

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:

Žgur, M., 2016. Idejna rešitev odvajanja in čiščenja odpadnih voda na območju naselja Rašica. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Drev, D., somentor Krzyk, M.): 87 str.

Datum arhiviranja: 22-09-2016

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:

Žgur, M., 2016. Idejna rešitev odvajanja in čiščenja odpadnih voda na območju naselja Rašica. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Drev, D., co-supervisor Krzyk, M.): 87 pp.

Archiving Date: 22-09-2016

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



**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
HIDROTEHNIČNA SMER**

Kandidat:

MATIC ŽGUR

**IDEJNA REŠITEV ODVAJANJA IN ČIŠČENJA
ODPADNIH VODA NA OBMOČJU NASELJA RAŠICA**

Diplomska naloga št.: 598/H

**CONCEPTUAL SOLUTION OF DISCHARGING AND
TREATING THE WASTE WATERS IN THE AREA OF
TOWN RAŠICA**

Graduation thesis No.: 598/H

Mentor:

doc. dr. Darko Drev

Somentor:

doc.dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 31.08.2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani študent MATIC ŽGUR, vpisna številka 26106987, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: »Idejna rešitev odvajanja in čiščenja odpadnih voda na območju naselja Rašica«.

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: _____

Datum: _____

Podpis študenta: _____

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.2/.3(043.2)

Avtor: Matic Žgur

Mentor: doc. dr. Darko Drev

Somentor: doc. dr. Mario Krzyk

Naslov: Idejna rešitev odvajanja in čiščenja odpadnih voda na območju naselja Rašica

Tip dokumenta: Diplomsko delo – visokošolski študij

Obseg in oprema: 87 str., 12 pregl., 20 sl., 3 gr.

Ključne besede: kanalizacijski sistem, male komunalne čistilne naprave, dimenzioniranje, hidravlični izračun, črpališča, Rašica

Izvleček

V diplomski nalogi je predstavljeno načrtovanje odvodnje odpadnih voda v naselju Rašica, kjer ni javnega kanalizacijskega sistema. Za potrebe tako obstoječih kot tudi novo predvidenih stanovanjskih objektov z izdanimi projektnimi pogoji je predvidena javna kanalizacija odpadnih komunalnih voda s skupno malo biološko čistilno napravo z izlivom v odprti vodotok. Glede na dostopnost in višino terena, je gravitacijski način odpadnih vod najcenejši in najenostavnejši za vzdrževanje. Za območja, ki se nahajajo nižje od javne kanalizacije pa se predvidi postavitev črpališč. Pri izdelavi zastavljene rešitve je tako prikazano dimenzioniranje kanalizacije ter metode za hidravlični preračun kanalizacijske mreže. Na podlagi tega so izvedeni hidravlični izračuni za posamezna črpališča in opisana sama izvedba.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	628.2/.3(043.2)
Author:	Matic Žgur
Supervisor:	Assit. Prof. Darko Dev, Ph. D.
Cosupervisor:	Assist. Mario Krzyk, Ph. D.
Title:	Conceptional solution of discharging and treating the waste waters in the area of settlement Rašica
Document type:	Graduation thesis – Higher professional studies
Obseg in oprema:	87 p., 12 tab., 20 fig., 3 graph.
Notes:	sewerage system, small combined treatment plants, design, hydraulic calculation, pumping stations, Rašica

Abstract

The thesis presents the process of designing the discharge of waste water in the village of Rašica where there is no public sewerage system. In order to address the needs of both existing and new residential properties with issued project terms, a public sewerage of municipal waste water with a combined small biological treatment plant with discharge into an open watercourse is proposed. Considering the accessibility of the terrain and its altitude, a gravity sewer is the suggested as the most economical and easiest to maintain. The placement of pumping stations is proposed for areas below the altitude of the public sewerage system. For the purpose of providing a solution, the design of the sewerage system and the method of hydraulic calculation for the sewerage system network are presented in the thesis. The hydraulic calculations for individual pumping stations have been made in accordance with this method, along with a description of the implementation.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Darku Drevu ter somentorju doc. dr. Mario Krzyku za pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi družini za potrpežljivost in podporo, vsem prijateljem za spodbudo in dobro voljo v času študija.

Moja zahvala gre tudi podjetju Komunala projekt d.o.o. in mojim sodelavcem.

KAZALO

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
2 KANALIZACIJSKI SISTEM	2
2.1 Kanalizacija	2
2.2 Vrste sistemov glede na zajem odpadne vode	3
2.2.1 Mešani in ločeni kanalizacijski sistemi.....	4
2.3 Vrste kanalizacijskih omrežij glede na način odvajanja odpadne vode.....	8
2.3.1 Težnostno (gravitacijsko) odvajanje	8
2.3.2 Podtlačno (vakuumsko) odvajanje	8
2.3.3 Tlačno odvajanje.....	10
2.4 Črpališča in črpalke	11
3 ČIŠČENJE ODPADNIH KOMUNALNIH VOD.....	13
3.1 Odpadne vode v Republiki Sloveniji.....	14
3.1.1 Komunalne odpadne vode.....	15
3.1.2 Padavinske odpadne vode	15
3.1.3 Tuje vode	15
3.2 Postopki čiščenja odpadnih voda na komunalnih napravah	16
3.3 Čistilne naprave	18
4 MALE KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE	21
4.1 Aerobne male čistilne naprave.....	22
4.1.1 Čistilne naprave s pritrjeno biomaso.....	22
4.1.2 Čistilne naprave z razpršeno biomaso (aktivnim blatom).....	23
4.1.3 SBR čistilne naprave.....	24
4.1.4 MBR – membranske čistilne naprave	24
4.2 Anaerobne male čistilne naprave.....	25
4.3 Rastlinske čistilne naprave	26
5 ZASNOVA IN NAČRTOVANJE KANALIZACIJSKIH SISTEMOV	28
5.1 Zakonodajni okvir in standardi za izgradnjo ter projektiranje kanalizacijskega omrežja.....	29
5.2 Tehnični normativi za načrtovanje in izgradnjo kanalizacijske mreže	30
6 OBSTOJEČE STANJE KANALIZACIJSKEGA SISTEMA V NASELJU RAŠICA	33
6.1 Naselje Rašica.....	33
6.2 Komunalna oprema v občini Velike Lašče.....	34
6.3 Obstoječe stanje kanalizacijskega sistema v občini Velike Lašče.....	35
6.4 Obstoječe stanje kanalizacijskega sistema v naselju Rašica.....	35
7 ZASTAVLJENA REŠITEV NA OBMOČJU NASELJA RAŠICA	37
7.1 Dimenzioniranje kanalizacije	39
7.1.1 Kanalizacija odpadnih vod.....	39
7.1.2 Črpališča za odpadno vodo	46
7.1.3 Dimenzioniranje črpalk in tlačnega cevovoda	46
7.1.4 Čistilna naprava	65
7.2 Kanalizacija padavinskih vod	67
7.3 Metode za hidravlični preračun kanalizacijske mreže	69

7.3.1 Iteracijska metoda	69
7.3.2 Reztenzijska metoda	69
7.3.3 Računska (analitična) metoda	70
7.4 Hidravlični izračun	73
7.5 Izvedba	75
7.5.1 Polaganje kanalizacijskih cevi:	75
7.5.2 Revizijski jaški	76
7.5.3 Preizkus vodotesnosti	77
7.5.4 Hišni priključki:	77
8 ZAKLJUČEK	78
VIRI	80
PRILOGE	87

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Uporabljenost posameznih vrst centrifugalnih črpalk.....	12
Preglednica 2: Odpadne vode po viru onesnaževanja (1000 m ³).	16
Preglednica 3: Odpadne vode po stopnjah čiščenja (1000 m ³)	18
Preglednica 4: Empirična pravila za horizontalne sisteme RČN.....	27
Preglednica 5: Pravila za horizontalne sisteme RČN, ki jih podajata Wood in Kadlec & Knight.....	27
Preglednica 6: Obračunska območja komunalne opreme v občini Velike Lašče.....	34
Preglednica 7: Gibanje porabe vode v odvisnosti od velikosti naselja	39
Preglednica 8: Prikaz odvedenih količin odpadne vode glede na velikost naselij	40
Preglednica 9: Poraba vode in odtok odpadne vode v gospodinjstvih	40
Preglednica 10: Sušni odtok, dotok tuje vode in odtočni koeficient v odvisnosti od gostote poselitve	42
Preglednica 11: Koeficienti odtoka za razne vrste površin	68
Preglednica 12: Jakost odtoka naliva za Ljubljano	71

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Čiščenje odpadnih voda v odstotkih	18
Grafikon 2: Krivulja zmanjševalnega faktorja	72
Grafikon 3:Krivulja intenzitete naliva za Ljubljano.....	72

KAZALO SLIK

Slika 1: Koncept mešanega sistema (levo) in polnitev cevi pri mešanem sistemu (desno)	5
Slika 2: Koncept ločenega sistema (levo) in polnitev cevi pri ločenem sistemu (desno)	5
Slika 3: Mešani in ločeni kanalizacijski sistem	5
Slika 4: Idealizirani ločeni sistem s srednjo odtočno prostornino v $m^3/(ha_u \cdot a)$	7
Slika 5: Idealizirani mešani sistem s srednjo odtočno prostornino v $m^3/(ha_u \cdot a)$	7
Slika 6: Gravitacijsko odvajanje vode.....	8
Slika 7: Princip delovanja vakuumske kanalizacije	9
Slika 8: Glavne komponente tlačne kanalizacije.....	10
Slika 9: Pot odpadne vode.....	13
Slika 10: Postopek čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom.....	24
Slika 11: Lega območja naselja Rašica	33
Slika 12: Odmiki napeljav (svetli), ki potekajo vzporedno s kanalizacijo	38
Slika 13: Pregledna situacija	39
Slika 14: Prikaz porazdelitve odtoka v enem dnevu po Imfohu.....	41
Slika 15: Diagram konzumpcijske krivulje za cevi okroglega prereza	45
Slika 16: Moodyjev diagram.....	50
Slika 17: Q-H krivulja črpalke Flygt C 3057 HT.....	51
Slika 18: Q-H krivulja črpalke Flygt C 3060 HT.....	56
Slika 19: Q-H krivulja črpalke Flygt C 3085 MT	60
Slika 20: Q-H krivulja črpalke Flygt C 3057 HT.....	64

KRATICE

IWA Mednarodno združenje voda

MBR Membranski bio reaktor

SSO Prelivanje sušnih kanalov

BPK₅ Biokemijska potreba po kisiku v petih dneh pri 20°C

SBR Šaržni biološki reaktor

MKČN Mala komunalna čistilna naprava

RČN Rastlinska čistilna naprava

ČRP Črpališče

PE Populacijska enota

PEHD Polietilenske tlačne cevi

PVC Polivinilklorid

GRP Armiran poliester

1 UVOD

Voda je kot osnovni pogoj za življenje ljudi, živali in rastlin hkrati tudi nepogrešljiv vir za industrijo, promet, kmetijstvo in druge gospodarske panoge. Poleg tega se zaradi naraščanja prebivalstva in industrijske dejavnosti, povečujeta tako poraba vode kot tudi količina odpadnih voda, ki lahko onesnažujejo površinske in podzemne vode. V skladu s tem je bila preoblikovana tudi zakonodaja EU o vodah in sicer s sprejetjem okvirne direktive o vodah. Tako je bil uveden celosten pristop k upravljanju in varovanju površinskih in podzemnih voda na podlagi povodij (Husić, 2015).

Poleg vodovodnega sistema v naselju pa si v sodobnem svetu prav tako ne moremo več predstavljati naselja brez kanalizacije, saj ima ta pomembno vlogo pri poplavnem varovanju okolja pa tudi pri zdravstvenem varstvu naselij. Ravno zaradi tega je potrebno zagotoviti priklop na kanalizacijski sistem vsaki hiši, stanovanjskemu ali gospodarskemu objektu. Samo na ta način lahko prebivalci odpadno vodo odvedejo v kanalizacijo in s tem na čistilne naprave ter naprej v odvodnik. In tudi v tem primeru je potrebno upoštevati zakonodajo s področja varovanja okolja.

Voda, ki jo uporabljamo v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjskih opravilih, odteka v kanalizacijski sistem ali v greznico, če gospodinjstvo ni vezano na kanalizacijo. Problem povezave s centralnim kanalizacijskim sistemom in centralno ali javno čistilno napravo pa se pojavlja tam, kjer zaradi razpršenosti naselja ali oddaljenosti od kanalizacijskega sistema ta ni urejen za vse prebivalce. V tem primeru se mora čiščenje odpadnih voda urediti z malimi čistilnimi napravami oziroma v skladu z Direktivo o čiščenju komunalne odpadne vode in Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (Pangerl, 2012).

Primer naselja, v katerem je potrebno čiščenje odpadnih voda, je naselje Rašica pri Velikih Laščah. V samem naselju ni javnega kanalizacijskega sistema, za potrebe tako obstoječih kot tudi novo predvidenih stanovanjskih objektov z izdanimi projektnimi pogoji pa je predvidena javna kanalizacija odpadnih komunalnih voda s skupno malo biološko čistilno napravo z izlivom v odprti vodotok.

Cilj diplomske naloge je tako zasnova kanalizacije ločenega sistema na območju naselja Rašica pri Velikih Laščah. Temelji na analizi različnih kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav, saj je na podlagi topografije ter hidroloških in geoloških značilnosti naselja potrebno izbrati najbolj ustrezno rešitev. Teren je na tem območju zelo zahteven (teren kategorije III – VI), zato je potrebno upoštevati številne dejavnike in v skladu z zastavljeno zakonodajo izbrati najbolj ustrezen kanalizacijski sistem za potrebe omenjenega območja.

2 KANALIZACIJSKI SISTEM

Pri skoraj vseh arheoloških izkopavanjih civiliziranih naselbin najdemo tudi ostanke objektov za oskrbo in odvod vode. Ena najstarejših najdb izhaja iz leta 3000 pr. n. št. iz Mohendžo-Dara ob reki Ind, kjer so našli veliko javno kopalnišče, vsaka hiša pa je imela svoj vodnjak in kopalnico ter odvod vode v kanale, zgrajenih pod cesto (Panjan, 2002).

V dolini Inda so tako imeli že prve načrtovane kanalizacijske sisteme; na Kreti pa so okrog leta 1600 pr. n. št. imeli zelo napredne vodovodne sisteme. Centralno kopalnišče na Knososu so polnili in praznili z uporabo dovodnih cevi, imeli pa so tudi izplakovalna stranišča z lesenimi sedeži in z vzdignjenimi rezervoarji za vodo. Tehnologijo izplakovalnega stranišča so ponovno razvili v letu 1596, z izumom angleškega stranišča (water closet), leta 1775 pa so patentirali prvo stranišče na izplakovanje. Z razvojem angleškega stranišča se je tako pričelo sodobno čiščenje komunalnih odpadnih voda (Klemenčič, 2013).

Rastoče koncentracije prebivalstva v industrijskih naseljih ter znatno bolj mokre, spolzke in skoraj neprehodne ulice so v 19. st. zahtevale gradnjo prvotno odprtih odvodnih jarkov in kasneje zaprtih kanalov vzdolž teh ulic. Ti naj bi kar najhitreje ter po najkrajši poti odvedli nesnago v vodotoke. Zaradi boljšega čiščenja ter izpiranja, so se na te ulične jarke in kanale priključevali izviri, potoki, padavinski odtoki, drenaže itd. v čim večjem možnem obsegu. Tako se je tam ponovno nabirala nesnaga, saj teh količinsko ekstremnih biološko – kemičnih obremenitev biološko ravnotežje vodotokov ni zmoglo. Odtoki kanalizacij so postali hujši tehnični problem, zato so leta 1861 v Angliji z zakonom predpisali čiščenje odplak še pred izpustom v vodotoke. To lahko označimo kot začetek tehnologij čiščenja odpadnih voda (Maleiner, 2009a).

2.1 Kanalizacija

V urbanih področjih imamo na voljo različne tehnične sisteme, preko katerih se zagotavlja komunalna infrastruktura. Mrežo komunalnih sistemov sestavljajo elementi podzemne urbanizacije, ki skupaj s specifičnimi objekti tvorijo morfološko strukturo urbane aglomeracije (Jahić, 2007).

Kanalizacijsko omrežje javne kanalizacije je sistem kanalskih vodov, kanalov ter z njimi povezanih tehnoloških objektov (peskolovi, lovilci olj in maščob, črpališča za prečrpavanje odpadne vode itd.), ki služijo za odvajanje komunalne, industrijske in padavinske odpadne vode na območju celotnega naselja ali njegovega dela (Program odvajanja in čiščenja ..., 2012).

Javno kanalizacijo predstavljajo vsi infrastrukturni objekti in naprave kanalizacije, ki so namenjeni izvajanju občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode. Priključki stavb na javno kanalizacijo, greznice in male čistilne naprave z zmogljivostjo, manjšo od 50 PE, pa niso objekti javne kanalizacije (Husić, 2015). Poleg tega je primarno kanalizacijsko omrežje javne kanalizacije namenjeno odvajanju komunalne odpadne in padavinske vode iz dveh ali več sekundarnih kanalizacijskih omrežij na posameznih območjih naselja, lahko pa tudi za odvajanje industrijske odpadne vode iz ene ali več naprav, ki so na območju takšnega naselja in se zaključijo v komunalni ali skupni čistilni napravi. Po drugi strani pa je sekundarno kanalizacijsko omrežje javne kanalizacije namenjeno odvajanju komunalne odpadne in padavinske vode v naselju ali delu tega naselja. Sekundarno omrežje se zaključi v mali komunalni čistilni napravi ali z navezavo na primarno kanalizacijsko omrežje (Operativni program odvajanja in čiščenja ..., 2010).

Kanalizacija je tako omrežje kanalskih vodov, kanalov in jarkov ter z njimi povezanih naprav, ki se povezujejo v kanalizacijsko omrežje. S pomočjo tega se zagotavlja odvajanje odpadne vode iz stavb ali ločeno od njih, oziroma skupaj z njimi tudi padavinske vode s streh in z utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin (Husić, 2015).

Kanalizacija je v najširšem smislu sistem za zbiranje in odstranjevanje odplak, ki poteka od mesta nastanka odpadnih voda do čistilnih naprav z namenom zaščite javnega zdravja, preprečitve nastajanja in širjenja bolezni ter preprečitve onesnaževanja nadzemnih in podzemnih voda (Kanalizacija, 2016).

Popolni sistem kanalizacije odpadne vode zbira in jih prečiščene vrača v vodotoke. Odvajanje fekalnih in drugih odpadnih voda v okolje ni dovoljeno. Kjer ni na voljo javnega kanalskega omrežja, je odpadne vode potrebno zbirati v vodotesnih zbiralnikih oziroma greznicah. Slednje je potrebno prazniti v rednih časovnih razmikih in njihovo vsebino prepeljati v čistilno napravo (Sendable, 2010).

2.2 Vrste sistemov glede na zajem odpadne vode

Mestni kanalizacijski sistem je sestavljen iz mreže odvodnih kanalov za odvajanje odpadne vode (manjši sistem) in kanalov za odvajanje padavinskih vod za preprečevanje poplav (glavni sistem) (Husić, 2015).

Kanalizacijsko omrežje se glede na vrsto odpadne vode, po katerem se odvaja, deli na mešano in ločeno javno kanalizacijo. Po mešanem kanalizacijskem sistemu se odvajajo komunalna, padavinska in industrijska voda skupaj, medtem ko se po ločenem odpadnem kanalu odvaja komunalna in industrijska odpadna voda, po ločenem padavinskem kanalu pa zgolj padavinska odpadna voda (Program odvajanja in čiščenja ..., 2012).

Sama pravilna izbira sistema zbiranja ter odvajanja odpadnih voda pa je ključnega pomena za tehnično pravilno, ekonomsko in ekološko optimalno delovanje celotnega sistema zbiranja, odvajanja ter čiščenja odpadnih voda (Maleiner, 2010). Z urbanizacijo se je namreč morala razvijati tudi urbana odvodnja, ki zajema tudi odvod padavinske vode, bodisi v odprtih, praviloma pa v zaprtih kanalskih sistemih. Novo nastalim oziroma razširjenim mestnim površinam je bilo posledično potrebno urediti ustrezne odvodne sisteme za odpadno in padavinsko vodo. Padavinsko vodo, če je mogoče, ponikamo, sicer pa moramo tudi to vodo odvesti do najbližjega odvodnika. Za urbano odvodnjo se praviloma uporabljajo mešani kanalizacijski sistemi (Panjan, 2002).

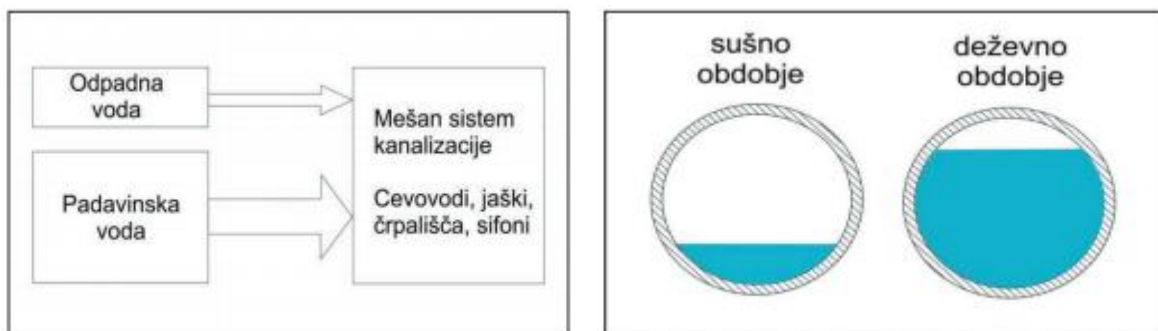
2.2.1 Mešani in ločeni kanalizacijski sistemi

Glede na teren se praviloma na hribovitih področjih z zadostnim naklonom terena in s tem vzdolžnih padcev kanalov uporabljajo varnejši ter ekonomsko znatno ugodnejši mešani sistemi; pri potrebnem pogostem prečrpavanju odpadnih voda v ravninskih delih z običajno plitvo globinsko lego podtalnice pa se pogosto uporabljajo ločeni sistemi. Slednji so namreč zaradi dveh medsebojno ločenih omrežij znatno dražji, zahtevajo ostrejši nadzor in večjo strokovno disciplino med izvedbo, tudi med obratovanjem, saj je ločeni sistem veliko bolj podvržen ekonomskim in ekološkim posledicam nepravilnih gradbenih izvedb ter pomanjkljivemu nadzoru. Že nekaj napačnih hišnih priključkov lahko ogrozi ali celo onemogoči delovanje celotnega ločenega sistema (Maleiner, 2009a).

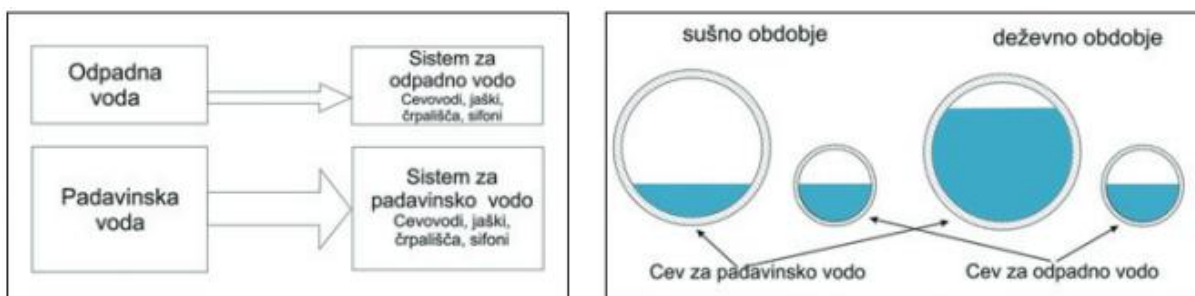
Pri mešanem kanalizacijskem sistemu se običajno gradijo razbremenilniki, ki odvajajo večji del razredčene odpadne vode v odvodnik, preostalo zmanjšano vodno količino pa se odvaja na čistilno napravo. Zaradi padavinskega odtoka lahko pride do preobremenitve in zaježitve kanalizacijskega omrežja ter niže ležečih priključenih prostorov, ki jih je potrebno zaščititi pred preplavitvijo. Delovanje čistilnih naprav je v tem primeru manj zanesljivo in bolj obremenjujoče za črpališča, saj se na napravo dovaja tudi del onesnaženih padavinskih voda. Hkrati je zaradi razbremenilnikov slabša tudi zaščita odvodnika (Panjan, 2002). Razbremenilniki torej izločijo padavinske vode iz kanalizacije ter jih preusmerijo v odvodnik padavinske vode, običajno površinski vodotok. Običajno so nameščeni pred čistilno napravo in tako že predhodno razbremenijo padavinske vode. Grajeni so tudi z namenom, da zmanjšajo premere kanalizacijskih cevovodov (Krajnc, 2015).

Mešani kanalizacijski sistem je torej zasnovan tako, da po eni kanalizacijski cevi skupaj odvajamo odpadno, tujo in meteorno vodo. V manjših naseljih so pri teh sistemih kanali v dneh brez padavin skoraj prazni, saj po njih teče samo odpadna voda; napolnijo se le ob nalivih ob dotoku padavinske vode, ki kanale ob tem tudi spere. Pri ločenem kanalizacijskem sistemu pa že beseda "ločen" pove, da sta odpadna in padavinska voda ločeno speljani po dveh sistemih cevi in sicer po kanalskem sistemu

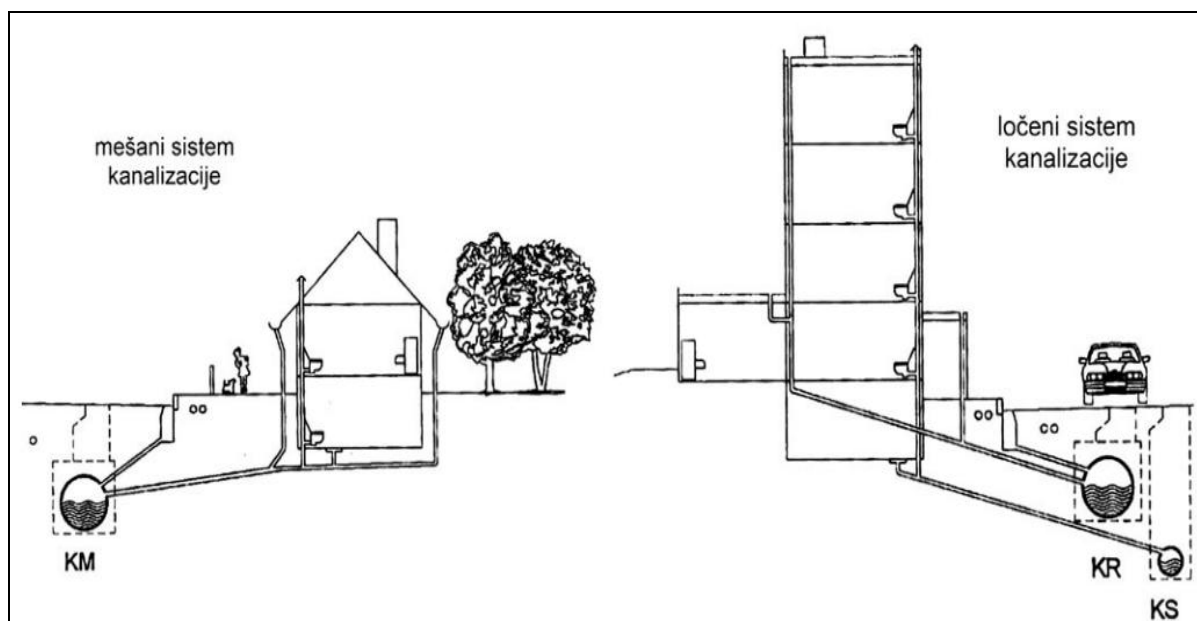
za sušni odtok, v katerem ni deževnice ter po kanalu za odvod padavinske vode (Slokan, 2003), kar je tudi razvidno iz Slike 1, Slike 2 in Slike 3.



Slika 1: Koncept mešanega sistema (levo) in polnitev cevi pri mešanem sistemu (desno) (Krajnc, 2015: 80)



Slika 2: Koncept ločenega sistema (levo) in polnitev cevi pri ločenem sistemu (desno) (Krajnc, 2015: 81)



Slika 3: Mešani in ločeni kanalizacijski sistem (Maleiner, 2009a: 253).

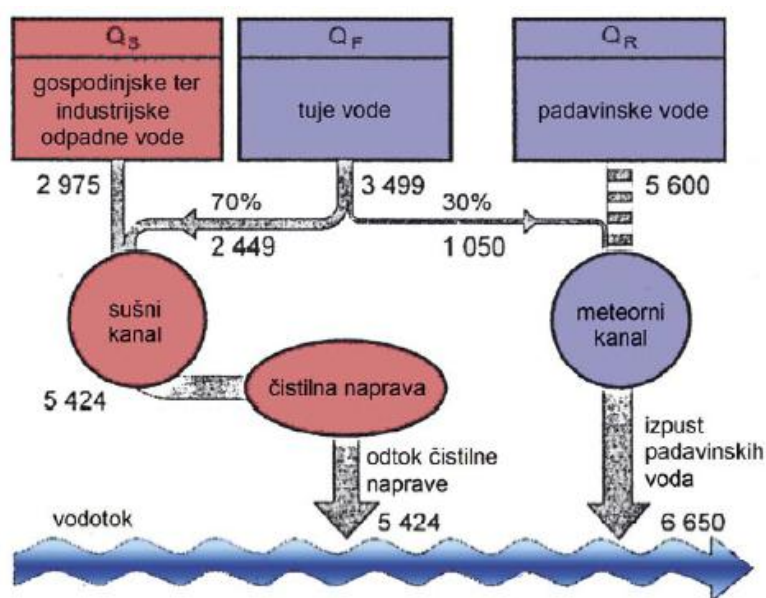
Pri ločenem sistemu sta torej meteorno in sušno omrežje medsebojno ločeni tako tlorisno kakor tudi višinsko (Maleiner, 2009a). Ker kanali za padavinsko vodo niso v neposredni zvezi s kanali za odpadno vodo, ob močnejšem deževju ne prihaja do preobremenitve in zaježitve kanalov in tudi ne do poplav nizko ležečih delov priključenih objektov. V tem primeru je delovanje čistilnih naprav zaradi sorazmerno stalnega dotoka, ki niha le v odvisnosti od potrošnje vode, zanesljivejše in manj sunkovito. Prav tako na čistilnih napravah ni potrebno graditi deževnih zadrževalnikov ali peskolovov, zaradi česar je izgradnja in delovanje takšnega sistema cenejša (Panjan, 2002).

Maleiner (2010) izpostavi prednosti tako mešanega kot ločenega sistema. Prednost mešanega sistema je v tem, da ni potrebno toliko prostora za gradnjo, saj se v cestišču praviloma nahaja samo en zbiralnik, za vsako zazidalno zemljišče pa je potreben le po en priključek. Izprana površinska onesnaženja padavin manjših intenzitet se odvajajo v celoti na čistilno napravo in ne direktno v vodotok. Poleg tega je relativno kratka skupna dolžina omrežja v primerjavi z ločenim sistemom. Prednosti ločenega sistema so v nekoliko manjših količinah tujih voda, kamenja in peska kakor pri mešanem sistemu. Odpadne vode ostajajo koncentrirane, kar prepreči odvajanje zanemarljivo ter malo onesnaženih padavinskih ter tujih voda preko čistilne naprave. Pri ločenih sistemih je potrebno le čiščenje onesnaženih delov padavinskih odtokov.

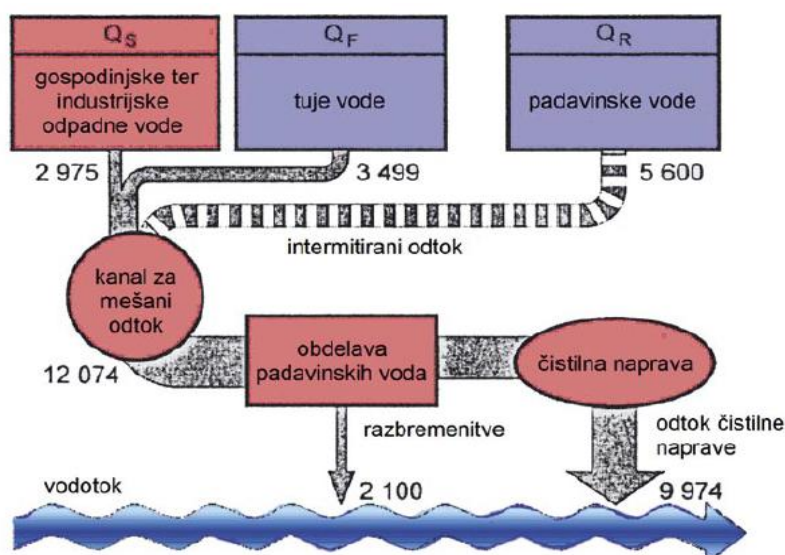
Padavinske vode se iz prometnih površin pogosto neočiščene odvajajo po najkrajši poti v vodotoke preko meteornih kanalov, hišne in industrijske odplake pa s pomočjo fekalnih kanalov na čistilne naprave. Pri tem se vse bolj zahteva tudi čiščenje meteorne vode. Praviloma so fekalni kanali manjših dimenzij in položeni vsaj do globine, do katere lahko priključimo odpadno vodo iz kleti. Po drugi strani pa so dimenzije cevi za odvod padavinske vode večje, polagamo pa jih vsaj 1m pod površino. Cevi pri mešanem sistemu morajo ležati vsaj 2m pod površino, da se na njih lahko priključi odpadna voda iz kleti. Ločeni sistemi so nameščeni v bližini odvodnika, da se lahko sproti odvaja tudi meteorna voda. Posledično ta sistem zahteva natančen nadzor pri izvedbi vsakega hišnega priključka, saj se mora sušni odtok priključiti na globlje ležeči fekalni kanal, padavinski odtok pa na plitvo ležeči meteorni kanal. V primeru da se hišni priključki napačno priključijo, to lahko povzroči ogromno količino tujih vod, preplavitev čistilne naprave in nedopustno onesnaževanje vodotokov (Bijol, 2010).

V ločenem sistemu naj bi se poti tujih voda ločile že v izvoru; zaradi napačnih priključkov (npr. drenaž na globlje ležeči sušni kanal) prispe preko sušnega kanala na čistilno napravo okoli 70 % tujih voda. Previsoke količine tujih voda, ki presegajo hidravlično zmogljivost čistilne naprave, se morajo zato nekje neočiščene prelivati v vodotoke. Fenomen tovrstnega prelivanja sušnih kanalov se v ZDA označuje s strokovnim pojmom SSO (Sanitary Sewer Overflow) (Maleiner, 2009c).

Na Sliki 4 in 5 sta prikazana idealizirana sistema odvajanja, pri čemer se naslanjata po nemških smernicah ATV – A 105¹. Pri tem se pri ločenem sistemu predpostavlja, da se meteorne vode brez predhodne obdelave zlivajo direktno v vodotok, pri mešanem pa se nasprotno dodatno upošteva tudi potrebna ustrezna obdelava mešanega odtoka. Vse odtočne prostornine se nanašajo na 1 ha neprepustne površine vplivnega področja, ki se v smislu ATV – A 128 (1992) označuje z indeksom "ha_u" (Maleiner, 2010). Pri tem znaša gostota poselitve 63 PE/hau ter poraba pitne vode 130l/(PE.dan) (Maleiner, 2009c).



Slika 4: Idealizirani ločeni sistem s srednjo odtočno prostornino v m³/(ha_u.a) (Maleiner, 2010: 64)



Slika 5: Idealizirani mešani sistem s srednjo odtočno prostornino v m³/(ha_u.a) (Maleiner, 2010: 64)

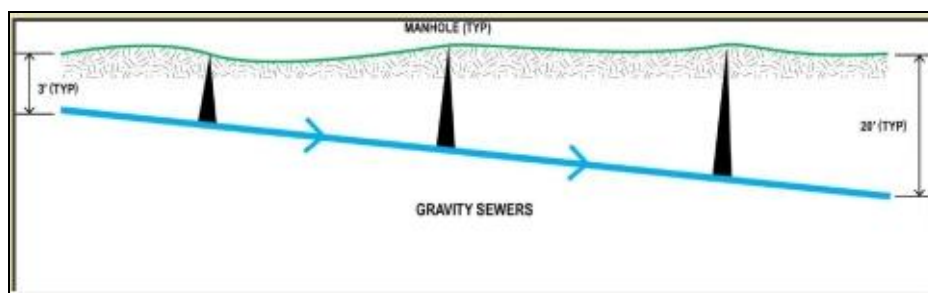
¹ Za ustrezno izbiro mešanega ali ločenega sistema so Nemci že leta 1977 izdali priporočila DWA – smernice ATV – A 105. Sodobni tlačni ali podtlačni sistemi odvajanja odpadnih voda se uporabljajo v ločenih sistemih kanalizacije (Krajnc, 2015).

2.3 Vrste kanalizacijskih omrežij glede na način odvajanja odpadne vode

Kanalizacijsko omrežje je po namenu uporabe lahko ločeno ali mešano, po načinu odvajanja pa težnostno, kombinirano ter podtlačno (Uradni list RS, št. 86/2015, 5. člen). Večina kanalizacijskih omrežij je zgrajena po načelu težnostnega odvajanja, ki je tako investicijsko kot obratovalno najugodnejše, saj se vsa tekočina zaradi gravitacije pretaka, zato večje prečrpavanje vode ni potrebno. Pri izvedbi tovrstnega omrežja je potrebna izredna natančnost, saj je treba poskrbeti za ustrezen padec, ki bo zagotovil pravo hitrost pretoka voda. V stroki so znani tudi tlačni in vakuumski kanalizacijski sistemi, ki sicer zahtevajo precej večji vložek pri gradnji, pa tudi sami stroški obratovanja so višji. Tlačni sistemi se uporabljajo na depresijskih območjih in takšnih, kjer padec terena ni zadosten za izdelavo klasičnega in cenejšega težnostnega sistema. Vakuumski sistemi se gradijo na zelo zahtevnih terenih, predvsem tam, kjer je pričakovati večje posedanje tal (Več principov delovanja ..., 2009).

2.3.1 Težnostno (gravitacijsko) odvajanje

Težnostno kanalizacijsko omrežje je klasičen način, saj voda odteka zaradi hidravličnega padca (vzdolžnega nagiba) kanalov. Sam način je enostaven, delovanje pa poceni in brez uporabe energije. V tem primeru morajo biti cevi položene s primernim padcem, da je zagotovljena predpisana hitrost vode v kanalih (med 0,4 ali 0,5 m/s in 3 m/s). Na ravninskem terenu je zaradi zahtevanega padca težnostno odvajanje vode manj ugodno, saj morajo cevi ležati vedno globlje. Prav tako ni težnostno odvajanje primerno za tla z visoko podtalnico ali pri slabše nosilnih tleh; v takih primerih se namreč cevi zaradi vzgona dvignejo ali posedejo, kar bi onemogočilo odtok vode (Slokan, 2013).



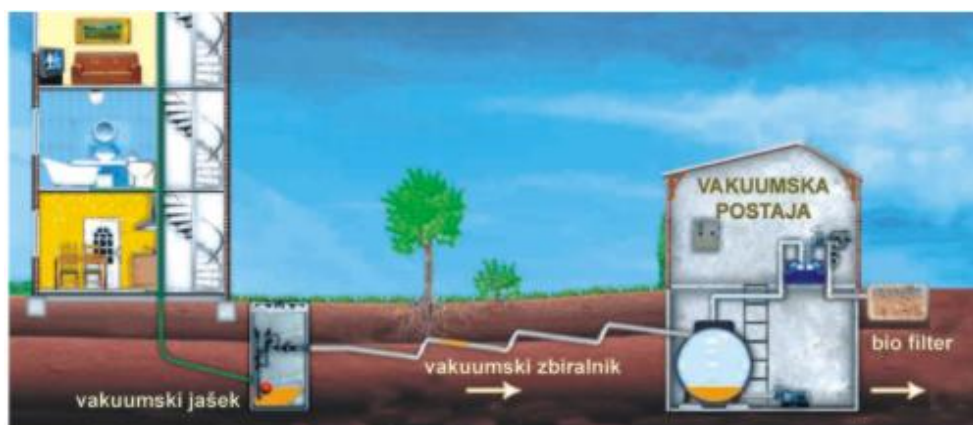
Slika 6: Gravitacijsko odvajanje vode (Gravity Sewer Systems, 2014)

2.3.2 Podtlačno (vakuumsko) odvajanje

Podtlačno kanalizacijsko omrežje je sistem objektov in naprav, namenjeno odvodu komunalne odpadne vode. Tovrstni sistem se uporablja na področjih z nezadostnim naravnim padcem terena (Uradni list RS, št. 86/2015, 22. člen), praviloma v naseljih do 1500 prebivalcev. Na enak način odvajajo tudi odpadne vode na velikih ladjah. Glavni element sistema je vakuumška postaja, ker le ta potrebuje električno energijo za delovanje celotnega sistema. S pomočjo vakuumške naprave,

priključene na zbirno posodo, lahko v razvejanem omrežju vzpostavimo podtlak (0,6 do 0,7 bara), ki se v celotnem omrežju razširi do končnih hišnih priključkov, kjer so v vakuumskih jaških nameščeni posebni ventili (Slokan, 2013).

Sistem mora delovati popolno avtomatizirano, z odpiranjem in zapiranjem vakuumskih ventilov, nameščenih v vakuumskem jašku (Uradni list RS, št. 86/2015, 22. člen). Podtlak avtomatično odpira vakuumске ventile, odsesa potrebne količine odplak in zraka ter zapira ventile. Poleg tega se vsa vsrkana mešanica odplak in zraka iz omrežja odsesa v zbirno posodo in od tam izčrpa v čistilno napravo. Daljši zadrževalni čas odpadni vodi v sistemu ne škoduje, saj se v omrežju vedno nahaja precej velika količina zraka (Slokan in Petek, 2008). Shema delovanja vakuumskega omrežja z značilnim vzdolžnim stopničastim potekom je prikazana na Sliki 7.



Slika 7: Princip delovanja vakuumske kanalizacije (Tihec, 2010)

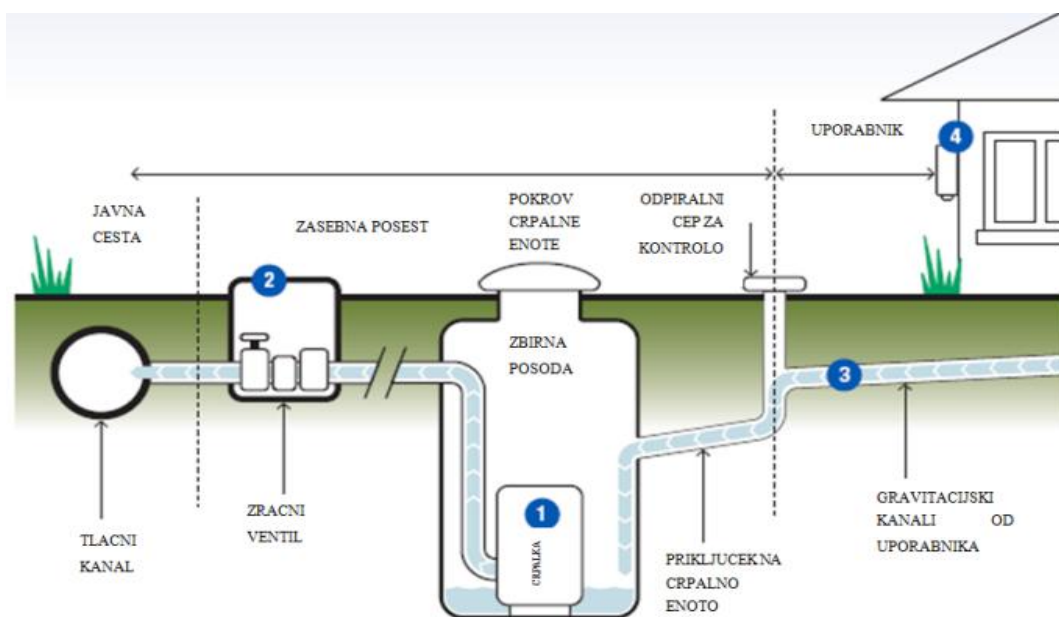
Podtlačno odvajanje odplak je torej primerno za vodoravne terene ali območja z izredno majhnimi vzdolžnimi padci. Kanale se lahko polaga dokaj nizko, pod nivojem zmrzovanja, s prekritjem od 0,8 do 1,5 m. V primerjavi z gravitacijskim odvajanjem, so kanalske cevi manjših premerov, saj so hitrosti pretakanja višje. Cevi se običajno polaga v skupni jarek z drugimi vodovodnimi ali plinskimi napeljavami z značilnim stopničastim vzdolžnim profilom. Za ta sistem je priporočljivo opazovanje/spremljanje obratovanja, ki omogoča računalniški nadzor delovanja vsakega posameznega ventila ter avtomatično alarmiranje v primeru motenj. Zaradi stalnega merjenja tlaka in nadzora, se lahko hitro zaznajo večje spremembe podtlaka v sistemu; te so lahko posledica slabe tesnitve cevi, mehanske okvare ali zamašitve sistema (Slokan, 2013).

V Sloveniji se pospešeno načrtuje in odloča o gradnji številnih podtlačnih komunalnih kanalizacijskih omrežij, prvi tovrstni sistem pa je pričel obratovati v Logatcu leta 2004. Kasneje so bila zgrajena še tri omrežja: v Turnišču, Dornavi ter na Ravnah (Maleiner, 2009b).

2.3.3 Tlačno odvajanje

Tlačno odvajanje se uporablja v manjših oddaljenih vaseh ali v primeru, ko je neracionalno in negospodarno uporabiti gravitacijskih sistem kanalizacije. Učinkovito je predvsem za skalnata hribovita območja in območja z visokim nivojem podtalnice. Tlačna odvodnja je lahko gospodarsko nameščena na katerem koli mestu ne glede na področje, največkrat pa se uporablja za naselja do 15.000 uporabnikov (Bijol, 2010). Za razliko od podtlačnega odvajanja, kjer se vsa potrebna energija dovaja vakuumski postaji, se pri tlačnem odvajanju energijo dovaja samostojno vsakemu hišnemu priključku oziroma pri večjih omrežjih tudi splakovalnemu mestu. Pri takšnem odvajanju odplak se uporabljajo cevi, črpalke in tlačne vode z najmanjšim notranjim premerom 100 mm in brez zožitev, ki bi povzročale mašenje v sistemu. Se pa v tlačnem vodu lahko sproščajo plini, zato je potrebno pri polaganju paziti na zadosten vzdolžni padec; tako se lahko plini izločajo preko posebnih odzračevalnih ventilov v najvišjih točkah vodov. V nasprotnem primeru bi ti plini v ceveh povzročili zmanjšanje pretočnih presekov, povečala bi se črpalna višina in poraba energije (Slokan, 2013).

Glavne komponente tlačnega kanalizacijskega sistema so: črpalna enota, zbirna posoda, tlačna generatorska oprema, posoda za stisnjen zrak, tlačne cevi, cevni spoji in ventili. Tlačni odvodni sistem je omrežje zaprtih cevi, ki se napajajo v črpalni enoti; ta se nahaja na vsakem priključnem gospodinjstvu oziroma v več priključenih gospodinjstvih. Črpalna enota obdelava gospodinjsko odpadno vodo in jo odvede do tlačnega kanala, ki je speljan na javni cesti. Tlačni sistem kanalizacije na posamezni parceli je sestavljen iz 4 glavnih enot (Bijol, 2010), kar je tudi prikazano na Sliki 8.



Slika 8: Glavne komponente tlačne kanalizacije (Bijol, 2010: 64)

2.4 Črpališča in črpalke

Povsod, kjer vode ni mogoče odvajati na omenjene načine, se gradijo črpališča. Glede na to da kanalska voda ni homogen medij, morajo biti črpališča in črpalke tako sestavljene, da se ne zamašijo ali ne povzročajo drugih motenj pri obratovanju, ne glede na kvaliteto dotoka (Kolar, 1983). Črpališča gradimo na kanalizacijskem omrežju zato, da premostimo "negativno" višinsko razliko; s tem pa v kanalizaciji omogočimo odtok vode tudi pri nezadostnih vzdolžnih padcih terena (tlačna ali vakuumska kanalizacija) ali zaradi posebnih zahtev (črpanje povratnega blata). Glede na funkcijo črpališč se uporabljajo naslednje označbe (Slokan in Petek, 2008):

- *kanalizacijska črpališča* za premagovanje manjkajoče višinske razlike ali omogočanje plitvejšje lege kanalov,
- *vmesna črpališča* na dolgih odvodnikih z nezadostnim podolžnim padcem terena (npr. krožna kanalizacija okoli jezer),
- *dovodna črpališča* za črpališča, katerih naloga je v glavnem premostitev razdalj (npr. do čistilne naprave),
- *črpališča deževnice* nadomestijo manjkajoče naravne vodotoke,
- *črpališča sušnega odtoka* so namenjene prečrpavanju odplak,
- *črpališča na čistilni napravi* dvignejo dotok na ustrezno raven čistilne naprave,
- *črpališče visokih vod* črpajo le ob visokih vodostajih vodotoka.

Za kanalizacijo se uporabljajo različne vrste črpalk: centrifugalne, polžaste, izrivne črpalke, črpalke na stisnjen zrak, črpališča s tlačnim kotlom ter izjemoma tudi batne in membranske črpalke (Kolar, 1983):

- *Centrifugalne črpalke* so po konstrukciji prilagojene najtežjim zahtevam za prečrpavanje vode in primesi, ki jih vsebuje kanalska voda. Njihove lastnosti so odvisne predvsem od vrste rotorjev, ki so lahko enokanalni, dvokanalni, trikanalni, dvo- in trikrak vijačni motor ter odprt vijačni rotor². Pretok skozi črpalko se spreminja od odvisnosti od H_{man} in je opredeljen z lastnostjo črpalke, ki je določena s QH linijo. Vsaka črpalka ima optimalen učinek pri določenem Q in določenem H; učinek pa je opredeljen z linijo, ki označuje procent izkoristka.
- *Polžaste črpalke* so izboljšana Arhimedova špirala in se za prečrpavanje kanalske vode uveljavljajo šele v zadnjih desetletjih, ker je izkoristek agregata razmeroma malo odvisen od prečrpane količine vode. Črpalka lahko namreč obratuje z maloštevilnimi prekinitvami ali brez njih, saj zaradi svojega ustroja lahko deluje tudi če je dotok vode minimalen; pri tem pa je izkoristek agregata še sprejemljiv. Polžasta črpalka teče z nizkim številom obratov (pod 100 obratov na minuto), ima zelo dolgo življenjsko dobo in se praktično ne more zamašiti. Zgornja

² Uporabljivost posameznih vrst centrifugalnih črpalk je razvidna iz Preglednice 1.

meja višine črpanja je okrog 5 m, če pa želimo prečrpavati na večjo višino, gradimo črpališče v stopnjah in namestimo zaporedno dva ali več agregatov.

- *Batne in membranske črpalke* se uporabljajo pri transportu vode brez plavajočih primesi ali homogeniziranega blata, so pa pri tem potrebni večji pritiski. Ventili na sesalni in tlačni strani dovoljujejo le transport vode brez večjih trdnih delcev, zato se te črpalke uporabljajo le izjemoma.
- *Izrivne črpalke (črpalke mohno)* se uporabljajo za tekočine z veliko viskoznostjo, za H_{man} do 1000 m vodnega stebra in za kapacitete do 120 m³/h. Konstruirane so tako, da vrtijo spiralno oblikovan bat v spiralnem ohišju, narejenem iz trajno elastičnega materiala.
- *Črpalke na stisnjen zrak (črpalke mamaut)* delujejo tako, da se v ustje sesalne cevi vpihuje zrak, pomešan z vodo. Tako nastane mešanica z manjšo specifično težo od vode okrog nje, zato jo ta izrine. Te črpalke se uporabljajo za pretoke od 0,5 do 75 l/s in črpanje nehomogenih mešanic, kot so npr. mešanice peska in vode izpred peskolova. Običajno se ne uporabljajo za stalno obratovanje.

Preglednica 1: Uporabljenost posameznih vrst centrifugalnih črpalk (Kolar, 1983: 214)

Izvedba	Q [l/s]	h [m]	Vrsta vode
Vrtinčna črpalka	4–50	4–12	Močno onesnažena odpadna voda s plavajočimi primesmi: tekstil, guma, papir, plastika itd.
Enokanalni rotor	15–150	5–25	Močno onesnažena voda s plavajočimi primesmi, tudi tekstil, vendar nevarnost zamašitve večja kot pod 1.
Dvo- in tri- kanalski rotor	50–500	5–50	Normalno onesnažena voda in blato
Vijačni rotor	500–1500	5–30	Grobo očiščena odpadna voda
Cevna vijačna črpalka	1000–3500	8–25	Padavinska in močno razredčena odpadna voda
Propelerska črpalka	500–5000	2–8	Padavinska in močno razredčena odpadna voda.

Načrtovanje in dimenzioniranje črpalk je odvisno od predvsem od vplivnega območja črpališča, lokacije samega črpališča, njegove globinske namestitve, dotočne količine, sestave odpadnih vod, zahtev črpanja, višinskih kot ter črpalnih višin, možnosti razširitve črpališča, minimalnega prostega pretočnega prereza črpalke, pretočne hitrosti in prereza voda, vklopnega števila črpalk ter velikosti črpalne poglobitve (Slokan in Petek, 2008).

3 ČIŠČENJE ODPADNIH KOMUNALNIH VOD

Takoj po uporabi postane pitna voda komunalna odpadna voda, ki skupaj z industrijsko in padavinsko odpadno vodo potuje s pretežnega dela urbanih površin v javno kanalizacijo. O urejenem odvajanju odpadne vode lahko govorimo šele takrat, ko se ta pred izpustom v okolje očisti v čistilni napravi, od koder jo mehansko in biološko prečiščeno, nadzorovano in skladno s predpisi vrnemo v naravno okolje ter s tem sklenemo krogotok vode (Kako deluje ..., 2016), kar je prikazano na sliki 9.



Slika 9: Pot odpadne vode (Kako deluje ..., 2016)

V javno kanalizacijo je dovoljeno odvajati odpadno vodo samo v primeru, da ta ne vpliva škodljivo na naprave za odvajanje in čiščenje odpadne vode in na njihovo delovanje. Odpadna voda, ki se odreja v javno kanalizacijo, lahko vsebuje škodljive snovi le v mejnih koncentracijah, ki so določene v državnih predpisih o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Za ostale snovi veljajo predpisi o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja (Uradni list RS, št. 86/2015, 32. člen).

Z vstopom v EU smo v Sloveniji morali urediti čiščenje odpadnih voda, tako iz največjih kanalizacijskih sistemov kot tudi v manjših. Neprečiščene odpadne vode zastrupljajo jezera, reke in morja, zmanjša pa se naravno razgrajevanje organskih snovi. Le dosledno prečiščevanje odpadnih voda lahko prepreči onesnaževanje odvodnikov oziroma recipientov. S čiščenjem odpadnih voda namreč spravimo odpadno vodo v naravni hidrološki cikel kroženja in jo očistimo do te stopnje, da jo je narava sposobna popolnoma očistiti (Slokan, 2003).

Samočistilna sposobnost odvodnikov je počasna in omejena, zato je potrebno vsako kanalizacijo zaključiti s čistilno napravo, ki mora biti zgrajena in vzdrževana tako, da optimalno ščiti sprejemnik. Osnovni pogoj za uspešno čiščenje je ustrezna sestava odpadnih voda; temperatura odpadnih voda mora biti nižja od 30 °C, vrednost pH pa med 7 in 8. Odpadno vodo iz večjih naselij čistimo v komunalnih čistilnih napravah. Iz manjših naselij lahko tudi v lagunskih čistilnih napravah, za

posamezne stavbe pa so primerne male čistilne naprave. Le izjemoma je še dovoljena uporaba greznic (Slokan in Petek, 2008).

Za območja, ki so opremljena z javno kanalizacijo, zagotavljajo storitev obvezne občinske gospodarske javne službe: odvajajo in čistijo komunalne in padavinske odpadne vode v okviru nameščenih zmogljivosti, s ciljem zagotavljanja nemotenega odvajanja ter hkrati tudi doseganja zakonsko zastavljenih parametrov čiščenja odpadnih voda. Na območjih, kjer se komunalna odpadna voda odvaja v male komunalne čistilne naprave, nepretočne ali obstoječe greznice, pa se zagotavlja tako prevoz in obdelava blata iz malih čistilnih naprav, tudi iz obstoječih greznic in komunalnih odpadnih vod iz nepretočnih greznic; nadzoruje in spremlja se tudi čistilne naprave ter ocenjuje obratovanja malih čistilnih naprav do 50 PE (Program odvajanja in čiščenja ..., 2012).

Čiščenje odpadnih voda je odvisno od onesnaženja in pretoka odpadne vode. V večini primerov gre za kombinacijo ločenih procesov čiščenja, ki zagotavljajo določeno kakovost iztoka. Osnovni namen čiščenja odpadnih voda je pretvoriti prisotne odpadne snovi, ki jih vsebuje, v stabilne oksidirane končne produkte, ki jih lahko varno, brez kakršnih koli škodljivih učinkov, odvedejo v okolje. S čiščenjem odpadnih voda ohranjamo javno zdravje in odstranjujemo odpadne vode na pravilen način, brez motenj ali kršitev predpisov. Ob čiščenju lahko tudi pridobimo koristne sestavine iz odpadne vode, jo recikliramo in skrbimo za varčen postopek odstranjevanja odpadne vode, seveda ob upoštevanju zakonskih predpisov. Pri vsem tem je potrebno zagotoviti ustrezno odvajanje vod (Roš, 2015).

3.1 Odpadne vode v Republiki Sloveniji

Vodo uporabljamo za različne namene; npr. v kmetijstvu za namakanje, kot vodno silo za pridobivanje energije, pri toplarnah za hladilne stolpe, za pripravo živil, kot pitno vodo in ne nazadnje tudi za odvod (transport) odpadnih snovi v industriji, v gospodinjstvih pa kot čistilno sredstvo (Panjan, 2004). V samo kanalizacijo odtekajo različne odpadne vode, tako iz stanovanjskih, upravnih in drugih objektov kot tudi iz industrije, proizvodnje, obrti ter drugih podobnih dejavnosti. Poleg tega se v kanalizacijo stekajo tudi odpadne vode iz komunalnih dejavnosti, kot so pranje cest in drugih javnih površin. V kanalizaciji je pogosto tudi voda iz podtalnice, izvirov in drenaž. Vode, ki odtekajo v kanalizacijo, imenujemo kanalizacijske vode, med seboj pa se razlikujejo predvsem po onesnaženosti, količini in spreminjanju velikosti odtoka (Slokan, 2003).

Vse odtekajoče vode, ki so spremenjene zaradi uporabe, ter vse vode, ki odtekajo v javno kanalizacijo, imenujemo odpadne vode; delimo jih na: komunalne odpadne vode, padavinske odpadne vode in tuje vode (Slokan in Petek, 2008).

3.1.1 Komunalne odpadne vode

Med komunalnimi odpadnimi vodami predstavljajo hišne odpadne vode najpomembnejši del, saj nastajajo na podlagi stanovanjskih opravil. K hišnim odpadnim vodam pa prispevajo del odpadnih voda tudi različne druge ustanove: šole, bolnišnice, centri za rekreacijo itd. Glede na količino pretoka, je domača poraba vode vezana predvsem na človeške navade in vedenje. V primerjavi z odvajanjem odpadne vode, se namreč zelo malo vode iz sistema konzumira. (Butler in Davies, 2004). Komunalna odpadna voda je tako posledica priprave hrane, umivanja, kopanja, tuširanja, pranja perila, čiščenja prostorov itd. (Slokan, 2003). Med tovrstne odpadne vode sodijo tudi industrijske in kmetijske odpadne vode. Industrijske nastajajo pri pridobivanju surovin ali izdelavi izdelkov, kmetijske pa iz kmetijske in živinorejske proizvodnje (Slokan in Petek, 2008).

Vse odpadne vode so onesnažene, glede na izvor pa se med seboj močno razlikujejo po sestavi, vrsti in stopnji onesnaženosti ter možnosti naravnega čiščenja. Hišne odpadne vode niso tako zelo onesnažene s kemikalijami, so hitro razgradljive in se med seboj razlikujejo predvsem po koncentraciji. Pri kmetijskih odpadnih vodah je potrebno predhodno čiščenje pred izpustom v javno kanalizacijsko omrežje; kljub temu da niso onesnažene s kemikalijami, so pa preveč koncentrirane. Onesnaženost industrijskih odpadnih voda je odvisna od vrste industrije, uporabljenih surovin in delovnih postopkov. Ravno industrijska proizvodnja je pogosto največji onesnaževalec, saj spušča v kanalizacijo snovi, ki se v čistilni napravi ne morejo razgraditi. Zaradi onesnaženosti odpadne vode razjedajo cevi, zato je predpisana najmanjša hitrost odpadnih voda, ki ne sme biti manjša od 0,4 m/s (Slokan, 2003).

3.1.2 Padavinske odpadne vode

Padavinske odpadne vode so padavine, ki odtečejo v kanalizacijo s streh, prometnih in drugih urejenih kanaliziranih javnih površin (Slokan in Petek, 2008). Padavinska oziroma meteorna odpadna voda je torej tista, ki kot posledica meteorskih padavin odteka v vode ali se odvaja v javno kanalizacijo, in je onesnažena iz utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin (Husić, 2015).

Padavinskih vod ob suhem vremenu v kanalizaciji ni, ob nalivih pa so te količine vode lahko zelo velike, in sicer tudi do 100-krat večje od količine komunalnih odpadnih voda. Padavinska voda nosi s seboj droben pesek, ki brusi cevi, zato je njena največja dovoljena hitrost 3 m/s (Slokan, 2003).

3.1.3 Tuje vode

Maleiner (2009c, 171) izpostavi, da je pravo opredelitev pojma tujih voda razvila šele DWA – delovna skupina ES-1.3., in sicer: "Tuje vode so skozi kanalizacijske ter čistilne naprave tekoče vode, katerih lastnosti niso spremenile hišne, obrtniške, kmetijske ali druge vrste uporab. Pod tuje vode tudi ne

spadajo zbrani ter načrtno v omrežje uvajani padavinski odtoki iz zazidalnih ali utrjenih površin. Tuje vode na podlagi svoje kvalitete ne potrebujejo čiščenja. Na podlagi svoje kvantitete pa nepotrebno otežujejo in slabšajo delovanje naprav in so zato v smislu zaščite vodotokov škodljive."

Tuje vode so dejansko tiste vode, ki nekontrolirano vdirajo v nevodotesno kanalizacijo, ki deluje kot drenaža. Te so lahko: visoka podtalnica, izviri in celo potoki. Tuja voda je moteča, saj lahko v velikih količinah zapolni kanalizacijo, posledično pa se odpadna voda izlije v hišah skozi nižje ležeče sifone. Ravno zato mora biti kanalizacijsko omrežje vodotesno (Slokan, 2003).

V letu 2014 je bilo v Sloveniji iz javne kanalizacije odvedenih 183,2 milijona m³ odpadnih voda različnega izvora: 0,2 % iz kmetijstva, gozdarstva in ribištva, 5,8 % iz industrijskih dejavnosti, 5,9 % iz drugih dejavnosti, 37,5 % iz gospodinjstev, 50,6 % so predstavljale druge odpadne vode (padavinska voda, zaledne vode, udori iz morja ipd.). Gospodinjstva so v letu 2014 proizvedla 68,7 milijona m³ komunalnih odpadnih voda, kar je za 6,4 % več kot v letu 2013 (Javna kanalizacija ..., 2015). Na podlagi Preglednice 2, je poleg tega razvidno tudi, da so v letu 2014 narasli vsi deleži odpadnih voda glede na leto 2013, razen v primeru odpadnih voda iz industrijskih dejavnosti, kjer je bilo v letu 2014 odvedenih 14 % manj odpadnih voda glede na leto 2013.

Preglednica 2: Odpadne vode po viru onesnaževanja (1000 m³) (SURs, 2016a).

	2010	2011	2012	2013	2014
SKUPAJ	173.326	151.465	200.931	178.706	183.285
Odpadne vode iz kmetijstva, gozdarstva, ribištva	506	449	417	314	430
Odpadne vode iz industrijskih dejavnosti - Skupaj	14.831	14.551	14.392	12.417	10.650
Odpadne vode iz ostalih dejavnosti	8.931	9.078	7.938	8.772	10.712
Odpadne vode iz gospodinjstev	59.395	59.115	58.587	64.451	68.727
Ostale odpadne vode	89.663	68.272	119.597	92.752	92.766

3.2 Postopki čiščenja odpadnih voda na komunalnih napravah

Poglavitni namen čiščenja odpadne vode je pridobitev prečiščene vode za izpust v okolje ali vode za ponovno uporabo; zato je potrebno dobro poznati količino in kakovost odpadne vode. Tako kot ločimo različne tipe odpadnih voda, so temu primerno prirejene tudi postopki čiščenja odpadnih voda. Najbolj pogosto se uporabi več postopkov čiščenja, pri katerih se postopoma odstranjuje posamezne vrste onesnaževal (Roš, 2015).

Pri čiščenju odpadnih voda se uporabljajo različni fizikalni, fizikalno – kemijski, kemijski, biološki, elektrokemijski postopki ter dezinfekcija. Pri čiščenju komunalnih odpadnih vod, ki poteka na komunalnih ali komunalno – industrijskih napravah, se čiščenja deli: na predčiščenje, primarno,

sekundarno, terciarno in napredno čiščenje (Roš, 2015). S predhodnim ali mehanskim čiščenjem se odstrani najbolj grobe delce, odstranjene in lebdeče snovi pa se iz odpadne vode odstrani s primarnim čiščenjem. Sekundarno čiščenje je namenjeno odstranjevanju biološko razgradljivih organskih snovi, dušikove in fosforjeve spojine pa se odstranijo s terciarnim čiščenjem. Z dodatnim čiščenjem se odstranijo iz odpadne vode posebne snovi, ki jih s predhodnim postopki nismo mogli odstraniti; npr.: nekatere kovine, pesticidi, barvila ipd. (Husić, 2015).

Če želimo doseči ustrezne kvalitete iztoka s čistilne naprave, so potrebni določeni postopki; tako ločimo tri stopnje čiščenja odpadne vode, in sicer: I. stopnja - mehansko čiščenje, II. stopnja - biološko čiščenje ter III. stopnja, ki preprečuje prekomerno zarast vodotokov. Slednji postopek je lahko povsem biološki, lahko je kemijski ali sestavljen. Pri biološkem čiščenju opravijo procese različne vrste mikroorganizmov, ki za svojo prehrano in razvoj uporabljajo onesnaženje v vodi. Uspešen potek postopka biološkega čiščenja je tako pogojen z dobrimi pogoji za rast mikroorganizmov, ki jim z drugimi besedami pravimo tudi biološko blato (Kompore in sod., 2007).

Za mehansko čiščenje potrebujemo grobe in fine grablje ali rešetke, maščobnike, peskolove, usedalnice, centrifuge, posnemalce, sita ... (Slokan, 2003). Grablje so sestavljene iz težkih pravokotnih ali okroglih jeklenih palic, na katere teče odpadna voda. Čiščena voda prehaja skozi fine grablje, večji delci pa se ujamejo na površini grabelj. Če se na grabljah nabere preveč materiala, lahko ta zamaši kanal, odpadna pa voda steče nazaj v kanalizacijski sistem. Ravno zato je potrebno čiščenje grabelj. Veliko čistilnih naprav nadomešča ročno ali mehanično čiščenje grabelj s finimi siti. Specifično težke snovi, kot so: pesek, prod, gramoz, pepel, jajčne lupine, cigaretni filtri, kavne usedline in druge hitro usedljive snovi organskega in neorganskega izvora pa se lahko zlepijo in tvorijo trdno gmoto, ki zamaši črpalke ali pa se nabira v kanalih in bazenih. V tem primeru se uporabljajo peskolovi; njihov glavni namen je čim popolnejše odstranjevanje težko usedljivih snovi in čim manjše odstranjevanje razgradljivih organskih snovi. Maščobe in olja, ki pridejo v odpadno vodo iz gospodinjstev ali proizvodnje, je potrebno pred biološkim čiščenjem odstraniti, ker motijo biološke procese. Za ta namen se uporabljajo podolgovati bazeni oziroma lovilniki maščob in olj (Husić, 2015).

Pri biološkem čiščenju je poleg velikega bazena (biološkega reaktorja) potreben tudi sekundarni usedalnik. Za vnos zraka se uporabljajo prezračevalne črpalke in perforirane cevi. Za odstranjevanje blata se uporabljajo zgoščevalniki, v biološkem reaktorju pa potekajo procesi aerobnega razkroja. Iz biološkega reaktorja odteka voda v sekundarni usedalnik, od koder se odstranjuje usedlo blato, očiščeno vodo pa se vrne v odvodnik. Usedlo blato se zgosti in odpelje na deponijo (Slokan, 2003).

V nadaljevanju je na podlagi Preglednice 3 razvidno, koliko odpadne vode se je prečistilo v obdobju od leta 2010 do 2014 po posameznih stopnjah čiščenja. Vidno je, da je v največji meri upadlo

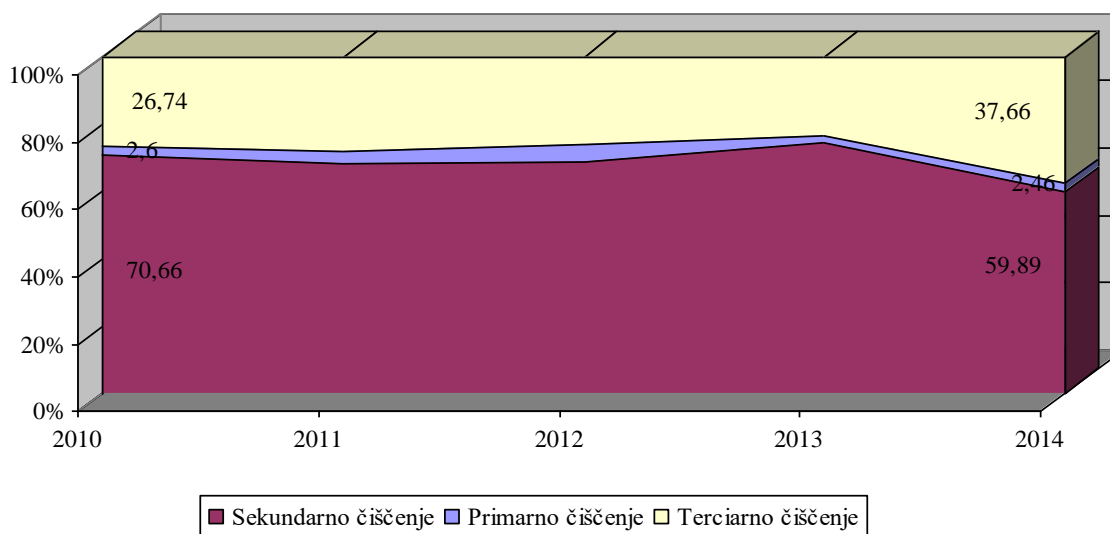
primarno čiščenje odpadnih voda. Prav tako sta upadli sekundarno in terciarno čiščenje, vendar pa v vseh teh letih - od obdobja 2010 do 2014 - prevladuje sekundarno čiščenje.

Preglednica 3: Odpadne vode po stopnjah čiščenja (1000 m³) (SURS, 2016b)

	2010	2011	2012	2013	2014
Čiščenje odpadnih vod – SKUPAJ	126.910	105.015	63.805	66.772	79.832
Primarno čiščenje	3.299	4.045	3.455	1.487	1.963
Sekundarno čiščenje	89.675	71.550	43.727	49.684	47.808
Terciarno čiščenje	33.936	29.420	16.623	15.601	30.061

Za lažjo predstavo je količina odpadne vode po stopnjah čiščenja prikazana tudi grafično z odstotki. Na podlagi grafa 1 je tako razvidno, da je v letu 2014 primarno čiščenje predstavljalo le 2,46 % vseh prečiščenih voda, terciarno se je prečistilo 37,66 % voda in sekundarno kar 59,89 % odpadnih voda.

Grafikon 1: Čiščenje odpadnih voda v odstotkih (SURS, 2016c)



3.3 Čistilne naprave

V Sloveniji najdemo začetke gradenj kanalskega omrežja že iz časov antičnega Rima, gradnja preprostih komunalnih čistilnih naprav pa sega v začetek 20. stoletja. V letih 1970 -1980 se je začelo posebej dinamično graditi komunalne čistilne naprave in kanalsko omrežje z gradnjami čistilnih naprav v večjih industrijskih središčih, konec osemdesetih let pa so pričeli tudi z izgradnjo manjših komunalnih čistilnih naprav, predvsem v turističnih središčih. Gradnja teh se je razmahnila predvsem

od leta 1990 naprej, ko so se uvedle takse za obremenjevanje voda in kasneje okoljske dajatve za onesnaževanje okolja ter sredstva proračuna in sredstva skladov EU (Operativni program ..., 2010).

S čistilnimi napravami se zmanjšuje ali odpravlja onesnaženost odpadne vode; delimo jih na komunalne, industrijske ali neodvisne. S pomočjo komunalnih čistilnih naprav se čisti komunalne odpadne vode ali mešanice komunalne in padavinske odpadne vode, industrijske čistilne naprave pa so namenjene čiščenju industrijske (tehnološke) odpadne vode z različnimi tehnološkimi postopki. Če se industrijska odpadna voda odvaja v javno kanalizacijo, je industrijska čistilna naprava namenjena predčiščenju industrijske odpadne vode. S skupno čistilno napravo se čistijo mešanice komunalne ali padavinske odpadne vode ali obeh z industrijsko (tehnološko) odpadno vodo, pri kateri delež obremenitve čistilne naprave, ki jo povzroča industrijska odpadna voda ene ali več naprav, presega 50 %, merjeno s kemijsko potrebo po kisiku (Čuček, 2015).

Velikost čistilne naprave je odvisna od števila priključenih onesnaževalcev, prebivalstva in industrije. Označimo jo s populacijskim ekvivalentom (PE). Populacijski ekvivalent je enota, ki ustreza onesnaženju v industriji in je preračunana na količino, ki jo povzroči en prebivalec na dan. Skupna obremenitev čistilne naprave je število prebivalcev plus industrija (Slokan, 2003).

Slednje je tudi zapisano v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 86/2015), v kateri se določajo za komunalne čistilne naprave mejne vrednosti parametrov odpadne vode, mejne vrednosti učinkov čiščenja odpadne vode in tudi posebni ukrepi v zvezi z načrtovanjem in obratovanjem komunalnih čistilnih naprav ter dejavnosti, za katere veljajo posebne zahteve pri odvajanju industrijske odpadne vode.

V skladu z uredbo pa so v Operativnem programu odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (2010) določeni ukrepi za čiščenje in ovajanje komunalne odpadne vode na posameznih območjih poselitve; do 31. 12. 2010 oziroma 31. 12. 2015 je bilo potrebno zagotoviti ustrezno čiščenje komunalne odpadne vode za območja poselitve, ki so obremenjena:

- z več kot 100.000 PE na vodnem območju Donave,
- z več kot 15.000 PE in ne ležijo na prispevnih območjih občutljivih območij, niti na vodnem območju Donave,
- med 15.000 PE in 100.000 PE na vodnem območju Donave, ki ne ležijo na prispevnih območjih občutljivih območij,
- med 2.000 PE in 15.000 PE in ne ležijo na prispevnih območjih občutljivih območij,
- z več kot 10.000 PE na prispevnih območjih občutljivih območij,
- med 10.000 PE in 15.000 PE na vodnem območju Donave, ki ne ležijo na prispevnih območjih občutljivih območij,

- med 2.000 PE in 10.000 PE na prispevnih območjih občutljivih območij,
- med 50 in 2000 PE ter z gostoto obremenjenosti več kot 20 PE/ha ter z več kot 10 PE/ha na prispevnih območjih občutljivih območij.

V nadaljevanju se zaradi namena diplomske naloge oziroma potreb naselja Rašica pri Velikih Laščah osredotočamo zgolj na male komunalne čistilne naprave, saj je za to naselje predvidena javna kanalizacija odpadnih komunalnih voda s skupno malo biološko čistilno napravo in z izlivom v odprt vodotok.

4 MALE KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE

Mala komunalna čistilna naprava (v nadaljevanju MKČN) je naprava za čiščenje komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 PE, v kateri se komunalna odpadna voda zaradi njenega čiščenja obdeluje z biološko razgradnjo na naslednji način (Uradni list RS, št. 98/07, 30/10, 98/15):

- s prezračevanjem v naravnih ali prezračevalnih lagunah,
- v bioloških reaktorjih s postopkom z aktivnim blatom,
- v bioloških reaktorjih s pritrjeno biomaso,
- z naravnim prezračevanjem s pomočjo rastlin v rastlinski čistilni napravi z vertikalnim tokom

MKČN (< 50 PE) se v ločenem sistemu kanalizacije uporabljajo za čiščenje odpadnih voda zgolj iz gospodinjstev, posameznih zgradb ali skupine zgradb, katerih skupni dotok ne presega 8 m³/dan, kar pri specifični količini 150 l/(osebo in dan) odgovarja priključni vrednosti 50 prebivalcev. MKČN (≥ 50 PE do < 2000 PE) se lahko uporabljajo tako v ločenem kot tudi v mešanem sistemu, vendar se morajo dimenzionirati na skupno biološko in maksimalno hidravlično obtežbo (Maleiner, 2012).

Male komunalne čistilne naprave (v nadaljevanju MKČN) so najboljša rešitev proti onesnaževanju naravne vode. Z novo Uredbo o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, ki je stopila v veljavo s 1. 1. 2016, se morajo lastniki stanovanjskih hiš na območjih, kjer je to mogoče, priključiti na kanalizacijsko omrežje. Če te možnosti nimajo, morajo postopoma opustiti greznice in zgraditi lastne čistilne naprave. Lastniki novogradenj morajo predvideti postavitev MKČN ustreznih velikosti; na vodovarstvenih območjih in na območjih, kjer je v kratkoročnem obdobju predvidena izgradnja javne kanalizacije, pa lahko izjemoma zgradijo nepretočne greznice. Za pravilno delovanje MKČN je prepovedano v njej čistiti industrijske ali padavinske odpadne vode. Prostornina čistilne naprave pa je odvisna od števila oseb, ki jim je namenjena, od porabe vode in od dejavnosti, s katero se ukvarjajo v obravnavanem objektu (Male komunalne čistilne naprave ..., 2016).

Vse čistilne naprave, ki se uporabljajo za čiščenje komunalnih odplak, so biološke čistilne naprave. Razlikujejo se le po tem, ali procesi potekajo v koreninskem sistemu rastlin – delno s pomočjo mikroorganizmov, delno s pomočjo rastlin samih - v posebno oblikovanih posodah s pomočjo mikroorganizmov ali pa se pri procesu uporabljajo tudi posebne membrane. Čistilna naprava mora imeti aerobni in anaerobni del, v nasprotnem primeru gre za navadno pretočno greznico (Vrste malih čistilnih naprav, 2014).

4.1 Aerobne male čistilne naprave

Pri aerobnih čistilnih napravah povzročijo razkroj onesnaževalcev bakterije, ki za svoj rast potrebujejo kisik. V primeru pomanjkanja kisika se razvijejo anaerobne bakterije, ki kisika ne potrebujejo. Za čiščenje odpadnih voda, predvsem komunalnih, se običajno uporabljajo aerobne čistilne naprave; anaerobni procesi so za okolje manj primerni, saj nastajajo neprijetne vonjave, hkrati pa so tudi manj učinkoviti (Alternativni načini reševanja ..., 2002).

Običajno biološko čiščenje odpadnih vod poteka na aerobni način – mikroorganizmom dovajamo dovolj zraka za dihanje ter delovanje (oksidacijo). Biološka oksidacija povzroča manj izpustov, zato komunalne odplake praviloma čistimo aerobno, pri anaerobnem načinu pa moramo zaradi izpustov agresivnih snovi uporabljati zaprte sisteme (Slokan in Petek, 2008).

4.1.1 Čistilne naprave s pritrjeno biomaso

Precejalniki so najstarejši postopek za čiščenje odpadne vode s pritrjeno maso in temeljijo na samočistilnih sposobnostih naravnih ekosistemov. Najbolj so primerni za manjša naselja do 1000 PE, saj so cenovno dostopni in dosegajo visoke učinke čiščenja tudi pri komunalnih odpadnih vodah. Polnilna masa v precejalnikih je kot naselitvena površina za bakterijsko kulturo (pritrjena biomasa ali biofilm), pri čemer ni primarnih reducentov (zelenih rastlin) kot so npr. na dnu rek. Gre za izboljšane talne filtre, ki zagotavljajo učinkovitejše in stalno prezračevanje v celotni globini precejalnika. Oskrba s kisikom poteka preko naravnega prezračevanja s površine, biomasa pa se obnavlja. Ko se odluči, se izpere s precejajočo vodo in odloži v sekundarnem usedalniku naprave (Kompore in sod., 2007). Glavni problem pri precejalnikih je nadzor nad rastjo biofilma, saj se ta nenehno razvija, pri pa lahko nastanejo lokalne zamašitev. Te preprečujejo dostop kisika do biomase, ki se zaradi tega razgradi, kar zopet vzpostavi prehod. K razgradnji biomase prispevajo tudi višji organizmi, kot so npr. ličinke insektov, ki so lahko prava nadloga. Ravno zaradi tega precejalniki z nizkimi obremenitvami niso pogosto v uporabi, poleg tega pa zahtevajo tudi veliko prostora (Alternativni načini reševanja ..., 2002).

Za razliko od precejalnikov, pri katerih je podlaga za biološko blato nepomična in jo obliva odpadna voda ter obdaja zrak, imajo potopniki (biodiski) pomično podlago, ki se izmenoma potaplja v vodo in izpostavlja zraku. Na biodisku se razvija bakterijska združba, ki se pri vsakem dvigu iz vode namoči z odpadno vodo in na zraku obogati s kisikom. Tako aerobni razkroj poteka na biodisku in v bazenu, v katerem se biodisk vrti, čista voda pa odteka preko prelivov vzdolž biodiska (Kompore in sod., 2007). Biodiski se večinoma uporabljajo v majhnih čistilnih napravah, katerih velikost je lahko zelo različna in se giblje med 50 in 1000 PE. Podobno kot pri drugih napravah, je tudi pred vstopom na filter potrebno mehansko predčiščenje vode (Alternativni načini reševanja ..., 2002).

Slabost čistilnih naprav s pritrjeno biomaso je nizka učinkovitost biomase, saj mora snov preiti skozi biofilm, da se lahko odstrani. Odstranjevanje je tako omejeno z difuzijo. Takšne naprave morajo učinkovito čistiti odpadne vode in odstranjevati organske snovi. V ta namen morajo biti bazeni zgrajeni tako, da (Alternativni načini reševanja ..., 2002):

- se lahko bakterije, potrebne za proces, pritrjujejo na nosilce (filterski medij),
- prihaja voda v stik z blatom, pritrjenim na nosilce (na biofilm),
- lahko nadziramo rast biofilma, da se sistem ne maši,
- je dotok kisika v vodo dovolj velik za potek razgradnih procesov organskih snovi.

4.1.2 Čistilne naprave z razpršeno biomaso (aktivnim blatom)

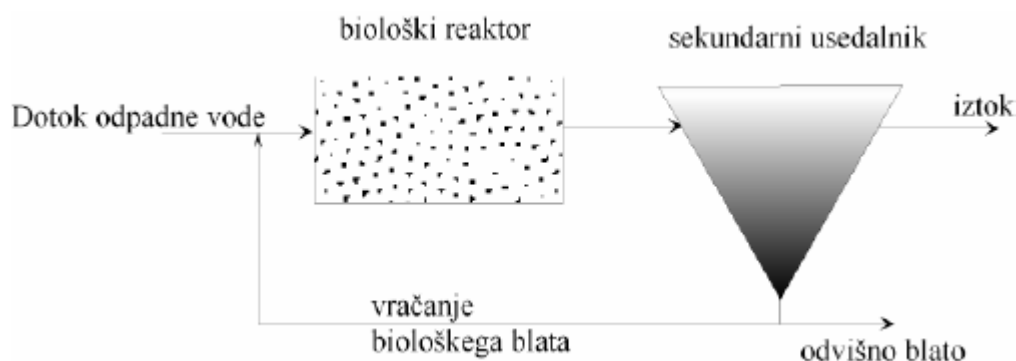
Postopek z aktivnim blatom je metoda čiščenja odpadne vode s suspendirano biomaso pri aerobnih pogojih. Za kakovostni iztok s pretvorbo in odstranjevanjem snovi uporablja metabolične reakcije mikroorganizmov, ki porabljajo kisik. To čiščenje običajno zahteva predčiščenje in primarno čiščenje, včasih pa se izvaja brez predhodnih usedalnikov (Roš, 2015).

Čiščenje z aktivnim blatom je najbolj razširjen proces za odstranjevanje raztopljenih snovi, drobnih neraztopljenih snovi in koloidnih organskih onesnaževalcev iz odpadne vode (Meža, 2009). Aktivno blato predstavlja združbo mikroorganizmov, ki čisti odpadno vodo v prezračevalnem bazenu z razgradnjo organskih ogljikovih spojin, oksidacijo amonijevega dušika (nitrifikacija) in akumulacijo fosforja. Mikroorganizmi se med seboj povezujejo v kosme, ki so zbir manjših delcev, zbranih v večje, lažje usedljive delce. Prvi del biološkega čiščenja, ki je aerobni proces, poteka v prezračevalnih bazenih, drugi del pa v naknadnih usedalnikih. Odpadna voda se pred vstopom v biološko čiščenje pomeša s povratnim aktivnim blatom in porazdeli v tri prezračevalne bazene. Osnovni proces z aktivnim blatom ima več med seboj povezanih sestavnih delov (Husić, 2015):

- enega ali več prezračevalnikov, kjer potekajo biološke reakcije,
- viri zraka, ki zagotavljajo oskrbo kisika in mešanje. Viri kisika je lahko zrak, stisnjen zrak, mehansko prezračevanje ali čisti kisik,
- bistrilnik (naknadni usedalnik), ki ločuje biološke suspendirane snovi (aktivno blato) od očiščene odpadne vode,
- zbrano biomaso (aktivno blato) v bistrilniku in njeno vračanje (recikliranje) nazaj v prezračevalnik,
- odstranjeno odvečno blato iz sistema.

Pomembna skupina teh čistilnih naprav so sekvenčne čistilne naprave, kjer se posamezne faze čiščenja izvajajo zaporedoma. Zahtevajo ustreznimi merilni in regulacijski sistem, ki se običajno pri manjših izvedbah ne splača. Prečiščena odpadna voda odteka v vodotok v večjih sunkih, kar je pri relativno

majhnih pretokih vodotoka moteče. Tovrstne čistilne naprave so primerne za manjša in večja naselja, po stroških izgradnje in vzdrževanja pa spadajo med dražje izvedbe (Alternativni načini reševanja ..., 2002). Postopek čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom je prikazan na Sliki 10.



Slika 10: Postopek čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom (Kompore in sod., 2007: 26)

4.1.3 SBR čistilne naprave

Šaržni biološki reaktor je tako imenovani "napolni-in-izprazni" sistem z aktivnim blatom, v katerih potekajo procesi, ki so isti kot konvencionalni proces z aktivnim blatom; prezračevanje in usedanje se izvajata v istem reaktorju, le da se v konvencionalnem sistemu usedanje izvaja v ločenem bazenu, pri SBR pa se oboje v istem reaktorju. Zaradi stalnega dotoka odpadne vode, je potrebno več vzporednih reaktorjev. V SBR sistemu se v specifičnih zaporedjih izvaja pet stopenj in sicer: polnjenje, reakcija, usedanje, spuščanje in mirovanje. Mešanje in prezračevanje vzdržujemo z isto opremo kot se uporablja v konvencionalnem prezračevalniku z aktivnim blatom (Husić, 2015).

V fazi polnjenja se dodaja odpadna voda v reaktor SBR, v katerem se ob mešanju in prezračevanju pričnejo biokemijske reakcije. V fazi reakcije se preneha dovajati odpadno vodo in SBR začne delovati kot šaržni (diskontinuirani) reaktor z mešanjem oziroma prezračevanjem, dokler ni dosežena želena biokemijska pretvorba snovi, prisotnih v odpadni vodi. V fazi usedanja sta prekinjena mešanje in prezračevanje, blato se začne usedati na dno reaktorja. Bistvo raztopino nad usedenim blatom se odlije in spusti med fazo spuščanja. Faza mirovanja je rezervni čas za primer spreminjanja ostalih faz, kar poveča fleksibilnost sistema (Roš, 2015).

4.1.4 MBR – membranske čistilne naprave

MBR tehnologija (Membrane Bio-Reactor) je kombinacija čiščenja z aktivnim blatom z ločevanjem blata z mikro – ali ultrafiltracijo. Iztok iz čistilne naprave MBR je praktično brez odstranjenih delcev. Pred konvencionalnim sistemom z aktivnim blatom ima naslednje prednosti (Roš, 2015):

- filter nadomesti bistrilnik,
- iztok ne vsebuje suspendiranih delcev,
- iztoka običajno ni potrebno dezinficirati ali dodatno obdelovati,
- v prezračevalniku imamo lahko višjo koncentracijo aktivnega blata,
- ni težav z napihnjenim blatom.

Posebnost tovrstnih čistilnih naprav je sekundarni usedalnik in terciarno filtriranje oz. ultrafiltracija. Čistilna naprava je razdeljena na dva bazena; v prvem bazenu poteka primarno usedanje v drugem pa biološka obdelava in membranska ultrafiltracija. Tudi pri tehnologiji MBR se uporablja oksidacija za delovanje mikroorganizmov. Zrak se vpihuje skozi puhalo, ki je nameščeno v bioreaktorju, ultrafiltracijske membrane pa ločijo mikroorganizme od ostale prečiščene odpadne vode ter s tem zagotavljajo ustrezno kakovost odpadne vode za izpust. Takšne čistilne naprave potrebujejo občutno manj prostora kot druge male čistilne naprave, saj lahko zadržujejo mikroorganizme in omogočajo delovanje pri bistveno večji koncentraciji mikroorganizmov. Z izbiro daljinskega krmiljenja se lahko delovanje naprave preklopi na način varčevanja energije, pri katerem čistilna naprava dodaja minimalno količino kisika za življenje mikroorganizmov (Zupančič, 2016).

4.2 Anaerobne male čistilne naprave

Pri anaerobnih procesih za čiščenje odpadnih vod se porabi manj energije kot za aerobne sisteme in so bolj uspešni za čiščenje industrijskih odpadnih vod, ki so običajno veliko bolj onesnažene z razgradljivimi organskimi snovmi in so tople. Komunalne odpadne vode so hladne in šibke, zato pri sedanjih tehnikah takšen proces ni najprimernejši. Zadnja leta se pospešeno raziskuje anaerobno čiščenje koncentriranih odpadnih vod, ki so rezultat ločevanja t.i. "sivih" in "črnih" vod v individualnih hišah ali blokih. Taki sistemi so obetavni za možne decentralizirane sisteme čiščenja, ne morejo pa rešiti večjih obstoječih kanalizacijskih sistemov za komunalne odpadne vode (Roš, 2015).

Pri anaerobnih pogojih mikroorganizmi dobivajo kisik iz organskih spojin ali sulfatnega iona, v sistemu pa ne sme biti prisoten raztopljeni kisik, ker ta zavira delovanje anaerobnih mikroorganizmov. Pogoj za normalno delovanje anaerobnega reaktorja je tudi, da ni prisoten dušik v obliki nitrita in nitrata (Husić, 2015). Anaerobni procesi so počasni, pri njih nastajajo tudi plini z neprijetnim vonjem (Slokan, 2003).

Na določenih območjih v Sloveniji ni tehničnih in ekonomskih možnosti, da bi zgradili javno kanalizacijo do vsake hiše. V takih primerih je začasno dovoljena uporaba takšnih sistemov kanalizacije, ki se ne zaključijo s centralno čistilno napravo; uporablja se mala čistilna naprava oziroma v večini primerov tro- ali večprekatne greznice, za katere je značilna anaerobna presnova (Slokan, 2003). Dokler ni dograjen popoln sistem kanalizacije (odvod vode na čistilno napravo), je

dovoljena uporaba samo nepretočnih greznic, vendar ne na vodovarstvenih območjih. Če se v pretočni greznici zagotovi predpisano čiščenje, se jo uvršča med male čistilne naprave z anaerobnim biološkim postopkom, tako da prečiščeno vodo smemo ponikati ali speljati v vodotok (Slokan in Petek, 2008).

4.3 Rastlinske čistilne naprave

V zadnjih letih 20. stoletja se je povečalo zanimanje za manj razvite sisteme odvajanja in čiščenja odpadnih vod, kot so npr. sistemi umetnih jezer (lagune) in rastlinskih čistilnih naprav. Do tega prihaja predvsem na pobudo Evrope, saj želijo, da bi uvedli cenovno nižje in obenem varno čiščenje. Taki sistemi so uporabni za manjše podeželske necentralizirane sisteme čiščenja odpadnih vod, tudi IWA (International Water Association) jih predlaga za manj razvite države Azije, Afrike in Južne Amerike (Roš, 2015).

Rastlinske čistilne naprave so izpopolnjena umetna jezera ali močvirja, urejena za čiščenje antropogenih izpustov. Naravna mokrišča delujejo kot biofilter, ki odstranjuje sedimente in onesnaževala, kot so težke kovine. Vegetacija v rastlinskih čistilnih napravah je podlaga, na kateri se razvijajo in rastejo mikroorganizmi, ki razgrajujejo organske snovi (Roš, 2015).

Rastlinske čistilne naprave se uporabljajo kot dopolnilo čistilnih naprav ali samostojno za manjša naselja od 100 do 500 PE, kjer se nasadi trstičje in druge podobne rastline. Odpadna voda se razliva po filtrirnem pasu grobega kamenja in se počasi pretaka pod površino substrata v območju rastlinskih korenin. Pri tem substrat filtrira odstrani delce, prisotni mikroorganizmi razgrajujejo posamezne snovi, rastline pa iz vode vsrkavajo organske snovi in s tem čistijo vodo. Očiščena voda se zajema v drenažo, od koder je speljana v iztok. Vendar zaradi nizkih temperatur rastlinske čistilne naprave pozimi delujejo slabše (Slokan in Petek, 2008).

V primerjavi z drugimi čistilnimi napravami so rastlinske čistilne naprave poceni, tako za gradnjo kot tudi za vzdrževanje. Prav tako zahtevajo malo ali nič energije za delovanje, lahko pa prav tako učinkovito očistijo odpadne voden v skladu z okoljskimi predpisi. Pomagajo tudi zaščititi lokalne vodne vire in zagotovijo dodatni habitat za prosto živeče živali. Štejejo se za okolju prijazne tehnologije, ki jih ljudje na splošno dobro sprejmejo. Po drugi strani pa rastlinske čistilne naprave zahtevajo večje površine kot ostale čistilne naprave in niso primerne za čiščenje nekaterih odpadnih vod z visoko koncentracijo onesnaževal. Kljub temu da so dobro dimenzionirane in zgrajene v okviru sprejemljivih standardov, lahko dajejo slabši učinek in so manj predvidljive od drugih čistilnih naprav, zlasti pozimi (Roš, 2015).

Za dimenzioniranje horizontalnih RČN so uvedene nekatere nacionalne smernice oziroma empirična pravila (preglednica 4) ter ostali kriteriji (preglednica 5) (Vidmar, 2011).

Preglednica 4: Empirična pravila za horizontalne sisteme RČN (EPA, 2000, cit. Po Vidmar, 2011: 51)

Parameter	Nemčija	Avstrija	Nemčija	ZDA	Češka	Velika Britanij	EC
	ATV	Önorm	IÖV	EPA	Vymazal	WRC Cooper	CEMAGRE
Površina	5m ² /PE min. velikost 20 m ²	6 m ² /PE za BPK	5 m ² /PE		5m ² /PE* 1 m ² /PE**	5m ² /PE* 0.5- 1m ² /PE**	5 m ² /PE za BPK <300mg/l drugače 10 m ² /PE
Organska obremenitev		11.2 g BPK/m ² dan		6 g BPK/m ² dan	8 g BPK/m ² dan		

* za sekundarno čiščenje

** za terciarno čiščenje

Preglednica 5: Pravila za horizontalne sisteme RČN, ki jih podajata Wood in Kadlec & Knight (Rousseau in sod., 2004, cit. po Vidmar, 2011:51)

Kriterij	Wood	Kadlec & Knight
hidravlični zadrževalni čas [dan]	2-7	2-4
max BPK ₅ obremenitev [kg BPK ₅ ha ⁻¹ dan ⁻¹]	75	ni podatka
hidravlična obremenitev [cm/dan]	0.2-3.0	8-30

5 ZASNOVA IN NAČRTOVANJE KANALIZACIJSKIH SISTEMOV

Glede na to da kanalizacijski sistemi skrbijo za zdravstveno in poplavno varnost v naseljih, se mora pri sami zasnovi natančno in dolgoročno upoštevati tako obstoječe stanje kot tudi urbanistično načrtovanje posameznega naselja, pa tudi lege in načrtovanja okoliških naselij. Pri tem so izjemnega pomena konfiguracija oziroma nagnjenost terena, geomehanske lastnosti tal, višina podtalnice in lega odvodnika ter zahtevane stopnje zaščite le tega (Panjan, 2002).

Pri zasnovi kanalizacijskega sistema je potrebno dosledno izhajati iz stališča, da mora sistem funkcionalno ustrezati, pri čemer je potrebno upoštevati tudi naslednje dejavnike (Kolar, 1983):

- da je mogoč priključek vseh obstoječih uporabnikov,
- da je mogoče sistem ustrezno širiti v skladu z rastjo naselja in omogočiti priključevanje predvidenih uporabnikov,
- da je zagotovljena varnost in zanesljivost obratovanja,
- da je življenjska doba sistema vsaj 50 let,
- da so skupni stroški sistema do izteka amortizacijske dobe v okviru realnih materialnih možnosti.

Kanalizacijski sistem se izbere na osnovi same lokacije in urbanizacije območja, določi se potek kanalizacije, vrše osi kanalov in se jih tudi oštevilči. Predvidi se smer odtoka proti čistilni napravi ter pripiše izračunano prispevno površino, s katere odvajamo kanalizacijske vode v obravnavani kanal. Za vsak odsek se izdelava hidravlični preračun, pri katerem se po znanih enačbah izračuna količina odpadne vode in količino padavinske vode. V skladu s predpisi se določi tudi količino tuje vode. Pri dimenzioniranju cevi se določi ustrezno obliko in premer cevi, določi se padeč cevi z upoštevanjem pravil o hitrosti vode v cevi in polnitvi cevi. Preveri se še hitrost vode v kanalu ter polnitev kanalov pri največjem sušnem odtoku (Slokan, 2003). S tem je na kratko opisana sama zasnova, v naslednjih poglavjih pa so podane tudi nekatere tehnične zahteve. V natančne tehnične zahteve pri sami zasnovi in gradnji kanalizacijske mreže se v tem poglavju se bomo spuščali, saj bodo posamezni postopki in izračuni bolj natančno predstavljeni pri prikazu zastavljene rešitve na območju naselja Rašica, torej v sedmem poglavju.

Poleg številnih dejavnikov, ki jih je potrebno upoštevati pri sami gradnji kanalizacijskega omrežja in so nekateri tudi opredeljeni v nadaljevanju, je pred tem potreben tudi okvirni pregled zakonodaje, na osnovi katere so predpisani pogoji, zahteve in določila za gradnjo tovrstnih objektov na posameznih območjih.

5.1 Zakonodajni okvir in standardi za izgradnjo ter projektiranje kanalizacijskega omrežja

Zupančič (2016) izpostavi, da je pri načrtovanju kanalizacijskih sistemov in MČN potrebno upoštevati evropsko, slovensko in lokalno zakonodajo ter pri tem navaja naslednje zakone, uredbe in pravilnike, ki so vezani na kanalizacijske sisteme in MČN v Sloveniji:

- Zakon o vodah (ZV-1),
- Zakon o varstvu okolja (ZVO-1),
- Zakon o graditvi objektov (ZGO-1),
- Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro),
- Zakon o standardizaciji (ZSta-1),
- Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (ZTZPUS),
- Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (ZTZPUS-UPD),
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12),
- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št 98/15),
- Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uradni list RS, št. 62/08),
- Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Uradni list RS, št. 80/12),
- Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode,
- Pravilnik o potrjevanju skladnosti in označevanje gradbenih proizvodov.

V državnih zakonih so podane splošne zahteve v zvezi z gradnjo in funkcijo gradbenih objektov, na občinski ravni pa zakonodaja postavlja podrobnejša določila za gradnjo na območju občine (Jereb, 2015). Področje komunalnega opremljanja stavbnih zemljišč je v pristojnosti občin, saj so dolžne zagotavljati osnovno infrastrukturo vsem prebivalcem na svojem območju. Opremljanje s komunalno opremo je pomembno tako zaradi zadovoljevanja osnovnih potreb prebivalcev kot tudi zaradi preprečevanja oziroma zmanjševanja škodljivih vplivov na okolje; ti nastanejo ravno zaradi človekovega delovanja. Kakovostna in zadostna komunalna opremljenost naselij odraža življenjski standard in predstavlja pomemben kazalnik razvitosti občine, zato je tudi razvoj komunalne opreme obravnavan v občinskih prostorskih aktih hkrati s splošnimi razvojnimi in poselitvenimi cilji (Program opremljanja stavbnih zemljišč ..., 2013). Tako so npr. v Pravilnikih za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega kanalizacijskega sistema posamezne občine določene posamezne zahteve oziroma pogoji načrtovanja kanalizacijskih sistemov, za vsako občino posebej v skladu z ostalimi prostorskimi akti.

Poleg zakonskih okvirov so ključnega pomena tudi standardi, ki določajo izgradnjo kanalizacijskega sistema. Saj kot meni Jereb (2008) so le-ti najpomembnejši pri projektiranju kanalizacije. V standardih

in predpisih so podani natančni pogoji in določila, ki jih mora projektant pri svojem delu upoštevati. S tem sta zagotovljena optimalna izvedba in delovanje cevovoda, saj so postopki, ki jih podaja standard strokovno določeni in preizkušeni. V Sloveniji veljavni predpisi na področju kanalizacijskega omrežja izhajajo predvsem iz evropskih (nacionalni standardi SIST) in nemških ATV standardov.

Na primeru Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija Ljubljana se s Pravilnikom za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega kanalizacijskega sistema (Uradni list RS, št. 52/1999) urejata tehnična izvedba in uporaba javnega kanalizacijskega omrežja ter kanalizacijskih objektov in naprav v upravljanju Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija Ljubljana. Določila pravilnika se morajo upoštevati pri upravnih postopkih, planiranju, projektiranju, gradnji in rekonstrukciji, upravljanju in uporabi kanalizacijskega omrežja, objektov in naprav ter drugih komunalnih vodov, ki s svojim obstojem, delovanjem ali s predvideno gradnjo vplivajo na javno kanalizacijo. V nadaljevanju Pravilnik določa (1. člen), da je obvezno potrebno upoštevati slovenske (SIST, SIST EN, SIST ISO), evropske (EN) in mednarodne (ISO) standarde. Za vsa določila, ki jih ta pravilnik ne obravnava, pa veljajo določila slovenskih standardov PSIST prEN 752 in SIST EN 1610.

Podrobneje se v določila same zakonodaje na ravni države ne bi spuščali, saj bodo pri zasnovi in načrtovanju kanalizacijskih sistemov izpostavljene ključne zahteve, ki se tako ali tako nanašajo na obstoječo zakonodajo in standarde.

5.2 Tehnični normativi za načrtovanje in izgradnjo kanalizacijske mreže

Kanalizacijska mreža mora biti načrtovana in zgrajena tako, da zagotavlja kar največji odvod odpadne in padavinske vode ob čim nižjih stroških izgradnje, vzdrževanja in obratovanja. Sistemi za odvod vode na vodotoke morajo ob tem izpolnjevati zahteve predpisov, izpolnjeni pa morajo biti tudi predpisani pogoji varstva okolja. Veliko pozornosti je potrebno posvetiti ravno topografskim značilnostim terena in geološki sestavi tal (Uradni list RS, št. 52/1999), saj se kanalizacija praviloma vgradi v cestno telo. Kanalizacijo je potrebno načrtovati in graditi strokovno in kakovostno, saj le tako lahko zagotavlja zahtevano 50-letno obratovanje brez poškodb cevi in objektov, netesnosti, mašitve cevi in poplavljanja. Prav tako je kakovost zgrajene kanalizacije odvisna od pravilnega polaganja cevovodov, pravilne gradnje objektov, strokovnih priključitev pa tudi preizkusa vodotesnosti kanalov in objektov (Slokan, 2003).

Izbira vrste sistema za odvod odpadne in padavinske vode je odvisna predvsem od vrste že obstoječega sistema, kapacitete in kvalitete odvodnika, vrste dotokov v sistem, potrebe po čiščenju, topografije, od obstoječih čistilnih naprav ter drugih lokalnih pogojev. Z geotehničnimi raziskavami je potrebno pridobiti podatke o obtežbah kanalov in objektov na njih, nevarnosti drsin, posedanju,

izpiranju, toku in gladini podtalnice, o obremenitvah bližnjih objektov in cest, možnostih uporabe cevi, možnostih uporabe posteljice cevi ipd. (Uradni list RS, št. 52/1999).

Pri praktičnem dimenzioniranju kanalskih omrežij izhajamo iz predpostavke, da je moč nekega naliva v času njegovega trajanja nespremenjena, da je koeficient odtoka konstanten, da je oblika dotočne ploskve pravilna in da je čas zbiranja zanemarljiv. Z upoštevanjem teh predpostavk so bile razvite razne teorije za dimenzioniranje kanalskega omrežja, ki temeljijo na odtoku s prosto gladino ter na kanalskem omrežju, ki je oblikovano tako, da je smer toka vedno nedvoumna in enaka smeri padca (Kolar, 1983).

Pri dimenzioniranju kanalov moramo pred tem izbrati kanalizacijski sistem. V primeru mešanega sistema bodo vse vode odtekale po eni cevi, v primeru ločenega sistema pa bodo odpadne in tuje vode odtekale v cevi manjšega premera, padavinske pa po cevi večjega premera (Slokan, 2003). Mešan kanalizacijski sistem se gradi povsod v urbanih ali urbano-ruralnih naseljih, ko sta izpolnjena pogoja za tehnično izvedbo (teren) in ekonomska upravičenost (cenejši od ločenega). Načrtovanje ločenega kanalizacijskega sistema pa je pravilo v vseh depresijskih delih urbaniziranega področja in v ruralnih naseljih, kjer se padavinska voda lahko odvodnjava v odprtih ali delno v kanaliziranih sistemih (Panjan, 2002).

Za vsak kanal je potrebno izračunati skupni odtok; poleg vode s prispevne površine je potrebno upoštevati tudi vodo, ki priteče iz višje ležečih kanalov. Prav tako je potrebno poznati in upoštevati pravila o hitrosti vode v kanalih, polnjenosti cevi in najmanjših priporočenih hidravličnih padcih. V skladu s tem je potrebno pregledati področje, da se padce cevi prilagodi ali celo izenači s padci terena (Slokan, 2003). Najmanjša dovoljena hitrost odpadne vode v kanalu je 0,4 m/s pri sušnem pretoku, največja pa 3 m/s. Ob načrtovanju je najbolj ekonomično slediti naravnemu padcu terena. Pri tem so minimalni padci javne kanalizacije določeni z upoštevanjem minimalnih dovoljenih hitrosti in morajo biti tako veliki, da ne pride do odlaganja trdnih delcev (Uradni list RS, št. 52/1999).

Različni cevni materiali in njihove specifične lastnosti določajo primernost uporabe pri različnih pogojih vgradnje. Za vse vrste kanalizacije pa se zahteva vodotesnost po standardu EN 160, tako za mešani sistem kot za meteorne in sanitarne kanale pri ločenem kanalizacijskem sistemu (Schwarzbartl, 2010). Po pravilniku je najmanjše kritje cevi 80 cm za padavinsko vodo, za mešani sistem in odpadno vodo pa vsaj 120 cm. Smer padca kanalov je ves čas od porabnikov proti čistilni napravi oziroma odvodniku. Najmanjši notranji premer kanalizacije znaša 250 mm, če v kanalu odvajamo samo padavinsko vodo, pa vsaj 200 mm (nekateri lokalni predpisi manjših profilov od 250 mm ne dovoljujejo). Za večje odtoke so potrebni večji profili, v Ljubljani celo do 2400 mm. Za nove in

obnovo obstoječih cevi, se uporabljajo predvsem PVC – cevi in materiali kot so polietilen, poliester, nodularne litine, beton in keramika (Slokan, 2003).

Poleg kanalov so na kanalizacijskem omrežju potrebni še naslednji objekti (Slokan, 2003):

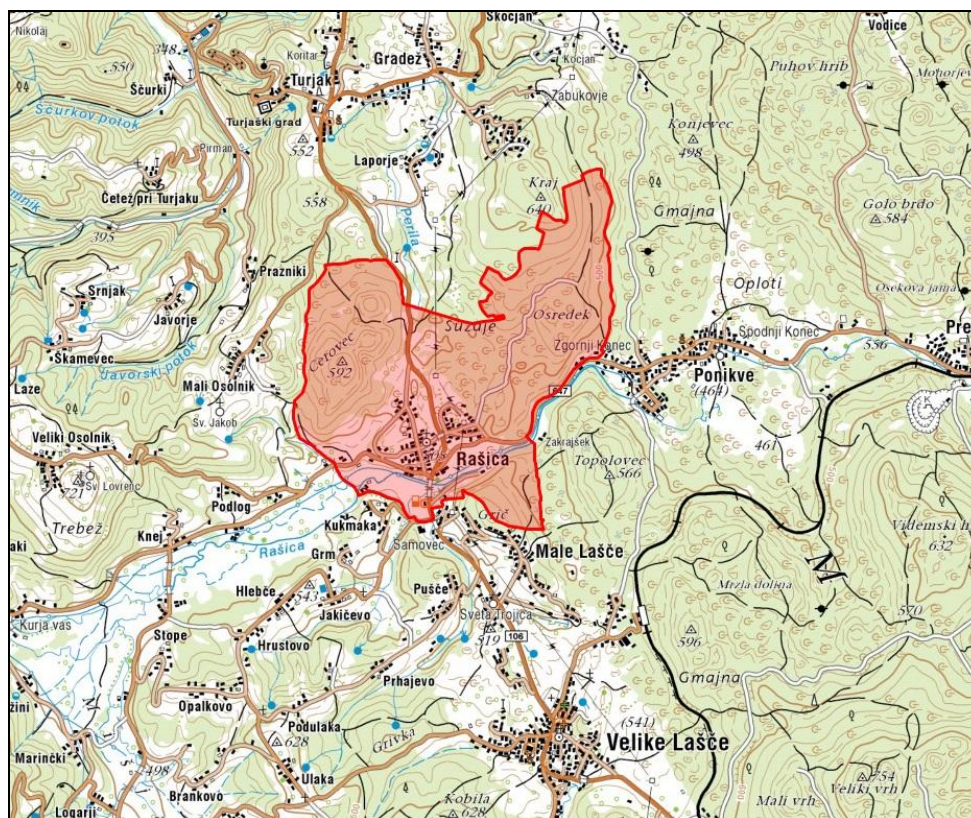
- *kanalizacijski priključki* za priključevanje hišne kanalizacije na javno kanalizacijsko omrežje,
- *revizijski jaški*, ki morajo biti dovolj prostorni (najmanjši notranji premer 1000 mm, za globine manjše od 1,8 m zadošča notranji premer 800 mm), dno jaška pa mora ležati na 10 cm debelem podložnem betonu MB 10;
- *kaskadni jaški*, s katerimi spreminjamo smer, padec ali premer kanala. Namenjeni so tudi dostopu do kanalov, za njihov pregled, čiščenje in vzdrževanje. Gradimo jih v primeru, če je višinska razlika med vtočnim in iztočnim kanalom v jašku večja kot 50 cm;
- *cestni požiralniki* so namenjeni odvajanju padavinske vode v kanalizacijo in se jih namešča na približno 20m, praviloma pod pločnike;
- *razbremenilniki* ob močnejših padavinah odvajajo del padavinske vode neposredno v odvodnik;
- *črpališča*

6 OBSTOJEČE STANJE KANALIZACIJSKEGA SISTEMA V NASELJU RAŠICA

6.1 Naselje Rašica

Naselje Rašica, ki spada pod občino Velike Lašče, leži v osrednjeslovenski regiji ob cesti Škofljica-Kočevje. Pokrajina je hribovita in je zaradi vložkov neprepustnih kamnin in prevladujočih triasnih dolomitov neprepusten svet sredi obsežne zakrasele okolice. Povprečna nadmorska višina je 498,90 n.m. Skupna površina območja znaša 3,7 km². Število prebivalcev v naselju je 273, kar pomeni, da je gostota prebivalstva 74 prebivalcev/km² (Rašica, Velike Lašče, 2016).

Skozi kraj Rašica teče kraški potok Rašica, ki napaja zahodni in osrednji del pokrajine z izvirom na vzhodnem robu Bloške planote. Pri vasi Ponikve ponikne prvič, nato priteče na površje na Radenskem polju, kjer dobi ime Šica. Ta zopet ponikne v sistem Zatočne jame ter pod zemljo teče do izvira Krke. Vmes ob visokih vodah pride na površje v Lučkem dolu z imenom Radenščica. Povirje reke sega do Bloške planote, Slemen in planote Rute. Tok je umirjen in vijugast. Dolžina vseh potokov v porečju Rašice je 87,4 km, gostota rečne mreže pa 1,5 km/km². Rašica pogosto poplavlja, naplavlja blato in ponekod tudi zastaja. Zaradi naplavljanja se je izoblikovala aluvialna ravnica in zaradi tega so jo domačini začeli že zgodaj regulirati (Trnovšek, 2007).



Slika 11: Lega območja naselja Rašica (Geodetski inštitut Slovenije, 2013)

6.2 Komunalna oprema v občini Velike Lašče

V Programu opremljanja stavbnih zemljišč občine Velike Lašče (2013) je zastavljena strokovna podlaga z analizo stanja komunalne opreme na območju občine, ki upošteva občinske javne ceste, javne vodovode in kanalizacijo ter javne površine. Je podlaga za ugotavljanje potreb in pomanjkljivosti ter za načrtovanje razvoja komunalne opreme v prihodnje. Program opremljanja zagotavlja strokovne podlage in merila za izračun komunalnega prispevka, cilj pa je vsem prebivalcem občine Velike Lašče zagotoviti pregleden in pravičen vir financiranja za izgradnjo in razvoj komunalne opreme. Pri tem so obračunska območja komunalne opreme določena na podlagi namenske rabe prostora in opredeljena v prostorskem načrtu občine. V preglednici 6 so podane površine zemljiških parcel in neto tlorisnih površin objektov po obračunskih območjih, med katerimi je za kanalizacijo Rašica odmerjena površina stavbnih zemljišč 179.064 m².

Preglednica 6: Obračunska območja komunalne opreme v občini Velike Lašče (Program opremljanja stavbnih zemljišč ..., 2013, 4)

Komunalna oprema	Obračunsko območje	Površina stavbnih zemljišč (m ²)	Neto tlorisne površine (m ²)
Lokalne ceste	CE-LC	3.594.207	781.155
Javne poti	CE-JP	2.814.546	579.423
Vodovod	VOD	3.078.975 ³	640.413
Kanalizacija Rašica	KAN-RA	179.064	35.760
Javne površine	JP	3.594.207	781.155

Občina Velike Lašče z javno službo zagotavlja odvajanje in čiščenje komunalne in padavinske odpadne vode v naselju ali delu naselja kot javno dobrino. Storitve javne službe v naselju ali delu naselja, ki je opremljeno z javno kanalizacijo so (Odlok o spremembah in dopolnitvah ..., 2015):

- upravljanje, vzdrževanje in čiščenje objektov javne kanalizacije,
- čiščenje komunalne, industrijske in padavinske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo, skladno s predpisi o komunalnih čistilnih napravah,
- čiščenje peskolovov, lovilcev olj in maščob na javnih površinah,
- prevzem blata komunalnih čistilnih naprav ter obdelava blata,
- ocene obratovanja za male komunalne čistilne naprave.

Storitve javne službe za stavbe v naselju ali njegovem delu, ki ni opremljeno z javno kanalizacijo, in

³ Obračunsko območje vključuje samo parcele, ki imajo dostop do javnega vodovodnega sistema in je določeno za vse javne vodovodne sisteme tako, da se zavezancem odmeri komunalni prispevek za vodovod v enaki višini na celotnem območju občine. Za določitev obračunskega območja je uporabljen seznam odjemnih mest, posredovan s strani upravljavca javnega vodovoda. Na ta način so določeni objekti, ki so priključeni na posamezne vodovodni sistem ter pripadajoče zemljiške parcele ((Program opremljanja stavbnih zemljišč ..., 2013).

za stavbo ali za funkcionalno zaokroženo skupino stavb zunaj naselja so (Odllok o spremembah in dopolnitvah ..., 2015):

- redno praznjenje nepretočnih greznic,
- prevzem blata iz pretočnih greznic enkrat na tri leta,
- prevzem blata iz malih komunalnih čistilnih naprav najmanj enkrat na tri leta,
- ocena obratovanja male komunalne čistilne naprave iz prejšnje alineje.

6.3 Obstoječe stanje kanalizacijskega sistema v občini Velike Lašče

Na območju občine ni zgrajenega kanalizacijskega omrežja, sicer pa je pripravljenih skupno 370m kanalizacijskih vodov, ki v letu 2013 še vedno niso bili v uporabi. 190 m cevovoda, premera 30 cm je bilo zgrajenega v letih 2005 in 2006, 180 m cevovoda, premera 25 cm pa je bilo položenega skupaj z meterorno kanalizacijo na odseku pod Trešnico. Komunale odpadne vode se odvaja v greznice, v občini pa obratuje 13 MKČN s skupno zmogljivostjo čiščenja 153 PE. Na MKČN je bilo v letu 2013 skupno priključenih 152 prebivalcev (Program opremljanja stavbnih zemljišč ..., 2013).

V občini se v območja poselitve, za katera je v predpisanih rokih obvezno zagotoviti odvajanje komunalne vode v javno kanalizacijo in ustrezno čiščenje na komunalni čistilni napravi, uvrščajo naselja: Velike Lašče, Rašica, Turjak, Dvorska vas, Veliki Osolnik, Srobotnik pri Velikih Laščah, Ulaka in Velika Slevica. Na podlagi Operativnega progama odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda v občini Velike Lašče so za ta naselja opredeljene prioritete na področju komunalnih odpadnih voda glede na državna izhodišča in obveznosti. Pri tem je bil cilj zagotoviti javno kanalizacijsko omrežje s čistilnimi napravami do konca leta 2015. V letu 2013 je bil v teku projekt izgradnje kanalizacije in čistilne naprava Rašica, hkrati pa naj bi se izvedla tudi obnova dela obstoječega vodovodnega sistema Rob – Dobrepolje, ki pa ni v lasti občine (Program opremljanja stavbnih zemljišč ..., 2013). Projekt zaradi pomanjkanja denarja še ni bil realiziran.

6.4 Obstoječe stanje kanalizacijskega sistema v naselju Rašica

V območju naselja so predvsem stanovanjski objekti z manjšimi delavnicami in kmetijami s pripadajočimi kmetijsko gospodarskimi objekti in hlevi. Glede na obstoječo pozidavo s stanovanjskimi objekti ni pričakovati onesnaževalcev, ki bi morali pred priključitvijo na javno kanalizacijo očistiti svoje tehnološke odpadne vode v ustrezni čistilni napravi. Ker v naselju nimajo javne kanalizacije za odpadne vode, se obstoječi objekti podvodnjavajo v prepustne ali neprepustne greznice. Večina greznic ima preliv, preko katerega odpadna voda iz greznice teče v odvodne jarke meteorne kanalizacije. Zato je potrebno urediti kanalizacijo odpadnih vod v tem območju.

Hlevski gnoj se zbira v skladišču za gnojnico, ki ima tudi zbiralnico odcednih vod. Zagotovljena mora biti vodotesnost, stabilnost in odpornost na mehanske toplotne in kemične vplive. Netekoči gnoj se z trosilniki s trosilno napravo raztrese po njivah. Tekoča organska gnojila pa se razprši po njivah z cisterne z razpršilno ploščo (Uradni list RS, št. 113/2009, 5/13 in 22/2015).

Na podlagi Programa opremljanja stavbnih zemljišč za območje občine Velike Lašče (2013) je bila nova kanalizacija zasnovana v ločenem sistemu; odpadne komunalne vode iz obstoječih in novih predvidenih objektov pa naj bi se preko omrežja fekalne kanalizacije odvajale na malo biološko čistilno napravo, predvidene zmogljivosti 350 PE z mehansko in biološko stopnjo čiščenja. Meteorne vode s cestnih površin naj bi se odvajale v obstoječo meteorno kanalizacijo preko požiralnikov z usedalnikom. Obstoječi vodovodni in meteorni cevovodi naj bi bili prestavljeni tako, da so zagotovljeni ustrezni odmiki v skupnem cestnem telesu. Novi fekalni cevovodi morajo biti zasnovani na globini in z ustreznim padcem, ki omogoča gravitacijsko odvajanje, razen pri objektih, ki so pod nivoletno ceste, kjer so potrebni tlačni vodi.

Na podlagi tako zastavljenega programa bo v nadaljevanju predstavljena zastavljena rešitev kanalizacijskega omrežja na območju naselja Rašica.

7 ZASTAVLJENA REŠITEV NA OBMOČJU NASELJA RAŠICA

Novo predvidena kanalizacija je zasnovana v ločenem sistemu. Tako se v predvideno kanalizacijo odpadnih komunalnih vod in v malo biološko čistilno napravo odvodnjavajo odpadne sanitarne vode iz obstoječih in predvidenih novih stanovanjskih objektov. Meteorne vode s cestne površine se odvodnjavajo v meteorno kanalizacijo (v strnjenem delu naselja) preko obstoječih cestnih požiralnikov z usedalnikom. Predvidena kanalizacija odpadnih komunalnih vod je zasnovana na globini in v vzdolžnem padcu, ki omogoča gravitacijsko odvodnjavanje iz bližnjih objektov. Nekateri objekti se nahajajo pod niveleto ceste, kjer poteka javna kanalizacija. Za te je predvideno priključevanje na javno kanalizacijo preko internih črpališč posameznega objekta.

Glede na konfiguracijo terena je potrebno izdelati dvoje črpališča za odpadne komunalne vode, ki omogočata priključitev večjega števila stanovanjskih objektov na skupno malo biološko čistilno napravo; nameščeno v območju novo predvidenega križišča na cesti Škofljica-Kočevje pri bencinski črpalki Petrol.

Odcednih vod z deponije hlevskega gnoja ni dovoljeno odvodnjavati v javno kanalizacijo odpadnih komunalnih vod. Padavinske vode s strešnih površin objektov se odvodnjavajo preko peskolovov v obstoječe jarke, ki vodijo v bližnji vodotok Rašica. Ceste se odvodnjavajo preko muld in cestnih požiralnikov v obstoječo meteorno kanalizacijo, ki prav tako vodi v vodotok Rašica. Obstoječa meteorna kanalizacija je v dobrem stanju, razen kanala, ki odvodnjava glavno cesto skozi vas. Zato je potrebno ta kanal obnoviti.

Novo predvidena javna kanalizacija bo pretežno v območju tistih javnih površin, kjer poteka cestni promet. Le črpališči in mala biološka čistilna naprava bodo predvidoma postavljeni v območju zelenic, ki mejijo na javne površine. Za predvidene posege izven območja javnih površin je občina Velike Lašče pridobila služnostne pogodbe.

Pozornost je treba nameniti tudi obstoječim komunalnim vodom, kot so: vodovod, meteorna kanalizacija, elektrika, plin, telekomunikacijski vodi in javna razsvetljava. Predvideti je potrebno zavarovanje obstoječih vodov, kjer pa to ni mogoče, pa jih bo potrebno prestaviti, tako da bo omogočena izvedba javne kanalizacije v predpisanih odmikih v skupnem cestnem telesu. Predpisani odmiki so bolj podrobno prikazani na Sliki 12.

Odmiki napeljav (svetli), ki potekajo vzporedno z kanalizacijo:

Komunalni vod	Globina kom. voda glede na kanal	Odmik
Vodovod (sanitarni in mešani kanal)	Večja ali enaka	3,0 m
Vodovod (padavinska kanalizacija),	Večja ali enaka	1,5 m
Plinovodi, elektrokabli, kabli javne razsvetljave ali		
telekomunikacijskimi napeljavami	Večja ali enaka	1,0 m
Toplovod	Večja ali enaka	0,8 m
Vodovod (sanitarni in mešani kanal)	Manjša	1,5 m
Vodovod (padavinska kanalizacija)	Manjša	1,0 m
Plinovodi, elektrokabli, kabli javne razsvetljave ali PTT napeljave	Manjša	1,0 m
Toplovod	Manjša	0,5 m

Horizontalni odmiki so v posebnih primerih in v soglasju z upravljavci posameznih komunalnih vodov lahko tudi drugačni, vendar ne manjši, kot jih določa standard SIST EN 805 v točki 9.3.1, in sicer:

- horizontalni odmiki od podzemnih temeljev in podobnih naprav naj ne bodo manjši od 0,4 m,
- horizontalni odmiki od obstoječih (drugih) podzemnih napeljav naj ne bodo manjši od 0,4 m,
- v izjemnih primerih, ko je gostota podzemnih napeljav velika, odmiki ne smejo biti manjši od 0,2 m.

Posebno je treba paziti, da se med izkopom zagotovi stabilnost obstoječih naprav in podzemnih napeljav.

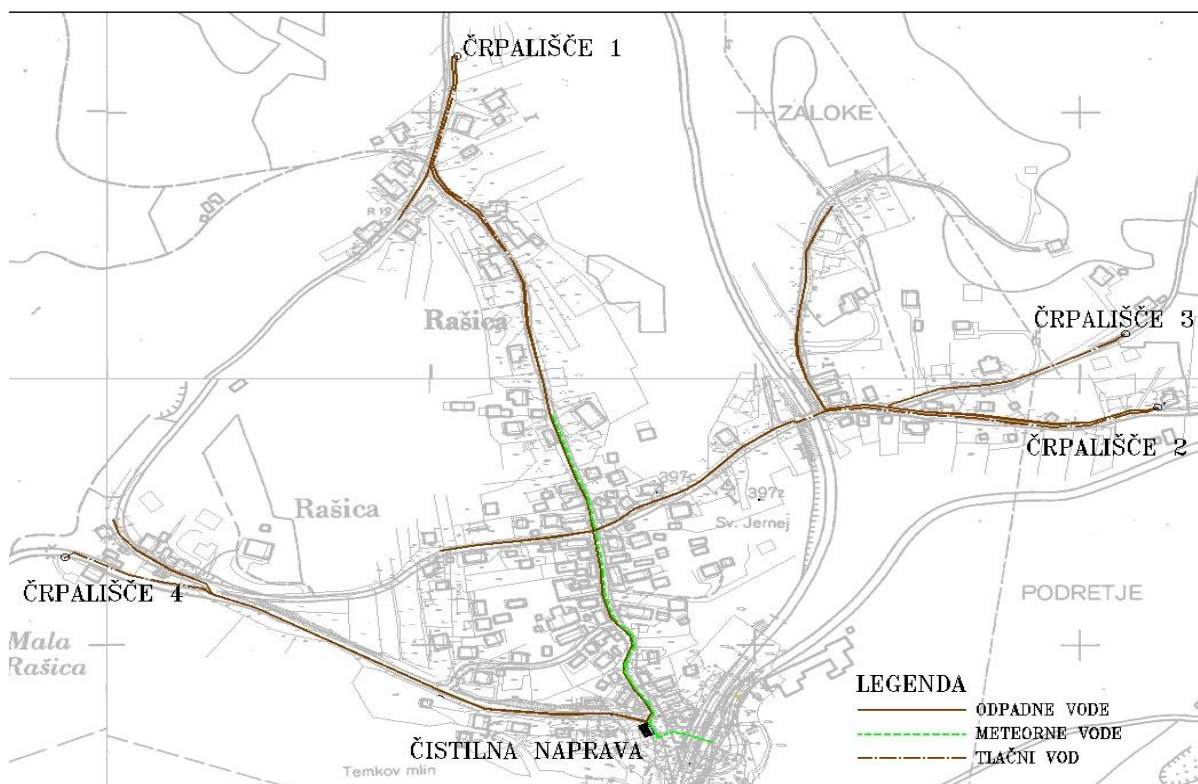
Slika 12: Odmiki napeljav (svetli), ki potekajo vzporedno s kanalizacijo (Uradni list RS, št. 73/2010)

Javna kanalizacija za komunalne odpadne vode z malo biološko čistilno napravo za 350 PE in črpališči »1«, »2«, »3« in »4«, bo predvidoma v upravljanju pristojne komunalne službe KP Grosuplje.

Pri izdelavi diplomske naloge javne kanalizacije je bila upoštevana naslednja dokumentacija:

- Operativni program odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod v Občini Velike Lašče kot projektna naloga,
- Geodetski posnetek obstoječega stanja,
- Kataster obstoječe komunale,
- Hidrološko hidravlična presoja vodnega režima osrednjega dela Občine Velike Lašče, ki ga je izdelalo podjetje »URBANIJA d.o.o.« številka projekta 134-5a-10.

Na Sliki 13 je v nadaljevanju prikazana pregledna situacija za območje naselja Rašica s črpališči in čistilno napravo.



Slika 13: Pregledna situacija (Komunala projekt d.o.o., 2013)

7.1 Dimenzioniranje kanalizacije

7.1.1 Kanalizacija odpadnih vod

Pri dimenzioniranju kanalizacije in izračunu hidravlike za odpadne vode je potrebno upoštevati maksimalen sušni dotok in dotok tuje vode. Vodo iz gospodinjstev, industrije, trgovin, male obrti in obrti upoštevamo pri izračunu sušnega odtoka. Po Imhoffu se tujo vodo upošteva kot 100% povečan sušni dotok. Za hidravlični izračun in dimenzioniranje so bili uporabljeni naslednji podatki in enačbe, ki so prikazani v preglednici 7 in 8.

Preglednica 7: Gibanje porabe vode v odvisnosti od velikosti naselja (Kolar, 1983: 33)

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

Preglednica 8: Prikaz odvedenih količin odpadne vode glede na velikost naselij (Panjan, 2004: 8)

Velikost naselja	Dnevna količina odpadnih voda Qd [l/(s.d)]	Specifični maksimalni urni odtok $q_{max} Qd(1/x)$	Specifični odtok qs [l/(s.1000P)]
>2000	150	1/8	5,2
2000-10000	180	1/10	5,0
10000-50000	220	1/12	5,0
50000-250000	260	1/14	5,0
<250000	300	1/16	5,0

Vidimo, da se pojavi razlika med porabljeno vodo in odtokom vode. V spodnji preglednici 7 je podana podrobnejša analiza.

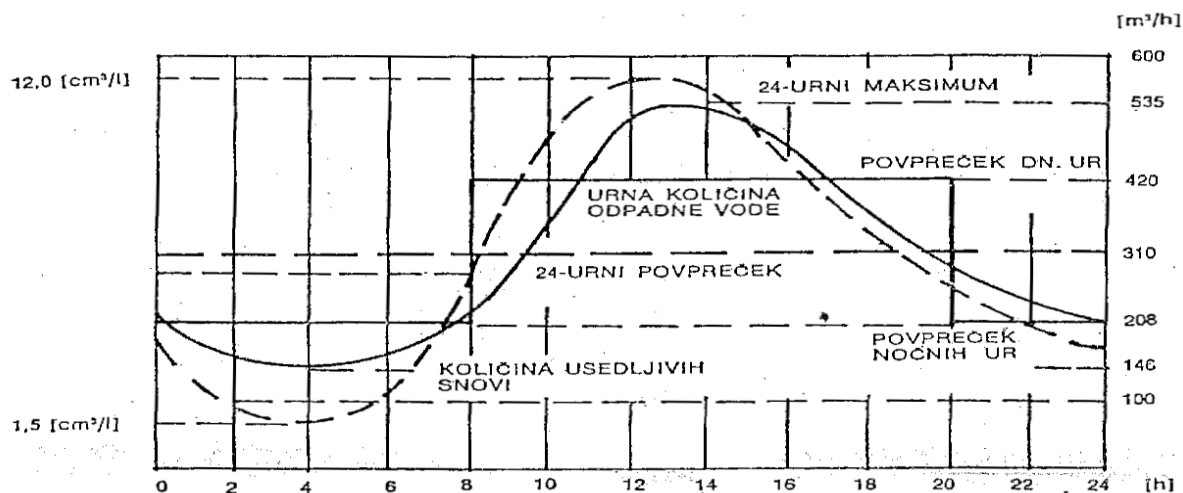
Preglednica 9: Poraba vode in odtok odpadne vode v gospodinjstvih (Kolar, 1983: 38)

Vrsta porabe	Poraba vode [l]	Odtok odpadne vode [l]
Pomivanje posode (enkrat za eno osebo)	1,5-8	1,5-8
Pranje (na osebo na dan)	6-15	6-15
Telesna nega:		
-prhanje	30-100	30-100
-kopel v kadi	150-400	150-400
-sedeča kopel	30-50	30-50
Stranišče		
-WC z izplakovalno omarico (visoko)	6-12	6-12
-WC z izplakovalno omarico (nizko)	12-20	12-20
-WC z izplakovalnikom na pritisk	6-20	6-20
Kuhinjski drobilec, če je vključen 8 min dnevno	24	24
Škropljenje vrta na 1m ²		
-normalen dan	0,15-0,3	0
-dan z veliko porabo	do 5	0
Pranje osebnega avtomobila	50-300	50-300
Netesna vodovodna pipa (na dan)	do 240	do 240
Izgube zaradi napak v izplakovalni omarici (na dan)	do 1000	do 1000
Povprečna izguba (na osebo na dan)	4-6	4-6

Naselje Rašica sodi med mala podeželska naselja. Poseljeno je pretežno z enodružinskimi hišami ter nekaj gospodarskimi objekti. Ostale količine odpadnih voda, kot so odpadne vode iz industrije, trgovin in obrti, v tem primeru ni potrebno upoštevati. Zato sem vključil samo količino odpadnih voda iz gospodinjstev, ki znaša 150 l/(s.d).

Variiranje dnevne porabe vode

Na Sliki 14 je prikazan diagram porazdelitve odtoka odpadne vode ter količine usedljivih snovi za posamezne ure v enem dnevu na primeru mesta s 50 000 prebivalci.



Slika 14: Prikaz porazdelitve odtoka v enem dnevu po Imfohu (Kolar, 1983: 33)

Iz diagrama vidimo, da sta minimum porabe in minimum usedljivih snovi skladna in se pojavita okoli 4:00 ure zjutraj. Enako velja za maksimuma, le da se ta pojavi okoli 13:00 ure. Analiza je narejena v 24 urah enega dne (Kolar, 1983).

Značilne vrednosti iz Slike 14 so:

$$Q_{sr\ 24} = \frac{Q_a}{365 * 24} = 4,16\%, \quad Q_d = \frac{Q_d}{24}$$

$$Q_{sr\ dnevni} = \frac{Q_a}{365 * 24} = 5,56\%, \quad Q_d = \frac{Q_d}{18}$$

$$Q_{sr\ nočni} = \frac{Q_a}{365 * 24} = 2,78\%, \quad Q_d = \frac{Q_d}{36}$$

$$Q_{max} \square = \frac{Q_a}{365 * 24} = 7,14\%, \quad Q_d = \frac{Q_d}{14}$$

$$Q_{min} \square = \frac{Q_a}{365 * 24} = 1,96\%, \quad Q_d = \frac{Q_d}{51}$$

Za različna naselja velja različna porazdelitev odtoka. Nihanja so razporejena tudi po dnevih v tednu in po mesecih. Za manjše kraje se Q_{max} računa po naslednji formuli:

$$Q_{max} = 4,1667 \frac{4}{\sqrt[5]{\frac{P}{1000}}} [\%Qd]$$

Kot smo že omenili, je potrebno pri dimenzioniranju upoštevati še tuje vode. Te dotekajo v sistem kot meteorna voda, drenažna voda, podtalnica ali voda iz potokov. To je lahko tudi posledica okvar ali slabih stikov med cevmi (Kolar, 1983).

Količino tuje vode lahko določimo na več načinov. Po Imhoff velja, da je delež tuje vode za dvakrat povečan sušni odtok. Lahko se ga določi glede na dolžino in dimenzijo kanala ali pa glede na priključno površino. Po drugih virih pa delež tuje vode upoštevamo glede na povprečni koeficient odtoka, ki je odvisen od gostote naselitve. Te količine določamo iz spodnje preglednice (Kolar, 1983).

Preglednica 10: Sušni odtok, dotok tuje vode in odtočni koeficient v odvisnosti od gostote poselitve (Kolar, 1983: 36)

Gostota prebivalcev na ha [P/ha]	Odtočni koeficient φ [%]	Pričakovani dotok tuje vode [l/(s.ha)]	Pričakovani sušni dotok [l/(s.ha)]	Skupni dotok [l/(s.ha)]
50	15	0,25	0,22	0,47
100	27	0,40	0,44	0,54
200	50	0,75	0,87	1,62
300	68	1,00	1,31	2,31
400	80	1,20	1,75	2,95
500	87	1,30	2,19	3,49
600	90	1,35	2,62	3,97

Določitev števila prebivalcev

Za določitev količin odpadne vode je zelo pomembno število prebivalcev v naselju. Pri določanju števila prebivalcev je potrebno upoštevati amortizacijsko dobo kanalizacijskega omrežja in naravni prirastek prebivalstva. Po spodnji formuli dobimo število prebivalcev čez n let.

$$A_n = A_0 * \left(1 + \frac{P}{100}\right)^n,$$

kjer pomenijo:

A_n število prebivalcev po n letih [P],

A_0 sedanje število prebivalcev v naselju [P],

p letni prirast prebivalcev v [%],

n število amortizacijskih let za kanalizacijski sistem [-].

Pri dimenzioniranju odpadne kanalizacije sem upošteval še naslednje podatke in parametre:

- maksimalna polnitev cevi 50%
- minimalna hitrost $V_{\min} = 0,4 \text{ m/s}^4$
- maksimalna hitrost $V_{\max} = 3,0 \text{ m/s}^5$
- normna poraba vode 150 l/osebo. Dan
- število prebivalcev v naselju danes $A_0 = 273 \text{ oseb}^6$
- tuja voda 100% sušnega pretoka
- naravni prirastek prebivalstva $p = 0,2^7$
- minimalni profil javnega kanala
za odpadno vodo (stranka veja) DN 200 mm
- maksimalni profil javnega kanala
za odpadno vodo (glavna veja) DN 250 mm
- operacijska hrapavost $k_b = 0,5 \text{ mm}^8$

Pri hidravličnem izračunu odpadne kanalizacije (priloga A1) so bili upoštevani naslednji podatki:

Število prebivalcev čez 50let ($n=50$):

$$A_n = A_0 * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n = 273 * \left(1 + \frac{0,2}{100}\right)^{50} = 302$$

Povprečni dnevni dotok iz naselja znaša:

$$Q_{\text{dnevni}} = 302 * 150 \text{ l/osebo.dan} = 45300,00 \text{ l/dan}$$

⁴ Uradni list, št. 47/2009.

⁵ Uradni list, št. 47/2009.

⁶ Rašica, Velike Lašče, 2016.

⁷ Občina Velike Lašče, 2014.

⁸ Unger, 1997.

Za manjše kraje je izbran maksimalni urni odtok, ki je izračunan glede na število prebivalcev.

$$Q_{max} = 4,1667 \frac{4}{\sqrt[5]{\frac{P}{1000}}} \quad [\% Q_d]$$

Maksimalni urni dotok na kanalizacijo tako znaša:

$$Q_{max} = 45300,00 \text{ l/dan} * 0,2118 = 9594,5 \text{ l/uro} = 2,66 \text{ l/s}$$

Ob upoštevanju, da je tuja voda za 100% povečan sušni odtok, maksimalni urni dotok na kanalizacijo odpadnih vod znaša:

$$Q_{max} = 2 * 2,66 \text{ l/s} = 5,33 \text{ l/s}$$

Kontrola pretokov in hitrosti za izbrana profila cevi GRP DN 250 mm

Najmanjši padec glavne veje kanalizacije se pojavi čisto na koncu pred čistilno napravo in znaša $i=0,5\%$. Izbrani profil kanala odpadnih vod GRP 250, ima kot najmanjši profil za javno kanalizacijo (glavna veja) pri tem padcu pretok:

$$Q = 53,6 \text{ l/s} \text{ pri hitrosti } v = 1,02 \text{ m/s}^9$$

Delež polnitve tako znaša:

$$Q_{[\%]} = \frac{Q_{max}}{Q} = \frac{5,33 \frac{\text{l}}{\text{s}}}{53,60 \frac{\text{l}}{\text{s}}} = 9,94\%$$

Pri delni zapolnitvi 9,94% znaša dejanska hitrost pretoka in dejanska višina polnitve po konzumpcijski krivulji (Slika 15):

$$V_{min} = 0,4 \text{ m/s} < V_{dej} = 0,64 \text{ m/s} < V_{max} = 3,0 \text{ m/s}$$

$$h_{dej} = 53 \text{ mm} \rightarrow 21,28\% < 50,0\%$$

⁹ Unger, 1997.

Zaradi razgibanega terena se nam pojavi tudi maksimalen padec, ki je enak 8,0%. V tem primeru pa so karakteristike za cev GRP 250mm naslednje :

$$Q = 217,0 \text{ l/s pri hitrosti } v = 4,16 \text{ m/s}$$

Delež polnitve tako znaša:

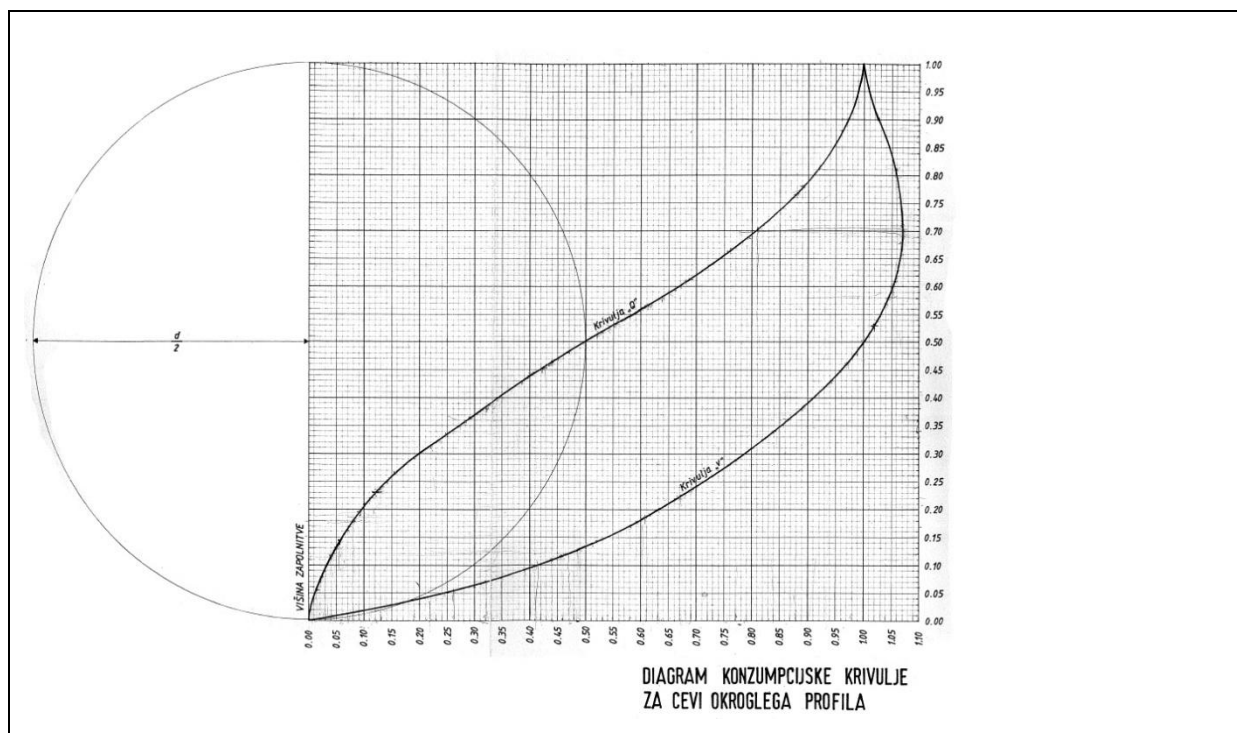
$$Q_{[\%]} = \frac{Q_{max}}{Q} = \frac{5,33 \frac{\text{l}}{\text{s}}}{217,0 \frac{\text{l}}{\text{s}}} = 2,45\%$$

Pri delni zapolnitvi 2,45% znaša dejanska hitrost pretoka in dejanska višina polnitve po konzumpcijski krivulji:

$$V_{min} = 0,4 \text{ m/s} < V_{dej} = 1,76 \text{ m/s} < V_{max} = 3,0 \text{ m/s}$$

$$h_{dej} = 25 \text{ mm} \rightarrow 10,15\% < 50,0\%$$

Torej za pretok $Q_{max} = 5,33 \text{ l/s}$ ustreza kanalizacijska cev GRP z notranjim premerom 250 mm, z minimalnim padcem $i=0,5\%$ in z maksimalnim padcem $i=8,0\%$.



Slika 15: Diagram konzumpcijske krivulje za cevi okroglega prereza (Komunala projekt d.o.o., 2013)

7.1.2 Črpališča za odpadno vodo

Na sistemu javne kanalizacije imamo štiri črpališča za odpadne komunalne vode, ki se jih izvede v območju zemljišč s pridobljeno služnostjo. Črpališče je namenjeno prečrpavanju odpadnih komunalnih vod iz stanovanjskih objektov v območju, ki ne dopušča izvedbo gravitacijskega odvodnjavanja na predvideno malo biološko čistilno napravo. Črpališča se izvede iz armirano poliesterske posode-jaška povozne kvalitete in z ojačitvenimi obroči. Posodo črpališča se vgradi na betonsko temeljno ploščo in prekrije z AB ploščo, v kateri se nahajata dve odprtini 60/60cm za montažo in demontažo črpalk, kakor tudi za vzdrževanje akumulacijskega bazena samega črpališča. Odprtini se pokrije z LTŽ pokrovoma 600/600, 400 kN s tesnilom in zaklepom. Na tlačnem vodu se glede na dolžino in potek trase vgradi čistilne kose vključno z revizijskimi jaški katerih dna se izvede 15 cm pod dnom tlačnega voda. Čistilni kos je tipski element z privijačenim čistilnim pokrovom.

V črpališča se vgradi po dve potopni črpalki za odpadne vode, od katerih je ena delovna in druga rezervna. Krmiljenje črpalk se izvede izmenično, da sta obe črpalki v obratovanju. Samo krmiljenje črpalk je avtomatično in se ga izvaja ali s plovnimi stikali ali s sondo. Tlačni vod, vodi iz črpališča v armaturni jašek, ki je lociran poleg črpališča. V armaturni jašek dimenzije 1,2m x 1,35m, se vgradi protipovratni ventil in nožasti zasun. Protipovratni ventil varuje črpališče pred povratno vodo v primeru okvare črpalke. V primeru vzdrževanja črpalk pa uporabimo zasun, ki prav tako preprečuje vdor povratne vode v črpališče. Ob robu črpališča se izvede betonsko temeljno konstrukcijo z zidcem za namestitvev elektro omarice in merilnika porabe električne energije.

7.1.3 Dimenzioniranje črpalk in tlačnega cevovoda

Črpališče 1 (PRILOGA C7)

Črpališče 1 (v nadaljevanju ČRP 1) se nahaja na skrajnem severu naselja Rašica, na parceli številka 2346, katastrska občina Turjak. Namenjeno je odvodnjavanju iz približno 15 enodružinskih hiš. Ob predpostavki, da ima enodružinska hiša 5PE, to nanese 75 PE. Območje leži veliko nižje od kanala A, ki vodi do čistilne naprave. Zato je potrebno odpadno vodo iz tega dela naselja prečrpavati v zadnji jašek (A27) kanala A, ki ima koto dna 512,36 n.m. Kota vtoka v črpališče je 499,50, upoštevati pa moramo še poglobitev črpališča zaradi akumulacije odpadne vode in varovanje črpalk proti pregretju. Tako približna višinska razlika znaša 14,00 m. Natančno globino ČRP 1 in s tem tudi natančno višino črpanja bom določil v nadaljevanju pri izračunih.

Pri hidravličnem izračunu za ČRP 1 (priloga A2) so bili upoštevani naslednji podatki:

Podatki za izračun črpališča:

$$Q_{\text{dnevni}} = 75 * 150 \text{ l/osebo.dan} = 11250,00 \text{ l/dan}$$

$$Q_{\text{max}} = 4,1667 \frac{4}{\sqrt[5]{\frac{P}{1000}}} \text{ [%}Qd\text{]}$$

Maksimalni urni dotok na kanalizacijo tako znaša:

$$Q_{\text{max}} = 11250,00 \text{ l/dan} * 0,2798 = 3147,75 \text{ l/uro} = 0,87 \text{ l/s}$$

Ob upoštevanju, da je tuja voda za 100% povečan sušni odtok, maksimalni urni dotok na ČRP1 vod znaša:

$$Q_{\text{max}} = 2 * 0,87 \text{ l/s} = 1,75 \text{ l/s}$$

- maksimalni dotok na črpališče	$Q_{\text{max}} = 1,75 \text{ l/s} = 1,75 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- hitrost v tlačnem vodu	$v_t = 2,0 \text{ m/s}^{10}$
- minimalna hitrost v tlačnem vodu	$v_{\text{min}} = 0,7 \text{ m/s}^{11}$
- geodetska višinska razlika	$H_{\text{geo}} = 12,86 \text{ m}$
- dolžina tlačnega voda	$L_t = 217,5 \text{ m}$
- koeficient izgube na iztoku	$\xi_{\text{iz}} = 0,5^{12}$
- koeficient izgube na vtoku	$\xi_{\text{vt}} = 0,5^{13}$
- koeficient izgube na kolenih	$\xi_k = 0,6^{14}$
- izkoristek črpalke	$\eta_{\text{črpalke}} = 0,75^{15}$

Izbor cevi:

$$V_t = \frac{q_{\text{max}}}{S_t} \quad \rightarrow \quad S_t = \frac{q_{\text{max}}}{V_t} = \frac{1,75 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 7,0 * 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \rightarrow$$

¹⁰ Uradni list RS, št. 47/2009.

¹¹ Uradni list RS, št. 47/2009.

¹² Kraut, 1993.

¹³ Kraut, 1993.

¹⁴ Kraut, 1993.

¹⁵ Flygt, 2016

$$d_t = \sqrt{\frac{4 * q_{max}}{\pi * V_t}} = \sqrt{\frac{4 * 1,75 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{\pi * 2,5 \frac{m}{s}}} = 0,0298 m = 0,03m$$

Izbral sem cev PEHD d90, minimalni premer tlačnega voda mora meriti DN 80 mm (Uradni list RS, št. 47/2009).

Določitev volumna zbirališča:

Glede na to da je potrebno zaradi varnosti predvideti dve črpalki, je velikost jaška za ČRP1 $\Phi 140$ cm. Globino jaška se določi glede na potrebni volumen zadrževalnega bazena – akumulacije. Kriterija za določitev volumna so:

- maksimalni dotok na črpališče $q_{max} = 1,75 \text{ l/s} = 1,75 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- število vklopov črpalke na eno uro $n = 4 \text{ vklopov/uro}^{16}$
- vklop črpalke 10 cm pod vtokom v črpališče kota vklopa = 499,40 n.m.
- kota pokrova črpališča kota pokrova = 500,80 n.m.
- minimalna globina vode za varovanje črpalke proti pregretju $h_{min} = 0,30 \text{ m}$

Izračun volumna in globine posode:

$$V_{akumulacije} = q_{max} * t_{polnjenja} = 1,75 * 10^{-3} \frac{m^3}{s} * 900 s = 1,58 m^3$$

Glede na volumen, velikost posode, kote iztoka in minimalne globine vode, je globina posode od pokrova do dna naslednja:

$$h_{akumulacije} = \frac{V_{akumulacije}}{S_{črp1}} = \frac{1,58 m^3}{\pi * 0,7m^2} = 1,03m$$

$$h_{ČRP1} = 0,3 m + 1,03 m + 0,1 m + (500,80 \text{ n. m.} - 499,50 \text{ n. m.}) = 2,73 m$$

Globino črpališča 2,73 m moram upoštevati v nadaljevanju pri računanju moči črpalke, saj je del geodetske višine črpanja (H_{geod}).

¹⁶ Po priporočilih Flygt.

Izračun višine črpanja:

Pri višini črpanja moramo upoštevati geodetsko višinsko razliko (H_{geod}) in višino zaradi izgub na tlačnem vodu (ΔH_T). Te so sestavljene iz izgub zaradi dolžine cevovoda (Δh_{LT}), tistih na kolenih (Δh_K) in izgub na iztoku (Δh_{iz}).

$$H_c = H_{geod} + H_T$$

$$\Delta H_T = \Delta h_{iz} + \Delta h_{LT} + \Delta h_K$$

Geodetska višina:

$$H_{geod} = 2,73 \text{ m} + (512,36 \text{ n. m.} - 500,80 \text{ n. m.}) = 14,29 \text{ m}$$

Kjer so:

- 512,36 n.m. kota dna jaška, kamor se črpa odpadna voda
- 500,80 n.m. je kota pokrova ČRP1
- 2,73m je globina celotnega črpališča

Izgube na tlačnem vodu:

Formule in podatki:

- | | |
|---|--|
| - koeficient trenja | λ_t |
| - Reynoldsovo število | Re |
| - absolutna hrapavost cevi | $\varepsilon = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m}^{17}$ |
| - težnostni pospešek | $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ |
| - viskoznost vode pri 15 ⁰ C | $\nu = 1,142 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}^{18}$ |
| - Gostota vode pri 15 ⁰ C | $\rho = 999,1 \text{ kg/m}^3^{19}$ |

Δh_K

$$\Delta H_T = (\Delta h_{iz} + (\lambda_{LT} * L_{LT})/d_{LT} + 4 * (\Delta h_K) * (v_{LT}^2)/2g$$

¹⁷ Isakovič in Klopčar, 1989.

¹⁸ Isakovič in Klopčar, 1989.

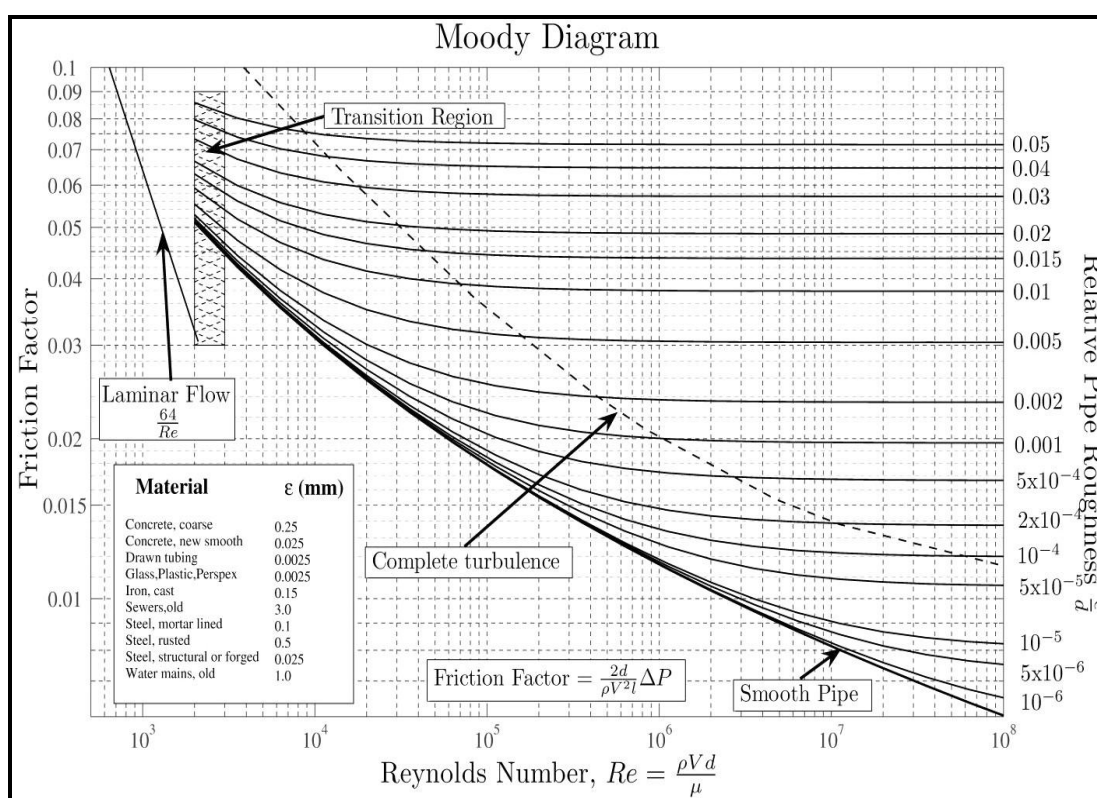
¹⁹ Isakovič in Klopčar, 1989.

$$\lambda_T = f\left(Re; \frac{\varepsilon}{d_t}\right), \quad Re = \frac{v_t * d_t}{\nu}$$

$$\frac{\varepsilon}{d_t} = \frac{5 * 10^{-5} m}{0,08 m} = 6,25 * 10^{-4}$$

$$Re_t = \frac{\frac{2,0 m}{s} * 0,08 m}{1,142 * \frac{10^{-6} m^2}{s}} = 1,40 * 10^5$$

Koeficient trenja λ_t je odvisen od Reynoldsovega števila Re in od relativne hrapavosti cevi $\frac{\varepsilon}{d_t}$. Ti dve vrednosti izračunamo, nato pa iz Moody-jevega diagrama (Slika 16) razberemo koeficient trenja (Isakovič in Klopčar, 1989).



Slika 16: Moodyjev diagram (Moody chart, 2016)

$$Re = 1,75 * 10^5, \rightarrow \lambda_T = 0,014$$

$$\Delta H_T = \left(1 + \frac{0,014 * 217,5 m}{0,08 m} + 4 * 0,6\right) * \frac{\left(\frac{2,0 m}{s}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}} = 8,45 m$$

Višina črpanja:

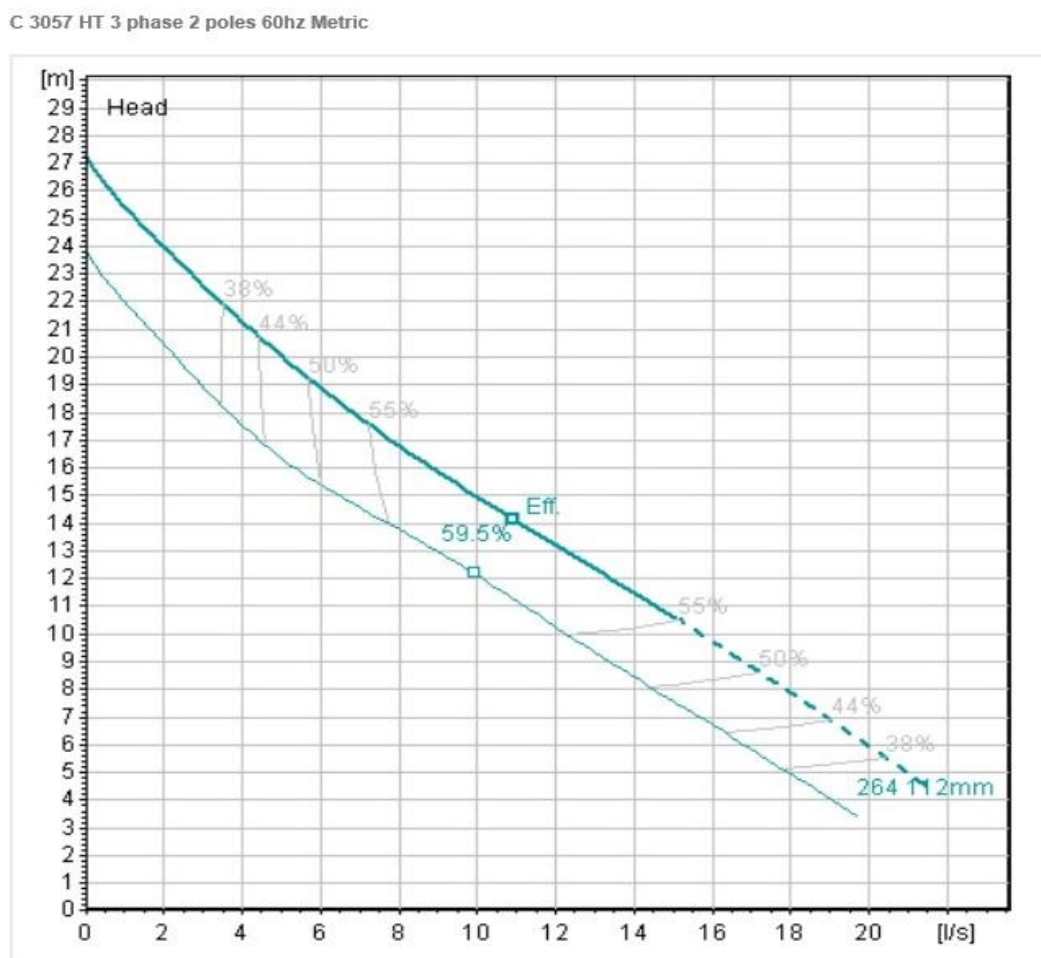
$$H_c = H_{\text{geod}} + H_T = 14,29\text{m} + 8,45\text{m} = 22,74\text{m}$$

Izbira črpalke:

Potrebni podatki za določitev krivulje so:

- $H_c = 22,74\text{ m}$
- $q_{\text{max}} = 1,74\text{ l/s}$

Izbral sem črpalko C 3057 HT z močjo 2,8kW proizvajalca Flygt. Za to črpalko sem se odločil glede na Q-H krivuljo (slika 17), iz katere je razvidno, da je črpalka zmožna črpanja količine q_{max} na višino več kot 22 m.



Slika 17: Q-H krivulja črpalke Flygt C 3057 HT (Flygt, 2016)

Odebeljena črta na grafu pomeni krivuljo delovanja izbrane črpalke z določenim rotorjem. Tanjša črta je različica enake črpalke z drugačnim rotorjem in za moj primer ne pride v poštev. Točka z oznako Eff., pomeni optimalno točko delovanja črpalke iz vidika učinkovitosti črpalke. Na grafu so še označeni različni izkoristki črpalke v odstotkih. Sive krivulje pa so krivulje enakega izkoristka. Črtnan del odebeljene črte predstavlja območje delovanja, ki ni priporočeno. Tam se lahko pojavi kavitacija, ki sčasoma uniči črpalko.

Izbrana črpalka je potopna centrifugalna črpalka. Opremljena je z eno ali dvolopatičnim rotorjem z ukrivljenimi lopaticami v spiralnem ohišju. Oblika in velikost rotorja zmanjšata mašenje na minimum in ravno zato so te črpalke primerne za črpanje odpadnih voda s trdimi delci.

Črpališče 2 (PRILOGA C8)

Na vzhodnem delu naselja preko mostu, ki vodi preko ceste Škofljica - Kočevje, se nahaja črpališče 2 (v nadaljevanju ČRP 2). Nahaja se na parceli številka 256/18, katastrska občina Turjak, za katero je potrebno pridobiti služnost, saj ni v lasti občine. To črpališče bo prečrpavalo odpadno vodo iz približno 30 enodružinskih hiš, kar je enako 150 PE. Voda se bo prečrpavala v jašek D08 na kanalu D, ki vodi do kanala A, ta pa v čistilno napravo. Kota dna jaška D08 je 504,20 n.m., kota vtoka v črpališče pa 487,39 n.m., torej ocena višinske razlike tako znaša 16,80m. Točnejši izračuni in količine sledijo v nadaljevanju.

Pri hidravličnem izračunu za ČRP 2 (Priloga A5) so bili upoštevani naslednji podatki:

Podatki za izračun črpališča:

$$Q_{\text{dnevni}} = 150 * 150 \text{ l/osebo.dan} = 22500,00 \text{ l/dan}$$

$$Q_{\text{max}} = 4,1667 \frac{4}{\sqrt[5]{\frac{P}{1000}}} \quad [\%Qd]$$

Maksimalni urni dotok na kanalizacijo tako znaša:

$$Q_{\text{max}} = 22500,00 \text{ l/dan} * 0,2436 = 5481,00 \text{ l/uro} = 1,52 \text{ l/s}$$

Ob upoštevanju tuje vode je maksimalni urni dotok na ČRP2:

$$Q_{\max} = 2 * 1,52 \text{ l/s} = 3,04 \text{ l/s}$$

- maksimalni dotok na črpališče	$q_{\max} = 3,04 \text{ l/s} = 3,04 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- hitrost v tlačnem vodu	$v_{\max} = 2,0 \text{ m/s}^{20}$
- minimalna hitrost v tlačnem vodu	$v_{\min} = 0,7 \text{ m/s}^{21}$
- dolžina tlačnega voda	$L_t = 287,2 \text{ m}$
- koeficient izgube na iztoku	$\xi_{iz} = 0,5^{22}$
- koeficient izgube na vtoku	$\xi_{vt} = 0,5^{23}$
- koeficient izgube na kolenih	$\xi_k = 0,6^{24}$
- izkoristek črpalke	$\eta_{\text{črpalke}} = 0,75^{25}$

Izbor cevi:

$$d_t = \sqrt{\frac{4 * q_{\max}}{\pi * v_t}} = \sqrt{\frac{4 * 3,04 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi * 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 0,044 \text{ m}$$

Tako kot v prejšnjem primeru, sem tudi za ČRP2 izbral cev PEHD d90.

Določitev volumna zbirališča:

Kriterija za določitev volumna so:

- maksimalni dotok na črpališče	$q_{\max} = 3,04 \text{ l/s} = 3,04 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- število vklopov črpalke na eno uro	$n = 4 \text{ vklopov/uro}^{26}$
- vklop črpalke 10 cm pod vtokom v črpališče	kota vklopa = 487,29 n.m.
- kota pokrova črpališča	kota pokrova = 488,80 n.m.
- minimalna globina vode za varovanje črpalke proti pregretju	$h_{\min} = 0,30 \text{ m}$

Izračun volumna in globine posode:

$$t_{\text{polnjenja}} = \frac{60 \text{ min}}{n} = \frac{60 \text{ min}}{4} = 15 \text{ min}$$

²⁰ Uradni list RS, št. 47/2009.

²¹ Uradni list RS, št. 47/2009.

²² Kraut, 1993.

²³ Kraut, 1993.

²⁴ Kraut, 1993.

²⁵ Po priporočilih Flygt

²⁶ Po priporočilih Flygt.

$$V_{\text{akumulacije}} = q_{\text{max}} * t_{\text{polnjenja}} = 3,04 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 900 \text{ s} = 2,74 \text{ m}^3$$

Glede na volumen, velikost posode ($\Phi 140\text{cm}$), kote iztoka in minimalne globine vode, je globina posode od pokrova do dna naslednja:

$$h_{\text{akumulacije}} = \frac{V_{\text{akumulacije}}}{S_{\text{črp2}}} = \frac{2,74 \text{ m}^3}{\pi * (0,7\text{m})^2} = 1,78\text{m}$$

$$h_{\text{čRP2}} = 0,3 \text{ m} + 1,78 \text{ m} + 0,1 \text{ m} + (488,80 \text{ n. m.} - 487,39 \text{ n. m.}) = 3,59 \text{ m}$$

To višino upoštevamo v nadaljnjih računih pri geodetski višini (H_{geod}).

Izračun višine črpanja:

$$H_{\text{c}} = H_{\text{geod}} + H_{\text{T}}$$

$$\Delta H_{\text{T}} = \Delta h_{\text{iz}} + \Delta h_{\text{LT}} + \Delta h_{\text{k}}$$

Geodetska višina:

$$H_{\text{geod}} = 3,59 \text{ m} + (504,20 \text{ n. m.} - 488,80 \text{ n. m.}) = 18,99 \text{ m}$$

Kjer so:

- 504,20 n.m. kota dna jaška kamor se črpa odpadna voda
- 488,80 n.m. je kota pokrova ČRP2
- 3,59m je globina celotnega črpališča

Izgube na tlačnem vodu:

Formule in podatki:

- koeficient trenja λ_t
- Reynoldsovo število Re
- absolutna hrapavost cevi $\varepsilon = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m}^{27}$
- težnostni pospešek $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

²⁷ Isakovič in Klopčar, 1989

- viskoznost vode pri 15⁰ C $\nu = 1,142 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ²⁸
- Gostota vode pri 15⁰ C $\rho = 999,1 \text{ kg/m}^3$ ²⁹

$(h)_k$

$$\Delta H_T = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum K \right) \frac{v_{\max}^2}{2g}$$

$$\lambda_T = f\left(Re; \frac{\varepsilon}{d_t}\right), \quad Re = \frac{v_{\max} \cdot d_t}{\nu}$$

$$\frac{\varepsilon}{d_t} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{0,08 \text{ m}} = 6,25 \cdot 10^{-4}$$

$$Re_t = \frac{\frac{2,0 \text{ m}}{s} \cdot 0,08 \text{ m}}{1,142 \cdot \frac{10^{-6} \text{ m}^2}{s}} = 1,40 \cdot 10^5$$

$$Re = 1,75 \cdot 10^5, \rightarrow \lambda_T = 0,014$$

$$\Delta H_T = \left(1 + \frac{0,014 \cdot 287,2 \text{ m}}{0,08 \text{ m}} + 6 \cdot 0,6 \right) \cdot \frac{\left(\frac{2,0 \text{ m}}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 11,20 \text{ m}$$

Višina črpanja:

$$H_{\xi} = H_{\text{geod}} + H_T = 18,99 \text{ m} + 11,20 \text{ m} = 30,19$$

Izbira črpalke:

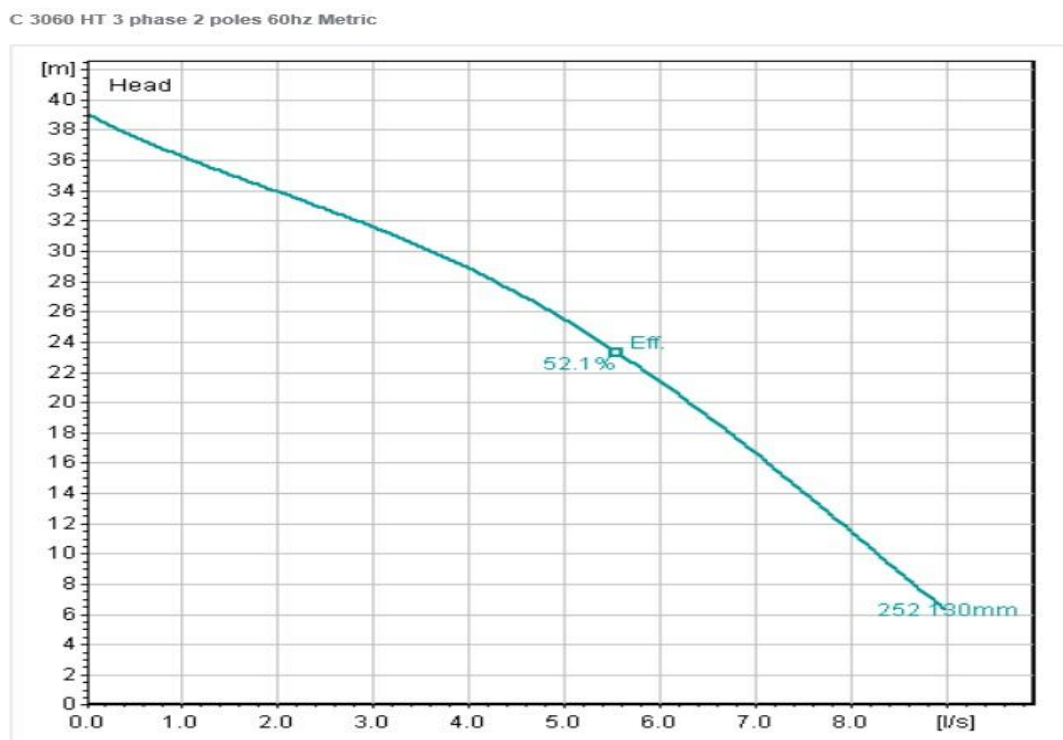
Potrebni podatki za določitev krivulje so:

- $H_{\xi} = 30,19 \text{ m}$
- $q_{\max} = 3,04 \text{ l/s}$
-

Na podlagi Q-H krivulje sem izbral črpalko C 3060 HT z močjo 2,7 kW od proizvajalca Flygt. Iz krivulje na spodnji sliki (Slika 18) se vidi, da je ta črpalka primerna za črpanje relativno majhne količine vode na višino 30 metrov.

²⁸ Isakovič in Klopčar, 1989

²⁹ Isakovič in Klopčar, 1989



Slika 18: Q-H krivulja črpalke Flygt C 3060 HT (Flygt , 2016c)

Črpališče 3 (PRILOGA C9)

Črpališče 3 (v nadaljevanju ČRP3) se ravno tako nahaja na vzhodnem delu naselja. Namenjeno bo prečrpavanju le štirih enodružinskih hiš (20PE). Število populacijskih enot PE sem povečal na 30 zaradi možnosti priklopa novonastalih hiš. Voda se bo prečrpavala v jašek I04 na kanalu I, ki ima koto dna 508,85 n.m.. Kota vtoka v ČRP3 je 504,20 n.m.. Ocena višinske razlike tako znaša 4,65 m. Točnejši izračuni in količine sledijo v nadaljevanju.

Pri hidravličnem izračunu za ČRP3 (Priloga A6) so bili upoštevani naslednji podatki:

Podatki za izračun črpališča:

$$Q_{\text{dnevni}} = 30 * 150 \text{ l/osebo.dan} = 4500,00 \text{ l/dan}$$

$$Q_{\text{max}} = 4,1667 \frac{4}{\sqrt[5]{\frac{P}{1000}}} \text{ [%}Qd\text{]}$$

Maksimalni urni dotok na kanalizacijo tako znaša:

$$Q_{\max} = 4500,00 \text{ l/dan} * 0,3361 = 1512,45 \text{ l/uro} = 0,42 \text{ l/s}$$

Ob upoštevanju tuje vode je maksimalni urni dotok na ČRP3:

$$Q_{\max} = 2 * 0,42 \text{ l/s} = 0,84 \text{ l/s}$$

- maksimalni dotok na črpališče $q_{\max} = 0,84 \text{ l/s} = 8,4 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- hitrost v tlačnem vodu $v_{\max} = 2,0 \text{ m/s}^{30}$
- minimalna hitrost v tlačnem vodu $v_{\min} = 0,7 \text{ m/s}^{31}$
- dolžina tlačnega voda $L_t = 70,5 \text{ m}$
- koeficient izgube na iztoku $\xi_{iz} = 0,5^{32}$
- koeficient izgube na vtoku $\xi_{vt} = 0,5^{33}$
- koeficient izgube na kolenih $\xi_k = 0,6^{34}$
- izkoristek črpalke $\eta_{\text{črpalke}} = 0,75^{35}$

Izbor cevi:

$$d_t = \sqrt{\frac{4 * q_{\max}}{\pi * v_t}} = \sqrt{\frac{4 * 8,4 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi * 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 0,023 \text{ m}$$

Ker na ČRP3 priteče relativno malo vode sem izbral cev PEHD d63, ki ima notranji premer cevi 50mm.

Določitev volumna zbirališča:

Kriterija za določitev volumna so:

- maksimalni dotok na črpališče $q_{\max} = 0,84 \text{ l/s} = 8,4 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- število vklopov črpalke na eno uro $n = 4 \text{ vklopov/uro}^{36}$
- vklop črpalke 10 cm pod vtokom v črpališče $\text{kota vklopa} = 504,10 \text{ n.m.}$

³⁰ Uradni list RS, št. 47/2009.

³¹ Uradni list RS, št- 47/2009.

³² Kraut, 1993

³³ Kraut, 1993

³⁴ Kraut, 1993

³⁵ Po priporočilih Flygt

³⁶ Po priporočilih Flygt.

Izgube na tlačnem vodu:

Formule in podatki:

- koeficient trenja λ_t
- Reynoldsovo število Re
- absolutna hrapavost cevi $\varepsilon = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m}^{37}$
- težnostni pospešek $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- viskoznost vode pri 15° C $\nu = 1,142 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}^{38}$
- Gostota vode pri 15° C $\rho = 999,1 \text{ kg/m}^3^{39}$

$(h)_k$

$$\Delta H_T = \left(\lambda_t \frac{L}{d} + 2 \cdot \zeta \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$\lambda_T = f\left(Re; \frac{\varepsilon}{d_t}\right), \quad Re = \frac{v_t \cdot d_t}{\nu}$$

$$\frac{\varepsilon}{d_t} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{0,05 \text{ m}} = 1,0 \cdot 10^{-3}$$

$$Re_t = \frac{\frac{2,0 \text{ m}}{\text{s}} \cdot 0,05 \text{ m}}{1,142 \cdot \frac{10^{-6} \text{ m}^2}{\text{s}}} = 8,76 \cdot 10^4$$

$$Re = 1,09 \cdot 10^5, \rightarrow \lambda_T = 0,02$$

$$\Delta H_T = \left(1 + \frac{0,02 \cdot 70,5 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} + 2 \cdot 0,6 \right) \cdot \frac{\left(\frac{2,0 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 6,20 \text{ m}$$

Višina črpanja:

$$H_{\xi} = H_{\text{geod}} + H_T = 5,71 \text{ m} + 6,20 \text{ m} = 11,91 \text{ m}$$

³⁷ Isakovič in Klopčar, 1989

³⁸ Isakovič in Klopčar, 1989

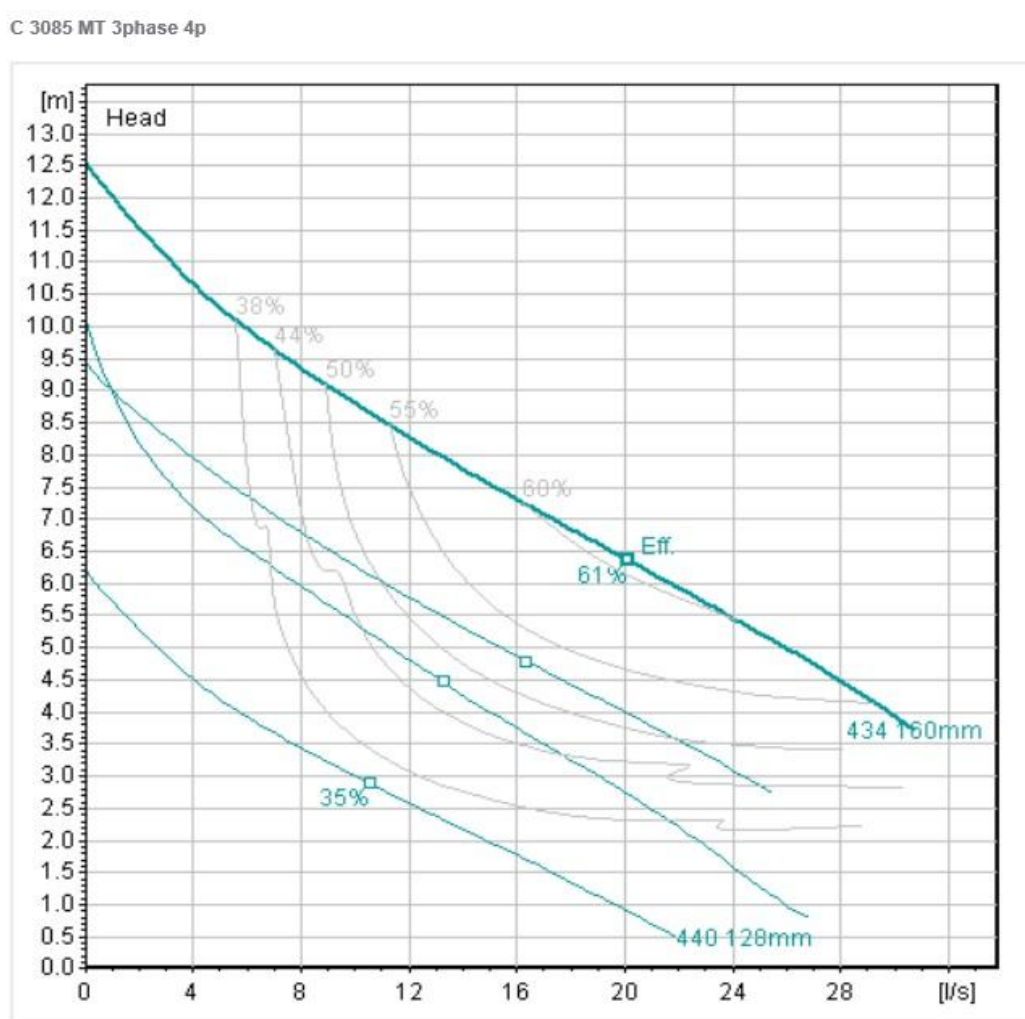
³⁹ Isakovič in Klopčar, 1989

Izbira črpalke:

Potrebni podatki za določitev krivulje so:

- $H_c = 11,91$ m
- $q_{max} = 0,84$ l/s

Na podlagi Q-H krivulje sem izbral črpalko C 3085 MT z močjo 2.2 kW od proizvajalca Flygt. Iz krivulje na spodnji sliki (Slika 19) se vidi, da je ta črpalka primerna za črpanje relativno majhne količine vode na višino 12 metrov.



Slika 19: Q-H krivulja črpalke Flygt C 3085 MT (Flygt C 3085 MT , 2016)

Črpališče 4 (PRILOGA C10)

Na jugo zahodnem delu naselja je predvideno še eno črpališče, ki se ga bo obravnavalo kot skupni kanalizacijski priključek. Črpališče 4 (v nadaljevanju ČRP4) bo namenjeno prečrpavanju treh

enodružinskih hiš. Območje v tem delu je še precej nepozidano, zato bom pri dimenzioniranju ČRP4 uporabil število populacijskih enot za 10 enodružinskih hiš (50PE). Približna višinska razlika črpanja znaša 5.3m. Dno jaška H05 v katerega se bo voda črpala, je na koti 488,30 n.m., vtok v črpališče pa na koti 484,00 n.m.

Pri hidravličnem izračunu za ČRP4 (Priloga 7A) so bili upoštevani naslednji podatki:

Podatki za izračun črpališča:

$$Q_{\text{dnevni}} = 50 * 150 \text{ l/osebo.dan} = 7500,00 \text{ l/dan}$$

$$Q_{\text{max}} = 4,1667 \frac{4}{\sqrt[5]{\frac{P}{1000}}} \text{ [%}Qd\text{]}$$

Maksimalni urni dotok na kanalizacijo tako znaša:

$$Q_{\text{max}} = 7500,00 \text{ l/dan} * 0,3034 = 2275,50 \text{ l/uro} = 0,63 \text{ l/s}$$

Ob upoštevanju tuje vode je maksimalni urni dotok na ČRP3:

$$Q_{\text{max}} = 2 * 0,63 \text{ l/s} = 1,26 \text{ l/s}$$

- | | |
|------------------------------------|---|
| - maksimalni dotok na črpališče | $q_{\text{max}} = 1,26 \text{ l/s} = 1,26 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ |
| - hitrost v tlačnem vodu | $v_{\text{max}} = 2,0 \text{ m/s}^{40}$ |
| - minimalna hitrost v tlačnem vodu | $v_{\text{min}} = 0,7 \text{ m/s}^{41}$ |
| - dolžina tlačnega voda | $L_t = 125,8 \text{ m}$ |
| - koeficient izgube na iztoku | $\xi_{\text{iz}} = 0,5^{42}$ |
| - koeficient izgube na vtoku | $\xi_{\text{vt}} = 0,5^{43}$ |
| - koeficient izgube na kolenih | $\xi_k = 0,6^{44}$ |
| - izkoristek črpalke | $\eta_{\text{črpalke}} = 0,75^{45}$ |

⁴⁰ Uradni list RS, št. 47/2009.

⁴¹ Uradni list RS, št. 47/2009.

⁴² Kraut, 1993

⁴³ Kraut, 1993

⁴⁴ Kraut, 1993.

⁴⁵ Po priporočilih Flygt.

Izbor cevi:

$$d_t = \sqrt{\frac{4 * q_{max}}{\pi * V_t}} = \sqrt{\frac{4 * 1,26 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{\pi * 2,0 \frac{m}{s}}} = 0,028 \text{ m}$$

Za ČRP4 sem izbral cev PEHD d63 z notranjim premerom 50 mm.

Določitev volumna zbirališča:

Kriterija za določitev volumna so:

- maksimalni dotok na črpališče $q_{max} = 1,26 \text{ l/s} = 1,26 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- število vklopov črpalke na eno uro $n = 4 \text{ vklopov/uro}^{46}$
- vklop črpalke 10 cm pod vtokom v črpališče kota vklopa = 483,90 n.m.
- kota pokrova črpališča kota pokrova = 485,00 n.m.
- minimalna globina vode za varovanje črpalke proti pregretju $h_{min} = 0,30 \text{ m}$

Izračun volumna in globine posode:

$$t_{polnjenja} = \frac{60 \text{ min}}{n} = \frac{60 \text{ min}}{4} = 15 \text{ min}$$

$$V_{akumulacije} = q_{max} * t_{polnjenja} = 1,26 * 10^{-3} \frac{m^3}{s} * 900 \text{ s} = 1,13 \text{ m}^3$$

Glede na volumen, velikost posode ($\Phi 120\text{cm}$), kote iztoka in minimalne globine vode, je globina posode od pokrova do dna naslednja:

$$h_{akumulacije} = \frac{V_{akumulacije}}{S_{\text{črpa}}} = \frac{1,13 \text{ m}^3}{\pi * 0,6 \text{ m}^2} = 0,99 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$$

$$h_{\text{ČRP4}} = 0,3 \text{ m} + 1,00 \text{ m} + 0,1 \text{ m} + (485,00 \text{ n. m.} - 484,00 \text{ n. m.}) = 2,40 \text{ m}$$

To višino upoštevamo v nadaljnjih računih pri geodetski višini (H_{geod}).

Izračun višine črpanja:

$$H_{\text{č}} = H_{\text{geod}} + H_T$$

⁴⁶ Po priporočilih Flygt.

$$\Delta H_T = \Delta h_{iz} + \Delta h_{LT} + \Delta h_k$$

Geodetska višina:

$$H_{geod} = 2,40 \text{ m} + (488,30 \text{ n. m.} - 485,00 \text{ n. m.}) = 5,70 \text{ m}$$

Kjer so:

- 488,30 n.m. kota dna jaška kamor se črpa odpadna voda
- 485,00 n.m. je kota pokrova ČRP4
- 2,40 m je globina celotnega črpališča

Izgube na tlačnem vodu:

Formule in podatki:

- koeficient trenja λ_t
- Reynoldsovo število Re
- absolutna hrapavost cevi $\varepsilon = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m}^{47}$
- težnostni pospešek $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- viskoznost vode pri 15^0 C $\nu = 1,142 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}^{48}$
- Gostota vode pri 15^0 C $\rho = 999,1 \text{ kg/m}^3^{49}$

$(h)_k$

$$\Delta H_{LT} = \left(\left[\frac{v}{c} \right] \right)_{iz} + (\lambda_{LT} * L_{LT}) / d_{LT} + 3 * (k) * (v_{LT}^2) / 2g$$

$$\lambda_T = f \left(Re; \frac{\varepsilon}{d_t} \right), \quad Re = \frac{v_{max} * d_t}{\nu}$$

$$\frac{\varepsilon}{d_t} = \frac{5 * 10^{-5} \text{ m}}{0,05 \text{ m}} = 1,0 * 10^{-3}$$

⁴⁷ Isakovič in Klopčar, 1989

⁴⁸ Isakovič in Klopčar, 1989

⁴⁹ Isakovič in Klopčar, 1989

$$Re_t = \frac{\frac{2,0m}{s} * 0,05m}{1,142 * \frac{10^{-6}m^2}{s}} = 8,76 * 4$$

$$Re=1,09*10^5, \rightarrow \lambda_T=0,02$$

$$\Delta H_T = \left(1 + \frac{0,02 * 125,8m}{0,05m} + 3 * 0,6\right) * \frac{\left(\frac{2,0m}{s}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}} = 10,8m$$

Višina črpanja:

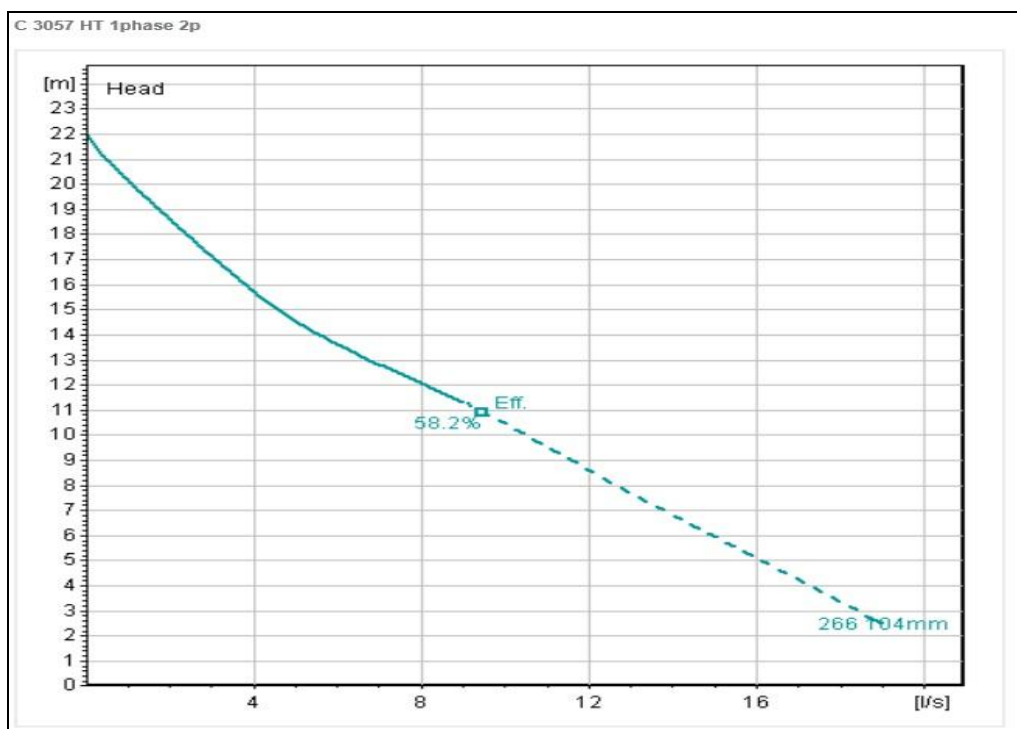
$$H_c = H_{geod} + H_T = 5,70m + 10,8m = 16,50m$$

Izbira črpalke:

Potrebni podatki za določitev krivulje so:

- $H_c = 16,50 m$
- $q_{max}=1,26 l/s$

Na podlagi Q-H krivulje (Slika 20) sem izbral črpalke C 3057 HT z močjo 1,7 kW od proizvajalca Flygt.



Slika 20: Q-H krivulja črpalke Flygt C 3057 HT (Flygt, 2016)

Vse štiri izbrane črpalke so potopne centrifugalne črpalke. Opremljene so z eno ali dvolopatičnim rotorjem z ukrivljenimi lopaticami v spiralnem ohišju. Oblika in velikost rotorja zmanjšata mašenje na minimum in ravno zato so te črpalke primerne za črpanje odpadnih voda s trdimi delci.

7.1.4 Čistilna naprava

Za ureditev odvajanja komunalnih odpadnih vod iz naselja Rašica je predvidena izgradnja ločenega sistema odvajanja odpadne komunalne vode. V ta namen bodo zgradili tipsko malo čistilno napravo z biološko stopnjo čiščenja kapacitete 350 PE (v nadaljevanju ČN). Iztok iz čistilne naprave se priključi na obstoječo meteorno kanalizacijo, ki se izliva v potok Rašica.

Locirana bo na jugu vasi Rašica ob uvozu iz glavne ceste Ljubljana-Kočevje. Pri lokaciji MBČN je bila upoštevana tudi presoja poplavnih vod (Urbanija d.o.o.). Po upoštevanju te, je v območju mostu preko potoka gladina Rašice Q100 na višini 477,50 n.m.. Območje, kjer je predvidena lokacija in vgradnja ČN, pa je na višini 479,00 n.m. in višje.

Komunalne odpadne vode, ki pritekajo v predvideno ČN, naj bi po kvaliteti ustrezale kriterijem iz: Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaženja (Uradni list RS, št. 47/2005). Delovanje naprave mora potekati nemoteno in v skladu z zakonskimi normativi glede mejne vrednosti BPK₅ in KPK, ki znašajo za male ČN velikosti do 2000 PE:

- KPK: 300-1000 mg/l O₂
- BPK₅: 150-300 mg/l O₂
- suspendirane neraztopljene snovi: 200-700 mg/l
- vrednost pH od 6 do 8

Na iztoku iz ČN namestimo merilni jašek za potrebe izvajanja meritev. Kvaliteta vode na iztoku iz čistilne naprave mora ustrezati naslednjim uredbam in pravilnikom:

- Pravilnik o meritvah (Uradni list RS, št. 35/1996, 29/2000, 106/2001),
- Uredba o emisiji snovi (Uradni list RS, št. 103/2002),
- Pravilnik o odvajanju in čiščenju (Uradni list RS, št. 105/2002),
- Uredba o obliki poročila o občasnih ali trajnih meritvah (Uradni list RS, št. 1/2001, 106/2001).

Skladno z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju in odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS 98/2007, 30/2010, 98/2015), morajo biti odpadne vode očiščene do te mere, da znaša mejna vrednost BPK₅ 30 mg/l O₂ in KPK 150 mg/l O₂. Učinek čiščenja ne sme biti manjši od 80%.

Izbral sem si malo komunalno čistilno napravo SBR REG 350 PE od proizvajalca Regeneracija d.o.o.

Tehnološki sklopi izbrane biološke čistilne naprave za 350 PE

Čistilna naprava za naselje Rašica je mehanska biološka čistilna naprava, ki temelji na SRB tehnologiji in obsega naslednje tehnološke sklope:

- PESKOLOV
- KINETA Z GRABLJAMI
- ZADRŽEVALN BAZEN Z MAŠČOBNIKOM
- ZALOGOVNIK BLATA
- IZTOČNI JAŠEK
- MONTAŽNI OBJEKT

Peskolov

Funkcija peskolova je zaščita grabelj pred mehanskimi poškodbami.

Kineta z grabljami

Namen grabelj je odstranjevanje mehanskih nečistoč. Svetla odprtina je 3-6 mm. Vklaplajo se v časovnih intervalih glede na razliko nivoja vode pred grabljami in za njimi. Vgrajen imajo tudi kompaktor, ki iztisne vodo iz blata. Odcejeni odpadki se transportirajo v zabojnik, mehansko očiščena voda pa odteče v maščobnik. Do grabelj je potrebno speljati še tlačni cevovod za občasno spiranje sita.

Zadrževalni bazen z maščobnikom

Voda priteka v maščobnik, kjer se na površju izločijo maščobe po principu razlike v specifičnih težah vode in maščob. Iz maščobnika preko preliva teče voda v zadrževalni bazen, kjer se poleg surove odpadne vode zbira tudi blatenica iz zalogovnika blata, s katero v zadrževalni bazen deloma vstopa tudi aktivno blato. Od tu se voda prečrpava ciklično v SRB reaktor.

SRB reaktor

Biološka ČN tipa SBR deluje po principu čiščenja odpadne vode z lebdečo biomaso, pri katerem so mikroorganizmi, ki opravljajo biološko razgradnjo organskih snovi in drugih primesi v odpadni vodi, v suspenziji. Bakterijska združba za svojo rast porablja nečistoče iz odpadne vode in kisik, neusedljiva raztopljenjena organska snov se pretvarja v usedljivo in mineralizirano obliko. Na tak način je odpadna

voda biološko očiščena. Biološko čiščenje odpadne vode poteka v ponavljajočih se 6 urnih ciklih.

Posamezni cikel je sestavljen iz več faz:

- polnjenje (črpanje vode v SRB reaktor)
- prezračevanje (odstranjevanje organskega onesnaženja)
- mešanje (dentrifikacija)
- sedimentacija in bistrenje
- iztok očiščene vode
- črpanje odvečnega aktivnega blata v zalogovnik blata

S pomočjo puhal se v odpadni vodo dovaja zrak in s tem kisik. Tako je v biološki stopnji zagotovljena zadostna količina kisika, hkrati pa je odpadna voda v stalnem gibanju, tako da je razpršena biomasa v lebdečem stanju. Raztopljen kisik v vodi se kontrolira s kisikovo sondo. Po fazi sedimentacije se očiščena voda s pomočjo črpalke črpa na iztok.

Zalogovnik blata

S kontaktnim bazenom je povezan preko prelivnega roba, tako da se odcejena voda z vrha zalogovnika vrača v zadrževalni bazen. Dovod blata se občasno dovaja iz biološke stopnje. Ko je zalogovnik poln blata, se blato izčrpa in odpelje na nadaljnjo obdelavo.

Iztočni jašek

Na iztoku pred odtokom v odvodnik vgradimo merilni jašek, ki je namenjen odvzemanju vzorcev in izvajanju meritev.

Montažni objekt

V objektu so nameščene grablje z zabojnikom za odpadke in kompresorjem in ločen prostor za elektro opremo.

V sklopu čistilne naprave je potrebno predvideti tudi elektro in vodovodni priključek.

7.2 Kanalizacija padavinskih vod

Za potrebe odvodnjavanja glavne ceste, ki vodi skozi vas Rašica, je potrebno dimenzionirati meteorni kanal.

Pri določitvi dotočne količin na meteorni kanal, je potrebno upoštevati predvsem padavine v obliki kratkotrajnega deževja in nalivov. Volumen dotoka na kanalizacijo je odvisen od jakosti, trajanja in pogostosti naliva, od velikost prispevne površine in odtočnega koeficienta (Kolar, 1983).

Prispevno območje, ki ga odvodnjavamo s kanalom, nima povsod enake prepustnosti zaradi raznovrstnosti podlag (asfaltirane površine, strehe, travniki, gozd...), razmer v atmosferi in oblike prispevne površine. Zaradi tega moramo za vsako karakteristično površino izračunati koeficient odtoka. Ta pomeni razliko med količino padavin, ki padejo na površino, in količino vode, ki odteče v sistem kanalizacije. Koeficient odtoka prispevne površine izračunamo po naslednji formuli:

$$\varphi' = \frac{\sum \varphi_i \cdot F_i}{\sum F_i}$$

Pri tem moramo za posamezne dele prispevnega območja upoštevati delne koeficiente odtoka. Delni koeficienti odtoka so odvisni od akumulacije vode, ponikanja in izhlapevanja in od časa koncentracije vode. V spodnji preglednici 9, so podani koeficienti odtoka za razne površine (Kolar, 1983)

Preglednica 11: Koeficienti odtoka za razne vrste površin (Kolar, 1983: 78)

VRSTA POVRŠINE	φ [%]
Strehe s pločevinasto in emajlirano kritino	95
Strehe z običajno kritino	90-85
Ceste in poti, utrjene z betonom ali asfaltom	85-90
Tlaki iz naravnega ali umetnega kamna z zalitimi stiki	75-85
Tlaki iz naravnega ali umetnega kamna z nezalitimimi stiki	50-70
Z bitumensko emulzijo obrizgana površina	25-60
Slabo utrjene poti brez površinske obdelave	15-30
Kolodvori in igrišča	10-30
Parki, vrtovi in travnik	5-25
Gozd	1-20

Pri cestah in parkiriščih moramo biti še posebej pozorni na onesnaženost vode z različnimi mineralnimi snovmi, naftnimi derivati, soljo pozimi in z obrabo gum in asfalta. To je še posebej izrazito po daljšem obdobju brez padavin in ob močnih nalivih (Panjan, 2005).

Preden tako onesnažene vode spustimo v ponikanje, vodotok ali kanalizacijo, jih je potrebno očistiti na lovilcu olj in bencina. Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest velja, da javne ceste, ki prečkajo kraške vodonosnike, in je dnevno povprečje pretoka vozil večje od 6.000 enot osebnih vozil na dan (v nadaljevanju EOVS/ dan), je potrebno te vode očistiti (Ur. l. RS, št. 47/2005).

Ponavadi vgrajujemo lovilce olj z razbremenilnikom, da ne dobimo prevelikih dimenzij lovilca olj. To pomeni, kadar je pretok majhen, se voda čisti v lovilcu olj, ko pa se poveča toliko, da je voda dovolj razredčena, gre preko razbremenilnika mimo same tehnologije za čiščenje vode. V naselju Rašica je pretok vozil manjši od 6000 EOv/dan, zato lovilec olj ni potreben.

Pri dimenzioniranju je potrebno upoštevati tudi samo širjenje naselja v prihodnosti. S širjenjem nastajajo nove površine (ceste, strehe, tlakovane površine...), ki imajo ponavadi večji odtočni koeficient, kot je bil naravni (gozd, travnik...). S tem se poveča količina odтока meteorne vode na kanalizacijo.

Varnost kanalskega omrežja pred poplavitvijo in stroški izgradnje sta najpomembnejša dejavnika pri izbiri pogostosti naliva. Izberemo ga tako, da stroški gradnje ne presegajo preveč morebitno škodo zaradi poplav. Ponavadi dimenzioniramo kanalizacijo v urbanih naseljih na pogostost $n=1$ ali $n=0,5$. Kjer pomeni za $n=1$, da se bo tak naliv pojavil v povprečju enkrat na leto, za $n=0,5$ pa enkrat na dve leti (Panjan, 2005).

7.3 Metode za hidravlični preračun kanalizacijske mreže

7.3.1 Iteracijska metoda

Ta računsko metoda sodi med metode za določanje pretočnih časov. Upoštevati je potrebno, da se največji pretok Q_{max} pojavi takrat, ko je vsota časov enaka računskemu času trajanja nalivov t_r . Pri tem je potrebno upoštevati še kontinuitetno enačbo, ki pravi, da v omrežje priteka in odteka stalno enak dotok. Pri metodi se ne upošteva postopne polnitve kanala, niti nabirne oziroma retenzijske sposobnosti, ampak le dejanska polnitev kanala. To pomeni, da je lahko kanal delno poln, sicer je potrebno upoštevati celoten prerez. Pri delni polnitvi upoštevamo padec dna I_d , medtem ko pri polnem profilu upoštevamo hidravlični gradient I_g . Naklon gladine I_g (hidravlični gradient) izračunamo po Manningovi enačbi za polni profil. Hitrost v polni cevi izračunamo po enačbi $v_p = Q/S$. Naklon dna kanala velja za primer, ko je cev le delno polna. Na podlagi reducirane odtočne količine Z_1 odčitamo višino vode (h) v kanalu in reduciramo hitrost vode (Panjan, 2005).

7.3.2 Retenzijska metoda

Pri tej metodi se upošteva prostornina posameznih cevi, in sicer tako, da vsako cev razdelimo na delne višine Δh , iz teh pa dobimo tudi delne prostornine ΔV . Pri tej metodi je potrebno upoštevati naslednje predpostavke:

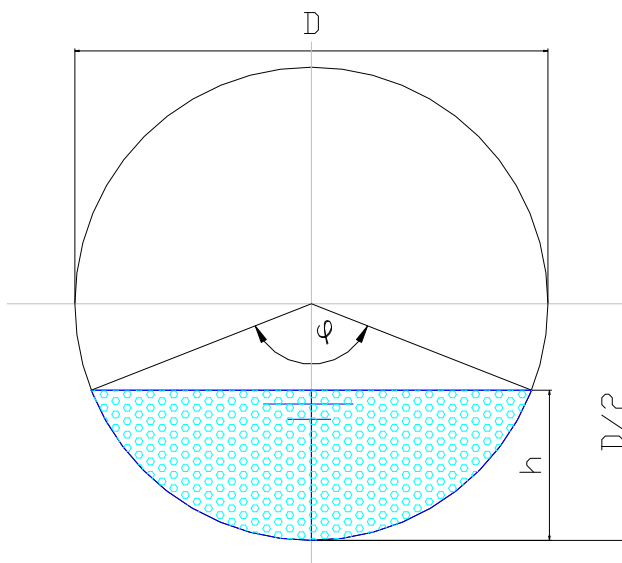
- dimenzije cevi se povečujejo skladno s prispevnimi površinam; večja površina namreč pomeni tudi večji Q ,
- za kot polnitve kanalskih cevi privzamemo, da je podoben za celotno omrežje.

Izračun hidravlike je podoben kot pri iteracijski metodi, zato so tudi predpostavke enake. Razlika je le v tem, da tu upoštevamo odstotek polnitve in iz tega dodatno izračunamo volumnne. Enačbe, ki jih uporabimo pri izračunu, so sledeče (Panjan, 2005):

$$- S = D^2 * C = D^2 * \left[\frac{1}{8} * \left(\frac{\pi * \varphi}{180} - \sin \varphi \right) \right]$$

$$- R = \frac{S}{O} = \frac{D}{4} * \left(\frac{1 - \sin \varphi}{\varphi} \right)$$

$$- \varphi = 2 * \arccos \left(\frac{D/2 - h}{D/2} \right)$$



$$- ret_i = \frac{2 * \Delta V}{t_i}$$

7.3.3 Računska (analitična) metoda

Računska metoda je najenostavnejša metoda za dimenzioniranje kanalskega omrežja. Dobimo približne rezultate, zato ker v enačbi upoštevamo poln prerez kanalov. S tem v začetnih odsekih umetno podaljšamo odtočni čas in zmanjšamo odtočne količine. To je metoda pretočnih časov in ima več predpostavk:

- za izračunan padavinski odtok je cev polna,

- jakost naliva med trajanjem naliva ostane enaka,
- koeficient odtoka se ne spreminja,
- čas zbiranja je zanemarljiv,
- dotočne ploskve so določene po metodi strešin in so pravilnih oblik.

Po Fruhlingu nastopi največja odtočna količina v trenutku, ko je odtočni čas enak času preračunskega naliva ($T = t_r$). Za vsak odtočni čas, ki je večji od t_r , nastopi zmanjšanje odtoka. Tega upoštevamo z zmanjševalnim faktorjem Ψ , ki ga za $T > t_r$ odčitamo iz Grafikona 2.

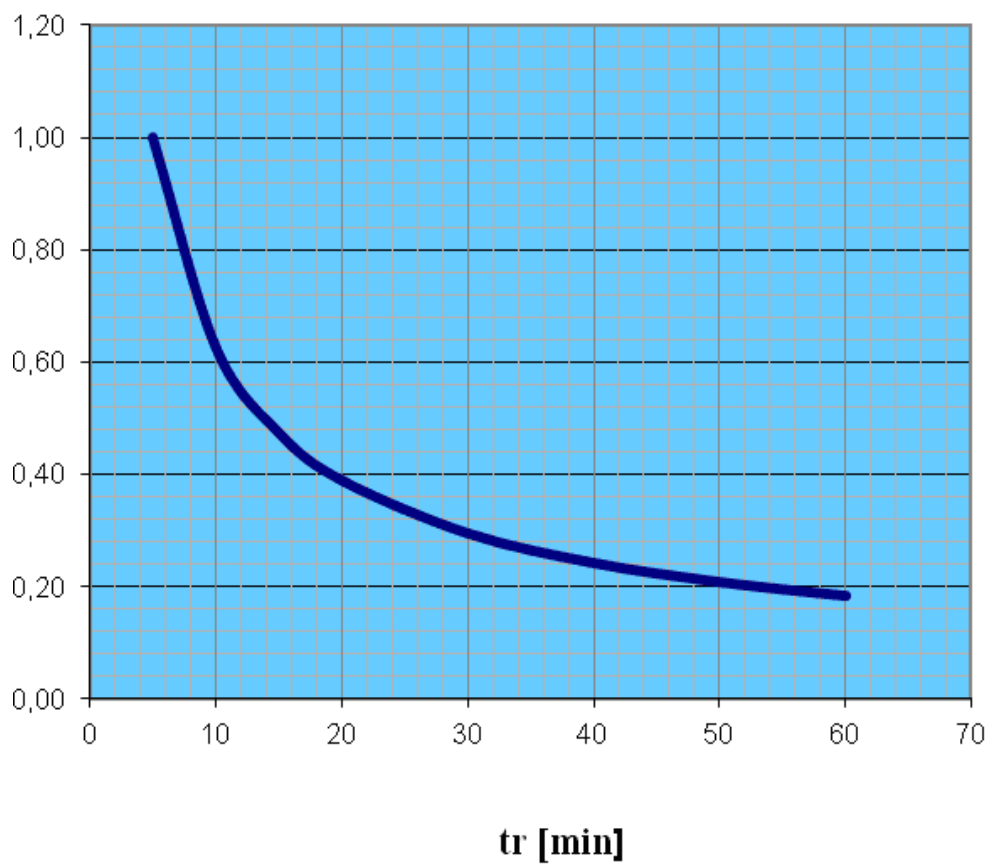
Preglednica 12: Jakost odtoka naliva za Ljubljano (Sketelj, 1972:20)

Čas trajanja naliva	Jakost odtoka naliva	Zmanjševalni faktor
tr [min]	q [l/(s*ha)]	Ψ
5	404,50	1,00
10	253,10	0,63
15	191,60	0,47
20	157,20	0,39
30	119,00	0,29
40	97,60	0,24
50	83,80	0,21
60	73,90	0,18

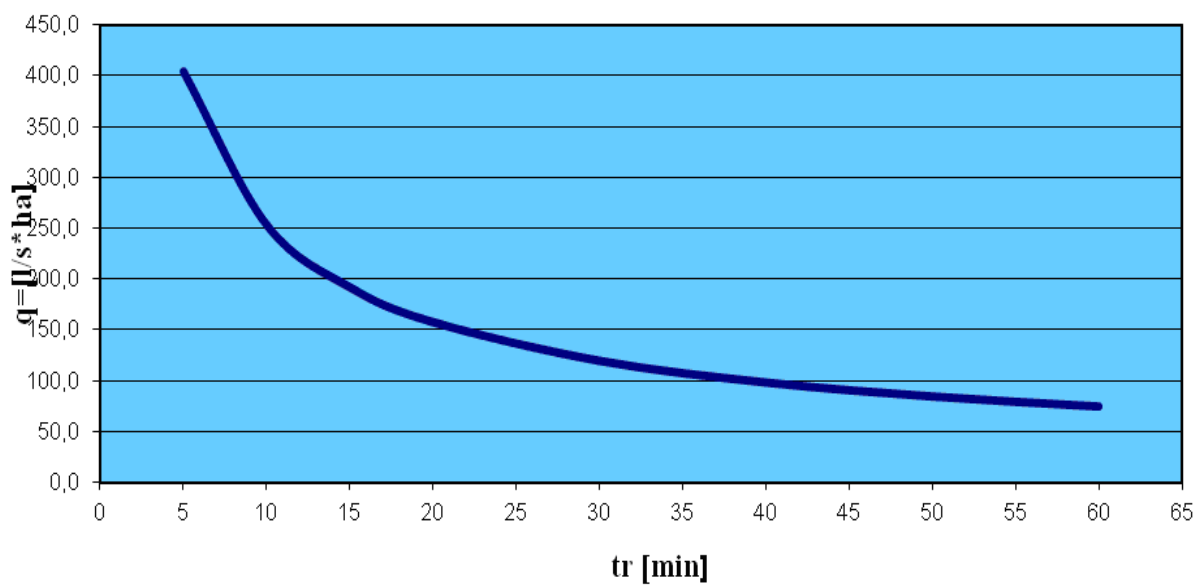
Podatki o jakosti odtoka naliva za Ljubljano so povzeti po Sketlju (1972). Zmanjševalni faktor je izračunan po naslednji formuli:

$$\psi_i (i=5,10,15...60) = \frac{q_i}{q_5}$$

Grafikon 2: Krivulja zmanjševalnega faktorja



Grafikon 3: Krivulja intenzitete naliva za Ljubljano



Naklon gladine I_g izračunamo po Manningovi enačbi:

$$I_g = \left(\frac{v \cdot n_G}{R^{2/3}} \right)^2$$

Za okrogli prerez cevi velja:

$$R = \frac{\phi}{4}$$

Hitrost v_p izračunamo po enačbi:

$$v_p = \frac{4Q}{\pi\phi^2}$$

7.4 Hidravlični izračun

Glede na to da je potrebno dimenzionirati meteorni kanal samo za potrebe odvodnjavanja ceste, si bom izbral to metodo, ki je najbolj enostavna.

Za prispevno površino sem vzel glavno cesto, ki vodi skozi vas Rašica, in del površin, na katere meji cesta. Začne se pri najvišji točki (~314,00 n.m), zaključi pa se na jugu pri čistilni napravi, kjer je najnižja točka (~479,00 n.m.). Skupna prispevna površina na kanalizacijo padavinskih vod znaša $F = 2000 \text{ m}^2$. Cesta pada od severa proti jugu s povprečnim padcem 10.0 %.

Dobil sem relativno majhno prispevno površino in s tem posledično tudi kratek odtočni čas ($T=5 \text{ min}$), ki je krajši od časa preračunskega naliva ($t_r = 10 \text{ min}$), zato lahko zmanjševalne faktorje v izračunu hidravlike zanemarim.

Pri dimenzioniranju odpadne kanalizacije sem upošteval še naslednje podatke in parametre:

- | | |
|----------------------------|---|
| - pogostost naliva | $n = 0,5$ |
| - inteziteta naliva | $q = 253,1 \text{ l/s.h}^{50}$ |
| - trajanje naliva | $t = 10 \text{ minut}$ |
| - odtočni koeficient | $\phi = 0,9$ (Cesta urejena z asfaltom) |
| - maksimalna polnitev cevi | 70% |
| - prispevna površina | $F = 2000,0 \text{ m}^2 = 0,2 \text{ ha}$ |

⁵⁰ Sketelj, 1972.

- operacijska hrapavost $k_b = 0,5 \text{ mm}$
- minimalna hitrost $V_{\min} = 0,4 \text{ m/s}$
- maksimalna hitrost $V_{\max} = 3,0 \text{ m/s}$

Dotok na meteorno kanalizacijo tako znaša:

$$Q = F * q * \varphi = 0,2 \text{ ha} * 253,1 \text{ l/s.h} * 0,9 = 45,56 \text{ l/s}^{51}$$

Kontrola pretokov in hitrosti za izbrano betonsko cev BC DN 300 mm.

Najmanjši padec meteorne kanalizacije se pojavi čisto na koncu, pred čistilno napravo in znaša $i=2,0\%$. Betonska cev dimenzije DN 300 mm ima pri tem padcu in operacijski hrapavosti $n=0,5\text{mm}$ naslednje karakteristike izračunane po Manningovi enačbi:

Hitrost v :

$$v = 77 * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

Pretok Q :

$$Q = S * v$$

$$Q = 136,8 \text{ l/s} \text{ pri hitrosti } v = 1,94 \text{ m/s}^{52}$$

Delež polnitve tako znaša:

$$Q_{[\%]} = \frac{Q_{\max}}{Q} = \frac{45,56 \frac{\text{l}}{\text{s}}}{136,80 \frac{\text{l}}{\text{s}}} = 33,30\%$$

Pri delni zapolnitvi 33,3% znaša dejanska hitrost pretoka in dejanska višina polnitve po konzumpcijski krivulji (Slika 15):

$$V_{\min} = 0,4 \text{ m/s} < V_{\text{dej}} = 1,73 \text{ m/s} < V_{\max} = 3,0 \text{ m/s}$$

$$h_{\text{dej}} = 121 \text{ mm} \rightarrow 40,34\% < 70,0\%$$

⁵¹ Bolj podroben izračun je prikazan v prilogi A3.

⁵² Glej prilogo A4.

Kontrola je potrebna tudi za največji padec, ki znaša 8,0%. Pri takem padcu bo dejanska hitrost (V_{dej}) večja od maksimalne dovoljene hitrosti (V_{max}). Karakteristike za betonsko cev DN 300 mm v tem primeru znašajo (po Manningovi enačbi) :

$$Q = 273,6 \text{ l/s pri hitrosti } v = 3,87 \text{ m/s}^{53}$$

Delež polnitve tako znaša:

$$Q_{[\%]} = \frac{Q_{max}}{Q} = \frac{45,56 \frac{\text{l}}{\text{s}}}{273,6 \frac{\text{l}}{\text{s}}} = 16,65\%$$

Pri delni zapolnitvi 16,65% znaša dejanska hitrost pretoka in dejanska višina polnitve po konzumpcijski krivulji (Slika 15):

$$V_{min} = 0,4 \text{ m/s} < V_{dej} = 2,83 \text{ m/s} < V_{max} = 3,0 \text{ m/s}$$

$$h_{dej} = 84 \text{ mm} \rightarrow 27,95\% < 70,0\%$$

Pri izračunih in kontrolah vidimo, da dimenzija cevi ustreza maksimalnemu pretoku $Q_{max}=45,56 \text{ l/s}$. Dejanska dimenzija cevi bi bila lahko manjša, vendar se nikoli ne ve, koliko površin bodo v bodoče pozidali in jih morda priključili kar na to meteorno kanalizacijo. Poleg tega je v takem okolju več možnosti, da se v kanalu znajdejo razne naplavine, ki zmanjšajo prerez cevi. Zato je bolje, da je meteorni kanal nekoliko predimenzioniran.

7.5 Izvedba

7. 5.1 Polaganje kanalizacijskih cevi:

Za vso javno kanalizacijo za odpadne komunalne vode uporabimo kanalizacijske GRP cevi togostnega razreda SN8. Stike med cevmi je potrebno zatesniti z gumijevimi tesnili, da zagotovimo čim boljše vodotesnost. Za priključitev posameznih hišnih priključkov uporabimo odgovarjajoče odcepne fazonske elemente. Izbrane cevi morajo ustrezati EN normam z amortizacijsko dobo 50 let.

Glede na predvidoma dobro nosilnost terena, cevi polagamo na peščeno posteljico. Posteljica se mora izvesti na predpisani globini in z predvidenim vzdolžnim padcem. Ko cevi položimo na peščeno posteljico, jih obsujemo z novo pripeljanim prodnatim materialom in utrdimo v plasteh do višine 20,0

⁵³ Glej prilogo A4.

cm nad temenom cevi. Preostali del kanalizacijskega jarka do tamponskega sloja ceste zasujemo z izkopanim materialom. Zgoščevanje zasipa cevi se izvede do zbitosti 95% po Proctorjevem preizkusu. Pri zgoščanju se poveča gostota zemljine, s tem pa dosežemo večjo strižno trdnost, manjšo deformabilnost in s tem manjše posedke. To je še posebej pomembno pri kanalizaciji, saj bi veliki posedki lahko povzročili poškodbe na ceveh. S tem bi se vodotesnost kanalizacije močno zmanjšala, sanacije takih okvar pa so precej drage.

Na posameznih odsekih obstoječe asfaltne ceste se v celoti predvidi obnova asfalta, saj je ta sorazmerno dotrajan in uničen. Kjer globina in trasa kanalizacije dopuščata, se asfalt le polovično odstrani. Na območju, kjer bi bila potrebna zamenjava obstoječega javnega vodovoda, se v celoti odstrani obstoječi asfalt in nadomesti z novim, ki bo imel enako kvaliteto kot obstoječi, utrditi pa bi bilo potrebno tamponski sloj.

7.5.2 Revizijski jaški

Revizijski jaški na kanalizaciji odpadnih komunalnih vod so iz armiranega poliestra. Jaški do globine 1,30 m imajo dimenzijo $\varnothing 80$ cm, globlji pa $\varnothing 100$ cm (Uradni list RS, št. 47/2009). Pri jaških, kjer je stopnja priključka višja kot 0,50 m, se priključek izvede s kaskado, ki zmanjša energijo vode in s tem varuje dno jaška pred erozijo. Za to uporabimo ustrezne fazonske elemente. Ker se nahajajo v območju ceste, morajo biti povozne kvalitete z debelino stene $d=9$ mm in ojačitvenimi obroči. To preprečuje razne okvare in spremembe na kanalizaciji, obenem pa zagotavlja vodotesnost celotnega sistema izvedene kanalizacije. Nove revizijske jaške vgradimo na predhodno položen podložni beton C16/20. Dno se izoblikuje v koritnico, ki usmerja pretok vode skozi jašek. Izvajalec mora pri jaških iz poliestra ali PEHD-ja pravočasno naročiti izdelavo posameznega revizijskega jaška pri izbranem proizvajalcu s potrebnimi tehničnimi podatki. Za vsak posamezni revizijski jašek mora pripraviti naslednje podatke:

- profil vtočnega in iztočnega kanala
- smerni horizontalni kot med vtočnim in iztočnim kanalom
- višino priključnih kanalov glede na dno in višino jaška

Ko se dobavljeni jašek vgradi v kanalizacijski jarek, se preko njega namesti montažno krovno ploščo iz AB betona C25/30 z vgrajenim tipskim okvirjem kanalizacijskega pokrova. Pokrovi za revizijske jaške na zunanji kanalizaciji so litoželezni, dimenzije $\varnothing 60$ cm, z nosilnostjo 400 kN; imeti morajo tudi protihrupni vložek ter odprtine za prezračevanje. Po kvaliteti morajo biti izdelani in preizkušeni po standardu SIST EN 124. Vse pokrove namestimo v nivoju zunanje ureditve in morajo biti vidni ter dostopni za redna vzdrževalna dela na kanalizacijskem omrežju.

7.5.3 Preizkus vodotesnosti

Po končanem polaganju in pritrditvi cevovoda, je potrebno zatesniti stike in preizkusiti vodotesnost. Preizkus se opravi na delno zasutem oziroma obbetoniranem cevovodu. Odkriti morajo biti le stiki med posameznimi cevnimi elementi. Vse odprtine cevovoda se tesno zapre. Pred preizkusom se zavaruje tudi zaključek in začetek cevovoda, da se cevni stiki ne bi razrahljali. Cevovod začnemo polniti z vodo na najnižjem delu, pri čemer pazimo, da v cevovodu ne nastajajo zračni mehurji. Med polnitvijo cevovoda in pričetkom preizkusa naj poteče toliko časa, da se iz cevovoda odstrani preostali zrak (SIST EN 1610).

Za ugotavljanje pritiska uporabljamo prozorno cev ali merilec pritiska. Pritisk se odčita na najnižjem delu cevovoda; tu naj pritisk znaša 1,0 m vodnega stebra nad črto gladine, določeno v projektu; na najvišjem mestu pa naj ne sega nad 0,5m čez črto gladine. Pritisk se vzdržuje 1-5 ur; v tem času merimo količino vode, ki jo je potrebno dodati za vzdrževanje začetnega pritiska. Količina vode, ki smo jo dodali med meritvijo, ne sme presežati vrednosti 0,02 l/m² omočene površine za GRP cevi in 0,30 l/m² betonske cevi. Preizkus se izvede po standardu SIST EN 1610.

Po uspešno opravljenem preizkusu vodotesnosti zasujemo z izkopanim materialom do višine tamponskega ustroja zgornje utrjene podlage. Z izkopanim materialom zasujemo v plasteh in utrjujemo po standardnem postopku.

7.5.4 Hišni priključki:

Obstoječi objekti imajo speljano odpadno vodo iz objekta v pretočno ali nepretočno greznico. Ob zgraditvi nove javne kanalizacije se morajo obstoječi in novo predvideni objekti priključiti na javno kanalizacijo s kanalizacijskim priključkom. Obstoječo greznico se izprazni, vsebino pa odpelje na komunalno čistilno napravo. Po izpraznjenju se greznico zasuje ali spremeni namembnost. Če bo namenjena zbiranju deževnice ali podobno, jo je po praznjenju potrebno očistiti in dezinficirati.

Interna kanalizacija posameznega objekta je obdelana kot samostojen načrt, po katerem se izda soglasje za priključitev na javno kanalizacijsko omrežje. Interna kanalizacija posameznega objekta se priključuje z enim priključnim kanalom, izvedenim v skladu z izdelanim načrtom. Samo priključitev na javno kanalizacijo se izvede s PVC cevmi in z uporabo ustreznih fazonskih kosov, da doseže vodotesnost priključka, priključke pa v skladu z načrtom posameznega hišnega priključka.

8 ZAKLJUČEK

Na ogledu same lokacije sem pregledal konfiguracijo področja in možne lokacije čistilne naprave. Sama izoblikovanost terena je primerna za gravitacijsko odvodnjavanje odpadnih vod. Ostali načini, ki sem jih opisal, v tem primeru ne pridejo v poštev, saj je gravitacijski način odvajanja odpadnih vod najcenejši in najenostavnejši za vzdrževanje. Lokacijo čistilne naprave sem izbral glede na dostopnost in višine terena, zato je gravitacijsko odvodnjavanje do čistilne naprave mogoče izvesti.

Nekatera območja v naselju se nahajajo veliko nižje od javne kanalizacije. Ekonomsko neupravičeno bi bilo, da bi javni kanal poglobili do take globine, ki bi omogočala priključitev na javni kanal tudi tem območjem, saj že izkop v zemljini kategorije III predstavlja velik strošek. Z večanjem globine pa bi strošek izkopa samo še narasel.

Za rešitev tega problema sta sprejemljivi dve varianti. Prva rešitev, ki sem jo tudi izbral, je postavitvev črpališč na ta območja. Druga rešitev bi lahko bila postavitvev lokalnih čistilnih naprav. Razlogov, zakaj sem se odločil za črpališča, je več. Čistilna naprava deluje optimalno takrat, ko ima konstanten dotok. Dotok na posamezne manjše čistilne naprave bi bil manj stalen in ne bi delovale optimalno. Bistveno lažje je nadzirati, vzdrževati in izvajati monitoring samo na eni čistilni napravi. S tem se zmanjšajo tudi stroški vzdrževanja in nenazadnje – je tudi obremenitev okolja manjša. Pri izbiri čistilne naprave sem bil pozoren na učinkovitost, velikost in ceno same naprave pa tudi na stroške vzdrževanja. Najbolj smotrna izbirna je bila aerobna čistilna naprava SBR. Je učinkovita, zavzame malo prostora, ker se prezračevanje in usedanje izvajata v istem bazenu. Samo vzdrževanje je enostavno in stroškovno ugodno glede na druge sisteme.

Anaerobne čistilne naprave so manj učinkovite, poleg tega pri procesu čiščenja nastajajo neprijetne vonjave. Čistilne naprave s pritrjeno biomaso zavzemajo veliko prostora, kar v primeru naselja Rašica predstavlja problem, ker ni tako velike parcele, kamor bi jo lahko umestili. Ravno tako je z rastlinsko čistilno napravo. Ta bi zavzela približno 1600 m², če bi upoštevali nemške smernice ATV, ki priporočajo 5m² površine čistilne naprave na eno populacijsko enoto. Slabost teh čistilnih naprav je tudi ta, da pozimi zaradi nizkih temperatur delujejo slabše. Čistilne naprave z razpršeno biomaso pa po stroških izgradnje in vzdrževanja sodijo med dražje izvedbe.

Kanalizacijo odpadnih vod sem skušal sprojektirati na optimalni globini, tako da bi se nanjo lahko gravitacijsko priključilo čim več objektov. Nekaj hiš pa je lociranih precej nižje od javnega kanala, zato se bodo priključile na kanalizacijski sistem preko internega črpališča. Poglobljanje kanalizacije tudi v tem primeru ne bi bilo ekonomsko upravičeno.

Za naselje Rašica je pridobitev kanalizacije odpadnih vod in male komunalne čistilne naprave zelo pomembna pridobitev. S tem bodo imeli urejeno odvodnjavanje odpadnih vod, ki se trenutno odvajajo v pretočne ali nepretočne greznice. To pa lahko predstavlja velik problem za onesnaževanje okolja. Zaradi tega se onesnažuje vodotok Rašica in podzemne vode, ki so tudi vir pitne vode.

Skupna dolžina kanalizacijskih cevi je 2291,0 m. Od tega je 1488,5 m cevi GRP DN200 mm, 478,0 m cevi GRP DN250 mm in 324,5 m betonske cevi notranjega premera 300 mm. V sistemu javne kanalizacije je 504,7 m tlačnega voda PEHD d90 in 70,0 m tlačnega voda PEHD d63. Skupna dolžina tlačnega voda je 196,3 m. Ocena investicije za celotno kanalizacijsko omrežje s štirimi črpališči vključno z elektro priključkom za vsako črpališče je 725,041.00 € (cena ne vključuje davka). Cena čistilne naprave za 350 PE od proizvajalca Regeneracija d.o.o. je po ponudbi 105,000.00 € (cena ne vključuje davka). Celotna investicija za kanalizacijo v naselju Rašica znaša 830,041.00 € brez DDV (Priloga B1).

VIRI

Alternativni načini reševanja problema odpadnih voda v razpršeni poselitvi na območju MO Ljubljana. Končno poročilo. 2002. Ljubljana, Limnos d.o.o.: 86 str.

<http://www.ljubljana.si/si/mol/mestna-uprava/oddelki/varstvo-okolja/projekti/9157/detail.html>

(Pridobljeno 25. 7. 2016.)

Bijol, B. 2010. Različni načini odvodnje onesnažene vode iz naselja Dolenja vas. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Bijol): 122 f.

Butler, D., Davies, W. J. 2004. Urban drainage. 2nd ed. London, New York, Spoon Press: 543 str.

Čuček, S. 2015. Javna kanalizacija, Slovenija.

<http://www.stat.si/statweb/Common/PrikaziDokument.ashx?IdDatoteke=8213> (Pridobljeno 30. 7. 2016.)

Flygt. 2016.

<http://www.xylem.com/pumping/us/brands/flygt> (Pridobljeno 5. 8. 2016.)

Flygt C 3057 HT. 2016.

<http://www.xylem.com/pumping/us/products/c-3057> (Pridobljeno 5. 8. 2016.)

Flygt C 3060 HT. 2016.

<http://www.xylem.com/pumping/us/products/c-3060> (Pridobljeno 5. 8. 2016.)

Flygt C 3085 MT. 2016.

<http://www.xylem.com/pumping/uy/products/c-3085> (Pridobljeno 5. 8. 2016.)

Geodetski inštitut Slovenije. 2013.

http://www.geopedia.si/#T13_F410:10112559_x472460_y79005_s14_b4 (Pridobljeno 2. 8. 2016.)

Gravity Sewer System. 2014.

<https://redrundrain.wordpress.com/2014/02/06/gravity-sewer-systems/> (Pridobljeno 24. 7. 2016.)

Husić, M. 2015. Odvajanje in čiščenje odpadnih voda. Ljubljana, Visoka šola za gradbeno inženirstvo Kranj: 106 str.

Isakovič, S., Klopčar, F. 1989. Hidromehanika. 3. popravljena in dopolnjena izdaja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije: 87 str.

Jahić, M. 2007. Komunalna infrastruktura: sanitarno inženjerstvo. Bihać, Tehnički fakultet: 173 str.

Javna kanalizacija, Slovenija, 2014. 2015.

<http://www.stat.si/StatWeb/prikazi-novico?id=5246&idp=13&headerbar=11> (Pridobljeno 30. 7. 2016.)

Jereb, M. 2008. Idejne rešitve kanalizacijskega sistema in komunalne čistilne naprave za naselje Branik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Jereb): 103 f.

Kanalizacija. 2016.

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Kanalizacija> (Pridobljeno 22. 7. 2016.)

Kako deluje kanalizacijski sistem. 2016.

<http://www.vo-ka.si/o-druzbi/odvajanje-ciscenje-odpadne-vode/kako-deluje-kanalizacijski-sistem>
(Pridobljeno 2. 8. 2016.)

Klemenčič, M. 2013. Primerjava podtlačne kanalizacije z gravitacijsko kanalizacijo v naselju Ponikve. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Klemenčič): 81 f.

Kompare, B., Atanasova, N., Uršič, M., Drev, D., Vahtar, M. 2007. Male čistilne naprave na območju razpršene poselitve. Ljubljana, FGG Inštitut za zdravstveno hidrotehniko. Domžale, ICRO – Inštitut za celostni razvoj in okolje: 58 str.

Komunala projekt d.o.o. 2013. Javna kanalizacija odpadnih komunalnih vod z malo biološko čistilno napravo in črpališči za naselje Rašica, št. proj. 496/-09.

Kolar, J. 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana, DZD: 523 str.

Krajnc, U. 2015. Mešani ali ločeni sistemi kanalizacije – teorija in praksa. V: Cerksenik, S (ur.), Rojnik, E. (ur.). Vodni dnevi, 15. – 16. oktober 2015, Podčetrtek. Zbornik referatov. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda: 75-85.

Kraut, B. 1993. Krautov strojniški priročnik. 10. slovenska izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 694 str.

Maleiner, F. 2009a. Hišni priključki na javno kanalizacijsko omrežje. Gradb. vestn 58, 10: 250-260.

Maleiner, F. 2009b. Podtlačna kanalizacijska omrežja v Sloveniji. Gradb. vestn 58, 4: 92-100.

Maleiner, F. 2009c. Problematika tujih voda. Gradb. vestn 58, 7: 170-179.

Maleiner, F. 2010. Ločeni ali mešani sistem kanalizacije. Gradb. vestn 59, 3: 57-70.

Maleiner, F. 2012. Kritika državnega operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalnih voda. Gradb. vestn 61, 9: 215-222.

Male komunalne čistilne naprave bodo počasi zamenjale obstoječe greznice. 2016.

<http://www.kraski-vodovod.si/?stran=mkc>n (Pridobljeno 2. 8. 2016.)

Meža, S. 2009. Multimedijški prikaz delovanja in dimenzioniranja biološke čistilne naprave. Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za Gradbeništvo (samozaložba S. Mežar): 71 f.

Moody chart. 2016.

https://en.wikipedia.org/wiki/Moody_chart (Pridobljeno 5. 8. 2016.)

Občina Velike Lašče. 2014.

<http://www.stat.si/obcine/sl/2014/Municip/Index/192> (Pridobljeno 3. 8. 2016.)

Odlok o spremembah in dopolnitvah Odloka o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode. 2015.

http://www.velike-lasce.si/images/stories/obcinski_akti/odloki/od-30_03.pdf (Pridobljeno 2. 8. 2016.)

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017). 2010.

http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf (Pridobljeno 22. 7. 2016.)

Opinio. 2016.

<http://www.opinio.si/vprasanja-odgovori/cistilne-naprave/31-glavni-parametri-odpadnih-vod>
(Pridobljeno 5. 8. 2016.)

Pangerl, T. 2012. Skoraj polovica Slovenije uporablja greznice – EOL 68.
<http://www.zelenaslovenija.si/revija-eol-/arhiv-stevilk-eol/arhiv/1621-skoraj-polovica-slovenije-uporablja-greznice-eol-68> (Pridobljeno 20. 7. 2016.)

Panjan, J. 2002. Odvodnjavanje onesnaženih voda. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 91 str.

Panjan, J. 2004. Količinske in kakovostne lastnosti voda. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 82 str.

Panjan, J. 2005. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 289 str.

Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi objektov ter naprav za odvajanje in čiščenje komunalnih in padavinskih odpadnih voda na območju Občine Dobropolje. Uradni list RS, št. 86/2015: 9364 – 9371.

Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega kanalizacijskega sistema. Uradni list RS, št. 52/1999: 6565 – 6575.

Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode za obdobje 2013 – 2016. 2012. Ljubljana, Javno podjetje Vodovod – Kanalizacija: 23 str.

Program opremljanja stavbnih zemljišč za območje občine Velike Lašče. 2013. Vodice, ERM upravljanje z okoljem in naravnimi viri, d.o.o.: 52 str.

Rašica, Velike Lašče (2016).

https://sl.wikipedia.org/wiki/Ra%C5%A1ica,_Velike_La%C5%A1%C4%8De (Pridobljeno 2. 8. 2016.)

Roš, M. 2015. Sodobni postopki čiščenja odpadnih vod. Zbirka Zelena Slovenija. Celje, Fit Media: 208 str.

Schwarzbartl, T. E. (2010). Zasnova baze podatkov in predlog metodologije za določitev prioritete obnove kanalizacijskega omrežja. Magistrsko delo Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. E. Schwarzbartl): 252 f.

Sendable, P. 2010. Stavbarstvo: instalacije in preboji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.

<ftp://ftp.fgg.uni-lj.si/Sendable/Patricia/STAVBARSTVO/Stavbarstvo%20II%202009-10/%20Eiva%20Teorija%20PDFji/11%20kanalizacija.pdf> (Pridobljeno 23. 7. 2016.)

SIST EN 1610: 1997. Gradnja in preskušanje vodov in kanalov za odpadno vodo.

SURS. 2016a.

http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/27_okolje/03_27193_voda/02_27502_javna_kanalizacija/02_27502_javna_kanalizacija.asp (Pridobljeno 8. 8. 2016.)

SURS. 2016b.

http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/27_okolje/03_27193_voda/02_27502_javna_kanalizacija/02_27502_javna_kanalizacija.asp (Pridobljeno 8. 8. 2016.)

SURS. 2016c.

http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/27_okolje/03_27193_voda/02_27502_javna_kanalizacija/02_27502_javna_kanalizacija.asp (Pridobljeno 8. 8. 2016.)

Sketelj, J. 1972. Izvrednoteni ombrografski podatki na področju SR Slovenije. Ljubljana, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko – FAGG: 53 str.

Slokan, I. 2003. Nizke zgradbe: temeljenje, vodovod, kanalizacija. Učbenik za predmet Nizke gradnje za 3. letnik srednjega strokovnega izobraževalnega programa Gradbeni tehnik ter za 4. in 5. letnik poklicno-tehniškega izobraževanja Gradbeni tehnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 175 str.

Slokan, I. 2013. Odvajanje in čiščenje odpadne vode. Ljubljana, Erudio izobraževalni center, Višja strokovna šola, Varstvo okolja in komunala.

http://studentski.net/gradivo/vis_eru_vok_ocv_sno_skripta_2013_1_del_01 (Pridobljeno 24. 7. 2016.)

Slokan, I., Petek, I. 2008. Vodne zgradbe – kanalizacija. V: Švigelj, B. (ur.), Rejc, T. (ur.), Zorec, M (ur.). Gradbeniški priročnik. 1. natis. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: str. 499-556.

Tehnični pravilnik o javni kanalizaciji. Uradni list RS, št. 73/2010: 10700 – 10712.

Tehnični pravilnik o objektih in napravah za odvajanje in čiščenje odpadnih in padavinskih voda.
Uradni list RS, št. 47/2009.

Tihec, S. 2010. Vakuumska kanalizacija.

<http://varcevanje-energije.si/komunalna-energetika/vakuumska-kanalizacija.html> (Pridobljeno 24. 7. 2016.)

Trnovšek, L. (2007). Okoljska ocena in makrofiti vodotokov Rašica, Črni potok, Šentpavelščica in Kodeljevec. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (samozaložba L. Trnovšek): 86 f.

Unger, P. 1997. Tabellen für die hydraulische Bemessung von HOBAS – Rohrleitungen nach ATV Arbeitsblatt A 110. 2 Auflage. Neubrandenburg: HOBAS Rohre GmbH: 97 str.

Urbanija d.o.o. 2013. Hidrološko hidravlična presoja vodnega režima osrednjega dela Občine Velike Lašče. Št. proj. 134-5a-10.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS, št. 98/2007, 30/2010, 98/2015.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest. Uradni list RS, št. 47/2005.

Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov. Uradni list RS, št. 113/2009, 5/2013 in 22/2015.

Več principov delovanja, več materialov. 2009.

<http://gradbenistvo.finance.si/244471> (Pridobljeno 24. 7. 2016.)

Vidmar, U. 2011. Primerjava vertikalnih in horizontalnih sistemov rastlinskih čistilnih naprav. Diplomsko naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Vidmar): 87 f.

Vrste malih čistilnih naprav. 2014.

<http://www.imsa.si/vrste-cistilnih-naprav/> (Pridobljeno 2. 8. 2016.)

Zupančič, M. 2016. Idejne rešitve odvajanja in čiščenja fekalnih odpadnih voda v vaseh Jezero, Lukovek in Dolenja Dobrava v občini Trebnje. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Zupančič): 59 f.

PRILOGE

A. HIDRAVLIČNI IZRAČUNI

Priloga A1: Hidravlični izračun odpadne kanalizacije

Priloga A2: Hidravlični izračun odpadne komunalne vode za ČRP 1

Priloga A3: Hidravlični izračun meteorne kanalizacije

Priloga A4: Izračun pretoka po Manningovi formuli

Priloga A5: Hidravlični izračun odpadne komunalne vode za ČRP 2

Priloga A6: Hidravlični izračun odpadne komunalne vode za ČRP 3

Priloga A7: Hidravlični izračun odpadne komunalne vode za ČRP 4

B. OCENA INVESTICIJE

Priloga B1: Ocena izgradnje kanalizacije s črpališči in čistilno napravo

C. GRAFIČNI PRIKAZI

Priloga C1: Grafični prikaz pregledne situacije M 1:5000

Priloga C2: Grafični prikaz situacije kanalizacije M 1:1000

Priloga C3: Situacija prispevne površine – kanal M M 1: 1000

Priloga C4: Grafični prikaz vzdolžnega profila kanala A M 1:500/50

Priloga C5: Grafični prikaz vzdolžnega profila kanala M M :500/50

Priloga C6: Grafični prikaz situacije čistilne naprave M 1: 100

Priloga C7: Grafični prikaz detajla črpališča 1 M 1:50

Priloga C8: Grafični prikaz detajla črpališča 2 M 1:50

Priloga C9: Grafični prikaz detajla črpališča 3 M 1:50

Priloga C10: Grafični prikaz detajla črpališča 4 M 1:50

PRILOGE A

Priloga A1: Hidravlični izračun odpadne kanalizacije

				podatki o kanalu						delna polnitev kanala				
ΣP	norma	Q_{urni}	ΣQ_{max}	dolžina	padec	profil	n	polni profil		Q	h	v	h_{dej}	v_{dej}
vsota	porabe	max						hitrost	prevod.					
	l/os dan	% od Qd	l/s	m	%	mm	mm	m/s	l/s	%	%	%	mm	m/s
302	150,00	21,18	5,33	453,60	0,50	250	0,500	1,02	53,60	9,94	21,28	63,06	53	0,64

				podatki o kanalu						delna polnitev kanala				
ΣP	norma	Q_{urni}	ΣQ_{max}	dolžina	padec	profil	n	polni profil		Q	h	v	h_{dej}	v_{dej}
vsota	porabe	max						hitrost	prevod.					
	l/os dan	% od Qd	l/s	m	%	mm	mm	m/s	l/s	%	%	%	mm	m/s
302	150,00	21,18	5,33	453,60	8,00	250	0,500	4,16	217,00	2,46	10,15	42,29	25	1,76

Priloga A2: Hidravlični izračun odpadne komunalne vode za ČRP 1

Odtok odpadne komunalne vode				
P	ΣP	norma	Q_{urni}	ΣQ_{max}
št. prebivalcev	vsota	porabe	max	
		l/os dan	% od Qd	l/s
75	75	150,00	27,98	1,75

Priloga A4: Izračun pretoka po Manningovi formuli

$$v = 77 * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = S * v$$

$$R = \frac{\phi}{4}$$

$$S = \pi * r^2$$

Izračun pretoka in hitrosti za okrogle cevi po Manningovi formuli:	
Brtonska cev BC 300 mm	
v[m/s]=	1,94
φ[m]=	0,30
I[‰]=	0,02
R[m]=	0,08
Q[m ³]=	0,1368
Q[l]=	136,8
Brtonska cev BC 300 mm	
v[m/s]=	3,87
φ[m]=	0,30
I[‰]=	0,08
R[m]=	0,08
Q[m ³]=	0,2736
Q[l]=	273,6

Priloga A5: Hidravlični izračun odpadne komunalne vode za ČRP 2

Odtok odpadne komunalne vode				
P	ΣP	norma	Q_{urni}	ΣQ_{max}
št. prebivalcev	vsota	porabe	max	
		l/os dan	% od Qd	l/s
150	150	150,00	24,36	3,04

Priloga A6: Hidravlični izračun odpadne komunalne vode za ČRP 3

Odtok odpadne komunalne vode				
P	ΣP	norma	Q_{urni}	ΣQ_{max}
št. prebivalcev	vsota	porabe	max	
		l/os dan	% od Qd	l/s
30	30	150,00	33,61	0,84

Priloga A7: Hidravlični izračun odpadne komunalne vode za ČRP 4

Odtok odpadne komunalne vode				
P	ΣP	norma	Q_{urni}	ΣQ_{max}
št. prebivalcev	vsota	porabe	max	
		l/os dan	% od Qd	l/s
50	50	150,00	30,34	1,26

PRILOGE B

Priloga B1: Ocena izgradnje kanalizacije s črpališči in čistilno napravo

OCENA IZGRADNJE KANALIZACIJE S ČRPALIŠČI IN ČISTILNO NAPRAVO		
1.	kanal A	172.131,46 €
2.	kanal M (meteorna kanalizacija)	51.656,65 €
3.	kanal B	9.014,28 €
4.	kanal C	28.957,39 €
5.	kanal D	48.189,88 €
6.	kanal E	44.063,84 €
7.	kanal F	13.401,37 €
8.	kanal G	142.127,46 €
9.	kanal H s črpališčem "4"	84.983,18 €
10.	Elektro priključek za črpališče "4"	5.100,00 €
11.	kanal I s črpališčem "3"	37.598,33 €
12.	Elektro priključek za črpališče "3"	3.600,00 €
13.	Črpališče "2"	20.876,52 €
14.	Elektro priključek črpališča "2"	2.850,00 €
15.	Črpališče "1"	19.681,10 €
16.	Elektro priključek črpališča "1"	10.400,00 €
17.	Mala biološka čistilna naprava 350 P.E. (Regeneracija)	105.000,00 €
18.	Zunanja ureditev ob MBCN 350 s priključki - ocena	25.410,55 €
19.	izdelava PID	5.000,00 €
		830.041,99 €
	20% DDV	166.008,40 €
	SKUPAJ €	996.050,40 €