

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:

Ilić, B., 2015. Primerjava različnih sistemov odvodnje v urbanih naseljih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Panjan, J., somentor Brilly, M.): 50 str.

Datum arhiviranja: 01-10-2015

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:

Ilić, B., 2015. Primerjava različnih sistemov odvodnje v urbanih naseljih. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Panjan, J., co-supervisor Brilly, M.): 50 pp.

Archiving Date: 01-10-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO
INŽENIRSTVO

Kandidatka:

BARBARA ILIĆ

**PRIMERJAVA RAZLIČNIH SISTEMOV ODVODNJE V
URBANIH NASELJIH**

Diplomska naloga št.: 54/B-VOI

**COMPARISON OF DIFFERENT DRAINAGE SYSTEM
IN URBAN SETTLEMENTS**

Graduation thesis No.: 54/B-VOI

Mentor:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Somentor:

asist. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 24. 09. 2015

Ta stran je namenoma prazna.

STRAN ZA POPRAVKE**Stran z napako****Vrstica z napako****Namesto****Naj bo**

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Barbara Ilić izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Primerjava različnih sistemov odvodnje v urbanih naseljih«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, september 2015.

Barbara Ilić

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.2(043.2)
Avtor:	Barbara Ilić
Mentor:	izr. prof. dr. Jože Panjan
Somentor:	asist. dr. Mario Krzyk
Naslov:	Primerjava različnih sistemov odvodnje v urbanih naseljih
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	50 str., 8 pregl., 13 sl., 1 graf.
Ključne besede:	Gravitacijski sistem odvodnje, vakuumski kanalizacijski sistem, tlačni kanalizacijski sistem

Izvleček

V diplomski nalogi so opisani in med seboj primerjani trije različni sistemi odvodnje odpadne vode v urbanih naseljih.

V prvem delu so za gravitacijski, vakuumski in tlačni sistem opisani postopki za dimenzioniranje in dejavniki, ki vplivajo na načrtovanje kanalizacijskih sistemov. Kanalizacijski sistemi so med seboj primerjani z ekonomskega in tehničnega vidika. Podane so tudi značilnosti, prednosti in slabosti za vse tri sisteme.

V drugem delu diplomske naloge so na poenostavljenem primeru izračunani stroški za gravitacijsko, vakuumsko in tlačno kanalizacijo. V izračun stroškov je vključena cena izkopa, cena materiala, cena zasipa in cena priključevanja na kanalizacijski sistem. V zaključku je podano, kateri sistem je najbolj smiseln glede na stroške.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	628.2(043.2)
Author:	Barbara Ilić
Supervisor:	assoc. prof. Jože Panjan, Ph.D.
Cosupervisor:	Prof. Mitja Brilly, PhD.
Title:	Comparison of different drainage systems in urban settlements
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	50 p., 8 tab., 13 fig., 1 ch.
Keywords:	Gravity sewerage system, vacuum sewerage system, pressure gravity system

Abstract

The bachelor's thesis provides a description and a comparison of three different wastewater drainage systems in urban settlements.

The first part describes the dimensioning procedures and introduces factors, which influence the design of sewerage systems, for gravity, vacuum, and pressure systems. The sewerage systems are compared from an economic and technical point of view. The characteristics, advantages and disadvantages of each system are highlighted as well.

The second part of the bachelor's thesis presents the calculation of costs for the gravity, vacuum, and pressure sewerage systems on the basis of simplified example. The calculation of costs includes the cost of excavation, the cost of material, the cost of filling in, and the cost of connection to the sewerage system. The conclusion focuses on exposing which of the systems is the most cost-effective.

ZAHVALA

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

Prav tako bi se rada zahvalila svoji družini, ki mi je stala ob strani v času študija.

KAZALO VSEBINE

<i>IZJAVA O AVTORSTVU</i>	<i>III</i>
<i>BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK</i>	<i>IV</i>
<i>BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION</i>	<i>IV</i>
<i>ZAHVALA</i>	<i>VI</i>
<i>KAZALO PREGLEDNIC</i>	<i>IX</i>
<i>KAZALO SLIK</i>	<i>X</i>
<i>KAZALO GRAFIKONOV</i>	<i>XI</i>
1 UVOD	1
2 ODVODNJA ONESNAŽENIH VODA	2
2.1 Gospodarjenje z odpadno vodo	2
2.1.1 Dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja	2
2.2 Gospodarjenje s padavinsko vodo	5
2.2.1 Utrjene površine in padavinski odtok	6
2.2.2 Način uporabe padavinske vode.....	7
2.2.3 Izračun količine odpadne vode.....	8
3 GRAVITACIJSKI KANALIZACIJSKI SISTEM	12
3.1 Kanalizacijski sistemi	12
3.1.1 Ločeni kanalizacijski sistemi	12
3.1.2 Mešani kanalizacijski sistemi.....	12
3.1.3 Delno ločeni sistemi.....	13
3.2 Izbira sistema kanalizacije	13
3.2.1 Značilnosti obeh sistemov kanalizacije.....	13
3.2.2 Izbira ustreznega sistema	14
3.3 Prednosti in slabosti obeh kanalizacijskih sistemov	14
3.3.1 Ločeni sistem kanalizacije	15
3.3.2 Mešani sistem kanalizacije.....	15
3.4 Vpliv obeh kanalizacijskih sistemov na okolje	16
3.4.1 Zadrževanje padavinske vode	16
3.4.1.1 Zadrževanje padavinske vode v mešanem kanalizacijskem sistemu	16
3.4.1.2 Zadrževanje vode v ločenem kanalizacijskem sistemu.....	18
3.4.2 Razbremenitev padavinske vode.....	19

3.4.1.2	Zadrževanje vode v ločenem kanalizacijskem sistemu	18
3.4.2	Razbremenitev padavinske vode	19
3.4.3	Dovoljena obremenitev v obeh kanalizacijskih sistemih	20
4	<i>ALTERNATIVNI NAČIN ODVODNJE</i>	22
4.1	Podtlačna ali vakuumska kanalizacija	22
4.1.1	Zgodovina podtlačne kanalizacije	22
4.1.2	Sestavni deli podtlačne kanalizacije	23
4.1.2.1	Hišni priključek	23
4.1.2.2	Vakuumski hišni priključni jašek	23
4.1.2.3	Vakuumski ventil	24
4.1.2.4	Vakuumsko omrežje	24
4.1.2.5	Vakuumska postaja	25
4.1.3	Delovanje podtlačne kanalizacije	28
4.1.4	Načrtovanje podtlačne kanalizacije	29
4.1.4.1	Hidravlični izračun podtlačne kanalizacije	32
4.2	Tlačna kanalizacija	35
4.2.1	Zgodovina tlačne kanalizacije	35
4.2.2	Osnovne značilnosti tlačne kanalizacije	36
4.2.3	Sestavni deli tlačne kanalizacije	36
4.2.3.1	Zbirna posoda	36
4.2.3.2	Črpalna enota	37
4.2.3.3	Črpališče	38
4.2.3.4	Tlačni cevovod	38
4.2.3.5	Ventili	39
4.2.4	Delovanje tlačne kanalizacije	39
4.2.5	Načrtovanje tlačne kanalizacije	40
4.2.5.1	Pretok	40
4.2.5.2	Zadrževalni časi	41
4.2.5.3	Minimalna hitrost	41
4.3	Prednosti in slabosti alternativnih sistemov odvodnje	44
5	<i>PRIMERJAVA GRAVITACIJSKEGA SISTEMA ODVODNJE Z ALTERNATIVNIM SISTEMOM ODVODNJE</i>	45
6	<i>PRELIMINARNA OCENA STROŠKOV ZA VSE TRI KANALIZACIJSKE SISTEME</i>	46
7	<i>ZAKLJUČEK</i>	48
VIRI	49

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Čas koncentracije po ASCE (Kolar, 1983, str. 76).....	10
Preglednica 2: Koeficient odtoka za različne površine (Kolar, 1983, str. 78).....	11
Preglednica 3: koncentracija onesnažil v mešanem kanalizacijskem sistemu in v kanalizaciji samo s padavinskim odtokom (Panjan, 2004, str. 12).....	21
Preglednica 4: Tabela za določitev razmerja voda/zrak (Maleiner, 2006, str. 32)	30
Preglednica 5: Tabela za določitev premera cevi (Maleiner, 2006, str. 33)	31
Preglednica 6: Priporočljive višinske vrednosti liftov (Alternative sewer systems, 2008, str. 122)	34
Preglednica 7: Določitev velikosti premera tlačnega voda glede na število priključenih gospodinjstev (Manual Alternative Wastewater collection systems, 1991, str. 46).....	41
Preglednica 8: Izračun preliminarnih stroškov kanalizacijskih sistemov in faktor investicije	46

KAZALO SLIK

Slika 2: Shema o zbiranju deževnice in njeni porabi (vir: http://www.vrtecandersen.si/tl_files/SLIKE/razno/shema%20L.jpg (30. 8. 2015)).....	6
Slika 1: Zbiralnik za zbiranje deževnice (vir: http://www.slonep.net/eko-bivanje/zeleno-zivljenje/uporaba-dezevnice (30. 8. 2015))	6
Slika 3: Diagram gospodarsko enakovrednih nalivov (Panjan, 2002, str. 63)	9
Slika 4: Vzoredna priključitev deževnih bazenov (ATV-A 128E, 1992, str. 20).....	18
Slika 5: Zaporedna priključitev deževnih bazenov (ATV-A 128E, 1992, str. 20).....	18
Slika 6: Standardni jašek FLOVAC (Maleiner, 2009, str. 95).....	24
Slika 7: Način polaganja cevi pri vakuumski kanalizaciji (Maleiner, 2006, str. 22).....	25
Slika 8: Horizontalna vakuumška postaja (http://www.navtikaceneje.si/Horizontalna-vakuumska-postaja (1. 9. 2015)).....	26
Slika 9: Levo – prerez vakuumške postaje v mokri izvedbi, desno – prerez vakuumške postaje v suhi izvedbi (Maleiner, april 2009, str. 97)	27
Slika 10: Vakuumski sistem odvodnje (http://www.airvac.com/vacuum_right.htm (31. 8. 2015)).....	28
Slika 11: Zbirna posoda (EN 1671, 1997, str. 21).....	37
Slika 12: Črpalna enota (http://www.sswm.info/content/pressurised-sewers (3. 9. 2015))	37
Slika 13: Tlačna kanalizacija - prerez (http://www.sydneywater.com.au/SW/water-the-environment/index.htm (2. 9. 2015)).....	39

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava preliminarnih stroškov kanalizacijskih sistemov iz PVC cevi.....	46
---	----

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

V današnjih časih dobiva čisto okolje in zaščita pred onesnaževanjem okolja velik pomen. Zaščita okolja je pomembna za preživetje in obstoj človeštva.

Z odvodnjo odpadne vode iz urbanih delov smo korak bližje k zaščiti okolja. V vseh večjih mestih je kanalizacijski sistem nujno potreben. Z operativnim programom, ki ureja odvajanje in čiščenje komunalne vode, se je v Sloveniji začela intenzivna gradnja kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav, tudi v tistih delih, ki so redkeje naseljeni. Do konca leta 2017 morajo v Sloveniji na vseh območjih, kjer je več kot 50 prebivalcev, zgraditi kanalizacijski sistem in postaviti komunalno čistilno napravo. Kanalizacijski sistem in čistilno napravo moramo v fazi načrtovanja upoštevati kot en del. Strokovna izvedba kanalizacijskega omrežja in komunalne čistilne naprave pripomore k ohranjanju čistosti vodotokov, ki posledično vplivajo na kakovost pitne vode.

V diplomski nalogi so predstavljeni trije različni sistemi odvajanja komunalne odpadne vode v urbanih območjih. To so gravitacijski kanalizacijski sistem, vakuumski kanalizacijski sistem in tlačni kanalizacijski sistem. Pri izbiri ustreznega načina odvodnje komunalne odpadne vode moramo upoštevati urbanistične, hidrološke, demografske in topografske značilnosti območja, v katerem načrtujemo kanalizacijsko omrežje. Na posplošenem primeru so na koncu diplomske naloge izračunani stroški pri vseh treh različnih sistemih odvajanja odpadne vode. Za vsak kanalizacijski sistem je podan izračun, ki upošteva ceno izkopa, ceno nabave materiala, ceno zasipa in ceno priključevanja na kanalizacijsko omrežje. V zaključku so na podlagi stroškov podani najustreznejši kanalizacijski sistemi.

2 ODVODNJA ONESNAŽENIH VODA

V urbanih naseljih z odvodnjavanjem onesnaženih voda ne odvajamo le odpadnih vod iz gospodinjstev in industrije, pač pa tudi padavinske vode. Največ pozornosti je usmerjeno k tistim padavinskim vodam, ki so onesnažene (vode s prometnih površin).

Skozi zgodovino se je odvodnja onesnaženih voda spreminjala. Na slovenskih tleh se je vse začelo leta 15 n. š., ko je nastala naselbina Emona. S sedmimi zgrajenimi kanali od zahoda proti vzhodu so odpadno vodo odvajali v Ljubljano. V srednjem veku so vsa znanja o odvodnji doživela propad. Pojavljati so se začele epidemije kolere, tifusa, črevesnih obolenj in druge bolezni. Z nastopom renesanse pa se je skrb za higieno močno povečala. Leta 1840 so v Londonu zgradili prvo sodobno kanalizacijsko omrežje. 10 let kasneje so predvideli, da se zaključi s čistilno napravo. K urbani odvodnji štejemo kanalizacijske sisteme, ki ob enem rešujejo probleme poplavnosti, odvodnjo odpadnih voda, onesnaženje odvodnikov in se zaključijo z čistilno napravo. Urbana odvodnja se je pojavila skupaj z urbanizacijo in omogoča odvod padavinske vode v praviloma zaprtih kanalizacijskih sistemih. V novonastalih mestih se je pojavila potreba po ureditvi odvodnih sistemov za odpadno in padavinsko vodo.

2.1 Gospodarjenje z odpadno vodo

Komunalne ali mestne odpadne vode sestavljajo hišne, komunalne in industrijske odpadne vode, ki odtekajo v kanalizacijsko omrežje. Človek za osnovne življenjske potrebe ustvari približno 150 l odplak dnevno, odvisno od izvedbe kanalizacijskega sistema in načina bivanja. V petih dneh se za biološko razgradnjo odplak porabi 60 g kisika na posameznika in to označujemo z BPK_5 . Biološka obremenitev čistilne naprave je določena z biokemijsko potrebo po kisiku (BPK_5). Biološka obtežba in velikost čistilne naprave je določena s populacijskim ekvivalentom (PE) in pomeni enoto onesnaževanja vode, ki jo povzroči en prebivalec na dan.

2.1.1 Dimenzioniranje kanalizacijskega omrežja

V kanalizacijo lahko doteka tudi druga voda in ne le vsa načrpana voda. Za hidravlično dimenzioniranje kanalov in čistilnih naprav upoštevamo hišno odpadno vodo q_h , industrijsko, kmetijsko in komunalno vodo q_i ter tujo vodo q_t . Glavi vir tujih vod je podtalnica. Nestrokovno izvedeni hišni priključki, kot so priključitev drenaž in odtoki iz streh, izvirov in potokov predstavljajo velik problem.

$$q_s = (q_h + q_i) + q_t \quad (1)$$

Kjer je:

q_h – odpadna voda iz gospodinjstev [l/s]

q_i – odpadna voda iz industrije in obrti [l/s]

q_t – tuja odpadna voda [l/s]

Čistilno napravo in kanalizacijsko omrežje se projektira na dvakratni sušni pretok po formuli:

$$2Q_s = 2(q_h + q_i) + q_t \quad (2)$$

Za določanje odpadne vode iz gospodinjstev, male obrti, trgovin in ustanov moramo upoštevati stanje čez približno 50 let zaradi amortizacijske dobe kanalov. Hišna odpadna voda je odvisna od števila prebivalcev na določenem ozemlju in porabe vode na prebivalca.

$$q_h = A * n_p = A_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n * n_p \quad (3)$$

Kjer je:

A – število prebivalcev po n letih [P]

n_p – norma potrošnje v naselju [l/(P · dan)]

A_0 – trenutno število prebivalcev v naselju [P]

p – letni prirast prebivalcev [%]

n – število amortizacijskih let za kanalizacijski sistem [-]

Sedanje število prebivalcev v naselju se izračuna po naslednji formuli:

$$A_0 = \rho * F \quad (4)$$

Kjer je:

ρ – gostota prebivalstva [P/ha]

F – površina območja [ha]

Pri dimenzioniranju kanalov na sušni odtok upoštevamo maksimalni urni dotok, srednji dnevni pretok in minimalni pretok.

Maksimalni urni dotok:

$$Q_{max} = \frac{1}{10} \text{ do } \frac{1}{18} Q_d \quad (5)$$

Kjer je:

Q_d – dnevni dotok [l/dan]

Srednji dnevni pretok:

$$Q_{sr} = \frac{1}{24} Q_d \quad (6)$$

Minimalni pretok:

$$Q_{min} = \frac{1}{37} \text{ do } \frac{1}{51} Q_d \quad (7)$$

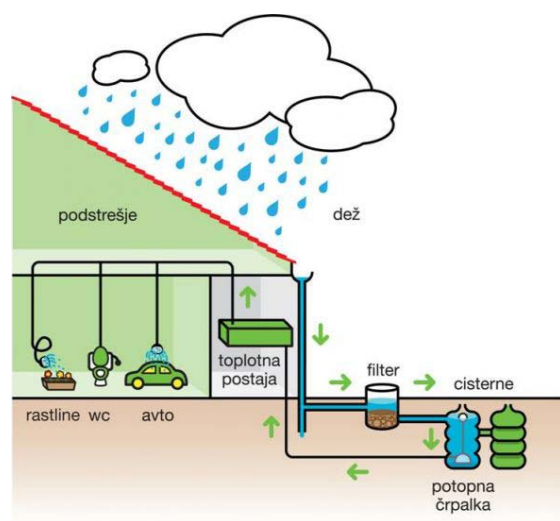
Tuja voda je tista odpadna voda, ki nastane v naselju in pride na čistilno napravo. Po navadi je manj onesnažena in jo upoštevamo v manjših naseljih z mešanim kanalizacijskim sistemom. Tuja voda pride zaradi slabših tesnitev (stikov) iz drenaž, podtalnice in globokih kleti.

2.2 Gospodarjenje s padavinsko vodo

Padavinska voda je voda, ki po padavinah (dežju, snegu) na poseljenem območju odteka s streh, neprepustnih površin (ceste, trgi, dvorišča) ali prepustnih površin (zelenice, vrtovi). Po daljšem sušnem obdobju nastopijo padavinske vode, ki so bolj onesnažene. Največji onesnaževalci deževnice iz cestišč so obrusi gum, naftni derivati, soljenje cestišč v času zime in težke kovine. Ker deževnica nosi s seboj droben pesek je njena največja dovoljena hitrost 3 m/s. Za načrtovanje kanalizacije so pomembni kratkotrajni nalivi z veliko intenziteto. Zaradi večanja urbanih površin in s tem posledično večanjem števila prebivalstva se veča tudi padavinska voda. Voda je dragocena dobrina, njene zaloge niso neomejene in pomembno je, da z njo varčujemo. Ena izmed možnih rešitev je tudi zbiranje in uporaba deževnice za različne namene, vendar ne za pitje. Deževnico zbiramo v cisterni ali bazenu in jo lahko ponovno uporabimo za pranje avtomobila, zalivanje vrta ... S to rešitvijo se količina odpadne vode znatno zmanjša. Bazen za zbiranje deževnice se namesti znotraj ali zunaj objekta že v fazi načrtovanja. Poleg bazena ali cisterne se lahko namestijo dodatne inštalacije, kot so naprave za filtriranje in črpalka. Ekološko in ekonomsko gledano je ta sistem dolgoročno bolj ugoden, ne glede na to, da je začetna investicija večja. Deževnico, ki jo delno prečistimo lahko, uporabimo za zalivanje vrta, pranje perila v pralnem stroju, izpiranje stranišča, pranje avtomobila ... S tem lahko prihranimo tudi do 60 % celotne letne porabe.



Slika 1: Zbiralnik za zbiranje deževnice (vir: <http://www.slonep.net/eko-bivanje/zeleno-zivljenje/uporaba-dezevnice> (30. 8. 2015))



Slika 2: Shema o zbiranju deževnice in njeni porabi (vir: http://www.vrtecandersen.si/tl_files/SLIKE/razno/shema%20L.jpg (30. 8. 2015))

2.2.1 Utrjene površine in padavinski odtok

Razvoj urbanizacije je privedel do širjenja neprepustnih površin in s tem se je posledično povečal tudi površinski odtok. Celotna količina padavinske vode je večja na utrjenih površinah. Njen pretok pa je večji in hitrejši. To privede do poplavljanja reke in posledično se kakovost vode zniža. Padavinski odtok je bolj onesnažen in s seboj prinaša veliko sedimentov. Ker vodotoki na utrjenih površinah niso

sposobni očistiti večjih količin padavinskih voda, moramo deževnico očistiti na čistilni napravi, preden jo spustimo v vodotok. Na mestu nastanka se padavinska voda pred odvodom iz naselja zadržuje dalj časa in s tem zmanjšamo obremenitev čistilne naprave in količino odtoka kanalizacije.

2.2.2 Način uporabe padavinske vode

Zaradi širjenja utrjenih površin – urbanizacije, vedno bolj težimo k prvotnemu stanju, ki ga lahko dosežemo tako, da onesnaženo vodo zadržujemo na depresijskih delih terena in z gradnjo zadrževalnih bazenov na kanalizacijskem sistemu.

- Zadrževanje

Z umetnim ali naravnim zadrževanjem se na večjih področjih preprečuje velika obremenitev vodotokov. Za zadrževanje se uporabljajo jarki, jaški, cevi, lagune, cisterne, tolmini, prodni nanosi, brzice, vegetacijski pasovi ...

Ekoremediacija ali naravni način zadrževanja je najuspešnejši način varovanja okolja. S pomočjo naravnega zadrževanja, ki se kaže v obliki tolmunov, brzic, prodnatih nasipov in strug, poraslih z vodnimi rastlinami se posledice poplav zmanjšujejo, kljub močnejšim nalivom. Samočistilna sposobnost zmanjšuje posledice človeških aktivnosti in avtohtonega materiala.

- Ponikanje

Ponikanje je najnaravnejši sistem za zmanjševanje količine padavinske vode. Običajno ponikamo le tisto vodo, ki ni onesnažena. Manjše količine odpadne vode so se s ponikanjem odvajale do nedavnega. Pri tem so bili naravni načini čiščenja, kot so biološko čiščenje, filtracija in adsorpcija dobro izkoriščeni, a ne tudi dobro kontrolirani. Zaradi slabega nadzora lahko pride do velikega onesnaženja tal in s tem podtalnice, kar lahko privede tudi do epidemij. V osnovi ločimo dve vrsti ponikanja, in sicer centralno in decentralno ponikanje. O decentralnem ponikanju govorimo takrat, ko padavinski odtok ponika na mestu nastanka. Lastniki in upravljavci morajo parcele, na katerih prihaja do decentralnega ponikanja imet pod nadzorom in jih vzdrževati. Centralno ponikanje se predvidi na tistih delih, kjer je prepustnost tal slaba ali pa je vodotok preveč oddaljen. Pri centralnem načinu ponikanja se zbrana vodo z vplivnih področij ali parcel odvaja na centralno mesto ponikanja.

Pozitivne posledice ponikanja so bogatenje podtalnice, izravnava odtokov pri intenzivnih padavinah in fizikalno ter biološko čiščenje pri pronicanju skozi tla. Negativna posledica pa je možnost onesnaženja podtalnice. Povsod, kjer je, možnost ponikanja se to tudi izvede. V nasprotnem primeru se padavinska voda odvaja in čisti za v kanalizacijski sistem. Pomembno je, da odtoke pravilno klasificiramo.

Ponikanje je možno tam, kjer so tla prepustna in če je gladina podtalnice na primerni oddaljenosti. Tam, kjer ponikanje ni možno, moramo padavinske vode odvesti do vodotokov. To naredimo s pomočjo odprtih jarkov. Tiste odtoke, ki so onesnaženi je potrebno, preden se spustijo v vodotok odpeljati na čistilno napravo. Za razliko od onesnažene vode, lahko neonesnaženo odvajamo v vodotoke direktno. Vsak vodotok ima samočistilno sposobnost, ki ne sme biti presežena. V ta namen se padavinska voda očisti do tiste stopnje, ki jo vodotok lahko prenese.

Vodnogospodarske zahteve ne dovoljujejo priključitev zalednih vod na sistem kanalizacije in jih moramo peljati v odvod mimo naselja, ki mora biti odmaknjeno od območja 100 letne poplavitve odvodnika.

2.2.3 Izračun količine odpadne vode

Predvideno količino vode v cevovodu določimo na podlagi intenzitete dežja, velikosti prispevnih površin in s koeficientom odtoka.

$$Q_i = q * F_i * \rho_i \quad (8)$$

Kjer je:

Q_i – padavinski odtok na prispevni površini [l/s]

q – intenziteta gospodarsko enakovrednega naliva [l/(s · ha)]

F_i – velikost i-te prispevne površine [ha]

ρ_i – pripadajoči koeficient odtoka [%]

- Intenziteta naliva

Intenziteto dežja izrazimo s formulo:

$$q = 166,67 * i \quad (9)$$

$$i = \frac{h}{t} \quad (10)$$

Kjer je:

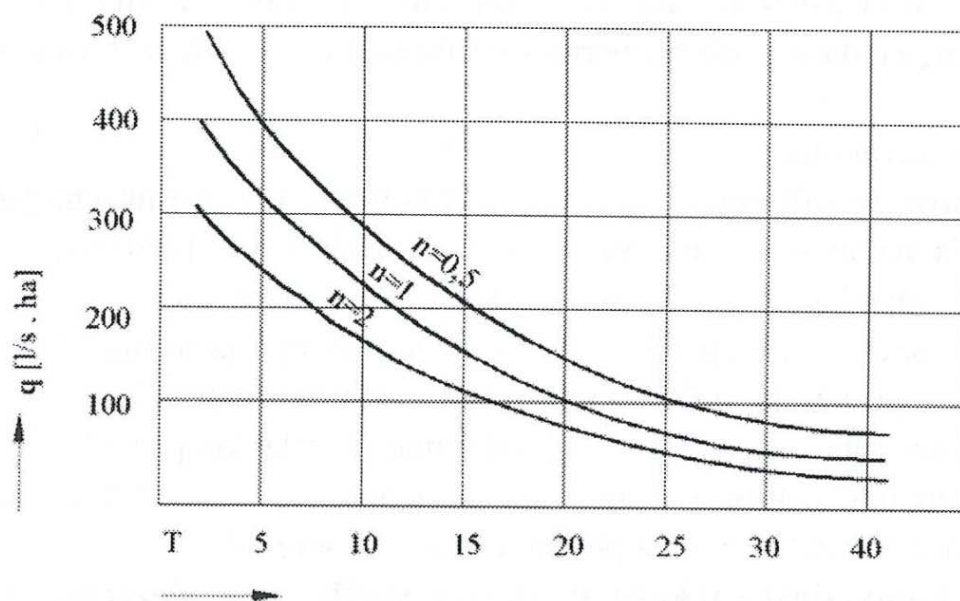
i – intenziteta padavin [mm/min]

h – višina padavin [mm]

t – trajanje padavin [min]

Padavine so šibke, če je dež dolgotrajen in posledično se cevi ne napolnijo. Tisti naliv, ki povzroči poplavo (močnejši, krajši) je merodajen.

Iz diagrama gospodarsko enakovrednih nalivov lahko odčitamo naliv, njegovo pogostost (n) in intenziteto (q).



Slika 3: Diagram gospodarsko enakovrednih nalivov (Panjan, 2002, str. 63)

Kritični naliv po izračunih navadno traja 10 – 20 min, največkrat upoštevamo 15 – minutni naliv. Glede na pomembnost naselja se izbere pogostost naliva (urbana območja $n=1$, podvozi $n=0.2$).

- Koeficient odtoka

Razmerje med količino dežja, ki pade na prispevno površino in količino vode, ki odteče v kanal, imenujemo koeficient odtoka.

Koeficient odtoka je odvisen od:

- Akumulacije na terenu in v kanalskem omrežju. Voda, ki odteka s terena, odteka počasi in najprej napolni akumulacijski prostor in nato odteka proti kanalu.
- Ponikanja in izhlapevanja. Izhlapevanje je odvisno od zračne vlage, temperature in vetra. Ponikanje pa je odvisno predvsem od lastnosti tal.
- Časa koncentracije. Čas v katerem padavinska voda doseže kanal je odvisen od nagnjenosti terena, oddaljenosti od kanala, hrapavosti površin in intenzitete padavin.

Preglednica 1: Čas koncentracije po ASCE (Kolar, 1983, str. 76)

Vrsta zazidave	Čas koncentracije [min]
Gosta zazidava, neprepustna površina	5
Gosta zazidava, nizke zgradbe	10 - 15
Redka zazidava	20 - 30
Redka zazidava, velika intenziteta	10 - 20
Običajno upoštevana vrednost	5 - 15

Preglednica 2: Koeficient odtoka za različne površine (Kolar, 1983, str. 78)

Vrsta površine	Φ [%]
Strehe s pločevinasto ali emajlirano kritino	95
Strehe z običajno kritino	90 - 85
Ceste in poti, utrjene z betonom ali asfaltom	95 - 90
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z zalitimi stiki	75 - 85
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z ne zalitimi stiki	50 - 70
Z bitumensko emulzijo obrizgana površina	25 - 60

3 GRAVITACIJSKI KANALIZACIJSKI SISTEM

Z gravitacijskim načinom odvodnje, odplake odvajamo do čistilne naprave na hiter, higienski in ekonomičen način. Ko odvajamo odpadno vodo iz naselij, ne smemo ogroziti zdravstvenega stanja ljudi, kvariti estetski videz, onesnaževati vode, tla ali podtalnice. V osnovi ločimo tri kanalizacijske sisteme: mešani, ločeni in delno ločeni sistem. Razlikujejo se v načinu odvodnje padavinske in fekalne vode.

3.1 Kanalizacijski sistemi

3.1.1 Ločeni kanalizacijski sistemi

Ločeni oz. separadni kanalizacijski sistem odvaja odpadno in padavinsko vodo ločeno eno od druge. Padavinsko vodo lahko odvajamo na več načinov. Pri prvem načinu padavinsko vodo odvajamo v meteorno kanalizacijo, drugi način je, da padavinska voda odteka ali ponika in tretji način je, da z odprtimi ali zaprtimi jarki uredimo sistem.

Padavinske vode, ki odtekajo iz prometnih površin, so močno onesnažene. Velikokrat neočiščene padavinske vode peljemo preko meteornih kanalov v vodotoke po najkrajši poti. Preko fekalnih kanalov peljemo do čistilne naprave hišne in industrijske odplake.

Fekalne kanale polagamo do tiste globine, do katere lahko priključimo odpadno vodo iz kleti in so manjših dimenzij. Za odvodnjo padavinske vode uporabljamo večje cevi, ki jih položimo vsaj 1 m pod površjem. Ločene kanalizacijske sisteme postavljamo v bližino odvodnika in hkrati odvajamo meteorno vodo. Vsak hišni priključek pri ločenem sistemu zahteva visok nadzor. Glavni razlog je ta, da mora na fekalni kanal, ki leži globlje, priključena sušna odpadna voda in na meteorni kanal, ki je, plitvo položen odvajamo padavinski odtok. Če so priključki priključeni nepravilno, lahko pride do večje količine tujih voda, preplavitve čistilne naprave in onesnaževanja vodotokov.

3.1.2 Mešani kanalizacijski sistemi

Pri mešanem kanalizacijskem sistemu odvajamo hkrati meteorno in fekalno vodo. Odtok v času padavin lahko doseže tudi od 50 do 100 krat večjo vrednost kot sušni odtok. Zato pri dimenzioniranju kanalizacijskega omrežja upoštevamo padavinski odtok. Razbremenilnike pri mešani kanalizaciji gradimo s tem namenom, da se izognemo gradnji prevelikih, neekonomičnih cevi. Razbremenilnike dimenzioniramo tako, da na čistilno napravo odvajamo prvi val naliva, ostalo padavinsko vodo pa v

vodotok. Z zadrževalnimi bazeni pa padavinsko vodo zadržimo. Pri mešanem sistemu kanalizacije cevi položimo 2 m pod površjem in s tem omogočimo priključitev odpadne vode iz kleti.

3.1.3 Delno ločeni sistemi

Delno ločen sistem kanalizacije gradimo z namenom zmanjševanja in zakasnitve padavinskega odtoka in upoštevanjem kakovosti voda. Zakasnitev odtoka lahko zmanjšamo z:

- Razpršenim zadrževanjem na površini (ravne strehe, parkirišča ...)
- Koncentriranim zadrževanjem na površini (parki)
- Koncentriranim zadrževanjem pod površino (čistilni bazeni)
- Ponikanjem na površini (zelenice, vrtovi)
- Ponikanjem pod površino (drenaže)

Če imamo mešano kanalizacijo, onesnaženo padavinsko vodo vodimo v mešan kanal ali vodimo le to po sanitarnem kanalu.

3.2 Izbira sistema kanalizacije

3.2.1 Značilnosti obeh sistemov kanalizacije

Za izvedbo kanalizacije moramo poznati naravne danosti terena, topografijo, nivo podtalnice in število prebivalcev na določenem območju. Hkrati izbiramo tudi sistem, ki je ekološko in ekonomsko najugodnejši.

KPK je kratica za kemijsko potrebo po kisiku in predstavlja analizirano količino kisika, ki je potrebna pri kemijski oksidaciji. Vrednost KPK je odvisna od prometne obremenitve, onesnaženja ozračja in onesnažitve iz utrjenih površin. Pri ločenem kanalizacijskem sistemu po meteornem kanalu odvajamo to količino KPK-ja v vodotok. Pri mešanem kanalizacijskem sistemu se del količine odvede do čistilne naprave, če padavine pri močnem nalivu ne presežejo kritične vrednosti ($Q_{krit}=15 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$). Kar preseže kritično vrednost, se odvaja v vodotok.

Z nemškimi standardi so tudi postavljene mejne vrednosti KPK-ja za vsak kanalizacijski sistem. Pri ločenem sistemu znaša od 500 do 600 kg KPK/(ha in leto).

Za izbirno kanalizacijskega sistema je ključnega pomena tudi topografija. Tako se v Alpskih deželah odločajo za mešane sisteme, v severnih, ravninskih delih Evrope pa za ločene, ker pogosto zahtevajo prečrpavanje odplak. V svetu najbolj prevladuje mešan kanalizacijski sistem, ker predstavlja cenejše in varnejše obratovanje naprav na kanalizacijskem sistemu.

3.2.2 Izbira ustreznega sistema

Pri izbiri ustreznega sistema moramo upoštevati:

- Nagnjenost terena
- Nivo podtalnice
- Geomehanske lastnosti tal
- Hidravlične učinkovitosti že obstoječih sistemov
- Tip in gostoto objektov
- Značilnosti pritokov v sistemu
- Lego in kakovost rek ter jezer
- Zaščiteno vodno območje
- Poplavna območja
- Vrsto in učinkovitost čistilne naprave
- Strošek investicije in vzdrževanja

Za mešan kanalizacijski sistem se odločimo, ko:

- Je nagnjenost terena nižja
- Je velik delež padavinskih vod potrebnih čiščenja
- Je območje gosto poseljeno
- Je nivo podtalnice nizek
- So reke in jezera bolj oddaljena (potrebni so daljši kanali)

Za ločen kanalizacijski sistem se odločimo, ko:

- So reke in jezera v bližini
- Je večina padavinske vode neonesnažena
- Kanalizacijsko omrežje potrebuje razširitev
- Imamo manjše čistilne naprave
- Je območje gosto naseljeno
- So ulice in ceste dovolj široke (potrebni so krajši odtočni kanali)

3.3 Prednosti in slabosti obeh kanalizacijskih sistemov

Kanalizacijski sistem je treba skupaj s čistilno napravo upoštevati že v fazi načrtovanja. Vsak sistem pa ima svoje prednosti in pomanjkljivosti.

3.3.1 Ločeni sistem kanalizacije

Prednosti:

- Preko čistilnih naprav se onemogoči odvod čistih padavinskih voda
- Od sušnega odtoka je odvisna velikost črpališč in tlačnih vodov
- Zaradi manjšega premera sušnega kanala, ki povzroča višje delno polnjenje cevi, je vlečna sila večja in manjše odlaganje usedlin
- Ni nevarnosti kletne poplave, če je sušni kanal pravilno dimenzioniran
- Majhna količina onesnaženega padavinskega odtoka, ki je potreben čiščenja
- Ni razbremenjevanja padavinskih vod in posledično je odvodnik zaščiten
- Boljše delovanje čistilne naprave, zaradi manjše obremenitve
- Čistilna naprava je ekonomsko ugodnejša, ker niso potrebni zadrževalni objekti, razbremenilniki, peskolovi
- Otok padavinske vode je zmanjšan, ker le to zadržujemo oz ponikamo

Slabosti:

- Če je hišni priključek nepravilno dimenzioniran ali nepravilno izveden, lahko pride do preplavitve čistilne naprave
- Večja je možnost nepravilne izvedbe hišnega priključka
- Skoraj dvojni so stroški investicije
- Slabše samodejno izpiranje za odvod
- Višji stroški vzdrževanja (dva kanala)
- Kompleksnost sistema in manjši pregled nad izrabo
- Če padavinsko vodo zadržujemo ali ponikamo, potrebujemo tudi objekt za delno čiščenje
- Pomanjkanje prostora (ozke ulice)

3.3.2 Mešani sistem kanalizacije

Prednosti:

- Preprostejša izvedba
- Cenovno bolj ugoden
- Nižji vzdrževalni stroški (krajše omrežje, manjša izraba prostora)
- Vsaka parcela potrebuje en hišni priključek
- Ni možna napačna izvedba priključka

- Celotno omrežje je krajše

Slabosti:

- Možnost poplavljanja kleti je večja pri nižje ležečih objektih
- Kjer ni zadrževalnih bazenov je zaščita odvodnika zaradi razbremenilnikov slabša
- Ker prečrpavamo tudi padavinsko vodo, mora biti zmogljivost črpališča večja
- Ker so čistilne naprave bolj obremenjene, je njihovo delovanje manj zanesljivo
- Čistilne naprave dimenzioniramo na večje zmogljivosti

3.4 Vpliv obeh kanalizacijskih sistemov na okolje

Mešani in ločeni kanalizacijski sistem je treba med seboj primerjati tudi z ekološkega vidika. Pod ekološki vidik spada vpliv padavinske vode pri mešani kanalizaciji na vodotok in pomen zadrževanja deževnice.

3.4.1 Zadrževanje padavinske vode

3.4.1.1 Zadrževanje padavinske vode v mešanem kanalizacijskem sistemu

Kadar imamo močnejše nalive je lahko padavinski odtok od 50 do 100 krat večji od sušnega odtoka. Takrat je padavinska voda onesnažena s kovinami in usedlinami. Padavinska voda je najbolj onesnažena po daljših sušnih obdobjih in v spomladanskem in jesenskem času. Do onesnaženja pride zato, ker padavinska voda spira umazanijo s prometnih in kmetijskih površin in take vode ne moremo odvajati neposredno v vodotok, ker bi ga s tem onesnažili. Prav tako je ne moremo odvajati na čistilno napravo, ker bi le to preveč obremenili. Rešitev je v tem, da se prvi val onesnaženja zadrži in ga odvajamo na čistilno napravo takrat, ko padavine prenehajo.

Zadrževalne objekte gradimo z namenom, da preprečimo, ali zmanjšamo odvod meteorne vode, ki je onesnažena, v vodotok. Objekti so nameščeni pred iztokom odpadne vode v odvodnik. Z gradnjo zadrževalnih objektov zmanjšamo stroške pri gradnji kanalizacijskega sistema, zmanjšamo konične pretoke, čistilno napravo obremenjujemo enakomerno, manj je obremenjen tudi odvodnik.

Kljub zadrževalnim objektom lahko v času močnejših nalivov pride do preobremenitve kanalizacijskega sistema. V ta namen so omogočene Večinski del padavinskega odtoka se zadržuje v zadrževalnih bazenih. V kanalizacijski sistem odvajamo padavinsko vodo po prenehanju padavin tako, da ne presežemo hidravlične zmogljivosti nižje ležečega kanalizacijskega omrežja. S pomočjo zadrževalnih objektov zmanjšamo odtočne konice.

velike površine, ki vidi po končanih padavinah, pred odvodom na čistilno napravo, zadržujejo. Primeri takih površin so travniki, parki, ribniki ...

Za mešan kanalizacijski sistem poznamo različne vrste zadrževalnih bazenov:

- Deževni zadrževalni bazen

V času močnejših padavin deževni zadrževalni bazen zadrži skoraj vso odpadno vodo. Ker deževni zadrževalni bazen ne vsebuje prelivnega objekta je potrebno to vodo obdelati na čistilni napravi. V območjih, ki so naseljena, postavljamo zaprte betonske bazene, v območjih, ki niso poseljena pa odprte bazene v zemeljski izvedbi.

- Deževni prelivni bazen

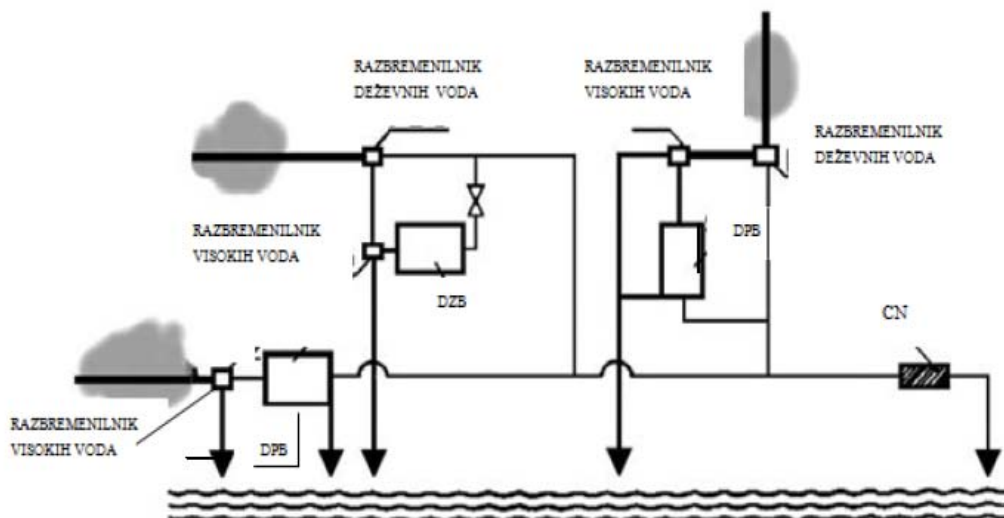
Z gradnjo deževnega prelivnega bazena zmanjšamo količino onesnažene konice in opravimo mehansko čiščenje prelite vode. Preliv, ki je nameščen na deževnem prelivnem bazenu mehansko čisti kritični preliv in ga odvaja naprej v vodotok. Če se deževni prelivni bazen napolni, se voda preko preliva začne prelivati. Voda, ki jo deževni prelivni bazen zadrži se po prenehanju padavin odvaja do čistilne naprave.

- Kombiniran bazen

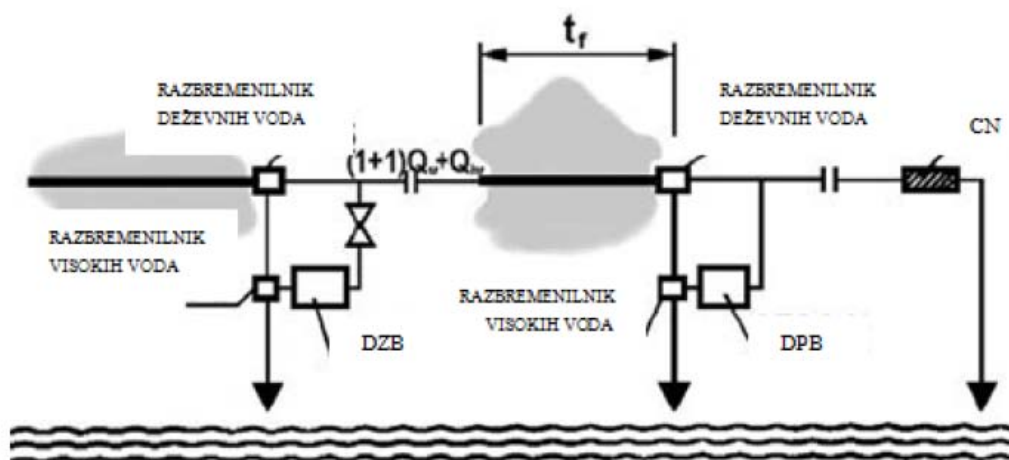
Kombiniran bazen predstavlja kombinacijo deževnega zadrževalnega bazena in deževnega prelivnega bazena. Sestavljen je iz dveh delov, in sicer iz dela, ki odpadno vodo zadržuje, in čistilnega bazena. Iz mešanega kanalizacijskega sistema odvajamo odpadno vodo na deževni zadrževalni bazen, ko se le ta napolni, se prelije odpadna voda v deževni prelivni bazen. Po napolnitvi deževnega prelivnega bazena se voda, ki je mehansko prečiščena izliva v vodotok. Postavitev obeh delov je odvisna od krajevnih razmer.

- Priključevanje deževnih bazenov

Večje število bazenov postavljamo pri mešanem kanalizacijskem sistemu. Deževni zadrževalni bazen, deževni prelivni bazen in kombiniran bazen so lahko priključeni zaporedno na glavnem vodu in vzporedno na stranskem vodu.



Slika 4: Vzoredna priključitev deževnih bazenov (ATV-A 128E, 1992, str. 20)



Slika 5: Zaporedna priključitev deževnih bazenov (ATV-A 128E, 1992, str. 20)

3.4.1.2 Zadrževanje vode v ločenem kanalizacijskem sistemu

Pri ločenem kanalizacijskem sistemu odvajamo padavinsko vodo po meteornem kanalu. Večinski del meteorne vode odvajamo v vodotok, mimo čistilne naprave, kar je ekonomsko gledano bolj učinkovito.

V ločenem kanalizacijskem sistemu deževnico očistimo v:

- Deževnem čistilnem bazenu

Deževni čistilni bazen uporabljamo za zmanjšanje maksimalnih padavinskih pretokov in za zadrževanje padavinskega odtoka. Deževnica, ki se mehansko očisti na čistilnem prelivu, odvajamo v vodotok. Z razbremenilnikom visokih voda, postavljenim pred deževnim čistilnim bazenom, onemogočimo dviganje usedlin.

Za ločen kanalizacijski sistem se po nemških ATV standardih omenjata:

- Bazenu za čiščenje deževnice

Bazen za čiščenje deževnice je v splošnem enak deževnemu čistilnemu bazenu. Deževnico lahko čistimo na dva načina, in sicer z bazeni za čiščenje deževnice s stalno zaježitvijo in bazeni za čiščenje deževnice brez stalne zaježitve.

- Filtrirnim bazenu

Iz ločenega ali že razbremenjenega mešanega kanalizacijskega sistema filtrirni bazeni padavinsko vodo izločajo in odstranjujejo sestavine le te s pomočjo talnega substrata na mehansko in delno biološki način. Zaradi potrebe po dodatnem zvišanju imisijskih zahtev nameščamo filtrirne bazene tam, kjer je potrebna izboljšava kvalitete vodotoka.

3.4.2 Razbremenitev padavinske vode

Del padavinske vode se skozi razbremenilne naprave odvede v odvodnik, preostali del pa v čistilno napravo. V mešano kanalizacijsko omrežje, v času sušnega odtoka, vso odpadno vodo odvajamo na čistilno napravo. Kadar je količina padavinske vode v kanalih prevelika, se ustvarjata nadpritisk iz kanalov in iztok vode iz cestnih požiralnikov. Z razbremenilniki rešimo ta problem na tak način, da večji del padavinske vode odvajamo v vodotok. Tako razbremenimo čistilno napravo.

Organske usedline, ki se usedajo v kanalih v sušnem obdobju, predstavljajo problem pri razbremenilnikih. Koncentracija organskih usedlin je lahko tudi do 50 krat bolj onesnažena kot sušni odtok. Iz ekonomskih razlogov ločujemo padavinsko in sušno vodo, ki jo v celoti odvedemo na čistilno napravo. V kanalizacijskem sistemu, kjer imajo cevi majhen padeč, se v sušnem obdobju nabirajo in usedajo organske usedline. Glavna naloga razbremenilnikov je, da loči bolj onesnaženo padavinsko vodo od manj onesnažene. Da onemogočimo prelivanje prvega dela onesnažene vode, moramo prelivne robove namestiti višje od dovodne cevi in s tem zagotovimo varnost vodotokov. Del malo onesnaženega dotoka se lahko pri polnitvi bazena preliva. Drugi del je treba odvajati na čistilno

napravo in ga tam mehansko in biološko očistiti. Da bi zmanjšali letno pogostost prelivanja, uporabimo razbremenilnike.

Ko je mejni dotok (Q_{krit}) presežen, se sproži delovanje razbremenilnika, pred katerega postavimo tudi zadrževalni bazen.

Naloga razbremenilnika je, da čistejšo vodo zadrži na vrhu, umazano pa na dnu. Čistejša voda se priče prelivati, ko je dosežen prelivni rob in odteka v vzporedni razbremenilni kanal v vodotok.

3.4.3 Dovoljena obremenitev v obeh kanalizacijskih sistemih

- ATV-A 128E

S standardom AVT-A 128E so opisane le obremenitve na mešanem kanalizacijskem sistemu.

Koncentracije polutantov v padavinskem odtoku ni mogoče napovedati. Onesnaženo padavinsko vodo je treba očistiti pred izpustom v vodotok in s tem zmanjšati obremenjenost rek in jezer.

Objekti, ki padavinsko vodo zadržujejo in razbremenjujejo, morajo biti pravilno dimenzionirani. Cilj je zmanjšanje količine odpadne vode, ki je odvisna od velikosti neprepustne površine, vezane na kanalizacijski sistem. Padavinski odtok lahko zmanjšamo tako, da:

- Padavinsko onesnaženo, neškodljivo vodo ponikamo
- Deževnico uporabimo v drug namen
- Malo onesnaženo vodo izpustimo neposredno v vodotok.

Manjšo onesnaženost padavinskega odtoka lahko dosežemo tako, da:

- Pogostejše čistimo kanale in ulice
- Drenažnim kanalom izboljšamo zadrževanje onesnaževanja
- Odstranjujemo usedline

Indikator onesnaženja je kemijska potreba po kisiku (KPK). Mejna vrednost KPK na iztoku iz čistilne naprave v dežju je 70 mg/l.

- Slovenska zakonodaja

V UL RS št. 45/2007 so določene mejne vrednosti KPK in BPK_5 na iztoku iz male komunalne čistilne naprave. Vrednost KPK ne sme biti višja od 150 mg/l, BPK_5 ne sme preseči vrednosti 30 mg/l. Določen je tudi učinek sekundarnega čiščenja komunalne čistilne naprave. Za KPK mora biti najmanj 80 %, za BPK_5 pa 90 %.

Preglednica 3: koncentracija onesnažil v mešanem kanalizacijskem sistemu in v kanalizaciji samo s padavinskim odtokom (Panjan, 2004, str. 12)

PARAMETER	PADAVINSKA VODA S CESTE [mg/l]	DEŽEVNICA [mg/l]
Suspendirane snovi	110	3,5
Celokupni organski ogljik	19,6	2,9
Celokupni ogljikovodiki	4,5	/
BPK ₅	12,2	/
Svinec	0,34	0,067
Cink	0,25	0,06
Baker	0,047	0,007
Kadmij	0,0034	0,003
Kloridui	159	1,6
Brez posipanja s soljo	22,4	/
Sulfati	15	8,4
Nitrati	1,3	0,47

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje«

Amonijak	0,5	0,6
dušik	2	/
Celokupni fosfor	0,28	0,031

4 ALTERNATIVNI NAČIN ODVODNJE

4.1 Podtlačna ali vakuumska kanalizacija

4.1.1 Zgodovina podtlačne kanalizacije

Začetki vakuumske kanalizacije segajo v leto 1828, ko je nizozemski inženir Liernur izumil vakuumski sistem. Leta 1866 ga je patentiral na Nizozemskem in v Angliji. Inženir Liernur je vakuumski sistem izvajal v Evropi in v ZDA, vendar ga ni nikoli zaključil. Verjetno je, da se Liernurov način odvajanja ni ohranil prav zaradi tega.

Leta 1956 je na Švedskem inženir Liljendahl patentiral odvodnjo odpadne straniščne vode s pomočjo podtlaka. Stranišče je za eno izpiranje porabilo 1.5 l vode in približno 50 l zraka. Švedsko podjetje Elektrolux AB je njegov izum odkupilo in nadgradilo, ter ga še danes uporabljajo pod trgovskim imenom QUA-VAC.

Leta 1970 je v ameriško podjetje Airvac vakuumski sistem še izboljšalo. To so dosegli s polaganjem cevi v žagasti profil in z uporabo 3" batnega ventila. Podjetje Airvac je vodilno po številu izdelanih omrežij in naprav, ter vodilni v ponudbi na področju vakuumske tehnologije.

Leta 1978 je na trg stopilo tudi podjetje Roediger iz Nemčije. Način polaganja vakuumskega sistema so prevzeli od ameriškega podjetja Airvac, ohranili so le uporabo membranskega ventila z 2" in 2,5" pretočnim profilom.

4.1.2 Sestavni deli podtlačne kanalizacije

Vakuumski način odvodnje je sestavljen iz: hišnega priključka, vakuumskega hišnega priključka, vakuumskega ventila. Vakuumskega omrežja in vakuumske postaje.

4.1.2.1 Hišni priključek

Hišni priključki morajo biti dimenzionirani tako, da odvajajo in zbirajo posebej sušno in padavinsko vodo. Pri hišnih priključkih je pomembno, da mora biti pravilno izvedeno odzračevanje preko streh, kar pomeni, da morajo biti v napeljavah podtlaki izenačeni. Slednji povzročajo izpraznitev hišnih priključkov.

4.1.2.2 Vakuumski hišni priključni jašek

Preko hišnega priključnega jaška je povezan gravitacijski sistem odvodnje in vakuumski kanalizacijski sistem. Spodnji del jaška vsebuje sesalno in merilno cev, nameščeni na ustrezni globini. Zaježitvena prostornina spodnjega dela jaška in dovodne cevi je določena s standardom in mora znašati vsaj 25 % srednjega dnevnega dotoka. Zgornji del jaška vsebuje vakuumski ventil z aparaturami in dodatki.

Z višanjem tlaka v zaprti vertikalni merilni cevi se z dotokom odpadnih voda viša tudi zaježitvena višina v vakuumskem hišnem priključnem jašku. Vakuumski ventil se avtomatično odpre, ko odpadna voda v merilni cevi doseže določeno višino in v cevi nastopi pritisk. Izsrkavanje odpadne vode omogoča podtlak, naknadno tudi zrak, ki ga glede na potrebe reguliramo na ventilu. Zaradi zraka in vode je nemogoč nastanek usedlin. Ko je jašek popolnoma izpraznjen se vakuumski ventil zapre.

Saržna prostornina je količina, ki jo tlak skozi odprti ventil potisne v vakuumski kanalizacijski sistem. Saržno prostornina se posepa skupaj z zrakom v sistem, ko je le ta dosežena pred vklopom ventila. Iz sistema potuje naprej v zbirno posodo in od tam na čistilno napravo. Odvisna je od števila vklopov in izklopov ventila, večja, kot je manjkrat se ventili vklopijo in izklopijo.

Hišni vakuumski priključni jaški se dimenzionirajo na dostopnih mestih. Najbolj priporočljiva je vgradnja PE – vakuumskega hišnega priključka, ker je izdelan po evropskih standardih, je vodotesen in lahek za vgradnjo.



Slika 6: Standardni jašek FLOVAC (Maleiner, 2009, str. 95)

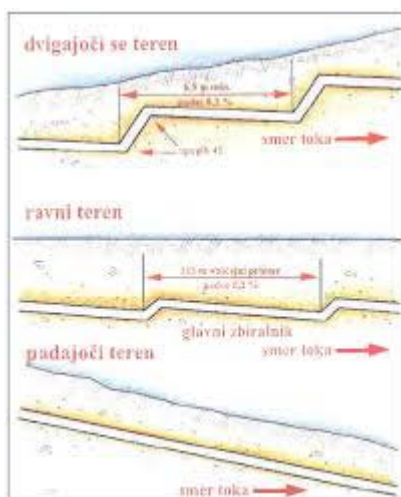
4.1.2.3 Vakuumski ventil

Delovanje vakuumskega ventila je omogočeno z energijo, potrebno za pnevmatsko krmiljenje in za odpiranje oz. zapiranje ventilov. Energija se ustvari na osnovi tlačne razlike med okoljskim atmosferskim tlakom in podtlakom v omrežju. Če pride do izpada energije ali padca podtlaka se ventil avtomatično zapre in s tem prepreči pretok v vakuumsko omrežje. Z dotokom odpadne vode narašča zaježitvena višina. Vakuumski ventil se odpira le na krmilni signal, pri 0.15 bara in ostane odprt do izpraznitve saržne prostornine. Ko se le ta izprazni, se ventil zapre in zrak v omrežju odriva vodne zamaške. Zrak in voda ustvarjata turbulenco in tako onemogočita nastanek usedlin. V primeru, da preplavi napeljavo dovoda zraka, ventil ne deluje.

Najpogostejše je v uporabi pnevmatski način krmiljenja ventilov.

4.1.2.4 Vakuumsko omrežje

Kanali vakuumskega omrežja so položeni pod cono zmrzovanja (od 0.8 do 1.5 m s prikritjem). Za razliko od gravitacijskega sistema so pri vakuumskem sistemu cevi manjših premerov, ker ima pretok večjo hitrost. Vakuumske cevi se postavljajo z žagastim vzdolžnim profilom, sestavljenim iz daljših rahlo padajočih odsekov, ki jim sledijo kratki odseki s strmimi dvigi – lifti. Odseki morajo biti postavljeni tako, da zbiralnik leži v plitvih delih pod cono zmrzovanja.



Slika 7: Način polaganja cevi pri vakuumski kanalizaciji (Maleiner, 2006, str. 22)

Ker v vakuumski kanalizaciji ni možnosti vdora odpadnih voda zaradi podtlaka, lahko v isti jarek polagamo tudi napeljave za plin in vodovod.

Terenskim oviram se izognemo s polaganjem cevi na ozkih ulicah in mestnih središčih. Na območju, kjer so ulice zelo ozke se vakuumske zbirne kanale lahko, postavlja tudi nad zemljo (npr. mostna konstrukcija prečno čez vodotok). Nadzemno polaganje je primerno na bolj zahtevnih terenih (barjanska in skalnata tla).

Z ekonomskega vidika je vakuumaska kanalizacija zelo ugodna zato, ker so zbiralniki lahko postavljeni plitvo, prerezi cevi so majhni in ni potrebna gradnja kontrolnih jaškov. Če se vakuumaska kanalizacija polaga nadzemno, so lahko stroški gradnje še nižji.

S pomočjo podtlaka izvedemo test vodotesnosti na vakuumskem sistemu.

4.1.2.5 Vakuumska postaja

Vakuumska postaja predstavlja najpomembnejši element celotnega sistema in deluje s pomočjo električne energije. Na vakuumski postaji se ustvarja podtlak, ki omogoča delovanje celotnega sistema. Najboljša postavitev vakuumske postaje je v središču vakuumske kanalizacije, v praksi pa je nameščena na najnižji, osrednji točki.



Slika 8: Horizontalna vakuumska postaja (<http://www.navigaceneje.si/Horizontalna-vakuumska-postaja> (1. 9. 2015))

Vakuumsko postajo sestavljajo:

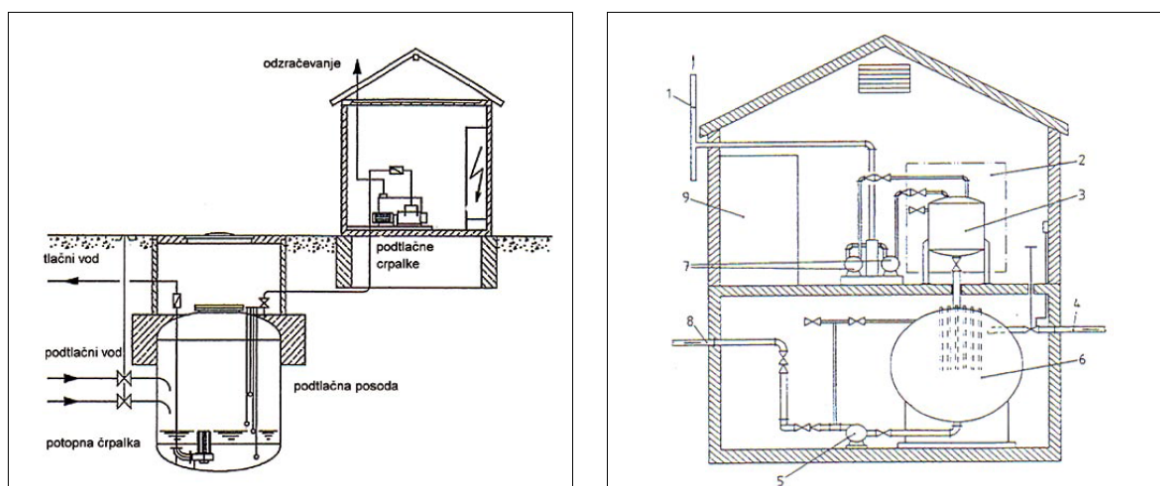
- Vakuumske črpalke, ki ustvarjajo podtlak
- Vakuumski kotel za zbiranje odpadnih voda
- Potopne tlačne črpalke za odvod odpadne vode

Znotraj vakuumskega kotla mora biti tlak med 0.2 in 0.8 bara in za to poskrbijo vakuumske črpalke. Vakuumske črpalke začnejo delovati, ko se tlak spusti pod mejno vrednost. Delujejo le po potrebi, nekaj ur dnevno. Tlačne črpalke sprožijo svoje delovanje, ko je vakuumski kotel napolnjen do določene meje. S pomočjo tlačnih črpalk, akumulirana odpadna voda iz vakuumskega kotla potiska po tlačnem vodu na čistilno napravo. Vakuumske črpalke odsesavajo zrak, ki pride z odpadno vodo.

Vakuumske črpalke odpirajo in zapirajo ventile na vakuumski postaji, katera izsrka vsebino jaška in jo zbira v vakuumskem kotlu. Kotel v centralni vakuumski postaji sprejema odpadno vodo, ki jo črpalke odčrpavajo in ob pomoči tlačnega voda odvajajo v kanalizacijski sistem ali na čistilno napravo.

Za razliko od drugih kanalizacijskih sistemov, ki za svoje delovanje potrebujejo podtlak, vakuumška kanalizacija potrebuje električno energijo.

Podtlačni kotel oz. posoda je lahko nameščena v mokri ali suhi izvedbi. Suha izvedba podtlačne posode ima nekaj prednosti pred mokro izvedbo. Ena izmed teh prednosti je, da so napeljave, merilni instrumenti, cevi, ventili in tlačne črpalke dosegljivi na zunanjem robu prostostoječe posode. Druga prednost je ekonomski vidik, saj ima suha izvedba nižje stroške za nadzor in vzdrževanje. Vakuumška posoda v mokri izvedbi potrebuje večjo prostornino zaradi potopnih črpalk in prav zato je potrebna antikorozijska zaščita.



Slika 9: Levo – prerez vakuumške postaje v mokri izvedbi, desno – prerez vakuumške postaje v suhi izvedbi (Maleiner, april 2009, str. 97)

Vakuumška kanalizacija potrebuje dvostransko napeljavo električne energije, ki jo omogoča zasilni stacionarni agregat. Pri izbiri velikosti agregata je treba upoštevati, da se vključuje ena vakuumška črpalka in črpalka za odpadne vode. V primeru izpada električne energije, monitoring sproži alarm. Takrat zasilni agregat vklopimo ročno.

- Monitoring

Monitoring omogoča pravočasno zaznavanje morebitnih in nepričakovanih ovir na vakuumskem sistemu. Ventili so preko senzorja in kabla priključeni na računalnik, ki omogoča neprekinjen nadzor nad stanjem in funkcijo. Obratovalni stroški monitoringa so nizki, saj celotna naprava ne potrebuje osebnega nadzora.

4.1.3 Delovanje podtlačne kanalizacije

Vakuumski kanalizacijski sistem je položen plitvo in pod območjem zmrzovanja. Pri vakuumski odvodnji ni potreben podolžni padec in prav tako ni potrebno temeljenje. Kanali za vakuumsko odvodnjo so položeni skupno z inštalacijami za plin in vodovod. Najvišja dovoljena hitrost pretoka je 3 m/s, zato v vakuumski kanalizaciji ni potrebno izpiranje kanalov in posledično tudi ni usedlin. S pomočjo energije, ki se dovaja v vakuumski posodi, je omogočeno delovanje celotnega omrežja. Vakuumsko črpališče ustvarja podtlak, ki se po omrežju razširi do hišnih priključkov, kjer so nameščeni ventili. Ventili sprožijo svoje delovanje s pomočjo podtlaka in ko se odprejo, posesajo odplake in zrak ter se nato zaprejo. V zbirno posodo se odsesa odpadna voda in zrak ter potuje naprej na čistilno napravo. Zaradi večje količine zraka v vakuumskem sistemu ni mogoč nastanek anaerobnega okolja in nagnitja.



Slika 10: Vakuumski sistem odvodnje (http://www.airvac.com/vacuum_right.htm (31. 8. 2015))

V vakuumskem sistemu se odpadna voda iz gospodinjstev odvaja po gravitacijskem kanalu do vakuumskega hišnega priključka jaška. V hišnem priključnem jašku mora biti pravilno odzračevanje, kar pomeni, da morajo biti nastali podtlaki v napeljavi izenačeni. Pritok odpadne vode do hišnega priključnega jaška povzroči povišanje tlaka v vertikalni merilni cevi. Vakuumski ventil se avtomatično odpre, ko v cevi nastane pritisk in ko odpadna voda v merilni cevi doseže določeno višino. S pomočjo podtlaka se odpadne vode in zrak izsesavata in potujeta naprej do vakuumske postaje. Ko je jašek popolnoma izprazen se vakuumski ventil zapre.

Vakuumsko postajo sestavljajo vakuumske črpalke, zbirne posode in potopne črpalke. Če podtlak v sistemu pade pod dovoljeno mejo, se vklopijo vakuumske črpalke. Tlačne črpalke po napolnitvi vakuumskega kotla potiskajo odpadno vodo na čistilno napravo.

4.1.4 Načrtovanje podtlačne kanalizacije

- Dimenzioniranje zbiralnikov

Pri dimenzioniranju zbiralnikov moramo upoštevati to, da morajo prenesti prometne in zemeljske obtežbe, obratovalne obtežbe ter obratovalni in preizkusni podtlak. Na mestu, kjer je nivo podtalnice visok pa mora zbiralnik prenesti tudi vzgon podtalnice. V primeru visokih temperatur se lahko zmanjša trdnost cevi, za to so potrebne cevi višje trdnosti. Če PE-HD cevi ne polagamo v gradbeni jarek, morajo le te biti zaščitene pred visokimi temperaturami, UV svetlobo in mehanskimi poškodbami.

- Podolžni profil zbiralnikov

Podolžni profil zbiralnika ima nalogo, da omogoči samočistilni pretok, brez, da bi se pri tem odlagale usedline. Lifti morajo biti na medsebojni razdalji vsaj 6.5 m. Na ravnem terenu ta razdalja znaša približno 165 m. Zbiralniki imajo padeč 0.2 % oziroma 1:5000 in so položeni paralelno s terenom v smeri odtoka. Višinske razlike premagujemo ali z večjim številom manjših liftov ali z manjšim številom večjih liftov. Hidravlične izgube se na ta način zmanjšajo. Spodnje in zgornje dno cevi lifta ne sme biti na več kot 1.5 m višinske razlike. V najnižjih odsekih omogoča zbiranje vode podolžni zbiralnik. Zrak, ki doteka pa vodo porine preko lifta.

- Pretok

Enačbi (11) in (12) sta povzeti po spletni strani

<http://www.airvac.com/pdf/Vacuum%20Sewers%20101.pdf> (7. 9. 2015). Računski odtok iz gospodinjstva je po standardu DIN EN 1091 $Q_s=0,005 \text{ l (s} \cdot \text{P)}$ z že upoštevano tujo vodo. Na podlagi specifičnega odtoka 150 l/d se lahko izračuna industrijski ter obrtniški odtok, če ni že znan.

Maksimalen konični pretok, ki se izračuna s pomočjo koničnega faktorja.

$$Q_{max} = \frac{Q_a}{1440 \cdot PF} \quad (11)$$

Kjer je:

Q_{max} – maksimalen pretok [l/s]

Q_a – povprečni dnevni pretok [l/s]

PF – konični faktor [/]

Konični faktor naj ne bi bil nižji od 2.5, običajno je njegova vrednost med 3 in 4. Izračunamo ga po enačbi:

$$PF = \frac{(18 + \text{št. prebivalcev})/1000}{(4 + \text{št. prebivalcev})/1000} \quad (12)$$

Maksimalni, srednji in minimalni pretok lahko določimo tudi z enačbami iz poglavja 2.2.1.

Količino zraka, ki je, potrebna v vakuumski kanalizaciji izračunamo z enačbo:

$$Q_L = Q_W * LWL \quad (13)$$

Kjer je:

Q_L – potrebna količina zraka [m^3/h]

Q_W – količina odpadne vode [m^3/h]

LWL – razmerje med zrakom in odpadno vodo [/]

Razmerje LWL se giblje med vrednostjo 3.5 in 10, lahko pa ga določimo tudi s pomočjo tabele.

Preglednica 4: Tabela za določitev razmerja voda/zrak (Maleiner, 2006, str. 32)

	Gostota prebivalcev na tekoči meter cevi			
Dolžina zbiralnika	0,05 preb./m	0,1 preb./m	0,2 preb./m	0,5 preb./m
[m]	Srednje razmerje zrak/voda (LWL)			
500	3,5-7	3-6	2,5-5	2-5
1000	4-8	3,5-7	3-6	2,5-5
1500	5-9	4-8	3,5-7	3-6

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje«

2000	6-10	5-9	4-8	3,5-7
3000	7-12	6-10	5-9	4-8
4000	8-15	7-12	6-10	(5-9)*

*samo v izjemnih primerih

Po določitvi razmerja voda/zrak, določimo s pomočjo tabele še premer cevi.

Preglednica 5: Tabela za določitev premera cevi (Maleiner, 2006, str. 33)

Srednja vrednost razmerja zrak/voda vzvodno	DN 65**	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250*
	Število vzvodno priključenih prebivalcev						
2	0-110	0-350	250-600	350-900	500-1400	75-2100	1100-3000
4	0-65	0-200	135-400	200-500	300-800	400-1200	600-1650
6	0-45	0-140	95-240	140-350	200-550	300-820	400-1150
8	0-35	0-105	75-185	105-270	150-425	220-625	300-850
10	0-30	0-85	60-150	85-220	120-340	175-500	250-700
12	0-25	0-75	50-125	75-180	100-290	150-425	200-600

**premer cevi DN 65 se uporablja le pri 2 in 2,5 membranskih ventilih

*samo v izjemnih primerih

4.1.4.1 Hidravlični izračun podtlačne kanalizacije

Enačbe so povzete iz priročnika *Alternative sewer systems*. Za delovanje celotnega sistema vakuumske kanalizacije sta potrebni vakuumska in tlačna črpalka. Vakuumsko črpalko izračunamo z enačbo:

$$Q_{vp} = \frac{A \cdot Q_{max}}{7,5} \quad (13)$$

Kjer je:

Q_{vp} – kapaciteta vakuumske črpalke [l/s]

A – koeficient, odvisen od dolžine vakuumskega omrežja [l]

Q_{max} – maksimalen pretok [l/s]

Vrednost koeficienta A določimo s pomočjo naslednje enačbe:

$$N_{\xi} = \frac{Q_{vp} \cdot \Delta\rho}{\eta} \quad (14)$$

Kjer je:

N_{ξ} – moč vakuumske črpalke [W]

Q_{vp} – kapaciteta vakuumske črpalke [m³/s]

$\Delta\rho$ – podtlak (najvišja učinkovitost črpalke) [N/m³]

η – izkoristek črpalke [l]

Iz priročnika *Alternative sewer systems* (str. 146) povzamemo enačbo za zmogljivost črpalke:

$$Q_{dp} = Q_{max} = Q_a \cdot PF \quad (15)$$

Kjer je:

Q_{dp} – zmogljivost črpalke [l/s]

PF – konični faktor (med 3 in 4) [l]

Q_a – povprečni pretok [l/s]

Moč črpalke, ki jo potrebujemo za odpadno vodo, dobimo s pomočjo enačbe:

$$N_{\xi} = \frac{Q_{dp} * \rho * g * h_{man}}{\eta} \quad (16)$$

Kjer je:

N_{ξ} – moč črpalke [W]

Q_{dp} – pretok skozi črpalke [l/s]

ρ – gostota vode [1000 kg/m³]

g – gravitacijski pospešek [9.81 m/s²]

h_{man} – višina črpanja [m]

η – stopnja izkoristka [/]

Enačbo za prostornino zbirne posode na vakuumski postaji določimo s pomočjo enačbe, ki je povzeta po priročniku *Alternative sewer systems* (str. 149).

$$V_{ct} = 3V_0 + 400 \quad (17)$$

Enačbo nato še pretvorimo iz merske enote gallon v liter:

$$V_{ct} = 3V_0 + 154,165 \quad (18)$$

Kjer je:

V_{ct} – celotni volumen vakuumske posode [l]

V_0 – delovni volumen vakuumske posode [l]

Delovni volumen vakuumske zbirne posode izračunamo s pomočjo naslednje enačbe:

$$V_0 = \frac{15 * Q_{min} * (Q_{dp} - Q_{min})}{Q_{dp}} \quad (19)$$

Kjer je:

Q_{min} – minimalni pretok v sistemu [l/min]

Q_{dp} – zmogljivost črpalke za odpadno vodo [l/min]

Čas delovanja vakuumskih črpalk določimo z enačbo:

$$\frac{0,045 * \left(\frac{2}{3} V_p + (V_{ct} - V_0) \right)}{Q_{vp}} \quad (20)$$

Kjer je:

V_p – celotni volumen kanalizacijskega sistema [m^3]

V_{ct} – celotni volumen vakuumske posode [m^3]

Q_{vp} – kapaciteta vakuumske črpalke [m^3/h]

Volumen celotnega kanalizacijskega sistema izračunamo po enačbi:

$$V_p = L * \pi * \left(\frac{d}{2} \right)^2 \quad (21)$$

Kjer je:

L – dolžina vakuumskega omrežja [m]

d – premer vakuumskih cevi [m]

π – konstanta [3.14]

- Višinske izgube

Določiti moramo tudi maksimalne izgube v vakuumskem sistemu. Predpostavimo, da so lifti napolnjeni z vodo. Izračunamo maksimalno statično tlačno razliko posameznega lifta, to je višina dviga H . Dvig H pomeni razliko v višini med najnižjo točko in naslednjo najvišjo točko, zmanjšano za notranji premer cevi.

Preglednica 6: Priporočljive višinske vrednosti liftov (Alternative sewer systems, 2008, str. 122)

Premer cevi [mm]	Višina lifta [m]
75	0,3

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje«

100	0,3
150	0,5
200	0,5
250	0,6

4.2 Tlačna kanalizacija

Pri tlačni kanalizaciji je treba k vsakemu hišnemu priključku dovajati energijo, če gre za večja omrežja pa je treba energijo dovajati tudi na splakovalnem mestu. Ker tlačni sistem porabi veliko energije, s tem pa je tudi večja možnost, da pride do okvare črpalke. Velikokrat se zgodi, da črpalke nimajo nameščenih rotorjev, ki kosovne dele iz odplak seseklajo. Fine grablje na čistilni napravi teh delov ne morejo izločiti in se pojavijo obratovalne težave.

4.2.1 Zgodovina tlačne kanalizacije

Leta 1965 je v ameriški državi Kentucky, Mottimer Clift prvi opisal tlačni sistem in ga tudi sprojektiral. V projekt je bilo vključenih 42 gospodinjstev, ki se je zaradi težav z opremo in ovirami v zasnovi kanalizacije spremenil v gravitacijski kanalizacijski sistem.

Leta 1968 je profesor sanitarno-komunalnega inženirstva na Harvardu, dr. Gordon M. Fair predstavil svoj projekt. Projekt je temeljil na omejitvi zmogljivosti kombiniranih padavinsko-sanitarnih kanalov. Njegova rešitev je bil tlačni kanal, kot del mešanega kanalizacijskega sistema. Ameriška družba za gradbene inženirje je v končnem poročilu, Fairov koncept razglasila za neekonomičnega, potrdili so le črpalko, ki ima funkcijo drobljenja črpalke.

Nadaljni razvoj tlačne kanalizacije je težil k uporabi črpalke, ki drobi odpadke, in odtoku, ki odvaja odpadne vode s pomočjo črpanja v tlačnem kanalizacijskem sistemu.

4.2.2 Osnovne značilnosti tlačne kanalizacije

Tlačni kanalizacijski sistem je postavljen v manjših in bolj oddaljenih vaseh in tam, kjer gravitacijskega sistema ne moremo postaviti racionalno in gospodarno. Tlačno omrežje dimenzioniramo na skalnatih in hribovitih območjih ter na območjih, kjer je nivo podtalnice visok. Tlačni kanalizacijski sistem je postavljen v območjih z do 15 000 uporabniki in je lahko postavljen kjerkoli, ne glede na teren.

Mešanje sistema preprečimo tako, da tlačne cevi, vode in črpalke dimenzioniramo na najmanjši notranje premer 100 mm, brez zožitve. Hitrost pretoka mora biti večja ali enaka 0.80 m/s, ker tako preprečimo nastajanje usedlin. Pri dimenzioniranju tlačnih vodov, je potrebno upoštevati tudi zahteve vzdrževalca omrežja. Cevi morajo biti položene v večjih lokih in položne, zato, da omogočimo premikanje televizijske kamere po le teh.

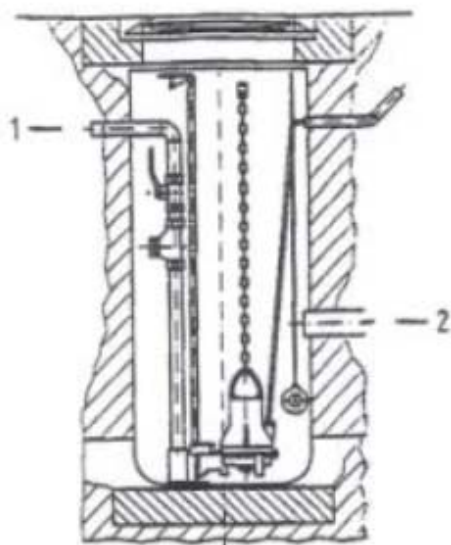
Težave v tlačnem omrežju predstavljajo tudi nagniti odpadki, ki so posledica dolgih zadrževalnih časov. Preprečimo jih tako, da izberemo ustrezno črpalke (pnevmatično črpanje), zmanjšamo presek cevi, dodajamo kemikalije, vpihujemo zrak med ali po črpanju ter z izpihovanjem. Zaradi potrebe po praznjenju in odzračevanju tlačnega voda, postavljamo jaške v najvišje in najnižje predele tlačnega voda. Kontrolne jaške, ki omogočajo čiščenje in pregled tlačnih cevi, postavljamo na razdalji od 300 do 350 m, med jaške za odzračevanje. Pri izbiri črpalke, moramo biti zelo pozorni in preveriti njeno območje delovanja, ker v nasprotnem primeru lahko kavitacija uniči črpalke. Pri izklopu črpalke in zapiranju ali odpiranju ventilov je treba pozornost nameniti na možen pojav vodnega udara. Za odzračevanje so uporabljeni posebni ventili sistema STRATE, ki se ne mašijo in prenesejo velik tlačne sile. Ob uporabi teh ventilov je treba uporabiti tudi črpalke, ki imajo zmanjšan pretočni prerez. Z zmanjšanjem pretočnega prereza onemogočimo zamašitev črpalke in tako snovi pošljemo mimo nje. S to kombinacijo dosežemo boljši izkoristek črpalke in nižje obratovalne stroške.

4.2.3 Sestavni deli tlačne kanalizacije

Tlačna kanalizacija je sestavljena iz: črpalne enote, zbirne posode, tlačnih cevi, črpalke, tlačne generatorske opreme, posode za stisnjen zrak, ventilov in cevni spojev.

4.2.3.1 Zbirna posoda

Zbirna posoda je v črpalni enoti, ki jo lahko uporablja ena ali več stavb, odvisno od zmogljivosti tlačne opreme. Sestavljena je iz: oskrbe z elektriko, alarmne naprave, nepovratnega in izolacijskega ventila, kontrolnega senzorja ter prezračevanja. Zelo pomembno je, da je zbirna posoda vodotesna in izdelana iz takega materiala, ki je odporen na zunanje vplive.



Legenda:

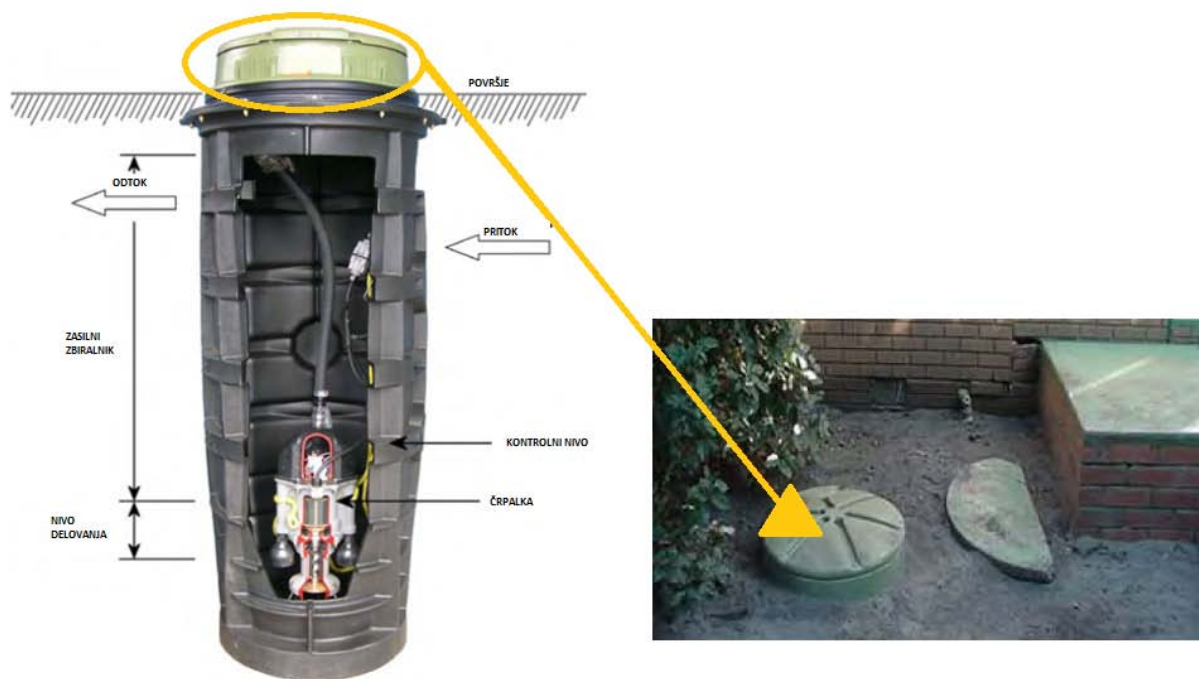
1 – odtok s pomočjo črpalke na tlačni kanal

2 – pritek gravitacijskega priključka od uporabnika

Slika 11: Zbirna posoda (EN 1671, 1997, str. 21)

4.2.3.2 Črpalna enota

Črpalna enota ima pri tlačni kanalizaciji najpomembnejšo vlogo. Omogoča odvajanje odpadne vode preko hišnega gravitacijskega kanala do čistilne naprave.



Slika 12: Črpalna enota (<http://www.sswm.info/content/pressurised-sewers> (3. 9. 2015))

4.2.3.3 Črpališče

Črpališča imajo nalogo dvigovanja odpadne vode iz tistih delov cevi, ki ležijo globlje na višje dele ter nalogo dvigovanja odpadne vode na čistilno napravo. Ko načrtujemo čistilno napravo, moramo izdelati ekonomske in tehnične analize. Pri tem moramo upoštevati sestavo in kakovost vode, ciklus delovanja črpalk, dotok fekalne vode, karakteristike tlačnega cevovoda, možnost priključka na elektriko, lokacijo črpališč in tlačnih cevovodov, geomehanske, ekološke in hidrogeološke vidike. V mokri ali suhi izvedbi načrtujemo črpališča za odvod fekalnih vod. Črpališča predstavljajo inženirski objekt, ki ima več sestavnih elementov. Količina elementov in njihove karakteristike so odvisne od vrste in naloge prečrpane vode. Za zadrževanje vode, ki pride iz omrežja in se prečrpava na črpališčih se, uporabljajo, črpalni bazeni. Črpališča sestavljajo še ventilacija, elektro pogon z električnim priključkom, signalne nivoje vode, elektroinstalacijo in črpalko.

4.2.3.4 Tlačni cevovod

Po tlačnem cevovodu se odvaja fekalna voda od črpališča do čistilne naprave, kjer se izliva v vodotok voda, ki je očiščena. Ker moramo v tlačnem cevovodu preprečiti nastajanje usedlin, je njegova velikost odvisna od minimalne hitrosti pretoka. Priporočena hitrost je večja kot 0.8 m/s, v črpališčih manjših dimenzij pa od 1 do 2 m/s. Materiali, iz katerih so izdelane tlačne cevi, so PVC, poliester, polietilen in lito železo. Dimenzije tlačnega cevovoda se gibljejo med $\varnothing 100$ in $\varnothing 300$. Cevi tlačnega cevovoda so po navadi zvarjene skupaj, ali pa vsebujejo prirobnico. Za vzdrževanje in čiščenje tlačnega cevovoda se uporabljajo zračni ventili, muljni izpusti in jaški pri kolenih. Minimalen pritisk v tlačnem cevovodu je določen z evropskim standardom EN 1671, junij 1997, in znaša 6 barov (600 kPa).

- Kriterij za tlačni transport

Za transport odpadne vode, preko črpališč, uporabljamo kratki in dolgi tlačni cevovod. Z kratkim tlačnim cevovodom dvigujemo odpadno vodo na dele, ki ležijo višje ali za odvajanje odpadne vode na čistilno napravo. Za kratke cevovode je dobro, če odvodnjo izvajamo za vsako črpalko ali za dva vzporedna cevovoda. Razlogi za to so:

- lažja popravila na tlačnem kanalu, brez prekinitve sistema delovanja
- ni usedlin, zaradi konstantne hitrosti toka
- izguba tlaka je nemogoča, vzrok za to je vzporedno ali posamezno delovanje črpalk
- ekonomski, manjši stroški investicije in električne energije

Pri kanalizacijskih objektih, ki so bolj oddaljeni se, uporabljajo dolgi tlačni cevovodi. Pri dolgih tlačnih cevovodih moramo biti pozorni, da ne pride do nastajanja usedlin. To dosežemo:

- s hitrostjo, ki mora biti večja kot 0.8 m/s, da lahko s seboj odnaša trdne snovi
- z razpihovanjem sistema, ki omogoča odnašanje usedlin.

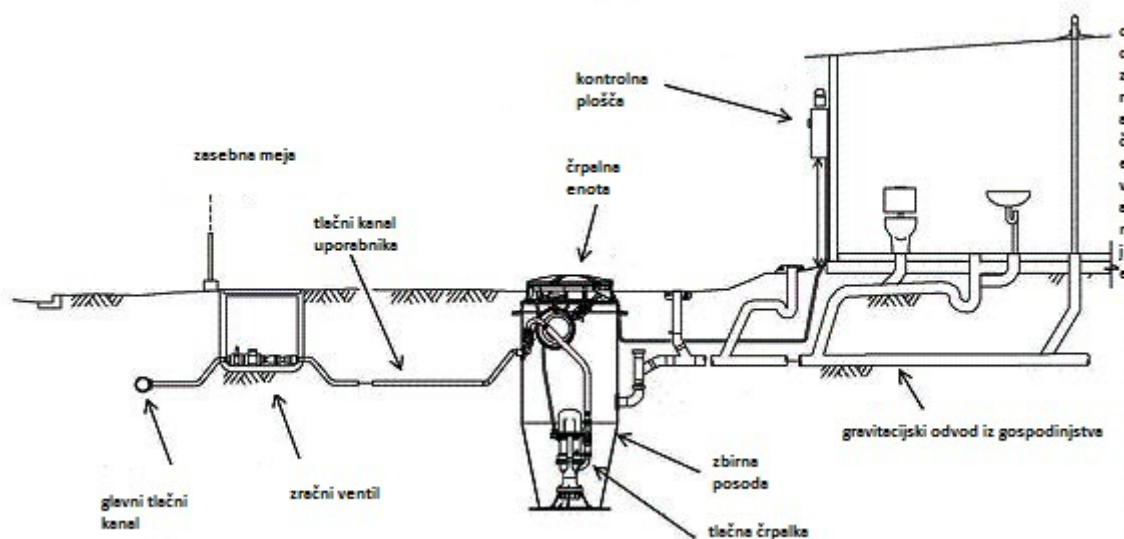
Pri obeh vrstah tlačnega cevovoda so velikega pomena nizki obratovalni in investicijski stroški, zanesljivost električnega pogona in kvaliteta delovanja.

4.2.3.5 Ventili

S pomočjo izolacijskih ventilov je vzdrževanje sistema lažje, hkrati pa nam tudi omogočajo hitro odkrivanje napak na sistemu.

4.2.4 Delovanje tlačne kanalizacije

Za boljše razumevanje delovanja tlačnega kanalizacijskega sistema, moramo poznati sestavne dele, ki so: črpalna enota, zbirna posoda, tlačna generatorska opre, posoda za stisnjen zrak, tlačne cevi, cevni spoji in ventili.



Slika 13: Tlačna kanalizacija - prerez (<http://www.sydneywater.com.au/SW/water-the-environment/index.htm> (2. 9. 2015))

Zaprte cevi v tlačnem sistemu odvodnje se napajajo na črpalni enoti. To je enota, ki jo ima vsako gospodinjstvo oz. lahko tudi več priključenih gospodinjstev. Naloga črpalne enote je, da obdela odpadno vodo iz gospodinjstva in jo odvede v tlačni kanal, ki leži na javni cesti. Tlačni kanal odvaja odpadno vodo do čistilne naprave. Vsak tlačni sistem na zasebni parceli je sestavljen iz štirih glavnih komponent. To so:

- Črpalna enota, ki je sestavljena iz manjše črpalke, zbirne posode in raven monitoringa, ki je nameščen pod zemljo. Na površju je viden pokrov črpalne enote.
- Mejni ventil, ki onemogoča ponoven vstop odpadne vode iz tlačnega kanala na uporabnikov priključek. V primeru nevarnosti pa mejni ventil omogoča kontrolo in vzdrževanje.
- Gravitacijski hišni kanal, ki vključuje tudi hišni priključek. Omogoča povezavo med črpalno enoto na zasebni parceli in tlačnim kanalom na javni površini.
- Kontrolna plošča, ki je nameščena na zidu hiše in je v obliki škatle. V njej so nameščene vse električne krmilne naprave za črpalno enoto.

Črpalna enota omogoča delovanje celotnega sistema in je njegova glavna komponenta. V črpalni enoti se v zbirni posodi zbira odpadna voda iz gospodinjstva. Nivo odpadne vode se dviguje sorazmerno s pritokom odpadne vode. Ko je, dosežena določena višina se črpalke avtomatično vklopijo in odplako prečrpajo v tlačni kanal. Ko se nivo odpadne vode zniža se tudi črpalke avtomatično, izklopijo. Če se črpalna pokvari ali nivo odpadne vode doseže najvišjo dovoljeno mejo se, sproži vizualni in zvočni alarm.

Poznamo dva tipa tlačne kanalizacije. To sta STEP in GP sistem. Obema je skupna tlačna enota, ki ima nalogo potiskanje vode do čistilne naprave po tlačnem omrežju.

Opadna voda se pri GP (Grinder Pump) sistemu odvaja neposredno na črpalno enoto po gravitacijskem kanalu. Na tem mestu je vgrajena črpalna, katera, drobi velike kosovne dele iz odpadne vode na manjše kose. Ti deli črpalke ne morejo poškodovati ali zamašiti. Do obratovnih težav pri čistilni napravi lahko pride takrat, ko fine grablje ne morejo izločiti sesekljanih kosovnih delov.

STEP sistem je sestavljen grezničnega rezervoarja, ki vsebuje eno ali več posod, kamor se prelije odpadna voda. Po navadi sta v uporabi dve posodi. V prvo voda doteka, iz druge pa se odpadna voda izliva. V izlivni posodi je nameščen črpalni jašek s tlačno enoto. Ko odpadna voda v črpalnem jašku doseže določeno višino, se vključi črpalna, ki prečrpava odplake do čistilne naprave po omrežju. V grezničnem rezervoarju je odpadna voda razdeljena na tri dele. Najvišje so maščobe, v sredini je čista tekočina in na dnu so trdi delci. Agresivnost odpadne vode je visoka, zato morajo biti vsi sestavni deli tlačne kanalizacije odporni na korozijo.

4.2.5 Načrtovanje tlačne kanalizacije

4.2.5.1 Pretok

Načrtovan pretok je lahko presežen tudi večkrat, s strani največjega dnevnega pretoka, vendar je to vse skupaj zanemarljivo zaradi kratkotrajnosti. Velikost tlačnih cevi določimo s pomočjo načrtovanega

pretoka. Načrtovanje pretoka pomeni maksimalno pretočno razmerje, ki je doseženo enkrat do dvakrat na dan.

4.2.5.2 Zadrževalni časi

Padavine, ki padejo na površje, ne odtečejo takoj v kanal. Zadrževalni čas je čas, ki ga padavinska voda potrebuje, da pride v kanal. Zadrževalni čas je odvisen od nagnjenosti terena, oddaljenosti kanala, intenzitete padavin in hrapavosti površine.

4.2.5.3 Minimalna hitrost

V roku 24 ur moramo doseči minimalno hitrost vsak enkrat na dan. Minimalna hitrost znaša 0,8 m/s in zmanjšuje možnost nastajanja usedljivih delcev.

Preglednica 7: Določitev velikosti premera tlačnega voda glede na število priključenih gospodinjstev (Manual Alternative Wastewater collection systems, 1991, str. 46)

PREMER KANALA (mm)	ŠT. PRIKLJUČENIH GOSPODINJSTEV
50	6
75	60
100	120
150	240
200	560

- Hitrost v tlačnih ceveh izračunamo po enačbi

$$v = \frac{Q}{s} \quad (22)$$

Kjer je:

Q – pretok [m/s]

S – prerez cevi [m²]

Prerez cevi izračunamo s pomočjo naslednje enačbe

$$S = \frac{(\pi * D^2)}{4} \quad (23)$$

Kjer je:

D – premer tlačnega voda [m]

π – vrednost znaša 3.14 [/]

- Črpalna višina $H_{\check{c}}$

Črpalna višina je enaka vsoti razlike gladin na sesalni in tlačni strani ter vsoti energijskih izgub v črpalki. (Panjan, 2005)

$$H_{\check{c}} = H_{geod} + \Delta H \quad (24)$$

Kjer je:

H_{geod} – geodetska višina črpanja, določena iz pogojev na terenu [m]

ΔH – vsota lokalnih in linijskih izgub [m]

Zaradi trenja med tekočino in steno cevi, v ceveh nastajajo linijske izgube tlaka, zaradi trenja in vrtinčenja vode pa v ceveh nastanejo lokalne izgube. Do lokalnih in linijskih izgub pride na tistem delu, v katerem je pretok moten (krivine, razširitve, ventili in zoženje cevi). Vsota linijskih in lokalnih izgub nam poda geodetsko višino črpanja.

$$\Delta H = \Delta H_{lin} + \Delta H_{lok} = \sum \lambda \frac{Lv^2}{D2g} + \sum \xi \frac{v^2}{g} \quad (25)$$

Kjer je:

λ – koeficient trenja [/]

L – dolžina cevovoda [m]

v – hitrost vode v cevovodu [m/s]

D – premer cevovoda [m]

g – gravitacijski pospešek [9.81 m/s]

Koeficient trenja je odvisen od viskoznosti sil in relativne hrapavosti. Viskoznosti sil so podane z Reynoldsovim številom (Re). Relativna hrapavost je podana kot razmerje med premerom cevovoda in višino hrap.

$$Re = \frac{v*d}{\nu} \quad (26)$$

Kjer je:

v – hitrost v tlačnem vodu [m/s]

d – premer tlačnega voda [m]

ν – viskoznost tekočine [m²/s]

Za izbrani tlačni vod je treba določiti tudi relativno hrapavost S pomočjo Reynoldsovega števila, razmerja med relativno hrapavostjo in premerom voda $\frac{\epsilon}{d}$ v Moodyevem diagramu odčitamo koeficient trenja λ .

Koeficient trenja lahko izračunamo tudi na podlagi naslednje enačbe:

$$\lambda = 124,6 * n_g^2 * d^{-\frac{1}{3}} \quad (27)$$

Kjer je:

λ – koeficient trenja [/]

n_G – Manningov koeficient hrapavosti (za PVC cevi je 0,009-0,013, za Pe cevi je 0,010,0,013, za poliestrske cevi pa 0,010-0,013)

- Lokalne izgube

$$\Delta H_{lok} = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (28)$$

Kjer je:

ξ – koeficient lokalnih izgub [/]

Moč črpalke, ki je potrebna za črpanje določimo z enačbo:

$$P = \frac{Q * \rho * g * H_c}{\eta} \quad (29)$$

Kjer je:

P – moč [W]

Q – pretok [m^3/s]

ρ – gostota vode [$1000 \text{ kg}/\text{m}^3$]

H_c – višina črpanja [m]

η – izkoristek črpalke [l]

4.3 Prednosti in slabosti alternativnih sistemov odvodnje

Tako kot gravitacijski sistem odvodnje, ki ima svoje prednosti in pomanjkljivosti jih ima tudi alternativni sistem odvodnje.

Prednosti vakuumske kanalizacije:

- Obratovalni stroški so nizki,
- Čas polaganja cevi je kratek (plitvi in ozki jarki),
- V jašku lahko poleg polagamo tudi druge napeljave (plin, kabli),
- Horizontalno in vertikalno izogibanje obstoječim oviram,
- Delovanje je zanesljivo, posledično so stroški nadzora in vzdrževanja nizki,
- Nizka poraba energije,
- Okolju neškodljiv sistem – ni emisij,
- Vakuumski priključni jaški ne potrebujejo električnega priključka in
- Računalniški nadzor monitoringa v primeru motenj delovanja sproži alarm.

Slabosti tlačne kanalizacije

- V nočnem času prihaja do zastoja odplak, posledično pride do gnitja, pretočnih težav, bioloških težav, korozije in emisij,
- Visoki obratovalni stroški zaradi visoke porabe energije,
- Vsak hišni priključek ima svoje črpališče, ki potrebuje nadzor in vzdrževanje,
- Zvišanje tlaka v sistemu, zaradi črpalk, ki v konicah črpajo istočasno,
- V primeru izpada električne energije ne deluje tudi kanalizacijski sistem,
- V primeru mešanega kanalizacijskega sistema so stroški še višji in
- Alternativna odvodnja odpadne vode v mešanem kanalizacijskem sistemu ni uporabna.

5 PRIMERJAVA GRAVITACIJSKEGA SISTEMA ODVODNJE Z ALTERNATIVNIM SISTEMOM ODVODNJE

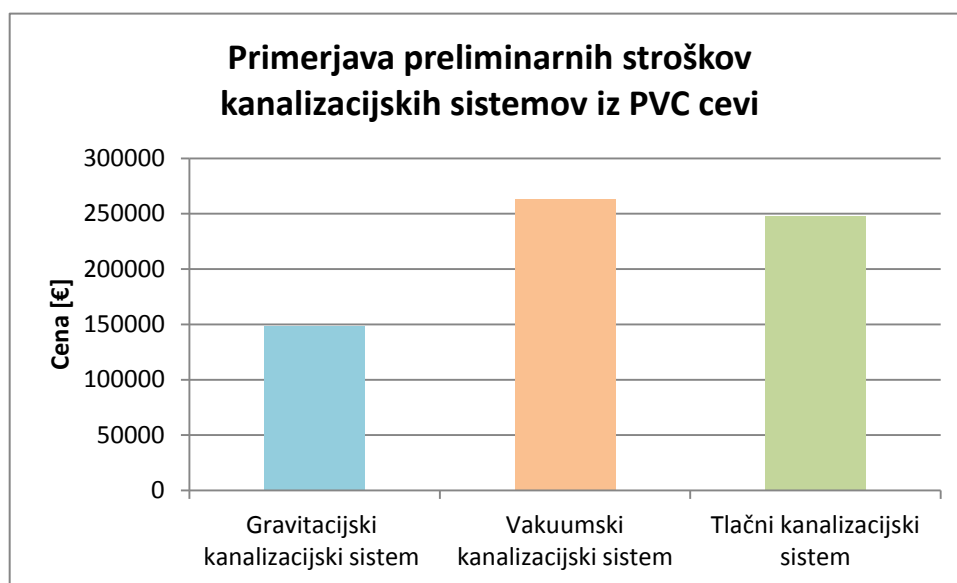
Tam, kjer je nivo podtalnice visok in je teren precej hribovit, iz ekonomskih razlogov ne moremo graditi gravitacijskega sistema odvodnje. V ta namen, sta v tem primeru, rešitev vakuumska in tlačna kanalizacija, ki sta uveljavljeni kot alternativa. V fazi načrtovanja je treba pregledati omejitve in danosti lokacije kanalizacijskega sistema. Najprimernejši je tisti sistem kanalizacije, ki je ekološko in ekonomsko najugodnejši. Nekaj primerjav:

- Pri alternativnih sistemih odvodnje so v uporabi PE-HD cevi, ki so manjšega premera, kar ugodno vpliva na gradnjo in stroške investicije.
- Vsi sestavni deli pri alternativnem sistemu odvodnje morajo biti neprepustni za vodo.
- Alternativni sistem odvodnje deluje tudi, če ni zadostnega padca terena. Cevi polagamo plitvo, tik pod zmrzovalno cono.
- Gravitacijski sistem odvodnje lahko včasih zaradi nezadostnega padca terena, zahteva globoko kopanje in s tem neugodno vpliva na potek gradnje in stroške investicije.
- Iz ekonomskih razlogov bi bila gradnja gravitacijskega sistema odvodnje v hribovitem, ravninskem, skalnatem območju in na območju z visokim nivojem podtalnice, nesmiselna.
- Možnost obratovnih motenj pri alternativnem sistemu odvodnje, zaradi mehanskih okvar ali izpada električne energije je večja kot pri gravitacijskem sistemu odvodnje.
- Visoki stroški energije, ki jo porabi alternativni sistem odvodnje.

6 PRELIMINARNA OCENA STROŠKOV ZA VSE TRI KANALIZACIJSKE SISTEME

Na poenostavljenem primeru sem izračunala oceno preliminarnih stroškov vseh treh različnih kanalizacijskih sistemov. Odsek, na katerem smo računali oceno preliminarnih stroškov, je bil dolg 1000 m. Na tem območju sem predpostavila 50 PE. Izračun ocene preliminarnih stroškov sem razdelila na pet glavnih delov. To so pripravljalna dela, cena izkopa, cena kanalizacijskih del in nabava materiala, cena zasipa in strošek priključevanja na sistem. Izračun ocene preliminarnih stroškov je podan v prilogah A1, A2 in A3. Cene za posamezne objekte in naprave so prevzete in cenikov različnih prodajalcev.

Grafikon 1: Primerjava preliminarnih stroškov kanalizacijskih sistemov iz PVC cevi



Preglednica 8: Izračun preliminarnih stroškov kanalizacijskih sistemov in faktor investicije

	Preliminarni stroški [€]	Faktor investicije
Gravitacijska kanalizacija	148.581,00	1.00
Vakuumska kanalizacija	263.528,00	1.77
Tlačna kanalizacija	247.648,00	1.67

V grafikonu 1 je grafično podan izračun ocene preliminarnih stroškov kanalizacijskega sistema. Iz tabele 8 pa je izračun podan številčno. Iz tabele je razvidno, da je cena preliminarnih stroškov za gravitacijski kanalizacijski sistem 148.581,00 €, za vakuumski kanalizacijski sistem 263.528,00 € in za tlačni kanalizacijski sistem 247.648,00 €. Kot je razvidno iz tabele, je najdražji vakuumski kanalizacijski sistem. Razlog je to, da vakuumski kanalizacijski sistem potrebuje tudi izgradnjo celotne vakuumske postaje. Najcenejši je gravitacijski kanalizacijski sistem.

7 ZAKLJUČEK

Diplomska naloga je razdeljena na dva dela. V prvem delu naloge so opisani gravitacijski, vakuumski in tlačni kanalizacijski sistem s teoretičnega stališča. V drugem delu naloge so izračunani preliminarni stroški vseh treh kanalizacijskih sistemov na izbranem področju.

Pri izbiri ustreznega načina odvodnje komunalne odpadne vode moramo upoštevati urbanistične, hidrološke, demografske in topografske značilnosti območja, v katerem načrtujemo kanalizacijsko omrežje. Na podlagi upoštevanja vseh faktorjev, ki vplivajo na izbiro sistema, izračunamo stroške za vsak kanalizacijski sistem.

Za vse tri kanalizacijske sisteme sem izdelala oceno preliminarnih stroškov, ki je razdeljen v pet delov. Prvi del so pripravljala dela, ki so ocenjena na enako ceno pri vseh treh kanalizacijskih sistemih. Drugi del je izkop in njegova cena. Tretji del so kanalizacijska dela in strošek nabave materiala. Četrty del je strošek z zasipom in nazadnje je strošek priključevanja na omrežje.

Iz izračuna je jasno razvidno, da je najdražji vakuumski kanalizacijski sistem. Razlog za toliko višjo ceno je postavitve vakuumske postaje, ki vsebuje vakuumske in tlačne črpalke, vakuumski kotel in opremo za monitoring ter krmiljenje. Prav tako vakuumski kanalizacijski sistem potrebuje vakuumske hišne priključne jaške z batnim ventilom. To ceno precej zviša. Pri gravitacijski kanalizaciji to nadomestimo z revizijskimi jaški.

Najbolj racionalna in ekonomska rešitev za postavitve ustreznega kanalizacijskega sistema je gravitacijski kanalizacijski sistem. Gravitacijski sistem uporabimo takrat, ko nam terenske razmere s svojim naravnim padcem to dovoljujejo. Zaradi nižjih obratovalnih stroškov, ki so posledica tega, da odpadne vode ni potrebno prečrpavati, lahko postavimo ločeni ali mešani kanalizacijski sistem. Tam kjer terenske razmere ne omogočajo gravitacijskega sistema odvodnje, uporabimo ločeni sistem in odpadno vodo s tlačnim ali vakuumskim sistemom odvajamo na čistilno napravo.

V Sloveniji imamo pretežno mešan kanalizacijski sistem. Vakuumski kanalizacijski sistem je uporabljen v Logatcu, Turnišču, Dornavi in v Ravnah. Primer tlačne kanalizacije v Sloveniji nimamo.

Najbolj pomembno izmed vsega je, da kanalizacijske sisteme postavljamo tako, da z njimi zaščitimo okolje in ohranjamo vodotoke ter kakovost pitne vode.

VIRI

Alternative sewer system. 2008. WEF Manual of Practice NO. FD-12, Second Edition, Water Environment Federation, Alexandria: 301 str.

Berdajs, A., Galonja, S., Gruden, T., Murn, Z., Musi, A., Petek, I., Slokan, I., Smolej, B., Štembal–Capuder, M., Žitnik, D., Žitnik, J. 2008. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehnična založba Slovenije: 711 str.

B, Bijol. 2010. Različni načini odvodnje onesnažene vode iz naselja Dolenja vas. Diplomaska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba: B. Bijol): 112 str.

Cene kanalizacijskih cevi. 2015. <http://www.merkur.si/gradnja/vodovod-in-kanalizacija/ulicna-kanalizacija/> (Pridobljeno 7. 9. 2015.)

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

Manual Alternative Wastewater Collection Systems. 1991. Washington, Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office Of Water , EPA/625/1-91/024:207str.

Maleiner, F. 2006. Projektiranje in obratovanje vakuumskih kanalizacij (skripta), Ljubljana (samozaložba F. Maleiner): 37 str.

Meleiner F. 2005. Prvo vakuumsko omrežje v Sloveniji, Gradbeni vestnik 54, št: 48. 48str.

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstvene hidrotehnične infrastrukture. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Pressure sewers. 2011. <http://www.sswm.info/content/pressurised-> (Pridobljeno 3. 9. 2015.)

Pressure wastewater systems. 2015. <http://www.sydneywater.com.au/SW/water-the-environment/index.htm> (Pridobljeno 2. 9. 2015.)

Štajdohar, I. 2015. Cena manjše čistilne naprave. Sporočilo za: Ilić, B. 14. 9. 2015. Osebna komunikacija.

Vacuum Sewers 101. 2007. <http://www.airvac.com/pdf/Vacuum%20Sewers%20101.pdf> (Pridobljeno 7. 9. 2015.)

Vacuum Sewers 101. 2007. PDHengineer Course No. C-4028, Portions of this course use material excerpted from Alternative Sewer Systems, 2nd ed.; Manual of Practice No. FD-12 Reprinted with permission from Alternative Sewer Systems Water Environment Federation: Alexandria, Virginia: 30 str.

Vakuumska postaja. 2015. <http://www.navitkaceneje.si/Horizontalna-vakuumska-postaja> (Pridobljeno 1. 9. 2015.)

Vakuumski sistem odvodnje. 2015. http://www.airvac.com/vacuum_right.htm (Pridobljeno 31. 8. 2015.)

Shema o zbiranju deževnice in njeni porabi. 2015.

http://www.vrtecandersen.si/tl_files/SLIKE/razno/shema%20L.jpg (Pridobljeno 30. 8. 2015.)

Zbiralnik za zbiranje deževnice. 2015. <http://www.slonep.net/eko-bivanje/zeleno-zivljenje/uporaba-> (Pridobljeno 30. 8. 2015.)

ATV-A-131, maj 2000, Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants, GFA Publishing Company of ATV-DVWK Water: 57str.

ATV RULES AND STANDARDS, ATV STANDARD, 1992, ATV – A 128E; Standrds for Dimensioning and Design of Stormwater Overflows in Combined Wastewater Sewers, Hennef, GFA: 74 str.

ATV RULES AND STANDARDS, ATV STANDARD, 1997, ATV-A 105E; Selection of the Drainage System, Hennef, GFA:15 str.

ATV RULES AND STANDARDS, ATV STANDARD, september 1992, ATV – A 116, Besondere Entwässerungsverfahren Unterdruckentwässerung – Druckentwässerung: 21 str.

PRILOGE

A Tabelarične priloge

A1 Preliminarna ocena stroškov za gravitacijski kanalizacijski sistem

A2 Preliminarna ocena stroškov za vakuumski kanalizacijski sistem

A3 Preliminarna ocena stroškov za tlačni vakuumski sistem

A1 Preliminarna ocena stroškov za gravitacijski kanalizacijski sistem

	vrsta dela	enota	količina	EUR/enoto	Skupaj
1.	Pripravljalna dela	ocena			2000
2.	Izkop				
	5 % zemljine ročni izkop za kanale širine do 1.00m, v zemljini I-III kategorije	m3	200	30,4	6080
	95 % zemljine strojni izkop za kanale širine do 1.00m, v zemljini I-III kategorije	m3	1500	4,6	6900
	Planiranje terena s točnostjo +/- 3.0cm, I-III kategoriji	m3	1600	3,4	5440
	Dobava peska (0-4mm-9 in izdelava posteljice v debelini 10 cm s planiranjem in strojnim utrjevanjem	m3	100	13,3	1330
	Črpanje vode iz gradbene jame v času gradnje	ur	2	4,5	9
3.	Kanalizacijska dela in nabava materiala				
	Dobava in montaža betonskih kanalizacijskih cevi Ø400, z vsem veznim materialom	m'	1000	10	10000
	Dobava in montaža PVC kanalizacijskih cevi Ø400 SN4, z vsem veznim materialom	5m	200	288	57600
	Dobava in montaža poliestrskega revizijskega jaška, globina 0-2m, premera 1000 mm	kom	1	480	480
	Dobava in montaža LTŽ pokrova revizijskega jaška Ø1000, P=400kN	kom	1	312	312
	Dobava in montaža čistilne naprave za 50PE	kom	1	20000	20000
	Čiščenje kanala in izdelava digitalnega posnetka izvedene kanalizacije	m'	1000	2	2000

4.	Zasip				
	Strojno zasipavanje z izkopanim materialom in nabijanje v slojih po 30 cm	m3	1500	6,5	9750
	Nabijanje tamponske podlage z vibracijskim nabijačem v debelini 20 cm	m3	200	5,4	1080
5.	Stroški priključitve na omrežje	gospodinjstvo	20	1780	35600
			SKUPAJ (bet.cevi)		100981
			SKUPAJ (PVC cevi)		148581

A2 Preliminarna ocena stroškov za vakuumski kanalizacijski sistem

	vrsta dela	enota	količina	EUR/enoto	Skupaj
1.	Pripravljalna dela	ocena			2000
2.	Izkop				
	5 % zemljine ročni izkop za kanale širine do 1.00m, v zemljini I-III kategorije	m3	55	30,4	1672
	95 % zemljine strojni izkop za kanale širine do 1.00m, v zemljini I-III kategorije	m3	1045	4,6	4807
	Planiranje terena S točnostjo +/- 3.0cm, I-III kategoriji	m3	1100	3,4	3740
	Dobava peska (0-4mm-9 in izdelava posteljice v debelini 10 cm s planiranjem in strojnim utrjevanjem	m3	100	13,3	1330
	Črpanje vode iz gradbene jame v času gradnje	ur	2	4,5	9
3.	Kanalizacijska dela in nabava materiala				
	Dobava in montaža PVC kanalizacijskih cevi DN200 SN8, z vsem veznim materialom	m'	200	19,99	3998
	Dobava in montaža PVC kanalizacijskih cevi DN250 DN8, z vsem veznim materialom	m'	500	35,99	17995
	Dobava in montaža PVC kanalizacijskih cevi DN315 SN8, z vsem veznim materialom	m'	300	55,99	16797
	Dobava in montaža vakuumskega hišnega priključnega jaška globine 0-2m, P=400kN	kom	2	3000	6000

	Dobava in montaža kompaktne vakuumske postaje z vakuumsko posodo in vsemi merilnimi napravami (vakuumska črpalka in dve tlačni črpalki)	kom	1	160000	160000
	Čiščenje kanala in izdelava digitalnega posnetka izvedene kanalizacije	m'	1000	2	2000
4.	Zasip				
	Strojno zasipavanje z izkopanim materialom in nabijanje v slojih po 30 cm	m3	1000	6,5	6500
	Nabijanje tamponske podlage z vibracijskim nabijačem v debelini 20 cm	m3	200	5,4	1080
5.	Stroški prikločitve na omrežje	gospodinjstvo	20	1780	35600
				SKUPAJ (PVC cevi)	263528

A3 Preliminarna ocena stroškov za tlačni sistem

	vrsta dela	enota	količina	EUR/enoto	Skupaj
1.	Pripravljalna dela	ocena			2000
2.	Izkop				
	5 % zemljine ročni izkop za kanale širine do 1.00 m, v zemljini I-III kategorije	m3	55	30,4	1672
	95 % zemljine strojni izkop za kanale širine do 1.00 m, v zemljini I-III kategorije	m3	1045	4,6	4807
	Planiranje terena s točnostjo +/- 3.0 cm, I-III kategoriji	m3	1100	3,4	3740
	Dobava peska (0-4mm-9 in izdelava posteljice v debelini 10cm s planiranjem in strojnim utrjevanjem	m3	100	13,3	1330
	Črpanje vode iz gradbene jame v času gradnje	ur	2	4,5	9
3.	Kanalizacijska dela in nabava materiala				
	Dobava in montaža PVC kanalizijskih cevi Ø400 SN4, z vsem veznim materialom	m'	200	19,99	3998
	Dobava in montaža PVC kanalizijskih cevi DN250 DN8, z vsem veznim materialom	m'	500	35,99	17995
	Dobava in montaža PVC kanalizijskih cevi DN315 SN8, z vsem veznim materialom	m'	300	55,99	16797
	Kompletna izdelava črpališča za odpadne vode	komplet		150000	150000
	Dobava in montaža poliestrskega revizijskega jaška, globina 0-2m, premera 1000 mm	kom	2	15	30

	Dobava in montaža LTŽ pokrova revizijskega jaška Ø1000, P=400kN	kom	2	45	90
	Čiščenje kanala in izdelava digitalnega posnetka izvedene kanalizacije	m'	1000	2	2000
4.	Zasip				
	Strojno zasipavanje z izkopanim materialom in nabijanje v slojih po 30 cm	m ³	1000	6,5	6500
	Nabijanje tamponske podlage z vibracijskim nabijačem v debelini 20 cm	m ³	200	5,4	1080
5.	Stroški priključitve na omrežje	gospodinjstvo	20	1780	35600
SKUPAJ (PVC cevi)					247648