

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:

Slivar, M., 2016. Naravni in antropogeni onesnaževalci porečja Glinščice. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Panjan, J., somentor Krzyk, M.): 69 str.

Datum arhiviranja: 18-07-2016

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:

Slivar, M., 2016. Naravni in antropogeni onesnaževalci porečja Glinščice. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Panjan, J., co-supervisor Krzyk, M.): 69 pp.

Archiving Date: 18-07-2016

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:

MIHA SLIVAR

**NARAVNI IN ANTROPOGENI ONESNAŽEVALCI
POREČJA GLINŠČICE**

Diplomska naloga št.: 295/VKI

**NATURAL AND ANTHROPOGENIC CONTAMINANTS
OF STREAM GLINŠČICA**

Graduation thesis No.: 295/VKI

Mentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Somentor:

asist. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 07. 07. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Miha Slivar, vpisna številka 26105598, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Naravni in antropogeni onesnaževalci porečja Glinščice

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljani

Datum: 06.07.2016

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

| | |
|-------------------------|--|
| UDK: | 556.52:502.54(497.4Glinščica)(043.2) |
| Avtor: | Miha Slivar |
| Mentor: | izr. prof. dr. Jože Panjan |
| Somentor: | asist. dr. Mario Krzyk |
| Naslov: | Naravni in antropogeni onesnaževalci porečja Glinščice |
| Tip dokumenta: | diplomska naloga – univerzitetni študij |
| Obseg in oprema: | 69 str., 24 pregl., 17 sl., 1 en., 4 pril. |
| Ključne besede: | Nuv, Glinščica, antropogeno onesnaževanje, čiščenje odpadne vode, obremenitve s hranili |

IZVLEČEK

Problematika urbanizacije okolja se odraža s posegi v naravni prostor, kjer se naravne površine nadomešča s pozidanimi površinami. Takšne spremembe in regulacije v vodnem okolju predstavljajo praviloma negativne vplive, na podlagi lastnosti odvodnje pa posledično večje obremenitve okolja. Bistvene spremembe se kažejo na lastnostih odotka iz prispevnih površin kot samega režima vodotoka. Posledice so še večja spiranja onesnažil v vodotok in pogostejše oziroma intenzivnejše poplave. Eden izmed takšnih mestnih vodotokov je potok Glinščica, ki je bil v preteklosti podvržen intenzivnim regulacijam in sanacijam struge. Na omenjenem vodotoku so bile v preteklosti narejene meritve v sklopu državnega monitoringa, kot tudi posamezne meritve za študijske potrebe. V zadnjih desetih letih po obsežnejših raziskavah, pa so bila posamezna območja še intenzivnejše izpostavljena antropognim vplivom, saj so bili v neposredni bližini zgrajeni posamezni objekti, ki te obremenitve le še povečujejo. S tem so bile obvodne zelene površine še dodatno reducirane. Bistvene probleme na tem področju še vedno predstavljajo padavinske vode, njihova odvodnja in zadrževanje na okoliških zelenih površinah. V diplomski nalogi sem poleg splošnega opisa vodnega okolja in obremenitev še okvirno računsko opredelil obremenitve iz posameznih prispevnih površin in ocenil obravnavano stanje okolja.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

| | |
|-----------------------|---|
| UDC: | 556.52:502.54(497.4Glinščica)(043.2) |
| Author: | Miha Slivar |
| Supervisor: | assoc. prof. Jože Panjan, Ph.D. |
| Co-Supervisor: | assist. Mario Krzyk, Ph.D. |
| Title: | Natural and anthropogenic contaminants of stream Glinščica |
| Document type: | Graduation thesis – University studies |
| Notes: | 69 p., 24 tab., 17 fig., 1 eq., 4 ann., |
| Key words: | Nuv, Glinščica, anthropogenic water pollution, wastewater treatment, nutrients pollution |

ABSTRACT

The problems of urbanization are shown throughout replacing natural space with the built-up areas. Such changes and regulations in the aquatic environment constitute negative impacts and increase pressure on the environment and characteristics of drainage. Significant changes are reflected in the drainage properties from catchment areas and are shown as the new regime of the watercourse. The consequences are even greater with leaching pollutants into a watercourse and more frequent and intense floods. One such urban watercourse is a stream Glinščica, which was previously subject to intense regulation and remediation of the channel. At this stream were previously made measurements within the state monitoring, as well as individual measurements for study purposes. In the last ten years since extensive research were made, individual areas were exposed to intense anthropogenic impact with newly build areas around its watercourse, which only intensify the pollutions. Because of that the green space is being further reduced. Main problems in this area continues to represent the drainage of water and retention in the surrounding green areas. In my thesis in addition to a general description of the aquatic environment I calculated the stress load pollution of drainage from catchment areas and assess the present state of the environment.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Jožetu Panjanu in somentorju asist. dr. Mariu Krzyku.

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|-----------|
| Izjave | II |
| Bibliografsko – dokumentacijska stran in ivleček | III |
| Bibliographic – ddocumentalistic information and abstract | IV |
| Zahvala | V |
| 1. UVOD | 1 |
| 2. POREČJE POTOKA GLINŠČICE | 3 |
| 2.1 ZNAČILNOSTI POREČJA | 3 |
| 2.2 REGULACIJE POTOKA GLINŠČICA | 4 |
| 2.3 VPLIVI URBANIH POVRŠIN IN PREDHODNE MERITVE RAZTOPLJENEGA KISIKA IN DINAMIKE HRANIL (NITRAT IN AMONIJ) | 5 |
| 2.4 HIDROLOŠKI PROBLEMI POTOKA GLINŠČICE | 6 |
| 3. ZAKONODAJA NA PODROČJU VARSTVA VODNEGA OKOLJA | 7 |
| 3.1 EVROPSKA ZAKONODAJA | 7 |
| 3.1.1 <i>Vodna direktiva</i> | 7 |
| 3.2 SLOVENSKA ZAKONODAJA | 8 |
| 3.2.1 <i>ZVO</i> | 8 |
| 3.2.2 <i>ZON</i> | 8 |
| 3.2.3 <i>ZV-1</i> | 9 |
| 3.2.4 <i>NUV in PU NUV</i> | 9 |
| 3.2.5 <i>PZUV</i> | 10 |
| 3.2.6 <i>OPPN</i> | 11 |
| 4. DELITEV VODNIH OBMOČIJ V SLOVENIJI | 11 |
| 4.1 VODNO OBMOČJE DONAVE | 12 |
| 4.1.1 <i>Porečje Mure</i> | 12 |
| 4.1.2 <i>Porečje Drave</i> | 12 |
| 4.1.3 <i>Porečje Save</i> | 13 |
| 4.2 VODNO OBMOČJE JADRANSKEGA MORJA | 13 |
| 4.2.1 <i>Povodje Soče</i> | 14 |
| 4.2.2 <i>Povodje jadranskih rek z morjem</i> | 14 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5. | ONESNAŽEVANJE VODNEGA OKOLJA V SLOVENIJI..... | 14 |
| 5.1 | POVRŠINSKE VODE..... | 15 |
| 5.1.1 | <i>Raba zemljišč.....</i> | 15 |
| 5.1.2 | <i>Točkovni in razpršeni viri onesnaževanja.....</i> | 16 |
| 5.1.2.1 | Onesnaževanje zaradi vnosa hranil..... | 16 |
| 5.1.2.2 | Onesnaževanje zaradi vnosa organskih snovi..... | 17 |
| 5.1.2.3 | Onesnaževanje zaradi vnosa nevarnih snovi..... | 17 |
| 5.1.3 | <i>Hidrološke in morfološke obremenitve.....</i> | 17 |
| 5.1.4 | <i>Biološke obremenitve.....</i> | 18 |
| 5.1.5 | <i>Obremenitve morja.....</i> | 18 |
| 5.2 | PODZEMNE VODE..... | 18 |
| 5.2.1 | <i>Točkovni in razpršeni viri onesnaževanja.....</i> | 18 |
| 5.2.1.1 | Obremenjevanje zaradi dušika..... | 19 |
| 5.2.1.2 | Obremenjevanje zaradi vnosa pesticidov..... | 19 |
| 5.2.1.3 | Obremenjevanje zaradi vnosa nevarnih in drugih snovi..... | 19 |
| 5.2.2 | <i>Hidrološke obremenitve.....</i> | 20 |
| 6. | IZVORI ANTROPOGENEGA ONESNAŽEVANJA..... | 20 |
| 6.1 | GOSPDINJSTVA..... | 21 |
| 6.2 | INDUSTRIJA IN KMETIJSTVO - ŽIVINOREJA..... | 23 |
| 6.3 | PADAVINE (POSREDNO)..... | 25 |
| 6.4 | KOMUNALNE DEJAVNOSTI..... | 26 |
| 6.5 | NEVARNA ONESNAŽENJA..... | 27 |
| 7. | PARAMETRI KVALITETE VODE..... | 27 |
| 7.1 | NEKATERE LASTNOSTI ODPADNIH VODA ANTROPOGENEGA IN NARAVNEGA IZVORA..... | 28 |
| 7.2 | PREISKAVE KAKOVOSTI VODE..... | 28 |
| 7.3 | PREISKAVE KAKOVOSTI VODOTOKOV..... | 29 |
| 7.3.1 | <i>Monitoring odpadnih voda.....</i> | 30 |
| 7.3.2 | <i>Kontrola kvalitete vodotoka.....</i> | 31 |
| 8. | PROCESI ČIŠČENJA ODPADNIH VODA..... | 31 |
| 8.1 | NARAVNI PROCESI ČIŠČENJA IN SAMOČIŠČENJE..... | 32 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 8.2 | FIZIKALNO – MEHANSKI PROCESI: | 33 |
| 8.3 | KEMIJSKI IN BIOKEMIJSKI PROCESI: | 34 |
| 8.4 | BIOLOŠKI PROCESI: | 35 |
| 8.5 | NITRIFIKACIJA, DENITRIFIKACIJA IN DEFOSFATIZACIJA..... | 36 |
| 8.5.1 | <i>Odstranjevanje dušika</i> | 37 |
| 8.5.1.1 | Enostopenjska nitrifikacija | 37 |
| 8.5.1.2 | Večstopenjska nitrifikacija | 38 |
| 8.5.1.3 | Biološka nitrifikacija/denitrifikacija | 39 |
| 8.5.1.4 | Klasificiranje nitrifikacijskih/denitrifikacijskih procesov | 39 |
| 8.5.2 | <i>Odstranjevanje fosforja</i> | 43 |
| 8.6 | MALE ČISTILNE NAPRAVE (MČN) IN ALTERNATIVNI POSTOPKI ČIŠČENJA..... | 46 |
| 9. | INŽENIRSKI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE SAMOČISTILNE SPOSOBNOSTI VODOTOKOV | 47 |
| 10. | OCENA OBREMENITEV S HRANILI | 49 |
| 10.1 | PRISPEVNE POVRŠINE POREČJA GLINŠČICE | 49 |
| 10.2 | LETNE KOLIČINE PADAVIN POREČJA..... | 51 |
| 10.3 | OKVIRNI IZAČUN VNOSA POSAMEZNIH URBANIH POVRŠIN | 54 |
| 10.4 | OBREMENITVE TEHNOLOŠKEGA PARKA, FAKULTETE ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO, FAKULTETE ZA KEMIJO IN KEMIJSKO TEHNOLOGIJO TER BIOTEHNIŠKE FAKULTETE | 59 |
| 11. | PREDSTAVITEV REZULTATOV IN KOMENTAR..... | 60 |
| 12. | ZAKLJUČEK | 62 |
| VIRI | | 63 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Cikel izvedbe NUV..... | 10 |
| Slika 2: Dejavnosti, ki povzročajo obremenitve površinskih in podzemnih voda | 10 |
| Slika 3: Deleži rabe zemljišča na porečjih/povodjih | 16 |
| Slika 4: Oksidacija ogljika in nitrifikacija v reaktorju z lebdečo biomaso: a) enostopenjski in b) dvo ali večstopenjski proces..... | 38 |
| Slika 5: Sistem z recikliranjem povrstnega blata | 40 |
| Slika 6: Večstopenjski nitrifikacijsko/denitrifikacijski proces štiri-stopenjski Bardenpho proces | 41 |
| Slika 7: Večstopenjski nitrifikacijsko/denitrifikacijski proces v oksidacijskem jarku..... | 41 |
| Slika 8: Alternativni proces ločeno-stopenjske dinitrifikacije, ki uporablja zunanji vir ogljika | 42 |
| Slika 9: Diagram dvostopenjskega procesa čiščenja za odstranjevanje dušika..... | 42 |
| Slika 10: Bardenpho postopek..... | 44 |
| Slika 11: A/O postopek | 44 |
| Slika 12: A2/O postopek | 45 |
| Slika 13: UCT postopek | 45 |
| Slika 14: EASC postopek..... | 46 |
| Slika 15: Porečje Glinščice | 50 |
| Slika 16: Zračni posnetki prispevnega območja z vrisanimi vodotoki, Glinščico in Pržancem ter izlivom v Gradaščico..... | 55 |
| Slika 17: Pregledna karta prispevnega območja z vrisanimi vodotoki, Glinščico in Pržancem ter njunim izlivom v Gradaščico..... | 56 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|---|----|
| Preglednica 1: Nekatero značilnosti vodnega območja Donave in njihovih porečij. | 13 |
| Preglednica 2: Značilnosti omenjenih območij in pripadajočih povodij. | 14 |
| Preglednica 3: Nihanja porabe vode v odvisnosti od števila prebivalcev..... | 22 |
| Preglednica 4: Ocena dnevnega in maksimalnega odtoka glede na število P. | 22 |
| Preglednica 5: Koncentracije onesnažil v odpadnih vodah iz gospodinjstev. | 23 |
| Preglednica 6: Pregled snovi glede na njihovo razgradljivost..... | 24 |
| Preglednica 7: Srednje koncentracije onesnažil padavinskih vod s prometnih površin v primerjavi s »čistim« dežjem - deževnico. | 25 |
| Preglednica 8: Mejne vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi in hranil v tla, ki so lahko v blatu, mulju ali kompostu. | 26 |
| Preglednica 9: Raba tal na prispevni površini porečja Glinščice | 51 |
| Preglednica 10: Količine padavin za padavinsko postajo Ljubljana – Bežigrad v letih od 2005 - 2015..... | 52 |
| Preglednica 11: Letni koeficient vnosa celotnega fosforja in dušika po različnih avtorjih | 52 |
| Preglednica 12: Koeficient odotka z raznih vrst površin..... | 53 |
| Preglednica 13: Srednje koncentracije padavinskih vod s kmetijskih površin..... | 53 |
| Preglednica 14: Vnos fosforja iz gozdov in kmetijskih površin..... | 53 |
| Preglednica 15: Vnos dušika iz gozdov in kmetijskih površin..... | 54 |
| Preglednica 16: Srednja koncentracija obremenitev padavinskih vod s prometnih površin v naseljih..... | 56 |
| Preglednica 17: Vnos fosforja iz utrjenih površin v potok Glinščica..... | 57 |
| Preglednica 18: Vnos dušika iz utrjenih površin v potok Glinščica..... | 57 |
| Preglednica 19: Srednje koncentracije obremenitev padavinskih voda s prometnih površin..... | 58 |
| Preglednica 20: Vnos dušika iz utrjenih površin v potok Glinščica..... | 58 |
| Preglednica 21: Vnos dušika iz utrjenih površin v potok Glinščica..... | 59 |
| Preglednica 22: Vnos fosforja iz utrjenih površin v potok Glinščica..... | 59 |
| Preglednica 23: Izračuni vsot količin dušika in fosforja za posamezne prispevne površine | 60 |
| Preglednica 24: Primerjava površin in poselitve posameznih prispevnih območij | 60 |

1. UVOD

Temeljni sestavni del vsakega organizma je voda, zato predstavlja enega od ključnih pogojev za življenje. Sestavlja od 56 – 70 % človeškega telesa, 70% živalskega in okrog 95% rastlinskega sveta, od tega jo je do 90% v človeški krvi. Je najpomembnejša snov v celicah, kjer v vodni raztopini potekajo celične presnovne biokemijske reakcije, kot tudi izredno pomemben vir kisika, ki se s pomočjo sončne svetlobe cepi pri fotosintezi. Poleg tega pa tudi vir vodikovih atomov, ki se vgrajuje v razne organske molekule. Voda je tudi odlično topilo, saj vsebuje polarne molekule in s tem omogoča topnost različnim snovem. (Panjan, 2004)

Ljudje v preteklosti, so začeli formirati prva naselja v bližini vodnih virov in vodotokov zaradi njene omenjene rabe. Z razvojem in večanjem števila prebivalstva in vse višjim življenjskim standardom se večja onesnaževanje voda in vodnega okolja. Nastali so problemi, kako zagotoviti osnovno preskrbo z zdravo pitno in tehnološko vodo, kot tudi ustrezno odvajanje odpadne vode in odpadkov. (Panjan, 1999)

Najpomembnejši del varstva okolja predstavlja čiščenje odpadnih voda in zaščita vode. Začetki le tega so temeljili na opazovanju naravnih procesov samočiščenja v vodotokih, kjer so vodo čistili v precejalnikih in ponikovalnih poljih. Kasneje, se je z večjim razumevanjem in znanjem čistilnih procesov, začelo uporabljati postopke z vnosom zraka in ustvarjati biološke bazene s poživiljenim blatom. Procesi samočiščenja so tako dobili osnovo in se začeli uporabljati na čistilne naprave, kjer so močno intenzivirani in časovno bistveno krajši. (Panjan, 2005)

Slovenija je kljub svoji majhnosti, ena izmed najbogatejših držav v Evropi glede vodnih virov. Površinske in podzemne vode napaja približna letna količina padavin, ki znaša okoli 1500 mm. Najmanj padavin letno prejme vzhodni del Slovenije, največ pa zahodni gorat svet. Močna razgibanost kamninske sestave in terena so vzroki da so vodotoki v Sloveniji večinoma kratki in oblikujejo gosto rečno mrežo. Velika količina dinamičnih zalog se nahaja v zemeljskih plasteh, ki prepuščajo in zadržujejo podzemno vodo, ta predstavlja glavni vir pitne vode v Sloveniji. (Bizjk, Bremec, Centa idr., MOP)

Posegi človeka v vodni prostor, kjer se zelene površine pozida, se najhuje odraža s spremembami lastnosti odtoka iz prispevnih površin in ravno tako samega režima vodotoka. Pri teh procesih urbanizacije se poskrbi tudi za odvodnjo meteorne vode, kar je posledica večjih odtokov vodotoka. Bistvene slabosti tega so še večja spiranja onesnažil v vodotok. Vplivi antropogenih posegov se kažejo z zmanjšanjem ekološkega potenciala in poslabšanjem kvalitete vodnega okolja.

V preteklosti so mestni vodotoki v osnovi služili predvsem odvodnji komunalne in padavinske vode in bili tako tudi obravnavani. Predvsem manjši vodotoki so bili preoblikovani v odvodna korita vertikalnih stranic z odseki speljanimi po ceveh. Kljub temu so vodotoki predstavljali osnovno higiensko in ekološko, pri večjih vodotokih tudi prometno, obrambno in klimatsko ter na splošno estetsko podobo v mestih. V

težnji po večji varnosti pred poplavami se je struga umetno oblikovalo v njen najbolj ugodno hidravlično korito. Ponekod so jo tudi poglobljevali in obdali z visokimi brežinami ter izravnali njeno traso.

Glinščica je zanimiv vodotok, saj ima različne antropogene vplive po celotni dolžini. Bil je podvržen močnim regulacijam in vplivom urbanizacije, še posebej na spodnjem bolj gosto poseljenem območju, ki je še posebej ekološko degradiran.

V diplomski nalogi sem poleg že pridobljenih podatkov in raziskav še računsko orpedelil določena območja in njihove vplive na posamezne odseke vodotoka.

Na odseku od Brdnikove do Jamnikarjeve ulice, je bilo območje ob strugi, v zadnjih devetih letih, še dodatno podvrženo človeškim obremenitvam. Bitven vpliv in obremenitve je prispevala izgradnja Tehnološkega parka na tem območju, ki služi povezovanju in ustvarjanju novih inovativnih podjetij in privablja v svoje prstore še dodatno kapaciteto ljudi, ki dnevno migrira na to področje. Po izgradnji le tega je bila zgrajena tudi odvodnja meteorne vode preko desnega pritoka v Glinščico, kateri je v celoti ozelenjen in služi kot biološka čistilna naprava. V neposrednji bližini, pa je pred dvema letoma bila zgrajena Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo in Fakulteta za računalništvo in informatiko. Tudi te dve ustanovi privabljata dodatno število ljudi na to območje in posledično predstavljata dodatne obremenitve Glinščice. Kanalizacija je povezana na obstoječo in sicer levi odtočni kanal ob Glinščici. Oba nova urbana prispevna območja stremita k odvodnji meteorne vode na zadrževalnike, ki so bili predpostavljeni na okoliške travnike in kmetijske površine ob strugi, iz katerih se voda izteka v Glinščico. Vredno je na območju Brda, omeniti tudi zgradbi hotel Mons in Lesnino.

Na podlagi izračunov obremenitev iz posameznih prispevnih površin sem ocenil stanje obremenjevanja le teh.

2. POREČJE POTOKA GLINŠČICE

Glavna karakteristika potoka Glinščice je različna stopnja vpliva urbanizacije, kot tudi izvedene regulativne spremembe struge vodotoka po njeni dolžini. Obsežna dela so bila izvedena v 70-tih letih prejšnjega stoletja. Strugo Glinščice so z gradbenimi posegi spremenili, od Brdnikove ulice do pritoka v mestno Gradaščico, z dnem struge urejenim v betonsko korito in z betoskimi ploščami obloženih delov brežin, z namenom »odvodnji srednjih letnih ter nizkih voda v sušnih obdobjih.« (citirano po: Brilly, Globevnik, Štravs, Rusjan, 2005; str.: 57) Nad vasjo Glinica je edini del struge, ki je popolnoma naraven, nato preide v sonarvno urejenega nad naseljem Podutik. Nižje od Podutika in kasneje od Brdnikove ceste je bil v preteklosti klasično reguliran, kjer prevladuje naravno do tehnično urejen vodotok, zaradi kasnejše zarastitve. Na sototčju s Pržancem se začne tlakovano dno struge s pretežno ne vijugasto urejeno strugo vodotoka, ki poteka vse do izliva v Gradaščico. Zaradi teh posegov, so z ekomorfološkega vidika močno poslabšali vodno okolje Glinščice. (Brilly, Globevnik, Štravs, 2005)

2.1 Značilnosti porečja

Izvir potoka Glinščica se nahaja pod severozahodnim skrajnim delom »Toškega čela in pri Podutiku preide v ravninski del Ljubljanske kotline.« (citirano po: Brilly, Globevnik, Štravs, Rusjan, 2005; str. 56) Relief območja reke se spreminja iz bolj hribovitega dela na levem in desnem bregu, ki zajema strma povirna območja, v ravninski del na jugu. Na severni strani sega povirje Glinščice »v pobočje Toškega čela in Črnega vrha, razvodnica na vzhodu sega v urbano območje mesta Ljubljana (Dravlje, Šiška), preko Šišenskega hriba in Rožnika do izliva v Gradaščico, ki predstavlja najjužnejšo točko porečja. V smeri proti zahodu poteka razvodnica skozi urbano območje preko Brda vse do Tičnice, kjer se usmeri proti severu preko Stražnega vrha, Prevala do Toškega čela. Večji pritok Glinščice je Pržanec čigar povirje sega v pobočje Velike trate in Male trate in odvaja vodo s pretežno ravninskega dela vzhodno od Glinščice. Padavinsko prispevno območje Glinščice obsega $17,4 \text{ km}^2$. Položaj odvodnice znotraj urbanega območja določa odvodnja meteornih voda s kanalizacijskim sistemom, zato orografska razvodnica ne sovпада vedno s prispevnim območjem Glinščice. Skupno prispevno območje Glinščice je nekoliko večje in zajema $19,3 \text{ km}^2$ površine ker padavinski odtok je z območja med Gunceljami, železnico in orografsko razvodnico med porečjema Glinščice in Save ter dela urbanih površin ob izlivnem delu Glinščice preko kanalizacijskega meteornege omrežja speljan na območje porečja Glinščice.« (citirano po: Brilly, Globevnik, Štravs, Rusjan, 2005; str. 56) Ravnotako se precejšen del padavinskih voda steka na porečje Glinščice, z $1,9 \text{ km}^2$ površin z območja Šentvida.

V obdobju zadnjih nekaj deset let se je hidrološka slika povodja močno spremenila. Vzrok je bila širitev pozidanih območij na nehribovite obmestne in mestne dele vodotoka. »Obsežna urbana območja so se

razširila predvsem na območju Podutika, Dravelj, Kosez in Brda. Ta ravninska področja so pred pozidavo le malo prispevala k izoblikovanju vrhov hidrogramov odtoka. S povečanjem deleža neprepustnih površin (pozidava, prometne površine) so se povečali odtočni koeficienti, izgradnja meteorne kanalizacije je dodatno prispevala k zmanjšanju časa koncentracije.« (citirano po: Brilly, Globevnik, Štravs, Rusjan, 2005; str.: 57) » Groba ocena povprečnega koeficienta odtoka s prispevnega območja Glinščice, izračunane iz povprečne letne količine padavin (1376mm) ter povprečnega letnega pretoka glinščice ($0,383 \text{ m}^3/\text{s}$) znaša 0,58, kar je pokazatelj intenzivnega odtoka padavinskih voda v strugo Glinščice.« (citirano po: Brilly, Globevnik, Štravs, Rusjan, 2005; str. 57)

2.2 Regulacije potoka Glinščica

V preteklosti so vodotoki služili predvsem kot odvodniki za komunalno in padavinsko odpadno vodo. Zaradi take obravnave so na njih gledali le kot na geometrijski arhitekturni element. Glinščica spada med takšne vodotoke, s predvsem v preteklosti neporaščenim, pozidanim in monotonim prečnim profilom struge, ki jih z visokimi betonskimi brežinami loči od okoliških poseljenih površin ter z izgledom odtočnega kanala in ne potoka. Namen je bil izboljšanje varnosti pred poplavami in higienskih razmer oziroma da se zagotovijo večje pretočne hitrosti v času nizkih voda z namenom odvodnje odpadnih voda.

Pred izvedenimi regulacijskimi deli je struga Glinščice po celotni doližini trase blago vijugala. Širina je bila med 3 do 6 m, globina od 60 do 90 cm z muljastim dnom, z bregovi od 30 do 60 cm glede na višino vode. Poplave so bile pogoste v času intenzivnejših padavin.

Glinščica je imela do druge polovice dvajsetega stoletja gorvodno od Rožne doline naravno zaraščeno vijugajočo strugo in naravno dno. Struga je prehajala iz tolmunov v plitve predele, z raznoliko ribjo populacijo. Po začetku druge polovice dvajsetega stoleja se je struga, navzgor od že delno urejenega izlivnega odseka leta 1928, začela urejati. Lastniki zemljišč so čistili strugo, določene rečne zavoje so odrezali od matične struge in izkopavali so melioracijske jarke. Ker ni šlo za načrtno regulacijo je bila struga zato zelo zanemarjena vse do leta 1974, ko so se začele načrtne regulacije. Od mostu Brdnikove ulice dolvodno, do izliva v Gradaščico je dno struge na celotnem odseku tlakovano z betonskimi ploščami. Dno stuge so uredili v betonsko kineto, širine 1m in globine 0,25 m, traso struge pa izravnali. Brežine so ravnotako obložili z betonskimi ploščami z nagibi v razmerju od 1:3 do 1:2. Namen je bil zagotoviti dovolj velike pretočne hitrosti v času nizkih voda in s tem zastajanje umazanije na dnu. (Rusjan, Fazarinc, Mikoš, 2003)

2.3 Vplivi urbanih površin in predhodne meritve raztopljenega kisika in dinamike hranil (nitrat in amonij)

Zlasti zanimivi so manjši urbani vodotoki, z vidika spremljanja preučevanja kakovosti stanja vode, saj so spremembe na določenem območju in v določenem obdobju večje. Med julijem 2003 in majem 2005 se je vzdolž struge Glinščic izvajalo vsaj 4 – krat letno merjenje kemizma vode. Namen je bil obeležiti spremembe karakteristik vode v posameznih letnih časih. Meritve so bile dnevne in zelo pogoste. (Brilly, Rusjan, Vidmar, 2006a)

Bistven pokazatelj ustreznosti vode za življenje je količina raztopljenega kisika v vodnem okolju, kar pomeni razpoložljivo vrednost kisika za živa bitja v vodi. Predstavlja osnovo anaerobnemu metabolizmu v vodi, služi kot indikator kontaminiranosti habitata in se odraža pri samočiščenju. Skozi leto se kaže spremenljivost koncentracije kisika, ki se odraža kot posledica temperaturnih sprememb vode in s tem povezane topnosti.

Pri meritvah povzetih iz zbornika predavanj raziskave s področja geodezije in geofizike, se v glinščici meritve osredotočajo na koncentracije kisika v poletnem času julija 2003, z izrazitimi visokimi temperaturami in pretokom 11 l/s. Na odseku betonske struge, zelo poraščene z vegetacijo, je bila izmerjena hipersaturacija nad 200%, zaradi poteka fotosinteze, ki proizvaja O_2 . Odsek dosega temperature do 27°C. Višje, kjer je struga bolj naravno urejena in ni betonsko tlakovana ter prekrita z rastlinjem, je vsebnost O_2 manjša. Koncentracije raztopljenega kisika najverjetneje občutno padejo ponoči (fotosinteza), vendar meritve niso bile izvedene ob nočnem času. (Brilly, Rusjan, Vidmar, 2006a)

Vrednosti se od izvira pa vse do izliva gibljejo od 8,45 mg/l in se višajo dolovodno do izliva z koncentracijo 17,34 mg/l v Gradaščico. Največje spremembe se kažejo od pritoka Pržanec do Jamnikarjeve ulice, kjer je Glinščica izrazito ravna, izpostavljena soncu in pozidana z betonskimi tlaki. (Brilly, Rusjan, Vidmar, 2006a)

Kot hranilo, je dušik pomemben v vodnih ekosistemih, vendar pri povečanih koncentracijah pride do evtrofikacije. Nasprotno, pa prisotnost amonija, katerega koncentracija je odvisna od pH, predstavlja strupenost za vodne makroinvertebrate. Omenjeni kemijski obliki dušika obsegata bistveni del veznega N_2 v vodi.

V omenjenem obdobju (julij 2003) so bile koncentracije nitratnega dušika pri izlivu v Gradaščico pod 2,08 mg/l. V ravninskem in nezasenčenem delu od Brdnikove do Jamnikarjeve ulice pa okoli 0,5 mg/l – N. Razlog za to je, da v tem predelu tlakovana struga preprečuje neposredno zlivanje iz okoliških poseljenih in kmetijskih površin ter rastlinje v strugi s fotosintezo potrebuje nitratni dušik kot hranilo. V marcu 2004 pa so namerili najvišje vrednosti nitratnega dušika (8,92 mg/l), zaradi povečanega dotoka iz poseljenih in kmetijskih površin (gnojenje). Zimske meritve v sredini januarja 2005 so ravno tako pokazale povišane

količine nitratnega dušika, kar je posledica pomanjkanja rastlinja in s tem fotosintetskih procesov, ki so glavni porabniki hranil. Povečane vrednosti amonijevega dušika so opazne dolvodno skozi poseljeno območje. V okolici Podutika in kamne Gorice, na območju suhega zadrževalnika, so se pojavile variabilne meritve vrednosti nitratnega in amonijevega dušika, ki so neodvisno od hidroloških razmer, bile posledica neustreznega izliva komunalne odpadne vode preko sistema meteorne kanalizacije. Meritve so bile zajete med intenzivnimi padavinami v kratkem časovnem intervalu (2h - avgust 2003) in so se dvignile za 8,74 mg/l (amonijev dušik), nato pa je sledilo znižanje koncentracije zaradi meteorne vode, ki je manj obremenjena. (Brilly, Rusjan, Vidmar, 2006a)

2.4 Hidrološki problemi potoka Glinščice

Potok Glinščica oziroma njeno porečje v primerjavi z večjimi rekami v bližini, kot sta Sava ali Ljubljanica, predstavlja relativno majhno površino. Zaradi majhnosti površine se bistveni problemi kažejo pri visokih vodah, kjer v krajših intenzivnih padavinah, ki trajajo samo nekaj ur, stekajo v vodotok velike količine vode in privedejo do poplav. (Fazarinc, 2010)

Do poplav lahko pride, zaradi naravnogeografskih dejavnikov, kot so »vremenske, geološke, hidrološke, pedološke in vegetacijske značilnosti pokrajin« (citirano po: Legiša, 2013; str. 7) in antropogenih dejavnikov.

Glinščica poplavlja približno vsakih pet do deset let. Najpogostejše poplave so se na vodotoku Glinščica pojavile v letih 1957 – 1976. Pojavile so se v povprečju 11 – krat letno, z najpogostejšimi v jesenskem in zimskem času. Najpomembnejše poplave na tem območju so se zgodile leta 1926 in 2010. Obe, Glinščica in Gradaščica, ki se pogostokrat omenjata v korelaciji pri poplavah, spadata med hudourniške poplave. Te predstavljajo kratkotrajne in izjemno silovite poplave. (Natek, 2008)

Glinščica poplavlja predvsem predele Rožne doline. Zadnje hujše poplave so se zgodile leta 2010 ter štiri leta za tem še hujše v oktobru leta 2014, po intenzivnih nočnih padavinah. V strugi Glinščice so se samo v nekaj urah, bistveno povečali pretoki, do te meje, da je začela prelivati strugo. Oplavljeni so bili deli Brdnikove ulice, Jamnikarjeva ulica in predel Rožne doline južno od nje, pa je bil praktično do približno 30 cm vse do popoldneva v vodi.

Takšen obseg padavin, lahko predvsem v tako kratkem času povzroči udar v kanalizacijsko omrežje in tako pripomore k še hujšim posledicam udarne onesnažene vode v bivanjske domove..

Podoben problem predstavlja tudi vodotok Gradaščica, v katerega se izliva Glinščica. Njen povirni del ima izrazito pahljačasto obliko. V njo se steka petnajst pritokov. Najpomembnejši so Horjulka, Horjulščica ali

Šujica. Karakteristike njenih odtokov so podobne in so bile v preteklosti tudi podobno regulirane, zato ob večjih deževjih poplavljata praktično istočasno.

3. ZAKONODAJA NA PODROČJU VARSTVA VODNEGA OKOLJA

Zakonodaja na področju varstva vodnega okolja je izredno pomembna, saj je voda kot naravna prvina, osnovna osebna pravica. Ni je mogoče nadomestiti in predstavlja življenjski prostor in osnovo številnih človeških dejavnosti. Zato je še posebej potrebno na tem področju ravnati skrbno, celovito in trajnostno, saj vodni viri niso neomejeni in pogojeni le na državne in administrativne meje.

Države Evropske skupnosti so zato z namenom spodbujanja trajnostne rabe vodnih virov, sprejele vodno direktivo. S tem so postavili temelje zaščiti voda.

V Sloveniji, je na osnovi določil, uredb ter direktiv za osnivanje zakonov s področja zaščite in ohranjanje okolja in prostora, zadolženo Ministrstvo za okolje in prostor (MOP). Področje voda urejajo trije osnovni zakoni: Zakon o varstvu okolja (ZVO), Zakon o vodah (ZV-1) in Zakon o ohranjanju narave (ZON). Zakoni urejajo najpomembnejše vsebine varstva in rabe voda, vodnega in brežinskega prostora ter urejanja voda in zaščite od voda odvisnih naravnih habitatov. Načrt upravljanja voda (NUV II), kateri je stopil v veljavo po januarju 2016 je osnovni instrument izvajanja upravljanja voda. (www.izvrs.si, pridobljeno 12.05.2016)

3.1 Evropska zakonodaja

Evropski parlament in svet Evropske unije (EU) je 23. oktobra 2000, sprejel direktivo o določitvi smernic za izvršitve Skupnosti na področju vodne politike in jo skrajšano imenujemo Vodna direktiva.

3.1.1 Vodna direktiva

Vodna direktiva zahteva, da države članice pripravijo in udejanijo smernice za zaščito in razvoj vodnega okolja, z ozirom na bodoče generacije. Vodna telesa in njihova prispevna območja, ki zajema soodvisne podzemne in površinske vode ter braja in polavne površine, ki tvorijo nedeljive ekološke enote. Njen glavni cilj je udejanjenje dobrega vodnega okoljskega stanja do leta 2015, z začrtano strategijo do leta 2027. Vzpostaviti okvir pri zaščiti površinskih voda (reke, jezera, somornice in obalne vode) in podzemnih voda na celotnem ozemlju Evrope. Najpomembnejša okoljska cilja sta doseganje kvlaitete vseh površinskih voda ter podzemnih voda z preprečevanje poslabšanja in zagotovitvijo ohranjanja visoke kakovosti voda.

To dosežemo z implementacijo ukrepov, ki so potrebni za:

- preprečevanje nadaljnega poslabšanja; varovanje, izboljšanje in obnavljanje razmer vodnega okolja z ozirom na potrebe po vodi, tako pri površinskih kakor tudi podzemnih vodah, ki bi morale doseči dobro ekološko stanje do leta 2015, kar je opredeljeno kot odsotnost škodljivega onesnaževanja, kot tudi trajen vodni tok,
- spodbujanje za smotrno rabo vode z ozirom na bodoče generacije, ki sloni na zaščiti vodnih virov na dolgi rok,
- doseči ustrezno stanje površinskih voda v primeru umetnih in hidro – morfološko močno preoblikovanih vodnih teles,
- uporaba posebnih ukrepov za nevarne snovi
- zagotavljanje postopnega zmanjševanja onesnaženja podzemne vode in preprečevanje nadaljnega onesnaževanja,
- prispevanje k blažitvi posledic poplav in suš,
- zagotavljanje zadostne oskrbe z vodo.

Doseganje le teh mora predstavljati temelj za prihodnjo regijsko gospodarstvo in socialno povezanost. Prispevati mora k doseganju in vzdrževanju trajno uravnotežene in pravične rabe vode, zmanjšati onesnaževanje podtalnice ter zagotoviti zaščito zemlje in morske vode.

Za implementacijo vodne direktive pri doseganju ciljev, pa je v RS bistven: Načrt upravljanja voda (NUV) in Program ukrepov upravljanja voda (PU NUV). (Majcen I., Poročilo, 2014)

3.2 Slovenska zakonodaja

Zakoni ZVO, ZV-1 in ZON, določajo temeljne smernice, za kvalitetno obravnavo voda in sledijo evropski zakonodaji v zvezi z vodami.

3.2.1 ZVO

ZVO »ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj in v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja« (citirano po: Uradni list, ZVO str.:1)

3.2.2 ZON

ZON »določa ukrepe ohranjanja biotske raznovrstnosti in sistem varstva naravnih vrednot z namenom ohranjanja narave. Ukrepi ohranjanja biotske raznovrstnosti so ukrepi, s katerimi se ureja varstvo prosto

živečih rastlinskih in živalskih vrst (v nadaljnjem besedilu: rastlinske in živalske vrste), vključno z njihovim genskim materialom in habitatami ter ekosistemi, ki omogočajo trajnostno rabo sestavin biotske raznovrstnosti ter zagotavljajo ohranjanje naravnega ravnovesja.« (citirano po: Uradni list, ZON: str.:1) Omogoča, da se v sklopu naravovarstvenih smernic oblikujejo usmeritve na podlagi obravnavanega problema in niso napisane v posameznih členih zakonodaje. Bistvene smernice zakona so poudarjanje biotske raznovrstnosti, naravnega ravnovesja in naravnih vrednot ter s tem povezana skrb za njeno ohranjanje, stremenje k ukrepom in preko subjektov določitve pristojnosti države in posameznih lokalnih skupnosti in njihove odgovornosti. (vpogledano: 02.07.2016; Uradni list)

3.2.3 ZV-1

ZV-1 »ureja upravljanje z morjem, celinskimi in podzemnimi vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči. Upravljanje z vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči obsega varstvo voda, urejanje voda in odločanje o rabi voda. Ureja tudi javno dobro in javne službe na področju voda, vodne objekte in naprave ter druga vprašanja, povezana z vodami.«(citirano po : Uradni list, ZV-1: str.:1) Z določbami ZV-1 se pripravi tudi NUV.

3.2.4 NUV in PU NUV

NUV in PU NUV pri procesu priprave »vključujeta analizo pritiskov in vplivov, določitev stanja voda, vzpostavitev okoljskih ciljev za podzemne in površinske vode (vključno z jezeri, vodotoki, somornicami in obalnim morjem) v vodnem območju in vzpostavitev programov ukrepov za doseganje teh ciljev. Vodna direktiva ob tem zahteva, da se pri določanju okoljskih ciljev upošteva tudi druge vidike kot so gospodarske prioritete in socialna vprašanja.« (citirano po: Majcen, Poročilo, 2014, str.: 1)

NUV II in program ukrepov upravljanja voda (PU NUV II), mora vsaka izmed držav članic EU pripraviti do leta 2015.

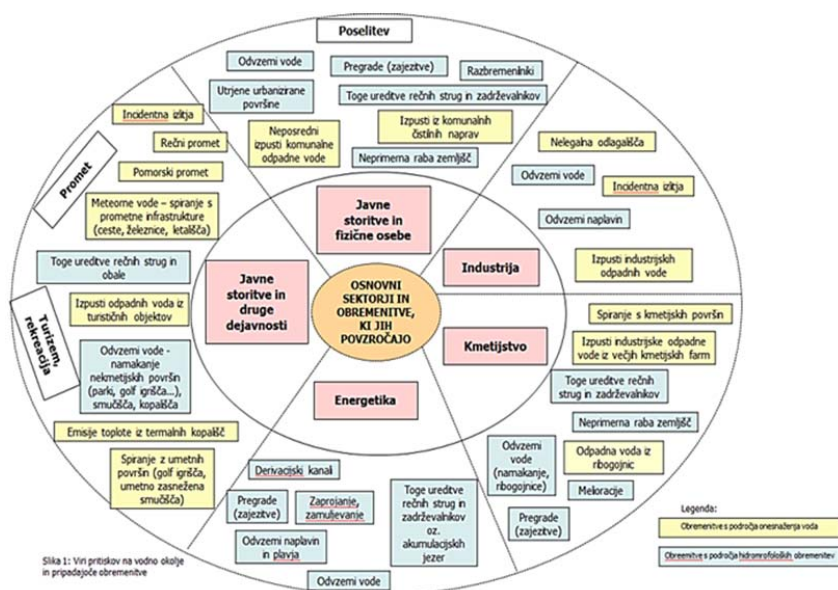


Slika 1: Cikel izvedbe NUV (pridobljeno iz poročila: Majcen, Poročilo, 2014)

Dve leti pred sprejetjem NUV se objavijo PZUV in »predstavljajo vsebine, ki morajo biti podrobneje obravnavane v okviru priprave osnutka NUV-a, da ta postane bolj ciljno usmerjen.« (Majcen, Poročilo, 2014, str.:2)

3.2.5 PZUV

Predstavljajo znane probleme okolja, ki povzročajo večje vplive na vodno okolje, na področju upravljanja voda.



Slika 2: Dejavnosti, ki povzročajo obremenitve površinskih in podzemnih voda (pridobljeno iz poročila: Đurović B., 2014)

3.2.6 OPPN

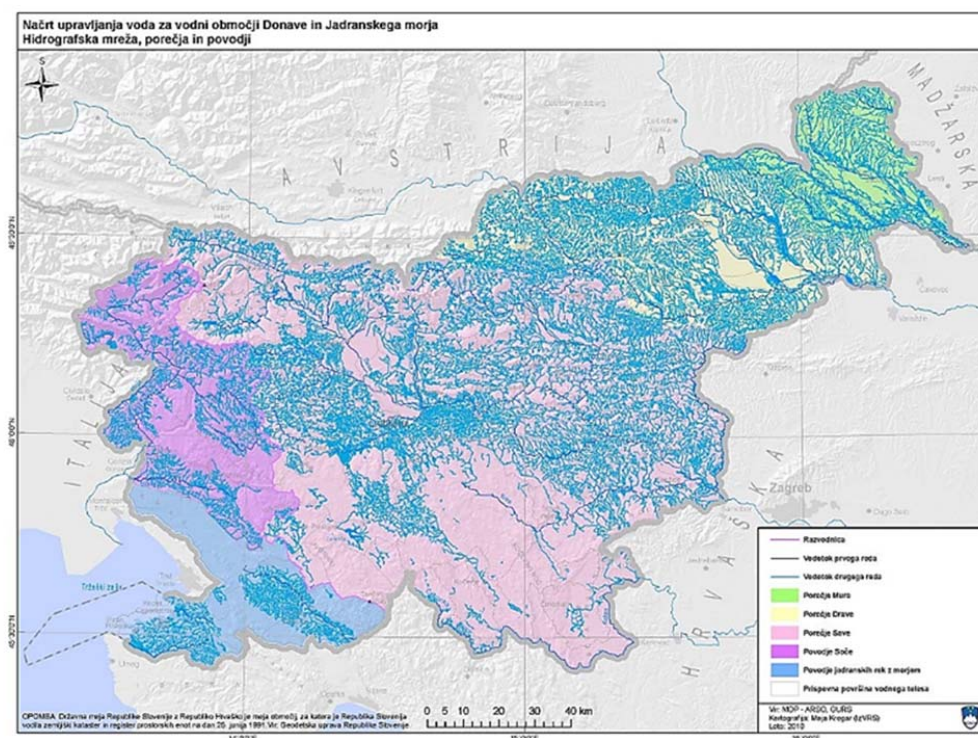
Občinski podrobni prostorski načrt služi natančnejšemu načrtovanju ureditve prostora na delih določenih v 39.členu ZP načrta. Je prostorski akt, ki se izdelava za ureditve prostora na lokalnem nivoju raznih nesreč. Pri tem se natančneje obeleži prostor in se poišče oblikovne izboljšave ureditev prostora, še posebej delov, ki so predmet javnih natečajev, parcelnega načrta, izvedbe odsekov ureditve prostora, ter izboljšav, ki je predmet ohranjanja kulturne dediščine, varstva okolja z ohranjanjem narave in njenih virov ter zaščite pred naravnimi nesrečami in požari ter pogoje priključevanja GJI.

Odvija se na lokalni ravni, kjer občina pri pripravi sodeluje z ministrstvom, kateri jo kot uradni nosilec usmerja in ob seznanitvi javnosti izda dovoljenje za izvedbo. Pri tem sodelujejo poleg ministrstva in občine, tudi ostali organi lokalnih skupnosti in izvajalci javnih služb. (povzeto po: <http://www.arhim.si/s/oppn/> - vpogledano 05. 06. 2016)

4. DELITEV VODNIH OBMOČIJ V SLOVENIJI

Območje RS delimo na dve vodni območji, z meddržavnim značajem. Vodno območje Donave in vodno območje Jadranskega morja. V sklopu teh dveh, pa delimo oba še na porečja Mure, Drave in Save (vodno območje Donave), ter povodje Soče in jadranskih rek (vodno območje Jadranskega morja). Zaradi svoje velikosti se porečje Save deli še na zgornjo, srednjo, spodnjo Savo in porečja Kolpe in Savinje.

Potok Glinščice spada v srednje porečje Save, kamor spadajo tudi porečja na območju Polhograjskega hribovja in Ljubljanske kotline. (Majcen I. 2014)



Slika 3: Hidrografska mreža, porečja in povodij (Ministrstvo za okolje in prostor, NUV 2009-2015)

4.1 Vodno območje Donave

Na vodnem območju Donave se površinske vode s pripadajočimi površinami »razprostirajo preko treh hidroekoregij – hidroekoregije Alpe, hidroekoregije Dinaridi in hidroekoregije Panonska nižina. Vodno območje Donave je razdeljeno na porečje Mure, porečje Drave in porečje Save.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 8)

4.1.1 Porečje Mure

Porečje »se razteza preko Goriškega, Ledavskih goric, ravninskega območja Prekmurja in delno tudi preko Slovenskih goric. Glavne reke na tem porečju so Mura, Kučnica, Ščavnica, Velika Krka, Kobiljanski potok in Ledava.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 8)

4.1.2 Porečje Drave

Porečje »zajema Koroško, dolino Drave, Pohorje, Slovenske gorice, Dravsko ravnino z obrobji in delno Haloze in Kozjansko. Glavne reke na tem porečju so Drava, Mislinja, Meža, Mutska Bistrica, Ložnica, Polskava, Dravinja in Pesnica s pritoki.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 8)

4.1.3 Porečje Save

Porečje Save je največje in je »razdeljeno na Zgornjo, Srednjo in Spodnjo Savo, Savinjo in Kolpo. Zgornja Sava zajema Zgornjesavsko dolino, osrednje območje Julijskih Alp, Triglavsko predgorje, Jelovico, greben Karavank, Blejsko-Radovljiško kotlino z obrobji, del Kamniško-Savinjskih Alp, Škofjeloško hribovje, Brezjansko ravnino, Kranjsko in Sorško polje.

Srednja Sava obsega Polhograjsko hribovje, Ljubljansko kotlino z Ljubljanskim barjem, Kamniško kotlino, Kamniško in Zasavsko hribovje, del Kamniško-Savinjskih Alp, planoto med Črnim vrhom in Logatcem, Pivško kotlino, Cerkljansko polje, Veliko notranjsko planoto, Bloke in območje Javornikov do Snežnika.

Spodnja Sava obsega Grosupeljsko kotlino, Dolenjsko hribovje ob Savi, delno Haloze in Kozjansko, Posavsko in Obsoteljsko gričevje, Krško-Brežiško polje, Krško gričevje, dolino srednje Krke z obrobji, Suho krajino, Kočevski rog, Krakovski gozd in Gorjance z Radoho.

Porečje Savinje se razprostira na območju dela Kamniško-Savinjskih Alp, Logarske doline, Spodnje Savinjske doline, Šaleško-Konjiškega hribovja, predgorja vzhodno od Savinje ter celjske in velenjske kotline.

Porečje Kolpe obsega Ribniško - Kočevsko dolino, Kočevsko goro z Moravsko planoto, dolino Zgornje Kolpe, Kočevsko-Roško hribovje in Belo krajino

Glavne reke na porečju so Sava, Radovna, Tržiška Bistrica, Kokra, Sora (Poljanska in Selška Sora), Rača, Pšata, Kamniška Bistrica, Cerkljanska, Jezerski Obrh, Rak, Pivka, Unica, Logaščica, Iščica, Gradaščica, Mali Graben, Mirna, Črmošnjčica, Radeščica, Temenica, Prečna, Radulja, Krka, Mestinjščica, Bistrica, Sotla, Čabranka, Rinža, Krupa, Lahinja in Kolpa.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 8)

Preglednica 1: Nekatere značilnosti vodnega območja Donave in njihovih porečij (pridobljeno 03.02.2016. Đurović B. 2014).

| Porečje | Mura | Drava | Zg. Save | Sr. Save | Sp. Save | Savinje | Kolpe | VO Donave |
|--------------------------------|------|-------|----------|----------|----------|---------|-------|-----------|
| Karakteristika | | | | | | | | |
| Površina VT (km ²) | 1389 | 3233 | 2174 | 3044 | 3585 | 1853 | 1103 | 16381 |
| Dolžina vseh VT (km) | 2892 | 7841 | 3492 | 7240 | 4853 | 3965 | 396 | 30679 |
| Število VT vodotoki | 12 | 17 | 13 | 20 | 19 | 13 | 7 | 101 |
| Število VT jezera | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Število MPVT | 2 | 5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 13 |
| Število UVT | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| Skupno število VTPV | 14 | 24 | 17 | 23 | 20 | 16 | 7 | 121 |

4.2 Vodno območje Jadranskega morja

Omenjeno območje se s celinskimi površinskimi vodami in njihovimi pripadajočimi zalednimi površinami, ravno tako razprostira »preko treh hidroekoregij – hidroekoregije Alpe, hidroekoregije Padska nižina in hidroekoregije Dinaridi. Raznoliko površje prehaja iz goratega preko hribovitega in gričevnatega v nižinski svet, ki prehaja iz goratega preo hribovitega in gričevnatega v nižinski svet, ki prehaja v obalno morje. Vodno območje Jadranskega morja je razdeljeno je na dve povodji - povodje Soče in povodje jadranskih rek z morjem« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 9) Vodno območje Jadranskega morja se po površinskih vodah deli na 34 vodnih teles. Večino predstavljajo vodotoki. Vodna telesa morja predstavljajo manj kot petino vodnih teles vodnega območja. (Majcen I. 2014.)

4.2.1 Povodje Soče

Razprostira se »vse od Julijskih alp, Cerkljanskega in Idrijskega hribovja, Banjščic, Trnovskega gozda, Vipavske doline do Nanosa. Glavne reke na tem povodju so Soča, Nadiža, Idrija, Bača, Idrija, Trebušica, Koren, Vipava in Hubelj, večja ojezeritev na tem povodju pa je zadrževalnik Vogršček.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 9)

4.2.2 Povodje jadranskih rek z morjem

Zajema »reke Dragonja, Rižana, Klivnik, Molja, Reka, zadrževalnik Klivnik in Mola ter Jadransko morje in so glavne površinske vode na povodju jadranskih rek z morjem, , ki se od povodja Soče nadaljujejo preko Krasa in Brkinov vse do Koprškega primorja.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 9)

Preglednica 2: Značilnosti omenjenih območij in pripadajočih povodij (pridobljeno 03.02.2016. Đurović B. 2014).

| Povodje | Soče | Jadranskih rek z morjem | VO Jadranskega morja |
|--------------------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
| Karakteristika | | | |
| Površina VT (km ²) | 2298 | 1285 | 3583 |
| Dolžina vseh VT (km) | 3000 | 1653 | 4653 |
| Število VT vodotoki | 13 | 11 | 24 |
| Število VT morja | 0 | 4 | 4 |
| Število MPVT | 2 | 4 | 6 |
| Skupno število VTPV | 15 | 19 | 34 |

5. ONESNAŽEVANJE VODNEGA OKOLJA V SLOVENIJI

Med obremenjevalce vode, se štejejo tisti, ki spreminjajo kemijske, biološke, fizikalne in tudi hidromorfološke elemente vode. Razvrščamo jih med točkovne in razpršene onesnaževalce, kot je

industrija in komunala. Del onesnaževanja predstavlja tudi onesnaževanje organskega izvora, ki v majhnih količinah predstavljajo naravni habitat..

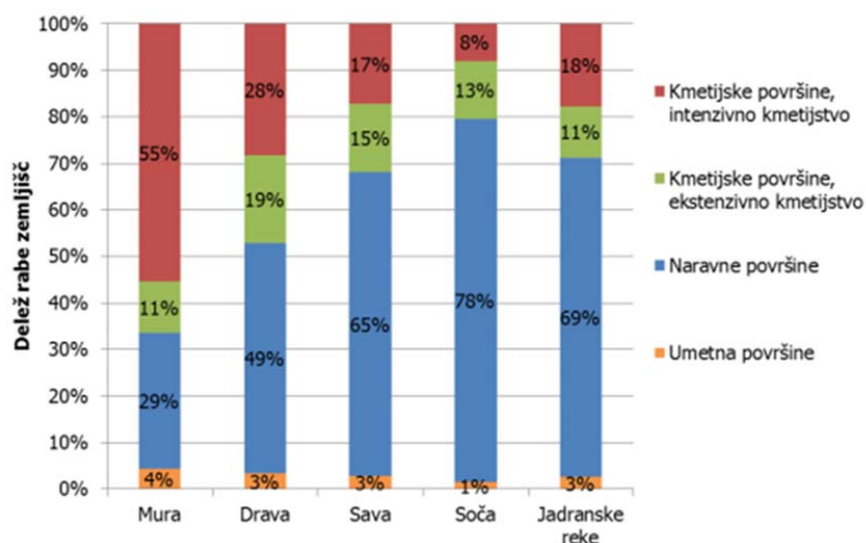
Obravnavane so površinske in podzemne vode. Vpliv človekovega delovanja na stanje voda pri površinskih vodah je »obravnavan glede na rabo zemljišč, točkovne in razpršene vire onesnaževanja, hidrološke in morfološke ter biološke obremenitve. Pri podzemnih vodah pa je vpliv človekovega delovanja na stanje voda obravnavan glede na točkovne in razpršene vire onesnaževanja in količinsko stanje podzemnih voda.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 11)

5.1 Površinske vode

Posledice močne hidrogrfske raznolikosti, so različni rečni režimi: dežni, dežnosnežni, snežnodežni in snežni. Vsa voda, ki je posledica izhlapevanja in kondenziranja vode v naravi, še posebej zaradi velikih padavin v zahodni in severni Sloveniji, je nad evropskim povprečjem. Ozemlje Slovenije s površino 20.274 km² ima 26.989 km dolžin vodotokov z gostoto mreže vodotokov ocenjene na 1,33 km/km². Dosedanja kemijska in ekološka stanja površinskih voda, kažejo na dobro kemijsko stanje 94,8% VTPV in ravno tako dobro ekološko stanje 51,6% VTPV. Povečane koncentracije tributilkositrovih spojin (6 VTPV) in živega srebra (1VTPV), sta najpogostejša predstavnika na VTPV, za slabo kemijsko stanje voda v RS. Problem prekomerne obremenjenosti z organsko maso, hidrološke spremembe, posebna onesnaževala in trofičnost so pa največkrat posledica za slabo ekološko stanje. (Majcen I. 2014)

5.1.1 Raba zemljišč

Stanje celega prispevnega območja je odvisno od razmer vodnih in obvodnih ekosistemov površinskih in podzemnih voda. Naravno okolje, vodna kakovost in njihove značilnosti prispevnega območja, so pod močnim vplivom človekovega delovanja. Doseganje dobrega stanja voda, zadovoljujemo z značilno uporabo prostora v prispevnem območju, z ostalimi človekovimi onesnaženji in regulacijami, vremenom in rastlinjem. (Majcen I. 2014)



Slika 3: Deleži rabe zemljišča na porečjih/povodjih (Vir: Majcen I. 2014. str. 13)

5.1.2 Točkovni in razpršeni viri onesnaževanja

Različni viri onesnaževanja se pojavljajo na površinski kot tudi v podzemnih vodah, kot poslediva nutricijskega vnosa, snovi organskega izvora in nevarnih snovi. Delimo jih na točkovne in razpršene vire onesnaževanja, s pomočjo prostorskega vidika.

Pri odvajanju odpadne vode neposredno v vodotoke ali druga vodna telesa ozirna vode, opredelimo vir onesnaževanja kot točkovni. Sem spadajo izpusti iz komunalne infrastrukture, industrije in onesnaževanj v primeru razlitij v prometu in drugih nesreč.

Različne človekove dejavnosti pa so vzrok za razpršene vire onesnaževanja. Kar pomeni več manjših obremenitev. Obremenjevanje se lahko izvaja v zemljino, v zračni prostor ali vodna okolja, kjer izvora obremenitev ni mogoče točno opredeliti in je posledica kmetijskih dejavnosti, človekove poselitve (naselja), promet in industrija. Najpogostejši primeri so atmosferska depozicija, spiranje s kmetijskih zemljišč, erozija in drenaže. (Majcen I. 2014)

5.1.2.1 Onesnaževanje zaradi vnosa hranil

Onesnaževanje zaradi vnosa hranil predstavljajo anorganske molekule, katere avtotrofni organizmi nujno potrebujejo za rast. Najpomembnejša predstavnika škodljivih snovi sta dušik in fosfor, katerih spojine predstavljajo eno izmed pomembnejših obremenitev površinskih voda, saj pospešujeta produktivnost alg in drugih vodnih rastlin, kar je vzrok eutrofikacije površinskih voda (jezera). (Majcen I. 2014)

5.1.2.2 Onesnaževanje zaradi vnosa organskih snovi

Onesnaževanje zaradi ostankov živalskih kedavrov in organizmov rastlinskega izvora ter njihovih fekalnih izločkov, predstavlja snovi, ki so biološko razgradljive in se razgrajujejo zaradi vodnih mikroorganizmov. Zajema lahko tudi obremenitve odvajanja komunalne odpadne vode z območij poselitve, odpadne vode industrijskih procesov in odpadne vode kmetijskih dejavnosti. Del tega onesnaževanja lahko predstavlja neustrezen ribolov, kot tudi nenadni in izredni dogodki komunalnega onesnaženja, ki so posledica poplav. (Majcen I. 2014)

5.1.2.3 Onesnaževanje zaradi vnosa nevarnih snovi

Delimo jih »glede na izvor, glede na učinek, ki ga imajo na organizem, vrsto ali ekosistem, glede na lastnosti ali glede na to, kako jih lahko kontroliramo oziroma odstranjujemo. Glede na izvor delimo nevarne snovi na sintetična in nesintetična onesnaževala. Sintetične nevarne snovi so snovi, ki jih je izdelal (sintetiziral) človek in so v okolju prisotne zaradi človekovih dejavnosti. To so na primer FFS, tehnične kemikalije, topila, idr. Po drugi strani nesintetične nevarne snovi lahko najdemo v manjših količinah tudi v naravi (npr. kovine kot so kadmij, svinec, nikelj, živo srebro ali primesi, ki so prisotne v nafti, premogu in katranu). Na Evropskem nivoju Direktiva o okoljskih standardih kakovosti določa 33 snovi oziroma skupin snovi t.i. prednostne snovi. Te snovi so izbrane kot relevantne za območje Evropske skupnosti zaradi njihove razširjene uporabe in zaradi ugotovljenih povišanih koncentracij v površinskih vodah.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 22)

5.1.3 Hidrološke in morfološke obremenitve

Kot posledica antropogenih regulacij vodnega okolja in samih vodotokov, zaradi potreb po vodi, je prišlo za določeno vrsto vodnega telesa, do značilnih hidromorfoloških sprememb. Kažejo se spremembe pri pretoku na površini kot spremembe v podtalni vodi. Sem spada tudi različen zadrževalni čas vode v jezeru. »Te obremenitve povzročajo spremembo hidrološkega režima, povečanje količine in hitrosti odtoka (padavinske) vode, spreminjanje gladine podzemne vode, spreminjanje režima premeščanja sedimenta, degradacijo habitatov, spremenjenost rastlinskih in živalskih združb, uničenje drstišč, prekinitvev povezav med strugo in poplavno ravnico ter povečanje vnosa onesnaževal.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 30)

Bistveni problem sprememb vodotoka je ravno tako tudi prekinitev prehajanja vodnih organizmov in plavin po vodotoku. Problem predstavlja tudi ribištvo z vlečnimi mrežami in zapornimi plavaricami, pomorski promet, poselitve in turizem, saj povzročajo fizične poškodbe dna slovenskega morja, kar spada tudi med pomembne hidromorfološke obremenitve vodnega okolja (Majcen I. 2014).

5.1.4 Biološke obremenitve

V to skupino štejemo takšne, katere ki vplivajo na množičnost in nekontaminiranost organizmov. Vplivi se kažejo v ravnovesju in sami sestavi in funkcionalnosti samega vodnega habitata. Biološke anomalije se kažejo na množičnosti in prisotnosti ter genski kvaliteti in reprodukciji organizmov, kot tudi pri novih obolenjih ali s prisotnostjo parazitov. Posebno je potrebno tukaj izpostaviti tujerodne vrste organizmov, ribolov in ribogojstvo.

Tujerodne vrste lahko postanejo »invazivne«. Vplivajo neposredno na izgubo biotske raznovrstnosti. Povzročajo značilne degradacije habitatov. Uporablja se jih v ribogojstvu in ribolovu oziroma športnem ribolovu. (Majcen I. 2014)

5.1.5 Obremenitve morja

Najpomembnejši pritiski obremenitve morja predstavljajo morski odpadki, podvodni hrup in prelov. Glavni vir odpadkov, ki prihajajo v morje iz kopnega so večinoma antropogenega izvora in so povezani z rečnimi in drugimi pritoki urbanega okolja in industrije. Pomorski promet, ribištvo in marikultura pa predstavljajo najpomembnejše morske vire onesnaženaja.

Na morske organizme ima velik vpliv podvodni hrup, zato predstavlja pomemben faktor obremenitve morja (spremembe v zaznavanju, vedenjskih navad, poškodbe sluha ali sistema za ravnotežje ter fiziološke poškodbe). Bistveni problem obremenitve pa ravno tako predstavlja intenziven gospodarski ribolov. (Majcen I. 2014)

5.2 Podzemne vode

Podzemne vode in njihove zaloge so izjemno pomembne predvsem zaradi zagotavljanja oskrbe s pitno vodo in drugih tehnoloških postopkov. Podtalne vode so količinsko precej večje od površinskih. Zadržujejo se v prepustnih delih tal pri pronicanju padavin in vod iz površin. Za podtalne vode je značilno, da se lahko zaradi različnih učinkov prevelikega izkoriščanja in onesnaženja, izražajo z veliko zakasnitvijo, kot tudi z dolgotrajnim procesom regeneracije. (Majcen I. 2014)

5.2.1 Točkovni in razpršeni viri onesnaževanja

Navedeni viri onesnaževanja povzročajo negativno vplivajo na karakteristike podtalnih vod, kot na samo sestavo ter posledično tudi njeno uporabnost. Najpomembnejše so oskrba s pitno vodo, živilska proizvodnja (hrane, pijače), industrijska proizvodnja polnjenja ustekleničenih voda in raznih tehnologij ter kmetijstva. Bistvene probleme predstavljajo razpršeni viri onesnaženja saj obremenjujejo podzemne vode na širšem področju in ne lokalno kot se to zgodi pri točkovnem viru onesnaženja, kjer se je s temi obremenitvami lažje spoprijeti. (Majcen I. 2014)

5.2.1.1 Obremenjevanje zaradi dušika

Nitrat velja za najobsežnejši polutant podtalnih voda pri nas. Najpomembnejša vzroka za njegovo razširjenost je posledica kmetijske panoge in zastarela in nevdrževana odvodnja komunalnih odpadnih voda (razpršena vira onesnaženja). (Majcen I. 2014)

5.2.1.2 Obremenjevanje zaradi vnosa pesticidov

Akumulacije atrazina/desetilatrazina: gre za stara ekološka bremena v spodnjih delih nekaterih vodonosnikov, kot vzrok pretekle uporabe. Povečane vsebnosti atrazina/desetilatrazina v podtalni vodi onemogočajo uporabo za potrebe pitne vode. Vsebnosti so bile izmerjene v Dravskem polju, spodnjih delih Ljubljanskega Barja in Kamniško – Bistriškega polja.

Drugi lahko pesticidi ravno tako preprečujejo oskrbo s pitno vodo podtalnih zajetij, ki so bistveno izpostavljene gnojenju. (Majcen I. 2014)

5.2.1.3 Obremenjevanje zaradi vnosa nevarnih in drugih snovi

Izpusti odpadnih vod: odpadne vode, ki so bile izpuščene na vodne in obvodne predele s pronicanjem ravno tako obremenjujejo podtalno vodo. Najpomembnejše onesnaževalce podzemnih voda, ki spadajo pod nevarne snovi in katerih trend vnosa narašča so nikelj, svinec, celotni ogljikovodiki (mineralna olja) in triklorometan.

Odlagališča odpadkov: predstavljajo obremenitve lokalno v okolici odlagališča (izpusti iz odlagališč)

Rudarski objekti: dejanske obremenitve in dejanski vplivi teh objektov na podtalne vode, niso bili še ustrezno raziskani in kontrolirani.

Industrijski objekti: sem spadajo tudi zapuščeni objekti človeških dejavnosti iz katerih obremenitve na podtalne vode ravno tako niso bile kontrolirane in raziskane.

Vrtine za plitvo geotermijo: letno se izvrta veliko količino vrtin za področje geotermalne energije. Posledica tega so spremembe lastnosti geoloških plasti na teh mestih in vgrajene snovi, ki lahko ogrožajo zajetja podzemne vode. (Majcen I. 2014)

5.2.2 Hidrološke obremenitve

Povzročamo jih z črpanjem podtalnice, »z zajetji za različno rabo in s posegi v režim odtoka (gradnja akumulacij, odvodnja cest in drugih objektov, izboljšave tal z agromelioracijami, odvajanjem odpadnih vod v tla, dreniranjem tal, tesnjenjem tal ter drugimi spremembami infiltracije kot je spreminjanje rabe tal, zarasti, itd.). tovrstne obremenitve podzemnih vod povzročajo vplive na njeno piezometrično gladino, smer toka ter zaloge podzemne vode.« (citirano po: Majcen I. 2014. str. 51)

Kakršnokoli spreminjanje gladine podzemne vode, kot je njeno izčrpanje se lahko odraža na večih dejavnikih podtalne vode kot zemljiš na površju.

Pri oskrbi s pitno vodo se pojavijo problemi v sušnem obdobju, ko se količina pitne vode zmanjša in poveča odvzem, kar še dodatno zmanjša količine vode. Ob obilnem deževju, se lahko pogosto srečujemo s motno vodo. Prisotnost virusov in bakterij predstavljajo največje probleme, zelo pa so obremenjena tudi območja intenzivnega gnojenja.

Vpliv podzemne vode se lahko odražajo tudi na površju, ki so bili prepoznani v preteklosti, vendar še ni bil izveden preizkus obremenitev. Podatki o tej odvisnosti podtalja in površja, so še zelo pomankljivi.

Zmanjšanje geotermalne energije v vodonosniku se lahko ravno tako slabša na letni ravni, če odvzem ostane nespremenjen oziroma enak odvzemu prejšnjih let.

Manjši problem predstavljajo tudi vrtine oziroma odvzemi podzemne vode, ki se izvajajo »na črno«, kjer pogosto fizične osebe uporabljajo vodo za privatne namene. Z nevedenjem evidence na tem področju se pojavljajo bistvene degradacije podtalne vode, saj so meritve in analize vezane na vremenske pogoje za oceno dejanskega stanja.

Do negativnega vpliva na podzemno vodo lahko pride tudi z površinskimi urbanimi posegi v okolje. (Majcen I. 2014).

6. IZVORI ANTROPOGENEGA ONESNAŽEVANJA

Bistvene onesnaževalce vodega okolja predstavlja človekov vpliv na okolje ter s tem povezana industrija ter kmetijstvo.

Urbana naselja, katera nimajo urejene kanalizacije oziroma odvoda odpadnih in onesnaženih padavinskih voda ter njihovega čiščenja, veljajo za enega pomembnejših onesnaževalcev. Sledi promet, ki z odvodnjavanjem s cestnih površin in železniških prog, s katerih se odvajajo snovi za zaščito lesa in preprečevanje rasti plevela, ravnatoko močno onesnanžuje okolje. Zelo pomemben onesnaževalec je tudi industrijska proizvodnja, ki nima ustreznih tehnoloških procesov in s tem onesnažuje okolje (vodni režim in ozračje - kisli dež). Bistveno onesnaževanje predstavlja tudi atomsko pridobivanje energije, razna neurejena odlagališča odpadkov, kmetijska proizvodnja in živinoreja (umetna gnojila, sredstva za zaščito rastlin, neobvladovanje odpadnih vod) ter skladiščenje in manipulacija z nevarnimi in škodljivimi snovmi. Izvore onesnaževanja ločimo na točkovne (koncentrirane – gospodinjstva, industrija) in razpršene (dispergirane – padavinske (kisli dež) in pri kmetijstvu za zaščito rastlin) onesnaževalce.

Voda služi kot transportno sredstvo pri prenosu primesi onesnažil. Primesi delimo na usedljive in neusedljive, po kemijski sestavi pa v anorganske (mineralne) in organske. Onesnažene vode (gospodinjstva, industrija, padavine) se zbirajo v kanalizacijskih sistemih in se čistijo v komunalnih napravah. Na način čiščenja jih ločimo na:

- »biološko nerazgradljive,
- biološko razgradljive,
- hladilne odpadne vode,
- odpadne vode, ki vsebujejo strupe,
- odpadne vode, ki vsebujejo kisline, alkalije in soli.« (citirano po: Panjan J. 1999)

Za analizo je potrebna priskava vzorcev na sestavo in koncentracijo vsebovanih snovi. Koncentracija snovi ali spojin je bistvenega pomena za nevarnost (strupenost) za delovanje čistilne naprave. Masno obremenitev ali masni pretok v g/s ali kg/dan dobimo, če pomonožimo koncentracijo C , v mg/l ali kg/m^3 , s pretokom odpadne vode Q , v l/s ali g/m. Lastnosti odpadne vode ugotavljamo z kemijskimi, biokemijskimi in fizikalnimi meritvami, kot z pretokom oziroma hidravlično obremenitvijo. (Panjan J. 1999)

6.1 Gospodinjstva

Onesnažena voda iz gospodinjstev zajema bistven del obremenitev organskega izvora. K njej prištevamo še komunalne odpadne vode iz mestnih kanalizacij, ki so posledica komunalnih dejavnosti (vzdrževanje javnih objektov in infrastrukture).

Melioracijske ali tuje vode imenujemo padavinske vode, vode iz izvirov in potokov ter dovoda drenažnih voda, ki so ravno tako močno organsko onesnažene. Vso vodo, ki ni registrirana pri porabi vode naselja in

pride na čistilno napravo imenujemo »tujo vodo« (slabe tesnitve v kanalih, podtalnica, drenaže, kleti, melioracijska voda – izviri, potoki, vodnjaki).

Gospodinjstva in druge storitvene dejavnosti (gostinjstva, šolstvo, služnostna obrt, turizem, in del zdravstva) producirajo praviloma razgradljive odpadne vode. V njih je okoli dve tretjini snovi organskega izvora, kjer pride do razgrajevanja takoj ob vnosu v vodo. Ločimo jih na sveže, postane in razpadajoče odpadne vode. V hišnih odpadnih vodah se nahaja okoli dve do tri petine beljakovin in do okoli polovice ogljikovih hidratov ter veliko mikroorganizmov kot so virusi in bakterije, ki so fekalnega porekla in predstavljajo predvsem vode, ki smo jih v hiše pripeljali kot pitne vode. Maksimalna poraba vode se pokriva z maksimalnim odtokom odpadne vode, kjer pri srednji normi odtoka vode privzamemo od 150 do 200 l/(os.dan), v večjih mestih pa tudi od 300 do 400 l/(os.dan). (Panjan J. 1999)

Preglednica 3: Nihanja porabe vode v odvisnosti od števila prebivalcev (Panjan J. 1999).

| Velikost naselja | Število prebivalcev [P] | Maksimalna dnevna poraba [l/(P.dan)] | Srednja dnevna poraba [l/(P.dan)] |
|-------------------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|
| Mala podeželska naselja | 2000 | 80 - 100 | 80 |
| Večja podeželska naselja | 2000 - 10000 | 150 - 200 | 80 - 120 |
| Mala mesta | 10000 - 20000 | 150 - 200 | 120 - 150 |
| Srednja mesta | 20000 - 100000 | 300 - 400 | 180 - 200 |
| Velika mesta | 100000 | 350 - 500 | 200 - 300 |
| Zdravniški in kopališki kraji | | 400 - 500 | 200 - 300 |

Preglednica 4: Ocena dnevnega in maksimalnega odtoka glede na število P (Panjan J. 1999).

| Število prebivalcev v naselju | Odtok na priključenega prebivalca [m ³ /(P.dan)] | Dnevni odtok iz naselja [m ³ /d] | Maksimalni urni odtok Q _{max} =%Q _d | Maksimalni sekundni odtok na 1000 priključenih preb. [l/s] |
|-------------------------------|---|---|---|--|
| 500 | 0,08 | 40 | 19,15 | 4,25 |
| 1000 | 0,1 | 100 | 16,67 | 4,63 |
| 2000 | 0,12 | 240 | 14,05 | 4,83 |
| 5000 | 0,14 | 700 | 12,08 | 4,7 |
| 10000 | 0,15 | 1500 | 10,52 | 4,38 |
| 20000 | 0,16 | 3200 | 9,15 | 4,07 |
| 100000 | 0,2 | 20000 | 6,64 | 3,69 |

Odpadne snovi, ki jih najpogosteje vsebujejo gospodinjstva, so usedljive, lebdeče, raztopljene snovi, med katerimi so bistveni dušik, fosfor, kloridi, sulfati in kalij.

Preglednica 5: Koncentracije onesnažil v odpadnih vodah iz gospodinjstev (Panjan J. 1999).

| Vrsta onesnaženja | Koncentracija [mg/l] |
|---------------------|----------------------|
| Vse usedljive snovi | 300 - 1200 |
| lebdeče snovi | 100 - 400 |
| raztopljene snovi | 250 - 850 |
| BPK5 | 100 - 400 |
| KPK | 200 - 1000 |
| Celokupni dušik | 15 - 19 |
| Celokupni fosfor | 5 - 20 |
| Kalij | 40 |
| Kloridi | 30 - 85 |
| Sulfati | 20 - 60 |
| pH | 6 - 9 |

V oskrbovalnih, storitvenih in gostinskih dejavnostih, se zajame porabo in odtok odpadne vode glede na obrat oziroma ustanovo, za eno enoto (npr.: zaposlena oseba, obrok, avto, gost/dan, postelja, 1kg perila, bolnik, 1 m², otrok, učenec, obiskovalec, mož, 1 m³). Poraba in odtok odpadne vode se giblje od 2 – 15 l/d za šole, 10 – 30 l/d vrtce, 6 – 20 l/d za gostilne in restavracije pri upoštevanju enega obroka, okoli 25 – 50 l/d za druge obrate z normalnim – močnim onesnaženjem, med 25 – 900 za fotografske delavnice, hotele, kampe, mesarije, pekarne, prenočišča, slaščičarne, upravna poslopja, vojašnice in bazeni ter od teh največ trgovine, do največ 1900 – 2600 l/d razne pralnice. (Panjan J. 1999)

6.2 Industrija in kmetijstvo - živinoreja

Pod to poglavje spadajo odpadne vode, ki predstavljajo stranske produkte industrije, kmetijstva in živinoreje in so produkt tehnoloških postopkov posameznih industrijskih procesov in obrti. Od njihovih postopkov in uporabe materialov ter vključitve vode v same procese je odvisna tudi sestava in koncentracija teh odpadnih snovi, ki so raztopjene v vodi. Ločijo se po biološki razgradljivosti (prehrambena industrija) in biološki nerazgradljivosti (kovinska industrija - strupene snovi). Biološko nerazgradljivih snovi, kot so razne strupene snovi, ki so produkti »težke« industrije in predstavljajo hude obremenitve na okolje, ne smemo mešati z vodo iz gospodinjstev, saj pogosto vsebujejo fenole, mineralna olja in soli, kisline, alkalne snovi, ogljikovodike, cianide, težke kovine, biocide, radioaktivne snovi itd. Najpogosteje so speljane na lastne čistilne naprave, kjer so predhono obdelane in očiščene ter šele nato speljane v kanalizacijo oziroma vodotok.

Preglednica 6: Pregled snovi glede na njihovo razgradljivost (Panjan J. 1999).

| Lastnosti | Tokosikološke lastnosti | Sposobnost za razgradnjo | Primer |
|-----------------------------|--|---|---|
| lahko razgradljive snovi | pretežno nestrupene vendar pogosto nastopajo strupeni vmesni produkti razkroja | hiter razkroj | hišna odpadna voda |
| težko biološko razgradljive | različne | počasen razkroj | odpadna voda iz proizvodnje celuloze ali mineralna olja |
| strupene | vpliv strupov je prevladujoč | deloma, kljub vplivu strupov razkroj še možen; pri večji koncentracijah razkroja ni | detergenti, fenoli |

Odpadne vode iz industrijskih obratov kot so metalurgija, rudarstvo, rafinerije, kemijska, usnjarska, papirna in živilska industrija, se zajema glede na tono oziroma m^3 proizvoda (E). Giblje se od $9 m^3/Z*a$ (na zaposlenega - m^3/E) do $20000 m^3/Z*a$. Največji porabniki so dejavnosti pri katerih se proizvaja, kisline, lužine, klor, premog (rudniki), guma, kovani in stisnjeni izdelki, mila, valjarne, železarne, barvanje in stiskanje blaga, belilnice bombaža, kamnoseštvo, fina mehanika in optična ter električna idustrija, lesni mlini, pralnice, sulfita celuloza, tovarne papirja, usjarne, klavnice, molža, pivovarne, mlekarnice, proizvodnje alkohola, melase in žita, margarine, zelenjavnih konzerv, sladkorja in slaščic.

Živinoreja, zajema vrste vzreje živali kot so govedoreja, svinjereja in vzreje konj, koz, krav mlekaric, mladih goved, ovc, telet ter kokoši. Enota, s katero se poda skupno odpadno vodo iz posamezne vrste, je $l/(G.d)$, kjer 1G predstavlja vzrejo štirih prašičev [$31 l/(G.d)$] oziroma 300 kokoši [$65 l/(G.d)$]. Skupna poraba odpadne vode se giblje pri ovcah in teletih od okoli $8 l/(G.d)$ do konj in krav mlekaric do $60 l/(G.d)$ poleg 300 kokoši (1G).

Pomemben del industrijskih odpadnih vod, so hladilne odpadne vode, ki se uporabljajo v energetiki in industriji, predvsem pri hlajenju in odvajanju odvečne toplote oziroma energije (atomske in termo elektrarne). Termoelektrarna z močjo okrog 200 MW potrebuje okoli 4 -5 m³/s vode za hlajenje. Pri hladilni vodi lahko pride do toplotne onesanžitve vodotoka, če se voda izpušča brez predhodnega hlajenja. Dvigne se temperatura v vodotoku, kar se odraža na lasnostih vode, na gostoti, vnosu kisika in viskoznosti ter na ekološke sisteme, biocenozo, kot tudi na strupenost nekaterih snovi (sinergetski vpliv). V vodotoku, z odvzema vode za hlajenje vplivamo na ekološko ravnotežje. Najpogostejši vplivi na vodotok, ki se pojavijo zaradi odvzema vode za hlajenje, so vplivi na biocenozo (vodostaj, biomasa organizmov, prizadetost litoralnega dela, sprememba razmerja primarnih in sekundarnih producentov, izginotje določenih vrst organizmov, vpliv na obvodne rastline in živali), vplivi na fizikalne in kemijske parametre v vodi (temperatura, višje koncentracije nutrientov, spremembe v redkos potencialu), vplivi na morfologijo (sprememba v strukturi usedlin, zmanjšanje habitatov, spremenjen krajinski izgled) in vplivi na hidrološke parametre (spremenjena prodnost, zmanjšanje transporta plavin, povečano odlaganje organskih delcev, erozijski procesi, vplivi na podtalnico, zmanjšana hitrost toka, nihanje vodostajev in podtalnice). (Panjan J. 1999)

6.3 Padavine (posredno)

Padavine lahko predstavljajo del antropogenega onesnaževanja zaradi bistveno industrializiranih območij, kjer se odraža onesnaženost atmosfere oziroma emisij (kisli dež). Drugače je meteorna voda, iz streh, prepustnih, slabo prepustnih ali neprepustnih površin lahko onesnažena predvsem z mineralnimi in redkeje tudi organskimi snovmi. Antropogeni vplivi, se kažejo pri spiranju iz teh površin, kot na primer cest, kjer pri spiranju vsebuje razne primesi, naftnih derivatov, soli, olj, maščob in težkih kovin (posledica izpuhov) ter kmetijskih površin (posledica gnojenj). (Panjan J. 1999)

Preglednica 7: Srednje koncentracije onesnažil padavinskih vod s prometnih površin v primerjavi s »čistim« dežjem - deževnico (povzeto po: Panjan J. 1999).

| Parameter | Padavinska voda s ceste [mg/l] | Deževnica [mg/l] |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Suspendirane snovi | 110 | 3,5 |
| Celokupni organski ogljik | 19,6 | 2,9 |
| Celokupni ogljikovodiki | 4,5 | - |
| BPK5 | 12,2 | - |
| Svinec | 0,34 | 0,067 |
| Cink | 0,25 | 0,06 |
| Baker | 0,047 | 0,007 |
| Kadmij | 0,0034 | 0,003 |
| Kloridi | 159 | 1,6 |
| Brez posipanja s soljo | 22,4 | - |
| Sulfati | 15 | 8,4 |
| Nitrati | 1,3 | 0,47 |
| Amonijak | 0,5 | 0,60 |
| Dušik (Kjeldahl) | 2 | - |
| Celokupni fosfor | 0,28 | 0,031 |

6.4 Komunalne dejavnosti

V fazi biološkega čiščenja, na komunalnih čistilnih napravah, nastaja blato, ki ga izločimo z usedanjem, nato zgoščujemo in presnovimo organsko maso v mineralno. Kljub temu vsebuje še vedno okoli 90 – 93 % vode. Voda se pri deponiranju veže na odpadne snovi, pri kmetijstvu pa mora zadostiti večim pogojem.

Preglednica 8: Mejne vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi in hranil v tla, ki so lahko v blatu, mulju ali kompostu (Panjan J. 1999).

| parameter | mejna vrednost [kg/ha leto] |
|----------------------|--------------------------------|
| nevarne snovi | |
| Cd | 0,025 |
| Cu | 3 |
| Ni | 0,5 |
| Pb | 2,5 |
| Zn | 10 |
| Hg | 0,025 |
| Cr | 2,5 |
| Cr (VI) | 0,25 |
| hranila | |
| N | 210 |
| P (P2O5) | 210 |
| P | 26,2 |
| K (K2O) | 300 |
| K | 124,5 |

Problem predstavljajo tudi odpadne vode iz deponij komunalnih odpadkov, ki se praviloma pojavijo šele ob koncu obratovanja ali po zaprtju (prekritju) deponije. Ker je material v deponijah hidroskopen, se po mineralizaciji organske snovi in zasičenosti deponiranega materiala pojavijo izcedne vode, zato je

potrebno zadostiti mejnim vrednostim parametrov potrebnih za pravilen izpust v tla oziroma kanalizacijo. (Panjan J. 1999)

6.5 Nevarna onesnaženja

Pod pojem nevarno onesnaževanje označujemo »nevarne snovi, ki so zaradi svoje strupenosti, težke razgradljivosti in sposobnosti da se kopičijo v okolju, določene za nevarne.« (citirano po: Panjan J. 1999) Zato je potrebno v velikem delu industrije in obrti, predhodno čiščenje za odpadne vode do stopnje, da nevarne snovi v odpadni vodi niso nevarne za kanalizacijske sisteme. Klasifikacija nevarnih snovi je opredeljena glede na:

1. elemente v sledih, nevarne snovi, ki se pojavljajo v vodi v zelo nizkih koncentracijah (ppm). Najpomembnejši so kadmij, svinec, cink, živo srebro, berilij, krom, in železo (lahko so nutrienti v majhnih količinah, vendar so v večjih toksični),
2. težke kovine (kadmij, svinec, živosrebro) in metaloidi, elementi, ki mejijo med kovinami in nekovinami. Najpomembnejša onesnaževalca metaloidov sta Arzenik in Selen. Arzenik se nahaja v fosilnih gorivih (premog). Veliko ga preide v naravne vodotoke, lahko se pa nahaja tudi v fosfatnih mineralih in vstopa v vode skupaj s fosforjevimi spojinami,
3. neorganske nevarne snovi, ki pripomorejo h kislosti, bazičnosti in slanosti vode. Najpomembnejše so azbest, hranila za alge, cianid, amoniak, vodikov sulfid in ogljikov dioksid. Amoniak povzroča probleme pri kvaliteti vode v obliki amonijevega dušika, saj je produkt razkroja dušikovih odpadnih snovi in pokazatelj prisotnosti le teh. V vodi je prisoten kot NH_4^+ , Elementi Dušik, Fosfor in Kalij so v veliki večini v gnojilih in zato prisotni v zemlji pognojenih polj ter kot sestavine različnih industrijskih odpadkov. Pogost vir fosfatov v odpadni vodi pa predstavljajo gospodinjski detergenti,
4. organske nevarne snovi, kater se nahajajo v odpadni vodi iz naselij (mila in detergenti, težko razgradljive organske snovi, pesticidi, poliklorirani bifenili – PCB),
5. kemični karcinogeni,
6. radionukleidi (jod, kobalt, radij) (Panjan J. 1999)

7. PARAMETRI KVALITETE VODE

Parametri kvalitete voda, katerih poznamo veliko, so zelo pomembni za kategorizacijo in določanje odpadne vode.

7.1 Nekaterne lastnosti odpadnih voda antropogenega in naravnega izvora

»Kot posledica uporabe vode za transport nezaželenih snovi iz gospodinjstev, industrije, obrti, kmetijstva, živinoreje« (citirano po: Panjan J. 1999) in družbenih dejavnosti kot je zdravstvo, šolstvo in ostale, nastajajo odpadne vode v vseh manjših in večjih urbanih naseljih. Za zadovoljitev osnovnih življenjskih potreb uporabljamo torej vodo iz vodovodnih sistemov. Številni in različni faktorji vplivajo na strukturo kontaminirane vode. Najpogostejši so: »število priključenih prebivalcev in način življenja« (citirano po: Panjan J. 1999) oziroma standard, priključna industrija in obrt ter priključene prometne površine.

Zelo pomembno vlogo pri izpustu odpadnih voda ima temperatura odpadne vode, kjer ta seveda niha glede na letni čas. Zelo pomembna pa je pri neposrednih izpustih v odvodnik, saj višje temperature povečajo porabo kisika. Značilno za odpadno vodo, ki pride iz gospodinjstev je, da ima rahlo zadušljiv, zatohel, trohneč vonj, kjer lahko pri razkrajanju pride tudi do vonja po gnilih jajcih, kar je značilen vonj za H_2S (žveplovodik). Do nastalih težav lahko pride v toplih poletih mesecih, v kanalskih odsekih, »z majhnim, dolgim pretočnim padcem in močnim odlaganjem organskih snovi« (citirano po: Panjan J. 1999). Odpadna voda ima svetlo sivo barvo, če pa že razpada, pa temno do črno sivo. Odpadna voda iz industrijskih ali kmetijskih površin pa lahko ima popolnoma drugačen vonj in barvo, saj vsebuje še druge umetne ali organske snovi.

Kontaminirano vodo »najprej obravnavamo glede na to ali je organskega ali anorganskega izvora in kakšna je možnost čiščenja na usedljive, lebdeče, koloidne, in raztopljene snovi.« (citirano po: Panjan J. 1999) Delimo jih na suspendirane primesi (usedljive, plavajoče in lebdeče) oziroma »izločljive s fizikalnimi postopki, ter koloidne (biokemijski postopki) in raztopljene primesi« (citirano po: Panjan J. 1999) (motnost, zmanjšana prozornost).

Pri odpadni vodi, ki priteče »iz naselij, se običajno navajajo količine: vseh primesi, mineralnih, organskih, suspendiranih, usedljivih, lebdečih raztopljenih primesi in biokemijsko potrebo po kisiku v 5 dneh (BPK)₅.« (citirano po: Panjan J. 1999)

V nasprotju od antropogenega, pa naravno onesnaževanje nastaja predvsem zaradi procesov odmiranja, preperevanja, razpadanja in gnitja v naravi. V naravnem okolju je pogosta tudi erozija s splakovanjem in dviganjem suspendiranih snovi ob visokih vodostajih, ki se kaže kot motnost oziroma kalnost v vodotokih. (Panjan J. 2005; Panjan J. 1999)

7.2 Preiskave kakovosti vode

Nadzorujemo jih z fizikalnimi, kemijskimi, bakteriološkimi in biološkimi parametri. Pomembni so različni dejavniki metodologije (vpogled v nihanje kakovosti, preprosta in kratka, ustreza praktičnim potrebam, preglednost rezultatov). Meritve opravimo na terenu in v laboratoriju.

Med fizikalnimi določitvami so najpomembnejše: »temperatura, motnost, barva, vonj, okus in raztopljene ter neraztopljene snovi. Ostale pa so sušina nefiltrirane in filtrirane vode, odfiltrirane sušene snovi, žarilni ostanek nefiltrirane in filtrirane vode, odfiltrirane žarjene snovi, žarilna izguba nefiltrirane vode, usedljive in plavajoče snovi ter lebdeče in suspendirane snovi.« (Panjan J. 2005, Poglavlje 6.3.2, str.18)

Med kemijske določitve odpadne vode pa merimo pH vrednost in nasičenost s kisikom (KPK, BPK). »Kemijska potreba po kisiku je merilo za organsko onesnaženje v površinskih in odpadnih vodah. Za določevanje KPK lahko uporabimo različne oksidante, med njimi kalijev permanganat ($KMnO_4$), kalijev dikromat ($K_2Cr_2O_7$), kalijev jodat ali cerijev sulfat.« (Panjan J. 2005, Poglavlje 6.3.2, str.18)

»Biokemijska potreba po kisiku je množina kisika, ki je potrebna za oksidacijo razgradljivih organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov, ki jih vzorec vsebuje.« (Panjan J. 2005, Poglavlje 6.3.2, str.18)

Ostale kemijske določitve zajemajo še merjenje: organskega ogljika, dušika (organski, amoniak, nitrit, nitrat), skupni fosfor, redukcijski oksidacijski potencial, sposobnost za gnitje, poraba klora, sulfati, trdota vode, detergenti, olja in masti, hlapne organske kisline, sladkor in škrob, kovine in strupenost.

Pri bioloških preiskavah odpadne vode poznamo dve metodi. Ekološko, kjer ugotavljamo spremembe v sestavi življenske združbe v odvodniku nad in pod izvorom odpadne vode (saprobn sistem) ter fiziološko, kjer ugotavljamo kakovost s testnimi organizmi v laboratoriju. Rezultati te metode so bolj natančni, vendar ne potekajo v naravnem okolju. (BPK, uporaba izbranih testnih organizmov). Poznamo še bakteriološke metode, kjer se izvajajo preiskave za prisotne bolezni (kolera, tifus, meningitis). (Panjan J. 2005)

7.3 Preiskave kakovosti vodotokov

Kakovost vodotokov je odvisna od lastnosti zaledja, količine odpadnih voda, ki se zlivajo v njih in njihove samočistilne sposobnosti. Velik vpliv na kakovost vodotoka imajo tudi padavine, ki vnašajo v vodotok razne raztopljene pline kot so dušik, kisik, ogljikov dioksid, amonijak, žveplovodik, žveplov dioksid, prah saje in ostale delce. Kakovost vodotoka definiramo tudi po značilnih organizmih (saprobijah) in njihovi prisotnosti.

Vodotoke klasificiramo po njegovih lastnostih, kot so stopnja saprobnosti, biološke proizvodnje, strupenosti ali trofičnosti in mikrobioloških pokazateljih. Poznamo štiri razrede saprobnih stopenj

(oligosaprobne, beta-mezasaprobne, alfa-mezasaprobne, polisaprobne), katere so pomembne za zagotje sposobnih voda. Za hladilne, slabo razgradljive ali celo strupene pa ne.

Druga osnovna oblika klasifikacije pa je uporabnost vode. Poznamo štiri kategorije:

- A kategorija: čista voda (pitje, gojitev plemenitih vrst rib-salmonidov)
- B kategorija: zmerno onesnažena voda (kopanje, rekreacija, šport, gojenje drugih vrst rib-ciprinide)
- C kategorija: onesnažene vode (namakanje, industrija)
- D kategorija: nedopustno onesnažena voda (uporaba samo po ustrezni obdelavi)

(Panjan J. 2005)

7.3.1 Monitoring odpadnih voda

»Monitoring odpadnih voda oziroma emisijski monitoring izvaja pooblaščen oseba v skladu s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njeno izvajanje. Služi ocenjevanju ekološkega in kemijskega stanja vodnih teles in temelji na zahtevah direktive o vodah. Način in obseg izvajanja ureja Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda« (citirano po: Uradni list RS, št. 10/2009). »Metodologijo vzorčenja, merjenja parametrov, količin odpadnih voda ter ostale podatke poročila emisijskega monitoringa, se sporoča ministrstvu, pristojnemu za varstvo okolja.« (citirano po: Panjan J. 2005)

Monitoring zajema:

- »merjene količine odpadne vode med vzorčenjem,
- vzorčenje odpadne vode,
- merjenje parametrov odpadne vode (temp., pH med vzorčenjem, analiza vzorca odpadne vode),
- vrednotenje emisije snovi, emisijskega deleža oddane toplote ter izračun letne količine odpadne vode in letne količine nevarnih snovi,
- izračun emisijskega faktorja ali učinka čiščenja odpadne vode, če je za vir onesnaženja določena mejna vrednost,
- izdelavo poročila o opravljenih meritvah.« (Panjan J. 2005)

Zelo pomembno je, da se pri tem preveri in ugotovi letno pogostost meritev, čas in kraj vzorčenja, terenske meritve med vzorčenjem in urejenost mernih mest.

Pri večjih onesnaževalcih pa dnevni pretok odpadnih voda ne sme presežati $15 \text{ m}^3/\text{dan}$, letna količina $4000 \text{ m}^3/\text{leto}$, obremenjevanje vode ne sme zajemati več kot 50 PE in katerakoli nevarna snov ne sme biti vsebovana v večji koncentraciji kot je dovoljeno in izraženo v uredbi o letnih količinah.

Metode in načini vzorčenja se delijo na trenutni vzorec, kvalificirani vzorec in reprezentivni vzorec (časovno volumensko ali pretočno sorazmeren način). Izvajajo se lahko tudi občasne meritve v enakomernih časovnih presledkih, odvisno od načina potrebe, glede na vir onesnaževanja, obratovanja čistilne naprave itd. (Panjan J. 2005)

7.3.2 Kontrola kvalitete vodotoka

Zajema se vse faktorje in spremembe, ki nastanejo zaradi obremenjevanja odpadnih vod in samoprečiščevanja ter so odvisne od kvalitete voda. Najvišje dovoljene koncentracije odpadnih snovi so predpisane z zakonom.

Za preglednost stanja vodotoka se opravijo:

- fizikalne in kemične analize, kot so: temperatura, motnost, barva, vonj, sedimentirane, suspendirane, skupne, organske, neorganske, raztopljene in neraztopljene snovi, pH vrednost, sulfati, železo, nitriti, nitrati, prosti, agresivni amonijak, prosti dušik, skupna karbonatna in magnezijeva trdota, kisik (BPK_5), relativna stabilnost, poraba kisika z $KMnO_4$ in specifične snovi,
- bakteriološke preiskave: število bakterij (mezofilni in psihofilni saprofiti), najverjetnejše število koliformnih bakterij v 1 l vode,
- biološke preiskave: mikroorganizmi (kvalitativna in kvantitativna ocena), razen bakterij,
- strupenostni in polucijski testi,
- test dodatne razgradnje. (Panjan J. 2005)

8. PROCESI ČIŠČENJA ODPADNIH VODA

Procesi čiščenja odpadnih voda potekajo enako kot pri samočiščenju, vendar so zelo pospešeni in potrebujejo bistveno krajši čas čiščenja. Pri čiščenju odpadnih voda potekajo fizikalni, kemijski, biokemijski in biološki procesi, ki se izvajajo na čistilnih napravah. Za uspešno čiščenje so med seboj tesno povezani (naknadni usedalniki pri biološkem čiščenju itd.). Poznamo sledeče postopke čiščenja:

1. »Predhodno čiščenje grobo zrnatih snovi: drobljenje, odstranjevanje (grobe in fine grablje ter sita), odstranjevanje peska in maščob.

2. Prva stopnja čiščenja ali izločanje suspendiranih snovi: usedanje, plavanje, precejanje skozi mikro sита.
3. Druga stopnja čiščenja ali izločanje bioorazgradljivih snovi: biokemijski postopki, fizikalno-kemijski postopki.
4. Tretja stopnja ali izločanje hranil, dušika in fosforja: odstranjevanje dušika in fosforja, težko razgradljivih organskih snovi, težkih kovin in raztopljenih anorganskih snovi.« (citirano po: Panjan J. 1999)

8.1 Naravni procesi čiščenja in samočiščenje

K procesom samočiščenja oziroma avtopurifikaciji voda, spadajo vsi fizikalni, kemijski, biokemijski in biološki procesi čiščenja, »ki vplivajo na količino, sestavo in lastnosti odpadnih snovi v vodnih sistemih in vodnem okolju.« (citirano po: Panjan J. 1999) Populacije ekosistema, ki sodelujejo v procesu biološkega samočiščenja razdelimo »po njihovih dejavnostih na proizvajalce (producente), potrošnike (konzumente) in razgrajevalce (distribuentne).« (citirano po: Panjan J. 1999) Proizvajalci iz anorganskih snovi s pomočjo sonca proizvajajo razgradljive organske snovi, potrošniki proizvajajo biomaso na podlagi organskega vira hranil od proizvajalcev, razgrajevalci pa se hranijo z izločki in ostanki ter vmesnimi produkti razgradnje, ki so hrana proizvajalcem in potrošnikom.

Sončna, kemično vezana in toplotna, so tri oblike energije, ki so prisotne v vodnem okolju. Posledica sončnega sevanja je toplota, ki vodo ogreva in kemična energija ki jo porabijo proizvajalci za proizvodnjo razgradljivih snovi. Razgradnja snovi teče v aerobnih in anaerobnih razmerah, kjer se pod tenko plastjo neraztopljenih snovi odvija anaerobna razgradnja. Najkvalitetnejši samočistilni proces v naravi pa je še vedno hidrološki cikel z izhlapevanjem, če seveda zrak ni onesnažen.

Biološko samočiščenje je torej delo vseh proizvajalcev, ki izgrajujejo novo biomaso, ter razgrajevalcev, ki razgrajujejo snovi do mineralizacije. Do vode so sposobni remineralizirati ogljikov dioksid in nekatere anorganske snovi, ki so proizvodi življenjskih združb. Mikroorganizmi, bakterije in plesni spadajo med neposredne razgrajevalce, katere pretvarjajo tudi anorganske spojine. V te spada vezava molekularnega dušika, nitrifikacija in denitrifikacija, oksidacija vodikovega sulfida in žvepla ter desulfurikacija.

Učinek biološkega čiščenja, je v veliki meri odvisen od ustrezne koncentracije blata oziroma organizmov, ki so sestavni deli življenjskih združb. Teh je v naravnih vodotokih, kateri so razpršenih v vodi, na dnu ter brežinah, razmeroma malo. Posledica tega je pomankanje hrane in majhen samočistilni učinek. Samočiščenje delimo na biološko in nebiološko (fizikalno in kemijsko čiščenje).

Fizikalne procese, ki jih prištevamo k nebiološkem samočiščenju so: »razredčenje, mešanje, usedanje in plavljenje, precejanje in izmenjava plinov (iz zraka).« (citirano po: Panjan J. 1999) Pod kemijske procese nebiološkega samočiščenja pa prištevamo: oksidacija – redukcija, obarjanje(precipitacija), hidroliza ter »so odvisni od stopnje nasičenosti s kisikom in pH vrednosti.« (citirano po: Panjan J. 1999)

Vsi živeči organizmi v celotni življenski združbi oziroma biomas ali biološki ruši so izvajalci čiščenja pri biološkem samočiščenju. Delimo ga na celovito biološko samočiščenje, potek katerega se izvršuje v aerobnih pogojih, ob prisotnosti kisika, hranil in sončnega sevanja ter pripelje do celotvite razgradnje anorganskih snovi ali z drugimi besedami rečeno, njene pretvorbe v minerale. Pri nepopolnem biološkem samočiščenju pride do odsotnosti skupine organizmov v biološki ruši (proizvajalci-podzemne vode-odsotnost sončnega sevanja in raztopljenega kisika), kjer se v anaerobnih pogojih izvrši samo razgradnja nizkomolekularnih spojin.

Na račun alohtonih snovi, ki izhajajo iz zunanjega tujega okolja in avtohtonih razgradljivih snovi, ki izhajajo iz lastnega okolja, nastaja biomasa. Pogoji so anorganska hranila, kisk in sončna toplota. Temu prisostvujejo tudi različne združbe mikroorganizmov, kot so biocenoze in višje razvite rastlinske in živalske vrste. Rastlinski svet vzdržuje svoj obstoj zaradi obstoja živalskega sveta, kateri vključuje tudi bakterije in glive. Groba shema dogajanja je takšna, da se svetlobna energija kot kemična vezna energija pri razpadu organskih snovi sprošča. Pri tem nastopata dve vrsti organizmov. Prva so tisti, ki ustvarjajo iz anorganskih snovi v organske in jih imenujemo avtotrofni organizmi in drugi, ki organske snovi spet razgrajujejo v temeljne sestavine in jih imenujemo živalski oziroma heterotrofni organizmi.

Pri samočiščenju je pomembno omeniti še evtrofikacijo, saj sta procesa med seboj tesno povezana. Gre za proces povečevanja hranilnih snovi (nitratov in fosfatov) v odvodnikih, kar pozitivno vpliva na reprodukcijo alg in rastlin višjega razreda. Pri povečanju količin nutrientov in presežku samočistilne sposobnosti, se zelo poveča bioprodukcija nekaterih alg, presežek, ki ga živali izkoristijo kot hrano, gniti in ostajati na dnu. Delimo jo na naravno evtrofikacijo oziroma kot naprimer staranje jezer ter umetno oziroma antropogeno, kot človekov vpliv v hidrosfero. (Panjan J. 1999)

8.2 Fizikalno – mehanski procesi:

Delimo jih na :

- vrsto in obliko delcev (diskretni delci kosmi),
- velikost delcev (mikro, makro, koloidni),
- koncentracijo in raznovrstnost suspenzije v tekočni (redka, gosta, ali homogena, nehomogena)
- vrsto tekočine (idealna, realna),

- tok tekočine (mirujoč, nemirujoč, stacionaren, nestacionaren, vzdolžni, radialni, vertikalni).

Na splošno prištevamo vse predhodne in prvostopenjske postopke čiščenja k mehanskemu čiščenju. Prvi je prevajanje vode skozi grablje in sita, drugi pa eliminiranje suspendiranih snovi z usedanjem (sedimentacijo) v peskolovih in usedalnikih ter s plavljenjem na površino (flotacijo) v lovilcih olj in maščob.

Za pripravo in čiščenje industrijske vode uporabljamo sita. Poznamo tri načine precejanja skozi sita: bobnasto, tračno in radialno sito. Grablje se delijo na krožne, vodoravne polkrožne in grablje z grebljo, v osnovi pa na grobe in fine.

Peskolove ločimo glede na smer odtoka: peskolov z vzdolžnim, tangencialnim in vertikalnim odtokom ter ozračeni in prečni peskolov.

Suspendirane snovi izločamo v usedalnikih in lovilcih olj. Uporabljajo se kot samostojna čistilna naprava. Nameščeni so lahko pred ali za biološko čistilno napravo kot naknadni (sekundarni) usedalnik, ki izloča »biološko blato, ali pa za napravo za dodajanje sredstev za obarjanje in kosmičenje.« (citirano po: Panjan J. 1999) Lovilce olj ločimo na lovilce z vzdolžnim in vertikalnim odtokom, kot objekte pa na te, »ki delujejo na temelju razlike gostote; objekte, kjer je učinek povečan z dodajanjem plinskih mehurčkov (ozračeni lovilci); in objekte kjer je učinek povečan z dodajanjem snovi za združevanje dispergiranih delcev« (citirano po: Panjan J. 1999) ali snovi s površinsko aktivnostjo in dodatkom plinskih mehurčkov. Usedalnike pa na takšne z vzdolžnim, radialnim, vertikalnim odtokom in lamelne usedalnike. (Panjan J. 1999)

8.3 Kemijski in biokemijski procesi:

V aerobnih razmerah se kot odpadni produkti izločajo dušik, fosfor in žveplo, v obliki NH_3 (amoniak), H_3PO_4 (fosforjeva kislina) in H_2SO_4 (žveplova kislina). Pri razgradnji oziroma disimilaciji (oksidaciji organskega ogljika) se razkrojijo C (organski ogljik), H_2O (voda) in O_2 (kisik) v končni produkt CO_2 (ogljikov dioksid). Prosti elektroni (akceptorji) se prenesejo na kisik, kjer se zaradi tega sprosti energija, ki se potroši pri sintezi. Stranski produkt tega procesa je H_2O . Organska snov se v proces eksogene respiracije v fazi disimilacije v celoti razgradi. Pri simultanem procesu asimilacije, se na podlagi desimilacije sproščene energije in organskega ogljika, izvede sinteza nove organske mase biološkega blata. Proces disimilacije obravnavamo, kot razgradnjo vsega organskega substrata, ki omogoči asimilacijo, zato je merodajna količina kisika, za izračun koeficienta proizvodnje, nove organske mase na enoto BPK_5 . Ko višji organizmi uporabijo mikroorganizme kot hrano in posledično kot vir energije, pride do potrebe po kisiku. V anaerobnih pogojih, kjer ni dovolj kisika, mikroorganizmi kot akceptorji uporabijo

ogljik. Pri aerobnih procesih, je »količina biološkega blata za okoli 5-7 krat večja kot pri anaerobnih. Pri aerobnih se giblje okoli 0,5-1,5 kg biomase na kg BPK, pri anaerobnih pa 0,1-0,2 kg/kg BPK.« (citirano po: Panjan J. 2005)

8.4 Biološki procesi:

Ravno tako kot v naravi, potekajo biološki procesi v komunalnih čistilnih napravah, s pomočjo različnih organizmov. Vsi organizmi imajo zunanji izvor in prihajajo z odpadno vodo, zrakom, tal ali živali, ki živijo blizu čistilne naprave. Eliminacija toksičnih snovi, je bistvenega pomena za funkcijo naravnih in umetnih sistemov, kar pomeni odstranitev pred uvedbo biološkega čiščenja. Poznamo dve vrsti bioloških procesov čiščenja:

- aerobnega, kjer mikroorganizmi potrebujejo kisik za presnovo (biološka ruša »pritrjena na podlago, kjer se voda preceja ali filtrira, ali pa se podlaga potaplja v vodo, ki služi kot medij za hrano.« (citirano po: Panjan J. 2005) Primeri teh so precejalniki, biofiltri, potopniki ali biodiski in talni filtri. Biološka ruša lebdi v odpadni vodi, kjer je voda v turbulentnem stanju. Sem spadajo vsi postopki s poživiljenim (aktivnim) blatom.)
- anaerobnega, kadar presnova poteka brez kisika.

Procesi metabolizma mikroorganizmov v biološkem čiščenju, potekajo pospešeno in kontrolirano, urejeno v umetne akvatične sisteme. Pri procesih je pomembno poznavanje:

- organizmov, kot elementov presnove, s sposobnostjo eliminirati snov ki je ogranska v odpadni vodi ali jo presnoviti v anorgansko,
- »biokemičnega poteka pri gradnji in razgradnji organske snovi v aerobnih in anaerobnih pogojih,« (citirano po: Panjan J. 2005)
- metodike omenjenih reakcij,
- »prenos spoznanj na zaključne naravne in umetne sisteme ter obvladovanje stabilite in dinamike sistemov.« (citirano po: Panjan J. 2005)

Poznamo dva usmerjena sistema bioloških procesov. Prvi je tehnološki in poskuša z zelo ožjim izborom mikroorganizmov izločiti škodljive snovi iz odpadne vode ter s tem začititi naravni prostor pred temi snovmi. Drugi je ekološki in se izvaja ko naravnim ali pol tehničnim živlenskimi prostorom dovajamo odmerjeno količino hranil odpadne snovi, da ostane sistem stabilen (poljedelstvo, ribniki).

Med mikroorganizmi prevladujejo na biološki komunalni čistilni napravi predvsem bakterije (najštevilčnejše), glive (manjše št.; v primeru nižjega pH, št. naraste), alge (na površinah precejalnikov),

protozoje (večje št. v poživiljenem blatu pri nizkih obremenitvah; hranijo se z bakterijami, glivami in org. materialom) in metazoje (višje živali).

Biološko čiščenje v veliki meri temelji na selekciji, med raznolikimi mikroorganizmi, kjer je kvaliteta odvisna od okolja. Poznamo dva temeljna kriterija:

- adhezijo,
- stopnjo rasti (temperaturo, hranila, pH, kisik, itd.).

Selekcija glede na naprave s poživiljenim blatom se deli glede na:

- temperatura,
- elektronski akceptor,
- substrat,
- usedanje ali karakteristike flokulacije,
- stopnjo rasti,
- prosto suspendirane življenske oblike.

Z dodatnim vpihovanjem zraka spodbujamo preživetje aerobnih bakterij. Pri denitrifikaciji, v določenih periodah, nastopa nitrat kot elektronski akceptor. Pri biološkem odstranjevanju fosforja, se selekcionira *Acinetobacter*, glede sposobnosti prevzema malih organskih molekul, kot so očetna kislina in alkoholi, v anaerobnih razmerah.

Viške nastajajoče biomase se odstranjuje. Zaradi stopnje rasti posameznih organizmov je pomembno, da jih ne odstranjujemo pred reprodukcijo. Organizmi, ki razgrajujejo težko razgradljive snovi imajo počasno rast in nižjo tvorbo biomase, tisti, ki pa potrebujejo površino za rast, pa ne preživijo v napravah s poživiljenim blatom. Omejitveni faktor je organski ogljik (C) in ne kot pri jezerih fosfor (P) in dušik (N). (Povzeto po: Panjan J. 2005)

8.5 Nitrifikacija, denitrifikacija in defosfatizacija

Po II. stopnji čiščenja, stremimo k temu, da se na izpustu očiščene odpadne vode, glavni dve hranili, dušik in fosfor oziroma njuna koncentracija, zmanjša. Fosfor se nahaja predvsem kot ortofosfat (PO_4^-), dušik pa kot nitrat (NO_3^-). Učinnost odstranjevanja teh hranil, dosega vrednost med 80 – 90 %, v procesu III. stopnje čiščenja. Potrebno je poznati karakteristike neočiščene odpadne vode, tip obstoječih naprav za odpadno vodo ter zahtevane nivojske kontrole hranil, da se lahko odločimo za najboljšo strategijo kontrole

hranil. Tehnike čiščenja, »zajemajo kemijske, fizikalne in biološke postopke omejevanja ali kontrole količine hranil v čistilnem procesu. Prvi procesi, ki so bili najpogostejši, so bili: biološka nitrifikacija za oksidacijo amonija, biološka denitrifikacija z uporabo metanola za odstranjevanje dušika in kemijska precipitacija za odstranjevanje samega fosforja ali v kombinaciji z dušikom« (citirano po: Panjan J. 2005) in so bili pogostejši v zadnjem času zaradi zmanjševanja porabe kemikalij. (Panjan J. 2005)

8.5.1 Odstranjevanje dušika

Pri odstranjevanju dušika, se del dušika vgradi v novo biološko maso mikroorganizmov, preostanek pa se najprej nitrificira do nitrata (oksidacija dušikovih spojin). Pri procesu denitrifikacije se nitratni dušik reducira v lahko hlapni elementarni dušik, ki izhlapi v zrak. Predhodno izvršena nitrifikacija amonijevega dušika je pogoj za uspešen potek denitrifikacije.

V neočiščeni odpadni vodi je dušik najpogosteje v obliki amonija ali organskega dušika, topni organski dušik pa v obliki uree (urea ali sečnine) in aminokislin. Večina dušika je na iztoku iz naknadnega usedalnika v obliki amonija.

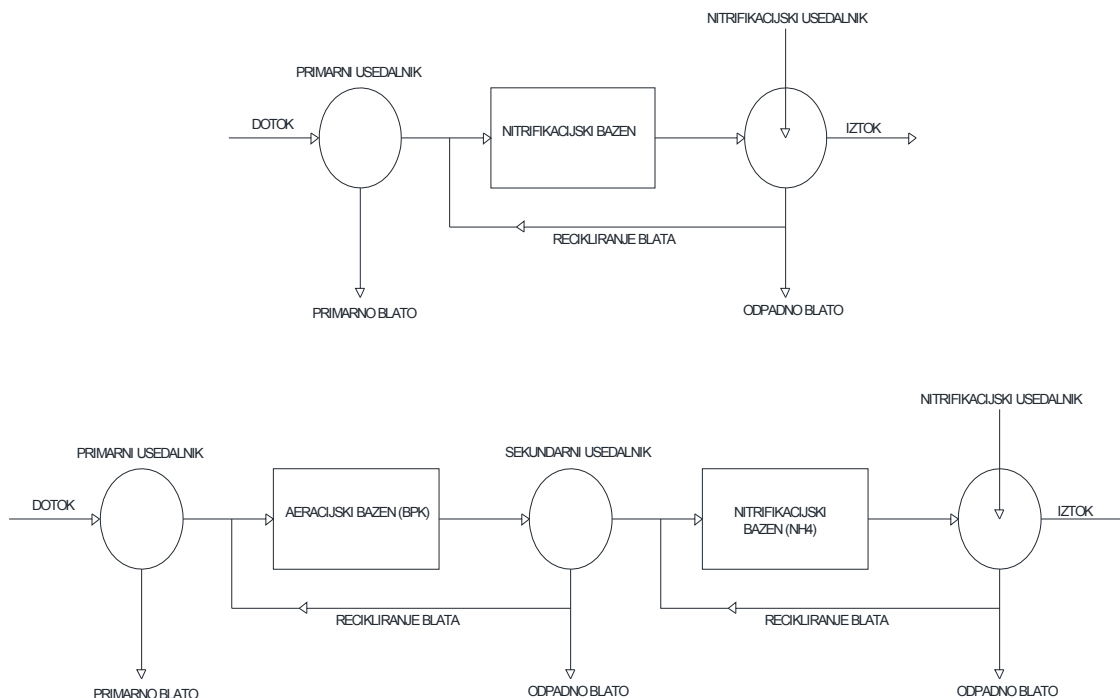
V iztoku aeracijskega reaktorja se pojavlja dušik v obliki nitratnih ionov, ob zagotovitvi potrebne aerobne starosti blata za popolno nitrifikacijo in je pogoj učinkovitosti denitrifikacije. Posledica tega je lahko odsotnost kisika pri čistilni napravi na iztoku, pri zaostrenih anaerobnih razmerah lahko pride tudi do ponovne redukcije dušika v amonijak. Posledično obe možnosti slabo vplivata na odvodnik. Rešitev omogoča zamenjava vrstnega reda reaktorjev, tako, da prvo denitrificiramo in nato nitrificiramo. Tako v denitrifikacijski reaktor doteka zadostna količina lahko razgradljivega substrata, nitratni dušik pa se dovaja v recirkulacijo. Druga možnost so tudi kaskadno nameščeni denitrifikacijski in nitrifikacijski reaktroji.

Za potrebno zaščito odvodnika pred eutrofikacijo, sta zato potrebni II. (odstranimo samo do 30 % dušika) in III. stopnja čiščenja.

Procesi lahko potekajo v enem reaktorju ali različnih reaktorjih, kot procesi oksidacije dušika in nitrifikacije (enostopenjske ali večstopenjske). Uporabljamo reaktorje z lebdečo in pritrjeno biomaso. (Panjan J., 2005)

8.5.1.1 Enostopenjska nitrifikacija

Izvedemo jo v kateremkoli procesu s poživiljenim blatom in suspendirano rastjo. Potrebno je zagotoviti pogojem za rast nitrifikatorjev. To lahko v zmernih klimatih dosežemo s podaljševanjem srednjega zadrževalnega časa celic v sistemu in zadostne količine kisika (sezonska nitrifikacija).



Slika 4: Oksidacija ogljika in nitrifikacija v reaktorju z lebdečo biomaso: a) enostopenjski in b) dvo ali večstopenjski proces (Vir: Panjan J. 2005)

Procesi z lebdečo biomaso: Pomembni dejavniki nitrifikacije so: koncentracija amonija in nitrita, kar vpliva na maksimalni nivo rasti vrst *Nitrosomonas* in *Nitrobacter*, kjer je stopnja rasti *Nitrobacter* bistveno večja od rasti *Nitrosomonas* in je regulirana s pretvorbo amonija v nitrit, ki je limitirajoč korak pri stopnji nitrifikacije; razmerje BPK_5/TKN , kjer je vezana frakcija nitrifikatorjev v raztopini; koncentracija raztopljenega kisika; temperatura, kjer z zmanjšanjem upada tudi stopnja nitrifikacije in pH.

Procesi s pritrjeno biomaso: Procese najlažje opišemo z faktorji obremenitve. Obremenitve je potrebno vzdrževati na določenem nivoju, če želimo doseči visoko nitrifikacijo. Ob uporabi plastičnih nosilcev in večjega dostopa kisika, pa so mogoče tudi večje obremenitve. Najprej preračunamo potrebno površino za zmanjšanje koncentracije BPK_5 in nato še površino za redukcijo dušika, kar skupaj predstavlja celotno površino. Potrebno je upoštevati še temperaturo (nižja zmanjša hitrost procesov). (Panjan J. 2005)

8.5.1.2 Večstopenjska nitrifikacija

V procesih nitrifikacije se uporablja pritrjeno in suspendirano biomaso. Večjo fleksibilnost in zanesljivost procesov dosežemo z nitrifikacijo v ločenem reaktorju. Za doseg optimalnega delovanja, proces oksidacije ogljika in nitrifikacijo, vodimo neodvisno. V stopnji oksidacije reduciramo potencialne toksične vplive na nitrifikatorje.

Procesi z lebdečo biomaso: Pri ločeno – stopenjskem sistemu nitrifikacije, nitrifikacija narašča z višanjem temperature, nivo nitrifikacije narašča s padanjem razmerja BPK_5/TKN in moramo upoštevati vrednost pH. Podoben je procesu s poživljenim blatom. Procesi s pritrjeno biomaso: Za procesom s poživljenim blatom za oksidacijo ogljika, se lahko uporablja precejalnike v ločeno – stopenjskem procesu nitrifikacije. Najpogosteje pa se uporablja proces kombinacije dvostopenjskih precejalnikov, kjer se prva stopnja uporablja za oksidacijo ogljika in druga za nitrifikacijo.

Ob primernih temperaturah, lahko zagotovimo nitrifikacijo v konvecionalnem procesu s poživljenim blatom le ob zadostni vsebnosti s kisikom. Pri izvajanju nitrifikacije v enostopenjskem procesu s poživljenim blatom, je potrebno poleg procesov stabilizacije organske snovi, nitrifikacijo prilagoditi dodatnim zahtevam. Ti so: dodaten kisik za nitrifikacijske procese, daljši celični zadrževalni čas (nitrifikatorji so striktni avtotrofi in se precej razlikujejo od heterotrofov, ki razgrajujejo organski material – imajo bistveno počasnejšo stopnjo rasti) in dodati apno ali drugo sredstvo za nevtralizacijo (mikrobna rast povzroča padec pH. (Panjan J. 2005)

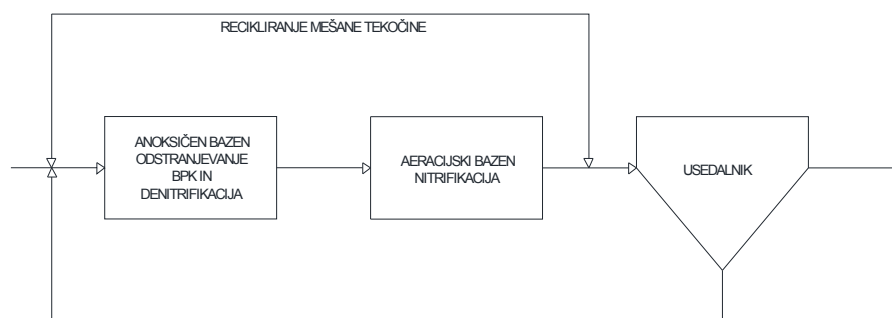
8.5.1.3 Biološka nitrifikacija/denitrifikacija

Zelo učinkovita je kombinirana metoda biološke nitrifikacije in denitrifikacije, ker ima visoke potencialne učinkovitosti odstranjevanja, visoke stabilnosti in zanesljivosti sistema, relativno enostavne kontrole procesa, majhne prostorske zahteve in je zmerne cene. Proces nitrifikacije in denitrifikacije (odstranjevanje dušika) opredeljujemo kot dvostopenjski proces. V prvi stopnji se amonij pretvori aerobno v nitrat (NO_3^- - nitrifikacija), v drugi pa se nitrati pretvorijo v elementarni dušik (denitrifikacija). (Panjan J. 2005)

8.5.1.4 Klasificiranje nitrifikacijskih/denitrifikacijskih procesov

V sistemih s suspendirano in pritrjeno biomaso, lahko v anoksičnih razmerah, potekajo procesi denitrifikacije. Poznamo kombinirani sistem oksidacije ogljika nitrifikacija/denitrifikacija z uporabo indigenih virov ogljika in ločeni reaktorji z uporabo zunanega vira ogljika. Ravnotako poznamo tudi uporabo ločenih reaktorjev oziroma ločenih sistemov ali sisteme z dvema vrstama blata, pri katerih ima blato, ki nastaja, različne lastnosti.

Kombinirani sistem nitrifikacije/denitrifikacije (enostopenjski): Oksidacija ogljika, nitrifikacija/denitrifikacija se odvija v enem procesu. Prednosti so, da zmanjša količino potrebnega kisika pri nitrifikaciji, eliminira potrebe po zunanjem viru ogljika in eliminira vmesne usedalnike in sisteme povratnega blata. Odstranijo od 60 – 80% celotnega dušika, kjer je pri tem potrebno zagotoviti anoksične cone oziroma izmenjavanje aerobnih in anaerobnih period. V enostopenjskih sistemih, stopnje denitrifikacije kažejo na polovico stopnje ločenega sistema. (Panjan J. 2005)



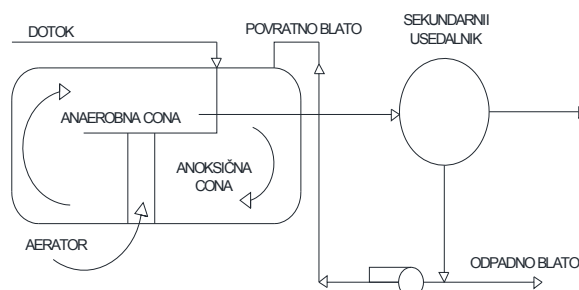
Slika 5: Sistem z recikliranjem povrstnega blata (Vir: Panjan J. 2005)

Proces Bardenpho (štiristopenjski): Anaerobna denitrifikacijska cona, sestavlja prvi korak v katerega vstopi odpadna voda in v katero se dodaja mešana tekočina iz procesa nitrifikacije. Amonij se nitrificira pri prehodu skozi prvi anoksični bazen v naslednji aeracijski bazen. –Iz prvega aeracijskega bazena prehaja nitrificirana mešana tekočina v drugo anoksično cono, kjer se uporablja endogeni vir ogljika in potekajo še dodatni procesi denitrifikacije. Za izhod nastalega plinastega dušika med bistrenjem, se uporablja druga aerobna cona, ki je relativno majhna. Amonij se nitrificira v zadnji aerobni coni, ko se predhodno sprosti iz blata v drugi anoksični coni. Torej za kombinirano odstranjevanje dušika in fosforja uporabljamo takšen modificiran Bardenpho proces. (Panjan J. 2005)



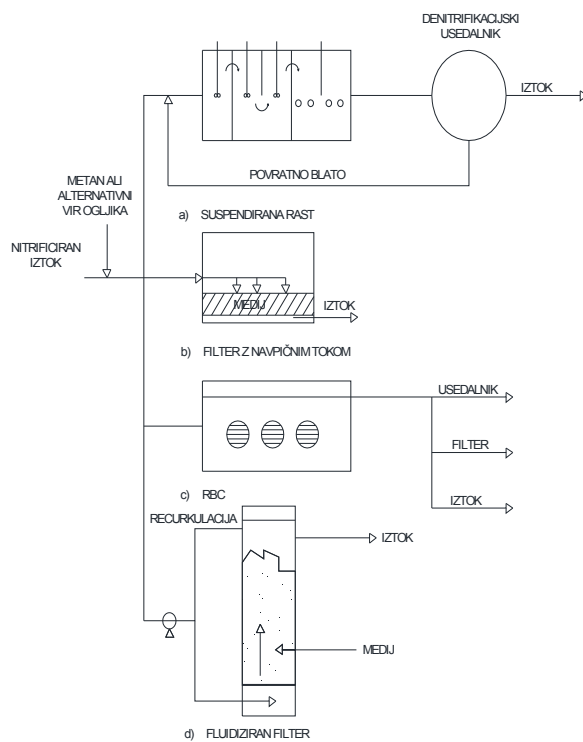
Slika 6: Večstopenjski nitrifikacijsko/denitrifikacijski proces štiri-stopenjski Bardenpho proces (Vir: Panjan J. 2005)

Oksidacijski jarek: Uporablja se za doseg nitrifikacije/denitrifikacije. Mešana tekočina teče okrog kanala v obliki zanke. Takšen način »je zelo ugoden, saj se za izmenjavo poteka nitrifikacije/denitrifikacije vzpostavi najprej aerobna in potem anoksična cona.« (citirano po: Panjan J. 2005) Na koncu aerobne cone za bistrenje poteka iztok iz reaktorja. Zaradi ene same anoksične cone, je odstranjevanje dušika nižje, kot pri Bardenpho procesu. (Panjan J. 2005)



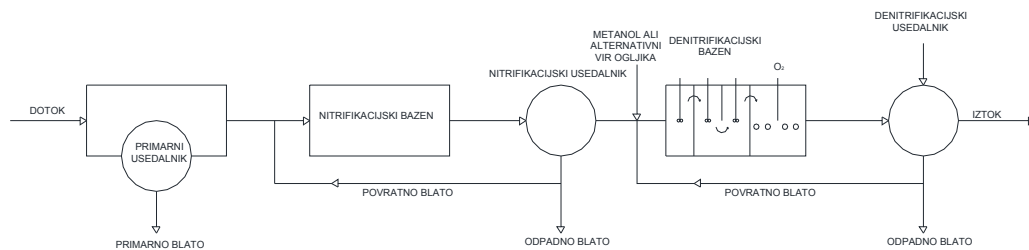
Slika 7: Večstopenjski nitrifikacijsko/denitrifikacijski proces v oksidacijskem jarku (Vir: Panjan J. 2005)

Večstopenjska denitrifikacija oziroma sistem z ločenim blatom: Blato je ločeno v vsakem reaktorju, zato se oksidacija ogljika in nitrifikacija/denitrifikacija odvijajo v ločeno. Vsak višek ogljika se izrazi na iztoku kot BPK, zato je potrebno posvetiti pozornost tudi količini dodanega metanola. Poznamo večstopenjsko denitrifikacijo z lebdečo in s pritrjeno biomaso. (Panjan J. 2005)



Slika 8: Alternativni proces ločeno-stopenjske dinitifikacije, ki uporablja zunanji vir ogljika (Vir: Panjan J. 2005; Metcalf, Eddy, 1991)

Večstopenjska denitrifikacija z lebdečo biomaso: Zgradba sistema s suspendirano biomaso je podobna zgradbi sistema s poživiljenim blatom. Razlika je v plinastem dušiku, ki se pogosto veže na biološke trdne delce in se izvede v aeriranih kanalih. Aerirane kanale se uporabi za povezavo biološkega reaktorja in usedalnika v katerem se trdne delce aerira za kratek čas, lahko pa tudi v ločenem bazenu. (Panjan J. 2005)



Slika 9: Diagram dvostopenjskega procesa čiščenja za odstranjevanje dušika (Vir: Panjan J. 2005)

Večstopenjska denitrifikacija s pritrjeno biomaso: Pri teh se najpogosteje uporablja fluidizirane peščene reaktorje in ločene diske, v katerih voda z dovolj veliko hitrostjo, prehaja od spodaj navzgor skozi drobni peščeni material, da medij ostaja suspendiran. Pri fluidizaciji se močno poveča razpoložljiva površina, kar omogoča večjo koncentracijo biomase v reaktorju, kjer le ta zahteva majhno površino in se ga enostavno upravlja.

Rotirajoči diski s pritrjeno biomaso, katerih delovanje je podobno biodiskom za aerobne procese in se razlikuje le v tem, da je medij popolnoma potopljen, kar preprečuje oksigenacijo. Ko zaključimo z biološkim čiščenjem, je potrebna sedimentacija za odstranitev viška biomase. (Panjan J. 2005)

8.5.2 Odstranjevanje fosforja

S primarnim usedanjem pripada netopnemu deležu, odstranjenega 10% fosforja iz odpadnih voda. Odstranjevanje poteka s fizikalnimi, biološkimi in kemičnimi postopki. Učinkoviti fizikalni procesi pri odstranjevanju fosforja, so ultrafiltracija in reverzna osmoza. Metode biološkega čiščenja obravnavajo mikroorganizme in prekoračitev njihove potrebe po fosforju za normalno celično rast. Pri kemijskih postopkih je pogosta kemijska precipitacija z uporabo železovih ali aluminijevih soli ali apna.

Heterotrofni mikroorganizmi, v povprečju vsebujejo ogljik, dušik in fosfor v razmerju C:N:P = 100:38:5 (nemški normativi: C:N:P = 100:18:3). Tista količina fosforja, ki se akumulira v celicah nad normalnim razmerjem C:N:P in se izloči z odvečnim biološkim blatom je pomembna v tehnološkem pogledu. V suhi teži biološkega blata iz dvostopenjske čistilne naprave najdemo približno 1 - 2% fosforja, kar pa se lahko poveča z biološkimi postopki odstranjevanja fosforja na 2,5 - 5% teže blata. Posledično se tako zniža koncentracija fosforja v iztoku čistilne naprave na 1 - 3 mg P/l in doseže 70 - 90% odstranitev.

Kemijsko oziroma sedimentacijsko izločanje fosforja: prvotno oziroma na začetku aeracijskega bazena so mikrobi izpostavljeni nizkemu pH, na koncu pa višjemu oziroma naraščanju pH. Nizek pH pospeši raztapljanje fosforjevih spojin, višanje pH-ja, pa »usedanje fosforja in vgraditev v blato.« (citirano po: Panjan J. 2005) S pomočj mikroorganizmov, lahko takšna kemijska sedimentacija poteka tudi v denitrifikacijskem okolju, kjer denitrifikacija povzroča alkalnost (pH se dviguje) in posledično usedanje kalcijevega fosfata. Usedanje je lahko vpeljano z naraščanjem koncentracije fosfata iz polifosfatne rezerve v anaerobnih razmerah.

Biološko odstranjevanje fosforja: tehnološki procesi odstranjevanja fosforja vključujejo aerobne in anaerobne stopnje in so ločeni v čiščenje v glavnem toku in v stranskem toku, kjer je poleg biološkega odstranjevanja vključeno še kemično obarjanje fosfata. Delujejo po načelu sproščanja v anaerobni in sprejemanja v aerobni fazi.

Postopek Bardenpho: Pred reaktorjem za denitrifikacijo je nameščen anaerobni reaktor, kjer recirkulirana voda ne sme vsebovati kisika, nitritov in nitratov, da se lahko zagotovi anaerobne razmere. (Panjan J. 2005)



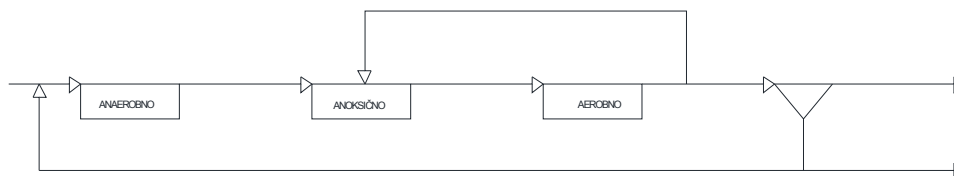
Slika 10: Bardenpho postopek (Vir: Panjan J. 2005)

A/O postopek: Uporabljamo ga na konvencionalnih bioloških čistilnih napravah druge stopnje, brez nitrifikacije efluenta, kar je v tem primeru pogoj za biološko eliminacijo fosforja. Z dograditvijo anaerobnega reaktorja (hidravlični zadrževalni čas 1 - 5 ur) med že obstoječima primarnim usedalnikom in aeracijskim bazenom čistilne naprave, je tako mogoče zagotoviti defosfatizacijo efluenta. Anaerobna cona, se nadaljuje v aerobno cono, kjer imata obe zadrževalni čas 1-3 ure. Deluje z relativno najhujšim zadrževalnim časom in veliko organsko obremenitvijo, proizvod postopka pa je blato bogato s fosforjem. (Panjan J. 2005)



Slika 11: A/O postopek (Vir: Panjan J. 2005)

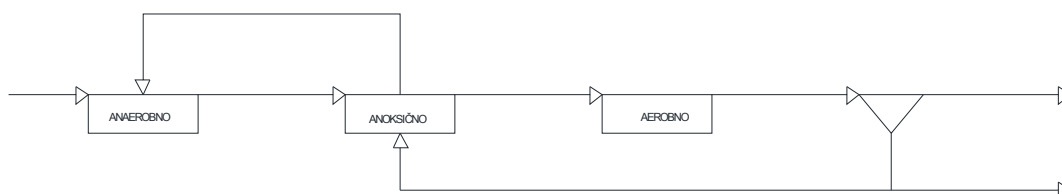
Nadgradnja postopka A/O, pa je postopek A2/O z dograjenim reaktorjem, kjer poteka simultano nitrifikacija-denitrifikacijo, ali z dograditvijo dveh ločenih reaktorjev za nitrifikacijo in denitrifikacijo. Dodan je anoksični bazen med anaerobnega in aerobnega in je namenjen denitrifikaciji, kar zmanjša vpliv nitrata. V anaerobni in anoksični fazi zadrževalni čas niha med 0,5 - 1,5 urami, v aerobni pa med 0,8 - 6 urami. (Panjan J. 2005)



Slika 12: A2/O postopek (Vir: Panjan J. 2005)

Modificirani Bardenpho postopek – PHOREDOX: Dovaja se surova odpadna voda v dobro premešani anaerobni reaktor, kateremu sledi dvostopenjska denitrifikacija – nitrifikacija. V prvi stopnji se recirkulira nitrificirani efluent v anoksični reaktor, v drugi pa nitrifikacija – denitrifikacija služi eliminaciji (»poliranju«) ostankov nitrata v iztoku, pred naknadnim usedalnikom.

Postopek UCT: Sestavljajo ga anaerobni, anoksični in aerobni bazen ter končni usedalnik. Povratno blato se dodaja v drugi anoksični bazen, iz katerega se prečrpava suspenzija v prvi anaerobni bazen, za zagotovitev popolnih anaerobnih pogojev. V anaerobnem bazenu je zadrževalni čas 4,5 ure, v anoksičnem 3 in v aeracijskem 8 ur. (Panjan J. 2005)

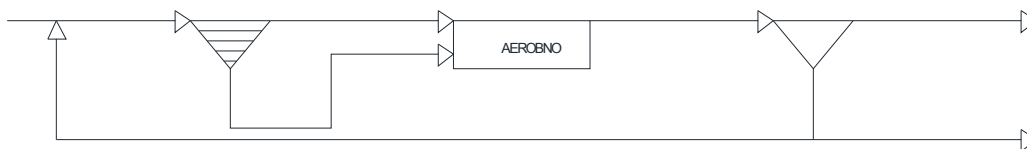


Slika 13: UCT postopek (Vir: Panjan J. 2005)

Postopek EASC (Extended Anaerobic Sludge Contact): Za doseg izdatnega povečanja časa zadrževanja blata v anaerobnih pogojih, prečrpavamo povratno biološko blato v primarni usedalnik, zato se poveča celotna količina biološko lahko razgradljivih snovi v odpadni vodi in zaradi katerih se pospešuje povratno sproščanje fosfata v odpadno vodo. V usedalniku sedimentira povratno biološko blato, ob stiku s surovo odpadno vodo. Zgoščeno blato se tako zdrži na dnu 15 ur in se ga nato prečrpa v naslednji aerobni reaktor. Mehansko čiščenje ni potrebno. S proizvodnjo lahko razgradljivih maščobnih kislin, je primarno

blato, ki je v anaerobnih razmerah, podvrženo kislemu vrenju. Ustvarijo se pogoji za tvorbo lahko razgradljivega substrata in sproščanje v biološkem blatu sintetiziranega fosfata.

Pri prevelikih fluktuacijah obremenitev, čistilne naprave ne zmorejo zahtevane stopnje odstranjevanja fosforja, zato je potrebno dodatno stransko čiščenje fosforja, ločeno od glavnega toka odpadne vode. Pri denitrifikaciji se tako porabi ves lahko razgradljivi substrat pri visokih obremenitvah, kjer poli – P bakterije izgubijo kompetitivno sposobnost asimilacije ogljikovih spojin v anaerobnem reaktroju in ne morejo asimilirati dovolj fosfatov v aerobni fazi. Ravnotako, lahko količina proizvedenega odvečnega biološkega blata ne zadošča eliminaciji fosfata, pri zelo nizkih obremenitvah čistilne naprave. (Panjan J. 2005)



Slika 14: EASC postopek (Vir: Panjan J. 2005)

8.6 Male čistilne naprave (MČN) in alternativni postopki čiščenja

Na področjih, kjer ni bil zgrajen javni kanalizacijski sistem, kot so manjša naselja z razpršeno poselitvijo, gorska in nesistematično zgrajena naselja in soseke, se gradijo male čistilne naprave in uporabljajo alternativni postopki čiščenja odpadne vode. Od večjih se razlikujejo predvsem v nihanju pretokov (dotokov), v obremenjenosti odpadne vode in sezonske obremenjenosti (turistični kraji, kampi, planinski domovi...), v različnosti tehnoloških rešitev ter stroških investicij in vzdrževanja.

Za male čistilne naprave tehnološke rešitve zajemajo uporabo aerobnih postopkov, kot so greznice in emšerji oziroma Imhoffovi usedalniki. Gre za individualne sisteme, ki zajemajo področje naselitve do 50 PE.

Greznica je neprepusten »zbiralnik odpadne vode iz katerega se odvaža zbrana sanitarna voda in izločeno blato na komunalno čistilno napravo.« (citirano po: Panjan J. 2005) Lahko pa je tudi mala čistilna naprava brez ozračevanja z anaerobnim čiščenjem odpadne vode. Obratuje po standardu z odtokom v vodotok preko filtrskega jarka, v tla preko ponikovalne drenaže ali ponikovalnega jaška, ali naprej v rastlinsko čistilno napravo. Vse bolj se uveljavljajo pretočne greznice z dodatnim čiščenjem na iztoku, kot je: čiščenje v jarkih in drenažnih sistemih, talnih filtrih ali poljih, nasipih, sistemih namakanja,

evapotranspiracijskih sistemih, konvencionalnih absorpcijskih bazenih in kanalih, kjer se lahko dozira pod pritiskom in rastlinskih čistilnih napravah.

Osnovni princip emšerjev ali Imhoffovih oziroma dvoetažnih usedalnikov je, da odpadna voda teče skozi zgornji del posode, usedljivi deli pa padejo v spodnji del posode, kjer poteka presnovališče blata.

Ostali preprostejši postopki čiščenja potekajo s spuščanjem po površini, s ponikovalnimi jarki in s talnimi polji in filtri. Poznamo tudi podzemno in nadzemno namakanje, katerega izvedemo s škropljenjem, kapljičnim namakanjem po površini. Problem premajhne prepustnosti zemljine in previsok nivo podtalnice rešimo s čiščenjem v nasipih z nasutimi peščenimi nasipi. V bolj sušnih področjih pa si pomagamo z evotranspiracijskimi sistemi.

Rastlinske čistilne naprave se pa uporabljajo kot zaključek čiščenja »primarnega iztoka iz greznic, sekundarnega iz lagun, za terciarno čiščenje, čiščenje odpadnih voda iz cestišč, izcednih voda odlagališč komunalnih odpadkov.« (citirano po: Panjan J. 2005) Uporabljajo se za manjša naselja med 100 do 500 PE.

Čiščenje odpadne vode v lagunah se pogosto uporablja kot predčiščenje odpadne vode iz rastlinskih čistilnih naprav in čiščenju v tleh. Lahko se pa uporabljajo tudi za zaključno čiščenje iztoka iz mehanskih čistilnih naprav in za individualne sisteme, kot tudi za industrijske odpadne vode v anaerobnih lagunah. Poznamo: aerobne, fakultativne, umetno aerirane in anaerobne. (Panjan J. 2005)

9. INŽENIRSKI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE SAMOČISTILNE SPOSOBNOSTI VODOTOKOV

Z določenimi inženirskimi ukrepi lahko izboljšamo samočistilno sposobnost ali zmanjšamo posledice onesnaževanja. Ukrepe delimo na preventivne in kurativne. Med preventivne ukrepe uvrščamo:

1. **Gradnjo zajezitev**, kar poveča vodno površino (kontaktni čas in kontaktna površina se povečata) ter podaljša pretočno dobo, posledično pa omogoča pospešeno usedanje. Zajezba povečuje biološki učinek.
2. **Regulacije rečnih strug**, kjer vodno površino zmanjšamo, pretočno dobo skrajšamo, usedanje suspendiranih snovi pa preprečimo. Pospešen razkroj organskih snovi omogoča hitra tekoča voda, ki navzema kisik v večji meri.
3. **Umetno povečevanje nizkih pretokov**, omogoča večjo stopnjo razredčenja, z učinkom dovedbe večje količine raztopljenega kiska in povečave volumna, pri procesu smočiščenja.

4. **Izpiranje in odstranjevanje hranil iz odvodnikov**, da ne pride do zablatenja rečnega korita (počasi tekoče vode). Pri tem je potrebno upoštevati tudi kvarne posledice, do katerih lahko pride nižje v vodotoku.
5. **Čiščenje rečnega korita z mehanskimi sredstvi** za izkop. Gre za začasni ukrep, ki se izvaja v poletnem obdobju, pri zelo nizkih vodostajih.
6. **Umetno prezračevanje**, izvedemo s sredstvi za površinsko prezračevanje ali z vpihovanjem stisnjene zraka.
7. **Ponovno uporabo vode**, kjer stremimo da vodo s katero oskrbujemo, vračamo v naravni krogotok čim manj onesaženo.

Med kurativne ukrepe pa prištevamo:

1. **Dodajanje nitratov**, ki delujejo šele takrat ko je porabljen preostanek raztopljenega kisika. Deluje podobno kot prezračevanje.
2. **Kloriranje vode**, s pomočjo katerega uničimo vodikov sulfid in oksidiramo del organskih snovi. Posledično preprečujemo tudi smrad in dosežemo stabilnost v delu vodotoka.

Pri inženirskih ukrepih je potrebno omeniti še zdravljenje oziroma sanacijo jezer ali akumulacij, med katere štejemo preventivne in kurativne posege kot so:

- postavitve ustrezne vodotesne kanalizacije brez prelivanja za zmanjšanje vnosa hranil kot sta dušik in fosfor in zmanjšanje intenzivnosti kmetijstva z gnojenjem v zaledju jezera,
- površinsko (dovod zveže vode) in globnsko izplakovanje (odvzem hipolimnijske oziroma zgornje vode nad dnem jezera)
- prezračevanje (vpihavanje) in razslojevanje jezera
- obarjanje hranil v jezeru

Ob naštetih ukrepih je potrebno še opraviti presojo o omejitvenem faktorju (fosfor) in dopustni obremenitvi, ugotoviti količinske in kakovostne vire onesnaževanja ter oceniti učinkovitost posameznih ukrepov.

Pri izpustih v morje pa je potrebno zagotoviti, da sam izliv odpadne ali padavinske vode, speljemo po podmorskem cevovodu do take globine, da ne doseže morske površine oziroma pride do naseljenih ali rekreaciji namenjenih delov obale. Sledeče je možno:

- z izbiro primerne mesta za izliv (proučevanje površinskih in globinskih morskih tokov, smer vetra, temp. in gostoto vode) in je tok usmerjen od obale. Izpustno glavo obrnemo pravokotno na smer toka ali v dvokraki izvedbi,

- in z oblikovanjem izlivne glave iz bočno perforirnega cevovoda- difuzorja, ki je na koncu zamašen in ima iztočne odprtine na boku.

(Povzeto po: Panjan J. 1999)

10. OCENA OBREMENITEV S HRANILI

Manjši urbani vodotoki so z vidika preučevanja kakovostnega stanja vode in vplivov poseljenih površin na vodotok bolj zanimivi, saj je »dinamika časovne in prostorske spremenljivosti kakovostnega stanja vode izrazitejša.« (citirano po: Brilly M., Rusjan S., Vidmar A. 2008. str. 5) Med leti od junija 2003 do maja 2005, se je 4 – krat letno izvajalo merjenje kemizma vode vzdolž struge Glinščice. Namen je bil pridobiti vpogled v spremenljivost kvalitete vode v posameznih obdobjih leta. Izrazite sezonske spremenljivosti kemizma vode, so posledica vplivov poseljenih površin kot tudi hidromorfoloških karakteristik spremenjene oziroma pozidane struge. (Brilly M., Rusjan S., Vidmar A. 2008)

10.1 Prispevne površine porečja Glinščice

Na hidrološko odzivnost porečja Glinščice igra bistveno vlogo širitev urbanih površin. V zadnjih 30-tih letih je bila najintenzivnejša urbanizacija na obravnavanem območju, na območjih Kosez, Podutika, Kamne Gorice, Dravelj in Brda. Za povečini značilna nižinjska območja, ki so pred tem upočasnjevala koncentracijo padavinskega odtoka, zdaj zaradi antropogenih vplivov intenzivnejše obremenjujejo odtok, kot nadaljni odtok proti izlivu v Gradaščico. Vzrok so bile poplave, zaradi »neprimernih regulacijskih ureditev rečne struge z nezadostno hidravlično prevodnostjo.« (povzeto in citirano po: Brilly M., Rusjan S., Vidmar A. 2008. str. 5)



Slika 15: Porečje Glinščice (Dirnbek L., Šraj M., 2010. str.: 49-56)

Obravnavano območje spada med eno izmed treh eksperimentalnih porečij rek Dragonje, Reke in Gradaščice in so eksperimentalna osnova razvoja hidrologije v mednarodnem pomenu. (Dirnbek L., Šraj M., 2010)

Porečje Glinščice je locirano v osrednji Sloveniji na severozahodnem delu Ljubljane. Njena struga poteka po strmih območjih na vzhodu in zahodu ter ravninskem območju na južnem delu njenega toka. Na severu, izviri, jo omejuje Toško čelo in Črni vrh, na vzhodu poseljeno območje Ljubljane, zahodu poseljena območja Brda do Tičnice ter Gradaščica na jugu, kamor se Glinščica izliva. Pržanec predstavlja edini večji pritok, s povirjem v pobočju Velike in Male trate. Prispeva predvsem vodo z vzhodnega področja Glinščice. Dejansko prispevno območje zajema $19,3 \text{ km}^2$, saj položaj odvodnice znotraj poseljenega območja določa odvajanje padavinskih vod s kanalizacijsko infrastrukturo, kar zajema večje območje kot pri padavinskem ($17,4 \text{ km}^2$). (Dirnbek, L. 2008)

Po šifrantu povodij se porečje Glinščice deli še na tri prispevna podobmočja pri katerih sem ob upoštevanju odvajanja meteornih vod (dejanske prispevne površine) določil dejanske površine podpovodij:

- Prispevno območje glavnega toka (8,3 km²)
- Prispevno območje Pržanca (6,9 km²)
- Prispevno območje od pritoka Pržanca do iztoka v Mestno Gradaščico (4,1 km²)

(Dirnbek, L. 2008)

Za okvirno oceno izračuna obremenitev s hranili iz prispevnih površin, sem iz navedenih raziskav, literature in naravovarstvenega atlasa, izbral deleže posameznih prispevnih območij in jih po velikosti podal v preglednici 9.

Preglednica 9: Raba tal na prispevni površini porečja Glinščice (Brilly, 2006a)

| Raba tal | Delež [%] | Površina [km ²] | Površina [ha] |
|--------------------|------------|-----------------------------|---------------|
| Gozd | 48,6 | 9,4 | 940 |
| Kmetijske površine | 21 | 4,1 | 409 |
| Urbane površine | 20,6 | 4,0 | 400 |
| Meteorne vode | 9,8 | 1,9 | 190 |
| Skupaj | 100 | 19,3 | 1930 |

Način kmetijske prakse, vrsta prsti, intenzivnost padavin, vrsta pridelka in nagnjenost površin so bistveni pri izračunu obremenitev voda s hranili iz kmetijskih površin. Podatki o vrstah površin, srednje koncentracije padavinskih voda iz kmetijskih površin, podatki o količinah padavin in koeficienti odtoka ϕ , so pri teh izračunih fosforja in dušika potrebni. Lahko pa uporabimo tudi »neposredne podatke o letnem povprečnem površinskem odtoku« (citirano po : Jsenko, P. 2106) namesto podatkov o količinah padavin in koeficientu odtoka. (Jesenko, P. 2016)

Pri navedenem prispevnem območju, največji delež pokriva gozd, približno enak delež kmetijske in urbane površine in najmanjšega meteorne vode. Vendar kljub temu predstavljajo za dano območje največji negativni vpliv slednje, saj so v preteklosti na teh območjih prevladovali zelene travnate in kmetijske površine, ki so s pozidavo pridobile drugačne karakteristike odtokov in s tem pospešile in obremenile padavinski odtok v Glinščico

10.2 Letne količine padavin porečja

Podatke o letnih količinah padavin v mm sem pridobil s pomočjo portala ARSO, na najbližji vremenski postaji Ljubljana – Bežigrad (lon=14,5124; lat=46,0655; viš=299m). Na istem portalu sem pridobil podatke za zadnje desetletje od leta 2005-2015 in izračunal povprečno letno višino padavin.

Za padavinsko postajo Ljubljana – Bežigrad znaša povprečna letna količina padavin za zadnje desetletje 1387,1 mm oziroma 1390 mm privzeto za izračune. Letne količine padavin prikazuje preglednica 10.

Preglednica 10: Količine padavin za padavinsko postajo Ljubljana – Bežigrad v letih od 2005 - 2015 (<http://meteo.arso.gov.si>)

| Padavinska postaja | |
|---|---------------|
| Ljubljana - Bežigrad (lon=14,5124; lat=46,0655; viš=299m) | |
| Leto | Padavine [mm] |
| 2005 | 1403,3 |
| 2006 | 1140,8 |
| 2007 | 1195,9 |
| 2008 | 1490,2 |
| 2009 | 1405,5 |
| 2010 | 1797,9 |
| 2011 | 998,1 |
| 2012 | 1339,2 |
| 2013 | 1530,5 |
| 2014 | 1850,5 |
| 2015 | 1106,4 |

S pridobljenimi podatki za povprečno letno količino padavin za zadnje desetletje in površino rabe tal na prispevnem območju, ki so razvidni iz preglednice 9 in preglednice 10 ter srednjo koncentracijo padavinskih vod iz kmetijskih površin c_p in gozda, z upoštevanjem koeficienta odtoka ϕ , izračunamo vnos dušika in fosforja v kilogramih na leto.

Preglednica 11: Letni koeficient vnosa celotnega fosforja in dušika po različnih avtorjih (Panjan, 1997)

| | Gozd [kg/ha*leto] | Gozd (nediferenciran) [kg/ha*leto] |
|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| Celotni fosfor | 0,05 | 0,02 - 0,45 |
| Celotni dušik | 3,9 | / |

Koeficient odtoka se neprestano spreminja zaradi vremenskih okoliščin. Povzeto po Kolarju, so parki, vrtovi in travniki v vrednostih od 0,05-0,25, kjer sem sam izbral vrednost 0,15.

Preglednica 12: Koeficient odotka z raznih vrst površin (Kolar, 1983)

| Vrsta površine | φ [%] |
|---|---------------|
| Ceste in poti, utrjene z asfaltom ali betonom | 85-90 |
| Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z | 50-70 |
| Parki, vrtovi in travniki | 5-25 |
| Gozd | 1-20 |

Spodnja enačba prikazuje izračun vnosa fosforja oziroma dušika podanih v kilogramih na leto:

Padavine [l/m^2 leto] * koef.odtoka [/] * sred.konc. v pad. Vodah [mg/l] = vnos fosforja in dušika [mg/m^2 leto]

$$\text{fosfor, dušik [mg/m}^2\text{leto]} = P \varphi c_p$$

P... padavine [l/m^2 leto]

φ ...koeficient odtoka [/]

c_p ... srednja koncentracija v padavinskih vodah [mg/l]

Pri izračunih vnosa fosforja iz gozda sem privzel vrednost 0,1 kg/ha*leto (preglednica 11).

Preglednica 13: Srednje koncentracije padavinskih vod s kmetijskih površin (Panjan J. 2004)

| Parameter [mg/l] | Obdelovana zemlja | Travniki |
|--------------------------|-------------------|----------|
| Celotni fosfor | 1,05 | 0,35 |
| Nitrati (N) | 1,5 | 0,3 |
| Celotni dušik (Kjeldahl) | 2,6 | 0,8 |

Srednja koncentracija v padavinskih voda je bila izbrana iz tabele (preglednica 13) in sicer vrednost 1,5 mg/l za kmetijske površine.

Preglednica 14: Vnos fosforja iz gozdov in kmetijskih površin

| Potok Glinščica | | | | | | |
|----------------------|---------------|---------------------|---------------|-----------|--------------------------|-----------|
| Fosfor | | | | | | |
| Raba tal | Površina [ha] | Padavine [l/m2leto] | φ [l] | cp [mg/l] | Količina vnosa [kg/leto] | Delež [%] |
| Gozd | 940 | | | | 94 | 10,5 |
| Njive oziroma vrtovi | 409 | 1390 | 0,15 | 1,05 | 895,4 | 89,5 |
| Skupaj | 1349 | | | | 989,4 | 100 |

Pri izračunu fosforja iz celotnega območja preide v potok 94 kg (10,5%) fosforja na leto iz gozda, 989,4 kg (89,5%) na leto pa iz kmetijskih površin, kar predstavlja glavno obremenitev potoka Glinščice.

Za izračun vnosa dušika iz prispevnih površin v potok Glinščica sem za površine porasle z gozdom privzel vrednost 3,9 kg/(ha*leto) (preglednica 11).

Preglednica 15: Vnos dušika iz gozdov in kmetijskih površin

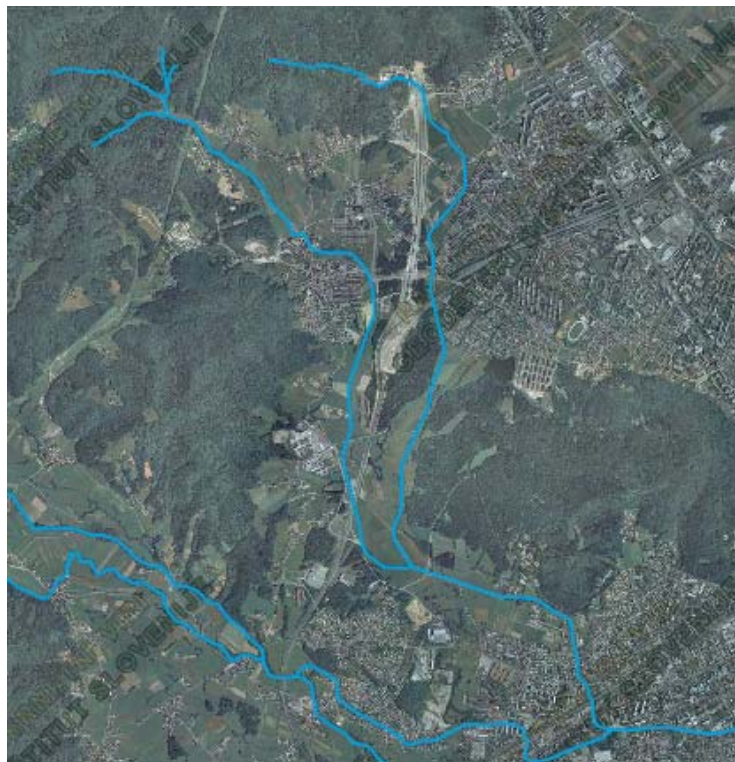
| Potok Glinščica | | | | | | |
|----------------------|---------------|---------------------|---------------|-----------|--------------------------|-----------|
| Dušik | | | | | | |
| Raba tal | Površina [ha] | Padavine [l/m2leto] | φ [l] | cp [mg/l] | Količina vnosa [kg/leto] | Delež [%] |
| Gozd | 940 | | | | 3666 | 62,3 |
| Njive oziroma vrtovi | 409 | 1390 | 0,15 | 2,6 | 2217,2 | 37,7 |
| Skupaj | 1349 | | | | 5883,2 | 100 |

V potok Glinščica se po okvirnih izračunih iz prispevne površine gozda letno vnaša bistveno večji delež dušika letno, približno polovico manj pa iz kmetijskih površin, saj gozd predstavlja večji delež pokritosti prispevnega območja.

10.3 Okvirni izračun vnosa posameznih urbanih površin

Urbane površine pokrivajo večji del prispevnega območja potoka Glinščice poleg kmetijskih površin. Pri samem izviru Glinščica teče skozi negosto poseljeno vas Glinica, kjer prevladujejo družinske hiše in nekaj kmetij. Nato prečka Podutik, ki je bistveno bolj gosto poseljen z enodružinskimi hišami. Pri pritoku Pržnanca, ga na desnem bregu obdaja naselje Brdo s Tehnološkim parkom, nižje proti Jamnikarjevi ulici pa novo zgrajena Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo ter računalništvo in informatiko, Fakulteta za biologijo in Biotehniška fakulteta, ki se nahaja že na robu Četrtna skupnosti Rožnik in gosteje poseljenega dela mesta Ljubljane in obdaja Glinščico vse do iztoka v Gradaščico. Bistven doprinos k

obremenitvam Glinščice predstavlja tudi pritok Pržanec, katerega obdajata četrtni skupnosti Šentvid in Dravlje, ki ravno tako spadata pod gosteje poseljene predele prispevnih površin.



Slika 16: Zračni posnetki prispevnega območja z vrisanimi vodotoki, Glinščico in Pržancem ter izlivom v Gradaščico (vir: gis.iobcina.si)



Slika 17: Pregledna karta prispevnega območja z vrisanimi vodotoki, Glinščico in Pržancem ter njunim izlivom v Gradaščico; (vir: gis.iobcina.si)

Preglednica 16: Srednja koncentracija obremenitev padavinskih vod s prometnih površin v naseljih (Panjan J. 2004)

| Vrsta površine | Koncentracije [mg/l] | | | |
|--|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| | Suspendirane snovi | Celokupni dušik | Celokupni fosfor | Olja in masti |
| Vaško naselje | 50 | 0,2 | 0,1 | 0,6 |
| Stanovanjsko naselje z nizko gostoto prebivalstva | 600 | 1,2 | 0,7 | 0,8 |
| Stanovanjsko naselje z visoko gostoto prebivalstva | 250 | 0,7 | 0,8 | 20 |

Na prispevnem območju prevladujejo gosto poseljene stanovanjske hiše, vendar kljub temu nisem izbral podatke za stanovanjsko naselje z visoko gostoto prebivalstva zaradi izjemno visokih izračunov.

Predpostavil sem nižje koeficiente odtokov, zato ker se sama meteorna in komunalna odpadna voda ne izliva neposredno v Glinščico vendar je v veliki večini speljana na kanalizacijsko omrežje, ki samo ob velikih odtokih (nevihte z intenzivnimi nalivi) ne zmore odvesti vse vode in se prelije in doseže Glinščico. S spletnim portalom gis sem določil štiri prevladujoče četrtne skupnosti (<http://gis.iobcina.si/>) in okvirno število prebivalcev, ki prebiva na prispevnem območju po podatkih mestne občine Ljubljana. Četrtna skupnost Šentvid (13.835; 15,8 km²), Dravljje (15.773; 11,1 km²), Šiška (34.251; 7,36 km²) in Rožnik (16.155; 8,35 km²). (<http://www.ljubljana.si/si/mol/cetrtn-skupnosti/>)

Preglednica 17: Vnos fosforja iz utrjenih površin v potok Glinščica

| Potok Glinščica | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|-----------|--------------------------|--------------|
| Fosfor | | | | | | | | |
| | Število prebivalcev [P] | Površina urbanih površin [ha] | Gostota poselitve [P/ha] | φ [l] | Padavine [l/m2leto] | cp [mg/l] | Količina vnosa [kg/leto] | Delež [%] |
| Šentvid | 13835 | 1580 | 9 | 0,29 | 1390 | 0,1 | 636,9 | 37,1 |
| Dravljje | 15773 | 1110 | 14 | 0,29 | 1390 | 0,1 | 447,4 | 26,1 |
| Šiška | 34251 | 736 | 47 | 0,29 | 1390 | 0,1 | 296,7 | 17,3 |
| Rožnik | 16155 | 835 | 19 | 0,29 | 1390 | 0,1 | 336,6 | 19,6 |
| Skupaj | 80014 | 4261 | | | | | 1717,6 | 100,0 |

Preglednica 18: Vnos dušika iz utrjenih površin v potok Glinščica

| Potok Glinščica | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|-----------|--------------------------|--------------|
| Dušik | | | | | | | | |
| | Število prebivalcev [P] | Površina urbanih površin [ha] | Gostota poselitve [P/ha] | φ [l] | Padavine [l/m2leto] | cp [mg/l] | Količina vnosa [kg/leto] | Delež [%] |
| Šentvid | 13835 | 1580 | 9 | 0,29 | 1390 | 0,2 | 1273,8 | 37,1 |
| Dravljje | 15773 | 1110 | 14 | 0,29 | 1390 | 0,2 | 894,9 | 26,1 |
| Šiška | 34251 | 736 | 47 | 0,29 | 1390 | 0,2 | 593,4 | 17,3 |
| Rožnik | 16155 | 835 | 19 | 0,29 | 1390 | 0,2 | 673,2 | 19,6 |
| Skupaj | 80014 | 4261 | | | | | 3435,2 | 100,0 |

Število prebivalcev in površine poseljenih območij nam podajo gostoto poselitve, ki nam z koeficientom odtoka in količinami padavin podajajo medsebojno odvisnost pri izračunu obremenitev s fosforjem in dušikom. Območja četrtih skupnosti so, kot sem že omenil, priključena na mestno kanalizacijsko omrežje, zato so dejanska onesnaženja z dušikom in fosforjem še bistveno manjša. Po deležih obremenitev pa je razvidno, da največje obremenitve predstavljajo četrtina skupnost Šentvid z dobro tretjino, nato Dravljje z dobro četrtino. Slabo četrtino predstavlja četrtina skupnost Rožnik, najmanj pa četrtina skupnost Šiška.

Pri pridobitvi površine cest sem si pomagal s spletnim portalom gis (<http://gis.iobcina.si/>). V izračun sem upošteval avtocestni odsek od predora Šentvid, do izvoza oziroma priključka Brdo in del Ljubljanske obvoznice od omenjenega avtocestnega odseka do izvoza Dravljje. Avtocestni odsek zajema približno dolžino 4 km, obvoznica pa približno 2 km, kjer je njuna povprečna širina približno 20 m. Za ostala cestišča sem upošteval samo glavne regionalne ceste, katerih skupna dolžina znaša približno 13 km, širina pa 6 m. Ostala so pretežno manjša cestišča, praviloma makedamske ali gozdne poti. Celotno povšino cestišč sem zaokrožil na 20 ha.

Podatke za koeficient odtoka sem pridobil iz tabele, ki jo prikazuje preglednica 12, srednje koncentracije obremenitev padavinskih voda s prometnih površin pa v preglednici 19. Rezultati so podani v preglednici 20.

Preglednica 19: Srednje koncentracije obremenitev padavinskih voda s prometnih površin (Vir: Panjan J. 2004)

| Parameter | Padavinska voda iz ceste [mg/l] |
|------------------|---------------------------------|
| Dušik (Kjeldahl) | 2 |
| Celokupni fosfor | 0,28 |

Preglednica 20: Vnos dušika iz utrjenih površin v potok Glinščica

| Glinščica | | | | |
|---------------------|---------------|----------------------------------|-----------|--------------------------|
| Fosfor | | | | |
| Površina ceste [ha] | φ [l] | Padavine [l/m ² leto] | cp [mg/l] | Količina vnosa [kg/leto] |
| 20 | 0,9 | 1390 | 0,28 | 70,1 |

| Glinščica | | | | |
|---------------------|---------------|----------------------------------|-----------|--------------------------|
| Dušik | | | | |
| Površina ceste [ha] | φ [l] | Padavine [l/m ² leto] | cp [mg/l] | Količina vnosa [kg/leto] |
| 20 | 0,9 | 1390 | 2 | 50,04 |

Na obrvnanem urbaniziranem območju, je v celoti urejeno odvajanje komunalnih voda na centralno čistilno napravo Ljubljana, z zmogljivostjo 360.000 PE. Pod njeno upravljanje spada 11 odsekov lokalne kanalizacijske infrastrukture, vse ostale pripadajoče komunalne čistilne naprave pa imajo skupno zmogljivost 19.750 PE. Zajem 27.100 priključkov priključenih na kanalizacijske sisteme vključuje 31.600 objektov oziroma 270.000 prebivalcev ter številne industrijske in poslovne objekte, katerih kanalizacijska

infrastruktura je speljana na komunalne čistilne naprave. (vir: www.vo-ka.si/) Neposrednega vtoka v potok Glinščica ne izvaja nobena čistilna naprava so pa prisotni manjši vtoki nereguliranih padavinskih voda. (Javno podjetje Vodovod – Kanalizacija d.o.o., 2012) Prav tako ni evidentiranih izpustov iz čistilnih naprav industrijskih objektov, kjer bi potekalo čiščenje odpadne industrijske vode oziroma odstranjevanje nevarnih snovi, ki so posledica industrije.

10.4 Obremenitve Tehnološkega parka, Fakultete za računalništvo in informatiko, Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Biotehniške fakultete

V letnem poročilu Biotehnične fakultete sem zbral podatke, kjer navaja, da imajo 545 redno zaposlenih in da je v letu 2015/2016 vpisala 2801 študentov. (UL BF; 2016) Odvodnja meteornih voda poteka po južnem robu doline Glinščica. Vse meteorne vode novih objektov na tem območju so odvedene na površine zadrževalnikov, ki se nato izlivajo v Glinščico. Pod tehnološkim parkom je biološka čistilna naprava, preko katere se meteorne vode s območja tehnološkega parka izlivajo v Glinščico. Fakulteta za računalništvo in informatiko je vpisala 1290 študentov v letu 2015/2016 in zaposluje okoli 210 ljudi (UL FRI. 2016). Tehnološki park Ljubljana sestavlja sklop poslovnih stavb, v katerih deluje približno okoli 290 podjetji z več kot 1500 zaposlenimi. (Tehnološki parka Ljubljana d.o.o.; 2014) Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo obiskuje in zaposluje okoli 3140 oseb dnevno. (UL FKKT 2016)

Preglednica 21: Vnos dušika iz utrjenih površin v potok Glinščica

| | Potok Glinščica | | | | | | | Delež [%] |
|---|-----------------|-------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|-----------|--------------------------|--------------|
| | Dušik | | | | | | | |
| | Število ljudi | Površina urbanih površin [ha] | Gostota poselitve [P/ha] | φ [l] | Padavine [l/m2leto] | cp [mg/l] | Količina vnosa [kg/leto] | |
| Biotehnična fakulteta | 3346 | 3,2 | 1046 | 0,29 | 1437 | 0,2 | 2,7 | 25,0 |
| Fakulteta za računalništvo in informatiko | 4640 | 2,5 | 1856 | 0,29 | 1437 | 0,2 | 2,1 | 19,5 |
| Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo | | | | | | | | |
| Tehnološki park | 2000 | 7,1 | 282 | 0,29 | 1437 | 0,2 | 5,9 | 55,5 |
| Skupaj | 9986 | 12,8 | | | | | 10,7 | 100,0 |

Preglednica 22: Vnos fosforja iz utrjenih površin v potok Glinščica

| | Potok Glinščica | | | | | | | Delež [%] |
|---|-----------------|-------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|-----------|--------------------------|--------------|
| | Fosfor | | | | | | | |
| | Število ljudi | Površina urbanih površin [ha] | Gostota poselitve [P/ha] | φ [l] | Padavine [l/m2leto] | cp [mg/l] | Količina vnosa [kg/leto] | |
| Biotehnična fakulteta | 3346 | 3,2 | 1046 | 0,29 | 1437 | 0,1 | 1,3 | 25,0 |
| Fakulteta za računalništvo in informatiko | 4640 | 2,5 | 1856 | 0,29 | 1437 | 0,1 | 1,0 | 19,5 |
| Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo | | | | | | | | |
| Tehnološki park | 2000 | 7,1 | 282 | 0,29 | 1437 | 0,1 | 3,0 | 55,5 |
| Skupaj | 9986 | 12,8 | | | | | 5,3 | 100,0 |

Podatke za padavine sem reduciral na povprečje obdobja 6-ih let in privzel vrednost 1437 mm na leto. Pri pridobitvi površin sem si pomagal s spletnim portalom gis (<http://gis.iobcina.si/>), kjer sem okvirno ocenil posamezne meje omenjenih urbanih površin.

Največji delež pri obeh hranilih, po izračunih, predstavlja Tehnološk park, ki zajema poleg fakultet največji del površine. Za njim je Biotehniška fakulteta in nato FRI ter FKKT.

11. PREDSTAVITEV REZULTATOV IN KOMENTAR

Največji obremenjevalci okolja predstavljajo, po izračunih, okoliške četrtne skupnosti, ki z vnosom 1717,6 kg fosforja letno, predstavljajo največji, več kot polovični delež vsega fosforja, ki ga odvajajo posamezne površine. Pri vnosu dušika, pa je z 3666 kg letno, prispevno območje gozda, ki predstavlja 39,1 % skupnega vnosa letno, iz posameznih površin. Za urbani površinami pri vnosu fosforja sledijo kmetijske površine in travniki z 32,2 %, pri vnosu dušiku pa Urbane površine okoliških četrtnih skupnosti.

Izračunane vsote količin posameznih prispevnih območij so podane v preglednici 23. Največje obremenitve iz posameznih prispevnih površin predstavljajo urbane in kmetijske površine ter gozd. Sledijo ceste in novo zgrajene urbane površine Tehnološkega parka in okoliških fakultet.

Preglednica 23: Izračuni vsot količin dušika in fosforja za posamezne prispevne površine

| Glinščica | | | | |
|--|------------------|------------|-----------------|------------|
| | Fosfor [kg/leto] | Delež | Dušik [kg/leto] | Delež |
| Kmetijske površine in travniki | 895,4 | 32,2 | 2217,2 | 23,6 |
| Gozd | 94 | 3,4 | 3666 | 39,1 |
| Urbane površine (četrtne skupnosti) | 1717,6 | 61,7 | 3435,2 | 36,6 |
| Ceste | 70,1 | 2,5 | 50,04 | 0,5 |
| Urbane površine (Tehnološki park in fakultete) | 5,3 | 0,2 | 10,7 | 0,1 |
| Skupaj | 2782,4 | 100 | 9379,14 | 100 |

Preglednica 24: Primerjava površin in poselitve posameznih prispevnih območij

| | Površine [ha] | št.ljudi | Površine [ha] | št.ljudi |
|--|---------------|----------|---------------|----------|
| Kmetijske površine in travniki | 409 | / | 409 | / |
| Gozd | 940 | / | 940 | / |
| Urbane površine (četrtne skupnosti) | 4261 | 80014,0 | 4261 | 80014,0 |
| Ceste | 20 | / | 20 | / |
| Urbane površine (Tehnološki park in fakultete) | 12,8 | 9986,0 | 12,8 | 9986,0 |

Kot je podano v Preglednici 24, največje površine in gostoto poselitve predstavljajo omenjene Urbane površine četrtnih skupnosti z 4261 ha. Naslednjo, drugo največjo prispevno površino, predstavlja gozd s 940 ha in nato okoliške kmetijske površine in travniki s 409 ha. Najmanjšo pa ceste z približno 20 ha oziroma Urbane površine novo zgrajenih objektov Fakultet in Tehnološkega parka z približno 13 ha. Kljub temu največje količine dušika in fosforja prispevajo ceste, kmetijske in urbane površine, ki niso priključene na kanalizacijo.

Največje količine bi pričakovano morale prispevati največje in najbolj poseljene urbane površine, vendar so le te v veliki večini priključene na mestno kanalizacijo. Odvodnjo padavinskih voda je v celoti splejana po kanalizacijskih vodih in v zelo majhni meri neposredno v potok Glinščica. Bistveni problem pa predstavljajo okoliški travniki in kmetijske površine, katere so v veliki meri podvžene gnojenju, še posebej travniki, katere se zaradi lastnih interesov lastnikov zemljišč intenzivno gnoji skozi vse leto.

Ceste predstavljajo drugi najmanjši delež iz prispevnih površin, saj v neposredni bližini skoraj vzporedno z Glinščico poteka severni del ljubljanske obvoznice oziroma gorenjske avtoceste. Odvodnja iz cestišč je speljana preko lovilcev olj v odvodne jaške in kanalizacijo in neposredno ne prizadane Glinščice, zato tudi sama ne predstavlja bistvenega problema, kot okoliške ceste z neurejeno odvodnjo. Slednje predstavljajo neposredno spiranje cestišča v potok. Problem predstavlja zimsko soljenje cest in ostale obremenjujoče snovi in olja, ki se nabirajo na cestiščih.

Bistvene spremembe omenjenih problemov obremenjevanj, ki so bili v preteklosti že omenjeni (Brilly M., Rusjan S., Vidmar A. 2006), pa predstavljajo nove zgradbe v okolici Glinščice, katere imajo ravnotako urejene odvodnje odpadnih komunalnih voda na kanalizacijsko omrežje, padavinskih pa v veliki meri na zadrževalne površine, katere ob intenzivnejših nalivih predstavljajo okoliške travnate in kmetijske površine, ki so izjemno obremenjene z gnojenem. Glinščica je vodotok, ki pogosto poplavlja. Predvidene in že izvedene zadrževalne površine, predstavljajo okoliške travnate in kmetijske površine na katere se izlivajo visoke vode. Pri tem pride do intenzivnega površinskega izpiranja v Glinščico, kar se kljub temu, zaradi visokih pretočnih hitrosti in velikih količin pretokov, ne odraža bistveno na sami koncentraciji onesnažil.

12. ZAKLJUČEK

Potok Glinščica spada v izviru nad vasjo Glinica v 1. kakovostni razred vodotokov, pod kar označujemo naravni vodotok. Do približno podutika preide v 2. kakovostni razred vodotokov oziroma sonaravno urejeni vodotok. Od naselja podutik, pa vse do pritoka Pržanec preide v 2. – 3. kakovostni razred oziroma sonaravno/tehnično urejeni vodotok, od pritoka Pržanec pa do izliva v Gradaščico je kategoriziran v 4. razred oziroma togo urejeni vodotok. Spodnji del Glinščice od podutika dalje, poteka po robu območja III. vodovarstvenega režima, ki je definiran kot blažji režim, zgornji del pa pod nedefinirano območje.

Na Potoku so bile izvedene obsežne raziskave pred več kot desetimi leti, ki so pokazale dejansko stanje, potoka, ki z vidika obremenjenosti oziroma onesnaženosti ni bilo zaskrbljujoče. Od takrat se je področje okoliških zelenih površin bistveno spremenilo. Največji antropogeni vplivi so predstavljale izgradnje obrežnih Fakultet in tehnološkega parka, poleg hitro razvijajočih in poselitvenih kapacitet okoliških četrtih skupnosti.

S pomočjo strokovnih računskih metod sem okvirno ocenil prispevke hranil (dušika in fosforja) posameznih prispevnih površin in obremenitev, ki jih prinašajo. Same urbane površine, kljub temu da predstavljajo gosto poseljene mestne površine, neposredno ne onesnažujejo potoka Glinščice. V celoti so vezane na mestno kanalizacijsko omrežje, ki je v celoti priključeno na Centralno čistilno napravo Ljubljana. Sledijo jim kmetijske površine in travniki ter ceste. Slednje katerih največje površine predstavlja avtocesta, ravno tako neposredno ne obremenjuje potoka Glinščica, saj ima urejeno odvodnjo padavinskih voda, navkljub ostalim manjšim cestam v okolici, katere se spirajo neposredno v potok. Zelo problematične so kmetijske površine in travniki, ki predstavljajo neregulirane oziroma nadzorovane vnose gnojil na okoliške travnate površine in po mojih izračunih glede na velikost površine predstavljajo bistvene obremenitve na potok.

S pomočjo izračunov, ki služijo le kot okvirna ocena vnosov, sem dobil lažjo predstavbo, katera območja bistveno doprinesejo k obremenitvam mestnih urbanih vodotokov oziroma kateri antropogeni vplivi so največji glede posameznih prispevnih površin. Velik vnos hranil lahko predstavlja tudi naravno okolje, vednar glede na antropogene vplive kmetijskih in urbanih površin zanemarljivo majhne. Bistvene obremenitve predstavljajo tudi meteorne vode, ki ob spiranju le teh pripomorejo k intenzivnejšemu

obremenjevanju potoka. Ker potok Glinščica spada na poplavno območje Ljubljane in intenzivno poplavlja, z večjimi pretoki tudi intenzivno izpira onesnažila iz posameznih površin.

VIRI

Agencija republike Slovenije za okolje in prostor. 2016 www.arso.gov.si (Pridobljeno 15.02.2016)

Biotehnična fakulteta Univerze v Ljubljani. 2016 <http://www.bf.uni-lj.si/> (Pridobljeno 09.06.2016)

Bizjk, A., Bremec, U., Centa, M., idr. Načrt upravljanja voda za vodni območji Donave in jadranskega Jadranskega morja 2009-2015, Ministrstvo za okolje in prostor

Brilly, M., Rusjan, S., Vidmar, A. 2006. Monitoring the impact of urbanization on the Glinščica stream. *Physis and Chemistry of the Earth*. 31: 1089-1096, 2006a.

Brilly, M., Rusjan, S., Vidmar, A. 2008. Monitoring vpliva urbanizacije na potok Glinščica. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2007. Zbornik predavanj str. 27-36

Brilly, M., Globevnik, L., Štravs, L., Rusjan, S. 2005. Eksperimentalna porečja v Sloveniji. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2004. Zbornik predavanj. str. 47-59

Butler, D., Davies, J. W. 2004. *Urban drainage*, Second Edition, Spon Press 11 New Fetter Lane, Library of Congress Cataloguing in Publication Data, London, 543 str.

Dirnbek, L. 2008. Vpliv histograma efektivnih padavin na hidrogram odtoka. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba L. Dirnbek): 86 f.

Dirnbek, L., Šraj, M. 2010. Hidrološko modeliranje: Vpliv histograma padavin na hidrogram površinskega odtoka. *Gradbeni vestnik* 95, št.: 49-56 str.

Đurović, B. 2014. Poročilo o delu Inštituta za vode Republike Slovenije. Ljubljana. Ministrstvo za okolje in prostor

Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. 2016 <http://www.fkkt.uni-lj.si/> (Pridobljeno 06.05.2016)

Fazarinc, R. 2010 Zagotavljanje poplavne varnosti jugozahodnega dela Ljubljane Poplave v Sloveniji septembra 2010 Mišičev vodarski dan

Inštitut za vode Republike Slovenije. 2016 <http://www.izvrs.si/> (Pridobljeno 02.02.2015)

Javno podjetje Vodovod – Kanalizacija d.o.o. 2016 <http://www.vo-ka.si/> (Pridobljeno 05.06.2016)

Javno podjetje Vodovod – Kanalizacija d.o.o. 2012. Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode za obdobje 2013 – 2016.

Jesenko, P. 2016. Antropogeni in naravni vplivi na Divje in Račevsko jezero. Dipl. nal. – UL FGG

Kakovost voda v Sloveniji. 2008. Agencija republike Slovenije (Pridobljeno 4. 3. 2016)

Kolar, J., Kralj, M., Krašovec, F., idr. 1992. Kako deluje? Človekovo okolje, Tehniška založba Slovenije, 603 str.

Legiša, M. 2013. Primerjava poplav v Ljubljani leta 1926 in leta 2010; Seminarska naloga; Ljubljana, UL FGG

Majcen, I. 2014. Pregled pomembnih zadev upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja, MOP

Mestna občina Ljubljana. 2016 <http://www.ljubljana.si/si/mol/> (Pridobljeno 25.05.2016)

Načrt upravljanja voda za Savski bazen. 2013 Ministrstvo za okolje in prostor (Pridobljeno 13. 2. 2016)

Natek, K. 2005: Poplavna območja v Sloveniji. Geografski obzornik, 52-1. str 13-18

Natek, K. 2011. Opisi stanja in poplavne ogroženosti ob malih vodotokih na območjih mestne občine Ljubljana. V: Natek, k. (ur.). Mali vodni tokovi in njihovo poplavno ogrožanje Ljubljane. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete

Lah A., Tanjšek A. idr. 1994. Okolje v Sloveniji. Zbornik, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana: 677 str.

Panjan, J. 2005. Osnove zdravstvenotehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Panjan, J. 2004. Količinske in kakovostne lastnosti voda. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 45 str.

Panjan, J. 1999. Osnove zaščite voda. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 94 str.

Panjan, J. 1999. Odvodnjavanje onesnaženih voda. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 92 str.

Peter, A. Chave, 2001. The EU Water Framework Directive - An Introduction, IWA Publishing: 204 str.

Porevizijsko poročilo: Popravljalni ukrepi pri izvajanju Zakona o vodah, št.:3260-1/2011/85, Ljubljana, november 2013

Pravilnik o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda (Uradni list RS, št. 63/05, 26/06, 32/11)

Program monitoringa stanja voda za obdobje 2010 – 2015. 2011 Ministrstvo za okolje in prostor (Pridobljeno 2. 4. 2016)

Rusjan, S., Fazarinc, R., Mikoš, M. 2003. Možnosti za revitalizacijo urbanih vodotokov na primeru Glinščice v Ljubljani. Acta hydrotehnica. 21, 34: 1-22

Slivar, M. 2016; Naravni in antropogeni onesnaževalci vodnega okolja v Sloveniji, Seminarska naloga, Ljubljana, UL FGG

Spletni gis portal. 2016 gis.iobcina.si (Pridobljeno 20.05.2016)

Tehnološkega parka Ljubljana. 2016. <http://www.tp-lj.si/> (Pridobljeno 8. 5. 2106)

UL FRI, Ljubljana. 2016 <http://www.fri.uni-lj.si> (Pridobljeno 06.05.2106)

Uradni list. 2016 www.uradni-list.si (Pridobljeno 02.07.2016)

Uredba o podrobnejši vsebini in načinu priprave načrta upravljanja voda (Uradni list RS, št. 26/2006, 5/2009, 36/2013)

ZON: Zakon o ohranjanju narave (Uradni list RS, št. 96/04 – uradno prečiščeno besedilo, 61/06 – Zdru-1 in 8/10 – ZSKZ-B in 46/14)

ZV-1: Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12 in 100/13 in 40/14)

ZVO-1: Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06 – UPB1, 49/06 - ZMetD, 66/06 - odl. US, 33/07 - ZPNačrt, 57/08 - ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 - ZPNačrt-A, 48/12, 57/12 in 92/13)

Žaberl, M. 2010. Okoljsko poročilo za občinski podrobni prostorski načrt za območje zadrževalnika Brdnikova. Mestna občina Ljubljana

OSTALI VIRI

Tchobanoglous, George, Burton, Franklin L. 1991. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse / Metcalf & Eddy, Inc. McGraw – Hill series in water resources and environmental engineering, New York [etc.]: McGraw – Hill, str. 1334

Henze M., Harremoes P., Jansen J., Arvin E.; 1997. Wastewater treatment: biological and chemical processes; Berlin [etc.]: Springer; str. 383

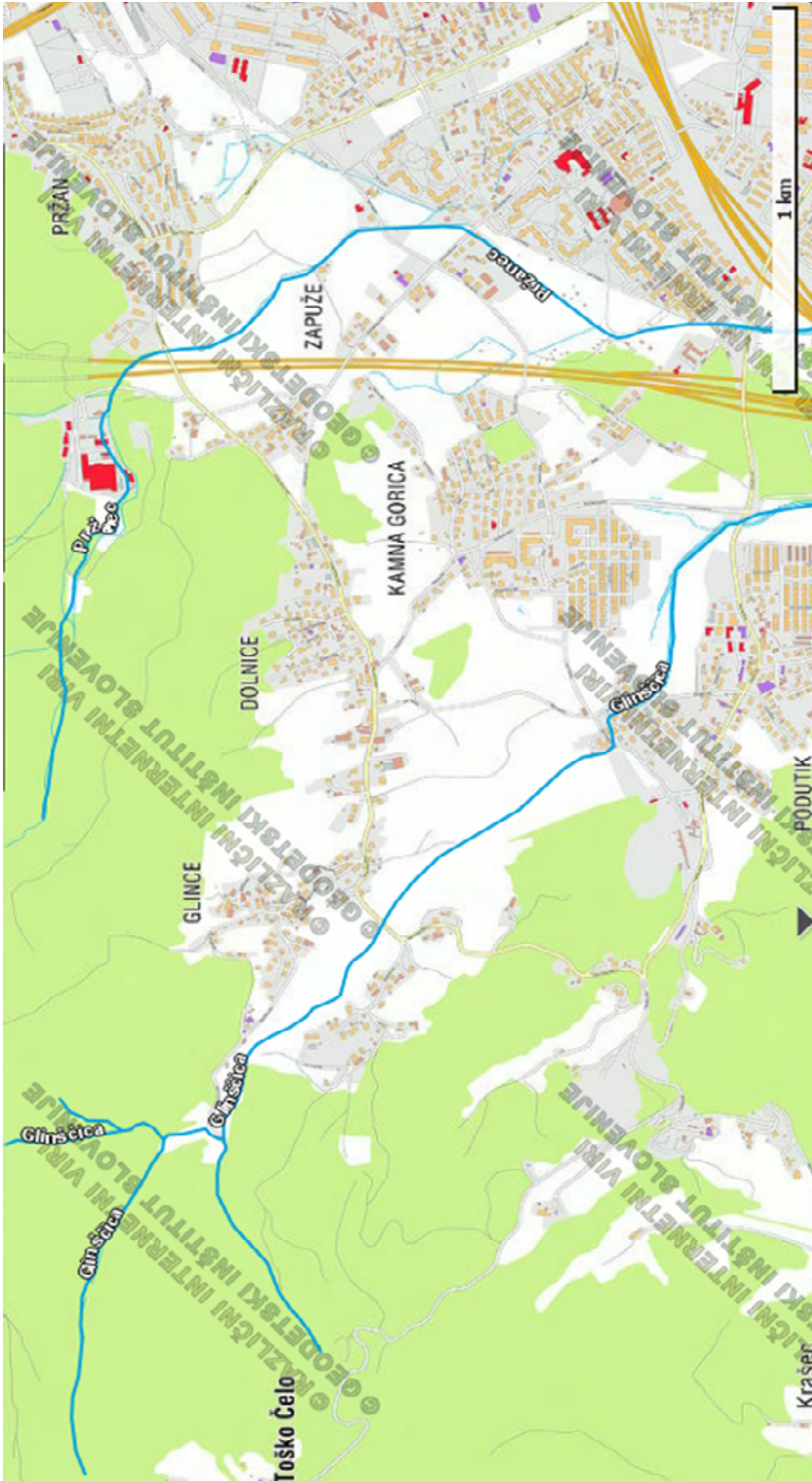
SEZNAM PRILOG:

PRILOGA A.1: ZGORNJI DEL GLINŠČICE, OD IZVIRA DO PRITOKA PRŽANEC

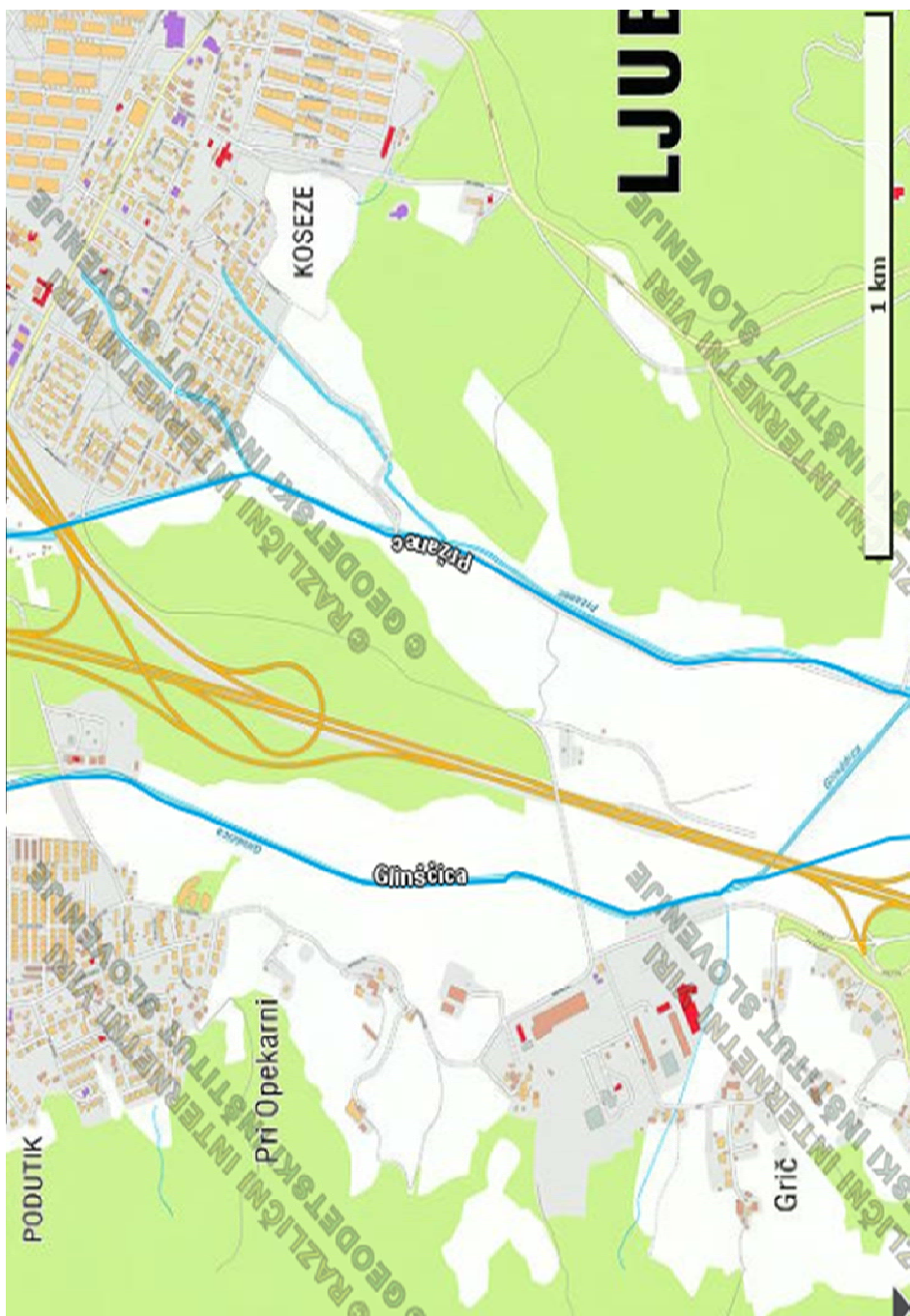
PRILOGA A.2: SREDNJI DEL GLINŠČICE, OB POTI SPOMINA IN TOVARIŠTVA DO PRITOKA PRŽANEC

PRILOGA A.3: SPODNJI DEL GLINŠČICE, OD PRITOKA PRŽANEC DO IZLIVA V GRADAŠČICO

PRILOGA A.1: ZGORNJI DEL GLINŠČICE, OD IZVIRA DO PRITOKA PRŽANEC (Spletni gis portal: gis.iobcina.si)



PRILOGA A.2: SREDNI DEL GLINŠČICE, OB POTO SPOMINA IN TOVARIŠTVA DO PRITOKA PRŽANEC (Spletni gis portal: gis.iobcina.si)



PRILOGA A.3: SPODNJI DEL GLINŠČICE, OD PRITOKA PRŽANEC DO IZLIVA V GRADAŠČICO
(Spletni gis portal: gis.iobcina.si)

