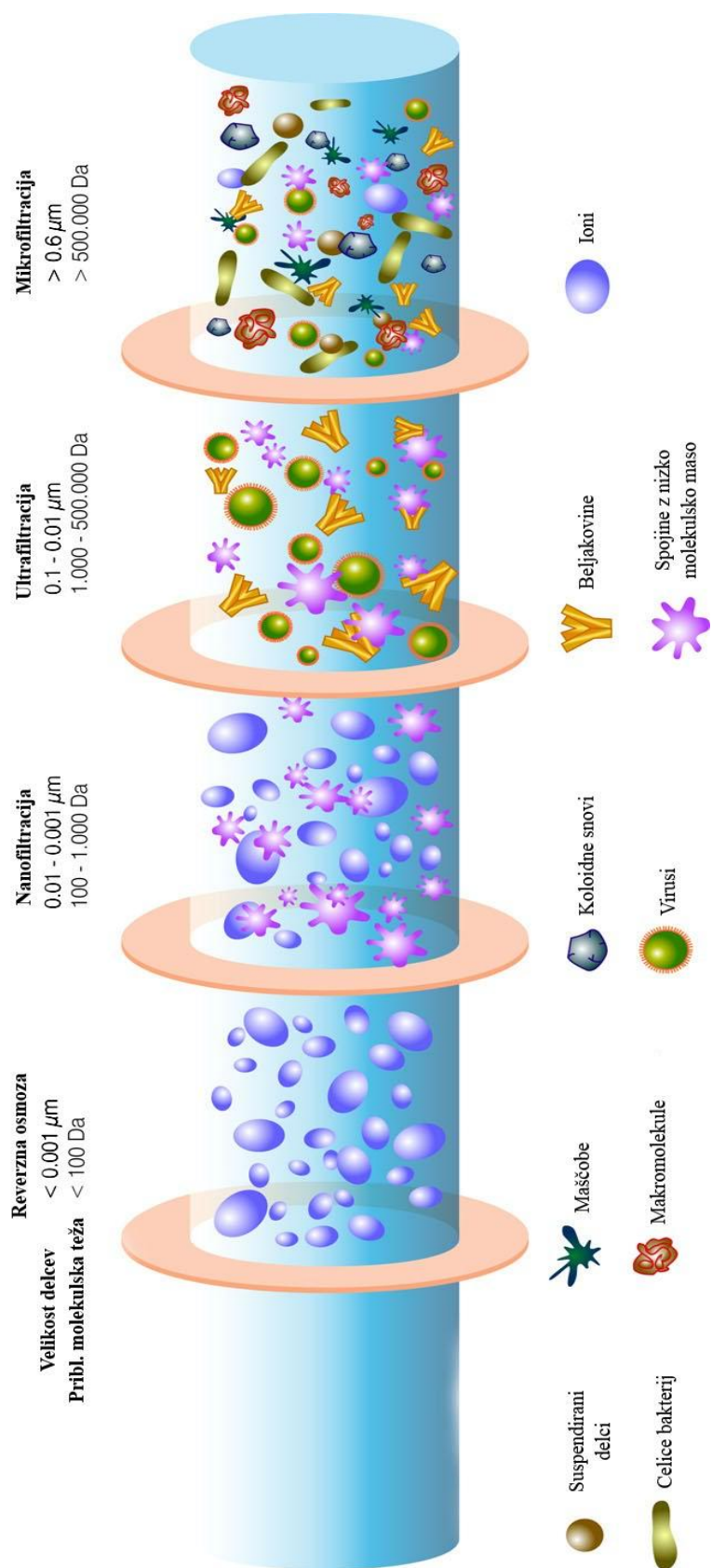
2.2.2 Membranska tehnologija

Membranska filtracija je fizikalno-kemijska tehnika ločevanja, pri katerem se voda črpa preko površine membrane (slika 6). Membrana je iz sintetičnih ali keramičnih materialov, njena glavna lastnost pa je polprepustnost. To pomeni, da nekatere snovi popolnoma prepušča, druge pa se zadržijo na površni membrane. Produkta membranskega postopka sta dva in sicer voda in zadržana vodna suspenzija.



Slika 6: Delovanje pretočnega membranskega filtra [11]

Membranski filtri se uporabljajo za filtracijo tekočin in plinov. Zadržijo zelo fine delce v redu velikosti od 1 do 10^{-3} μm . V odvisnosti od velikosti delcev, ki jih filtriramo se membranska filtracija deli v mikrofiltracijo, ultrafiltracijo, nanofiltracijo in reverzno osmozo (slika 7). [11]



Slika 7: Membranska tehnologija [41]

Mikrofiltracija

- Velikost por filtra približno 0,1 μm (od 0.05 μm do 5 μm);
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju praživali (Kriptosporidijev in Giardij);
- Je zmerno učinkovita pri odstranjevanju bakterij (Salmonela, E. coli);
- Ni učinkovita pri odstranjevanju virusov (Hepatitis A, Norovirus, Rotavirus)
- Ne odstranjuje kemikalij. [12]

Ultrafiltracija

- Velikost por filtra približno 0,01 μm (od 0,001 μm do 0,05 μm); Mejna molekulska masa (MWCO) od 13,000 do 200,000 Da. Ultrafiltracija odstranjuje delce v odvisnosti od velikosti, teže in električnega naboja.
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju praživali (Kriptosporidijev in Giardij);
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju bakterij (Salmonela, E. coli);
- Je zmerno učinkovita pri odstranjevanju virusov (Hepatitis A, Norovirus, Rotavirus);
- Nizko učinkovita v primeru odstranjevanja kemikalij. [12]

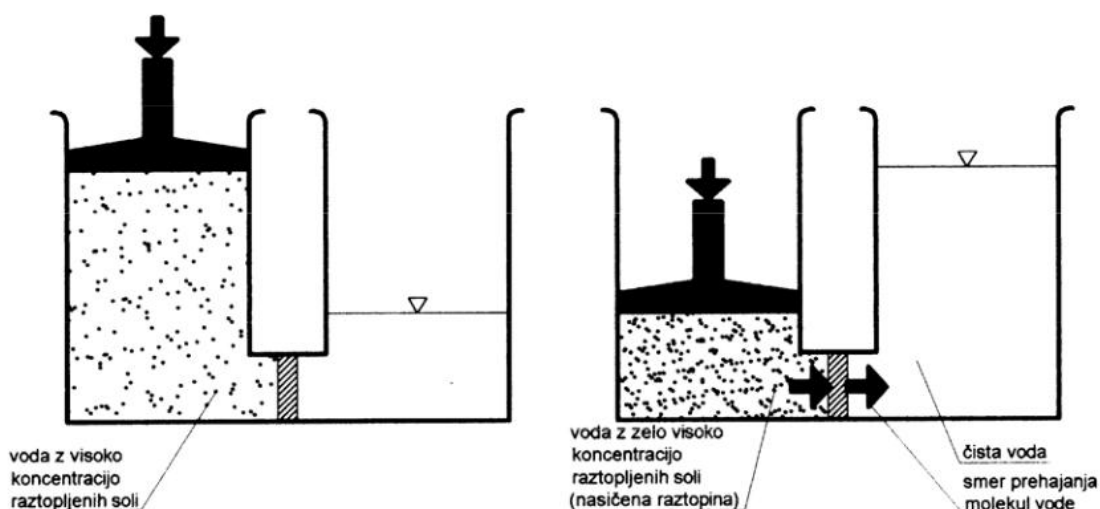
Nanofiltracija

- Velikost por filtra približno 0,001 μm (od 0.008 μm do 0.01 μm); Mejna molekulska masa (MWCO) od 200 do 2000 Da; Nanofiltracija prav tako odstranjuje delce v odvisnosti od velikosti, teže in električnega naboja;
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju praživali (Kriptosporidijev in Giardij);
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju bakterij (Salmonela, E. coli);
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju virusov (Hepatitis A, Norovirus, Rotavirus);
- Zmerno učinkovita v primeru odstranjevanja kemikalij. [12]

Reverzna osmoza

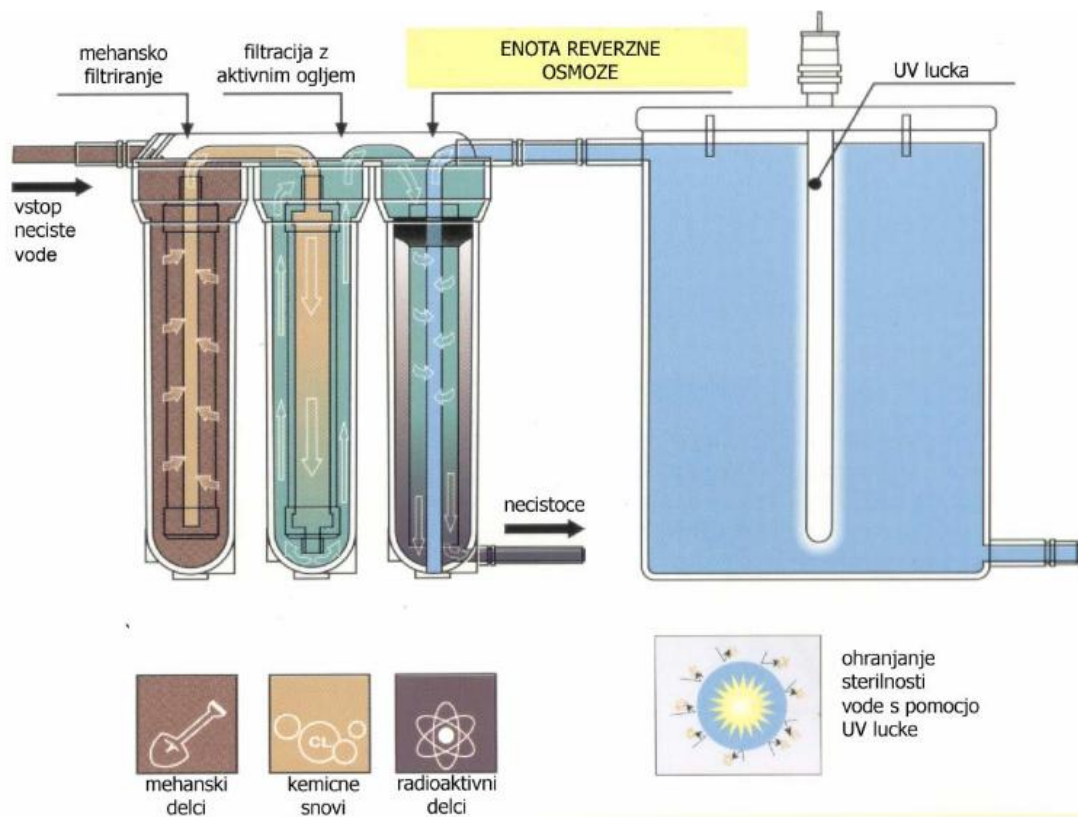
- Kot nam že samo ime pove, je reverzna osmoza proces (slika 8), ki je nasproten osmozi oz. se proces odvija v nasprotni smeri. Osmoza je proces, pri katerem topilo pod vplivom osmotskega tlaka prehaja prek polprepustne membrane iz območja z nižjo koncentracijo raztopljene snovi v območje, kjer je koncentracija višja. Polprepustna membrana prepušča topilo, med tem ko ne prepušča topljenca.
- Pri reverzni osmozi se voda pod vplivom tlaka (ki mora biti višji od osmotskega) pretaka iz strani z višjo koncentracijo onesnažil skozi membrano na drugo stran, kjer je koncentracija onesnažil nižja. Pri filtriranju morske vode je potreben tlak od 40 do 82 bar (slana voda ima približno 27 bar osmotskega tlaka), pri filtriranju površinskih in brakičnih voda pa je potreben tlak od 2 do 17 bar.
- Membrana, ki se uporablja pri reverzni osmozi ima velikost por 0,0001 μ m.
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju praživali (Kriptosporidijev in Giardij);
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju bakterij (Salmonela, E. coli);
- Je zelo učinkovita pri odstranjevanju virusov (Hepatitis A, Norovirus, Rotavirus);
- Sistemi, ki delujejo po principu reverzne osmoze so učinkovita pri odstranitvi običajnih kemijskih onesnažil iz vode (ioni kovin, soli, natrij, baker, krom); zmerno učinkovita pri odstranjevanju arzena, fluorida, radia, sulfatov, kalcija, magnezija, kalija, nitratov in fosforja).

[13]



Slika 8: Proces reverzne osmoze [13]

Naprave, ki čistijo vodo po principu reverzne osmoze so sestavljene iz več enot, ki selektivno odstranjujejo nečistoče. Na sliki 9 je primer naprave, ki je sestavljena iz štirih enot. Prvo enota je 5 μm mrežasti predfilter, ki iz vode odstrani mehanske delce večje od 5 μm . Druga enota vsebuje aktivno oglje, ki iz vode odstrani nekatere kemične snovi (kloridi, nitrati). Filtriranje na aktivnem oglju je za naslednjo (trejo) fazo zelo pomembno, saj se odstranijo kloridi, ki so reaktivni in razkrajajo stene membrane. V tretji enoti je polprepustna membrana, ki odstrani viruse, bakterije in organske snovi. V četrti enoti pa je nameščena ultravijolična lučka, ki z žarki tipa C uniči oz. onemogoči reprodukcijo organizmov, ki so ušli skozi prejšnje faze čiščenja. [13]



Slika 9: Naprava za čiščenje vode s tehnologijo reverzne osmoze [13]

2.2.3 Dezinfekcija (razkuževanje)

Dezinfekcija je postopek, pri katerem onesposobimo virulentne oblike mikroorganizmov. Za razliko od procesa sterilizacije, pri katerem odstranimo ali onesposobimo vse vrste mikroorganizmov (tudi njihove razvojne oblike), je po dezinfekciji možna prisotnost razvojnih oblik mikroorganizmov (npr. spore).

Mikrobiološko kakovost vode v primeru priprave pitne vode dosežemo z dezinfekcijo. S procesom dezinfekcije onesposobimo ali iz vode celo odstranimo škodljive mikroorganizme (virusi, bakterije, praživali itd.), odstranimo pa tudi del njihovih razvojnih oblik.

Pitna voda se običajno dezinficira z naslednjimi postopki:

- s kemično obdelavo,
- z osvetljevanjem z ultravijolično svetlobo,
- s segrevanjem
- s filtracijo na membranskih filtrih (mikrofiltracija, ultrafiltracija, nanofiltracija in reverzna osmoza)

[9]

Iz preglednice 2 so razvidni tudi nekateri samostojni postopki oz. njihove kombinacije, ki se uporabljajo za dezinfekcijo vode.

Preglednica 2: Postopki za dezinfekcijo vode [9]

fizikalni	kemijski	kombinirani
toplotna obdelava: prekuhavanje avtoklaviranje	halogeni elementi: Cl_2 in klorovi preparati drugi halogeni (J, Br)	
mehanska obdelava: filtracija (MF, UF, NF) RO	močni oksidanti: O_3 H_2O_2 KMnO_4	koagulacija + flokulacija + filtracija na zrnavih filtrih + kemijska dezinfekcija
svetlobna obdelava: UV	ioni težkih kovin: Ag	UV + ClO_2 UV + O_3 UV + H_2O_2
ultrazvočna obdelava	močne kisline in lugi	
električna obdelava: tokovni sunki	detergenti predvsem anionski	

Svetlobna dezinfekcija

Osvetljevanje z UV spektrom poškoduje DNK potencialno nevarnih mikroorganizmov in na ta način onemogoča njihovo reprodukcijo. Učinkovito je tako za odstranjevanje bakterij, kot tudi za odstranjevanje parazitov. Razlika je le v prejeti dozi UV žarčenja, za uničenje parazitov je potrebna dosti večja doza. Mikroorganizmi, ki niso bilo dovolj prežarčeni se lahko po času v temi ponovno usposobijo.

Uporaba ultravijoličnih žarkov, ki jo proizvaja živosrebrna svetilka pride v poštev, ko je voda brez suspendiranih in koloidnih snovi. Te snovi absorbirajo svetlobo in na ta način znižujejo učinkovitost UV- dezinfekcije. Plasti osvetljene vode morajo biti tanke, saj ima tudi sama voda absorpcijski učinek.

UV svetilke zadnje generacije oddajajo svetlobo v več valovnih dolžinah, kar pomeni, da je stopnja onesposabljanja mikroorganizmov višja. [9]

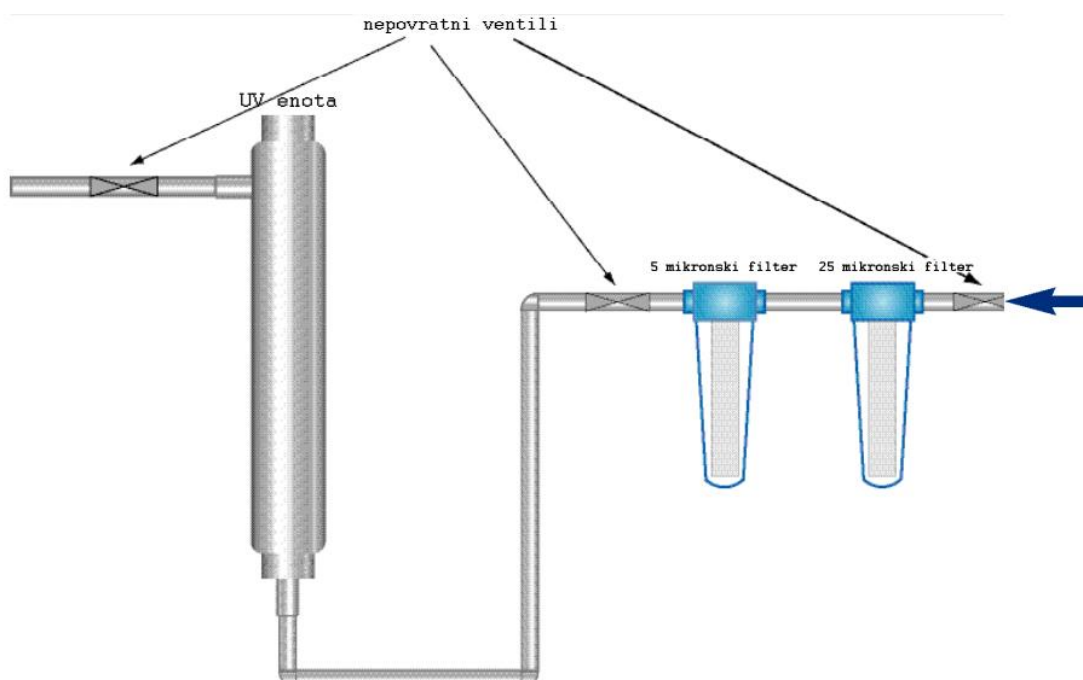
Iz slike 10 je razvidna komercialno dostopna naprava za dezinficiranje deževnice.

Proizvajalec ponuja 5 različnih modelov dezinfekcijskih enot. Omogočajo dezinfekcijo vodo s hitrostjo vse od 11 l/min pa do 138 l/min. Nazivne moči teh naprav se gibljejo od 35W pa do 95 W, kar pomeni, da gre glede na funkcijo, ki jo opravljajo za energetske zelo učinkovite naprave.



Slika 10: Dezinfekcijska naprava [42]

Za učinkovito delovanje UV dezinfekcijskih enot je potrebno vodo predhodno ustrezno prefiltrirati (shema sistema razvidna iz slike 11). Proizvajalec priporoča uporabo dveh zaporednih filtrov z velikostjo por 25 in 5 μm . Kartuše na filtrih je potrebno redno menjavati, pogostost menjave je seveda odvisna od onesnaženosti oz. zasičenosti vode s suspendiranimi delci.

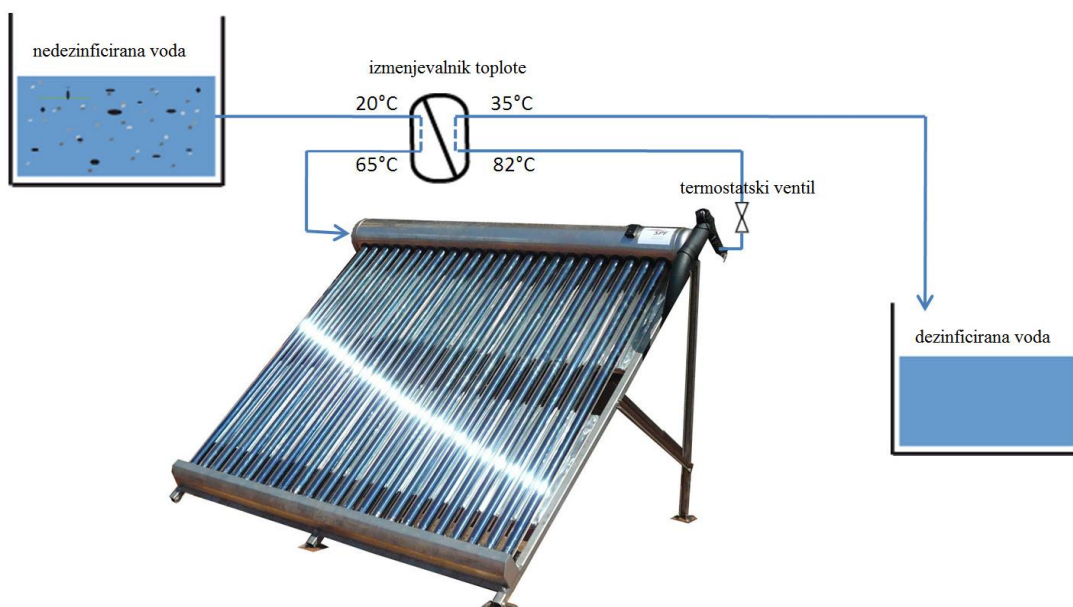


Slika 11: Shema sistema za filtriranje in dezinfekcijo vode [42]

Dezinfekcija s sončno svetlobo

Že v stari Indiji so vedeli, da je sončna svetloba naravno razkužilo. Tak način dezinfekcije deluje na podlagi občutljivosti škodljivih mikroorganizmov na sončno svetlobo. Spekter sončne svetlobe med drugim vsebuje UV-A svetlobo (valovna dolžina 320- 400 nm) in pa infrardeče valovanje (1000-1000000 nm). Skupni učinek obeh valovanj zmanjša količino patogenih mikroorganizmov, zato je primeren za dezinfekcijo onesnažene vode, ki v praksi izvede tako, da se voda za 6 ur izpostavi neposredni sončni svetlobi. V primeru, da je sončna svetloba dovolj močna, se v tem času uničijo patogeni mikroorganizmi, v primeru oblačnosti pa je potreben daljši čas izpostavljanja. Upoštevati je potrebno tudi učinek temperature, če temperatura med postopkov naraste nad 50°C je ena ura dovolj, da pridobimo varno pitno vodo. Problem metode ja predvsem odvisnost od vremenskih in klimatskih razmer. Kadar je voda onesnažena s snovmi kemijskega in ne mikrobiološkega vzroka, sta učinek svetlobe in povišane temperature na kvaliteto vode nična. Največja prednost metode je v tem, da za svoje delovanje potrebuje le sončno energijo, torej najnaravnejši vir energije, brez vpliva na okolje.

[9]



Slika 12: Sistem za dezinfekcijo vode s sončno energijo [43]

Dezinfekcija s klorom (natrijev hipoklorit)

Natrijev hipoklorit je kemijska spojina s formulo NaOCl. Raztopina natrijevega hipoklorita (slika 13) je komercialno poznana pod imenom varikina oz. belilo in se uporablja za čiščenje raznih površin, beljenje, odstranjevanje vonja in dezinfekcijo vode. Dezinfekcija vode z natrijevim hipokloritom je zelo enostavna, potrebno je le pravilno doziranje (odvisno od količine vode, ki jo želimo dezinficirati). Pri dodajanju natrijevega hipoklorita vodi, nastaja prosti oz. rezidualni klor, ki ima veliko sposobnost oksidacije in povzroča razgradnjo organskih snovi. Zavira metabolizem bakterijam, virusom, glivam ter ostalim mikroorganizmom in povzroča njihov propad. [14]

Z dodajanjem natrijevega hipoklorita v vodo poteče naslednja kemijska reakcija: $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{NaOH}$. Produkta sta hipoklorovna kislina (HOCl) in natrijev hidroksid (NaOH). Hipoklorovna kislina in hipokloritnim ion v vodi predstavljata prosti oz. rezidualni klor: $\text{HOCl} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OCl}^-$. Prosti klor se v vodi najprej veže s hitro oksidirajočimi snovmi (Fe^{2+} , Mn^{2+}), organskimi snovmi nato pa za amonijakom tvori kloramine in dikloramine. Dezinfekcija je učinkovita, če je v vodi prisotnega vsaj 0,1 mg/l prostega rezidualnega klora v obliki HOCl. [14]



Slika 13: Raztopina natrijevega hipoklorita [44]

Dezinfekcija z ozonom

Ozon (O_3) je plin modrikaste barve, ki se v normalnih pogojih v vodi le delno raztopi. Gre za zelo močno oksidacijsko sredstvo in je eden izmed najmočnejših oksidantov za čiščenje vode. Ima vpliv na okus, vonj in barvo vode ter je sposoben znižati BPK in KPK5 na minimum, s čimer se lahko izognemo biokemičnem procesom čiščenja. Količine dodanega ozona vodi so odvisne od predhodne obdelave vode. Ker je ozon nestabilen in hitro razpade na O_2 se presežki prostega oz. rezidualnega ozona pojavijo le redko. Zaradi škodljivega vpliva na zdravje in korozivnosti je pred vstopom v omrežje potrebno filtriranje preko aktivnega oglja, s čimer nevtraliziramo oz. odstranimo ozon. [11]

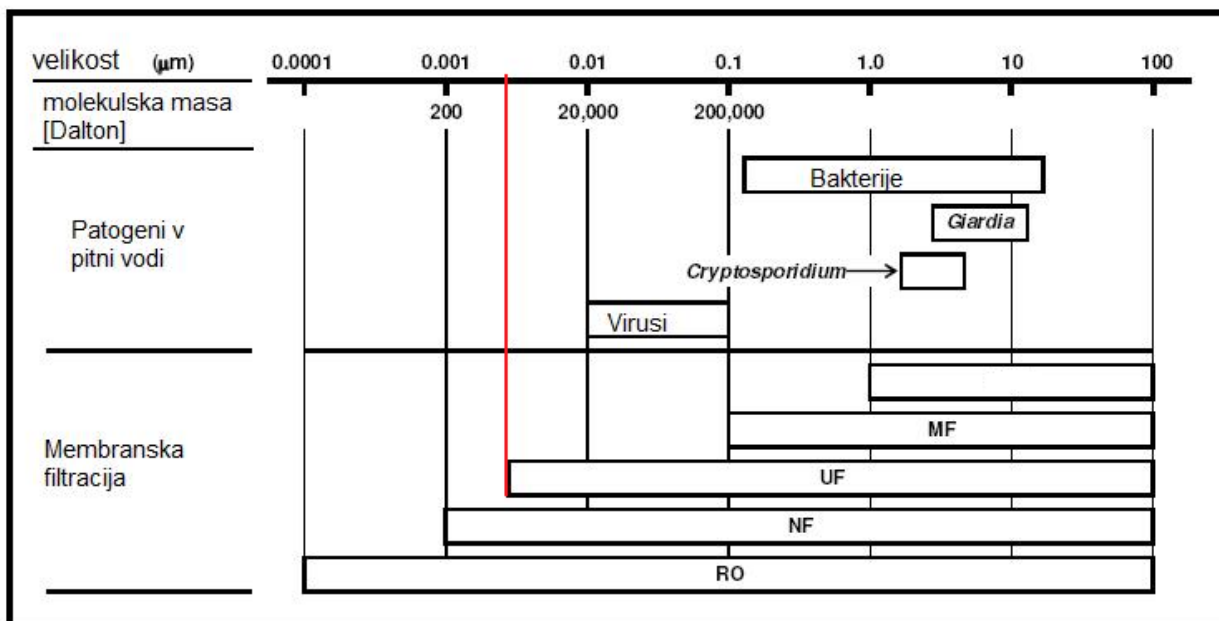
Na trgu obstajajo manjše naprave, ki se imenujejo ozonatorji (slika 14) ter so namenjeni čiščenju zraka in vode. Te naprave vsebujejo generatorje ozona, ki proizvajajo O_3 po istem principu kot sonce. V generatorju ozona je komora z UV lučjo, skozi katero teče stisnjen zrak. Del kisika iz zraka se pod vplivom UV svetlobe spremeni v ozon. Ozon gre nadalje v razpršilec oz. difuzor, ki proizvaja mehurčke nasičene z ozonom. Mehurčki ozona so speljani v komoro v kateri se pomešajo z vodo, ki jo želimo očistiti. Šibko povezan atom kisika v molekuli ozona reagira z organskimi molekulami in na tak način se voda dezinficira (uničijo se virusi, bakterije in ostali mikroorganizmi).



Slika 14: Ozonator [45]

Dezinfekcija na membranskih filtrih

V primeru dezinfekcije vode na membranskih filtrih morajo le-te zadržati škodljive mikroorganizme (virusi, bakterije, praživali). Najmanjši so virusi, njihova velikost pa je približno 10^{-2} μm , torej morajo biti pore membranskih filtrov manjše od 10^{-2} μm . Za odstranitev delcev tega ranga velikosti pridejo v poštev postopki ultrafiltracije, nanofiltracije in reverzne osmoze (slika 15). Pozorni moramo biti na predfiltracijo, saj bi se brez uporabe predfiltrrov pore membrane prehitro zamašile, npr. pred uporabo ultrafiltrrov moramo vodo predhodno očistiti z mikrofiltri. [15]



Slika 15: Ultrafiltracija - velikost por [35]

Z uporabo membranske tehnologije teoretično odstranimo vse vrste mikroorganizmov, vendar so z raziskavami ugotovili, da se lahko v tako pripravljeni vodi vseeno pojavijo bakterije. Če se voda shranjuje oz. stoji dlje časa jo je potrebno stabilizirati, v največ primerih se to stori z dodajanjem klora.

Na trgu je dostopnih kar nekaj filterskih sistemov, ki čistijo vodo preko ultrafiltracijske membrane. Filterski sistem (slika 16) je sestavljen iz dveh kartuš, ki odstranita stotine onesnažil, med drugim hlapljive organske snovi, bakterije in viruse. Prvi filter oz. kartuša odstranjuje onesnažila večja od 0,01 mikrometra (bakterije, virusi, proteini, paraziti, pesticidi, herbicidi...), drugi filter pa manjše delce kot so klor, težke kovine itd. Kartuše na tem sistemu se menjajo na 1-3 let oz. na približno 40.000 litrov prefiltrirane vode, stanejo pa približno 100€.



Slika 16: Filterski sistem z ultrafiltracijsko membrano [46]

3 DEŽEVNICA

Če pogledamo v preteklost, ugotovimo, da je bila deževnica za marsikoga vir pitne vode, vode za namakanje ter vode za ostale potrebe in dejavnosti, povezane z obstojem in delom človeka. Z urbanizacijo in nastankom večjih naselij so uporabo deževnice nadomestili centralizirani sistemi vodne oskrbe. V zadnjih desetletjih pa je s težnjo po bolj učinkoviti rabi vode izkoriščanje deževnice postalo spet aktualno, saj predstavlja odličen vir čiste vode, ki je lahko za določene potrebe popolna alternativa vodi iz vodovodnih sistemov, za nekatere dejavnosti pa je celo primernejša od vodovodne vode. Prestrežanje in izkoriščanje deževnice je moderen pristop k varčevanju s pitno vodo, ponekod (odročne vasice, gorske postojanke...) pa lahko deževnica predstavlja edini vir vode.

Zbiranje meteorne vode lahko klasificiramo v dva tipa in sicer na zbiranje meteorne vode, ki pade na strehe objektov in zbiranje vode, ki pade na območja, na katerih se zbira deževnica s pomočjo objektov kot so jezovi, kanali, umetna jezera, rezervoarji itd. Prvi tip zbiranja na strehah nas zalaga z razmeroma čisto vodo, iz katere je po postopkih filtracije in dezinfekcije mogoče pripraviti pitno vodo. Kvaliteta je seveda odvisna od okolja, v katerem se zbiranje meteorne vode vrši. Drugi tip zbiranja vode nas zalaga z vodo, ki je slabše kvalitete, saj voda pride v stik s tlemi in posledično snovmi, ki se ob stiku z vodo raztopijo in na ta način onesnažijo meteorno vodo. [16]

Rabo deževnice lahko glede na pogostost rabe klasificiramo v več vrst in sicer:

1. priložnostno oz. občasno rabo (voda se shrani za nekaj dni v manjših rezervoarjih, tako zbiranje je primerno za območja, kjer so padavine pogoste in ni daljših sušnih obdobj ter deževnica ni edini vir vode)
2. prekinjeno rabo (v primerih, ko imamo deževno obdobje in se v tem času uporablja deževnica, v sušnem obdobju se uporablja voda iz drugih virov)
3. delno rabo (deževnica se uporablja skozi celotno leto, vendar je ni dovolj, da bi količinsko zadostovala vsem potrebam, npr. za kuhanje in pitje se uporablja deževnica, za ostale potrebe pa voda iz drugih virov)
4. celotno rabo (edini vir vode je deževnica, se pravi, da se za vse namene uporablja deževnica. Sistem mora biti primerno dimenzioniran, da je dovolj vode tudi v sušnih obdobjih.) [16]

3.1 Lastnosti deževnice

Deževnica in snežnica sta temeljna vira sladke vode na planetu. Staljeni sneg oz. snežnica in deževnica odtekata po pobočjih, se zbirata v rekah in jezerih, prav tako pronicata skozi zemljo in bogatita podtalnico, ki je v Sloveniji najpogostejši vir surove vode za pripravo pitne vode. Ne glede na vir surove vode, vsa pitna voda izhaja iz padavin.

Deževnica na poti skozi atmosfero raztaplja pline kot so ogljikov dioksid, kisik, dušikov dioksid in žveplov dioksid, zato v osnovi velja za rahlo kislo vodo. Poleg tega se lahko navzame saj in ostalih mikroskopskih delcev, ki so v tistem času prisotni v ozračju. Kljub temu je deževnica preden pade na površino Zemlje ena izmed kemično najčistejših, če ne kar najbolj čista voda v naravi. [17]

Čista voda je univerzalno topilo; lahko se navzame ali raztopi skoraj vse snovi, s katerimi pride v stik. Zaradi te lastnosti je potrebno premišljeno dimenzioniranje sistema za zbiranje deževnice, tako da se deževnica navzame čim manjše količine nezaželenih snovi, ki so prisotne v okolici zbiranja.

Lastnosti oz. kvaliteta deževnice, ki jo zbiramo je odvisna od naslednjih faktorjev:

1. Okolja oz. lokacije zbiranja (bližina težke industrije, glavnih cest, bližine morja ter prisotnosti živali, kot so ptiči, glodalci itd.);
2. Meteoroloških razmer (temperatura, predhodna sušna obdobja, vzorci padavin);
3. Stika z različnimi materiali na poti do rezervoarja in nesnago, ki se nabere v sušnih obdobjih na zbiralnih površinah. [17]

V nadaljevanju so opisane nezaželene snovi, ki so najpogosteje pojavljajo v deževnici.

Vidne nečistoče

V to kategorijo spadajo vse snovi, ki so vidne s prostim očesom. To so: listje, vejice, prah, umazanija, iztrebki ptičev in ostalih živali, insekti itd. Polega tega, da te snovi kvarijo estetsko kvaliteto vode, imajo lahko vpliv tudi na kemično in mikrobiološko kvaliteto vode. Npr. listje lahko vsebuje očem nevidne snovi kot so herbicidi in pesticidi, ptičji in ostali iztrebki pa so lahko vir bakterij, virusov itd. [18]

Kemična onesnažila

Kljub temu, da se lahko deževnica navzame nezaželenih snovi že med prehodom skozi ozračje, se večina teh snovi voda navzame med zbiranjem, pripravo in distribucijo. S pravilnim načrtovanjem zmanjšamo oz. minimiziramo stik vode z nezaželenimi snovmi in si s tem olajšamo pripravo vode za namen, za katerega deževnico koristimo. V sklop nezaželenih kemikalij spadajo organske kemikalije (hlapljive in sintetične) in anorganske kemikalije (kovine in minerali). [18]

Hlapljive organske snovi (VOCs)

Hlapljive organske snovi nastanejo takrat, ko pride deževnica v stik s snovmi, ki vsebujejo rafinirane organske materiale. Sem spadajo razne plastike, lepila, topila, bencin, olja itd. Deževnica se večine teh snovi navzame med prehodom skozi material sistema za zbiranje deževnice, ki niso posebej namenjeni zbiranju vode za namen pitja. Kljub temu, da večina hlapljivih organskih snovi izvira iz neprimerne izbora materiala sistema, se lahko deževnica navzame teh snovi tudi med prehodom skozi ozračje (navzame se lahko par bencina in ostalih snovi). [18]

Sintetične organske snovi (SOCs)

V ta sklop kemikalij spadajo snovi, ki so prisotne v pesticidih, herbicidih in ostalih podobnih kemikalijah, ki so produkt človeka. Te snovi navadno niso hlapljive, v deževnico pridejo prek medijev kot so prah, listje in ostalih vidnih nečistoč. Vir sintetičnih organskih snovi v deževnici je lahko tudi bližina dejavnosti, kjer se te snovi uporabljajo – kmetijstvo. Prisotnost teh snovi je navadno posledica okolja in ne materialov, iz katerih so zgrajeni sistemi za zbiranje deževnice. [18]

Minerali

Minerali so anorganske snovi, ki jih najdemo v naravi. Večina mineralov spada v kategorijo anorganskih soli (kalcijev karbonat, natrijev bikarbonat, magnezijev sulfat itd.). Te snovi vplivajo na okus vode, navadno pa ne predstavljajo tveganja za zdravje človeka. Nekateri minerali, npr. azbest (vrsta vlaknastih silicijevih soli) lahko v določenih primerih dolgoročno gledano v primeru vdihavanja ali uživanja predstavlja tveganje za zdravje, vendar dokler so azbestna vlakna mokra, so zdravju neškodljiva in jih telo izloči.

Trdota vode je posledica vsebnosti magnezijevih in kalcijevih soli. Preden pride deževnica v stik z zbiralno površino ne vsebuje mineralov, njen pH pa je okoli 5,6 (posledica topljenja ogljikovih, dušikovih in žveplovih dioksidov iz ozračja). Da se deževnica navzame mineralov je potreben čas, zato je večina mineralov v deževnici posledica stika s snovmi, ki se nahajajo v ali na elementih sistema za zbiranje. [18]

Kovine

Najpogostejše kovine, ki se pojavljajo v deževnici so svinec, arzen, baker, železo in mangan. Prisotnost višjih koncentracij nekaterih kovin (npr. svinec in arzen) lahko dolgoročno gledano predstavlja tveganje za zdravje, med tem ko prisotnost nekaterih drugih kovin (npr. železo, mangan) ne predstavljajo tveganja za zdravje, imajo pa vpliv na okus in izgled vode. Ta vrsta onesnaženja se pojavlja, ko je voda dlje časa v stiku z materiali iz kovin (svinčeni vari, železne ali bakrene pipe, cevi itd.). [18]

Mikrobiološka onesnažila

Preden pride deževnica v stik z materiali sistema za zbiranje in se shrani v hranilnik, le redko vsebuje onesnažila v obliki mikroorganizmov, vir mikrobiološkega onesnaženja so torej zbiralne površine, distribucijski sistem in hranilnik. Poznamo dve vrsti mikrobioloških onesnažil, prva so človeku povsem neškodljive (nepatogena onesnažila), druga pa imajo lahko akutne posledice za zdravje človeka (patogena onesnažila).

Ne glede na lokacijo zbiranja deževnice so lahko nepatogeni mikroorganizmi prisotni v velikem številu. Te vrste mikroorganizmov vključujejo praživali, alge, bakterije in viruse.

Kljub temu, da nimajo vpliva na zdravje, lahko s svojo prisotnostjo kvarijo estetsko kvaliteto vode in vplivajo na delovanje sistema za pripravo pitne vode (alge zmanjšajo pretočnost filtrov ipd.).

Patogeni organizmi se v deževnici navadno ne pojavljajo. Pojavijo se v primeru, ko je zbrana deževnica onesnažena s ptičjimi in ostalimi živalskimi iztrebki. Onesnaženost vode s patogenimi organizmi predstavlja večje tveganje, kot pa onesnaženje s kemikalijami. Razlogi so lahko naslednji:

- Povzročijo lahko bolezen le ob enkratnem stiku z okuženo vodo, medtem ko je za nastop bolezni zaradi kemičnih onesnažil potreben bistveno daljši čas izpostavljenosti.
- Patogeni mikroorganizmi nimajo vpliva na okus, vonj in izgled vode, medtem ko ga kemična onesnažila imajo, še posebej v primeru visokih koncentracije, ki predstavljajo kratkoročno tveganje za zdravje.
- Količine oz. koncentracija patogenih mikroorganizmov se lahko v kratkem času zelo poveča, v primeru kemijskih onesnažil je za bistveno zvišanje koncentracije potreben čas.
- Bolezni, ki jo povzročajo patogeni mikroorganizmi se lahko prenašajo iz človeka na človeka, med tem ko kemična onesnažila vplivajo le na človeka, ki je onesnaženo vodo zaužil.
- Bolezni, ki jih povzročajo patogeni mikroorganizmi lahko predstavljajo resno tveganje za starejše, dojenčke in vse ljudi z oslabljenim imunskim sistemom.

Patogeni mikroorganizmi vključujejo določene vrste parazitskih praživali, bakterij in virusov (preglednica 3). Število potrebnih organizmov za okužbo in kužnost so različne in odvisne od vrste patogenega mikroorganizma in imunskega sistema okuženega. Pri ljudeh z oslabljenim imunskih sistemov lahko že samo nekaj patogenih organizmov povzroči bolezen. [18]

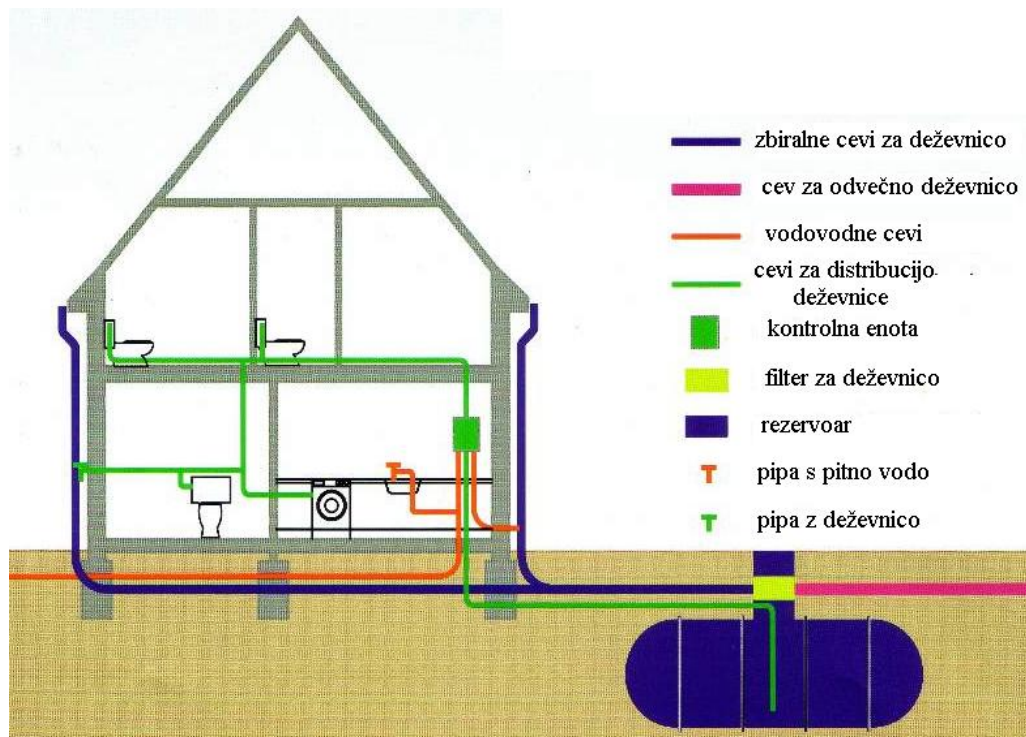
Vrsta patogenega organizma	Organizem	Vir
Paraziti	<i>Giardia lamblia</i>	mačke in divje živali
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	mačke, ptiči, glodalci in plazilci
	<i>Toxoplasma gondii</i>	mačke, ptiči in glodalci
Bakterije	<i>Campylobacter</i> spp.	ptiči in podgane
	<i>Salmonella</i> spp.	mačke, ptiči, glodalci in plazilci
	<i>Leptospira</i> spp.	sesalci
	<i>Escherichia coli</i>	ptiči in sesalci
Virusi	<i>Hantavirus</i> spp. r	glodalci

Preglednica 3: Patogeni organizmi in njihovi viri [18]

3.2 Sistem za uporabo deŹevnice

Sistem za zbiranje deŹevnice (slika 17) je sestavljen iz naslednjih elementov:

- lovilne površine (strehe)
- zbiralnih in dovodnih cevi
- filtrov
- hranilnika
- naprav za dezinfekcijo
- črpalk



Slika 17:Elementi sistema za zbiranje deŹevnice [47]

Na poti deževnice do rezervoarja se pogosto nahaja nesnaga kot so vejice, listje ter prašni delci (slika 18). Deževnica se lahko teh snovi navzame že med prehodom skozi atmosfero ali pa med stikom z materiali, iz katerih je sestavljen sistem za prestrezanje.



Slika 18: Nesnaga na poti vode do rezervoarja [48]

Z mrežico na/v žlebovih prestrežemo večjo nesnago (listje, vejice), s filtri (vsebujejo lahko različna polnila) pa iz vode izločimo manjše delce in snovi, ki so ušle skozi mrežico. Vodo shranjujemo v neprosojnih hranilnikih (lahko so iz nerjaveče pločevine, plastike ali iz fino obdelanega betona), s čimer se izognemo težavam z algami in ostalimi fotosintezirajočimi organizmi. Deževnico je zato najprimerneje shranjevati v podzemnih rezervoarjih, kjer so temperaturna nihanja minimalna in ni svetlobe. Ker so temperaturna nihanja pod zemljo minimalna, je mogoče deževnico izkoriščati tudi pozimi, saj v primerni globini temperatura nikoli ne pade pod ledišče. [19]

V nadaljevanju so opisani vsi zgoraj naštetih elementi, ki skupaj sestavljajo sistem za uporabo deževnice.

3.2.1 Lovilna površina (streha)

Najprimernejše so gladke površine, ki imajo visok odtočni koeficient. Take lastnosti imajo npr. umetne snovi, glineni strešniki ali skrilavci. Grobi betonski ali bitumenskimi strešniki ter zelene strehe (travnate, polože) so manj primerne. V njih se zadržuje prah in druga nesnaga, ki nam kvari kvaliteto deževnice. Poleg tega bitumenska kritina izloča snovi, ki dajo vodi okus in vonj, lahko so celo zdravju škodljive. V primeru streh, ki so krite s kovinsko kritino, moramo računati na večjo vsebnost nekaterih kovin v vodi, ki je lahko zato manj primerna za pitje ali celo tudi za zalivanje vrta. [19]

V ZDA so opravili raziskavo, ki je proučevala vpliv materiala streh na vsebnost nekaterih snovi v deževnici. Strehe, ki so služile kot zbiralne površine so bile krite z različnimi vrstami strešnikov: z bitumenskimi, kovinskimi, betonskimi, prav tako so opravili analizo vode, ki se je zbirala prek zelene strehe. Preverjali so pH, prevodnost, število fekalnih ter koliformnih bakterij, prisotnost suspendiranih snovi, nitritov, nitratov, hlapljivih organskih snovi in prišli do naslednjih zaključkov:

- Nobeden izmed zbranih vzorcev vode ni ustrezal standardom pitne vode. Da bi ustrezala tem standardom, bi bilo potrebno vodo zbrano na bitumenski, kovinski in betonski kritini prečistiti in znižati vsebnost oz. popolnoma odstraniti: skupni ogljik, fekalne bakterije, motnost, aluminij in železo. Vodo, zbrano prek zelene strehe bi bilo potrebno očistiti skupnih koliformnov, fekalnih koliformnov, motnosti in vsebnosti aluminija.
- Količine raztopljenega organskega ogljika so bile bistveno višje v primeru uporabe zelenih streh in streh, kritih z bitumenskimi strešniki. Visoke vrednosti raztopljenega organskega ogljika so problematične v primeru, ko za dezinfekcijsko sredstvo uporabljamo klor, saj se tvorijo škodljivi stranski produkti kot so npr. trihalometani.
- Deževnica, zbrana prek kovinskih strešnikov je vsebovala nižje količine fekalnih bakterij, kar so povezovali z nizko sposobnostjo oddajanja oz. emisivnostjo kovin, torej se kovinske strehe segrejejo bolj kot ostale strehe in od tod nižja količina bakterij.
- Koncentracije onesnažil so bile ob uporabi lovilnika prvega preлива v vseh primerih nižje. [20]

3.2.2 Cevno omrežje

Pri dimenzioniranju cevi in izbiri materiala zbiralnih in dovodnih cevi moramo upoštevati tehnične predpise, ki veljajo za odvodnjavanje meteornih vod. Upoštevati moramo nevarnosti zamašitve in zmrzovanja ter veliko spremenljivost pretoka. Minimalni premer mora biti 10 cm, če pa so cevi vgrajene v zemljo, morajo biti vgrajene pod globino zmrzovanja (najmanj 80 cm globoko).

Za distribucijo iz hranilnika do mesta uporabe so dimenzioniranje in materiali omrežja enaki, kot pri dimenzioniranju omrežja za pitno vodo. Najpogosteje se uporablja naslednje vrste cevi: PVC (polivinilklorid), LTŽ (litoželezna), NL (nodularna litina), GRP (duromerni materiali ojačani s steklenimi vlakni), PE (polietilen) (Slika 19) itd. [19]



Slika 19: Polietilenska cev [49]

3.2.3 Filtriranje deževnice

Čistost deževnice in izbiro postopkov za čiščenje nam narekuje namen, za katerega se voda uporablja. Deževnica, ki je namenjena pitju mora ustrezati pogojem, ki so predpisani za pitno vodo. Za doseg tega cilja je primerno filtriranje. Filtri morajo biti razporejeni v pravilnem zaporedju tako, da se postopoma izločajo nezaželene primesi in delce iz vode, začnši s tistimi z večjo granulacijo.

Filtriranje deževnice se lahko začne že na vstopu vode v vodoravni žleb. Na žlebove se namesti mrežica, ki služi kot grobi filter (slika 20). Le-ta preprečuje vstop večji nesnagi, kot so vejice, listje, žuželke ter ostala nesnaga, ki se nalaga na strehi v času med padavinami.



Slika 20: Mrežica na vodoravnem žlebu [50]

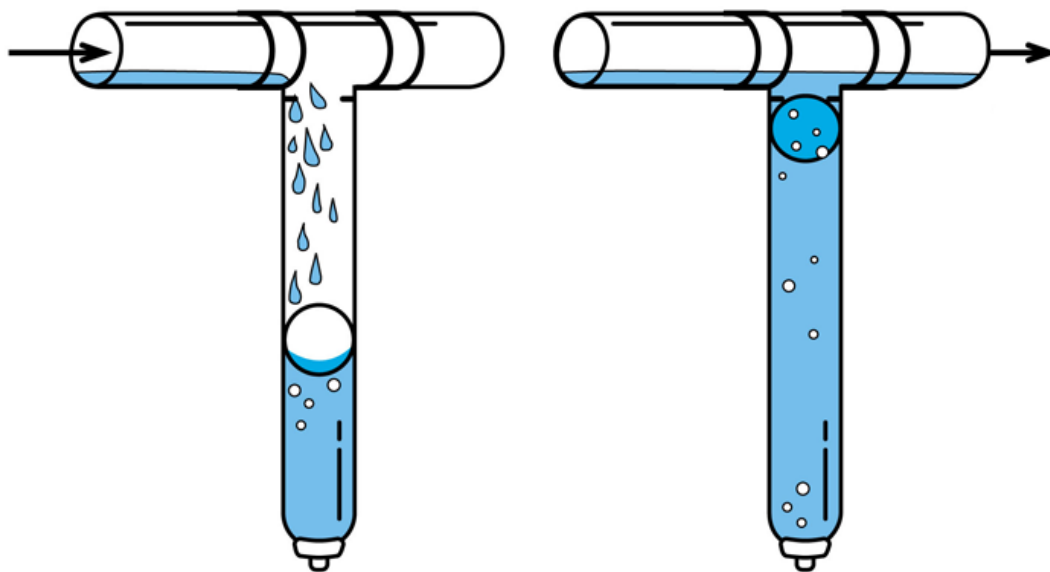
Vstop večji nesnagi lahko prav tako preprečimo z namestitvijo zbiralnika listja oz. mrežice (slika 21) na oz. v navpični žleb. Edina možna pot vode, ki se zbira v hranilniku je skozi mrežico v žlebu. [21]



Slika 21: Zbiralnik listja [51]

Lovilnik prvega preliva

Prve kaplje dežja se navzamejo prahu in ostalih nečistoč že med prehodom skozi atmosfero, nato pa tudi na strehi, na kateri se je nalagala nesnaga v obdobju pred padavinami. Zaradi tega je prvi val oz. voda, ki najprej priteče s strehe bolj onesnažena, kot pa voda, ki priteka kasneje. Večja nesnaga kot so listje in vejice se izloči na grobih filtrih oz. mrežicah, manjši delci (prah, ptičji iztrebki itd.) pa gredo skozi mrežico. Problem dotoka prvega vala bolj onesnažene vode v rezervoar enostavno odpravimo s preusmerjanjem prvega vala. Prva voda, ki priteče po strehi odteče v posebni krak z rezervoarjem za nečisto vodo (glej sliko 22). Velikost tega je odvisna od velikosti lovilne površine. Ko se rezervoar napolni, kroglica zapre dotok in sedaj je (že bolj čista) deževnica preusmerjena nazaj v hranilnik.



Slika 22: Lovilnik prvega preliva [52]

Dodatno filtriranje deževnice

Dodatno filtriranje deževnice ni vedno potrebno. Odvisno je od namena, za katerega se voda uporablja. Če se uporablja za nepitne namene, kot so zalivanje vrtov, pranje avtomobilov idr., potem dodatno filtriranje pravzaprav ni potrebno, če pa se uporablja za plemenitejše namene kot je npr. priprava pitne vode in namene, pri katerih voda potuje po omrežjih in napravah (splakovanje stranišč, uporabo v pralnih/pomivalnih strojih itd.) pa je dodatno filtriranje potrebno. Nefiltrirana deževnica lahko vsebuje primesi, ki bi se brez filtracije lahko nalagale v omrežju in na napravah ter oteževale ali sčasoma celo onemogočale učinkovito delovanje naprav. Nefiltrirana voda ni primerna za pripravo pitne vode, saj so lahko suspendirani delci zdravju škodljivi, če ne drugega pa otežujejo nadaljnje postopke (npr. UV dezinfekcija) pri procesu priprave pitne vode.

Najboljša rešitev je ta, da se pred ali na dotok v hranilnik namesti grobi filter, s katerim filtriramo vso vodo, ki gre v hranilnik. Fini oz. počasni filtri potrebujejo več časa oz. večjo površino filtra, zato niso primerni za namestitev pred dotok. Postavitev finega filtra z veliko površino je sicer mogoča, vendar ni ekonomična. S premajhnimi finimi filtri se voda v času padavin ne uspe filtrirati dovolj hitro, kar pripelje do odtekanja oz. izgub vode pred vtokom v rezervoar. Fine (počasne) filtre namestimo na iztok iz hranilnika, ker je poraba vode večinoma manjša, kot pa dotok v hranilnik v času dežja. Deževnica, očiščena s finimi peščenimi filtri je skoraj neoporečna, kljub temu pa brez ustrezne dezinfekcije ni primerna za uživanje. [19]

3.2.4 Sesalna cev in tlačna črpalka

Sesalna cev predstavlja povezavo hranilnika s tlačno črpalko. Deževnica v hranilniku ni pod tlakom, zato je za distribucijo do posameznih mest potreben sistem za dodajanje energije oz. povišanje tlaka. Med hranilnikom in črpalko mora biti vgrajena loputa, ki onemogoča povratni tok. Pomembno je, da je celoten sistem pravilno dimenzioniran, saj se s tem izognemo odvečni porabi energije in omilimo moteče faktorje, kot je na primer hrup ob delovanju črpalke. [19]

3.2.5 Hranilnik

Kot hranilnik lahko uporabimo:

- opuščene jame za odpadno vodo, ki morajo biti ustrezno očiščene in imeti higiensko ustrezno notranjo prevleko,
- cisterne iz plastike, opuščene cisterne za kurilno olje, ki jih vkopljemo v zemljo (tudi te morajo biti ustrezno očiščene),
- plastične, betonske cisterne ali razni druge rezervoarji, nameščeni v kleti.

Pri novogradnjah je najpriporočljiveje hranilnike vkopati v zemljo in jih na ta način zaščititi pred sončno svetlobo in toploto. Pri tako vgrajenih hranilnikih ima voda vseskozi dovolj nizko temperaturo, da je onemogočeno razmnoževanje legionel in drugih mikroorganizmov.

V obstoječih objektih nameščamo plastične hranilnike največkrat v klet, ki so primernejša od garaž in lop. V kleti so manjša temperaturna nihanja, ni nevarnosti zmrznjenja, zato vode ni potrebno izpuščati. Priporočljivo je, da hranilniki ne prepuščajo svetlobe, saj je s tem onemogočen razvoj alg. [19]

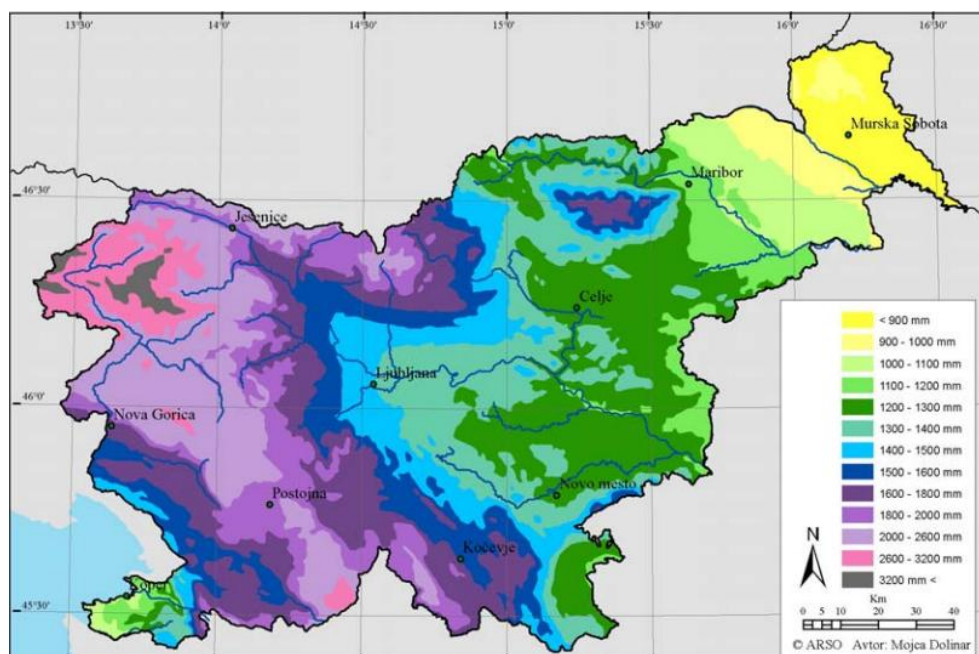
Hranilnike (slika 23) je možno umestiti tudi na podstrešja, vendar se to po navadi ne prakticira. Prednost shranjevanja vode na podstrešju je v tem, da za dosego želenega tlaka ne potrebujemo dodatne črpalke (deluje gravitacija). Slabost shranjevanja deževnice na podstrešju so velika temperaturna nihanja, poleti je zelo vroče, pozimi mrzlo, pri slabi nosilnosti stropne plošče pa lahko pride tudi do statičnih problemov. [19]



Slika 23: Hranilnik deževnice [53]

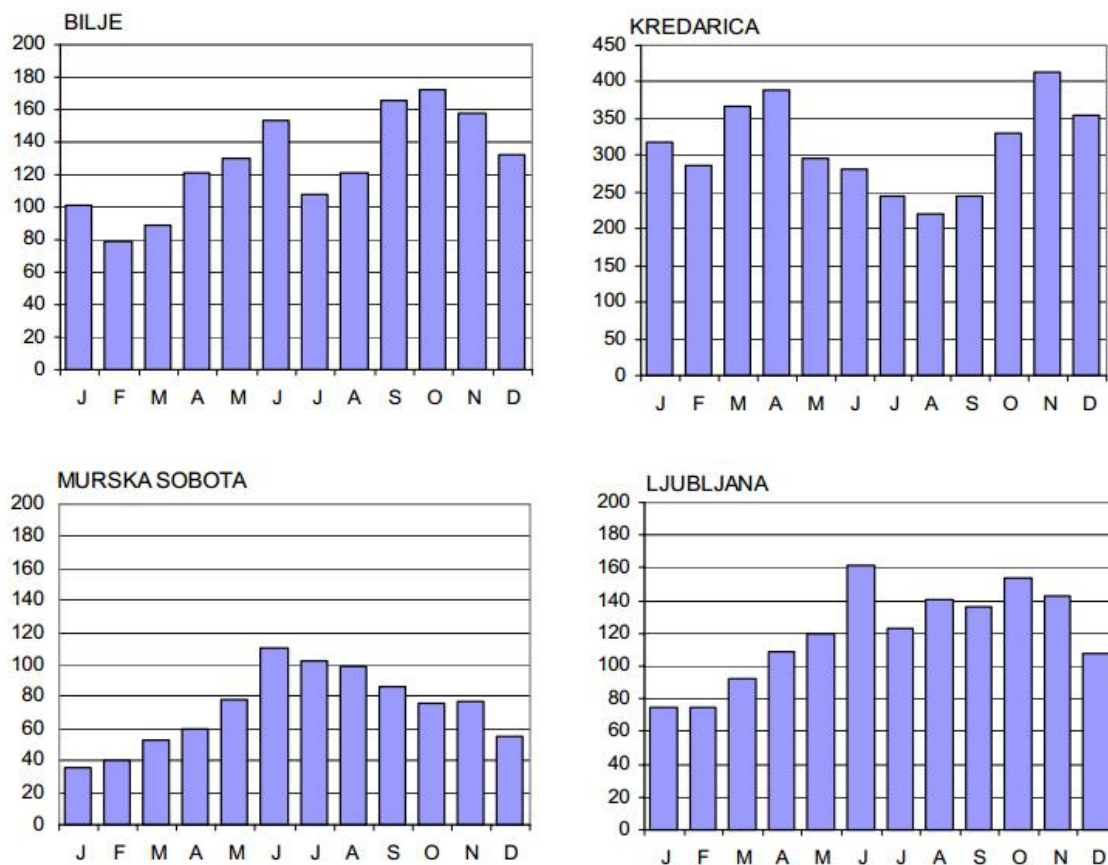
3.3 Razmere za zbiranje deževnice v Sloveniji

Slovenija ima zelo razgiban relief, od njega pa je odvisna prostorska porazdelitev padavin (slika 24). V smeri od morja proti notranjosti Slovenije se zaradi orografskega učinka (dviganja vlažnega zraka) količina padavin povečuje. Prvi maksimum doseže na Dinarsko-Alpski pregradi, drugi, nekoliko manjši maksimum pa je v Kamniško-Savinjskih Alpah. Količine padavin se v smeri severovzhoda z oddaljenostjo od morja in orografske pregrade hitro znižujejo. Na severovzhodu države, v Prekmurju se že čuti vpliv celinskega podnebja – letna količina padavin ni višja od 900 mm (slika 24), medtem, ko se na obali količina padavin giblje med 1100 in 1200mm. Dejstvo je, da največ padavin v Sloveniji pade ob vremenskih situacijah, ko se relativno tople in vlažne zračne mase pomikajo z jugozahodnim vetrom. Gibanje zračnih mas je pravokotno na orografske pregrade, kar povzroča hitro dviganje ter ohlajanje zraka, zato se iz njega začnejo izločati padavine. Hitreše kot je dviganje in ohlajanje, več padavin se izloči, kar potrjuje dejstvo, da je maksimum padavin v Julijcih, kjer v enem letu povprečno zapade 3200mm padavin. Okolica Julijskih Alp spada med najbolj namočena območja v Alpah in v Evropi. [22]



Slika 24: Povprečni letni seštevek korigiranih padavin [22]

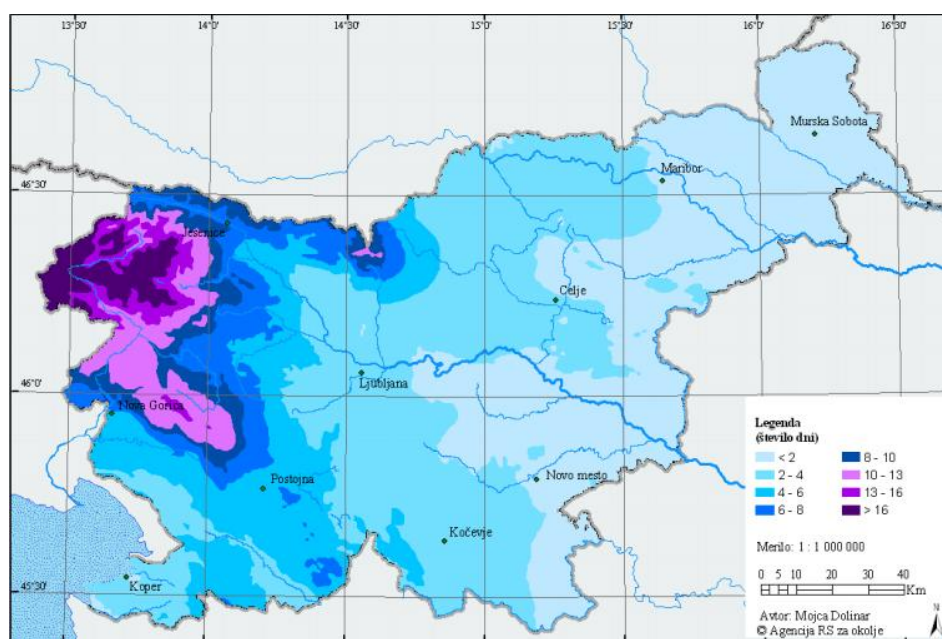
Porazdelitev padavin preko leta (slika 25) določa padavinski režim. Pri nas nimamo izrazito suhega ali mokrega dela leta, vendar so med letnimi časi oz. meseci opazne večje razlike. Podnebni tip, ki ima največji vpliv v določeni regiji, narekuje letni padavinski cikel. Za submediteransko podnebje (Bilje) in alpsko podnebje (Kredarica) sta značilna dva padavinska maksimuma, eden jeseni, drugi spomladi. Za vzhodni del države, kjer se čuti vpliv celinskega podnebja je značilno, da je največ padavin v poletnih mesecih (nevihte in plove), najbolj suho pa je v zimskih mesecih. Za vse klimatske regije velja, da se količine padavin lahko iz leta v leto zelo spreminjajo .



Slika 25: Povprečna količina korigiranih padavin (mm) po mesecih za obdobje 1971-2000. [22]

V večjem delu Slovenije imamo v povprečju nekaj čez 100 padavinskih dni. Na skrajnem severovzhodu države imamo takih 92 dni, v hribovitih predelih države pa ja padavinskih dni tudi nad 140. K padavinskim dnevom (z vsaj 0.1 mm padavin) se uvrščajo dnevi, ko pade le nekaj kapelj dežja in dnevi, ko je rosa zelo izrazita, iz vidika vpliva padavin na vodotoke, pa so pomembnejši dnevi, ko pade vsaj 1 mm padavin. Po celotni Sloveniji je največ padavinskih dni v maju, juniju in juliju. V tem obdobju je ozračje najmanj stabilno, pogoste so manjše plove in nevihte.

Drugače je s pogostostjo močnih padavin (dnevna vsota preseže 50mm) (slika 26). Krajevne razlike so bistveno bolj izrazite. V vzhodni polovici imamo v povprečju manj kot dva dneva s tako močnimi padavinami, na severozahodu pa je takih dni v povprečju 16. Te vrste padavin so najbolj pogoste v oktobru in novembru.



Slika 26: Prostorska porazdelitev števila dni s padavinami nad 50 mm v obdobju 1971-2000. [22]

Slovensko podnebje je za izkoriščanje deževnice zelo primerno, saj imamo več ali manj pogoste padavine tekom celega leta. Deževnica nam dobesedno pade iz neba in je zastonj, v odročnih lokacijah, kjer se pogosto nahajajo tudi gorske postojanke pa lahko predstavlja edini vir vode. Ponuja nam enostavno in okolju prijazno rešitev problema oskrbe z vodo za vse namene.

[22]

3.4 Dimenzioniranje kapnic

Naloga kapnice je, da izravnava neenakomerno porazdelitev padavin, se pravi da se v obdobjih presežka padavin zbira voda za sušna obdobja. Pri tem sodelujeta velikost zbiralne površine in prostornina kapnice v neki odvisnostni funkciji tako, da pri neki določeni potrošnji zadošča manjši površini zbiralne ploskve večji volumen vodohrana in obratno.

Osnove za dimenzioniranje kapnice so:

- padavinske razmere (lahko so zelo spremenljive tekom opazovanega obdobja)
- norma porabe vode (tudi spremenljiva, vendar ne tako izrazito kot padavinske razmere).

Izhodišča za dimenzioniranje pa:

- enakomerna potrošnja
- leto vzamemo kot tisto dobo, v kateri se izravnata dotok in potrošnja
- pri dimenzioniranju upoštevamo reducirane višine padavin.

Bistvena sestvina dela kapnice sta zbiralna površina N (m^2) in vodohran prostornine S (m^3).

Velikosti N in S so po starejših metodah najprej ugotavljali neodvisno eno od druge in sicer prostornino vodohrana po trajanju reaktivne suše, se pravi po trajanju brezpadavinske dobe. Neodvisno od prostornine rezervoarja kapnice so v odvisnosti od najmanjše letne padavinske višine ugotavljali velikost nabiralne površine N .

Po drugih metodah so najprej ugotavljali velikost zbiralne površine N (v odvisnosti od najmanjših letnih padavinskih višin), nato pa upoštevajoč časovno razporeditev padavin in porabo vode določili prostornino rezervoarja kapnice. [67]

Velikost zbiralne površine

Predpostavimo, da dnevna potrošnja znaša $1\text{ m}^3/\text{dan}$. Leto traja 365,2 dni, torej moramo v enem letu nabrati $365,2\text{ m}^3$ vode, pri čemer vsota letnih padavin znaša h (m).

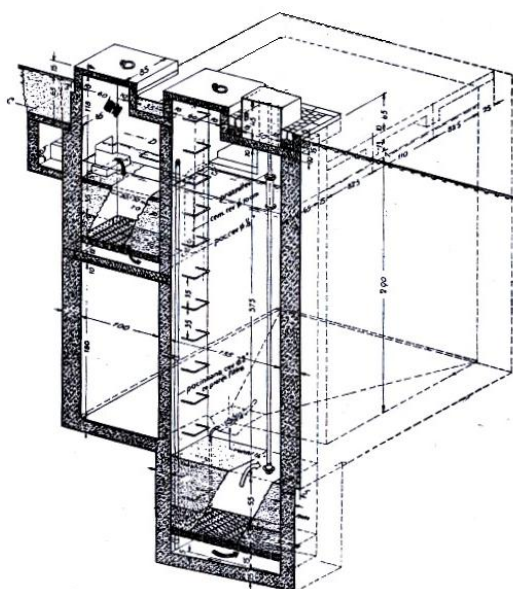
Potem mora veljati : $N * h = 365,2\text{ m}^3 \rightarrow$ minimalna površina zbiralne ploskve je:

$$n (\text{m}^2) = 365,2 (\text{m}^3) / h (\text{m}). \quad [67]$$

Velikost prostornine rezervoarja kapnice

Prostornina rezervoarja kapnice (slika 27) je odvisna od norme porabe vode in velikosti zbiralne površine. Velja pravilo, da povečani oz. največji površini zbiralne površine ustreza manjša oz. najmanjša prostornina kapnice. Paziti moramo, da najmanjša prostornina rezervoarja kapnice (s) ni manjša od potreb potrošnje v času trajanja absolutne suše.

Najmanjša prostornina se torej določi v odvisnosti od trajanja absolutne suše. Ob predpostavki, da je dnevna potrošnja $1\text{ m}^3/\text{dan}$ je najmanjša dopustna prostornina(s) kapnice enaka številu dni (t) trajanja absolutne suše. [67]



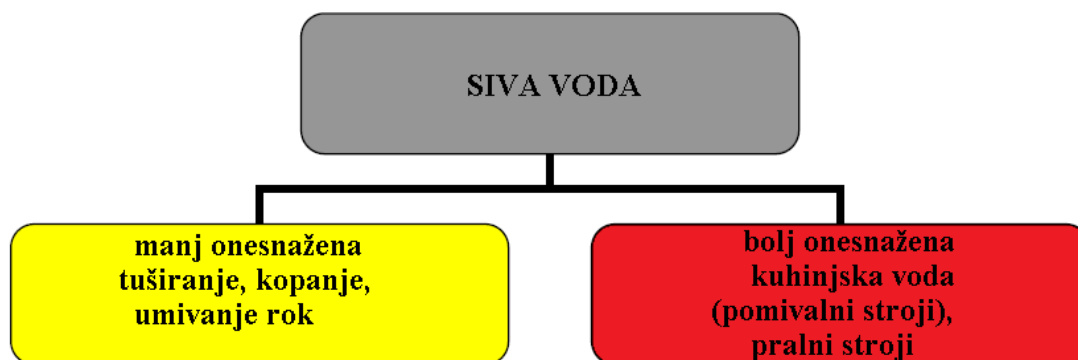
Slika 27: Kapnica [70]

4 SIVA VODA

Če odštejemo črno vodo, je siva voda vsa odpadna voda, ki nastaja v gospodinjstvih. Nastaja iz prvotno pitne vode, ki se uporabi za tuširanje, kopanje, delovanje pomivalnih in pralnih strojev... Vsebuje snovi, ki so posledica uporabe raznih preparatov kot so mila, šamponi, zobne paste, olja in detergenti.

Siva voda količinsko predstavlja največji delež skupne odpadne vode v gospodinjstvih, 50-80% vse odpadne vode je sive vode. V primeru uporabe alternativnih stranišč (kompostna, kemična in druga), kjer se ločeno zbirata siva in črna voda, lahko rečemo, da je vsa odpadna voda siva voda.

Vsa siva voda ni »enako siva« (slika 28). Voda iz kuhinj, kjer so prisotni delci hrane ter voda s katero je bilo oprano perilo je bolj onesnažena, kot pa na primer voda, ki se je uporabila za tuširanje. Če želimo sivo vodo prečistiti in ponovno uporabiti, moramo poznati njeno sestavo in karakteristike, na podlagi katerih nato določimo/dimenzioniramo sistem, ki bo primeren za obdelavo onesnažene vode. [23]



Slika 28: Glavna vira sive vode [23]

4.1 Sestavine sive vode in njene karakteristike

Siva voda je odsev aktivnosti, ki se odvijajo v gospodinjstvu. Njene karakteristike (preglednica 1) so tesno povezane z življenjskim standardom, socialnimi in kulturnimi navadami, številom članov in uporabo kemičnih preparatov v gospodinjstvu. Najmanj obremenjena siva voda nastane pri kopanju, tuširanju in umivanju rok. Siva voda prispeva od 40-50% vse organske onesnaženosti (BPK_T), ki obremenjuje odpadno vodo v gospodinjstvih. Prispeva do četrtnine skupnih suspendiranih snovi in do dve tretjini skupnega onesnaženja s fosforjem v gospodinjstvih. Glavna vira fosforja v sivi voda sta pralni prašek in detergent za pranje posode. V državah, kjer so v uporabi detergenti brez vsebnosti fosfatov, je obremenjenost odpadnih voda s fosforjem minimalna. Glavni vir dušika v sivi vodi gospodinjstev so kuhinje.

Preglednica 1: Sestava sive vode [23]

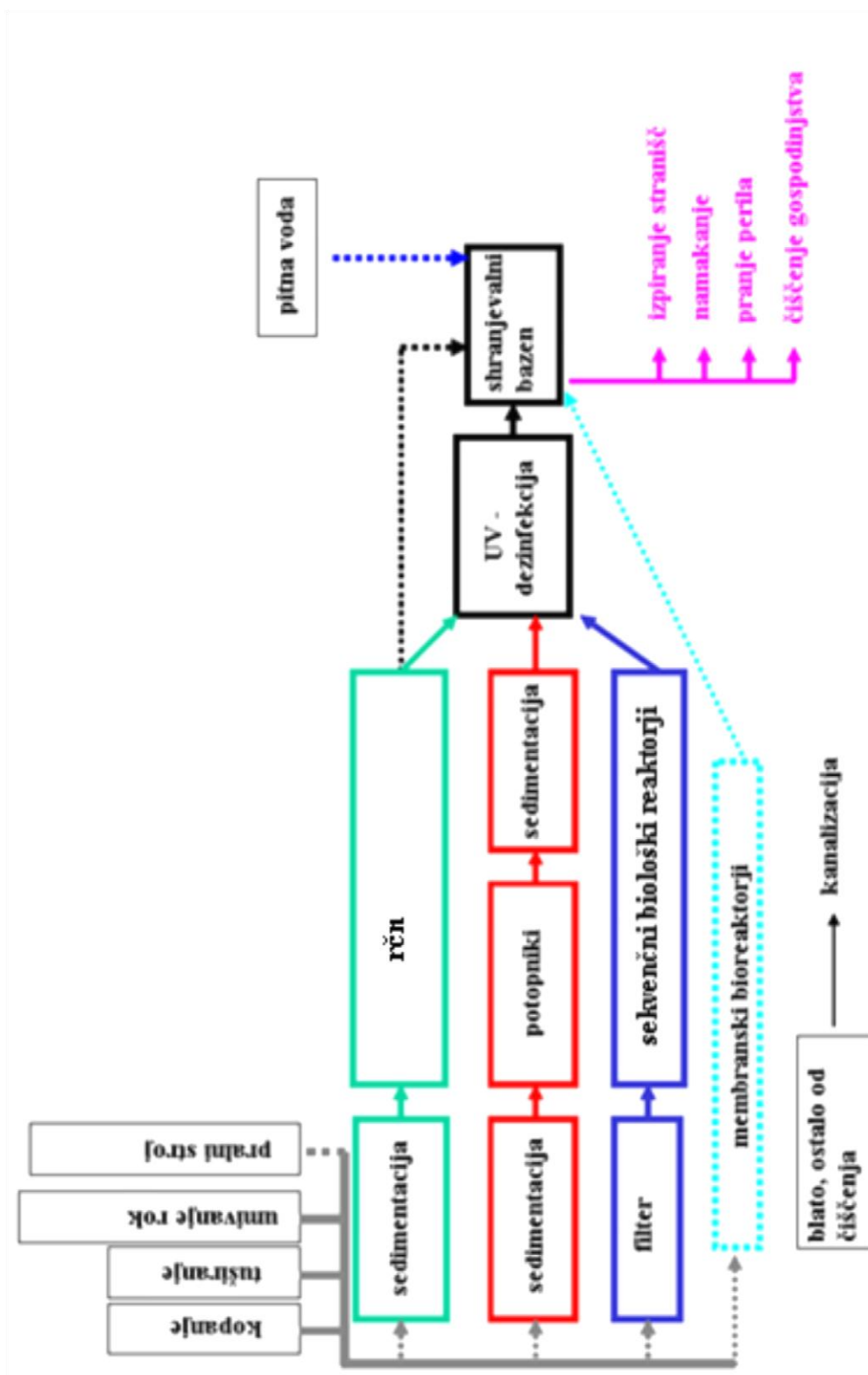
	Siva voda, ki nastane pri kopanju, tuširanju in umivanju rok	Siva voda, ki nastane pri kopanju, tuširanju, umivanju rok in pralnih strojih	Siva voda, ki nastane pri kopanju, tuširanju, umivanju rok, pralnih strojih in kuhinji	Gospodinjaska odpadna voda
BPK_5 (mg/l)	85 – 200 Ø 111	125 - 250	250 – 550 Ø 360	Ø 267
KPK (mg/l)	150 – 400 Ø 225	250 - 430	400 - 700 Ø 535	Ø 533
TSS (mg/l)	30 -70 Ø 40	/	/	Ø 200
P_{skupni}	0.5 - 4 Ø 1.5	/	3 - 8 Ø 5.4	Ø 15
N_{skupni}	4 - 16 Ø 10	/	10 - 17 Ø 13	Ø 67
Skupno št. Koliformov	$10^1 - 10^5$ Ø 10^5	$10^2 - 10^6$	$10^2 - 10^6$	$10^4 - 10^7$
E. coli (NVŠ/ml)	$10^1 - 10^5$ Ø 10^4	$10^1 - 10^5$	$10^2 - 10^6$	$10^4 - 10^7$

V smislu mikrobiološke onesnaženosti siva voda lahko vsebuje patogene organizme, vendar je tveganje za razvoj bolezni v primeru uporabe sive vode za namakanje rastlin in splakovanje stranišč zelo majhno. [23]

4.2 Obdelava sive vode

Pristopi k obdelavi sive vode so zelo različni, lahko gre za zelo preproste naprave, lahko so to samo cevi, ki odvedejo sivo vodo na mesto ponovne uporabe (splakovanje stranišč, zalivanje vrta), lahko pa gre za kompleksnejše naprave (usedalni bazeni, bioreaktorji, filtri, črpalke, dezinfekcijske enote itd.), ki vodo prečistijo do te mere, da je primerna za shranjevanje v rezervoarjih in kasnejšo ponovno uporabo. Obstaja več načinov, s katerimi dosežemo zadovoljivo kvaliteto in varnost vode za ponovno uporabo (slika 29). Najpogosteje se uporablja siva voda, ki nastane pri kopanju, tuširanju in umivanju rok. Izbira tehnologije za reciklažo sive vode je odvisna od več faktorjev, kot so: načrtovana lega sistema, razpoložljiv prostor, uporabnikove potrebe ter investicijski in vzdrževalni stroški. Učinkovit in funkcionalen sistem za obdelavo sive vode vsebuje: primarno čiščenje, sekundarno biološko čiščenje, UV-dezinfekcijo, rezervoar za shranjevanje prečiščene vode in črpalko.

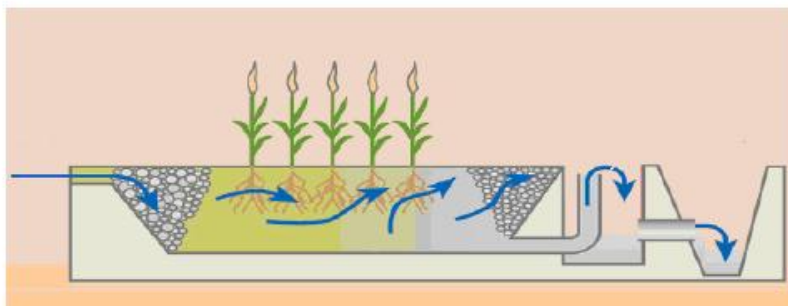
Najučinkovitejši sistemi za čiščenje sive vode so biološki sistemi v kombinaciji s fizikalnimi čistilnimi procesi. S temi kombiniranimi postopki se BPK sive vode zniža na manj kot 10mg/l. Biološki sistemi za čiščenje sive vode so se uspešno uveljavili v zadnjih 20-ih letih. V Nemčiji je kar nekaj primerov teh sistemov, ki učinkovito delujejo v enodružinskih hišah, hotelih in večnadstropnih stanovanjskih objektih. [23]



Slika 29: Shema uveljavljenih sistemov za obdelavo odpadne vode v Nemčiji [23]

4.2.1 Rastlinske čistilne naprave (RČN)

Rastlinske čistilne naprave (slika 30) so se v preteklosti zelo uveljavile pri čiščenju odpadnih voda. Kombinacija fizičnih, kemičnih in bioloških procesov je zelo učinkovita pri odstranjevanju onesnažil iz odpadne vode. Čiščenje odpadne sive vode poteka s filtracijo vode skozi zemljino, ki je poraščena s trsjem. Trsje za svojo rast potrebuje organske snovi, ki jo v tem primeru črpa iz sive vode, s filtracijo skozi trsje pa se zniža število bakterij. Če so RČN pravilno dimenzionirane, je očiščena voda bistra in brez vonja. Lahko se jo shrani za več dni, brez, da bi jo dezinficirali. Slabost RČN je visoka stopnja evaporacije, še posebej v območjih s toplejšim podnebjem, zasedejo pa tudi precej prostora. V primerjavi s konvencionalnimi metodami čiščenja so RČN preprostejša, cenejša in okolju prijaznejša, saj služijo kot habitat in vir hrane za živali ter pripomorejo k pestrejši podobi okolice. [23]



Slika 30: RČN [23]

4.2.2 Potopniki oz. biodiski

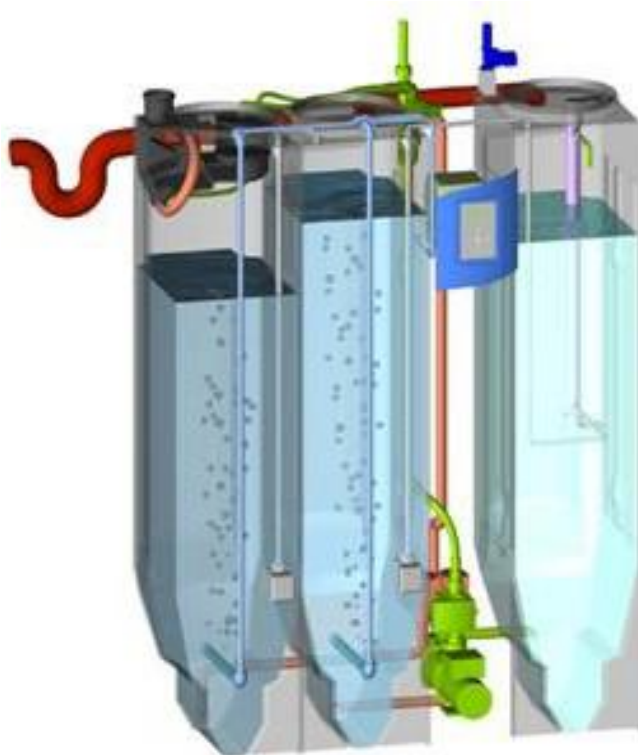
Večstopenjski vrteči se potopniki (slika 31) se lahko tudi uporabljajo za obdelavo sive vode. Njihova faza čiščenja nastopi po primarni stopnji, se pravi filtriranju. Potopniki ali biodiski se vrtijo okoli osi in se tako periodično potapljajo v odpadno vodo. Na površini biodiska je naseljena biološka združba, ki se prehranjuje z organskimi snovmi iz odpadne vode. Površina biodiska je zasnovana tako, da ima čim večjo površino, ki predstavlja življenjski prostor biološki združbi, ki opravlja čiščenje. Voda, prečiščena s pomočjo potopnika oz. biodiska, se na koncu dezinficira s pomočjo UV dezinfekcijske naprave in na tak način dobimo vodo, primerno za nadaljnjo uporabo v nepitne namene. Potopniki za sivo vodo so primerni za namestitve v kleti, saj ne zavzamejo veliko prostora. [23]



Slika 31: Večstopenjski biološki potopnik za sivo vodo [23]

4.2.3 Sekvenčni biološki reaktorji (SBR)

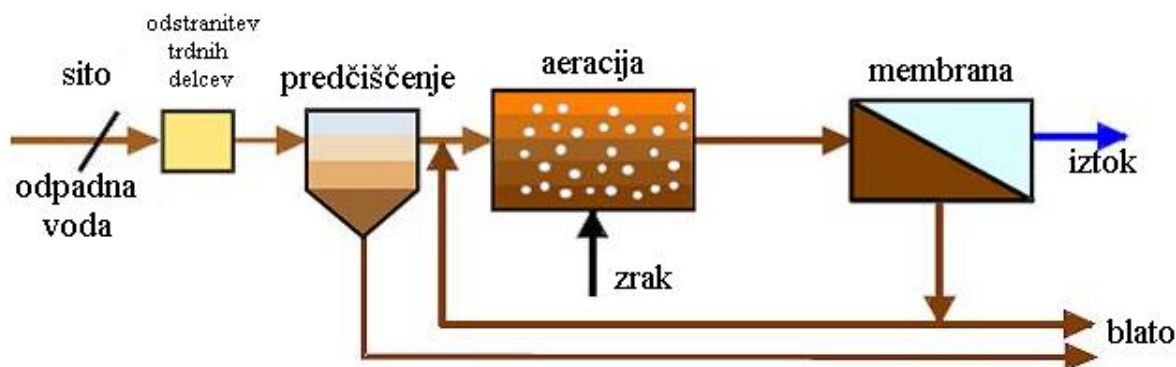
Sekvenčni biološki reaktorji (slika 32) so reaktorji, pri katerih poteka proces čiščenja v več zaporednih reaktorjih, ki so med seboj povezani. Naprava je sestavljena iz primarnega usedalnega bazena, biološkega reaktorja, kjer je pritrjena biološka združba (aktivno blato), ki opravlja čiščenje in pa shranjevalnega rezervoarja. Celoten proces čiščenja je sestavljen iz štirih faz: polnjenje, aeriranje, posedanje kosmov in na koncu še črpanje prečiščene vode v shranjevalni bazen. Proces se lahko po potrebi nadgradi še z anoksično fazo, ki poskrbi za denitrifikacijo odpadne vode. Taki reaktorji delujejo pravilno tudi pri daljši prekinitvi dotoka odpadne vode (do 1 meseca). [23]



Slika 32: Shema sekvenčnega biološkega reaktorja [23]

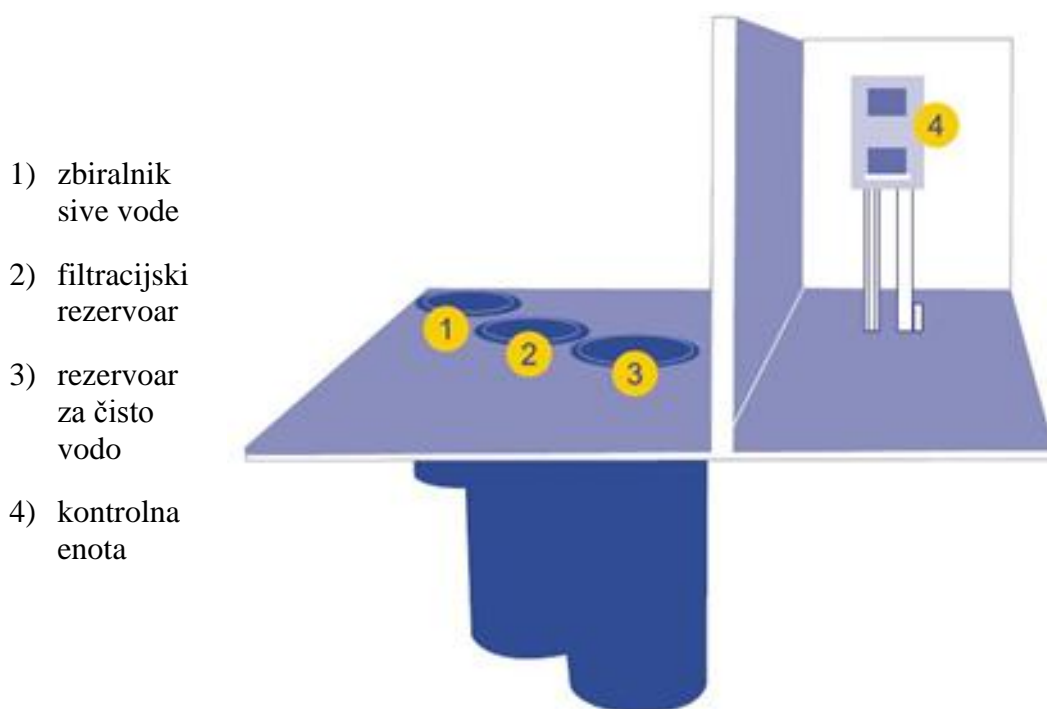
4.2.4 Membranski bioreaktorji (MBR)

Prečiščevanje odpadne vode s tehnologijo membranskega bioreaktorja (slika 33) lahko opredelimo kot kombinacijo klasičnega biološkega postopka obdelave odpadne vode z aktivnim blatom in filtracije prečiščene vode skozi membrano. Razlika med klasičnim biološkim postopkom in obdelavo z membranskim bioreaktorjem je v tem, da membrana nadomesti funkcijo usedalnika, peščenega filtra in dezinfekcije. Za enako stopnjo čiščenja so potrebni nižji zadrževalni časi. Skozi membrano teče voda pod pritiskom 0.1-0,3 bara. Pore na membrani imajo določeno velikost, zato grejo lahko skozi le delci, ki so manjši od velikosti por. Delci, ki so sestavine odpadne vode in so večji od velikosti por, pa ostanejo pred membrano in se na tak način ločijo od prečiščene vode. Na tak način se iz odpadne vode izločijo virusi, bakterije, minerali, suspendirane trdne snovi in pa večvalentne molekule (velikost izločenih delcev je odvisna od tehnologije MBR – mikro, ultra,... filtracija). [23]



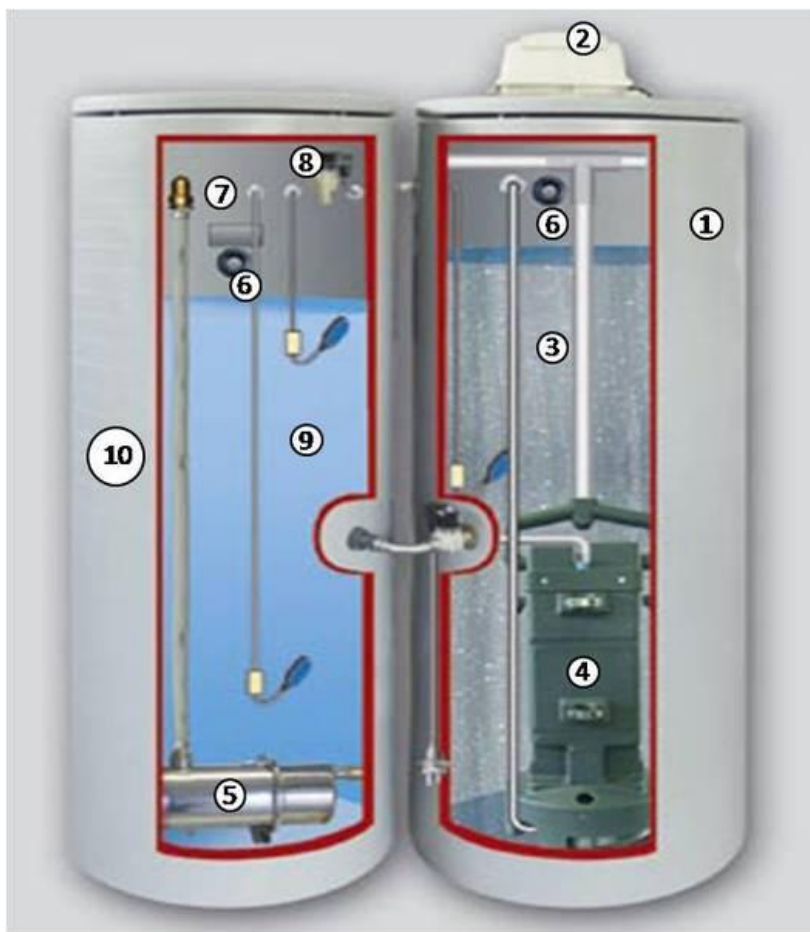
Slika 33: Shema čiščenja z membranskim bioreaktorjem [23]

Na spletu je veliko število komercialno dostopnih sistemov za čiščenje sive vode. Obstajajo sistemi, ki se vgradijo znotraj hiš in sistemi, ki se vgradijo zunaj hiš, princip delovanja je enak. Na sliki 34 je prikazan sistem za reciklažo sive vode, ki deluje po principu tako imenovane biološko-membransko-filtrske tehnologije. Ta tehnologija (slika 35) zagotavlja ločevanje biomase od prečiščene sive vode, proizvajalec zagotavlja, da se po čiščenju prisotnost bakterij, mikrobov in ostalih snovi v sivi vodi zniža za 99,9999%. Tako prečiščena voda je primerna za ponovno uporabo v straniščih, za čiščenje, zalivanje vrta itd. Naprava na sliki je sposobna dnevno prečistiti 500l sive vode, za svoje delovanje pa dnevno porabi do 1,5 kWh električne energije.



Slika 34: Zunanji reciklažni sistem za sivo vodo [54]

- 1- rezervoar za sivo vodo
- 2 - aeracijska črpalka
- 3 - siva voda
- 4 - membranski filter (50 l/h)
- 5 - črpalka za čisto vodo
- 6 - varnostni preliv
- 7 - prosti iztok
- 8 - ventil za dovajanje pitne vode
- 9 - prečiščena voda
- 10 - rezervoar za prečiščeno vodo



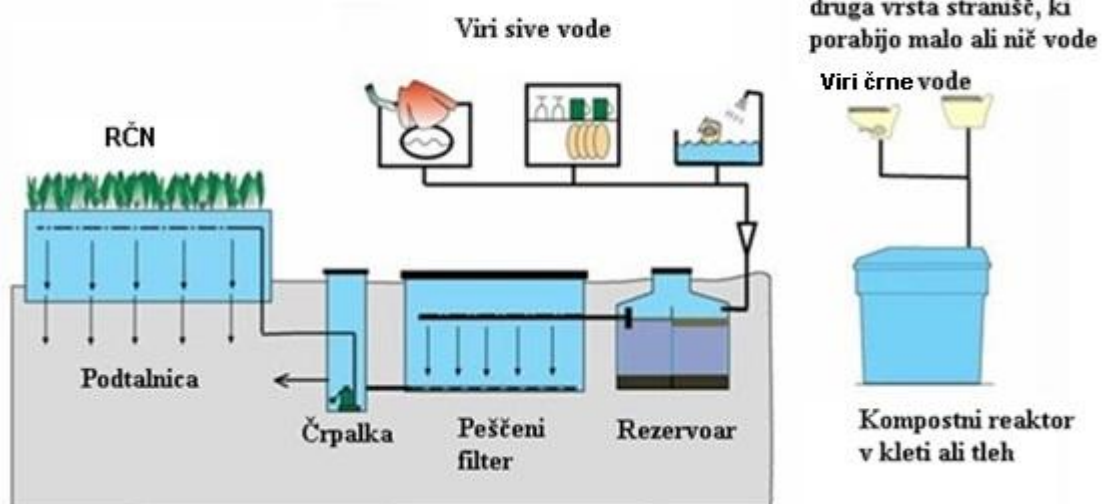
Slika 35: Princip delovanja reciklažnega sistema [54]

4.3 Uporaba reciklirane vode

Z večanjem števila prebivalstva in s tem potrebe po čisti pitni vodi, so viri pitne vode vedno bolj obremenjeni. Novi viri sicer obstajajo, vendar so redki, dragi in za nekatere ljudi morda kontroverzni, zato je potrebno drugje iskati rešitve v zvezi z znižanjem porabe pitne vode in energije. V objektih, kjer kot vir vode uporabljajo deževnico je ta problem še toliko večji, saj so predvsem v sušnih obdobjih količine vode omejene. Rešitev problema se skriva v učinkoviti uporabi vode, kar dosežemo s ponovno uporabo vode, ki je že odslužila za drug namen. V gospodinjstvih ima največji potencial za ponovno uporabo siva voda. Ob uporabi alternativnih stranišč, črne vode pravzaprav ni in je siva voda edina potencialno uporabna odpadna voda, ki jo lahko recikliramo. V primeru uporabe klasičnih stranišč, mora biti napeljava ločena tako, da se črna in siva voda ne mešata, saj je črna voda preobremenjena in ni primerna za reciklažo. Shema ločenega sistema za obdelavo sive in črne vode je razvidna iz slike 36.

Količina in kvaliteta prečiščene sive vode nam narekujeta njeno uporabnost. Najpogosteje se prečiščeno vodo uporablja za splakovanje stranišč in pa namakanje, vendar jo je možno uporabiti za skoraj vse namene, ki niso povezani z dejavnostmi v kuhinjah in kopalnicah (pitje, tuširanje, umivanje, kuhanje itd.).

Ločena obdelava sive in črne vode



Slika 36: Shema ločenega sistema za obdelavo sive in črne vode [55]

4.3.1 Ponovna uporaba v hišah

Straniščni kotlički so najbolj potratni porabniki pitne vode. Za eno splakovanje porabijo do 15 litrov vode. Popolna alternativa za nadomestilo pitne vode je v tem primeru siva voda. Na trgu obstaja več sistemov za izkoriščanje sive vode v ta namen.

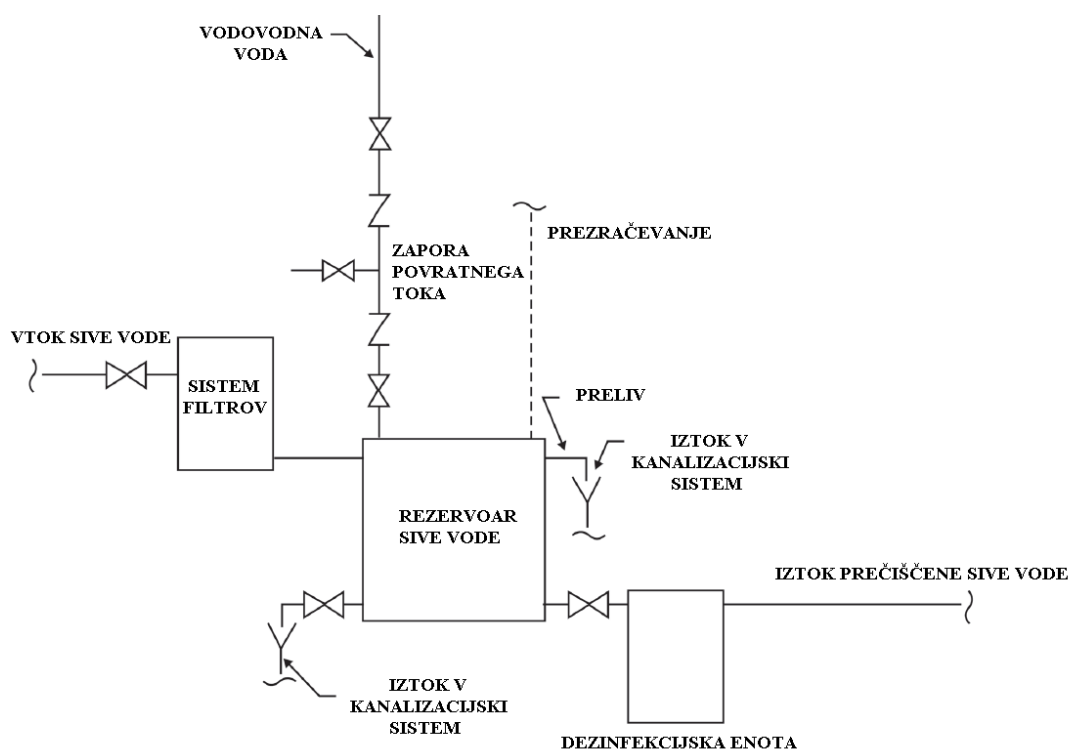
Sistem na sliki 37 zbira sivo vodo, ki nastane ob tuširanju, umivanju zob, skratka vsej sivi vodi, ki nastane v kopalnici. Voda se zbira v rezervoarju, ki je nameščen blizu vira sive vode, v njem pa sta nameščena filter in enota za dezinficiranje. S filtriranjem se zniža količina organskih in suspendiranih delcev, z dezinficiranjem pa se onemogoči reprodukcija mikroorganizmov, ki so krivci za nastanek neprijetnega vonja.



Slika 37: Sistem za izkoriščanje sive vode [56]

S takim načinom reciklaže vode se prihrani tretjina dnevno porabljene pitne vode, toliko nižja pa je tudi količina odpadne vode, kar nanese približno 50 litrov vode na osebo na dan (nekaj več kot 18 m³ na osebo v enem letu).

Poleg predhodno opisanih sistemov, ki so primerni zgolj za vgradnjo v kopalnice obstajajo tudi večji sistemi. Sistemi so med seboj zelo različni, lahko gre za preprosto zaporedje filtrov, ki le delno očistijo vodo, taka voda je namenjena sprotni uporabi. Obstajajo tudi kompleksnejše naprave za obdelavo sive vode (sliki 38 in 39), ki je nato primerna za shranjevanje v rezervoarjih. Stopnja očiščenosti vode je odvisna od namena, za katerega mislimo prečiščeno vodo uporabljati.

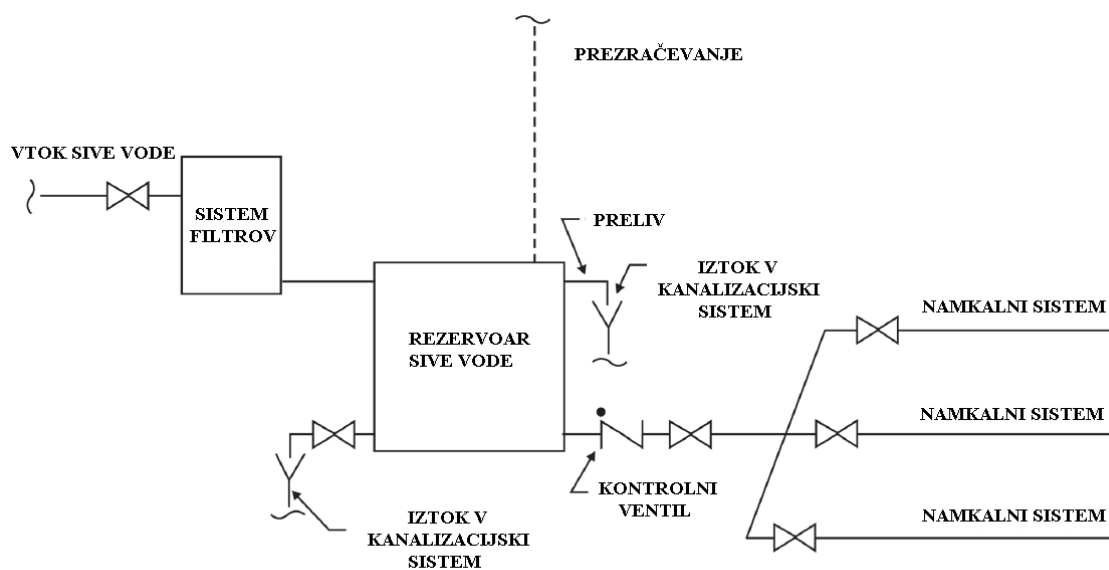


Slika 38: Shema sistema za pripravo in ponovno uporabo sive vode [57]

Največji potencial za uporabo sive vode v hišah imajo zagotovo stranišča. S to vodo po navadi ne pridemo v stik, zato njena čistost ni tako problematična, a mora vseeno biti dovolj obdelana, da ne povzroča neprijetnih vonjav in ni preveč motna (ne povzroča odlaganja in oblaganja v cevovodih). V primeru kvalitetnejšega sistema za čiščenje sive vode, lahko tako prečiščeno vodo uporabljamo še za druge namene znotraj stanovanj, nekateri sistemi očistijo celo do te mere, da je voda primerna za uporabo v pralnih strojih in za čiščenje gospodinjstva. Vendar pa z uporabo alternativnih stranišč voda za splakovanje izgubi velik del svoje uporabne vrednosti, večji potencial uporabnosti ima zunaj hiš, kar je tema naslednjega podpoglavja.

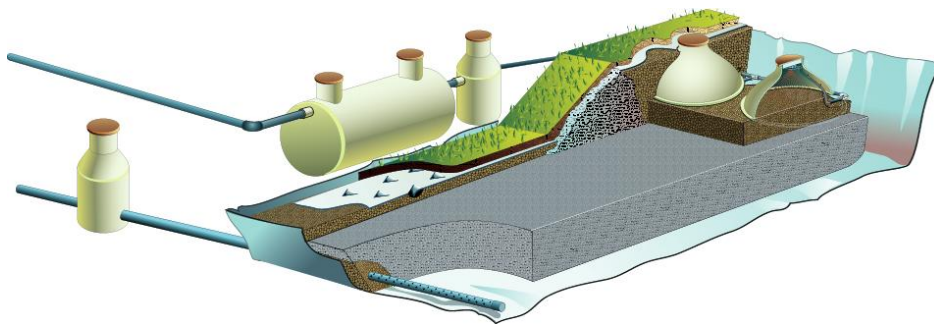
4.3.2 Ponovna uporaba zunaj hiš

Siva vodo lahko zunaj hiš uporabljamo za več namenov. Prečiščena siva voda se največkrat uporablja za zalivanje vrtov in zelenic ter pranje avtomobilov.



Slika 39: Shema sistema za pripravo in ponovno uporabo sive vode za namakanje [57]

Če imamo na voljo dovolj prostora, se lahko na dvorišču hiše postavi rastlinska čistilna naprava (slika 40), ki služi čiščenju sive vode. Ta voda se lahko nadalje shrani v rezervoar oziroma porabi za določen namen, če pa je nimamo za kaj uporabiti, pa jo lahko izpustimo v okolje. Izpusti se lahko v površinske vode, s prečiščeno sivo vodo pa se lahko bogati podtalnica.



Slika 40: Zadnja generacija RČN za hladnejša okolja [58]

V Oslu na Norveškem imajo v predelu mesta, ki se imenuje Klosterenga, postavljen eksperimentalen napredni sistem za obdelavo sive vode (slika 41). Postavljen je na dvorišču, sistem pa sestoji iz greznice, črpalke, vertikalnega aeriranega biofiltra in pa horizontalnega poroznega medija, ki tudi deluje kot filter. Sistem deluje že od leta 2000, iztočna voda pa ima naslednje lastnosti: KPK: 19mg/l, skupni dušik: 2,5 mg/l, skupni fosfor: 0,03 mg/l, fekalni koliformi: 0/100ml. Glede vsebnosti dušika v prečiščeni vodi, iztočna voda ustreza standardu WHO (svetovna zdravstvena organizacija) za pitno vodo, medij pa ima tako visoko kapacitivnost sprejemanja fosforja, da bo medij nasičen s fosforjem šele čez 40 let.



Mokrišče na dvorišču hiše, biofilter se nahaja pod igriščem, natančneje pod kamnitim zidom (zgornja desna slika)

Slika 41: Sistem za obdelavo sive vode v Klosterengi [58]

4.3.3 Projekt Sanbox

Z ločenim zbiranjem in razgradnjo sive ter črne vode so se v sklopu mednarodnega projekta SANBOX ukvarjali tudi na naši fakulteti. Ideja projekta je razvoj sanitarne enote, ki je namenjena odmaknjenim turističnim postojankam. Glavni cilj projekta je visoka stopnja čiščenja oz. nični izpust emisij v okolje. V sklopu čiščenja se odvijajo procesi separacije, odstranjevanja hranil, kompostiranja in uparjanja, sanitarno enoto pa so preizkušali na treh lokacijah (gorska postojanka Britannia v Švici, počitniška hiša v Skandinaviji in pri vstopu v park Sečoveljske soline na Primorskem). Pri projektu je sodelovala mednarodna ekipa strokovnjakov, med drugim tudi strokovnjaki iz naše fakultete (www.sandbox.info, www3.fgg.uni-lj.si/raziskovalna-dejavnost). Shematski prikaz delovanja naprave je razviden iz slike 42.

[2]



Slika 42: Shematski prikaz delovanja čistilnega sistema SANBOX. [2]

5 ČRNA VODA

Črna voda je pojem, s katerim opišemo odpadno vodo, ki vsebuje odpadno vodo iz stranišč (fekalije in urin) in tudi vodo iz kuhinj, ki vsebuje veliko organskih odpadkov (še posebej tistih kuhinj, ki imajo nameščene mlinčke za hrano v lijakih). Vsebuje veliko število organskih snovi, hranil ter patogenih organizmov, zato je potrebno tako vodo pred izpustom v okolje ustrezno obdelati, saj bi lahko imela škodljive vplive na ljudi in okolje. Črna voda se od sive vode razlikuje v tem, da vsebuje človeške izločke in urin, kar pomeni, da so prisotne fekalne bakterije, ki so lahko tudi patogene.

Če se v gospodinjstvu uporabljajo nefosfatna čistilna sredstva, je črna voda vir 90% dušika in 80% fosforja v vsej odpadni vodi gospodinjstva. 30-75% vse organske snovi v odpadni vodi gospodinjstev izvira iz stranišč. Gospodinjstva, ki uporabljajo nefosfatna čistila, so za enkrat v Sloveniji bolj želja kot resnica. V uredbi (EU) št. 259/2012 je predpisano, da smejo po 30. juniju 2013 pralni praški za ročno in strojno pranje perila vsebovati 0,5g fosfatov na cikel pranja, po 1. januarju 2017 pa bodo smeli detergenti za pomivalne stroje vsebovati le še 0,3 g fosfatov na cikel, torej nas bo sčasoma zakonodaja prisilila v uporabo nefosfatnih čistil oz. čistil z nizko vsebnostjo fosfatov.

Z uporabo alternativnih stranišč lahko proces razgradnje črne vode oz. človeških iztrebkov in odpadnih gospodinjskih organskih snovi v primerjavi s tradicionalnimi postopki zelo pospešimo, saj se izognemo postopku dehidracije blata. Koncentrirani iztrebki in gospodinjski organski odpadki lahko preko aerobnih in anaerobnih procesov predstavljajo vir energije.

Iztrebki in trdni odpadki so po ustreznem kompostiranju bogati z ogljikom, dušikom in fosforjem in jih lahko uporabljamo za obogatitev strukture zemljine.

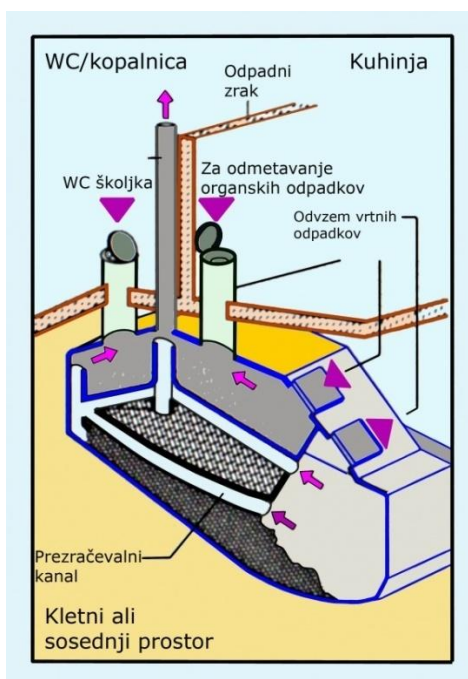
Voda, ki se porabi za splakovanje stranišč z običajnimi izplakovalniki, količinsko predstavlja do 50% in več vse porabljene vode v gospodinjstvih. Od začetka 90-ih let se izvajajo raziskave, ki težijo k nižji porabi pitne vode in maksimalni reciklaži hranil, raziskave pa so usmerile v ekonomske in ekološke alternativne kot so: vakuumske stranišče, ločevalno stranišče, kompostno stranišče itd. [24]

Vsi ti pristopi imajo skupne prednosti kot so: naravna ali nizko energijska obdelava in razpolaganje s človeškimi izločki, popolna regeneracija hranil iz izločkov in pa učinkovita in varna obdelava ter ponovna uporaba odpadne vode. V nadaljevanju sta predstavljena dva načina zbiranja in obdelave črne vode, ki sta potencialno uporabna v primeru gorskih postojank.

5.1 Kompostno stranišče

Kompostno stranišče štejemo za alternativno vrsto stranišč, saj so varčna z vodo in pridejo v poštev kot ekološka alternativa običajnim straniščem. Največkrat se kompostna stranišča nahajajo izven stanovanjske zgradbe, koče, vikenda ipd., primerna so pa tudi za umestitev v običajne stanovanjske zgradbe (slika 43), saj delujejo na osnovi podtlaka in zato ob uporabi ne povzročajo neprijetnih vonjav. Najpogosteje se taka vrsta stranišč uporablja tam, kjer ni urejene javne kanalizacije.

Za delovanje kompostnega stranišča ne potrebujemo vode, zato priključek na javno kanalizacijo oz. na sistem za obdelavo odpadne vode ni potreben. V reaktorju, kjer poteka proces kompostiranja se poleg straniščnih odpadkov predelajo tudi organski hišni odpadki iz kuhinje in vrta in na ta račun se skupna količina odpadkov zniža za približno 40%. [25]



Slika 43: Kompostno stranišče [25]

Na tak način se izognemo nepotrebemu obremenjevanju okolja s hranilnimi snovmi, ki so posledica človeškega bivanja, prav tako pa se izognemo uporabi vode kot transportnega sredstva. Ostanki, ki bi drugače pristali v centralni čistilni napravi ali greznici, postanejo pomemben lokalni vir organskega, popolnoma naravnega gnojila za rastlinje in na tak način sklenimo naravni krog hranil. [25]

Termofilno kompostiranje je razkroj organske snovi v prisotnosti zraka. Vključuje vročo stopnjo, saj je kompostiranje proces, pri katerem sodelujejo termofilne bakterije (s svojim metabolizmom proizvajajo toploto). Vročna stopnja lahko traja več dni, tednov ali celo mesecev, trajanje je odvisno od več faktorjev kot so npr.: količina kompostne mase, organske sestavine, temperature okolice, vsebnosti vode, zemljepisne lokacije, letnega časa, itd. Termofilne temperature se gibljejo okrog 45°C, v kompostnikih tudi do 75°C.

Opravljenih je bilo kar nekaj znanstvenih raziskav, pri katerih so ugotavljali kako učinkovito je termofilno kompostiranje v uničevanju človeku potencialno škodljivih patogenov kot so virusi, protozoa, črevesnih zajedavci in bakterije. Prišli so do zaključka, da so razmere, ki nastanejo pri procesu kompostiranja (termofilno okolje) sovražne do človeških patogenov in v takem okolju hitro odmrejo. Končni kompost, ki je bil podvržen pravilnemu procesu kompostiranja ne vsebuje "nič odkritih patogenov" , zato lahko rečemo, da je na tak način doseženo resnično bistvo sanitacije. [26]

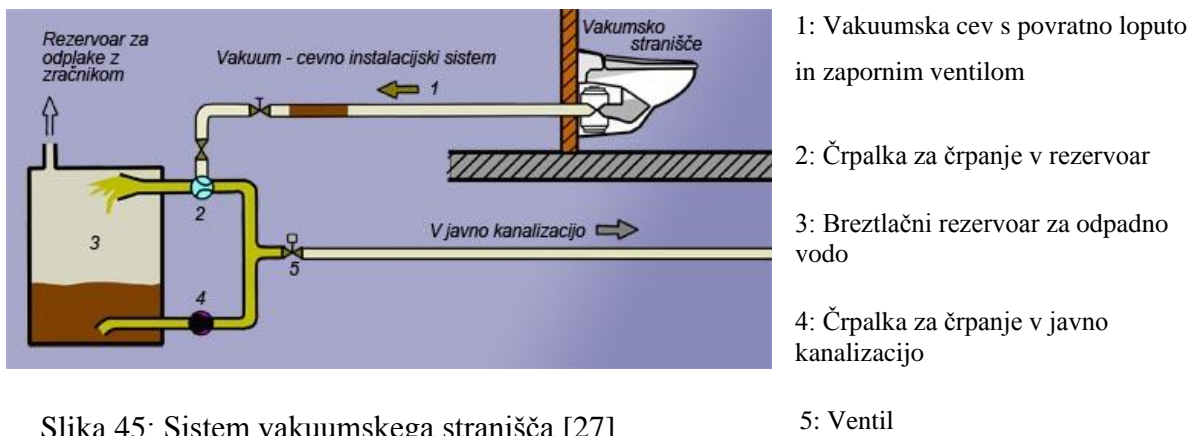
5.2 Vakuumsko stranišče

Z uporabo vakuumskih stranišč (slika 44), se lahko v primerjavi s klasičnimi stranišči tudi za več kot 90 % zmanjša poraba vode in posledično nastajanje odplak, ki jih izločamo v kanalizacijo ali drug sistem, namenjen obdelavi odpadne vode. Za eno splakovanje se porabi le okoli 1 l vode. S tem močno razbremenimo vodarne in zmanjšamo količino proizvedene črne vode.



Slika 44: Vakuumsko stranišče [27]

Vakuumska tehnika deluje na principu izravnave tlaka dveh posod, v katerih je različen tlak. Tlačna črpalka ustvari podtlak in na tak način se transportira vsebina straniščne školjke iz posode z višjim tlakom v posodo z nižjim tlakom. Po cevni instalaciji se vsebina transportira v rezervoar za odpadno vodo. Vsebina rezervoarja se lahko prečrpava v kanalizacijo, lahko se pa prazni tudi na kak drug način. Shema in delovanje sistema sta razvidna iz slike 45.



Slika 45: Sistem vakuumskega stranišča [27]

Vakuumska stranišča so preprosta za uporabo, uporaba teh stranišč pa se ne razlikuje od uporabe klasičnih stranišč. Pri novejših različicah vakuumskih stranišč po uporabi zapremo pokrov oz. desko stranišča in s tem vklopimo črpalko. Pokrovi so izdelani tako, da se zaprejo nepredušno. V straniščni školjki črpalka ustvari vakuum, ki posega vso vsebino. Za razliko od starejših različic vakuumskih stranišč tu ni potrebno preklapljanje vzvodov ali ventilov. Za ustvarjanje vakuuma v straniščni školjki je potrebna membranska črpalka, ki je zelo odporna, enostavna za čiščenje in nezahtevna za namestitev. Vakuumske školjke so iz enakih materialov kot klasične školjke in sicer iz porcelana, pokrovi in sedeži iz plastike, celoten sistem pa sestoji še iz črpalke, dotoka in odtoka. [27]

6 UPORABA VODE V GORSKIH POSTOJANKAH

6.1 Oskrba z vodo

Planinske kočje oz. postojanke se lahko z vodo oskrbujejo na več načinov. Najpogosteje se oskrbujejo z vodo iz lastnih zajetij in pa s kapnico, manj pogosta pa je oskrba s črpanjem vode iz stoječih voda oz. vodotokov ter oskrba iz vodovodnih omrežij. V večini postojank voda ni pitna, čemur bi se lahko izognili z vgradnjo ustreznih filtrov in primerno dezinfekcijo, obenem pa bi tudi zmanjšali količino odpadkov – plastenk. Iz preglednice 4 so razvidni podatki o vodooskrbi v nekaterih planinskih postojankah, ki se nahajajo v Triglavskem narodnem parku. [28]

Preglednica 4: Podatki o vodooskrbi v planinskih postojankah [28]

Planinska postojanka	Preskrba z vodo	Pitnost vode	Poraba vode [l]		
			Sezona	Povp. Dnevna	Maks. dnevna
Koča pod Bogatinom	kapnica	da		1000	2000
Dom na Komni	kapnica	ne		2.000 – 3.000	3000
Koča pri Triglavskih jezerih	lastno zajetje	da			1000
Kosijev dom na Vogarju	vodovodno	da		120	250
Koča na Planini pri jezeru	lastno zajetje, črpanje iz stoječih voda, kapnica	da		200	400
Planinska kočica na Uskovnici	Vodovodno omrežje	ne		2.000 – 3.000	?
Blejska kočica na Lipanci	lastno zajetje, kapnica	ne	71000	200	300
Vodnikov dom na Velem polju	lastno zajetje	da	105000	1000	1200
Dom Planika pod Triglavom	kapnica	ne	13500	150	250
Triglavski dom na Kredarici	črpanje vode iz vodotokov (ledenik), kapnica	ne	350000	3000	9000
Tržaška kočica na Doliču	kapnica	ne	9000	90	90
Zasavska kočica na Prehodavcih	črpanje iz stoječih voda, kapnica	ne		1000	2000
Pogačnikov dom na Kriških podih	črpanje iz stoječih voda	ne	240000		
Aljažev dom v Vratih	lastno zajetje	da	360000		
Poštarski dom na Vršiču	kapnica	ne	140000		
Kočica na Mangartskem sedlu	lastno zajetje	da	10000	100	200
Dom dr. Klementa juga v Lepeni	lastno zajetje	da	90000	1000	?
Planinska kočica pri Krnskih jezerih	lastno zajetje	da	60000	500	700
Gomiščkovo zavetišče na Krnu	kapnica	ne		70	130
Kočica na Planini Razor	kapnica	ne		200	250
Planinsko učno središče Bavšica	lastno zajetje	ne	cca. 90.000	2000	
Kočica Merjasec na Voglu	kapnica	ne	15000	500	1000
Bregarjevo zavetišče na Planini	lastno zajetje	da	1500	25	50

6.2 Ravnanje z odpadno vodo

Količine odpadne vode so odvisne od udobja, ki ga gorska kočica ponuja. Viri odpadne vode so stranišča, kuhinje ter pralnice. Nekatere kočice so znižale količine pridelane odpadne vode z uporabo alternativnih stranišč, vgradnjo varčne sanitarne opreme in uvedbo uporabe lastne posteljnine. Čiščenje odpadne vode je bolj izjema kot pravilo, sicer se na nekaterih postojankah uporabljajo čistilne naprave, vendar je veliko bolj pogosta uporaba greznic (pretočnih in tistih s ponikanjem), ponekod pa tudi zaprtih greznic na praznjenje. Po podatkih iz spletne strani Planinske zveze Slovenije imamo pri nas 176 gorskih koč, od tega jih ima le 38 urejeno odvajanje in čiščenje odpadne vode. Tak način ravnanja z odpadnimi vodami je posebej zaskrbljujoč na bolj obiskanih postojankah, saj predstavljajo resno grožnjo onesnaženja vodnih virov. Glede uporabe stranišč pa je najbolj pogosta uporaba klasičnih stranišč z izplakovanjem, medtem ko so suha stranišča prisotna v manjšem številu, čeprav so v kočah kjer primanjkuje naravnih vodnih virov in kjer odpadna voda ogroža naravne vire vode bistveno boljša rešitev kot pa klasična stranišča. Način ureditve na posamezni postojanki je razviden iz preglednice 5. [28]

Preglednica 5: Odvajanje odpadnih voda v planinskih postojankah [28]

Planinska postaja	Vrsta stranišč	Vrsta objekta, naprave za čiščenje
Koča pri Triglavskih jezerih	izplakovanje	čistilna naprava
Kosijev dom na Vogarju	izplakovanje	vodotesna G
Koča na Planini pri jezeru	izplakovanje	vodotesna G, odvoz odplak v dolino
Koča pri Savici	izplakovanje	vodotesna G
Planinska koča na Vojah	izplakovanje	G s ponikanjem
Planinska koča na Uskovnici	izplakovanje	čistilna naprava
Blejska koča na Lipanci	izplakovanje	vodotesna G, odvoz odplak v dolino
Vodnikov dom na Velem polju	izplakovanje	vodotesna G, G s ponikanjem
Dom Planika pod Triglavom	suha+poplakovanje	vodotesna G, G s ponikanjem
Triglavski dom na Kredarici	suha (kompostiranje), izplakovanje (osebje)	G s ponikanjem (triprekatna)
Tržaška koča na Doliču	suha+poplakovanje	ponikovalnica
Zasavska koča na Prehodavcih	navadna suha, izplakovanje (samo ponoči)	G s ponikanjem
Pogačnikov dom na Kriških podih	izplakovanje	G s ponikanjem
Aljažev dom v Vratih	izplakovanje	čistilna naprava
Šlajmerjev dom v Vratih	izplakovanje	čistilna naprava
Dom Valentina Staniča	suha, izplakovanje (čez noč)	G s ponikanjem
Koča v Krnici	izplakovanje	G s ponikanjem
Mihov dom na Vršiču	izplakovanje	G s ponikanjem
Koča na gozdu	izplakovanje	G s ponikanjem
Erjavčeva koča na Vršiču	izplakovanje	vodotesna G
Poštarski dom na Vršiču	izplakovanje	čistilna naprava (biološka-kompostiranje)
Dom v Tamarju	izplakovanje	G s ponikanjem
Kovinarska koča v Krmi	suha (kompostiranje), izplakovanje	G s ponikanjem
Koča na Mangartskem sedlu	izplakovanje	G s ponikanjem (triprekatna)
Koča pri izviru Soče	izplakovanje	vodotesna G
Zavetišče pod Špičkom	suha	G s ponikanjem
Dom dr. Klementa juga v Lepeni	izplakovanje	čistilna naprava
Planinska koča pri Krnskih jezerih	izplakovanje	G s ponikanjem
Gomiščkovo zavetišče na Krnu	suha, izplakovanje	G s ponikanjem
Koča na Planini Razor	izplakovanje	čistilna naprava
Dom Zorka Jelinčiča na Črni prsti	izplakovanje	G s ponikanjem
Planinsko učno središče Bavšica	izplakovanje	vodotesna G
Koča Merjasec na Voglu	izplakovanje	G s ponikanjem
Bregarjevo zavetišče na Planini Viševnik	suha apno, žaganje	ponikovalnica

6.3 Siva in črna voda

Uporaba sive vode je v Sloveniji prava redkost, kar je logično, saj imamo trenutno na voljo še dovolj velike količine vode in zato ni potrebe po taki vrsti reciklaže vode oz. ta ni ekonomsko upravičena. Kljub temu, da so na gorskih postojankah količine vode omejene (še posebej v sušnem delu leta), se siva voda po mojih videnjih ne izkorišča. V večini postojank se kot vir vode uporablja deževnica, zato so skupne količine vode odvisne od količine padavin. V sušnih obdobjih, ko se rezervoarji hitro praznijo je zato potrebno vsako kapljo smotrno izkoristiti in se nagibati k čim nižji porabi vode ter njeni reciklaži.

Edina voda, ki ima potencial za ponovno uporabo vode je siva voda, črna voda je preobremenjena in ni primerna za reciklažo oz. je njena ponovna uporaba neekonomična. Uporaba alternativnih stranišč na gorskih postojankah je zaradi množice obiskovalcev najprimernejša, zato črne vode v tem primeru pravzaprav ne bi bilo in vsa odpadna voda bi bila siva voda. Z uporabo teh stranišč se izognemo nepotrebni porabi vode za transport odpadnih snovi, s čimer se znižajo skupne količine odpadne vode. Tako namesto črne vode zbiramo trdne organske odpadke, katerih količine so bistveno nižje in zato primernejše za transport, kompostiranje oz. drug način obdelave. Ob upoštevanju dejstva, da živimo v 21. stoletju in vsej tehnologij, ki jo imamo na voljo je kar malo ironično, da se že tako omejene količine visoko kvalitetne vode porabljajo za splakovanje stranišč, ki se nato čisti in na koncu ne povsem prečiščena onesnažuje občutljivo gorsko okolje. Uporaba klasičnih stranišč na gorskih postojankah je iz tega neprimerna in dejstvo, da je še vedno najbolj razširjena uporaba prav teh stranišč je zaskrbljujoče. Verjetno posledica pomanjkanja finančnih sredstev, znanja ter ekološke ozaveščenosti.

Siva voda v večini primerov gorskih postojank ne more imeti tako velike uporabne vrednosti, kot pa v klasičnih gospodinjstvih, saj na gorskih postojankah ni toliko dejavnosti za katere bi jo lahko uporabili (npr. zalivanje vrta). V poštev za ponovno uporabo pride zgolj znotraj postojank (za izpiranje stranišč), razen če nimajo okoli kakšnih nasadov, vrtov ipd.

Ob predpostavki, da se na gorskih postojankah uporabljajo alternativna stranišča, se večina vode porabi za pitje, tuširanje, nego telesa in pa pripravo hrane v kuhinjah, za kar pa siva voda ni uporabna. Rešitev v zvezi z odvodnjo sive vode vidim v postavitvi manjših RČN okoli postojank, ki vodo očistijo do te mere, da je voda primerna za zalivanje rastlinja oz. izpust v okolico. Na tak način vračamo vodo v naravni vodni krog. Ob primernem upravljanju in vzdrževanju je RČN zanesljiva, učinkovita in poceni tehnologija. Učinkovito delujejo tudi v alpskih regijah v ekstremnih vremenskih razmerah, npr. v času zmrzali. Tuje študije govorijo v prid učinkovitemu delovanju RČN tudi pozimi, ko so te naprave prekrite s snegom, saj dosegajo zaradi talne mikrobne aktivnosti visoko stopnjo očiščenja.

7 PRIMER OPTIMIZACIJE RABE VODE NA GORSKI POSTOJANKI KAMNIŠKO SEDLO

Koča (slika 46) stoji na nadmorski višini 1903 m in se nahaja na prisojni strani tik pod grebenom Kamniškega sedla. Greben povezuje Planjavo in Brano. Drugo ime za sedlo je Jermanova vrata, ki je nastalo v času rokovnjačev. Kočo so zgradili člani Kamniške podružnice SPD. Priprave na gradnjo so se začele že leta 1902, dogradili in odprli pa so jo avgusta 1906. Leta 1953 je planinsko društvo Kamnik kočo obnovilo ter prizidalo jedilnico. Leta 1955 so postavili tovorno žičnico s čimer je koča postala premajhna in ni več ustrezala zahtevam obiskovalcem. Zato so v maju leta 1981 začeli s podiranjem stare in gradnjo nove koče, ki so jo odprli julija 1983. Leta 1990 so na koči postavili prve sončne celice za pridobivanje električne energije. Leta 1999 je koča dobila čistilno napravo in nadgrajen fotovoltaični sistem (sončne celice).

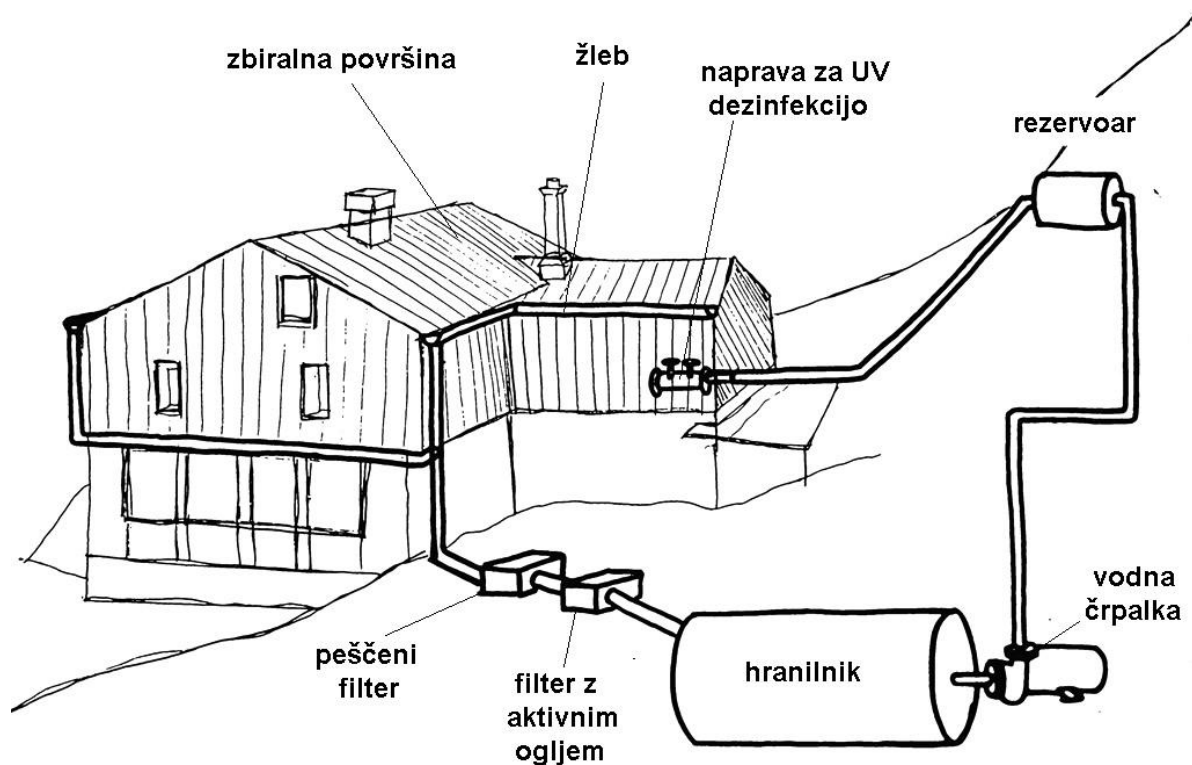
Koča je odprta od sredine junija do sredine oktobra. Osrednji gostinski prostor premore 120 sedežev ter točilni pult. Koča premore 150 ležišč, od tega 92 v sobah, 50 skupnih ležišč ter v zimski sobi 20 ležišč. Urejeno imajo umivalnico in prho s toplo in mrzlo vodo(2 tuša). Imajo 5 klasičnih stranišč ter pisoarje brez izpiranja z vodo. Za oskrbo z vodo uporabljajo kapnico, odpadno vodo čistijo z malo čistilno napravo. Kot vir elektrike jim služijo fotovoltne celice, vetrni generator in agregat (nafta). V sezoni (od 10.6 do 10.10) obiše kočo blizu 15.000 pohodnikov, od tega jih prenoči približno 1000.



Slika 46: Koča na Kamniškem sedlu

7.1 Opis sistema oskrbe z vodo

Kapnica se zbira in čisti s sistemom, ki je razviden iz slike 47. Površina strehe znaša 300 m^2 in je narejena tako, da se lahko v močnejšem nalivu (v nekaj urah) zbere tudi 5 m^3 in več vode. V obdobju sezone (od junija do oktobra) po podatkih pridobljenih iz arhiva ARSO (10 letno povprečje) zapade 187 mm padavin, kar na lovilni površini velikosti 300 m^2 nanese okoli 56 m^3 vode mesečno (preglednica 6). Žlebovi (slika 48) po katerih se zbira deževnica so povezani z glavno cevjo (slika 49), ki vodi do rezervoarja. Na poti do rezervoarja gre deževnica skozi peščeni in ogljeni filter (oba vkopana v zemljo), tako prefiltrirana voda se zbira v glavnem zbiralniku (slika 50), ki je iz betona in se nahaja na desni strani koč. Prostornina hranilnika znaša 75 m^3 , vkopan pa je v breg. V glavnem zbiralniku je vodna črpalka, ki pošlje vodo v rezervoar (slika 51), ki se nahaja približno 50 m stran od koč. Njegova prostornina znaša približno 5 m^3 , nahaja se približno 30 višinskih metrov nad koč, s čimer je rešena težava glede tlaka vode v koči. Vsa voda, ki jo uporabljajo v koči gre skozi UV dezinfekcijsko napravo (slika 52), ki se nahaja v kleti.



Slika 47: Sistem za zbiranje in čiščenje deževnice v koči na Kamniškem Sedlu



Slika 48: Detajl žleba



Slika 49: Zbiralne cevi



Slika 50: Pogled v večji rezervoar



Slika 51: Manjši rezervoar



Slika 52: UV dezinfekcijska naprava

Preglednica 6: Količine prestreženih padavin s strehe v 10 letnem obdobju (m³)

leto	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sept	okt	nov	dec	Σ
2000	3,3	5,1	58	35	54	46	70	23	51,3	66	242	66	719
2001	79	9	145	53	27	66	29	7,2	137	25	28	16	620
2002	4,2	32	21	58	40	64	56	94	28,5	59	66	17	537
2003	33	10	1,8	28	28	32	27	40	50,4	83	74	56	463
2004	28	47	23	45	58	72	59	59	50,1	88	32	62	623
2005	1,8	11	18	71	40	29	76	106	57,6	25	49	45	530
2006	18	26	65	46	56	30	20	83	37,5	36	34	8,4	460
2007	32	53	66	9,6	36	32	53	67	107	43	24	23	545
2008	42	16	49	85	36	54	94	54	15,3	69	58	141	712
2009	16	39	66	49	38	126	53	46	54,6	52	48	134	723
povp	26	25	51	48	41	55	54	58	58,8	55	65	57	593

Vodo dvakrat na leto pošljejo v analizo v Celjski laboratorij. Upravljevec koče pravi, da so izvidi (slika 53) največkrat nekako na meji (bolj pozitivni, kot ne), zato ima uradno napisano, da voda ni pitna.

POROČILO O PRESKUSU

Pošiljatelj, Naročnik, Plačnik, Lastnik: **PLANINSKO DRUŠTVO KAMNIK**, Šutna 42, 1240 KAMNIK
Poslano v vednost: pošiljatelju

Sprejem: **10.07.2012 ob 09:00**, Preiskano do: **13.07.2012**

Namen odvzema: **Notranji nadzor**

Vzorci prinesel: **Naročnik**

Vzorec: **Pitna voda**

Odvzel: **Naročnik**
Datum odvzema: **10.07.2012 ob 06:30**
Stanje ob prevzemu: **ustrezno**
Lokacija: **KAMNIŠKO SEDLO**
Odvzemno mesto: **kuhinja**

Preiskava: **Pitne vode redna preiskave Colilert**

Zahtevek: Kriteriji za zahtevane parametre so povzeti po pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS, št. 19/2004,35/2004,26/2006,92/2006,25/2009).

PARAMETER	METODA	PREISK. KOLIČINA	KRITERIJ	REZULTAT	ENOTA	ZAČETEK KONEC
<i>Escherichia coli</i>	Colilert 18 Quanti-Tray 36±2°C	100 ml	ni najdeno	ni najdeno	MPN/100 ml	10.07.2012 10:10 13.07.2012 08:54
Koliformne bakterije	Colilert 18 Quanti-Tray 36±2°C	100 ml	ni najdeno	ni najdeno	MPN/100 ml	10.07.2012 10:10 13.07.2012 08:54
Število kolonij pri 22° C	ISO 6222:1999	1 ml	/	130	CFU/ml	10.07.2012 10:10 13.07.2012 08:54
Število kolonij pri 36° C	ISO 6222:1999	1 ml	100	140	CFU/ml	10.07.2012 10:10 13.07.2012 08:54

Točke: **11**

Slika 53: Poročilo o preskusu

Iz rezultatov analize je razvidno, da bakterij *Escherichia coli* ni, kar pomeni, da ni fekalnega onesnaženja. Koliformne bakterije tudi niso prisotne. Prisotnost koliformnih bakterij se uporablja kot pomoč pri ugotavljanju prisotnosti onesnaženja z organskimi in anorganskimi snovmi iz okolja, ustreznosti postopka priprave vode, onesnaženja po pripravi ter poškodb ali napak na/v omrežju.

Rezultati analize niso ustrezni pri kriteriju števila kolonij pri 22°C in 36°C. S tema dvema parametroma se določa število bakterij, ki so lahko prisotne v vodi kot normalna flora. Temperatura pomeni, pri kakšni temperaturi so jih inkubirali v laboratoriju, gre pa predvsem za bakterije nefekalnega izvora. Število kolonij pri 36°C nam pomaga pri oceni porekla bakterij. Iz rezultatov analize lahko sklepamo, da voda ne ustreza kriterijem pitne vode zaradi neustrezne dezinfekcije.

7.2 Ravnanje z odpadno vodo

Za čiščenje odpadne vode uporabljajo malo čistilno napravo tipa precejalnik (slika 54). Tak način čiščenja dosega visoke stopnje očiščenja pri komunalnih odpadnih vodah, po besedah oskrbnika je učinek precejalnika na Kamniškem sedlu 90%.

Precejalniki posnemajo biološko samočiščenje v naravi. V tekočih vodah je ta proces najintenzivnejši na dnu, kjer se na kamnih razvije bakterijska združba, ki se imenuje pritrjena biomasa oz. biofilm in s svojim metabolizmom čisti vodo. Pri precejalnikih predstavlja naselitveno površino za bakterijsko združbo polnilni material (plastične kocke, gramoz). Biomasa se tekom svojega življenjskega ciklusa obnavlja, odvečna oz. odmrla plast se sedimentira v sekundarnem usedalniku. [29]

V precejalniku se kot polnilni material uporabljajo plastične kroglice, ki se nahajajo v dveh posodah, tretja posoda pa služi kot usedalnik, v kateri se s pomočjo mrežastih vreč zbira usedlina, ki se po koncu sezone s tovorno žičnico odpelje v dolino. Odpadna voda se prvotno zbira v greznici, iz katere se nato po besedah upravnika na približno tri tedne oz. po potrebi prečrpa v čistilno napravo, kjer se očisti in izpusti v okolje.



Slika 54: Precejalnik

7.3 Predlog ureditve

7.3.1 Deževnica

Ocena volumna kapnice glede na porabo vode

S pomočjo preglednice 7 je ocenjena količina porabljene vode in sicer se dnevno ob vikendih porabi $\sim 2 \text{ m}^3$ vode (200 dnevnih obiskovalcev, 20 nočitev, 1 osebje), med tednom $\sim 1 \text{ m}^3$ vode (100 dnevnih obiskovalcev, 10 nočitev, 1 osebje), kar mesečno nanese $\sim 45 \text{ m}^3$ vode.

Preglednica 7: Poraba vode po kategorijah [68]

kategorija	poraba vode (l/dan)
osebje	100
nočitev	25-60
dnevni obiskovalec	5 -15

Iz preglednice 6 so razvidne količine vode, ki zapadejo na 300 m^2 veliko zbiralno površino v obdobju enega meseca. V preglednici 8 so te vrednosti zmanjšane za število 45, kolikor znaša povprečna mesečna poraba vode v koči (v m^3). Upoštevani so samo podatki za obdobje sezone, v obdobju katere nastopi največji deficit vode, na podlagi katerega se oceni velikost rezervoarja. Negativne vrednosti se v tabeli pojavijo takrat, ko je mesečna količina porabljene vode večja od količine vode, ki se zbere s strehe.

Preglednica 8: Presežki in primankljaji vode (m^3)

leto	jun	jul	avg	sept	okt	Σ
2000	1	25	-22	6,3	21	31,3
2001	21	-16	-37,8	92	-20	39,2
2002	19	11	49	-16,5	14	76,5
2003	-13	-18	-5	5,4	38	7,4
2004	27	14	14	5,1	43	103,1
2005	-16	31	61	12,6	-20	68,6
2006	-15	-25	38	-7,5	-9	-18,5
2007	-13	8	22	62	-2	77
2008	9	49	9	-29,7	24	61,3
2009	81	8	1	9,6	7	106,6

Največji primanjkljaj vode se je v tem 10 letnem obdobju meritev pojavil v letu 2001. V mesecih juliju in avgustu je bil skupni primanjkljaj vode $53,8 \text{ m}^3$, se pravi tolikšno količino vode v hranilniku so takrat morali imeti na zalogi za nemoteno preskrbo z vodo v koči v mesecih juliju in juniju. Na podlagi 10 letnih podatkov je torej minimalna velikost hranilnika ocenjena na $53,8 \text{ m}^3$.

Ocena volumna kapnice po Sketelju z uporabo krajevnih enačb

Enačbo, ki zajame vse padavinske značilnosti določene meteorološke postaje, imenujemo krajevna enačba. Krajevne enačbe so v delu Eksakten način dimenzioniranja kapnic (avtoja Janka Sketelja) definirane le za nekatere meteorološke postaje širom Slovenije. Za približno oceno velikosti kapnice sem izbral meteorološko postajo Kal nad Kanalom (opazovano obdobje 46 let), katere meteorološke značilnosti so najbolj podobne tistim na Kamniškem Sedlu. Pri 20-letni povratni dobi je najmanjša dopustna velikost vodohrana ocenjena na $72,15 \text{ m}^3$ (preglednica 9).

Preglednica 9: Najmanjša prostornina vodohrana in velikost zbiralne površine [67]

Povratna doba [let]	najmanjša dopustna prostornina vodohrana [m^3]	najmanjša dopustna velikost zbiralne površine [m^2]
20	72,15	315,9
100	95,7	315,9
200	105,75	315,9
1000	133,95	315,9

Sklep

Dobili smo dve oceni velikosti rezervoarja, $53,8 \text{ m}^3$ in $72,15 \text{ m}^3$. Za nadaljne dimenzioniranje izberemo večjo vrednost in jo zaokrožimo na 75 m^3 , kolikor tudi znaša velikost sedanjega rezervoarja. Zdajšnja velikost je po tej oceni ustrezna oz. lahko rečemo, da kar optimalna. V primeru novogradnje rezervoarja bi bile okvrine notranje mere rezervoraja $5 \times 5 \times 3,5 \text{ m}$, dodatnih 50 cm za vgradnjo preлива, ki v deževnem obdobju odvaja odvečne količine vode.

Ocena količin zbrane vode v različnih časovnih intervalih

Po Kolarju (preglednica 10) lahko ocenimo okvirne količine vode, ki se zbere na 300 m² veliki zbiralni površini v različnih časovnih intervalih (povratna doba je eno leto) :

- v 10 minutnem intervalu na 300 m² veliki strehi zbere ~4 m³ vode
- v 60 minutnem intervalu na 300 m² veliki strehi zbere ~9,5 m³ vode
- v 360 minutnem intervalu na 300 m² veliki strehi zbere ~22,7 m³ vode. [69]

Podatki se sicer nanašajo na meteorološko postajo Savica, vendar so podnebne razmere zelo podobne in podatki ustrezni za okvirno oceno količin zbrane vode v različnih časovnih intervalih.

Preglednica 10: Izenačene vrednosti gospodarsko enakovrednih nalivov [69]

Pogostost naliva [n]	JAKOST ODTOKA NALIVOV [l/s/ha], trajanje [min] Meteorološka postaja Savica										
	5	10	15	20	30	60	90	120	180	300	360
0,1	489,3	323,2	253,6	220,6	181,4	129,7	106,6	92,8	76,2	59,6	56,4
0,2	453,5	297,3	232,1	202,2	167,5	120,8	99,8	87,2	72,1	56,7	52,8
0,5	416,3	272,4	212,6	184,6	151,2	107,6	88,1	76,6	62,7	48,8	44,8
0,67	391,3	258,2	202,4	175,1	142,8	100,7	82,1	71,1	57,9	44,8	46,7
1	340,1	227,6	180	155,6	126,8	89,3	72,7	62,9	51,2	39,6	35
2	286,7	192,8	155,4	133,4	107,5	74,4	60	51,5	41,5	31,6	27,1
4	226	133,1	126,8	108	86,1	58,5	46,6	39,7	31,7	23,8	20,1
6	194,5	109,2	109,7	92,8	73,4	49,1	38,8	32,8	25,9	19,3	16,6

7.3.2 Pitna voda

Rezultati analize vode kažejo previsoko število kolonij tako pri 22°C kot tudi pri 36°C. Problem je torej v neustrezni dezinfekciji. Dezinfekcija je lahko neučinkovita zaradi prešibke dezinfekcijske naprave (morda je ta samo neustrezno vzdrževana) ali pa zaradi neučinkovite predhodne filtracije. Če voda ni ustrezno predhodno prefiltrirana vsebuje suspendirane snovi, ki povzročajo motnost vode. Suspendirani delci absorbirajo UV svetlobo, posledično mikroorganizmi ne dobijo dovolj velike doze žarčenja in so zato prisotni v prevelikem številu.



Slika 55: UV dezinfekcijska naprava [42]

Za ustrešno rešitev problema dezinfekcije bi bilo potrebno s spektrofotometrom pomeriti motnost oz. vsebnost suspendiranih snovi. V primeru, da bi spektrofotometer pokazal vrednosti večje od 5 NTU, bi bilo potrebno urediti predhodno filtriranje. Predhodno filtriranje je trenutno sestavljeno iz dveh filtrov in sicer peščenega in filtra z aktivnim ogljikom. Ker sta vkopana v zemljo ju na ogledu ni bilo videti, skrbnik tudi pravi, da ju še ni videl, zato se poraja vprašanje kdaj, če sta sploh bila kdaj očiščena oz. zamenjana. Če pa bi spektrofotometer pokazal vrednosti nižje od 5 NTU, bi bilo potrebno zamenjati oz. nadgraditi UV dezinfekcijsko napravo. Na spletu je dostopno veliko število naprav, lep primer je UV dezinfekcijska enota razvidna iz slike 55, katere zmogljivost dezinficiranja je 37,5 l/min. Tako dezinficirana voda bi bila varna za uporabo za vse namene v gorski postojanki.

Izključno za potrebe pitja, kuhanja in priprave napitkov, kjer je potrebna visoka kvaliteta vode, bi v kuhinji oz. ob točilni mizi vgradil tako imenovani podpultni vodni filter. Tak filter se s pomočjo križnega ali T kosa namesti na dovod hladne vode, zagotavlja pa nam popolnoma čisto in zdravo vodo odličnega okusa. Na sliki 56 je podpultni vodni filter, ki iz vode odstrani vsa možna organska onesnažila, hormone, trihalometane, pesticide, azbest, težke kovine (svinec, živo srebro, krom...), protozanske ciste *Giardia*, kriptosporidije in ostale enocelične organizme. Hitrost pretoka vode skozi filter je približno 3 l/min, kar je približno trikrat manj od običajnega pretoka skozi pipo. To je popolnoma dovolj za pripravo napitkov, hrane ter vode za namen pitja. Če si bo gorski popotnik zaželel čiste pitne vode, mu ne bil problem počakati 20 sekund, da si napolni litersko steklenico vode.



Slika 56: Podpultni filter 0,5 mcr [59]

Filtni vložek je potrebno menjati na eno leto oz. na pretočenih 10000 l vode. Še nekaj tehničnih podatkov o filtru:

- mikro filtriranje vode 0,5 mcr (aktivno oglje),
- filtriranje vode 3 L/min,
- ohišje filtra standardne velikosti 10 ",
- priključka $\frac{3}{8}$ ",
- dimenzije (širina x višina x globina) 12 x 34 x 12 cm,
- priklop na hladno vodo (maksimalna temperatura vode 40°C).

[30]

Ena izmed možnih rešitev problema dezinfekcije in stabilizacije vode bi bila uporaba klora in sicer v obliki natrijevega hipoklorita ali klorovega dioksida (slika 57). Najbolje bi bilo, da bi se sistem za dezinfekcijo lociral na zgornjem rezervoarju, torej po filtriranju. V tem rezervoarju bi se naenkrat dezinficiralo po 5 m³, kolikor je tudi velikost rezervoarja. Ko bi se voda porabila, bi se postopek dezinfekcije ponovil. Ta rešitev je morda manj praktična, problem bi bil ta, da bi imeli v koči ob trenutni ureditvi sistema mrke dotoka vode - da se voda ustrezno dezinficira je potrebno počakati ustrezni kontaktni čas (~30 minut). Poleg tega pa v primeru uporabe natrijevega hipoklorita nastajajo tudi stranski produkti - trihalometani, za katere vemo, da so kancerogeni.



Slika 57: Set za dezinfekcijo vode s klorovim dioksidom [67]

Uporaba teh dveh vrst klorovih preparatov je preprosta. Klorov dioksid je v trdnem agregatnem stanju – beli prašek, natrijev hipoklorit pa v tekočem agregatnem stanju. Potrebno je le pravilno doziranje (odvisno od koncentracije preparata) in mešanje. Nato se počaka približno pol ure oz. predpisani kontaktni čas, v katerem se uničijo mikroorganizmi. Zatem se s kolorimetrom odmeri koncentracijo rezidualnega klora, ki mora ustrezati predpisom (0,3 – 0,5 mg/L vode), v nasprotnem primeru dodajamo sredstvo za dezinfekcijo dokler ne dosežemo potrebne koncentracije prostega rezidualnega klora.

7.3.3 Odpadna voda

Trenutno se vse tri vrste odpadnih voda (siva, rumena in črna) zbirajo skupaj, ta mešanica pa se čisti v mali čistilni napravi oz. precejalniku. Ta način ravnanja je sicer praktičen in enostaven, vendar iz vidika današnjega znanja o čiščenju odpadnih voda ni optimalen. Namreč črna voda je bistveno bolj obremenjena kot sta siva in rumena in zato potrebuje drugačne postopke čiščenja. Z mešanjem teh treh vrst voda pa po nepotrebnem dobimo velike količine precej onesnažene vode, ki bi jo lažje in učinkoviteje očistili, če bi ločeno čistili na eni strani črno in na drugi sivo ter rumeno vodo.

Sistema, ki je trenutno v uporabi se ne da kaj prida optimizirati. Vse kar lahko naredimo je to, da zmanjšamo količine porabljene vode, kar dosežemo z minimizacijo količin vode v kotličkih ter vgradnjo pip s časovnim ventilom (slika 58). S tem bi pridelali nekoliko nižje količine odpadne vode, vendar nekih drastičnih sprememb ne bi bilo.



Slika 58:Pipa s časovnim ventilom [60]

Če bi želeli bistveno zmanjšati količine pridelane odpadne vode in s tem tudi vpliv na okolje, bi se morali lotiti reševanja problema na drugačen način. V optimalnem primeru črne vode sploh nebi bilo, z uporabo alternativnih stranišč (vakuumska, kompostna) bi namesto črne vode zbirali trdne organske odpadke, ki so primerni za takojšnje kompostiranje, odvoz v dolino oz. drug način obdelave. V tem primeru bi bili edini vrsti odpadne vode siva in rumena, ki bi ju lahko čistili na več načinov, najenostavnejša in najcenejša je postavitev rastlinske čistilne naprave.

V teoriji je ločeno čiščenje odpadne vode zelo preprosto, vse kar je potrebno je sistem, s katerim ločeno zbiramo sivo ter rumeno in črno vodo. Vendar je to v praksi bistveno bolj zapleteno, še posebej v primeru starih gradenj, kjer so za izgradnjo sistema potrebni konkretni gradbeni posegi.

Možne rešitve (ob predpostavki, da se lokacija stranišč ne spreminja) za ločeno zbiranje in obdelavo odpadne vode v koči na Kamniškem sedlu so naslednje:

- Postavitev samostojnih kompostnih stranišč

Najelegantnejša in predvsem najcenejša je zamenjava sedanjih klasičnih straniščnih školjk s samostojnimi kompostnimi stranišči (slika 59). Ta rešitev bi zahtevala minimalno količino gradbenih posegov, vse kar bi bilo potrebno zagotoviti je dotok svežega zraka za zračenje stranišč. Od skrbnika koče bi ta stranišča zahtevala nekoliko več dela, saj bi jih bilo potrebno prazniti dnevno oz. po potrebi. Vsebina bi se lahko deponirala v kompostniku ali pa odlagala v večji zbiralnik, ki bi se nato s tovorno žičnico odvažal v dolino. S tako ureditvijo nebi imeli več produkcije črne vode, prvotni sistem za odvajanje odpadne vode pa bi služil zbiranju sive in rumene vode.



Slika 59: Kompostno stranišče [61]

- Postavitev centralnega kompostnega sistema stranišč

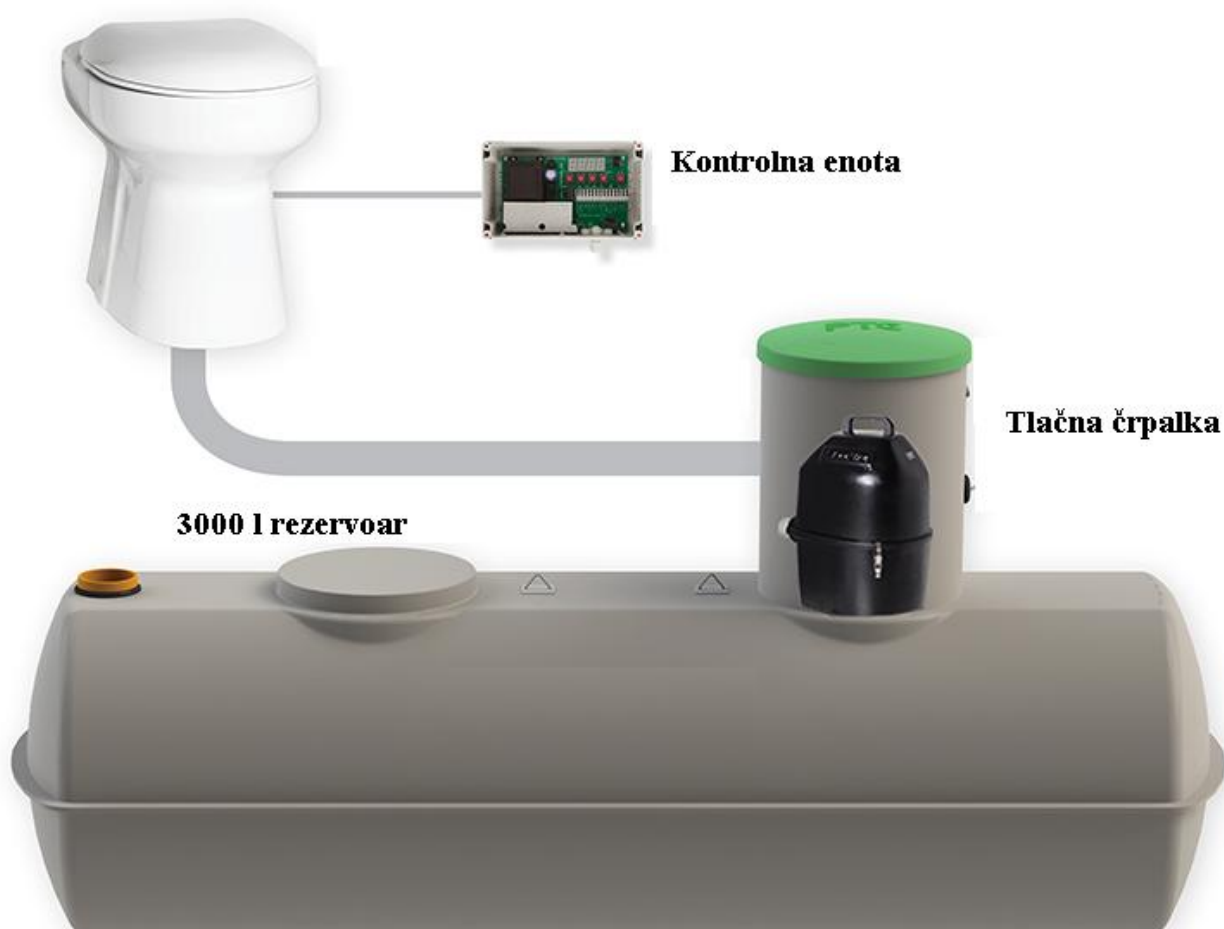
Ta različica stranišč (slika 60) je zelo podobna zgornji, razlika je v tem, da se trdni organski odpadki oz. izločki zbirajo v skupnem rezervoarju. Razlika je tudi ta, da se za izplakovanje oz. transport izločkov do centralnega rezervoarja uporablja vodo, vendar so količine zanemarljive v primerjavi s klasičnih stranišči. Tak sistem bi od oskrbnika zahteval manj dela, saj bi bilo vsebino potrebno prazniti le iz enega rezervoarja. Vsebina bi se prav tako deponirala v kompostniku ali pa s tovorno žičnico odvažala v dolino. Je pa ta sistem bistveno bolj zahteven kar se tiče gradbenih posegov, namreč za povezavo stranišč s skupnim rezervoarjem, ki bi se nahajal v prostoru pod stranišči, bi bilo potrebnega bistveno več dela kot pa v prvem primeru.



Slika 60: Centralni kompostni sistem stranišč [62]

- Postavitev vakuumskih stranišč

Tretja možna rešitev je zelo podobna drugi, razlika je le v načinu odvajanja odpadnih snovi iz stranišč. Ta se namreč odvajajo s pomočjo vakuuma. Tlačna črpalka naredi v dveh posodah razliko v tlakih. Vsebina iz posode z višjim tlakom (školjka) gre v posodo z nižjim tlakom (rezervoar), pri tem pa se za eno izplakovanje porabi le 0,6 l vode. Vsebina v rezervoarju je zelo zgoščena v primerjavi s črno vodo in primerna za kompostiranje, odvoz v dolino ali drug način obdelave. [31]



Slika 61: Vakuumski straniščni sistem [63]

Nadaljnega ravnanja z odpadno organsko snovjo oz. blatom se lahko lotimo na več načinov. Lahko ga s pomočjo neprepustne posode prek tovorne žičnice prepeljemo v dolino, lahko pa blato kompostiramo ali sušimo nekje v bližini gorske postojanke. Pri postopkih kompostiranja in sušenja blata si pomagamo z naslednjimi pokritimi objekti:

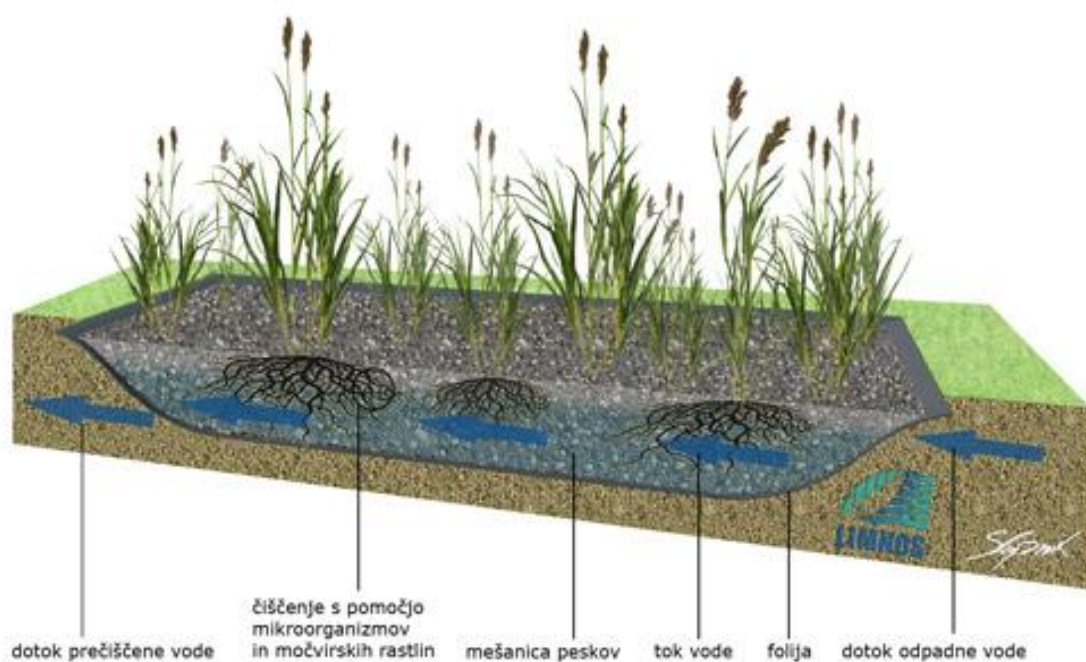
- Sušilnimi gredami; del vode se prek drenaže odcedi, del vode izhlapi. Objekt mora biti dobro prezračen in biti na osončeni lokaciji.
- Solarnimi sušilniki; voda se prek drenažo na dnu odceja. S pomočjo sonca segret zrak kroži po površini blata in na tak način izsušuje blato. Bolj intenzivno kroženje zraka in s tem hitrejšo sušenje blata dosežemo z uporabo ventilatorjev.
- Kompostniki (slika 62); blato se s pomočjo naravnih procesov huminizira (pri tem se u zmanjšata volumen in teža).

S sušenjem blata dosežemo predvsem zmanjšanje volumna in teže, s čimer je blato primernejše za transport v dolino. Učinkovitejše ravnanje z blatom je kompostiranje, saj se nastali kompost (10% prvotne teže) lahko deponira v bližini postojanke (razen če ne gre za vodovarstveno območje in je to z zakonom prepovedano). Z ogrevanjem kompostnika (uporaba sončnih kolektorjev) lahko pospešimo proces kompostiranja tudi za 70%. [2]



Slika 62:Kompostnik [64]

Za čiščenje sive vode in rumene vode iz pisoarjev bi predlagal postavitev rastlinske čistilne naprave s podpovršinskim tokom (slika 63). Skozi grede, ki so napolnjene z grobozrnatim peskom, prodom ali drugim substratom se pretaka odpadna voda, ki se prek fizičnih, kemičnih in mikrobioloških očisti do te mere, da je primerna za izpust v okolico. Da bi se izognili nepotrebemu ponikanju hranil in kontaminaciji nižje ležečih vodnih virov, se izpust iz rastlinske čistilne naprave locira na mesta, kjer je poraba hranil večja (grmičevje, drevesa...). Velikost rastlinske čistilne naprave je seveda odvisna od količine odpadne vode. V okolici gorske postojank je zadosti prostora za postavitev ustrezno velike RČN, ki bi že sedaj uspešno čistila vso odpadno vodo. Ob predpostavki, da bi se uporabljala alternativna stranišča, bi bilo odpadne vode bistveno manj, zato problemov s prostorom na Kamniškem sedlu glede tega ni. Tudi drugi pogoj za postavitev RČN je izpolnjen – nadmorska višina 1864 m je nižja od mejne nadmorske višine 1900 – 2000 m. [32]



Slika 63: RČN [65]

8 SKLEPI

Slovenija je geografsko gledano zelo raznolika dežela. Premore kraški, obalni, nižinski, hriboviti in gorski svet, s čimer se lahko pohvali le redko katera država. Je ena izmed najbolj goratih držav v Evropi, gorski svet predstavlja kar 78% površine, na tem območju pa živi 64% prebivalstva. Gorski svet je lep, ponekod neokrnjen in potencial za razvoj turizma je ogromen. Ohranitev zdajšnjega ali ponekod morda celo izboljšanje stanja okolja je mogoče doseči z zmanjševanjem vpliva človeka. Eden izmed pomembnejših vplivov je način izkoriščanja vode in nadalje ravnanje z odpadnimi vodami, ki ponekod že ogrožajo nižje ležeča zajetja pitne vode. [33]

Današnja način izkoriščanja vode v večini gorskih postojankah še zdaleč ni optimalen. Kljub temu, da imajo v večini postojank na voljo velike količine deževnice (ki je ena izmed najčistejših voda v naravi) ali izvirske vode, ki jo do visoko kvalitetne pitne vode loči le nekaj filtrov in ustrezna dezinfekcija, premorejo pitno vodo le iz plastenk. Plastenke predstavljajo dodaten problem – odpadki, ki ga je potrebno odvažati v dolino, poleg tega pa vsi vemo, da voda iz večine plastenk vsebuje motilce hormonov, ki so zdravju škodljivi. Rešitev problema preskrbe s pitno vodo vidim v tako imenovanih point-of-use (mesto uporabe) filtrskih sistemih, ki bi ob ustrezni predhodni filtraciji in dezinfekciji zagotavljali visoko kvalitetno pitno vodo za namene pitja in kuhanja, za druge, manj plemenite namene bi se pa uporabljala le predhodno filtrirana in dezinficirana voda.

Ravnanje z odpadnimi vodami na gorskih postojankah prav tako ni optimalno. Veliko postojank rešuje problem odpadnih voda v greznicah s ponikanjem, ki težko presežejo učinek čiščenja čez 40%. Nekatere postojanke sicer uporabljajo različne vrste čistilnih naprav kot so npr. precejalniki, učinek čiščenja je bistveno boljši kot v primeru uporabe greznic, vendar tudi to ni optimalen način čiščenja odpadnih voda. Največji problem je uporaba klasičnih stranišč in s tem povezana produkcija črne vode. Zakaj bi čisto vodo uporabljali za izpiranje blata, s tem ustvarjali velike količine črne vode, jo nato do neke mere očistili in nato nepopolno očiščeno izpuščali v okolje, če pa obstajajo učinkovitejše rešitve? Ena izmed teh je uporaba alternativnih stranišč, pri katerih ne nastaja črna voda ampak imamo opravka s trdnimi organskimi odpadki oz. blatom, katerega količine so bistveno nižje od količin črne vode, ki bi

jo pridelali z uporabo klasičnih stranišč. Blato, zbrano z alternativnimi stranišči je mogoče osušiti in ga na ta način pripraviti na transport v dolino, še bolje pa je blato obdelati v kompostnikih in nastali končni kompost deponirati v okolici gorske postojanke. Kompostniki in sušilci blata so pokriti objekti, zato blato v času padavin ne pride v stik z vodo, kar pomeni da se za razliko od čistilnih naprav izcedne vode ne spirajo v okolico oz. teh pravzaprav ni.

Tako sta edini preostali vrsti odpadnih voda siva in rumena voda, ki ju je mogoče učinkovito čistiti z uporabo rastlinskih čistilnih naprav, kjer pa razmere ne omogočajo izgradnje ali delovanja rastlinskih čistilnih naprav je pa mogoče čiščenje odpadnih voda z ostalimi vrstami čistilnih naprav.

Tako kot povsod je tudi v primeru naših gorskih postojank največji problem zagotavljanje finančnih sredstev. Za planinska društva oz. druge pravne ali fizične osebe, ki upravljajo s planinskimi postojankami predstavljajo čistilne naprave in ostala oprema za pripravo pitno vode ogromne investicije, ki si jih težka privoščijo. To je tudi poglavitni vzrok za trenutno nepopolno ravnanje in upravljanje z vodami ter čiščenjem odpadnih voda v občutljivem gorskem okolju. Ampak tudi to se bo sčasoma spremenilo, z letom 2017 bo začel veljati predpis, ki bo prepovedoval uporabo pretočnih greznic. Najkasneje takrat bodo vse postojanke primorane v uporabo naprednejših sistemov za čiščenje odpadne vode, v nasprotnem primeru bodo kočje morale zapreti svoja vrata. Samo upamo lahko, da se bo do takrat zavest posameznikov – skrbnikov koč oz. planinskih društev dvignila do te mere, da se odločijo za celostno rešitev problema ravnanja z odpadnimi vodami in ne zopet za najcenejšo varianto, ki bo rešila problem le do te mere, da bo zadoščeno zakonu.

VIRI

- [1] Pitna voda. 2012. Murska Sobota, Zavod za zdravstveno varstvo Murska Sobota, <http://www.zzv-ms.si/si/voda/Pitna-voda.htm> (Pridobljeno 25. 7. 2012.)
- [2] Peterlin, B. 2012. Čiščenje odpadnih voda v Triglavskem narodnem parku. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva (samozaložba B. Peterlin): 70 str.
- [3] Odpadna sanitarna voda (siva voda). 2012. EECM http://eecm.eu/slo/?page_id=79 (Pridobljeno 4. 8. 2012.)
- [4] Premzl, B. 2001. Čiščenje odpadnih vod v malih čistilnih napravah. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo (samozaložba B. Premzl): 194 str.
- [5] Pomen posameznih fizikalno – kemičnih parametrov. 2012. Murska Sobota, Zavod za zdravstveno varstvo Murska Sobota <http://www.zzv-ms.si/si/pitna-voda/Pomen-posameznih-fizikalno-kemicnih-parametrov.htm> (Pridobljeno 25. 7. 2012.)
- [6] MWCO. 2013 (<http://www.novasep.com/misc/glossary.asp?defId=231&lookfor=&search=M>) (Pridobljeno 18. 8. 2013.)
- [7] Pravilnik o pitni vodi. Ur. list RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09 <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713> (Pridobljeno 5.9.2013)
- [8] Pitna voda in njene lastnosti, 2012. Koper, Javno podjetje Rižanski vodovod Koper d.o.o http://www.rvk-jp.si/pitna_voda_lastnosti (Pridobljeno 21. 7. 2012.)
- [9] Kompare B., Rismal M., Atanasova N. (1995-2007). Priprava pitne vode. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo:187 str.
- [10] Ravnjak, M., Vrtovšek, J. 2012. Čiščenje pitne vode nekoč, danes, jutri. V: Vodni dnevi, 17. in 18.oktober 2012. Zbornik referatov: 9 str. http://www.sdzv-drustvo.si/si/vodni_dnevi/2012/referati/09-Ravnjak.pdf (pridobljeno 17. 10. 2013.)
- [11] Drev, D., 2009. Vodovod. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 194 str. <http://www.scribd.com/doc/23335105/Vodovod-2009> (Pridobljeno 12. 8. 2013.)

[12] Safewater. 2013.

http://www.safewater.org/PDFS/resourcesknowthefacts/Ultrafiltration_Nano_ReverseOsm.pdf (Pridobljeno 16. 5. 2013.)

[13] Reverzna osmoza. 2013.

<http://www.impvoda.com/> (Pridobljeno 23.6. 2013.)

[14] Natrijev hipoklorit. 2013.

<http://www.lenntech.com/processes/disinfection/chemical/disinfectants-sodium-hypochlorite.htm> (Pridobljeno 13. 8. 2013.)

[15] Prošek, E. 2011. Testiranje membranskega modula za ultrafiltracijo. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerzitetni program vodarstvo in komunalno inženirstvo (samozaložba E. Prošek): 60 str.

[16] Khoury-Nolde, N. 2010. Rainwater harvesting, European Rainwater Catchment Systems Association.

http://www.rainwaterconference.org/uploads/media/Rainwater_Harvesting_-_an_overview_.pdf (Pridobljeno 10.5. 2012.)

[17] Despins, C., Farahbakhsh, K., Leidl, C. 2009. Assessment of rainwater quality from rainwaterharvesting systems in Ontario. Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA 58.2, 117-134

[18] Hartnett White, K. 2007., Harvesting, storing, and treating rainwater for domestic indoor use.

http://rainwaterharvesting.tamu.edu/files/2011/05/gi-366_2021994.pdf (Pridobljeno 5. 9. 2013.)

[19] Grobovšek, B. 2007. Uporaba deževnice.

http://nepremicnine.si21.com/Nepremicnine_clanki/Uporaba_dezevnice.html (Pridobljeno 24. 7. 2012.)

[20] Mendez, C.B., Klenzendorf, B., Afshar, B., 2011. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater.

http://standards.nsf.org/apps/group_public/download.php/18211/Kirisits%202011%20roof.pdf (Pridobljeno 20. 9. 2013.)

[21] Medved, S. 1996. Energija in okolje v 365 dneh. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo, Center za energetske in ekološke tehnologije (Založba Foton).

- [22] Podnebne razmere v Sloveniji. Agencija republike Slovenije za okolje. 2006
http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_Slo71_00.pdf (Pridobljeno 15.5. 2013.)
- [23] Mehlhart, G., Zwerenz, A., Bernhardt H.G. 2005. Fbr (Greywater Recycling Introduction) http://www.fbr.de/fileadmin/user_upload/files/Englische_Seite/H201_fbr-Information_Sheet_Greywater-Recycling_neu.pdf (Pridobljeno 20. 8. 2012.)
- [24] Wang, C., Bao, W. 2007. Case Study Of Vacuum Urine-Diverting Sewerage System of SIEEB.Beijing, Tsinghua University, Department of Environmental Science & Engineering: 6 str.
<http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-case-study-of-vacuum-urine-diverting-sewerage-system-2007.pdf> (Pridobljeno 5. 9. 2012.)
- [25] Kompostno stranišče. 2009. Maribor, eRevija.
<http://www.erevija.com/clanek/1018/Kompostno-stranisce> (Pridobljeno 30. 7. 2012.)
- [26] Jenkins, J. 2005. The humanure handbook. Chelsea green publishing.
(<http://www.gubaswaziland.org/files/documents/resource9.pdf> (Pridobljeno 15. 4. 2013.)
- [27] Stranišče na vakum. 2010. Revija Instalater, Maribor,
<http://www.instalater.si/clanek/255/Strani%C5%A1ce-na-vakum> (Pridobljeno 20. 6. 2012.)
- [28] TNP. 2010. Analiza stanja planinskih postojank - oskrba z energijo, vodo, odvajanje odpadnih voda, ravnanje z odpadki, Interno gradivo JZ TNP: 5-13.
- [29] Žagar, T. 2009. Čiščenje Izgradnja malih čistilnih naprav za razpršeno gradnjo v ljubljanski urbani regiji. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerzitetni program Gradbeništvo, Hidrotehniška smer (samozaložba Žagar, T.): 64 str.
- [30] Vodni filter Matrikx® + Pb1 0,5 mcr. 2013.
<http://www.vodni-filter.si/filter-za-vodo-Matrikx-Pb1.html> (Pridobljeno 10. 10. 2013.)
- [31] Vakuumska stranišča. 2013.
<http://wostman.se/en/ecovac-2/> (Pridobljeno 22. 9. 2013.)
- [32] Baraga, I. 2002: Vodnoekološka problematika odpadnih voda planinskih postojank občine Kranjska Gora (v TNP). Diplomsko naloga, Ljubljana, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, (samozaložba Baraga, I.): 256 str.

[33] Savenc, F. 2004. Slovenija, najbolj gorata država EU.

<http://www.gore-ljudje.net/novosti/648/> (Pridobljeno 5. 10. 2013.)

[34] Adsorpcija, 2013.

<http://bs.wikipedia.org/wiki/Adsorpcija> (Pridobljeno 14. 7. 2013.)

[35] United States Environmental Protection Agency (EPA), Office of Water, 2005.

Membrane Filtration Guidance Manual. Office of Water: 332 str.

http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_membranefiltration_final.pdf

(Pridobljeno 19. 5. 2013.)

[36] Grubelnik, V. 2005. Kroženje vode v naravi.

http://www.grubelnik.com/galerija/02_ilustracije/007/001.jpg (Pridobljeno 20. 3. 2013.)

[37] Lawrence, T. Low impact development pollutant removal

http://www.projectcleanwater.org/pdf/lid/Pollutant_Removal.pdf (Pridobljeno 25. 3. 2013.)

[38] Slow sand filtration. 2013.

<http://3.bp.blogspot.com/>

[d_USCRGxI4s/T427d6XTPxI/AAAAAAAAAAw/pp_jiMJh1M/s400/00000294.jpg](http://3.bp.blogspot.com/d_USCRGxI4s/T427d6XTPxI/AAAAAAAAAAw/pp_jiMJh1M/s400/00000294.jpg)

(Pridobljeno 22. 3. 2013.)

[39] Granule aktivnega oglja. 2013.

http://tekstovi-pesama.com/g_img2/0/c/2252/carbon-5.jpg (Pridobljeno 10. 4. 2013.)

[40] Ogleni filter. 2013.

<http://www.viewgoods.com/general/granular-activated-carbon-filter.html> (Pridobljeno 10. 4. 2013.)

[41] Membrane technology. 2013.

<http://gdwasser.com/wp-content/uploads/2013/04/filtrationGD.960jpg.jpg> (Pridobljeno 11. 9. 2013.)

[42] UV disinfection for home, pool and pond. 2013. <http://www.alfiltra.de/uv-anlagen/fur-haushalt-pools-und-teich.html> (Pridobljeno 10. 9. 2013.)

[43] Water Disinfection - Solar Thermal Energy + UV. 2013.

<http://albertcampi.me/2012/07/17/water-disinfection-2-solar-thermal-energy-uv/> (Pridobljeno 20. 5. 2013.)

- [44] Natrijev hipoklorit. 2013.
<http://2.imimg.com/data2/DM/XY/MY-2814971/15-250x250.jpg> (Pridobljeno 20. 8. 2013.)
- [45] Ozone water generator. 2013.
http://ozone-water-generator.com/img/water_ozone_generator_tap.jpg (Pridobljeno 1. 9. 2013.)
- [46] Water filters and purification systems. 2013.
<http://www.filterwater.com/images/Product/medium/412.jpg>
(Pridobljeno 20. 7. 2013.)
- [47] Eco housing solutions. 2012.
<http://www.ecohousingsolutions.com/rainwaterharvesting.html>
(Pridobljeno 15. 5. 2012.)
- [48] Debris stopper. 2013.
[http://www.guttersupply.com/file_area/public/file/gutter%20guard%20-%20debris%20stopper\(1\).jpg](http://www.guttersupply.com/file_area/public/file/gutter%20guard%20-%20debris%20stopper(1).jpg) (Pridobljeno 20. 3. 2013.)
- [49] Akvapan Čačak – Cevi za vodu i kanalizaciju. 2013.
http://www.akvapan.com/water_pipes_hdpe100.html (Pridobljeno 20. 10. 2013.)
- [50] Gum leaf gutter protection. 2013.
<http://www.gumleafgutterguard.com/images/gumleaf-gutter-guard-on-tile.jpg> (Pridobljeno 20. 10. 2013.)
- [51] Stark Environmental - rainwater harvesting and filtration. 2013.
<http://www.starkenvironmental.com/a-1-filtration.html> (Pridobljeno 25. 10. 2013.)
- [52] First flush diverter. 2013.
http://esvc000720.wic020u.server-web.com/FileLibrary/ffwd_diagram_1.jpg (Pridobljeno 27. 5. 2013.)
- [53] Water conservation & recovery systems. 2014.
<http://www.planetenergy.co.uk/WATERharvesting.htm> (Pridobljeno 14. 1. 2014.)
- [54] Decren water consult. 2012.
<http://www.dwc-water.com/technologies/index.html> (Pridobljeno 20. 5. 2012.)
- [55] Separated greywater purification and blackwater treatment. 2012.
<http://www.byggakuten.se/en/images/greywater.jpg> (Pridobljeno 15.4. 2012.)

[56] Using sink water to flush toilet. 2012.

<http://www.ecogeek.org/recycling/815> (Pridobljeno 17. 4. 2012.)

[57] Ng, M., Oldham, C. 2004. Household greywater reuse for garden irrigation in Perth. Centre for Water Research .University of Western Australia.

http://www.sese.uwa.edu.au/_data/assets/pdf_file/0003/1637310/Ng_MayLe_2004.pdf

(Pridobljeno 11. 2. 2012.)

[58] Jenssen, D. P. Department of Mathematical Sciences and Technology. Agricultural University of Norway, Aas, Norveška.

<http://www.umb.no/statisk/ecosan/publications/Klosterenga.pdf> (Pridobljeno 15. 5. 2012.)

[59] Vodni filtri, filtri za vodo. 2013. <http://www.vodni-filter.si/> (Pridobljeno 20. 10. 2013.)

[60] Deck mount basin tap. 2013.

<http://91833e325c7627016055->

a071f48db8cee70132a641662b939b02.r30.cf3.rackcdn.com/catalog/product/cache/4/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/p/e/pegler-yorkshire-performa-deck-mount-basin-tap-349001.jpg (Pridobljeno 20. 10. 2013)

[61] Composting toilet. 2013.

http://fivegallonideas.com/wp-content/uploads/2012/05/10_MED.jpg (Pridobljeno 22. 10. 2013.)

[62] Central waterless composting toilet systems. 2013.

<http://www.letsgogreen.com/centrexwaterless-desc.html> (Pridobljeno 23.10.2013)

[63] The smart vacuum toilet for individual sewages. 2013.

<http://wostman.se/en/ecovac-2/> (Pridobljeno 22. 10. 2013)

[64] Composter. 2013.

http://ryan.files.wordpress.com/2009/12/img_1389.jpg (Pridobljeno 24.10. 2013.)

[65] Rastlinska čistilna naprava Limnowet. 2013.

http://www.limnos.si/rastlinske_cistilne_naprave.php (Pridobljeno 25. 10. 2013.)

[66] Uredba o oskrbi s pitno vodo. Ur list RS št. 88/2012: 9038

[67] Sketelj, J. 1954. Eksakten način dimenzioniranja kapnic I.del in II. del. Ljubljana, FAGG, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko.

[68] Erhartič, B. 2004. Presoja uporabnosti rastlinskih čistilnih naprav pri planinskih postojankah Triglavskega narodnega parka. Diplomaska naloga, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana. (samozaložba B. Erhartič): 134 str.

[69] Kolar, J., 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 524 str.

[70] Kapnica. 2014. http://www.student-info.net/sis-mapa/skupina_doc/fgg/knjiznica_datoteke/1231317737_zip_vsebina_01_kapnice_rezervoarji_kapnica_slika2.jpg (Pridobljeno 1. 6. 2014)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A:

**MEJNE VREDNOSTI PARAMETROV SKLADNE PITNE VODE, PODANE V
PRILOGAH PRAVILNIKA O PITNI VODI**

PRILOGA B:

**DIGITALNI ORTOFOTO POSNETEK GORSKE POSTOJANKE NA KAMNIŠKEM
SEDLU**

**PRILOGA A: MEJNE VREDNOSTI PARAMETROV SKLADNE PITNE VODE,
PODANE V PRILOGAH PRAVILNIKA O PITNI VODI**

PARAMETRI IN MEJNE VREDNOSTI PARAMETROV

DEL A

Mikrobiološki parametri

Splošne zahteve za pitno vodo

Parameter	Mejna vrednost parametra (število/100 ml)
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	0
Enterokoki	0

Zahteve za vodo, namenjeno za pakiranje:

Parameter	Mejna vrednost parametra
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	0/250 ml
Enterokoki	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Število kolonij 22 °C	100/ml
Število kolonij 37 °C	20/ml

DEL B

Kemijski parametri

Parameter	Mejna vrednost parametra	Enota	Opombe
Akrilamid	0,10	µg/l	Opomba 1
Antimon	5,0	µg/l	
Arzen	10	µg/l	
Baker	2,0	mg/l	Opomba 2
Benzen	1,0	µg/l	
Benzo(a)piren	0,010	µg/l	
Bor	1,0	mg/l	
Bromat	10	µg/l	Opomba 3
Cianid	50	µg/l	
1,2-dikloroetan	3,0	µg/l	
Epiklorohidrin	0,10	µg/l	Opomba 1
Fluorid	1,5	mg/l	
Kadmij	5,0	µg/l	
Krom	50	µg/l	
Nikelj	20	µg/l	Opomba 2
Nitrat	50	mg/l	Opomba 4
Nitrit	0,50	mg/l	Opomba 4
Pesticidi	0,10	µg/l	Opombi 5 in 6
Pesticidi – vsota	0,50	µg/l	Opombi 5 in 7
Policiklični aromatski ogljikovodiki	0,10	µg/l	Vsota koncentracij izbranih spojin, navedenih v Opombi 8
Selen	10	µg/l	
Svinec	10	µg/l	Opombi 2 in 9
Tetrakloroeten in Trikloroeten	10	µg/l	Vsota koncentracij izbranih parametrov
Trihalometani - vsota	100	µg/l	Vsota koncentracij izbranih spojin, navedenih v Opombi 10
Vinil klorid	0,50	ug/l	Opomba 1
Živo srebro	1,0	µg/l	

Opomba 1: Mejna vrednost parametra se nanaša na koncentracijo preostalega monomera v pitni vodi, izračunano v skladu s specifikacijami glede na najvišje sprostitev iz ustreznega polimera v stiku z vodo.

Opomba 2: Mejna vrednost velja za vzorec pitne vode, ki je bil odvzet po ustrezni metodi vzorčenja iz pipe tako, da predstavlja tedensko povprečno koncentracijo, ki jo zaužijejo uporabniki.

Opomba 3 : Upravljalavec mora zagotavljati čim nižjo vrednost, pod pogojem, da to ne vpliva na uspešnost dezinfekcije.

Za vodo iz 1., 2. in 4. točke 8. člena tega pravilnika mora vrednost za bromat izpolniti zahteve najpozneje do 1. novembra 2008. Do takrat je mejna vrednost za bromat 25 µg/l.

Opomba 4: Pogoj za mejno vrednost je, da je $[\text{nitrat}]/50 + [\text{nitrit}]/3 \leq 1$, pri čemer je vrednost za nitrat (NO_3) in nitrit (NO_2), v oglatih oklepajih, izražena v mg/l. Za nitrite mora biti dosežena vrednost 0,10 mg/l v vodi pri izstopu iz naprave za pripravo vode.

Opomba 5: 'Pesticidi' pomeni:

- organski insekticidi,
- organski herbicidi,
- organski fungicidi,
- organski nematocidi,
- organski akaricidi,
- organski algicidi,
- organski rodenticidi,
- organski pripravki, ki preprečujejo nastajanje sluzi (slimacidi),
- sorodni proizvodi (med drugim regulatorji rasti)

in njihovi relevantni metabolni, razgradni in reakcijski produkti.

Spremljajo se samo tisti pesticidi, ki so lahko prisotni v posameznem sistemu za oskrbo s pitno vodo.

Opomba 6: Mejna vrednost parametra velja za vsak posamezni pesticid. Za aldrin, dieldrin, heptaklor in heptaklor epoksid je mejna vrednost parametra 0,030 $\mu\text{g/l}$.

Opomba 7: 'Pesticidi - vsota' pomeni vsoto vseh posameznih najdenih in količinsko določenih pesticidov.

Opomba 8: Izbrane spojine so: benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(ghi)perilen, indeno(1,2,3-cd)piren.

Opomba 9: Za vodo iz 1., 2. in 4. točke 8. člena tega pravilnika mora vrednost za svinec izpolniti zahteve najpozneje do 1. novembra 2013. Do takrat je mejna vrednost za svinec 25 $\mu\text{g/l}$.

Do roka iz prejšnjega odstavka mora upravljavec sprejeti vse potrebne ukrepe za čim večje znižanje koncentracije svinca v pitni vodi.

Pri izvajanju ukrepov za doseganje mejne vrednosti je treba prednostno poskrbeti za območja, kjer so koncentracije svinca v pitni vodi najvišje.

Opomba 10: Upravljavec mora zagotavljati čim nižjo vrednost, pod pogojem, da to ne vpliva na uspešnost dezinfekcije.

Izbrane spojine so: kloroform, bromoform, dibromoklorometan, bromodiklorometan.

DEL C

Indikatorski parametri

Parameter	Mejna vrednost parametra/specifikacija	Enota	Opombe
Aluminij	200	µg/l	
Amonij	0,50	mg/l	
Barva	Sprejemljiva za potrošnike in brez neobičajnih sprememb		
Celotni organski ogljik (TOC)	Brez neobičajnih sprememb		Opomba 1
<i>Clostridium perfringens</i> (vključno s sporami)	0	število/100 ml	Opomba 2
Električna prevodnost	2500	µS cm ⁻¹ pri 20 °C	Opomba 3
Klorid	250	mg/l	Opomba 3
Koliformne bakterije	0	število/100 ml	Opomba 4
Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost)	>6,5 in <9,5	enote pH	Opombi 3 in 5
Mangan	50	µg/l	
Motnost	Sprejemljiva za uporabnike in brez neobičajnih sprememb		Opomba 6
Natrij	200	mg/l	
Oksidativnost	5,0	mg O ₂ /l	Opomba 7
Okus	Sprejemljiv za potrošnike in brez neobičajnih sprememb		
Sulfat	250	mg/l	Opomba 3
Število kolonij pri 22 °C	Brez neobičajnih sprememb		
Število kolonij pri 37 °C	Manj kot 100	število/ml	
Vonj	Sprejemljiv za potrošnike in brez neobičajnih sprememb		
Železo	200	µg/l	

RADIOAKTIVNOST

Parameter	Mejna vrednost parametra	Enota	Opombe
Tritij	100	Bq/l	Opombi 8 in 10
Skupna prejeta doza	0,10	mSv/leto	Opombi 8, 9 in 10

Opomba 1: Ni potrebno meriti pri sistemih za oskrbo s pitno vodo, ki zagotavljajo manj kot 10.000 m³ na dan.

Opomba 2: Določa se le, če je pitna voda po poreklu površinska voda ali pa ta nanjo vpliva. V primeru neskladnosti mora upravljavec opraviti dodatna preskušanja in zagotoviti, da pitna voda ne predstavlja potencialne nevarnosti za zdravje ljudi zaradi prisotnosti patogenih mikroorganizmov, npr. kriptosporidija.

Opomba 3: Voda ne sme biti agresivna.

Opomba 4: Za vodo, namenjeno pakiranju, je enota število/250 ml.

Opomba 5: Za vodo, namenjeno pakiranju je lahko najnižja vrednost 4,5. Za vodo, namenjeno pakiranju, ki je naravno bogata ali umetno obogatena z ogljikovim dioksidom, je spodnja vrednost lahko še nižja.

Opomba 6: V primeru priprave pitne vode iz površinske vode, motnost ne sme presegati 1,0 NTU (nefelometrijske turbidimetrijske enote) v vodi pri izstopu iz naprave za pripravo pitne vode.

Opomba 7: Parametra ni potrebno meriti, če se preskuša Celotni organski ogljik (TOC).

Opomba 8: Monitoring radioaktivnosti pitne vode se izvaja v skladu s predpisi, ki urejajo spremljanje stanja radioaktivnosti okolja in so izdani na podlagi Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, št. 50/03 - prečiščeno besedilo).

Opomba 9: Mejna vrednost parametra ne upošteva prispevkov tritija ³H, kalija ⁴⁰K, radona ²²²Rn in njegovih razpadnih produktov.

Opomba 10: Monitoring pitne vode glede vsebnosti tritija ali radioaktivnosti zaradi preverjanja skupne prejete doze ni potreben tam, kjer so na podlagi izvajanja drugega monitoringa ravni tritija ali izračunane doze znatno pod mejnimi vrednostmi parametrov.

PRILOGA B:**DIGITALNI ORTOFOTO POSNETEK GORSKE POSTOJANKE NA KAMNIŠKEM
SEDLU**