

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Osijek, 15. lipanj 2015.

Save Španja

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

TEMA: OPTIMALIZACIJA KANALIZACIJSKOG SUSTAVA RURALNOG
PODRUČJA

TOPIC: THE OPTIMIZATION OF THE SEWER SYSTEM OF A RURAL AREA

Osijek, 15. lipanj 2015.

Save Španja

SAŽETAK

Diplomskim radom obrađena je tema optimalizacije kanalizacijskog sustava odabranog ruralnog područja. Za promatrano područje uzeta su četiri naselja unutar Općine Viljevo, kao klasični primjeri ruralnih naselja u Slavoniji. U sklopu rada analizirani su svi mjerodavni ulazni parametri potrebni za pravilno dimenzioniranje te određivanje optimalnog kanalizacijskog sustava. Ponuđeno je više varijantnih rješenja, odabranih prema karakteristikama obrađenih ulaznih podataka, kao što su broj stanovnika na promatranom području, karakteristika otpadne vode i dr. Ponuđenim varijantnim rješenjima u obzir je uzeta primjena centraliziranog, decentraliziranog, konvencionalnog i alternativnog kanalizacijskog sustava. Time se pokrilo široko područje često primijenjenih sustava kao i onih čija primjena u budućnosti može pronaći mjesto u rješavanju ovoga problema na području Hrvatske. Unutar rada naglašena je ekonomska analiza izgradnje sustava u vidu optimalizacije, preko koje se došlo da najekonomičnijih varijanti. Nadalje, najekonomičnije varijante obrađene su višekriterijskom analizom s tehničko-tehnološkog aspekta. Temeljem obrađenih analiza može se usvojiti optimalan kanalizacijski sustav kroz sve faze, počevši od izgradnje i trajnosti do održavanja i troškova rada sustava.

Ključne riječi: *optimalizacija, ruralna naselja, kanalizacijski sustav, centralizacija, decentralizacija, alternativni sustavi*

ABSTRACT

The topic of this master thesis is the optimization of the sewer system of a chosen rural area. This area includes four settlements, typical for the region of Slavonia, located in the municipality of Viljevo. This thesis represents an analysis of all relevant input parameters necessary for defining and properly dimensioning an optimal sewer system. Thesis also contains several possible formalizations, based on the features of analyzed input parameters, such as the population and wastewater of the chosen area. These possible formalizations include the usage of centralized, decentralized, conventional and alternative sewer systems. Therefore, this analysis includes systems which are regularly in use, as well as those which can possibly be used in the future on the territories of the Republic of Croatia. Furthermore, thesis assesses the most economical way of construction of the systems. The most economical forms are assessed through technical and technological multi-criteria analysis. This thesis presents the most optimal sewer system through all phases, starting from the construction and durability, to maintenance and labor costs.

Key words: *optimization, rural areas, sewer system, centralization, decentralization, alternative sewer system*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PRISTUP RJEŠAVANJU ZADATKA	3
3. PROSTORNO PLANSKA I TEHNIČKA DOKUMENTACIJA	5
4. ANALIZA UTJECAJNIH ČIMBENIKA	10
4.1 ZNAČAJKE PODRUČJA	10
4.2 KLIMA	12
4.3 HIDROLOŠKE PODLOGE.....	15
4.3.1 <i>Oborine</i>	15
4.3.2 <i>Recipijenti na području i njihove karakteristike</i>	17
4.4 KOMUNALNA INFRASTRUKTURA	21
4.5 REGULATIVA.....	23
5. DEFINIRANJE ULAZNIH PARAMETARA	26
5.1 BROJ I VRSTA KORISNIKA, RASPORED PO PROSTORU	27
5.1.1 <i>Opći podaci</i>	27
5.1.2 <i>Stanovništvo</i>	28
5.1.3 <i>Gospodarstvo</i>	31
5.2 OTPADNE VODE.....	32
5.2.1 <i>Sanitarne otpadne vode</i>	32
5.2.2 <i>Industrijske otpadne vode</i>	35
5.2.3 <i>Tuđe vode</i>	36
5.3 KARAKTERISTIKA OTPADNIH VODA.....	38
6. OSNOVNI ELEMENTI SUSTAVA ZA ODVODNJU	41
6.1 OPĆI UVJETI ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA	41
6.2 NAČINI ODVODNJE.....	42
6.3 PODJELA S OBZIROM NA REŽIM TEČENJA (ALTERNATIVNI SUSTAVI ODVODNJE).....	47
6.3.1 <i>Tlačna kanalizacija</i>	51
6.3.2 <i>Vakuumska kanalizacija</i>	54
6.4 TEHNIČKE KARAKTERISTIKE KANALIZACIJSKOG SUSTAVA.....	57
6.4.1 <i>Gravitacijska kanalizacija</i>	57

6.4.2	Vakuumska kanalizacija.....	61
7.	OSNOVNI ELEMENTI PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA.....	67
7.1	OPĆENITO.....	67
7.2	ULAZNI PODATCI ZA ODABIR TIPa UPOV-A.....	70
7.3	PREGLED MOGUĆIH NAČINA PROČIŠĆAVANJA OTPADNE VODE.....	74
8.	VARIJANTNA RJEŠENJA.....	76
8.1	OPĆE POSTAVKE.....	76
8.2	VARIJANTA A.1.....	78
8.2.1	<i>Osnovna koncepcija.....</i>	<i>78</i>
8.2.2	<i>Jednostupanjski biološki uređaj pomoću aktivnog mulja (konvencionalni uređaj)</i> <i>79</i>	
8.3	VARIJANTA A.2.....	83
8.3.1	<i>Osnovna koncepcija.....</i>	<i>83</i>
8.3.2	<i>SBR kompaktni uređaji.....</i>	<i>83</i>
8.4	VARIJANTA B.....	87
8.4.1	<i>Osnovna koncepcija.....</i>	<i>87</i>
8.4.2	<i>Biljni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (Umjetne močvare).....</i>	<i>88</i>
8.5	VARIJANTA C.....	97
8.5.1	<i>Osnovna koncepcija.....</i>	<i>97</i>
8.5.2	<i>OST sustavi.....</i>	<i>97</i>
8.5.3	<i>Pješčani filtri (PF).....</i>	<i>98</i>
8.5.4	<i>Bioaeracijske jedinice (BJSBR).....</i>	<i>99</i>
8.5.5	<i>Aerobno-anaerobni uređaji.....</i>	<i>100</i>
8.6	VARIJANTA D.....	103
9.	HIDRAULIČKI PRORAČUN.....	104
9.1	GRAVITACIJSKA KANALIZACIJA CENTRALIZIRANOG SUSTAVA.....	104
9.1.1	<i>Naselje Kapelna.....</i>	<i>105</i>
9.1.2	<i>Naselje Ivanovo.....</i>	<i>122</i>
9.1.3	<i>Naselje Bockovac.....</i>	<i>132</i>
9.1.4	<i>Naselje Blanje.....</i>	<i>139</i>
9.2	GRAVITACIJSKA KANALIZACIJA DECENTRALIZIRANOG SUSTAVA.....	148
9.2.1	<i>Podsustav Kapelna.....</i>	<i>148</i>

9.2.2	<i>Podsustav Blanje i Bockovac</i>	149
9.2.3	<i>Podsustav Ivanovo</i>	151
10.	APROKSIMACIJA TROŠKOVA	156
10.1	JEDINIČNE CIJENE	156
10.2	PROCJENA TROŠKOVA IZGRADNJE KANALIZACIJSKOG SUSTAVA PO VARIJANTAMA .	160
10.2.1	<i>Varijanta A.1.1. (GK + KU)</i>	160
10.2.2	<i>Varijanta A.1.2. (VK + KU)</i>	160
10.2.3	<i>Varijanta A.2.1. (GK + SBR)</i>	161
10.2.4	<i>Varijanta A.2.2. (VK + SBR)</i>	161
10.2.5	<i>Varijanta B.1. (GK + UM)</i>	162
10.2.6	<i>Varijanta B.2. (VK + UM)</i>	162
10.2.7	<i>Varijanta C.1. (PF)</i>	163
10.2.8	<i>Varijanta C.2. (BJSBR)</i>	164
10.2.9	<i>Varijanta C.3. (AAU)</i>	164
11.	EKONOMSKA ANALIZA	166
12.	TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA ANALIZA	166
13.	ODABIR NAJPOVOLJNIJEG RJEŠENJA	170
14.	ZAKLJUČAK	172
15.	NACRTI	174
16.	LITERATURA	175
17.	POPIS TABLICA I SLIKA	178

1. UVOD

Unutar diplomskog rada višekriterijskom analizom obrađivat će se više varijantnih rješenja kanalizacijskog sustava i pročišćavanja otpadnih voda na bazi idejnog projekta. Za analizirano ruralno područje odabrana je pogranična općina Viljevo kao karakterističan primjer ruralnih nizinskih naselja sa neizgrađenim sustavom za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda.

Općina Viljevo, koju čine naselja Blanje, Bockovac, Cret Viljevski, Ivanovo, Kapelna, Krunoslavje i Viljevo, smještena je uz rijeku Dravu i proteže se na površini od cca 110km². Spada u okvir Osječko-baranjske županije te je u neposrednoj blizini Donjeg Miholjca u sklopu čije općine je bila do 1993. godine.

Unutar promatranog područja odvodnja otpadnih voda nije riješena na adekvatan način. Oborinske vode odvede se otvorenim kanalima u najbliže vodotoke. U naseljima se otpadne vode zbrinjavaju u septičkim jamama, nerijetko dotrajale starosti i procijednog dna, što dovodi do direktnog infiltriranja u okolno tlo te procjeđivanja u vodonosne slojeve. Osim toga, otpadne vode se nekontrolirano prazne u odvodne jarke ili najbliži vodotok.

Dio Općine nema proveden vodoopskrbni sustav. Stanovništvo se u ovim dijelovima najčešće opskrbljuje vodom sa bunara koji se nalaze u neposrednoj blizini septičkih jama te time dovode u opasnost zdravlje i kvalitetu života. Postoji idejno rješenje izgradnje vodoopskrbnog sustava za promatrano područje izrađeno od strane „Hidroinženiring“ i „Hidroprojekt-ing“ u listopadu 2010. godine, kojim se dodatno povećavaju količine otpadnih vode te se time javlja još veća potreba za izgradnjom kanalizacijskog sustava.

Trenutno postojeće stanje sustava kanalizacijskih mreža ne zadovoljava sanitarni i higijenski pogled te dovodi do opasnosti od onečišćenja podzemnih i površinskih vodnih resursa.

Unutar diplomskog rada bit će izložene i poštovane osnovne stručne i tehničke postavke i uvjeti odvodnje te pročišćavanja otpadnih voda. Kao jedna od osnovnih podloga koristit će se konceptijsko rješenje „Odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda šireg područja Donjeg Miholjca“ u koji spada i općina Viljevo izrađen od strane „Hidroprojekt-ing“ iz Zagreba u siječnju 2009. godine. Uvažavajući konceptijske postavke, detaljno će se razraditi dodatna moguća varijantna rješenja te će se u potpunosti odbaciti ona rješenja

koja ne podliježu novim regulativama ili se baziraju na zastarjeloj tehnologije pročišćavanja otpadnih voda.

Obradit će se mogućnost primjene nekonvencionalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda koji se baziraju na principu ispuštanja pročišćene otpadne vode na mjestu nastanka onečišćenja (OST sustavi), kao primjena novih tehnologija i alternativan način pročišćavanja. Kod OST sustava tlo se koristi kao medij za primanje pročišćene otpadne vode.

Naglasak u radu biti će na analizi ekonomskog faktor kao jednog od najvažnijih, pogotovo za ruralna područja manjih općina. Korištenjem varijantnih rješenja unutar rada bit će ispunjene sve norme i uvjeti potrebni za zadovoljenje tehničke izvodivosti i kvalitetu obrađene vode. Predložiti će se najpovoljnije rješenje, koje će biti najprihvatljivije po pitanju faznosti izgradnje i fleksibilnosti broja priključenih stanovnika. Prema dosadašnjem iskustvu upravo to je bio jedan od ključnih problema ruralnih naselja spojenih na klasične centralizirane uređaje za pročišćavanje otpadnih voda, kako je predviđeno i unutar koncepcijskog rješenja općine Viljevo. Centraliziran sustav pročišćavanja bit će prikazan sa svim svojim prednostima i nedostacima, kao konvencionalan način rješavanja pročišćavanja otpadnih voda u Hrvatskoj sa većeg područja aglomeracije. S druge strane, decentralizirane sustave karakterizira usitnjavanje ukupne površine sliva na podslivove. Takav će se princip pratiti i u ovom radu. Decentralizacijom se javlja manja izgradnja kanalizacijskog sustava i smanjen broj precrpnih stanica. A novi tipski uređaji za pročišćavanje dat će se na razmatranje kao alternativno rješenje za manja ruralna naselja.

2. PRISTUP RJEŠAVANJU ZADATKA

Temeljni zadatak idejnog rješenja ogleda se u pronalaženju optimalne tehničko-ekonomske koncepcije odvodnje otpadnih voda s distribucijskog područja općine Viljevo te njihovo pravilno zbrinjavanje i tretiranje otpadnih voda.

Projektiranje kanalizacijskih sustava u današnje vrijeme zahtjeva sveobuhvatan integralni pristup baziran na hidrološkim, hidrauličkim, ekološkim i ekonomskim osnovama koje će se primijeniti u ovome radu. (Tadić, Z. 2005.)

Obradit će se centraliziran sustav pročišćavanja, koji bi povezo promatrana naselja u jedinstvenu cjelinu sa završnim zajedničkim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda. Kritički će se pristupiti ovakvom načinu zbrinjavanja i tretiranja otpadnih voda te će se pokušati naći optimalno rješenje kroz ponuđene varijante na zadanom području.

U osnovi će se koristiti podaci sadržani u prostornim planovima Općine Viljevo, kao podloga polaganja kanalizacijskog sustav i određivanja moguće/ih lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (kasnije UPOV). Najpovoljnija lokacija bit će odabrana ovisno o varijanti tj. načinu pročišćavanja (vrsti uređaja), broju priključenih naselja te blizini recipijenta za ispuštanje pročišćene vode.

Lokacija UPOV-a ima značajnu ulogu u dužini glavnog dovodnog kanalizacijskog cjevovoda te se kod centraliziranog sustava javlja veća potreba za crpnim stanicama s pratećim tlačnim cjevovodima u cilju objedinjavanja odvodnje prebacivanjem vode iz pojedinih podsustava do zajedničkog uređaja za pročišćavanje. Dodatnom će se analizom definirati točan broj i položaj crpnih stanica.

Kao potreba spajanja sustava na uređaj za pročišćavanje kroz različita varijantna rješenja, moguće je da će se odstupiti od prostornog plana kanalizacijske mreže unutar pojedinih podsustava te će za iste biti potrebno ishođenje lokacijske dozvole.

Odredit će se i optimalan način odvodnje otpadnih voda u skladu s hidrološkim, topografski i ekološkim prilikama, uvažavajući prostorno-plansku i razvojnu dokumentaciju. Za promatrano područje način odvodnje u cijelosti je definiran projektnim zadatkom „Odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda distribucijskog područja komunalnog gospodarstva „Park“ d.o.o. Donji Miholjac“, kao razdjelni sustav. Upravo će se kao takav koristiti i unutar diplomskog rada uz kratak osvrt na rješavanje oborinske odvodnje s prometnih površina i pojedinih područja naselja.

Unutar ponuđenih rješenja u sklopu razdjelnog sustava odvodnje analizirat će se i mogućnost izgradnje vakuumske kanalizacije kao alternativan način odvodnje otpadnih voda. Takav način u svijetu ima veliku primjenu zbog manje dubine polaganja cijevi te daje mogućnost dodatne optimalizacije sustava u odnosu na alternativni način odvodnje otpadnih voda gravitacijskom kanalizacijom. Vakuumska kanalizacija često se koristi u ravničarskim krajevima. Osim ekonomske analize proći će se i kroz probleme vezane za ovu vrstu odvodnje na području Hrvatske kroz savjetovanje sa stručnjacima.

3. PROSTORNO PLANSKA I TEHNIČKA DOKUMENTACIJA

Idejna rješenja unutar diplomskog rada definirana su prostorno planskom dokumentacijom:

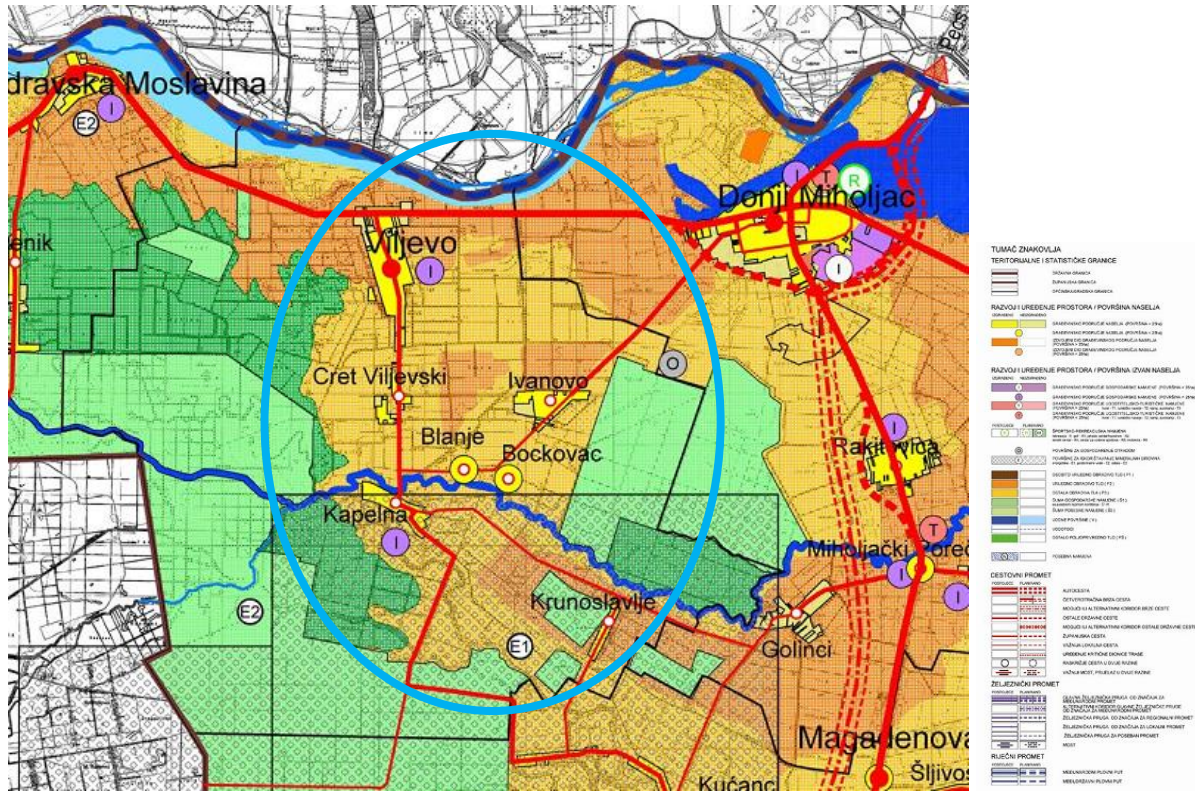
- Prostorni plan uređenja Općine Viljevo, izradio: CPA Centar za prostorno uređenje i arhitekturu, Zagreb, lipanj 2012. godine
- Konceptijsko rješenje „Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda distribucijskog područja komunalnog gospodarstva „Park“ d.o.o. Donji Miholjac“, izradio: Hidroprojekt-ing, Zagreb, siječanj 2009.
- Studija izvedivosti „Dogradnja vodoopskrbnog sustava šireg područja grada Donjeg Miholjca“, izradili: Hidroinženiring, Ljubljana i Hidroprojekt-ing, Zagreb, listopad 2010.

Prostorni plan uređenja Općine Viljevo

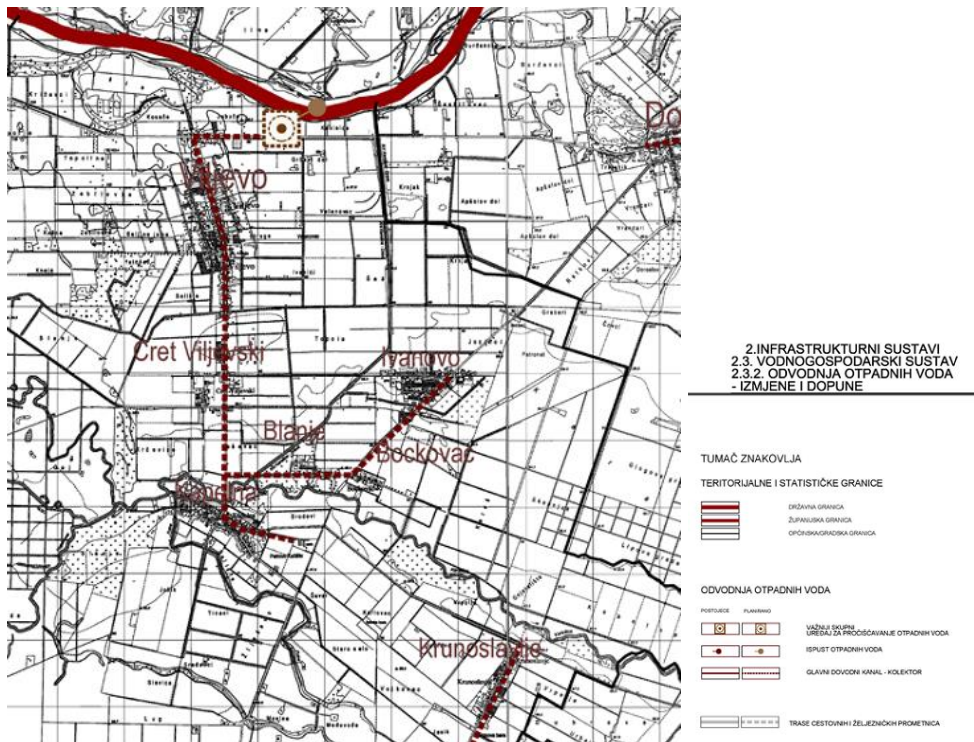
Prostornim planom dan je prijedlog trase sustava za odvodnju otpadnih voda, slika 3.2., u vidu razdjelnog kanalizacijskog sustava.

Zavod za prostorno planiranje Osječko-baranjske županije izradio je planske smjernice prema kojima bi planirana odvodnja otpadnih voda na području Općine Viljevo trebala biti izgrađena s krajnjim ciljem centraliziranog UPOV-a. Položaj uređaja okvirno je određen na lokaciji sjeverno od Viljeva sa ispustom u rijeku Dravu. Otpadne vode naselja odvodit će se putem dvaju sustava odvodnje. Ovom uređaju pripadala bi naselja općine Ivanovo, Bockovac, Blanje, Kapelna, Cret Viljevski i Viljevo. Kao alternativno rješenje sustava za pročišćavanje otpadnih voda predviđen je uređaj kapaciteta 1870 ES južno od Viljeva sa ispustom u kanal osnovne kanalske mreže Blanje. Naselje Krunoslavlje spojiti će se na sustav Magadenovac, kojemu pripada kao podslivno područje. Sadašnji sustav odvodnje i tretiranja otpadnih voda moguća su samo kao prijelazno rješenje.

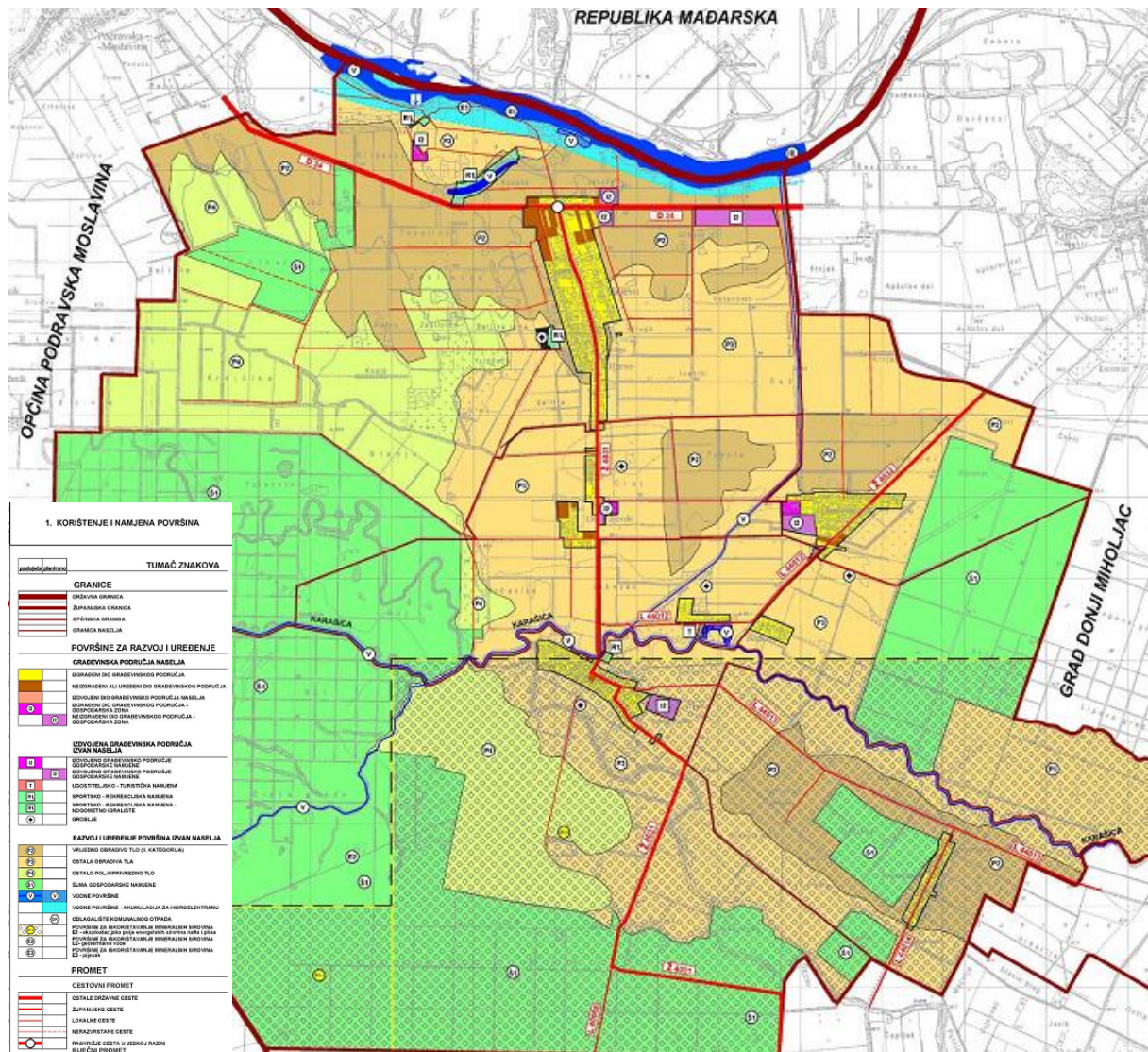
Unutar Prostornog plana Općine Viljevo postoji i plan organizacije prostora te osnovna namjena i korištenje površina s detaljnim planom građevinskog područja unutar naselja kao i izdvojena građevinska područja izvan naselja, slika 3.3.. Varijantna rješenja nove lokacije jednog ili više uređaja za pročišćavanje otpadnih voda poštivat će prostorno plansku dokumentaciju s predviđenim građevinskim zonama.



Slika 3.1. Naselja Općine Viljevo s pripadajućim korištenim površinama
 (preuzeto: Prostorni plan uređenja Općine Viljevo)



Slika 3.2. Infrastrukturni sustav odvodnje otpadnih voda Općine Viljevo
 (preuzeto: Prostorni plan uređenja Općine Viljevo)



Slika 3.3. Korištenje i namjena površina Općine Viljevo

(preuzeto: Prostorni plan uređenja Općine Viljevo)

Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda distribucijskog područja komunalnog gospodarstva „Park“ d.o.o. Donji Miholjac

Unutar ovog konceptijskog rješenja za konkretno promatrano područje Općine Viljevo usvojen je i odabran razdjelni sustav kanalizacijske odvodnje. Planirana su dva uređaja za pročišćavanje otpadnih voda sa spojenim naseljima:

- Blanje, Bockovac, Kapelna, Cret Viljevski, Ivanovo i Viljevo
- Krunoslavlje i Kućanci

Prvotno je planirana centralizacija cijelog sustava s jednim UPOV-om smještenim u Viljevu s ispuštanjem otpadnih voda u Dravu (Prostorni plan uređenja Općine Viljevo). Nakon analize područja i definiranjem podslivova unutar sustava, odlučeno je, da se kao najbolji izbor otpadne vode naselja Krunoslavlje i Kućanci odvede do zajedničkog uređaja za pročišćavanje. Lokacija uređaja bit će sjeverno od naselja Krunoslavlje s ispuštanjem pročišćene otpadne vode u rijeku Karašicu, vodotok II kategorije, odnosno „osjetljivo područje“.

Ostala naselja pripadat će zasebnom sustavu za koji će se pročišćavanje prikupljenih otpadnih voda provoditi na lokaciji sjeveroistočno od naselja Kapelna. Ispuštanje pročišćenih otpadnih voda također je predviđeno u rijeku Karašicu- vodotok II kategorije, odnosno „osjetljivo područje“.

Odabir uređaja vršio se na temelju tada izračunatog maksimalnog opterećenja od 2630 ekvivalent stanovnika, a u analizi su bili promatrani sljedeći uređaji:

- prokapnici
- uronjeni rotirajući diskovi
- zemljane lagune
- SBR (potpuna biološka obrada – postupkom aktivnog mulja)

Kao usvojena varijanta UPOV-a na kraju je odabran kompaktni uređaj (potpunom biološkom obradom – postupkom aktivnog mulja) kao najfleksibilnije rješenje. Prednost je bila u tome što se nudi kao modularni (tipski) uređaj s serijskom proizvodnjom pojedinih nazivnih kapaciteta. To utječe na jednostavnost izgradnje, pogona i upravljanja.

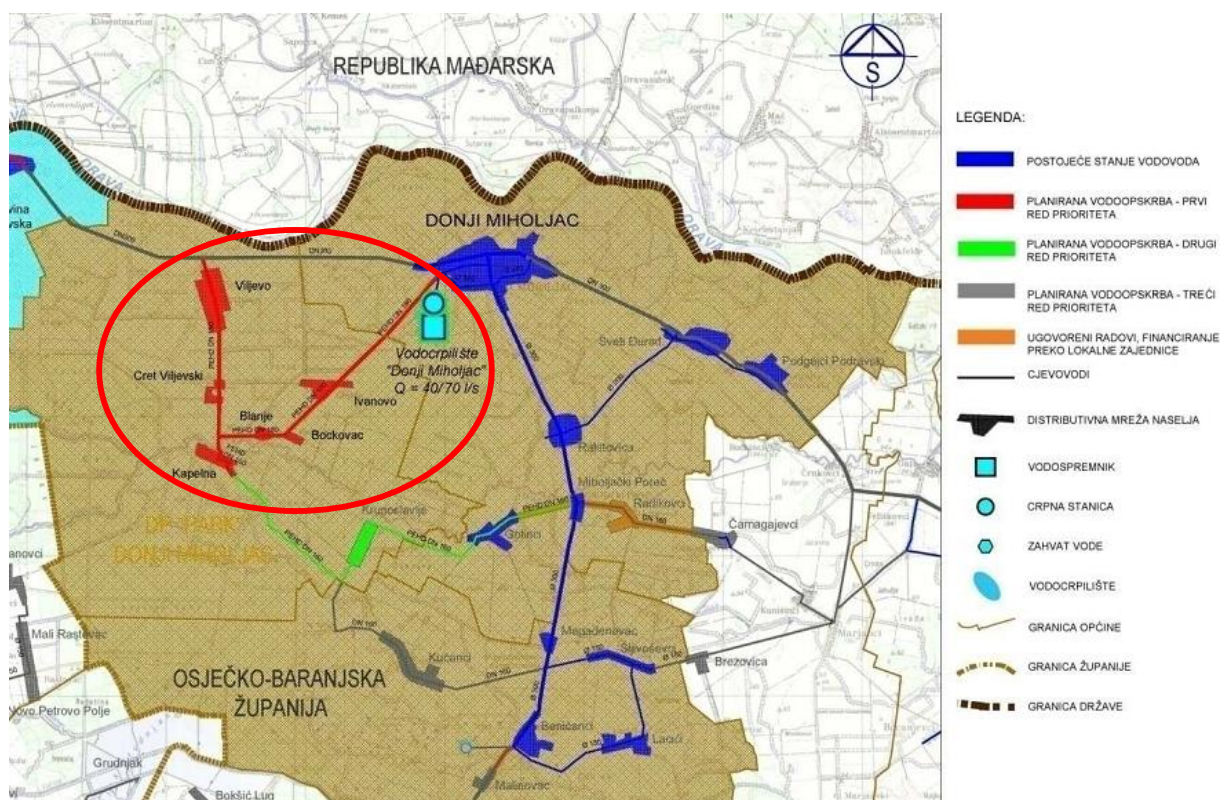
NAPOMENA:

Iz Konceptijskog rješenja uvažena je podjela odvodnje otpadnih voda na dva podsliva te se unutar ovog rada neće analizirati naselje Krunoslavlje, koje spada u Općinu Viljevo, a koje će se zajedno s naseljem Kućanci odvoditi na samostalan UPOV. Jedna od teza optimizacije u sklopu diplomskog rada je decentralizacija sustava, u čijem vidu je i izrada manjeg uređaja za navedena dva naselja. U sklopu rada analizirati će se četiri naselja (Kapelna, Ivanovo, Blanje i Bockovac) kroz postavljena varijantna rješenja.

Dogradnja vodoopskrbnog sustava šireg područja grada Donjeg Miholjca

U dogradnji vodoopskrbnog sustava šireg područja Donjeg Miholjca kao prvi red prioriteta predviđeno je upravo područje Općine Viljevo (Slika 3.4.), za koje je do danas i proveden vodoopskrbni sustav kroz većinu naselja. Time se dodatno povećala količina otpadnih voda, a trenutnim stanjem odvodnje i tretiranjem otpadnih voda u vidu propusnih septičkih jama, povećava se štetno djelovanje otpadnih voda te njen utjecaj-kako na okoliš tako i na kvalitetu života u naseljima.

Ova će dokumentacija poslužiti za što točnije određenje broja kućanstava u naseljima, količine potrebne pitke vode po stanovniku te ostalih ulaznih podataka potrebnih za što točniji proračun pri dimenzioniranju sustava kanalizacije i UPOV-a.



Slika 3.4. Vodoopskrbna mreža – postojeće stanje i planovi za proširenje (preuzeto: Dogradnja vodoopskrbnog sustava šireg područja grada Donjeg Miholjca)

4. ANALIZA UTJECAJNIH ČIMBENIKA

4.1 ZNAČAJKE PODRUČJA

Općina Viljevo pogranična je općina smještena uz rijeku Dravu u sjevero-zapadnom dijelu Osječko-baranjske županije, koja je na ovom dijelu ujedno i državna granica s Republikom Mađarskom. Graniči s općinama Moslavina Podravska, Crnac, Magadenovac, a na istoku s Donjim Miholjcem.



Slika 4.1. Naselje Ivanovo i Viljevo (preuzeto: Općina Viljevo, službena internet stranica, <http://www.viljevo.hr>)

„Okolica Donjeg Miholjca je jedna od manjih geografskih *regija* donje *Podravine*, bez jačeg unutrašnjeg diferenciranja. Zanimljivo je da je tlo bliže rijeci Dravi za desetak metara više od onoga što se prostire oko rijeke *Karašice*. Najniže točke zemljišta oko *Karašice* imaju nadmorske visine između 94 do 97 metara. Stoga po šumama južno od *Kapelne* ima močvarnog zemljišta. Nadmorske visine pored rijeke *Drave* kreću se između 100 do 106 metara. Zato rijeka *Karašica* teče usporedno s *Dravom* do mjesta gdje se korita njihovih tokova visinski ne izjednače. Naselja ovog kraja raspoređena su također u dva pojasa. Jedan pojas čine mjesta koja se nižu uzduž glavne *podravske* ceste od *Slatine* prema *Valpovu*. Ostala naselja leže južnije oko rijeke *Karašice*. Područje *Donjeg Miholjca* je poljoprivredni kraj u kojemu posvuda dominiraju polja, livade i pašnjaci. Ostaci nekadašnjih šuma postoje oko *Kapelne* i zapadnije i zapadnije do sela *Golinaca*. *Miholjački* kraj prostorno nije velik. Obuhvaća donju *Podravinu* od *Moslavine* na zapadu, do *Čamagajevaca* i *Črnkovaca* na istoku. Sjevernu granicu čini mu rijeka *Drava*, a južnu vododjelnica između *Karašice* i potoka *Vučice*. Na tom prostoru ima danas 13 naselja. Osim *Donjeg Miholjca*, koji ima karakteristike manjeg grada, ostala naselja su veća ili manja *podravska* sela.“ (Crnčan M., Dević A., 2003.)

Područje Općine Viljevo kao takvo predstavlja tipičnu akumulacijsku nizinu uz neznatne denivelacije terena (89 do 109 m n.m.). U skladu s prevladavajućim morfološkim procesima razvili su se sljedeći tipovi reljefa:

- terasna nizina Drave,
- poloj Drave,
- fluvijalno-močvarna nizina uz Karašicu

(preuzeto: Konceptijsko rješenje „Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda distribucijskog područja komunalnog gospodarstva „Park“ d.o.o. Donji Miholjac, Stanković D., 2009.)

Općina zauzima prostornu površinu od 111,78 km², a prema posljednjem popisu stanovništva iz 2011. godine imala je 2065 stanovnika i 738 kućanstava u sedam naselja: Cret Viljevski, Bockovac, Blanje, Kapelna, Krunoslavlje, Ivanovo (ranije Gložđe) i Viljevo. U naselju Viljevo kao najvećem naselju u općini (1218 stanovnika prema popisu 2011.) nalazi se i sjedište lokalne samouprave.



Slika 4.2. Republika Hrvatska – Prostorni položaj Općine Viljevo (preuzeto: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Croatia_location_map.svg)

U gospodarskim djelatnostima najizraženije su poljoprivreda i trgovina. Nema zabilježene veće industrijske proizvodnje i poduzeća, tako da se ekonomija zasniva na jačanju malog i

srednjeg poduzetništva. S toga je gospodarski razvitak općine vezan uz prostorno prirodne potencijale područja kao što su poljoprivredna proizvodnja i stočarstvo te trgovina i ugostiteljske usluge.



Slika 4.3. Gradovi i općine Osiječko-baranjske županije (preuzeto: Program zaštite i okoliša za područje Osiječko-baranjske županije)

Prostornim planom Osiječko-baranjske županije dana je osnovna koncepcija odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda naselja Općine Viljevo, prema kojemu bi se odvodnja vršila zajedničkim razdjelnim kanalizacijskim sustavom s UPOV-om. Za potrebe izgradnje Prostornog plana izvršena je detaljna analiza građevinskih područja za sva naselja te su usvojena i donesena kao izmjene i dopune Prostornog plana uređenja Općine Viljevo 2012. godine.

4.2 KLIMA

Klimatska obilježja Osiječko-baranjske županije dio su klime šireg prostora Istočne Hrvatske, u kojem prevladava umjereno kontinentalna klima. Prema Koppenovoj klasifikaciji, to je područje koje se označava klimatskom formulom Cfbwx, što predstavlja umjereno toplu kišnu klimu, kakva vlada u velikom dijelu umjerenih širina (Pill, M.C. i sur., 2007.).

Osnovne karakteristike ovog tipa klime su srednje mjesečne temperature veće od 10°C tijekom više od četiri mjeseca godišnje. Srednje mjesečne temperature kroz godinu variraju od

-1 do 21°C. Najhladniji mjesec je siječanj, a najtoplije je u srpnju s temperaturama koje prelaze preko 40 °C (Mlinarević, M. i sur., 2006.).

Prosječna mjesečna relativna vlažnost zraka karakteristična za ovo područje kreće se od 73 do 90%, s maksimalnom vlažnosti u siječnju i minimalnom u srpnju. Prosječna količina godišnjih oborina varira na prostoru Osječko-baranjske županije, a kreću se od 700-800 mm. Srednji broj dana sa snježnim pokrivačem kreće se između 30 i 40, a maksimalna debljina snježnog pokrivača iznosi oko 50 cm. Kao jedan od limitirajućih faktora u poljoprivrednoj proizvodnji je količina padalina u ljetnom razdoblju, također je važan podatak da razdoblje bez mraza traje od lipnja do rujna (Škunca, O. i sur., 2005.).

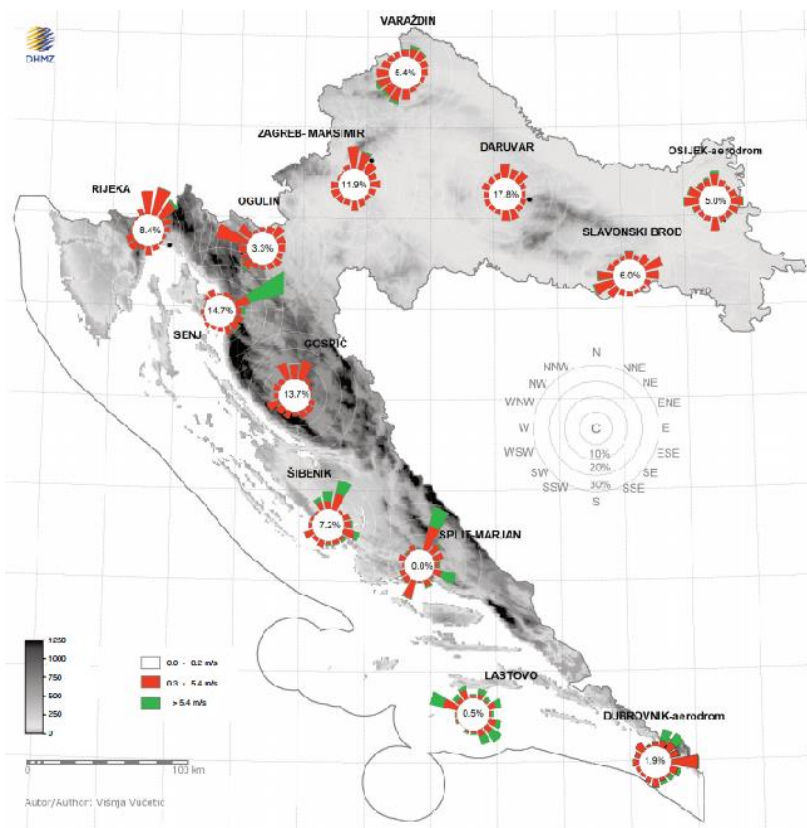
Na širem području Slavonije, godišnji prosjek sijanja sunca iznosi od 1800 do 1900 sati, a u vegetacijskom razdoblju oko 1300 sati.

VJETAR

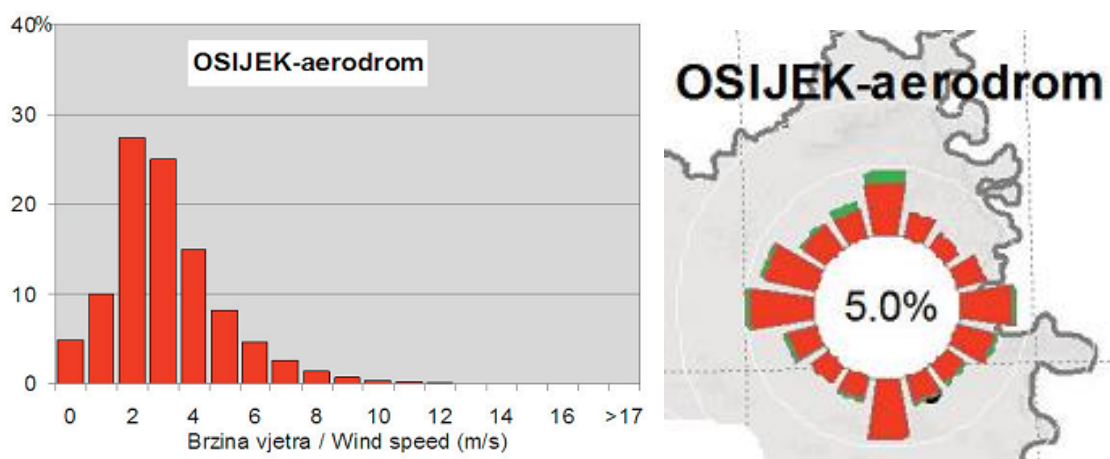
Najčešći vjetrovi na području navedene županije su vjetrovi iz sjeverozapadnog, zapadnog, sjevernog i jugoistočnog smjera. U prosjeku su slabog intenziteta s čestim promjenama smjera.

Kada govorimo o jačini vjetra može se reći da jaki vjetrovi ne moraju pratiti najčešće pravce kretanja zračnih masa, ali se u konkretnom slučaju pokazalo da je to slučaj, odnosno da najveća prosječna brzina vjetra prati najčešće pravce. Najveća brzina vjetra kreće se do 8 m/s, iako su najčešće zabilježene brzine za područje Osijeka i Osječko-baranjske županije 2 – 3 m/s.

U daljnjem prilogu dana je ruža vjetrova za područje Hrvatske i graf brzina vjetra za područje grada Osijeka, preuzeto s Državnog hidrometeorološkog zavoda.



Slika 4.4. Prikaz ruža vjetrova za područje Hrvatske (Zaninović, K., 2008.)



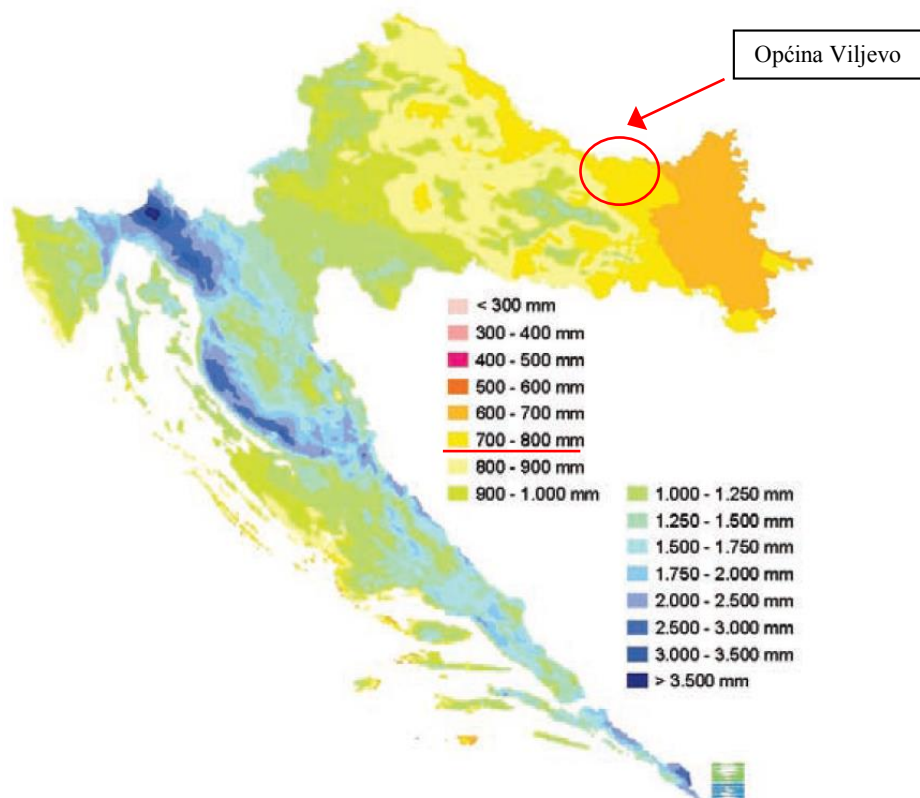
Slika 4.5. Prikaz učestalosti (%) i brzina vjetra (m/s) te ruže vjetrova za područje Osijeka (Zaninović, K., 2008.)

Prikaz i analiza ruže vjetrova je važan faktor pri odabiru smještaja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, kako se eventualni neugodni mirisi s uređaja ne bi nanosili do mjesta stanovanja.

4.3 HIDROLOŠKE PODLOGE

4.3.1 Oborine

Prema podacima iz Prostornog plana Osječko-baranjske županije, prosječne godišnje oborine na području Donjeg Miholjca iznose 753,2 mm, mjereno za razdoblje od 1959. do 1978. godine. Maksimalne oborine mogu se zabilježiti početkom ljeta, odnosno u lipnju, dok se drugi maksimum, manjih intenziteta oborina, javlja u studenom bez pojave izrazito sušnih mjeseci. Glavni minimum oborina javljaju se u listopadu, dok je sporedni krajem zime i početkom proljeća, odnosno u veljači i ožujku. Važno je napomenuti da je uz sve navedeno prisutna izrazita varijabilnost oborinskog režima.



Slika 4.6. Prosječne godišnje visine oborina u R. Hrvatskoj (1961. – 1990.)

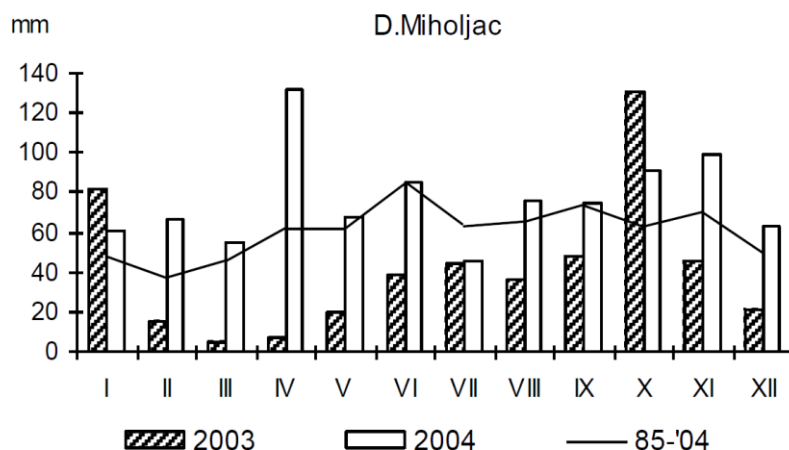
(preuzeto: Strategija upravljanja vodama)

Tablica 4.1. Srednje mjesečne i godišnja oborina za meteorološku postaju Donji Miholjac u razdoblju od 1959. do 1978. godine (preuzeto: Konceptijsko rješenje „Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda distribucijskog područja komunalnog gospodarstva „Park“ d.o.o. Donji Miholjac)

Mjeseci	Srednja mjesečna i godišnja oborina (mm)
<i>I</i>	53,1
<i>II</i>	43,5
<i>III</i>	47,3
<i>IV</i>	62,3
<i>V</i>	70,1
<i>VI</i>	83,4
<i>VII</i>	84,6
<i>VIII</i>	79,6
<i>IX</i>	57,2
<i>X</i>	42,6
<i>XI</i>	69,1
<i>XII</i>	60,4
<i>God.</i>	753,2

Oborine su jedan od najznačajnijih pokazatelja klimatskih prilika, a za novije razdoblje mjerenja javljaju se velike oscilacije minimalnih i maksimalnih oborina. Stoga godišnja suma oborina u 2003. godini bilježi ispodprosječnu količinu oborina (Donji Miholjac, 491 mm), na što također ukazuje izrazito sušno razdoblje od ožujka do rujna, sa svega 198 mm pale oborine. Već u 2004. godini bilježi se značajan porast godišnje sume oborine koja je tada iznosila 916 mm, što je oko 160 mm više od višegodišnjeg prosjeka (Rastija, D. i sur., 2008.).

Maksimalna dnevna količina oborina također ukazuje na velike razlike koje variraju iz godine u godinu. Najveća dnevna količina oborine na području istočne Hrvatske u razdoblju od 1959. do 1978. godine zabilježena u Osijeku, a iznosila je 101,2 mm.



Graf 4.7. Mjesečne količine oborina (mm) na lokaciji Donji Miholjac (preuzeto: Režim vlažnosti lesiviranog tla na području istočne Hrvatske)

4.3.2 Recipijenti na području i njihove karakteristike

Glavni recipijenti pročišćenih otpadnih voda za promatrano područje općine Viljevo jesu rijeke Drava i Karašica.

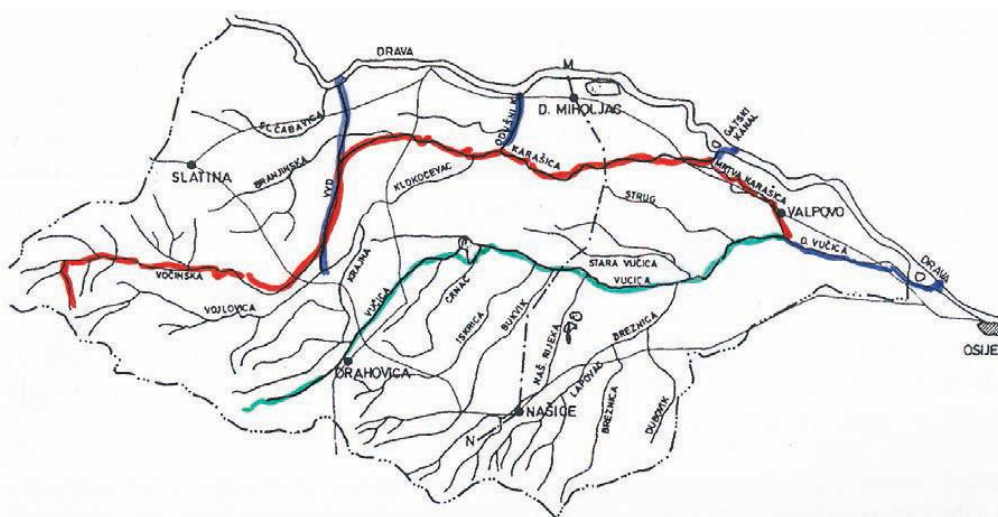
Rijeka Drava je srednjoeuropska rijeka ukupne slivne površine 42.238 km², a izvire u južnom Tirolu (kod jezera Dobiaco) u Italiji, odakle nastavlja teći prema istoku, tj. kroz austrijsku pokrajinu Kärnten (Koruška), Sloveniju, Hrvatsku, zatim dijelom pojasom hrvatsko-mađarske granice. Kod Donjeg Miholjca Drava se odvaja od granice i skreće u dubinu Hrvatske (prema Osijeku) te kod Aljmaša, na granici Hrvatske s Vojvodinom (Srbija), utiče u Dunav. Drava od 131 r.km, odnosno kod mjesta Budakovac, čini granicu između regija Slavonije i Baranje. Ukupna dužina Drave je 725 km, a izvor joj se nalazi na 1175 m nadmorske visine. Kišno-ledenjačkog je režima s malom vodnom količinom zimi i velikom krajem proljeća i početkom ljeta. Općina Viljevo se stacionirala na potezu od 104 r. km do 88 r.km. Srednji protok Drave kreće od ušća u Dunav, koje je 580 m³/s. Uz ovaj protok vode karakterizira je i znatan pronos pijeska i šljunka. Nizvodno od Mure, Drava godišnje pronese oko 40 000 m³ sedimenata (pijeska i šljunka). Rijeku Dravu karakteriziraju izrazite morfološke promjene u koritu, a šljunčane i pjeskovite naslage omogućavaju skladištenje i prinos značajnih količina podzemnih voda. Dionica Drave kroz Osječko-baranjsku županiju ima karakteristike nizinske rijeke. Do Osijeka meandrira, a nizvodno od grada je mirnijeg toka s prevladavajućim akumulacijskim procesima. Drava od Dunava ima veći pad cca. 13 cm/km pa je i bržeg toka. Dubina vode u koritu kreće se od 4 do 7 m (Grlica I., 2008.).

Ovim karakteristikama rijeka Drava spada u jednu od triju najvećih rijeka u Hrvatskoj (uz Dunav i Savu) te kao takva zadovoljava sve kriterije recipijenta za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda.



Slika 4.8. 234 r.km rijeke Drave, povremeni rukavac. Razvijenost vodene i močvarne vegetacije (preuzeto: Studija biološke raznolikosti rijeke Drave)

Rijeka Karašica kao i rijeka Vučica izvire na sjevernim padinama Papuka, praktički uz vododijelnicu savskog i dravskog sliva te teče gotovo usporedno s Dravom ravničarskim predjelom. Karašica ima tri ušća u rijeku Dravu, od kojeg je najveće kod Petrijevac, gdje zajedno s rijekom Vučicom utječe u Dravu.



Slika 4.9. Skica sliva Karašice i Vučice – Karašica (crveno), Vučica (zeleno), zajednički tok te VVD kanal, spojni kanal Karašica-Drava i Gatski kanal (plavo) (preuzeto: Tekla voda Karašica)

„Postoje mnoge zabune izazvane tokom Karašice budući da sadašnje ime nosi tek iza Čadevičkog luga, nakon utoka Voćinske i Branjinske rijeke. Od dvije je sastavnice Karašice

znatno duža Voćinska rijeka koja kod Voćina nastaje spajanjem potoka Djedovice i Jovanovice. Djedovica je duža i izvire na padinama istoimenog vrha na krajnjim zapadnim točkama Papuka i to je zapravo izvor Karašice.“ (Nadilo B., 2014.)

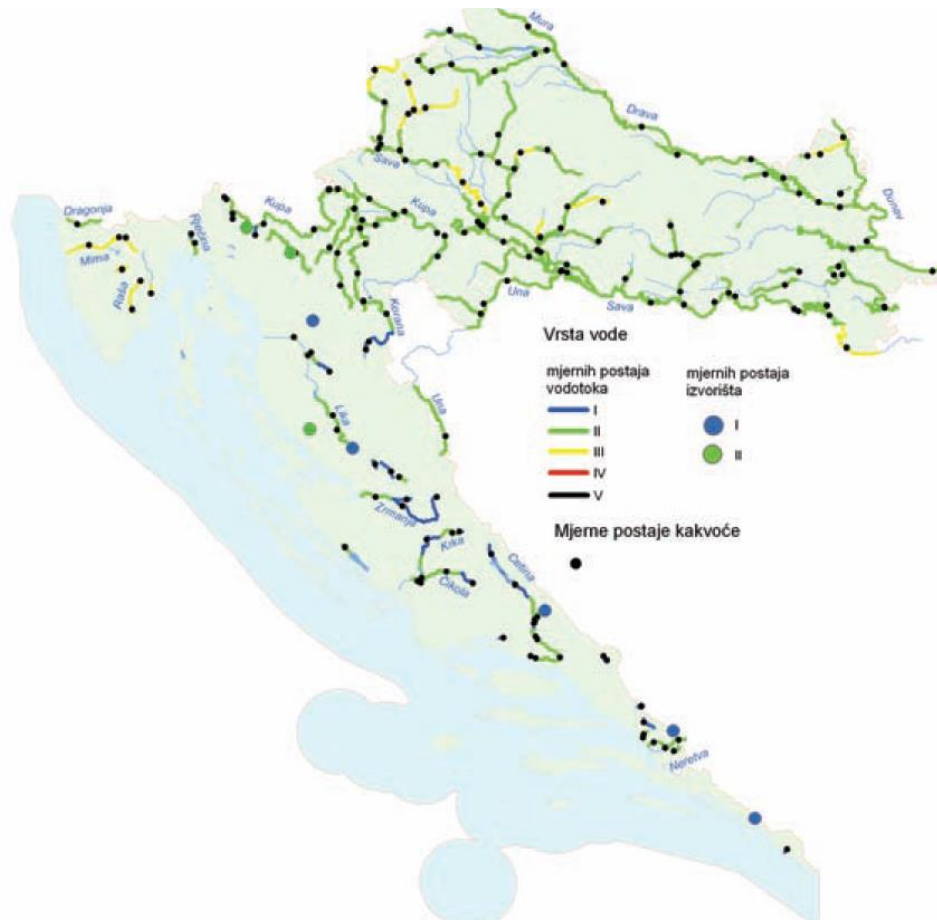


Slika 4.10. i 4.11. Petrijevcu, ušće karašice i Ušće zajedničkog toka Karašice i Vučice u Dravu
(preuzeto: Studija biološke raznolikosti rijeke Drave i Tekla voda Karašica)

Mjereni maksimalni utok Karašice preko Gatskog kanala na 61,9 r.km u rijeku Dravu varijabilan je te ovisi o mjerenom povratnom periodu, tako da za petogodišnji p.p. iznosi $max Q_5 = 92,3 \text{ m}^3/\text{s}$, a za $max Q_{100} = 184,3 \text{ m}^3/\text{s}$. (Stanković D., 2009.)

U svrhu rasterećenja rijeke Karašice i smanjivanja štetnih djelovanja od poplava napravljena su dva odteretna kanala za direktno usmjeravanje velikih voda sa slivnog područja Karašice u rijeku Dravu. Posebnu pozornost potrebno je obratiti na kanal Karašica-Drava koji općinu Viljevo dijeli na dva dijela, prolazeći pored naselja Ivanovo i Cret Viljevski te time daje dodatnu mogućnost primjene kanala kao recipijenta za pročišćene otpadne vode.

Generalno gledajući, spomenuti vodotoci i kanali na području općine Viljevo, uključujući i rijeku Vučicu, po starom kriteriju spadaju u vodotoke II kategorije (Slika 4.12.) te se tretiraju kao osjetljivo područje.



Slika 4.12. Stanje kakvoće voda prema biološkim pokazateljima (preuzeto: Strategija upravljanja vodama)

4.4 KOMUNALNA INFRASTRUKTURA

Ceste

Nizinski položaj Općine Viljevo osigurao je dobru prometnu povezanost. Cestovna mreža je organizacijski dobro postavljena te povezuje sva naselja unutar općine. Kroz samu općinu prolazi državna cesta D34 (Slatina – Donji Miholjac – Valpovo - Osijek), koja osigurava dobru povezanost i izvan granica općine. Potrebno je izvršiti rekonstrukciju županijske ceste, kao i pojedinih lokalnih cesta.

Melioracijski kanali i vodotoci

Područje Općine Viljevo pripada slivu Drave, dok manji dio gravitira podslivu Karašice koja je pritoka Drave. Izgrađena su dva velika kanala I reda u svrhu rasterećenja rijeke Karašice, koja je plavila okolna područja (VVD kanal, kanal Karašica-Drava). Glavni recipijenti na području Općine melioracijski su kanali, čija je izgrađenost i povezanost zadovoljavajuća. Kao takvi preuzimaju glavnu ulogu u kupljenju oborinskih voda sa slivnih površina te ih odvođe povezanim sustavom kanala do glavnog recipijenta rijeke Drave. Ispunjenost kanala ovisi o atmosferskim prilikama pa u sušnom razdoblju imaju minimalnu protoku ili su njihovi profili u potpunosti bez vode.

Vodovod

Izrađen je idejni plan povezivanja naselja na vodoopskrbni sustav Donjeg Miholjca te je za veći dio naselja provedena vodoopskrbna mreža. To je pridonijelo kvaliteti života stanovnika općine Viljevo. S crpilišta Donji Miholjac voda se pročišćava na odgovarajuću kvalitetu propisanu Europskim normama te dalje distribuira u sva okolna naselja. Time se ukidaju manja crpilišta s neadekvatnim sustavom obrade pitke vode i pridonosi očuvanju zdravlja stanovnika.

Odvodnja

Općina Viljevo nema riješenu javnu odvodnju otpadne vode.

Otpadne vode danas se sakupljaju pojedinačno putem septičkih jama. Septičke jame i slični objekti za prikupljanje sanitarnih otpadnih voda iz domaćinstava izvedeni su na način da se prikupljena voda upušta u podzemlje bez obrade. Objekti su izvedeni od opeke ili betona, često i bez dna te su stoga izrazito vodopropusni. Uzmemo li u obzir da je teren na području općine u velikom djelu visoko propustan, dolazimo do činjenice da se otpadne vode procjeđuju u podzemlje te dolaze u direktan kontakt s vodonosnim slojevima. Zbog navedenog problema Općina Viljevo pristupila je izradi idejnog rješenja kanalizacijskog

sustava. Prema navedenom rješenju otpadne vode naselja unutar Općine odvodit će se putem dvaju sustava odvodnje:

- sustav Viljevo obuhvaća naselja Ivanovo, Bockovac, Blanje, Kapelna, Cret Viljevski i Viljevo
- sustav Magadenovac prihvaćati će otpadnu vodu naselja Krunoslavje.

Ovo će se usvojiti kao prijedlog unutar diplomskog rada za koji će se detaljno analizirati moguća varijantna rješenja za prvi sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u vidu optimizacije cjelokupnog sustava.

Granica neuređenog inundacijskog područja

Prema dostavljenim podacima Hrvatskih voda, na području Općine Viljevo određena je vanjska granica neuređenog inundacijskog područja uz desnu obalu rijeke Drave od r.km 88+209 do r.km 104+100 temeljem Prostornog plana i uređenja Općine.

Plinoopskrba

Na području Općine izgrađen je magistralni plinovod Budrovac – Donji Miholjac DN 450/50 i MRS Viljevo. Također je u planu izgradnja još jednog plinovoda Budrovac – Donji Miholjac u koridoru postojećeg plinovoda. Iako sva naselja nisu opskrbljena u procesu je provedba pokrivenosti svih naselja priključenjem na sustav grada Donjeg Miholjca. Eksploatacija ugljikovodika unutar istražnog prostora također je u planu, npr. istražna bušotina Vilj-1 koja je locirana na sjevernom dijelu općine.

Komunikacijska infrastruktura

U skladu s važećim zakonskim propisima, građevinske mreže pokretnih komunikacija dio su građevine od važnosti za državu. Zavod za prostorno planiranje Osječko-baranjske županije dostavio je planske smjernice kojima se planira izgradnja elektroničko-komunikacijske infrastrukture za smještaj samonosivih rešetkastih stupova za postavu osnovnih (baznih) stanica.

Elektroenergetska instalacija

Područjem Općine Viljevo prolaze nadzemni dalekovodi koji služe za dopremu električne energije do skupa kućanstava ili pojedinih gospodarskih i javnih sadržaja. Postojeća elektroenergetska mreža zadovoljava potrebe Općine.

4.5 REGULATIVA

U ovom dijelu spomenut će se važeće zakonodavne norme vezane uz pročišćavanje otpadnih voda na temelju kojih će se pristupiti daljnjem rješavanju diplomskog rada

U pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN broj 80/13) donesene su norme i/ili standardi ispuštene vode kojima se određuje stupanj pročišćavanja, odnosno granične vrijednosti pojedinih pokazatelja otpadne vode, koje ne smiju biti prekoračene prije ispuštanja u prijemnik.

Stupanj čišćenja, odnosno granične vrijednosti pojedinih pokazatelja, ovisi o veličini naselja i o značajkama prijemnika. Na taj način određuje se masa otpadne tvari koja se u jedinici vremena smije ispustiti u promatrani prijemnik“. (Tušar B., 2009.)

Državnim planom zaštite voda (NN broj 8/99) istaknuto je među ostalim aktivnostima i planiranje izgradnje sustava javne odvodnje i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u okviru mjera za sprječavanje i smanjenje onečišćenja voda. Unutar Državnog plana ulazi građenje objekata i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kojim se preporuča građenje sustava iz kojih se otpadne vode ispuštaju u vodotoke „manje osjetljivih područja“ i „osjetljivih područja“. Plan izgradnje vezan je uz veličinu samog sustava, tako se do 2005. godine planirala izgradnja objekata većih od 15000 ES (kratkoročno razdoblje), a do 2010. godine za objekte između 2000 i 15000 ES (srednjoročno razdoblje). Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju obvezali smo se na sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda i za manja ruralna naselja, neovisno o broju stanovnika, kao što su naselja u sklopu Općine Viljevo. Ovaj plan pripada dugoročnom razdoblju koje je planirano do 2025. godine.

Uredbom o standardu kakvoće vode (NN broj 73/13) postavljena su mjerila o ocjenjivanju kakvoće vode. Ranije spomenuta vodna tijela kao potencijalni recipijenti (prijemnici) tom uredbom, kao i kategorizaciji voda prema Državnom planu za zaštitu voda (NN broj 8/99) spadaju u vodotoke II kategorije po staroj klasifikaciji, (Slika 4.10.) što je prikazano u tablici 4.2.

Tablica 4.2. Fizikalni, kemijski i biološki pokazatelji procjene stanja kakvoće vode II kategorije, po staroj klasifikaciji

Redni broj	Pokazatelj	II kategorija
1.	Otopljeni kisik u mg O ₂ /l	7 – 6
2.	BPK ₅ u mg O ₂ /l	2 – 4
3.	KPK iz KmnO ₄ u mg O ₂ /l	4 – 8
4.	Amonijak u mg/l	0,10 – 0,25
5.	pH vrijednost	6,3 – 6,5 i 8,5 – 9,0
6.	Ukupni dušik u mg/l	1,0 – 3,0
7.	Ukupni fosfor u mg/l	0,10 – 0,25
8.	Broj kolimorfnih bakterija UK/l	5x10 ² – 5x10 ³
9.	P-B indeks sabrobnosti (S)	2,3 – 2,7

Otpadne vode iz uređaja za pročišćavanje sustava javne odvodnje promatranog područja prema „Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda“ (NN broj 80/13), prije ispuštanja u prirodni prijemnik moraju zadovoljiti granične vrijednosti prikazane u tablici 4.3.

Tablica 4.3. Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju drugog stupnja (II) pročišćavanja (preuzeto: NN 80/13)

Stupanj pročišćavanja	Pokazatelji	Granična vrijednost	Najmanje smanjenje ulaznog opterećenja (%)
II.	Ukupne suspendirane tvari	35 mg/l	90
	Biokemijska potrošnja kisika BPK ₅ (20°C)	25 mg O ₂ /l	70
	Kemijska potrošnja kisika KPK _{Cr}	125 mg/l	75

Potreban stupanj pročišćavanja također je propisan u „Pravilniku o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama“ (NN broj 40/99 i 6/2001) te se za ove

vodotoke, svrstane po staroj klasifikaciji u II kategoriju voda, tzv. „osjetljiva područja“ primjenjuje članak 4., stavka c) prikazan u Tablici 4.4.

Tablica 4.4. Stupanj pročišćavanja otpadnih voda s obzirom na vodotok svrstan u II. kategoriju vode i veličinu uređaja (ES)

VELIČINA UREĐAJA	STUPANJ PROČIŠĆAVANJA
do 10 000 ES	prvi (I) + drugi (II)
više 10 000 ES	prvi (I) + drugi (II) + treći (III)

Ovi podaci uvjetuju sva naredna varijantna rješenja vezana uz odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda promatranog područja, odnosno uvjetuju potreban stupanj pročišćavanja prije upuštanja u recipijent.

Ispuštanje efluenta u tlo nije zakonodavno u potpunosti riješeno, niti su provedene detaljne analize utjecaja ispuštanja sirove (pročišćene) vode u tlo kao medij.

Unutar „Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda“ (NN broj 80/13), članak 9. stavka 1., navodi se kako je ispuštanje otpadnih voda u podzemlje dozvoljeno u slučajevima kada je prijemnik udaljen od mjesta nastanka onečišćena te bi odvodnja otpadnih voda prouzročila nesrazmjerne materijalne troškove u odnosu na ciljeve zaštite podzemnih voda. Ukoliko se dokaže da ispuštanje pročišćene otpadne vode u podzemlje nema negativnog utjecaja na stanje podzemnih voda i vodnog okoliša, ispuštanje istih u tlo kao medij može se usvojiti. Postojanje navedenih činjenica dokazuje se:

- u postupku procjene utjecaja zahvata na okoliš prema posebnim propisima kojima se uređuje zaštita okoliša ili
- na temelju analiza utjecaja ispuštanja pročišćenih otpadnih voda na stanje podzemnih voda koje bi mogle biti pod utjecajem tog ispuštanja kao i vodni okoliš.

Stavka 2. nalaže da analiza utjecaja iz stavke 1. ovoga članka nije potrebna za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda iz individualnih objekata opterećenja manjeg od 50 ES, uz obveznu primjenu pročišćavanja sukladno odluci o odvodnji otpadnih voda.

Ovo je važno zato što upravo primjena OST sustava se bazira na ispuštanju otpadnih voda na mjestu onečišćenja, koristeći tlo kao medij. Za promatrane varijante unutar rada, sve OST jedinice biti će manjeg opterećenja od predviđene zakonske norme (50 ES).

5. DEFINIRANJE ULAZNIH PARAMETARA

Izgradnja svakog kanalizacijskog sustava mora se planirati, projektirati i graditi u skladu s odgovarajućim smjernicama. Izgrađenost i veličina naselja, kao i životne navike i aktivnosti stanovništva daju izravan uvid u protok i karakteristike otpadnih i oborinskih voda. Kako se izgrađenost naselja kao i životne aktivnosti stanovnika trajno mijenjaju u vremenu, tako se mijenjaju i karakteristike otpadnih voda. Osim toga ulaskom otpadnih voda u kanalizacijsku mrežu mijenjaju se njene karakteristike i sastav kroz procese koji se odvijaju u kanalizacijskoj mreži (pojava tvari, plinova i aktivnosti u vidu razvoja mikroorganizama). Sve navedeno uzrokuje specifične karakteristike koje utječu na otjecanje i sigurnost rada kanalizacijskog sustava. S toga se kod proračuna i projektiranja sustava odvodnje koriste ulazni podaci koji su velikim dijelom temeljeni na pretpostavkama, a usvajaju se kao najvjerojatniji. (Margeta J., 2009.)

Projektiranje sustava odvodnje stoga se može podijeliti na sljedeća četiri koraka:

- 1) Određivanje područja odvodnje i broja stanovnika, kako trenutnog stanja tako i predviđenog broja u vremenu planiranog trajanja kanalizacijskog sustava. Potrebno je odrediti granice podslivova kao i značajke prostora, raspored prometnica, gustoću i način izgrađenosti, zaštićena područja, potencijalne prijemnike, itd.
- 2) Idući korak je horizontalno planiranje trase kanalizacije, uz pridržavanje svih tehničkih zahtjeva na sustav odvodnje kako bi se ostvarili uvjeti otjecanja, vodeći pri tome računa o ostvarivanju minimalnih troškova izgradnje i uštede kod građenja (smanjenje duljine i dubine polaganja kanala). Planiranje i postavljanje trase mora biti takvo da se svi korisnici mogu priključiti na sustav kanalizacije.
- 3) Zatim se prelazi na dimenzioniranje i projektiranje padova i promjera kanala, kao i točne dubine polaganja cijevi. U vidu optimalizacije pazi se da kanalizacija uz minimalne dozvoljene padove što više prati teren na minimalnoj dozvoljenoj dubini (dubina smrzavanja 0,8 – 1,5m, ovisno o klimi promatranog područja).
- 4) Na posljetku se prethodno projektirane trase, promjeri, padovi te iskopi ponovno revidiraju i analiziraju kako bi se uz zadovoljavanje svih ograničenja i uvjeta osiguralo učinkovito priključivanje korisnika, smanjili troškovi izgradnje i pogona, odnosno veličine, dubine i duljine kanala. Osim toga treba voditi računa o izbjegavanju i što manjem broju crpnih stanica (prepumpavanje otpadnih voda).

Rad se piše na razini idejnog rješenja u sklopu kojeg se ne daju točni profili, iskopi te detaljni podaci koji ulaze u sustav izgradnje i projektiranja kanalizacijske mreže te će se bazirati na prva dva koraka pri projektiranju promatranog sustava odvodnje.

5.1 BROJ I VRSTA KORISNIKA, RASPORED PO PROSTORU

5.1.1 Opći podaci

Broj i vrsta korisnika kao i njihov prostorni raspored unutar promatranog područja jedan su od važnijih ulaznih parametara na temelju kojih planiramo i projektiramo sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Iz njih se može zaključiti sljedeće:

- specifična potrošnja vode svakog potrošača,
- određivanje opterećenja sustava jednog potrošača, „ekvivalent stanovnik“ (ES)
- dnevna količina otpadne tvari po pojedinom korisniku
- neravnomjernost potrošnje vode
- mjerodavne veličine za dimenzioniranje pojedinih građevinskih sustava (CS, UPOV, itd.)

Određivanje broja i vrste korisnika stoga je u funkciji utvrđivanja količine i zagađenosti otpadne vode koja kanalizacijskim profilima dolazi do uređaja za pročišćavanje. Načelno gledajući količina otpadne vode razmjerna je potrošnji vode promatranog područja. Komunalne otpadne vode mogu se podijeliti na puno korisnika (kućanstvo, industrija, privreda, javne ustanove, industrija, protupožarna zaštita...). Zbog jednostavnije primjene i analiziranja područja postoje dvije glavne podjele: sanitarne i industrijske otpadne vode. Sanitarnim vodama smatra se sva otpadna voda nastala u kućanstvima, javnim ustanovama te malim privredama. Industrijska otpadna voda obuhvaća sve gospodarstvene djelatnosti te se bitno razlikuje po svom sastavu od sanitarne (kućanske) otpadne vode.

U ovoj će se analizi obraditi oba korisnika pri čemu će se industrijskoj vodi ovisno o porijeklu nastajanja i količinama otpadne vode dodati pripadajući broj „Ekvivalent stanovnika“, kako bi se moglo računati krajnje opterećenje cjelokupnog sustava na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.

5.1.2 Stanovništvo

Kroz razdoblje od 1991. godine do danas dogodile su se značajne demografske promjene, što je uočljivo trima provedenim popisima stanovništva u tom periodu (1991., 2001. i 2011. godine). Domovinskim ratom došlo je do masovnog iseljavanja stanovništva u područjima koja su bila sedam godina privremeno okupirana. U područjima nezahvaćenim ratom privremeno su bili smješteni imigranti iz okolnih mjesta kao i iz susjedne države Bosne i Hercegovine.

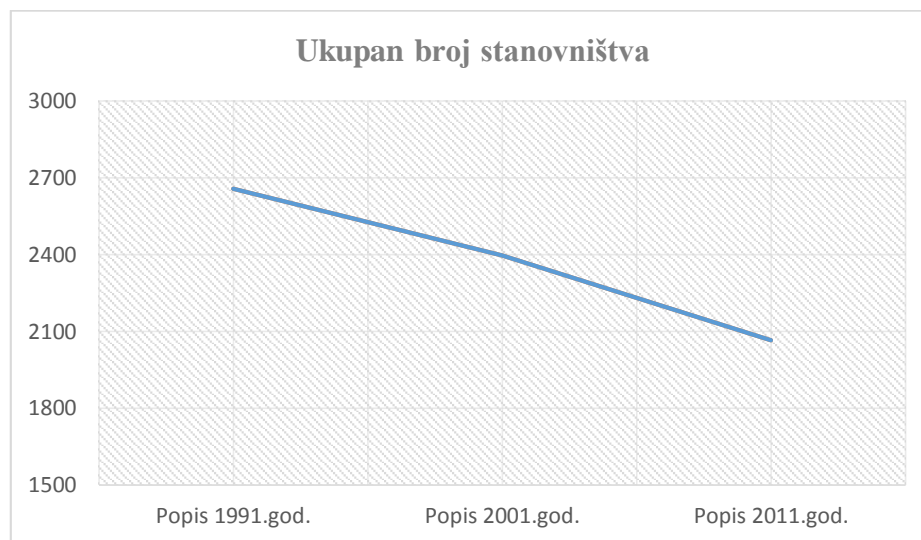
U slabo razvijenim dijelovima županije nastavljaju se negativni demografski trendovi, što je slučaj i kod Općine Viljevo. U razdoblju od 1991. do 2011. općina broji smanjenje od 592 stanovnika (po popisu stanovništva 1991. broj stanovnika iznosio je 2657). S obzirom na navedene činjenice može se zaključiti da bi se općina u budućnosti mogla suočiti s velikim ograničavajućim čimbenikom za razvoj, a to je problem nedovoljnih demografskih resursa.

Na razvitak društva i njegova kulturološkog obilježja utječu biološki, obrazovni, gospodarski, psihološki, politički, društveni, ekonomski te drugi čimbenici. Samo kroz njihovo pozitivno mijenjanje moguće je zaustaviti negativne trendove i ostvariti pozitivan razvitak stanovništva.

Generalno gledajući, prema dosadašnjim popisima trend naseljavanja većih gradova i općinskih središta nastavlja se, što daljnje smanjuje broj stanovnika u manjim ruralnim naseljima. S tim problemom se susreće i Općina Viljevo za koju će se prikazati broj stanovnika trima provedenim mjerenjima te projekcijom za 2035. godinu u tablici 5.1.

Tablica 5.1. Popis stanovništva (preuzeto: Zavod za statistiku)

<i>NASELJE</i>	BROJ STANOVNIKA		
	Popis 1991.god.	Popis 2001.god.	Popis 2011.god.
<i>Blanje</i>	85	69	43
<i>Bockovac</i>	75	74	51
<i>Cret Viljevski</i>	135	95	80
<i>Ivanovo</i>	454	342	290
<i>Kapelna</i>	388	342	294
<i>Krunoslavje</i>	202	134	89
<i>Viljevo</i>	1318	1340	1218
<i>Ukupno</i>	2657	2396	2065

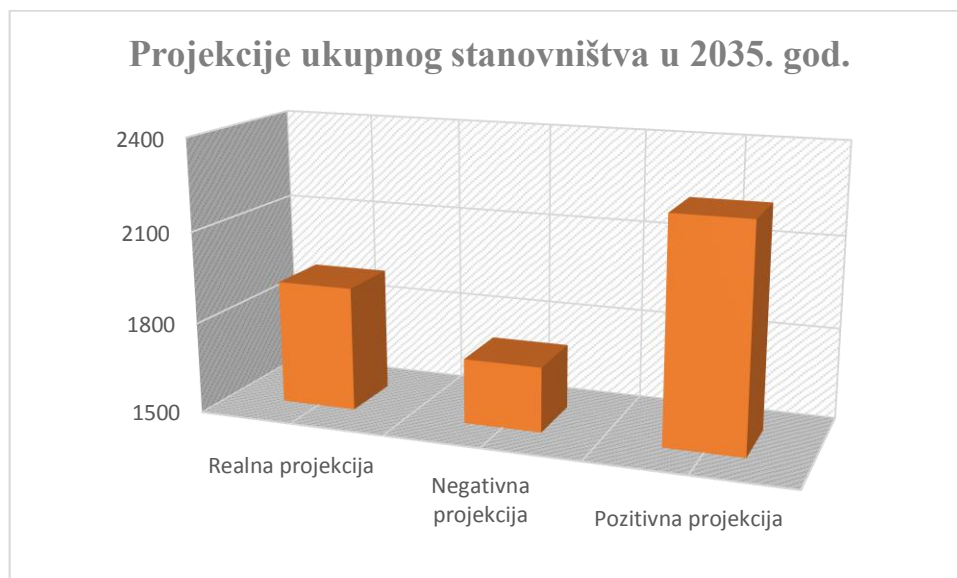


Graf 5.1. Prikaz pada broja stanovništva Općine Viljevo u periodu od 1991. – 2011. godine

U proteklih dvadeset godina zabilježen je veliki pad broja stanovnika unutar općine s. Kako bi se dobio što realniji uvid o broju stanovnika u budućnosti, na temelju kojeg će biti i dimenzioniran cjelokupni sustav, praksa je da se radi više alternativa projekcije broja stanovnika za promatrani vremenski period. Kako se i sam sustav za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda gradi za duže razdoblje u kojem predimenzioniran sustav stvara ekonomske troškove i gubitak, a poddimenzioniran sustav nije u mogućnosti izvršiti svoju funkciju te dovodi do čitavog niza problema kod upravljanja i održavanja, na temelju toga napravljene su tri moguće varijante za Općinu Viljevo koja projicira realan, negativan te pozitivan odnos broja stanovnika unutar Općine za promatrano razdoblje do 2035. godine, prema izrađivaču rada (Tablica 5.2.).

Tablica 5.2. Projekcija broja stanovnika Općine Viljevo za 2021. god. kroz tri moguće alternative

NASELJE	Projekcija broja stanovnika u 2035. god.		
	Realna projekcija	Negativna projekcija	Pozitivna projekcija
<i>Blanje</i>	31	25	51
<i>Bockovac</i>	42	38	58
<i>Cret Viljevski</i>	64	55	92
<i>Ivanovo</i>	231	212	312
<i>Kapelna</i>	278	231	310
<i>Krunoslavlje</i>	67	61	101
<i>Viljevo</i>	1195	1092	1305
Ukupno	1908	1714	2229



Graf 5.2. Prikaz realne, negativne i pozitivne projekcije za 2035. godinu

Na temelju prikazanih projekcija broja stanovništva u budućnosti usvaja se najgora mogućnost za sustav odvodnje i uređaj za pročišćavanje, koja predstavlja najveći projiciran broj stanovnika u budućnosti (pozitivna projekcija s 2229 stanovnika na području Općine Viljevo). Ta mogućnost ujedno premašuje i sadašnji broj stanovnika na području Općine te time zadovoljava postavljene uvjete, kako kroz budući planirani period izgradnje i trajanja sustava tako i za sadašnje prilike.

Na području Općine Viljevo prema zadnjem mjerenju, provedenom od strane Zavoda za statistiku 2011. godine zabilježen je broj od 738 kućanstava, što govori da na ukupan broj koji trenutno živi u Općini (2065 st.) prosječno kućanstvo broji 2,8 stanovnika. Na isti broj kućanstava u promatranom periodu sa najvećom projekcijom broja stanovnika (2229 st.), prosječno kućanstvo bi brojilo 3,02 stanovnika.

Usvojeno opterećenje kućanstva na kanalizacijski sustav promatranog područja Općine iznositi će 3 ES (ekvivalent stanovnika).

5.1.3 Gospodarstvo

Sanitarne (fekalne) vode imaju svoje određene zajedničke karakteristike te se njihovo onečišćenje može prikazati kao opterećenje na uređaju po broju ekvivalenta stanovnika (kasnije ES) na što utječe broj stanovnika na promatranom području. Industrijske vode su drugačije po svojoj strukturi te opterećenju na uređaj, zato je potrebno svako industrijsko postrojenje analizom količine i karakteristike zagađenja otpadne vode prebaciti u jedinicu opterećenja nama poznatu kao 1 ES.

„Ekvivalent stanovnik (ES) služi kao jedinica za procjenu tereta onečišćenja zasnovana na veličini jediničnog pritiska kojeg generira prosječni stanovnik razmatranog područja. Praksa nalaže da u svim situacijama kada nisu poznate izmjerene veličine protoka otpadnih voda i koncentracije pokazatelja onečišćenja, proračun tereta onečišćenja iz komunalnih otpadnih sustava odvodnje otpadnih voda moguće je provesti jedino korištenjem broja ES.“ (Margeta J., 2007.)

Po novim zakonskim propisima svako industrijsko postrojenje koje ispušta vodu u kanalizacijski kolektor dužno ju je prethodno pročistiti na stupanj onečišćenja vode isti ili manji onom koje proizlazi iz sanitarnih otpadnih voda. Alternativa je mogućnost samostalnog pročišćavanja otpadne industrijske vode na području proizvodnog pogona s mogućnošću ponovnog korištenja vode ili ispuštanja u prijemnik. Osnovni uvjet je da voda iz proizvodnog pogona nakon obrade zadovoljava sve ranije spominjane parametre za ispuštanje u recipijent.

Prema prostorno-planskoj dokumentaciji Općine Viljevo na njenom području planira se uređenje gospodarskih zona unutar građevinskih područja naselja:

- gospodarska zona Cret Viljevski – površine 4,8 ha,
- gospodarska zona Viljevo – površine 9,0 ha,
- gospodarska zona Ivanovo – površine 12,0 ha,

te uređenje gospodarskih zona izvan građevinskih područja naselja:

- gospodarska zona Kapelna – površine 8,0 ha
- gospodarska zona Viljevo – površine 23,0 ha

5.2 OTPADNE VODE

U cilju zaštite kakvoće prirodnih vodnih sustava, kako površinskih tako i podzemnih, komunalne otpadne vode moraju zadovoljiti određene uvjete kakvoće prije ispuštanja u okoliš. Korištenjem vode dolazi do fizikalnih, kemijskih i bioloških promjena značajki vode. Svakim ljudskim djelovanjem u prirodnom okruženju dolazi do antropogenih promjena, a tako i korištenje i eksploatacija vode dovodi do promjena u hidrološkom ciklusu i zbog toga je važno preuzeti odgovornost za nastanak prirodne neravnoteže u prirodi. Stoga je potrebno iskorištenu vodu vratiti u hidrološki ciklus i to po mogućnosti iste kakvoće kakvu je imala prije eksploatacije. S obzirom na nastanak otpadnih voda možemo ih podijeliti na više kategorija ovisno o njenoj uporabi, a glavne su sanitarne i industrijske otpadne vode. (Tedeschi S., 1997.)

5.2.1 Sanitarne otpadne vode

U skupinu sanitarnih otpadnih voda spadaju sve vode koje u širem smislu služe za vodoopskrbu stanovništva, koja podrazumijeva zadovoljavanje životnih navika i sanitarnih potreba. U prvom redu misli se na otpadne vode nastale u kućanstvima, hotelima, uredima, školama, ali i u proizvodnim pogonima u kojima se također nalaze izgrađeni sanitarni čvorovi za radnike.

Općenito su sanitarne otpadne vode najvećim dijelom opterećene organskim tvarima te je njihova osnovna značajka biorazgradivost (razgradnja uz pomoć mikroorganizama razlagača). Mikroorganizmi se biološki razgradivom tvari u vodi koriste kao hranom, pri čemu se troši kisik. Time se dolazi do pokazatelja količine razgradive organske tvari u vodi BPK (biološka potrošnja kisika). Iz praktičnih razloga uveden je pokazatelj „petodnevne biološke potrošnje kisika“ (BPK_5), koja se odvija pri temperaturi od $20^{\circ}C$, a izražava se u mg/IO_2 .

Kako se u sustavu otpadne vode nalaze i tvari koje ometaju navedene biokemijske postupke razgradnje organske tvari, uvodi se pojam „kemijske potrošnje kisika“ (KPK) kojim se točnije određuje količina organske tvari, a također se izražava u mg/IO_2 .

Sastav i koncentracija otpadne tvari koja se nalazi u vodi upotrijebljenoj u kućanstvima najviše ovisi o načinu života stanovništva, količinama vode kojima se raspolaže u sustavu vodoopskrbe naselja, klimatskim prilikama i dr. (Tušar B., 2009.)

MJERODAVNE KOLIČINE SANITARNIH OTPADNIH VODA

Kada se govori o mjerodavnim količinama otpadnih voda podrazumijevaju se količine na kojima se temelji dimenzioniranje kanalizacijskog sustava. Količina otpadne vode nekog promatranog područja u izravnoj je vezi s potrošnjom vode te se na temelju nje i analizira.

Količina potrošene odnosno otpadne vode definira se na osnovi više parametara:

- životne navike i veličina naselja,
- specifična potrošnja vode po korisniku,
- ukupna broj korisnika na kraju planiranog razdoblja,
- koeficijent neravnomjernosti potrošnje,
- raspored stanovništva, odnosno gustoća naseljenosti,
- područje obuhvata...

Za navedene parametre postoje uvažene praktične veličine. U ovom radu koristit će se iskustveni podatci iz knjige „Kanalizacija naselja“ autora Margeta, izdane 2009. godine. Margeta je dao savjete i smjernice za dimenzioniranje i projektiranje kanalizacijskog sustava nastale prema međunarodnim iskustvima i najnovijim kretanjima.

Tablica 5.3. Količina otpadne vode u kućanstvu (l/stanovnika/dan)

TIP OTPADNIH VODA	KOLIČINA (L/ST/DAN)
kuhinjska	20 - 40
sanitarna	35 - 95
tuševi	35 - 105
otpadne vode od pranja	30 - 60
UKUPNO	120 - 300

Specifična prosječna potrošnja vode u Hrvatskoj prema Margeti iznosi iznosi 232 l/stanovnik/dan, a ta brojka oscilira ovisno o veličini promatranog naselja i područja. Temeljem trenutnog stanja u Europskoj uniji i stanja u Hrvatskoj, kao osnova za proračun mjerodavnih količina otpadne vode predlažu se režimi potrošnje priloženi u Tablici 5.4..

Tablica 5.4. Prognoza specifične potrošnje u naselju u funkciji veličine naselja – bez gubitaka, industrije i stoke (l/stanovnik/dan)

Broj stanovnika	Specifična potrošnja
do 10 000	100 - 120
10 000 - 50 000	120 - 150
50 000 - 150 000	150 - 180
više od 150 000	180 - 250

S obzirom na veličinu promatrane aglomeracije te naselja unutar Općine Viljevo prosječna potrošnja vode po stanovniku na dan bila bi oko 120 litara. Kroz naselja će se prolaziti minimalnim profilima gravitacijske kanalizacije (250mm). Mogućnost sustava da sigurno skupi i odvede otpadnu vodu s promatranog područja s minimalnim profilima ovisit će o maksimalnoj satnoj potrošnji. Kako bi se išlo na stranu sigurnosti, usvojena prosječna vrijednost potrošnje po stanovniku uzeti će se kao 150 litara. Usvojenu potrošnju je potrebno korigirati s koeficijentom umanjenja potrošnje za proračun otpadne vode, tablica 5.5.

Tablica 5.5. Koeficijent umanjenja normi potrošnje za proračun otpadnih voda

Korisnik kanalizacijskog sustava	$K_{\text{umanjenja}}$ - koeficijent umanjenja
<i>Područje naselja s individualnim tipom stanovanja i relativno malom okućnicom i vanjskom potrošnjom vode</i>	0,70 - 0,80
<i>Područje naselja s kolektivnim tipom stanovanja bez okućnice i vanjske potrošnje vode</i>	0,95
<i>Područje naselja s individualnim tipom stanovanja i relativno velikom okućnicom i vanjskom potrošnjom vode</i>	0,95 za unutrašnju potrošnju (unutar kuće). Vanjska se potrošnja u pravilu ne uzima u obzir
<i>Turistički objekti - ovisno o razini vanjske potrošnje</i>	0,70 - 0,90, 0,95 za unutrašnju potrošnju
<i>Industrijska područja - uglavnom sanitarne vode</i>	0,85 - 0,95

Korisnici kanalizacijskog sustava na cijeloj promatranoj aglomeraciji spadaju u naselja s individualnim tipom stanovanja i relativno malom okućnicom i vanjskom potrošnjom vode. Za ovaj tip korisnika predloženi koeficijent umanjenja ($K_{\text{umanjenja}}$) iznosi 0,80.

$$Q_{\text{spec, dnevni, korigirani}} = Q_{\text{spec, dnevni}} \times K_{\text{umanjenja}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{spec, dnevni, korigirani}} = 120 \text{ l/st/dan}$$

5.2.2 Industrijske otpadne vode

Tehnološki procesi u industriji međusobno se razlikuju ovisno o vrsti i namjeni pogona, a samim tim se i otpadne vode iz pojedinih pogona razlikuju po svom sastavu. Načelno industrijske otpadne vode mogu se podijeliti u dvije skupine:

- biološki razgradive ili kompatibilne vode (npr. iz nekih prehrambenih industrija) koje se mogu miješati sa sanitarnim otpadnim vodama,
- biološki nerazgradive vode (npr. kemijska i metalna industrija) koje se moraju prije miješanja sa sanitarnim otpadnim vodama podvrgnuti prethodnom postupku pročišćavanja.

Nerazgradivu industrijsku vodu potrebno je prethodno pročititi kako bi se kontrolirale toksične i postojeće tvari koje se skupljaju u živim organizmima i sprječavaju biološku razgradnju. Postoji opasnost od skupljanja eksplozivnih, korozivnih i zapaljivih tvari iz tehnološke vode koje je potrebno izdvojiti. (Tušar B., 2009.)

Predviđenim sustavom odvodnje otpadnih voda s područja Općine Viljevo planirano je zajedničko skupljanje i odvođenje industrijskih i sanitarnih otpadnih voda do uređaja za pročišćavanje. U tom slučaju potrebno je opterećenje industrijskih otpadnih voda izraziti u jedinici „ekvivalent stanovnika“ (ES) izraženim prema pokazatelju BPK₅. Hrvatska je prihvatila vrijednost opterećenja od 60 g BPK₅ po stanovniku na dan. Kako industrijska otpadna voda često sadrži tvari koje ometaju biološke procese, savjetuje se da se potrošnja kisika izražava kao „kemijska potrošnja kisika“ (KPK). (Tušar B., 2004.)

Prema njemačkim smjernicama za projektiranje kanalizacijskog sustava ATV-A 118 (Preporuke njemačkog udruženja za otpadne vode), nastalim kao dodatak za industriju i poljoprivredu, kada ne postoji točan podatak o vrsti i veličini postojećih i planiranih pogona, preporučuju se sljedeće vrijednosti specifičnog otjecanja otpadnih voda (q_{spec}) u maksimalnom satu potrošnje:

- pogoni s malim utroškom vode: $q_{\text{spec}} = 0,5 \text{ l/s/ha}$
- pogoni s srednjim utroškom vode: $q_{\text{spec}} = 1,0 \text{ l/s/ha}$

- pogoni s velikim utroškom vode: $q_{\text{spec}} = 1,5 \text{ l/s/ha}$

Temeljem ovih smjernica određena je prosječna količina otpadnih voda za industrijske pogone u Općini Viljevo iskazana kroz broj ekvivalent stanovnika sa postojećih i planiranih gospodarskih zona. Kako su vrijednosti obrađene i priložene u konceptijskom rješenju napravljenog od strane „Hidroprojekt-ing“, Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda distribucijskog područja komunalnog gospodarstva „PARK“ d.o.o. Donji Miholjac, te vrijednosti će biti usvojene i prikazane u Tablici 5.6..

Tablica 5.6. Opterećenje gospodarskih zona Općine Viljevo po ES (preuzeto: Konceptijsko rješenje)

NASELJE	OPTEREĆENJE (ES)
Viljevo	50
Viljevo (izdvojeno područje)	150
Ivanovo	60
Kapelna	50
Cret viljevski	20
UKUPNO	330

5.2.3 Tuđe vode

Tuđe vode su vode koje se javljaju u kanalizacijskim sustavima, a ne spadaju u komunalne ili tehnološke otpadne vode. Pod definicijom tuđih voda ne ubrajamo površinske oborinske vode u kanalizaciji oborinskih voda. Pojavljuju se ne očekivano i ne može se točno predvidjeti mjesto nastanka niti količina koja dotječe u kanalizacijski sustav. Najčešće su to infiltracijske vode koje u kanalizaciju infiltriraju iz podzemlja i površinske vode, koje u kanalizaciju dotječu kroz razne pukotine, otvore i priključke. Globalno gledano, u tuđe vode spadaju sve vode koje su nekontrolirano dotekle u kanalizacijski sustav. Bilo to kroz otvor poklopaca revizijskih i drugih okana ili ilegalni priključci na sustav.

Tuđe vode se ne uzimaju u obzir kod mješovite kanalizacije, već samo kod proračuna razdjelne kanalizacije kao što je odabrana na području Općine Viljevo. Količina tuđih voda ovisi o hidrogeološkim i hidrološkim karakteristikama područja, kvaliteti izvedbe sustava odvodnje (vrsta i kvaliteta spojeva, upotrijebljeni materijali), održavanje kanalizacijske mreže i sl. S obzirom na navedene utjecaje, količine tuđih otpadnih voda variraju od mjesta do

mjesta i teško ih je precizno odrediti. Najčešće se izražavaju kao određeni postotak srednjeg dnevnog protoka svih otpadnih voda. (Šperac, M., 2014.)

Tuđe vode od svih voda koje se koriste za dimenzioniranje kanalizacijskog sustava su najmanje obrađene u literaturi. Ne postoji točan način određivanja količina i dotoka tuđih voda. Zbog toga se najčešće usvaja vrijednost predložena za dimenzioniranje kao 50% svih voda koje se nalaze u sustavu odvodne.

Računanjem pojava tuđih voda, usvojena vrijednost mjerodavnih količina sanitarnih otpadnih voda u kanalizacijskom sustavu mora se povećati za dodatnih 50%, odnosno tuđe vode u sustavu odvodnje promatranog područja iznositi će **60 litara**.

5.3 KARAKTERISTIKA OTPADNIH VODA

Pod otpadnim vodama smatramo sve one vode koje su promijenile svoj prvotni sastav, prirodni ili poslije obrade vode za piće. Voda mijenja svoj sastav unošenjem štetnih materija, čije prisustvo uzrokuje promjene fizičkog, kemijskog, biološkog ili bakteriološkog stanja vode u mjeri koja može da onemogući i/ili ograniči njezinu primjenu. (Jahić M. B., 1990.)

Količina onečišćenja u otpadnim vodama određuje veličinu i tehnologiju potrebnih građevina za pročišćavanje otpadnih voda te time utječe na veliki dio investicijskih troškova prilikom gradnje uređaja za pročišćavanje.

Specifična opterećenja onečišćene otpadne vode mijenjaju se tijekom vremena. Ljudska prehrana, životne navike, kućanske kemikalije, proizvodni pogoni u industriji i privredi određuju sastav otpadne vode. Može se govoriti o godišnjem, tjednom i dnevnom hodu promjene sastava vode gdje dolazi do naglih i velikih oscilacija u količini opterećenja otpadne vode. U kućnim otpadnim vodama dominiraju ostaci ljudske prehrane, fekalije, urin, otpad, zajedno sa sredstvima za higijenu i čišćenje, što definira njihov sastav.

Danas je teško dati pouzdane prognoze sastava otpadnih voda za neku daleku budućnost, s toga je važno točno odrediti sadašnje stanje povezujući ga s prošlosti kako bi se mogla dati prognoza sastava otpadnih voda samo u bližoj budućnosti. Međutim, ukupna količina onečišćenja koju čovjek svojim aktivnostima stvara može se uzeti kao približno stvarna u toku jednoga dana, s tom razlikom da se onečišćenje nastaje na različitim lokacijama ovisno o tome gdje se u određenom trenutku nalazi (škola, kuća, restoran, posao, itd.).

Sastav i količina otpadnih voda dobiva se kao ukupan zbroj svih pojedinih izvora onečišćenja vezanih uz dnevne aktivnosti stanovništva. Temeljni izvor otpadne vode i otpadnih tvari je čovjek, s toga se i količina zagađenja u naselju može s velikom sigurnošću povezati sa brojem ljudi u naselju, korištenjem veličine zagađenja „ekvivalentnog stanovnika“ (ES). Temeljem toga postoje karakteristične vrijednosti prosječnog opterećenja koje generira jedan „ekvivalent stanovnik“ u toku jednog dana (Tablica 5.7.). (Margeta, J., 2004.)

Tablica 5.7. Tipične vrijednosti otpadnih tvari koje generira jedan ekvivalent stanovnik (ES) (Margeta, J., 2004.)

Pokazatelj	Veličina
BPK ₅ (g/stan./dan)	60 - 80
KPK (g/stan./dan)	110 - 160
Ukupne raspršene tvari (g/stan./dan)	70 - 100
Ukupni dušik kao N (g/stan./dan)	11 - 14
Ukupni fosfor kao P (g/stan./dan)	2 - 4
Ukupne koliformne bakterije (c.b./stan/dan)	10 ¹⁰ - 10 ¹²

Otpadne vode promatranog područja Općine Viljevo po svom sastavu spadaju u biološki razgradive otpadne vode, bez velikih industrijskih onečišćivača. Kako bi se dobio točan sastav i opterećenje otpadnih voda nekog područja, koje varira ovisno o navikama stanovništva, potrebno je izvršiti odgovarajuća ispitivanja. Takva ispitivanja su vršena za čitav niz naselja u inozemstvu i kod nas te se na temelju tih istraživanja došlo do procjene sastava komunalnih otpadnih voda, tablica 5.8..

Tablica 5.8. Pokazatelj sastava komunalnih otpadnih voda (Sundstrom, D.W., Klei, H. E., 1979.)

<i>POKAZATELJ</i>	KONCENTRACIJA (mg/l)		
	RASPON	UOBIČAJENA VRIJEDNOST	
<i>FIZIKALNI</i>			
<i>KRUTINE</i>	ukupne	300 - 1200	700
	taložive	50 - 200	100
	suspendirane	100 - 500	220
	raspršene	250 - 850	500
<i>KEMIJSKI</i>			
<i>ORGANSKE TVARI</i>	BPK ₅	100 - 400	250
	KPK	200 - 1000	500
<i>DUŠIK</i>	ukupni (N)	15 - 90	40
	organski	5 - 40	25
	amonijak	10 - 50	25
<i>FOSFOR</i>	ukupni (P)	5 - 20	12
	organski	1 - 5	2
	anorganski	5 - 15	10
<i>pH</i>		7 - 7,5	7,0
<i>KALCIJ</i>		30 - 50	40
<i>KLORIDI</i>		30 - 85	50
<i>SULFATI</i>		20 - 60	15

Treba napomenuti da manje koncentracije više odgovaraju kanalizacijama naselja kod kojih se bilježi manja potrošnja vode u naselju (dnevni utrošak vode po stanovniku), kao što su naselja u Općini Viljevo, i obrnuto.

6. OSNOVNI ELEMENTI SUSTAVA ZA ODVODNJU

6.1 OPĆI UVJETI ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA

Svaki sustav odvodnje i pročišćavanja, odnosno kanalizacijski sustav predstavlja skup građevina i mjera koje služe za:

- a) sakupljanje otpadnih voda u urbanim i industrijskim sredinama,
- b) transport do mjesta pročišćavanja i ispuštanja,
- c) čišćenja do stupnja koje se uvjetuje zakonskim normama te lokalnim prilikama, te
- d) ispuštanje pročišćenih voda u odgovarajući prijemnik.

Osnovni zadatak sustava odvodnje i pročišćavanja je da se otpadne vode što brže odstrane iz ljudske blizine, uz što povoljnije tehničke, sanitarne, tehnološke i ekonomske uvijete. Pored toga potrebno je sakupljene vode pročistiti do potrebnog stupnja i ispustiti ih u prijemnik (recipijent), sve u skladu s zakonskim propisima, ekološkim zahtjevima i pravilima struke.

Izgrađenost naselja ima izravan utjecaj na odraz protoka i karakteristika otpadnih voda, kako sa život, aktivnosti i izgrađenost unutar naselja trajno mijenjaju, tako se trajno mijenjaju i karakteristike otpadnih i oborinskih voda. Otpadne vode i tvari u takvim vodama od trenutka ulaska u kanalizacijski sustav mijenjaju svoje karakteristike i sastav procesima koji se odvajaju u kanalizacijskoj mreži. Rezultat procesa koji se odvijaju su pojave tvari, plinova i aktivnosti (život) koje se odvijaju u unutrašnjosti kanalizacije i koje stvaraju specifične karakteristike koje utječu na sigurnost rada i otjecanje u kanalizacijskom sustavu. (Margeta, J.,2009.)

Svako konkretno tehničko rješenje, koje mora zadovoljiti sve uvjete potrebne odvodnje, ovisi o nizu čimbenika, ponajviše mjesnim prilikama te sanitarnim, tehničko-tehnološkim i ekonomskim uvjetima. Kao neizostavan faktor moraju se uzeti u obzir i ekonomski pokazatelji.

Lokalni uvjeti obuhvaćaju broj stanovnika te postojeću i planiranu industriju, količinu i sastav otpadnih voda, reljef terena, položaj i svojstva prijemnika, urbanističke planove i plan razvoja i dr. Sanitarni zahtjevi se odnose na održavanje ispravnih zdravstvenih uvjeta na području odvodnje pripadajućih područja, odnosno sprječavanje štetnog utjecaja otpadnih voda na okoliš. Tehničko-tehnološki zahtjevi odnose se na brzu i djelotvornu odvodnju otpadnih voda iz ljudske blizine, uvjete održavanja sustava te na učinkovito održavanje sustava za

pročišćavanje. Ekonomski pokazatelji definirani su troškovima izgradnje, pogona i održavanja kanalizacijskog sustava.

S obzirom na sve navedene karakteristike kanalizacijskog sustava, vidljivo je da dimenzioniranje nekog sustava odvodnje ne može biti temeljeno samo na teorijskim znanjima. U velikoj mjeri utječu lokalni uvjeti područja i terena, s toga se u postupku projektiranja ovakvih sustava primjenjuje cijeli niz smjernica koje su nastale kao rezultat praktičnih dugogodišnjih iskustava.

6.2 NAČINI ODVODNJE

Za određivanje neke kanalizacijske mreže na raspolaganju različiti načini odvodnje, trenutna situacija u Hrvatskoj je takva da se najčešće način odvodnje razlikuje u tome skupljaju li se i odvođe otpadne i oborinske vode zajedno ili odvojeno. U osnovi postoje sljedeći sustavi odvodnje:

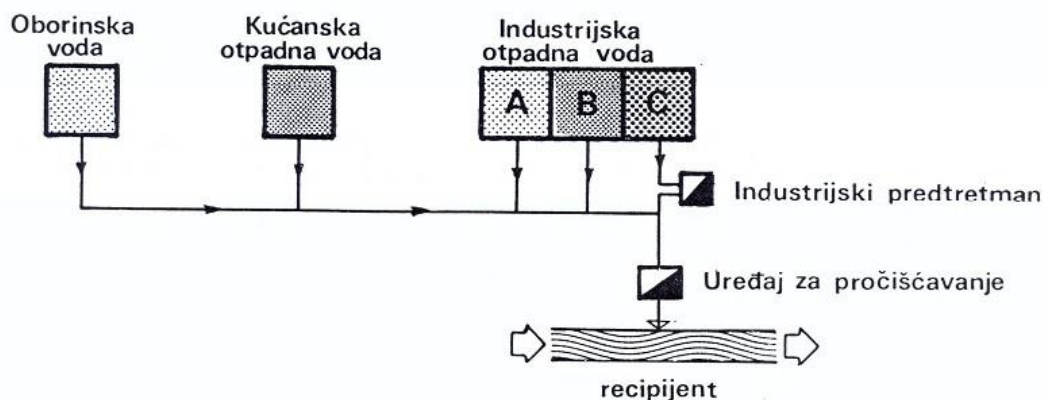
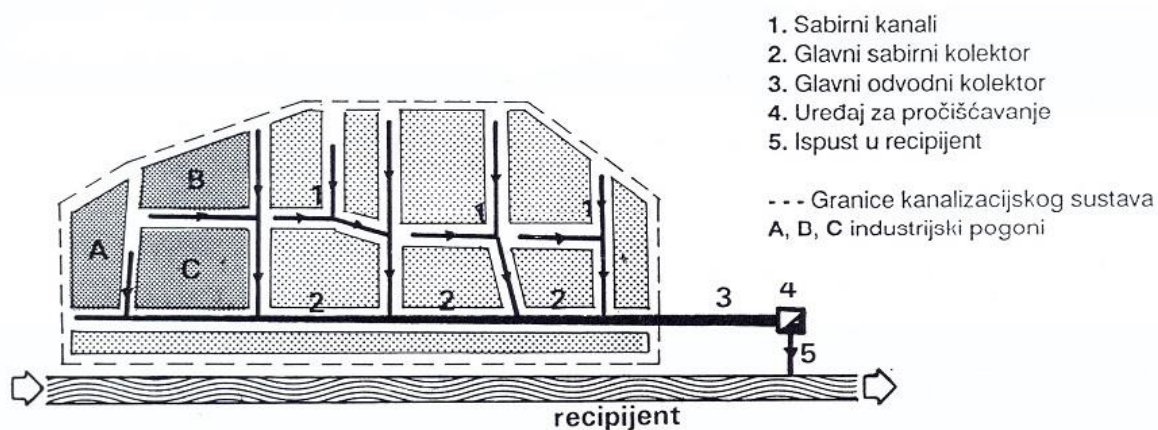
- mješoviti način odvodnje,
- razdjelni način odvodnje,
- ostali načini odvodnje.

Tradicionalno se sustav odvodnje zasnivao na kriteriju ekonomičnosti izgradnje i pogona. Međutim, pojavom značajno većih kriterija za zaštitu okoliša pristup se u zadnjih dvadesetak godina promijenio. Sve više se zastupa kriterij zaštite okoliša i održivog sustava kroz tehnološko-ekonomsku održivost, zbog čega se preporučuje razdjelni sustav odvodnje. (Margeta J., 2006.)

Temeljem svega navedenog unutar ovoga rada bazirati će se upravo na razdjelni sustav odvodnje u koji spadaju i nekonvencionalni načini odvodnje otpadnih voda vakumskom i tlačnom kanalizacijom. U prilog razdjelnom sustavu odvodnje otpadne vode ide i mala urbanizacija na promatranom području, a time i male količine nepropusnih površina. Time se većina oborine može slobodno infiltrirati u tlo, a preostala oborina se može kontrolirano prikupiti i odvesti putem otvorenih kanala uz prometnice van naselja. Ostali sustavi odvodnje biti će ukratko objašnjeni.

MJEŠOVITI NAČIN ODVODNJE

Osnovna karakteristika ovog sustava je da se sve vrste otpadnih voda, koje se formiraju na području sliva, odvede zajedničkim kolektorima do uređaja za pročišćavanje te potom ispuštaju u recipijent.



Slika 6.1. Mješoviti sustav odvodnje

(<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/ODVODNJA%201.pdf>)

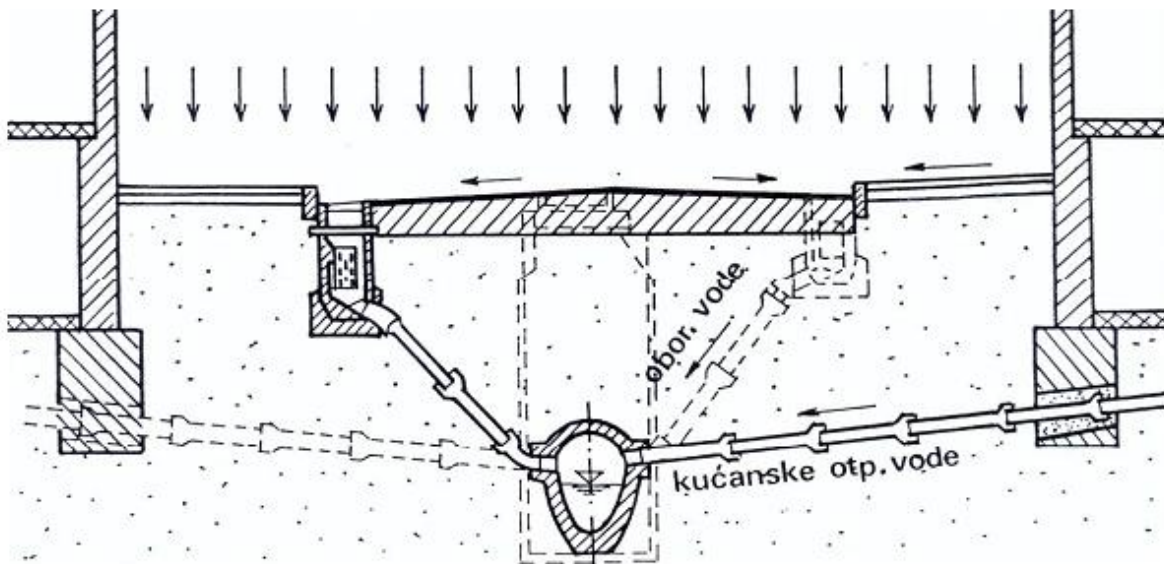
Kolektori koji formiraju kanalizacijski sustav moraju se tako postaviti da se omogući učinkovita odvodnja svih otpadnih voda koje se pojavljuju na promatranom području (sanitarne, industrijske, oborinske), uvažavajući pri tome topografiju terena u vidu što maksimalnije primjene gravitacijske odvodnje.

Kod mješovite odvodnje jedan od najvećih problema je taj što osnovno kvantitativno opterećenje kanala uzrokuju oborinske vode. Odnosno su količine oborina te koje utječu na pravovaljano dimenzioniranje kanalizacijske mreže i određivanje mjerodavnih protoka u sustavu.

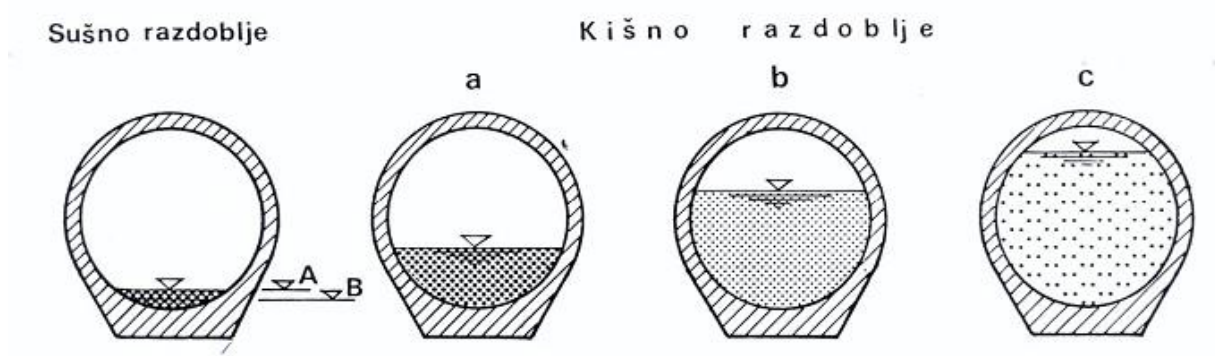
Prema Margeti u prosječnim uvjetima može se uzeti da se omjer između sanitarnih otpadnih voda i oborinskih voda kreće u vrijednostima:

$$Q_{\text{sušno}} : Q_{\text{oborina}} = 1:20 \text{ do } 1:60.$$

Ovo ukazuje na činjenicu da je u sušnom razdoblju protok u kanalizaciji mješovitog sustava relativno mali u odnosu na njegovu stvarnu propusnu (dimenzioniranu) moć. Odnosno u mješovitom kanalizacijskom sustavu potrebne dimenzije kolektora pri dimenzioniranju su posljedica potrebnih prihvaća oborinskih voda (Slika 6.2. i 6.3.).



Slika 6.2. Karakterističan poprečni presjek s izgrađenim mješovitim tipom odvodnje (Margeta, J., 2009.; od Vodopija, M., 1974.)

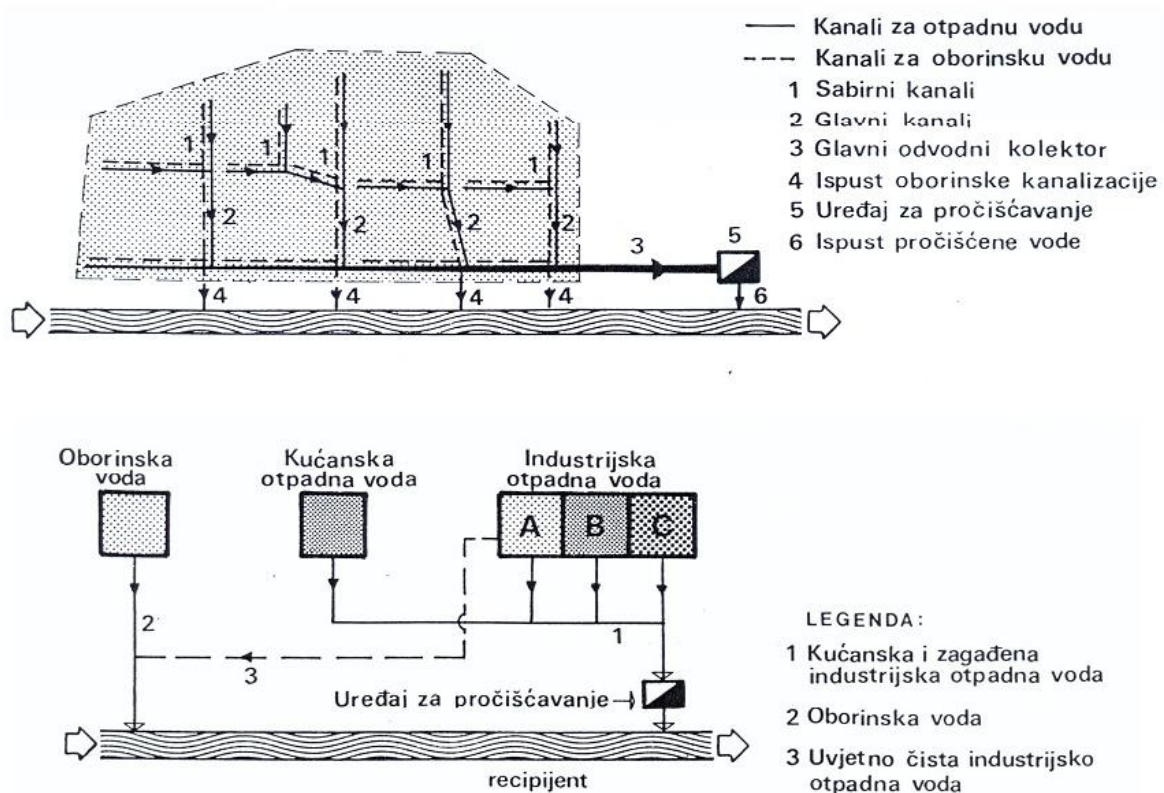


Slika 6.3. Karakteristični režimi tečenja u mješovitom sustavu odvodnje
 (<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/ODVODNJA%201.pdf>)

Česta praksa u mješovitom sustavu odvodnje je primjena kišnih rasterećenja, uvažavajući faktor ekonomičnosti. Koristi se činjenica da su oborinske vode znatno manje zagađena od kućanskih otpadnih voda, posebno one od kasnijih dotoka nakon prvotnog ispiranja površinskih nečistoća s prometnica i urbanih sredina. Svrha kišnih rasterećenja je da u vrijeme intenzivnih kiša obavlja rasterećenje kanalskog sustava na temelju izravnog ispuštanja razrijeđenih mješovitih voda u obližnje prijemnike.

RAZDJELNI NAČIN ODVODNJE

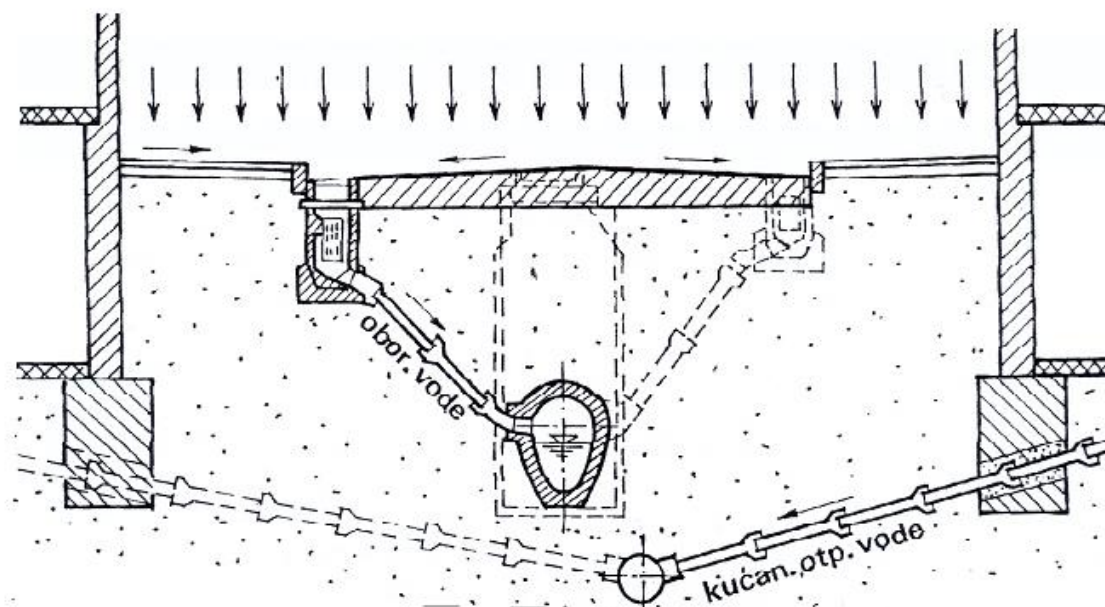
Kao što je ranije napomenuto u razdjelnom sustavu odvodnje glavna je karakteristika da postoje dvije kanalizacijske mreže koje, jedna koja služi za odvodnju oborinske vode, a druga za odvodnju kućanske i industrijske (tehnoško) otpadne vode. Ne rijetko se u ovom načinu odvodnje oborinske vode odvođe otvorenim kanalima, jarcima ili rigolima, s ispuštanjem u najbliži prijemnik. U ruralnim naseljima se nalazi velika primjena ovakve prakse zbrinjavanja oborinskih voda zbog postojanja velikih zelenih površina i velikog koeficijenta infiltracije oborinske vode, osim na pojedinim dijelovima naselja, kao što su trgovi i ostale veće nepropusne površine.



Slika 6.4. Razdjelni sustav odvodnje

(<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/ODVODNJA%201.pdf>)

U ekonomskom smislu razdjelni tip je najčešće skuplji pošto ukupna duljina mreže je veća od mješovitog tipa za 30 – 40%. Promatrajući cjelokupni sustav i ekološke uvijete koji se sve više dovode u prvi plan, postoji jasan prepoznatljiv sastav vode u svakoj kanalizaciji, a tada i prilagođeni uvjeti pročišćavanja i ispuštanja otpadnih voda. Također na smanjenje cijene ovakvog sustava utječe i potreba za crpkama s manjim dimenzijama i manjom snagom, kako nema velikih opterećenja na sustav u kišnom razdoblju. (Margeta, J., 2009.)



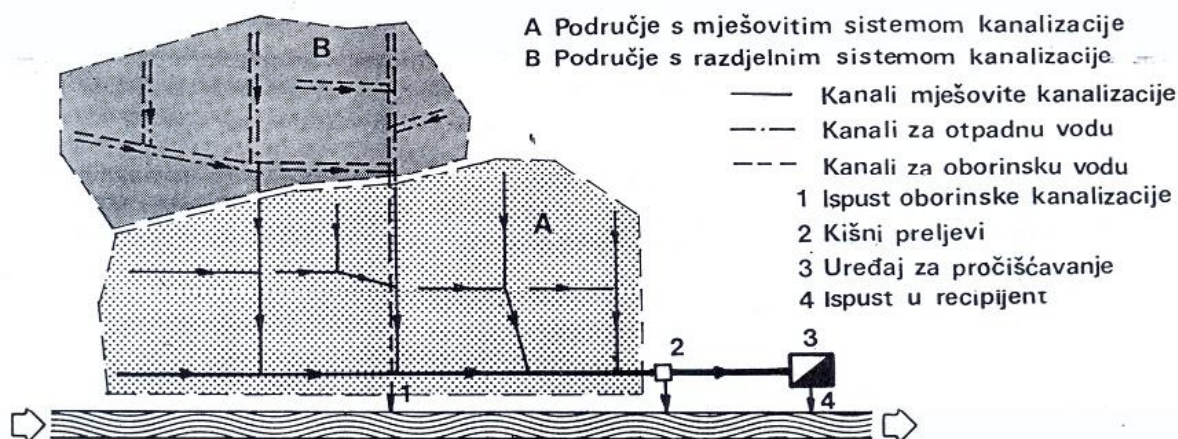
Slika 6.5. Karakteristični poprečni presjek prometnice s izgrađenim razdjelnim tipom odvodnje
(Margeta, J., 2009.)

OSTALI NAČINI ODVODNJE

Ostali načini odvodnje predstavljaju kombinaciju mješovitog i razdjelnog sustava, a u ovom dijelu će se ukratko objasniti najprimjenjiviji. Potpuni razdjelni sustav odvodnje je onaj kod kojeg postoje najmanje dvije ili više samostalnih kanalizacijskih mreža, kao što su oborinske, sanitarne, industrijske itd. Nepotpuni razdjelni sustav odvodnje predstavlja kanalizacijsku mrežu namijenjenu odvodnji samo najjače zagađenih sanitarnih i tehnoloških otpadnih voda. Kod ovog se sustava oborinske vode odvede u prijemnik na jednostavniji i jeftiniji način, najčešće pomoću otvorenih kanala, jaraka ili rigola.

U kombiniranom sustavu odvodnje je zastupljeno nekoliko zasebnih sustava, a najčešće nastaje kao rezultat razvojnih i ekoloških faktora koji se javljaju tijekom vremena. U sušnom razdoblju su kolektori mješovite kanalizacije samo djelomično iskorišteni te se na njih mogu povezati nove kanalizacijske mreže od novih aglomeracija. Tada se za oborinske vode, koje

više postojeći mješoviti kolektori ne mogu primiti, izgrađuje odvojena oborinska kanalizacija s pružanjem glavnog odvodnog kanala u pravcu najbližeg prijemnika u koji se najčešće oborinska voda ispušta bez prethodnog pročišćavanja.



Slika 6.6. Kombinirani sustav odvodnje

(<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/ODVODNJA%201.pdf>)

6.3 PODJELA S OBZIROM NA REŽIM TEČENJA (ALTERNATIVNI SUSTAVI ODVODNJE)

Osim klasične podjele s obzirom na način prikupljanja vode, postoji i podjela u odnosu na režim tečenja unutar kanalizacijskog sustava. U ove podjele osim klasične gravitacijske odvodnje otpadnih voda, tečenje se slobodnim vodnim licem, na koju najčešće mislimo kada govorimo općenito o odvodnji, spadaju i alternativni načini odvodnje:

- Tlačna kanalizacija
- Vakuumska kanalizacija

Upravo ovi alternativni načini odvodnje su zanimljivi za zadano promatrano područje kao moguća varijantna rješenja za odabir odvodnje naselja.

Primjena alternativnih sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda u ruralnim naseljima u Hrvatskoj, dovodi do potencijalnog rješavanja problema odvodnje ruralnih naselja, kao neizostavni čimbenik održivog gospodarenja vodama na državnoj razini. Današnja tendencija i opće prihvaćen način odvodnje ruralnih naselja, posebno onih dislociranih od urbanih središta, je primjenom razdjelnih načina odvodnje, a tako su se razvili i alternativni sustavi odvodnje (ASO). Prema iskustvima iz svjetske prakse, ASO sustavi su se pokazali kao

povoljnija rješenja u tehničko-tehnološkim, sanitarnim i ekonomskim pogledu (Tablica 6.1.). Postojeće stanje gospodarenja vodama u Hrvatskoj kao i problematika odvodnje i tretiranja otpadnih voda u ruralnim naseljima zauzima visoku poziciju. Česti nedostaci financijskih mogućnosti lokalne zajednice i činjenica da su troškovi izgradnje konvencionalnih gravitacijskih sustava po priključenom stanovniku za manja ruralna naselja znatno veća, predstavlja ograničavajući faktor realizacije izgradnje sustava za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda. Trenutni svjetski trend racionalizacije troškova uz istovremenu infiltraciju sve zahtjevnijeg ekološkog i socijalnog kriterija dovodi do razvoja alternativnih sustava odvodnje (AOS) otpadnih voda. (Vouk, D., Malus, D., 2006.)

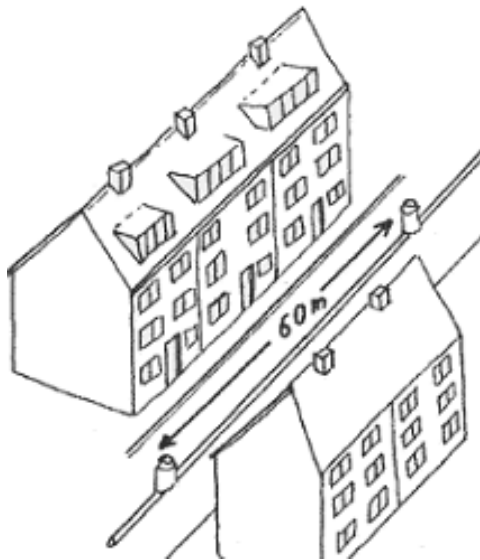
Tablica 6.1. Područje primjene tlačne i vakumske kanalizacije (Margeta, J., 2009.)

<i>PRIMJENA</i>	Tlačna kanalizacija	Vakuumska kanalizacija
<i>Rijetko naseljena područja</i>	++	++
<i>Ravničarsko područje</i>	+	++
<i>Visoka razina podzemnih voda</i>	++	++
<i>Složeno podzemlje s drugim instalacijama</i>	++	++
<i>Kuće i odvodni sustav u zaštićenom području</i>	0	++
<i>Povremene količine otpadnih voda (vikend kuće i sl.)</i>	-	++

LEGENDA: ++ vrlo dobro; + dobro; 0 neutralno

Kroz primjer troška izgradnje klasične gravitacijske kanalizacije po priključenom stanovniku u gradu i ruralnim područjima, pokušat će se približiti problem primjene konvencionalne metode i povećanog troška u manjim, dislociranim naseljima. Primjer je preuzet iz materijala za vježbe predmeta „Opskrba vodom i odvodnja 2“ s Građevinskog fakulteta u Zagrebu. (<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/vjezbe/Tlacna%20kanalizacija.pdf>)

Troškovi po stanovniku u gradskoj četvrti:



Slika 6.7. Priključeni stanovnici gradske četvrti na dužini od 60 m

(<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/vjezbe/Tlacna%20kanalizacija.pdf>)

Ulazna aproksimacija jeste da u svakoj stambenoj jedinici žive tri stanovnika. Da ukupno pet zgrada imaju četiri etaže te da svaka etaža ima 2 stana. Trošak izgradnje jednog metra dužnog gravitacijske kanalizacije iskustveno iznosi 1200 kn.

5 objekta (lijevo i desno) x 2 stambene jedinice x 4 etaže x 3 stanovnika = 120 stanovnika

Broj stanovnika po metru dužnom sustava odvodnje:

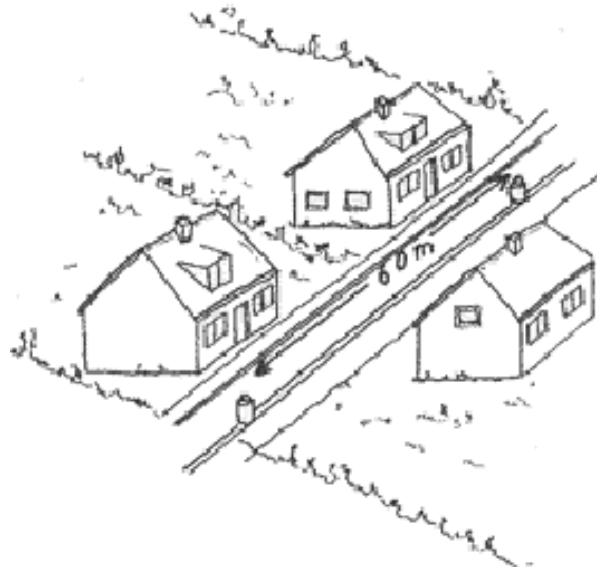
$$120 / 60 = 2 \text{ ST/m}^1$$

Trošak izgradnje po stanovniku:

$$1200 \text{ kn} / 2 \text{ ST/m}^1 = 600 \text{ kn/ST}$$

Odnosno za jednu prosječnu gradsku četvrt trošak izgradnje gravitacijskog sustava po priključenom stanovniku iznosi cca. 600 kuna.

Troškovi po stanovniku u ruralnim područjima:



Slika 6.8. Priključeni stanovnici ruralnog naselja na dužini od 60 m

(<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/vjezbe/Tlacna%20kanalizacija.pdf>)

Ulazna aproksimacija korištena za proračun je da se na 60 metara ruralnog područja nalaze tri stambene jedinice sa tri stanovnika u svakoj. Cijena izgradnje gravitacijskog kanalizacijskog sustava u ruralnim područjima iskustvenim analizama pretpostavlja se da iznosi 900 kn/m¹.

Broj stanovnika po metru dužnom sustava odvodnje:

$$3 \text{ stambene jedinice} \times 3 \text{ stanovnika} = \underline{9 \text{ stanovnika}}$$

Broj stanovnika po metru dužnom sustava odvodnje:

$$9 / 60 = 0,15 \text{ ST/m}^1$$

Trošak izgradnje po stanovniku:

$$900 \text{ kn} / 0,15 \text{ ST/m}^1 = 6000 \text{ kn/ST}$$

Kada se usporede dvije vrijednosti cijene klasičnim sustavom odvodnje po priključenom stanovniku, izgradnja u ruralnim naseljima ispađa do 10 puta skuplja nego li u gradskim četvrtima. S toga treba tražiti varijantna rješenja u rješavanju odvodnje seoskih naselja koja imaju praksu i primjenu u Svijetu te analizom doći do najboljeg tehničko-ekonomskog rješenja, bez favoriziranja pojedinih sustava.

6.3.1 Tlačna kanalizacija

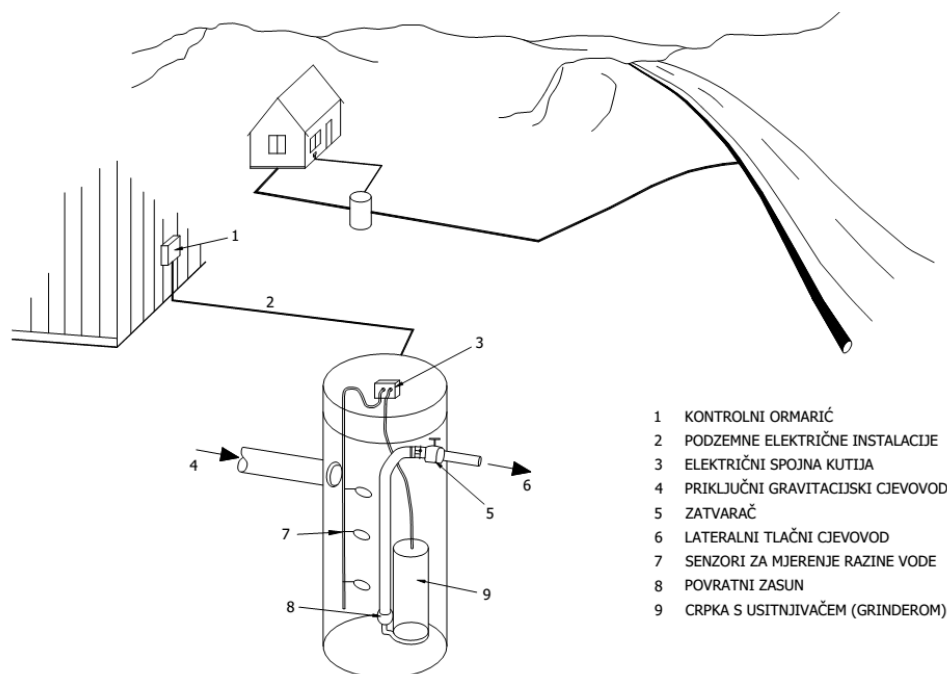
Tlačna kanalizacija kao cjelina sustava za odvodnju je rijetkost, najčešće se koristi na pojedinim dionicama ili podsustavima na kojima nema mogućnosti uspostavljanja gravitacijskog tečenja sa slobodnim vodnim licem. Tlačna kanalizacija se primjenjuje od početka 1960.-ih, tijekom godina sustav se konstantno razvijao te je danas u mnogim razvijenim zemljama predstavnik sigurnog tehničko-ekonomskog isplativog sustava odvodnje posebno za mala ruralna naselja i izolirane gradske četvrti.

Tlačni sustav odvodnje sastoji se od:

- kućnih priključaka,
- tlačnih sakupljača,
- stanica komprimiranog zraka za propuhivanje.

Kućni priključci se povezuju na manje tlačne jedinice instalirane u sklopu okućnice, koje služe kao osnovni pogonski elementi koji otpadnu vodu tlače kroz mrežu sakupljača do konačnog ispusta, tj. uređaja za pročišćavanje. Potrebno je na mjestu svakog priključka osigurati energiju za odvodnjavanje, za smanjenje ukupne investicije moguće je također povezati veći broj domaćinstava na jedan priključak.

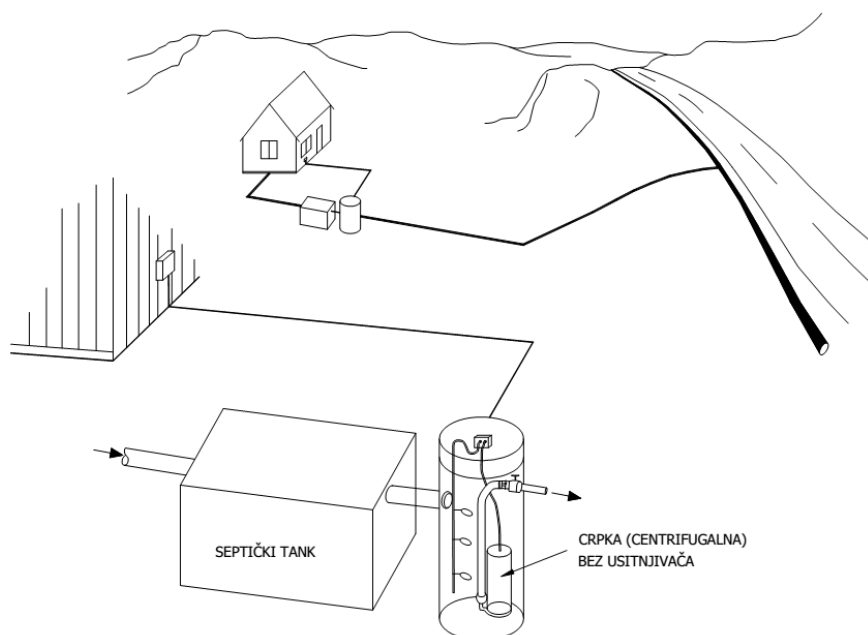
Postoje dva osnovna sustava tlačne kanalizacije: GP (Grinder Pump) i STEP (Septic Tank Effluent Pump). Kod GP sustava svježe otpadne vode dotječu direktno u crpno okno smješteno u sklopu okućnice, gdje je instalirana manja tlačna jedinica na koju je ugrađen usitnjivač (grinder). Njegova je funkcija usitniti krupne čestice na veličinu koja će omogućiti nesmetan prolaz otpadne vode kroz sustav.



Slika 6.9. Sustav tlačne kanalizacije s grinder crpkom (GP)

(<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/vjezbe/Tlacna%20kanalizacija.pdf>)

Otpadne vode kod STEP sustava se prvo ulijevaju u septički tank koji se sastoji od jedne ili više komora. Crpno okno može biti postavljeno unutar ili izvan septičkog tanka, koje se najčešće sastoji od ulazne (dotok otpadne vode) i izljevne komore. Voda koja izlazi iz septičkog tanka je pročišćena od krupnih i plivajućih čestica koje se istalože u tanku, nema potrebe za instalacijom usitnjavača.



Slika 6.10. Sustav tlačne kanalizacije sa septičkim tankom (STEP)

(<http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/vjezbe/Tlacna%20kanalizacija.pdf>)

Općenito sustav tlačne kanalizacije može činiti prstenastu ili razgranatu mrežu, također se može izvesti kao pojedinačna tlačna dionica. Kod primjene u malim ruralnim naseljima, mreža sakupljača sastoji se od plitko ukopanih cjevovoda (polaganje ispod dubine smrzanja) promjera 90 – 200 mm, nazivnog tlaka 10 bara. Tečenje pod tlakom potpomaže se dodatno propuhivanjem komprimiranim zrakom, pomoću zasebnih stanica koje tlače zrak u mreži za vrijeme početnog stanja podopterećenja. (Vouk, D., Malus, D., 2006.)

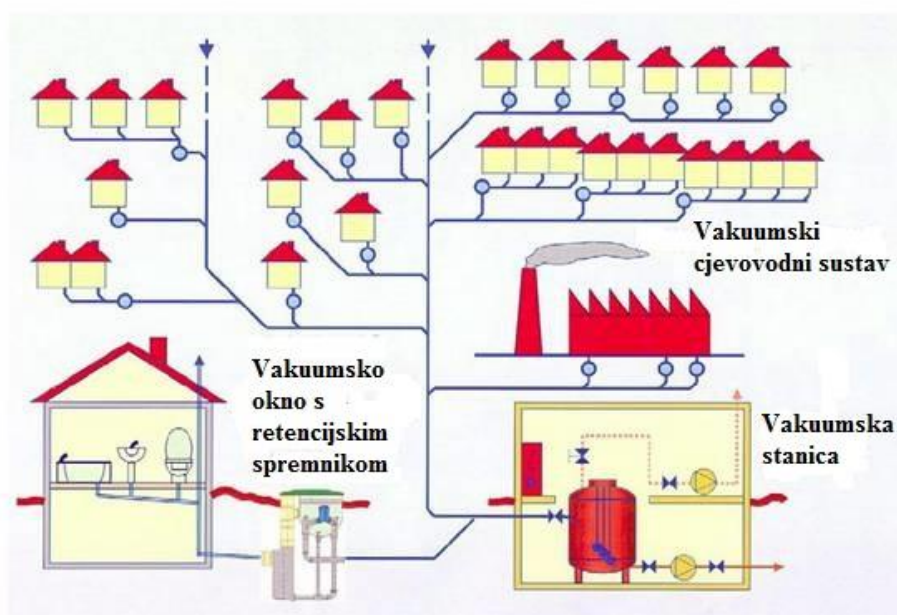
Tlačna kanalizacija može se primijeniti na svim vrstama terena neovisno o položaju ulaznih i izlaznih točaka, a trenutno se primjenjuje u naseljima manjim od 15 000 stanovnika.

6.3.2 Vakuumska kanalizacija

Zahtjevi za potpuno zatvorenim sustavom kanalizacije, racionalizacije količine ugrađenog materijala te smanjenje potrebnog rada i troškova izgradnje kanalizacijske mreže kao i napori za smanjivanje nepovoljnih utjecaja na životnu sredinu pri građenju i eksploatacije bili su glavni razlozi realizacije ovakvog sustava odvodnje otpadnih voda. (Šanta, Č., Fabry, G., 2006.)

U mnogim državama svijeta ovaj sustav je našao svoju veliku primjenu, tako da u Njemačkoj trenutno postoji više od 300 vakuumskih sustava, dok je u Mađarskoj položeno više od 700 km vakuumske kanalizacije.

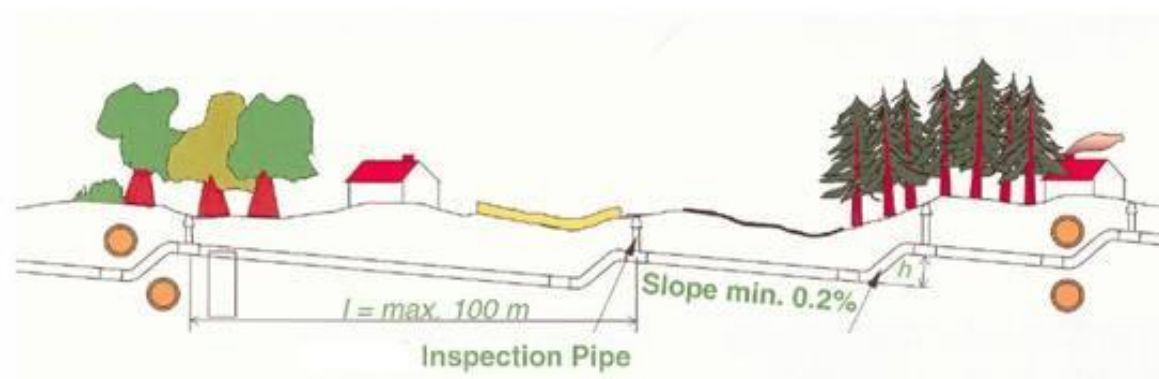
Iako postoji više tipova i načina izgradnje, svaki od tih sustav vakuumske kanalizacije funkcionira na istom principu. Sustav odvodnje čini mreža kanala spojena na jednom kraju s centralno postavljenom vakuumskom stanicom koja je na drugom kraju spojena na posebno zasunsko okno smješteno u sklopu kućnog priključka. Vakuumska stanica unutar mreže kanala neprekidno održava potlak od 0,8 – 0,2 bara koji se cjevovodima širi do svakog zasunskog okna (priključka). Vakuumska stanica je ujedno i jedini dio vakuumskog sustava odvodnje koji zahtjeva vanjski izvor energije (priključak na električnu mrežu).



Slika 6.11. Vakuumski sustav odvodnje (<http://www.dwc-water.com/technologies/vacuum-sewage-system/index.html>)

Posebno zasunsko okno (usisni zasun) kojim se voda ispušta na kućnim priključcima, odvaja atmosferski tlak (zrak) od vakuuma, što omogućava održavanje vakuuma u sustavu dok je zasun zatvoren. Do njega se ispušta otpadna voda iz kućanstva do tzv. retencijskog spremnika smještenog uz samo kućno vakuumsko okno. Postoji mogućnost spajanja 4 do 6 kućanstava na jedno zasunsko okno što dodatno smanjuje cijenu izgradnje ovakvog sustava.

Pravilnim polaganjem cjevovoda izbjegava se povratni tok otpadne vode, čak i u slučaju nepovoljnih visinskih odnosa, cijevi se najčešće polažu tako da u uzdužnom presjeku stvore oblik zupca pile (Slika 6.12.).



Slika 6.12. Shema ugradnje vakumske kanalizacije (<http://www.dwc-water.com/technologies/vacuum-sewage-system/index.html>)

Vakuumsku kanalizaciju karakterizira također i plitko ukopana razgranata mreža cjevovoda profila od 65 do 250 mm. Navedene pogonske karakteristike omogućavaju polaganje cijevi i u kontra padu što osigurava male dubine iskopa i jednostavnost cjelokupne izvedbe.

Cjevovodi nikad ne smiju biti u potpunosti ispunjeni otpadnom vodom, te je bitan odnos otpadne vode i zraka u cijevima koji se ostvaruje primjenom membranskih vakuumskih usisnih zasuna. Ovaj odnos zraka i otpadne vode ima višestruke koristi, osim što osigurava siguran rad sustava i smanjuje gubitke od hidrauličkog trenja, otpadna se voda prisutnošću zraka aerira što povoljno djeluje na cijeli sustav i pročišćavanje otpadne vode. Smanjuje se razvoj štetnih plinova i korozija cijevi, a otpadne vode ostaju svježije. U vakumskoj stanici su smještene i tlačne crpke kojima se akumulirana otpadna voda tlači do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. (Kalchbrenner, B., Zang, V., 2006.)

Prednosti vakumske kanalizacije su mnogobrojne, a kao najvažnije za primjenu na promatranom području Općine Viljevo su sljedeće:

- električna energija potrebna je samo na jednom mjestu sustava, u vakuumskoj stanici,
- mali promjeri vakuumskih kanalizacijskih cijevi od PEHD ili PVC materijala stvaraju uštede u troškovima materijala,
- vakuumske kanalizacijske cijevi mogu se polagati i u vodozaštitnim područjima bez straha od onečišćenja pitke vode,
- VK cijevi mogu se polagati u zajedničke rovove s pitkom vodom ili drugim podzemnim instalacijama,
- zbog nepropusnosti vakuumske kanalizacije nema pojave neugodnih mirisa,
- nema infiltracije tuđih voda,
- investicijski troškovi vakuumske kanalizacije mogu se smanjiti i do 50% u odnosu na gravitacijsko-tlačni kanalizacijski sustav,
- zbog načina i mogućnosti polaganja vakuumskih cijevi, jednostavno se mogu izbjeći prepreke na trasi (otvoreni kanali, podzemne instalacije i dr.) obilaženjem ispod, iznad ili okolo prepreke,
- velika brzina tečenja (4 – 6 m/s) unutar sustava sprječava taloženje u cjevovodima VK, tako dolazi do efekta samočišćenja VK pa održavanje cijevi postaje nepotrebno,
- nema potrebe za izgradnjom velikih revizijskih okana,
- nema velikog broja crpnih stanica unutar sustava,
- vremenski kraća izgradnja od klasičnog gravitacijskog sustava odvodnje,
- smanjeni su negativni utjecaji na okolinu.

Uz sve navedene prednosti vakuumska kanalizacija ima i svoja ograničenja, kao što su:

- nemogućnost odvodnje otpadnih voda na udaljenosti veće od 4 km,
- visina podizanja otpadne vode od 3 do 4 metra,
- potreban vanjski izvor energije za skupljanje otpadnih voda,
- vakuumski sustav ima ekonomsku isplativost samo kod primjene razdjelnih sustava za skupljanje otpadne vode, a ne i za skupljanje oborinske vode.

U daljnjem dijelu teksta će se pobliže objasniti i dati opis glavnih komponenti vakuumske kanalizacije kao i glavni parametri za projektiranje vakuumskog sustava odvodnje (cjelina 6.4.2.). Osnovni razlog detaljne analize ovoga sustava je taj što će se kasnije upravo ovaj sustav analizirati kao moguće primijenjeno varijantno rješenje za skupljanje i odvodnju otpadne vode promatranog područja do mjesta pročišćavanja i upuštanja u recipijent.

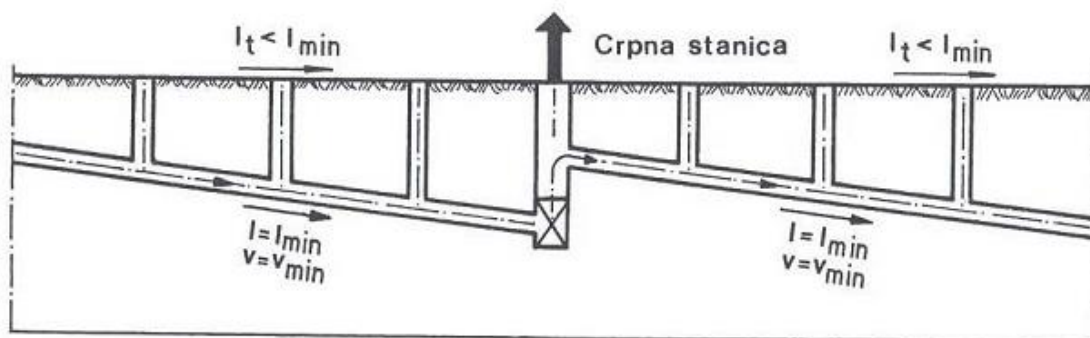
6.4 TEHNIČKE KARAKTERISTIKE KANALIZACIJSKOG SUSTAVA

U ovom dijelu će se detaljnije obraditi tehničke karakteristike, smjernice i ograničenja vezana za dva sustava odvodnje otpadnih voda (gravitacijski i vakuumski sustav).

Odabrani sustavi će biti analizirani u sklopu optimalizacije sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda Općine Viljevo, s toga je bitno upoznati se s načinom projektiranja te ograničenjima unutar promatranih sustava.

6.4.1 Gravitacijska kanalizacija

Gravitacijski sustav odvodnje otpadnih voda je opće poznat i prihvaćen u Hrvatskoj te je kao takav najprimjenjiviji. Karakterizira ga tečenje otpadne vode sa slobodnim vodnim licem uslijed visinskih razlika unutar dijelova kanal. Na najnižim dijelovima sustava postavljaju se crpne stanice koje su građevine s pripadnom elektrostrojarskom opremom kojima se otpadne vode podižu iz građevina ili područja (kanala). Na kanalizacijskoj mreži crpne stanice su potrebne za podizanje otpadnih voda iz dubljih u pliće dijelove kanala kada je pad kanala veći od nagiba terena, (Slika 6.13.). Tada bi inzistiranje na kompletnoj gravitacijskoj odvodnji zahtijevalo dubine ugradnje kanala koje su daleko iznad ekonomski prihvatljivih (6 do 7 m).



Slika 6.13. Shema položaja crpne stanice na kanalizacijskoj mreži

(<http://info.grad.hr/res/odbfiles/1823/predavanja/2.5-pi.pdf>)

Na početku dionica količine kanalizacijskih voda često su vrlo male, posebno za odvodnju sanitarnih otpadnih voda u razdjelnom sustavu. Teoretski bi bilo moguće koristiti jako male profile na osnovi malih početnih protoka i uzdužnih nagiba, ali iskustvom iz prakse došlo se do zaključka da je primjena malih profila ne povoljna te da često dolazi do začepjenja kanala. Tako da se primjenom malih profila kanala znatno povećavaju troškovi održavanja gravitacijskog kanalizacijskog sustava, a sve zbog potrebe čestog čišćenja. Zbog svega

navedenog u javnim kanalizacijama s gravitacijskim pogonom otpadne vode uobičajena je primjena najmanjih profila od 250 odnosno 300 mm.

Za konkretno promatrano područje, u sklopu varijantnog rješenja, koristi će se promjeri profila kanalizacijskih cijevi od 300 mm za glavne krakove cjevovoda, dok će se za sporedne krakove, koji se ubadaju na glavnu mrežu, koristi promjeri od 250 mm.

Kod dimenzioniranja kanalizacijskih cjevovoda sanitarnih i/ili industrijskih otpadnih voda, a za protoke koji zahtijevaju promjere veće od minimalnih, proračun se vrši sa uračunatom rezervom. Ta rezerva osigurava slobodan prostor unutar cjevovoda koji omogućava gravitacijsko tečenje sa slobodnim vodnim lice, a također služi i kao sigurnosna rezerva kojom se osigurava mogućnost odstupanja stvarnog stanja od računskog protoka.

U gravitacijskim cjevovodima kružnog poprečnog presjeka za otpadne vode, računski visina punjenja se u glavnom odabire u ovisnosti od promjera cijevi:

- za $D \leq 500$ mm, $h_p = 0,50 \times D$
- za $D \geq 500$ mm, $h_p = 0,75 \times D$

Određivanja minimalnog i maksimalnog pada kanala u funkciji je brzine strujanja otpadne vode, tj. sprječavanja taloženja suspendiranih čvrstih čestica kod manjih brzina tečenja, odnosno mogućnosti oštećenja cjevovoda kod prevelikih brzina. Preporučene najmanje brzine unutar cijevi su 0,4 – 0,8 m/s, ovisno o visini ispunjenosti profila, smatra se da se pri ovim brzinama izbjegava mogućnost taloženja u cijevima. Dok se za najveću dozvoljenu brzinu uzima 3 m/s, pri čemu se smatra da ne će doći do oštećenja i štetnog trošenja kanala (abrazija).

Ostvarivanjem ovakvih najmanjih odnosno najvećih dozvoljenih brzina dobivaju se minimalni i maksimalni padovi kolektora. Općenito vrijedi da su minimalni i maksimalni padovi manji što je veći profil cjevovoda. Radi lakše računanice stoga se došlo do jednostavnog izraza koji daje zadovoljavajuće aproksimacije vrijednosti padova:

$$I_{\min} = 1 / D \quad (2)$$

gdje je:

I_{\min} – minimalni dopušteni pad kanala (m/m)

D – promjer kanala za koji se računa minimalni dozvoljeni pad (mm)

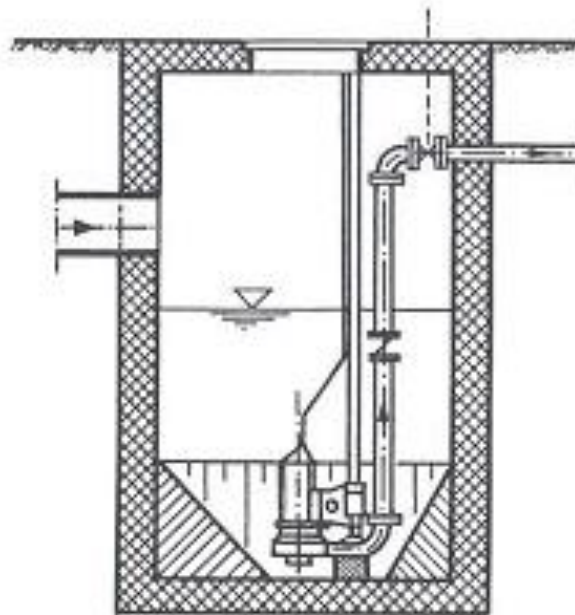
$$I_{\max} = 1 / D \quad (3)$$

gdje je:

I_{\max} – maksimalni dopušteni pad kanala (m/m)

D – promjer kanala za koji se računa maksimalni dozvoljeni pad (cm)

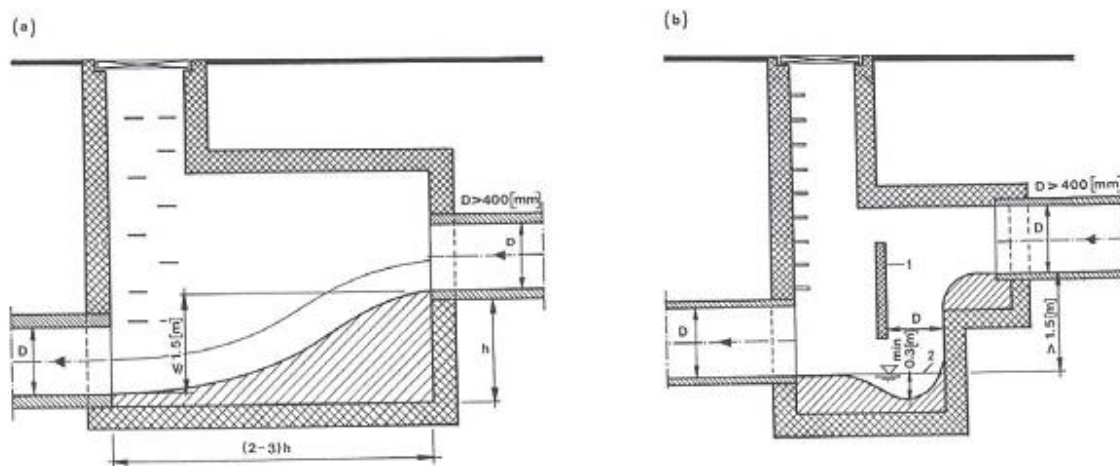
Najpovoljnije izvođenje gravitacijske kanalizacije i kućnih priključaka je u situaciji kada pad kanala prati pad terena. Tada imamo najmanje dubine polaganja (ukopavanja) cjevovoda, u slučaju kada je nagib terena manji od minimalnog nagiba za polaganje cijevi, one se postepeno sve dublje ukopavaju. Najveća dubina polaganja gravitacijske kanalizacije iznosi 6 – 7 m, ali varira u ovisnosti od geomehaničkih uvjeta i troškova građenja. Kada se dosegne najveća predviđena dubina polaganja cijevi potrebna je primjena crpne stanice (Slika 6.14.).



Slika 6.14. Karakterističan presjek crpne stanice s uronjenom crpkom

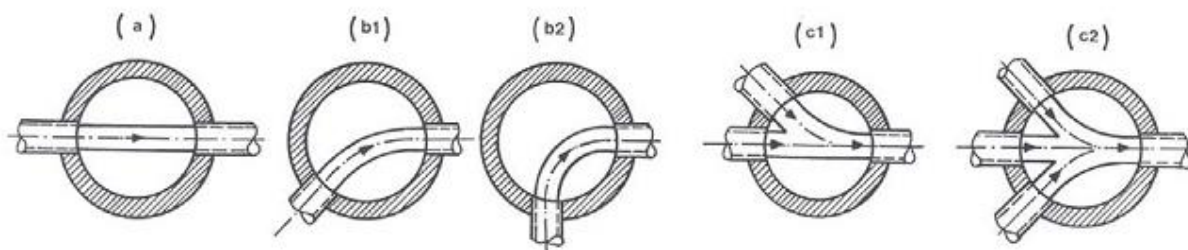
(<http://info.grad.hr/res/odbfiles/1823/predavanja/2.2-pi.pdf>)

Zadnji mogući scenarij je kod pojave nagiba terena većeg od maksimalnog dopuštenog pada kanala, u tom slučaju se višak pada savladava primjenom kaskada (slika 6.15.). Ovisno o veličini pada primjenjuju se mala ili velika kaskadna okna s pregradom i bučnicom ili bez njih. (Šperac, M., 2013.)



Slika 6.15. Prekidna (kaskadna) okna za veće profile i veće prekidne visine: a) s neprekidnim padom dna; b) s pregradom i bučnicom (<http://info.grad.hr/res/odbfiles/1823/predavanja/2.2-pi.pdf>)

Kako bi se osigurao pravilan rad gravitacijskog kanalizacijskog sustava potrebno je postaviti ulazna okna. Ova okna također služe za savladavanje vertikalnih lomova na trasi, što znači da se cijevi između dva okna izvode u pravcu. Glavna primjena ovih okna je spajanje sporednih kolektora (jednog ili više njih) na glavni kanalizacijski kolektor (Slika 6.16.).

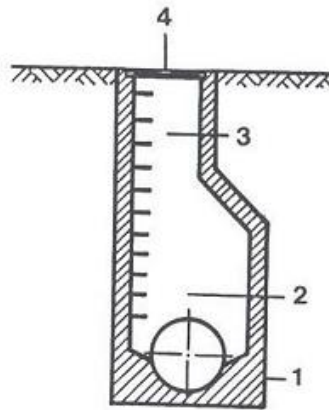


Slika 6.16. Tlocrtna rješenja okruglog ulaznog okna; a) okna na kanalu u pravcu; b) okna na skretanju kanala; c) okna na priključenju kanala (<http://info.grad.hr/res/odbfiles/1823/predavanja/2.2-pi.pdf>)

Ako kanal stoji u pravcu potrebno je okna postavljati na maksimalnom razmaku od:

- $L_{\max} = 50$ m; za profile od 250 mm do 600 mm,
- $L_{\max} = 75$ m; za profile od 700 mm do 1400 mm,
- $L_{\max} = 150$ m; za profile veće od 1400 mm.

Ovi su posljedica potrebnih uvjeta održavanja gravitacijske kanalizacijske mreže, budući da je održavanje kanala znatno teže kod malih neprohodnih profila (malih profila), odnosno olakšano kod prohodnih.



Slika 6.17. Dijelovi ulaznog okna: 1) dno s kinetom, 2) radni prostor, 3) silazni prostor, 4) ulazni prostor s poklopcem (<http://info.grad.hr/res/odbfles/1823/predavanja/2.2-pi.pdf>)

6.4.2 Vakuumska kanalizacija

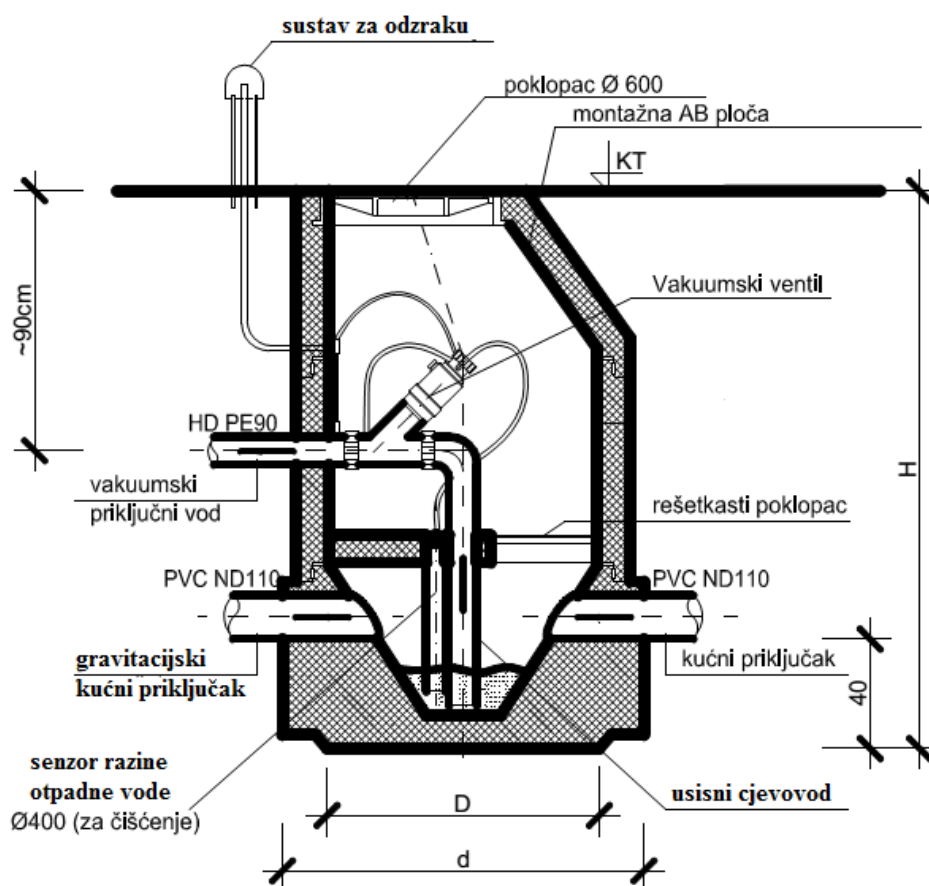
VAKUUMSKO OKNO

Otpadna voda iz kućanstva gravitacijski teče do retencijskog spremnika vakuumskog okna (Slika 6.16.). Vakuumski usisni zasun, koji se nalazi unutar vakuumskog okna radi pneumatski bez potrebe za vanjskim izvorom energije. Kada se u retencijskom spremniku akumulira određena količina otpadne vode, upravljački mehanizam pneumatski otvara membranu vakuumskog usisnog zasuna. U jednom ciklusu otvaranja i zatvaranja membrane usisnog zasuna usiše se od 20 – 40 litara otpadne vode, ovisno o podešenosti vakuumskog zasuna. Zrak koji ulazi u vakuumski sustav kroz prilagođen poklopac na vakuumskom oknu usisava se istodobno s otpadnom vodom. Nakon intervala otvaranja membrane, podešenog na 3 – 5 sekunda ovisno o poziciji okna u sustavu, vakuumski zasun se zatvara a sadržaj retencijskog spremnika (klip) teče kroz sustav cjevovoda formirajući spiralno rotirajući cilindar. Tečenje se javlja kao posljedica razlike tlakova između stvorenog vakuumskog i atmosferskog tlaka koji slijedi „klip“.

Vrijeme koje je potrebno za ulazak dovoljne količine zraka podešava se na svakom vakuumskom usisnom zasunu, tj. pneumatsko upravljačkom mehanizmu. Potrebno je naći optimalan odnos zraka i otpadne vode kako bi se ostvarili što bolji uvjeti tečenja unutar sustava. S tehničkog aspekta potrebno je osigurati dovoljno velik omjer zraka prema otpadnoj vodi kako bi se postigli maksimalni uvjeti tečenja u sustavu. Ekonomski aspekt, nasuprot tehničkom, zahtjeva manje količine usisanog zraka kako bi vakuumska crpka što manje radila. Postoje empirijska znanja vezana uz ovaj problem koja predlažu omjer usisanog atmosferskog

zraka i usisane otpadne vode od 4:1 do 5:1. Vakuumski sustav odvodnje uz upotrebu kvalitetne opreme i precizno izvođenje vakuumskih cjevovoda predstavlja pouzdanu tehnologiju odvodnje otpadnih voda. Iz sigurnosnih razloga, zbog bilo koje neispravnosti sustava, nestanka električne struje ili drugo, norme EN DIN 1091 propisuju da svaki retencijski spremnik u zasunskom oknu mora imati volumen dovoljan da omogući prihvat najmanje 25% dnevnog dotoka otpadne vode iz svake zgrade ili kuće.

Vakuumsko okno proizvodi se od prikladnog plastičnog materijala s vakuumskim usisnim zasunom i s odvojenim retencijskim spremnikom od vakuumskog okna. Na taj način postižu se higijenski uvjeti pogona bez mirisa, uz lako rukovanje i održavanje, što je bitno za svaki upravljački sustav. (Kalchbrenner, B., Zang, V., 2006.)



Slika 6.18. Tipsko vakuumsko okno (Šanta, Č., Fabry, G., 2006.)

OPIS TEČENJA OTPADNIH VODA KROZ VAKUUMSKI SUSTAV

Tečenje unutar vakuumske kanalizacije ne može se jednostavno opisati zakonima hidraulike.

U vakuumskom cjevovodu mogu se kao dvije krajnosti javiti:

- tečenje s razdvojenom tekućom i plinovitom fazom, tzv. klipno tečenje,
- tečenje homogene mješavine zraka i vode.

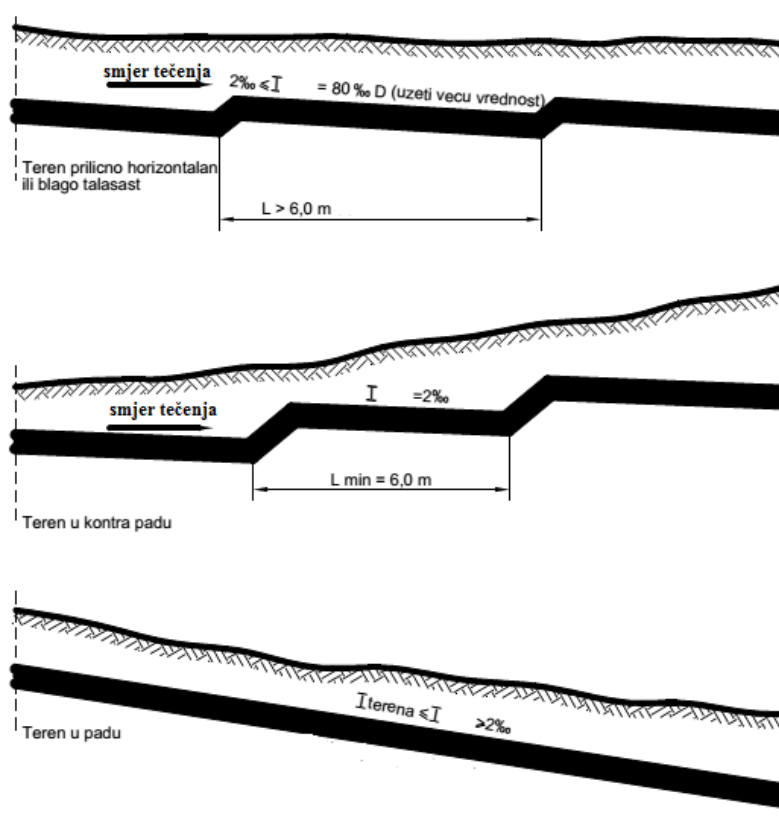
U stvarnosti dolazi do pojave obje vrste tečenja, zrak i fekalije dolaze u vakuumsku stanicu u slijedu ili zajedno. Zbog toga jednadžba kontinuiteta postaje znatno složenija, tečenje se može opisati kao nestacionarno, a mnogi parametri kod hidrauličkog proračuna dobivaju iskustveno.

Kao što je navedeno ranije u tekstu, vakuumske cijevi se polažu tako da „klip“ (mješavina fluida otpadne vode i zraka koja ulazi u sustav vakuumske kanalizacije, tj. sadržaj iz vakuumskog okna) u fazi mirovanja ne zatvara poprečni presjek cijevi te zrak slobodno struji iznad nje. Time se osigurava ravnomjeran raspored vakuuma i postižu isti uvjeti unutar cijele mreže. Kako bi se ostvarilo polaganje cjevovoda na malim dubinama prateći konture terena, najčešće se vakuumski cjevovod polaže u obliku zupca pile, instalacijom „zubaca“ koji predstavljaju vertikalne promjene u uzdužnom presjeku. Najniže točke cjevovoda nastoje se izvesti u približno jednakim razmacima kako bi se osigurali povoljni uvjeti tečenja. Pravilnim se odabirom polaganja cjevovoda izbjegava povratni tok otpadne vode čak i u slučaju nepovoljnih visinskih odnosa.



Slika 6.19. Spajanje cijevi na glavnu vakuumsku mrežu u Bečkom petrovcu (Šanta, Č., Fabry, G., 2006.)

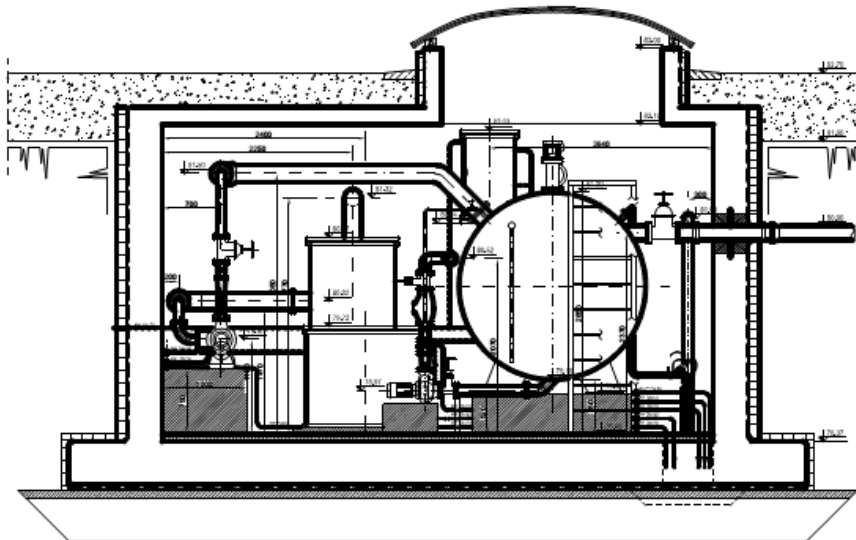
Otpadna se voda kreće u smjeru vakuumske stanice, brzine tečenja otpadne vode u sustavu su između 4 – 6 m/s, a transport se odvija sve dok je gradijent tlaka dovoljno visok da ostvari pomak otpadne vode u vakuumskom cjevovodu. „Klip“ teče gravitacijski do dna zupca pile dok ne zatvori slobodan profil cijevi. Tu se zadržava sve dok dovoljan broj „klipova“ uzvodno ne uđe u sustav. U dnu zupca dolazi do miješanja klipova te se isti zajedno dižu i nastavljaju teći prema glavnom vakuumskom spremniku smještenom u vakuumskoj stanici. Tako se otpadna voda najčešće kreće „zubac po zubac“ do vakuumske stanice. Miješanjem otpadne vode sa zrakom dolazi do aeracije, što smanjuje razvoj plina H_2S (koroziju cijevi), povoljno djeluje na sustav te pomaže daljnjem pročišćavanju otpadne vode. Vakuumski cjevovodi ne smiju biti posve horizontalno položeni, nego se mora osigurati minimalan pad od 0,2% (Slika 6.20.). Promjeri cijevi najčešće variraju od 65 do 250 mm, a cijevi koje se koriste su PEHD ili PVC. ATV njemački standardi predlažu postavljanje revizijskih otvora profila usklađenih sa vakuumskim cjevovodom svakih 100 m cjevovoda, čime se olakšava održavanje sustava. (Kalchbrenner, B., Zang, V., 2006.)



Slika 6.20. Shema uzdužnih profila u funkciji pada terena i smjera tečenja (Šanta, Č., Fabry, G., 2006.)

VAKUUMSKA STANICA

Potreban podtlak za rad vakuumnog sustava postiže se u vakuumskoj stanici (Slika 6.21.) koja predstavlja srce vakuumnog sustava odvodnje. Kontinuiran rad osigurava se priključkom na vanjski izvor električne energije, što je ujedno i jedini dio sustava koji zahtjeva stalan izvor energije. Vakuumska stanica sastoji se od vakuumskih crpki za stvaranje podtlaka u cjevovodima, vakuumskih spremnika za skupljanje otpadne vode i uronjenih tlačnih crpki kojima se otpadne vode odvođe do uređaja za pročišćavanje. Kad vakuum u sustavu padne ispod zahtijevanog, uključuju se vakuumske crpke koje rade samo nekoliko sati dnevno jer su dimenzionirane da rade povremeno. Standardne dimenzije vakuumskih spremnika su od 5 do 15 m³.



Slika 6.21. Presjek kroz vakuumsku stanicu (Šanta, Č., Fabry, G., 2006.)

PROJEKTIRANJE I TROŠKOVI

Projektiranjem se nastoji smanjiti ukupna duljina cijevne mreže te koristiti što manje profile cijevi. Važno je smanjiti udaljenost od vakuumske stanice do krajnjeg korisnika susava. Maksimalna duljina glavnog vakuumnog cjevovoda je ograničena na 4000 metara na posve ravnom terenu. Cjevovodi mogu biti dulji na terenima s malim padom u smjeru vakuumske stanice, također sama duljina glavnog cjevovoda ovisi o promjeru cijevi i gustoći stanovništva na kojem se projektira sustav vakuumske kanalizacije, a smjernice su prikazane u tablici 6.2..

Tablica 6.2. Odnos dimenzija cjevovoda, dozvoljenih duljina i gustoće stanovništva (Margeta, J., 2009.)

<i>Gustoća stanovništva po m^l</i>	Dozvoljena duljina cijevi		
	DN 80	DN 100	DN 125
<i>0,04 - 0,06</i>	1000 m	1000 m	-
<i>0,06 - 0,12</i>	800 m	900 m	300 m
<i>0,12 - 0,20</i>	400 m	800 m	800 m

Vijek trajanja pojedinih dijelova sustava prema ATV A 116 kreće se od 20 – 80 godina, jedino je potrebno vršiti zamjenu zasunskih membrana svakih 5 godina. Što se ostalih troškova održavanja tiče, najveći se dio odnosi na održavanje vakuumskih okana (zasuna), koji se moraju pregledati i čistiti najmanje jednom godišnje. Kroz praksu i iskustva došlo se do zaključka da se primjenom vakuumskog sustava odvodnje u odnosu na klasični gravitacijski sustav ukupni troškovi izgradnje smanjuju za 20 – 50%. (Margeta, J., 2009.)

Temeljem svih navedenih spoznaja te tehničkih podataka o izvodivosti i karakteristikama spomenutih sustava, provest će se tehničko-ekonomska analiza idejnih rješenja na području Općine Viljevo za oba sustava odvodnje. Zaključno će se odabrati i argumentirati usvojeno optimalno rješenje odvodnje promatrane aglomeracije.

7. OSNOVNI ELEMENTI PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

7.1 OPĆENITO

Projektiranje i građenje sustava javne odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda temelji se na nizu zakonskih normi i pravilnika, od kojih su najvažniji navedeni i obrađeni ranije u radu (poglavlje 4.5.). Temeljem navedenih regulativa postavljaju se početni uvjeti na sustav koji zahtijevaju odgovarajuću zaštitu prirode i recipijenta u koji se prerađena otpadna voda ispušta, kao i zaštitu ljudi koji borave u potencijalnoj blizini izgrađenog UPOV-a (zaštita od buke, neugodnih mirisa, onečišćenja vodozaštitnih područja i dr.).

Na osnovu svih prethodnih analiza unutar rada, kao karakteristika recipijenta, zakonodavstva, planiranog prirasta stanovništva, industrijskih zagađivača, prirodnih te socijalno-ekonomskih čimbenika, moguće je obaviti analizu mogućih tehnoloških rješenja budućeg uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na području Općine Viljevo.

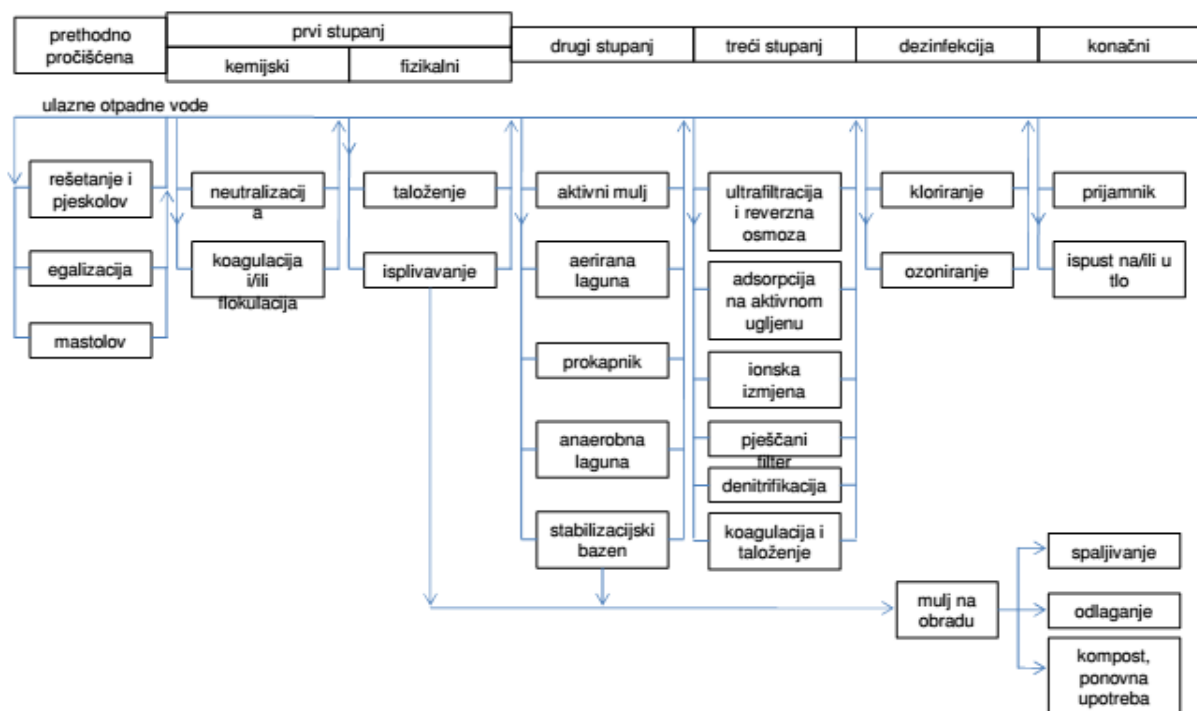
Dosadašnja praksa, koja prihvaća isključivo klasične sustave odvodnje i pročišćavanja uz naglašenu centralizaciju sustava, može se ocijeniti kao ne utemeljena jer često ne uzima u obzir moguća potencijalna alternativna rješenja unutar sustava, te time sama analiza se ne može gledati kao relevantna. Primjena alternativnih načina sustava odvodnje i pročišćavanja otpadne vode može imati veliku primjenu pogotovo u malim ruralnim sredinama kao što je promatrano područje. Izbor optimalnog rješenja budućeg UPOV-a biti će obavljen nakon detaljne analize svih elemenata uređaja, dokaza o učinkovitosti pročišćavanja, prvenstveno gledajući sa tehničko-ekonomskog stajališta, u koji ulazi jednostavnost i učinkovitost uređaja. Osim toga odluka će se bazirati i na temelju socijalnog aspekta i kriterija održivosti. Danas se u gotovo svim razvijenim zemljama svijeta, osim konvencionalnih rješenja (gravitacijska kanalizacija i biološko pročišćavanje aktivnim muljem), uspješno primjenjuju različiti (alternativni) pristupi odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, koji uz pravilan odabir sustava i povoljne terenske prilike mogu predstavljati znatno povoljnija rješenja. (Vouk, D., 2006)

Kako bi se iz općenito vode uklonile otpadne tvari, primjenjuju se različiti postupci i radnje, najčešće slaganjem pojedinih postupaka i radnji u jednu cjelinu, koje se obavljaju na uređaju za pročišćavanje. Pri čišćenju otpadnih voda radnje i postupci koji se primjenjuju ovise o zahtijevanoj razini pročišćavanja otpadnih voda, a dijele se kao:

- prethodno čišćenje (preliminarno),
- prvi stupanj čišćenja (primarno),

- drugi stupanj čišćenja (sekundarno),
- treći stupanj čišćenja (tercijarno).

Kako bi se točnije označilo što se očekuje od pojedinog stupnja čišćenja ponekad se određuju ciljevi stupnjeva čišćenja. U skladu s Uputama Savjeta Europske unije: prethodni stupanj zahtjeva uklanjanje krupne plutajuće otpadne tvari, pijeska i šljunka dok se kod prvog stupnja zahtjeva primjena fizikalnih i/ili kemijskih postupaka (uklanjanje min 50% raspršene tvari, smanjenje vrijednosti BPK₅ za 20%). (Habuda-Stanić, M., 2014.)



Slika 7.1. Dijelovi tehnološke linije pročišćavanja otpadnih voda (Habuda-Stanić, M., 2014.)

Postupci koji se primjenjuju kod trećeg stupnja pročišćavanja otpadnih voda nazivaju se i „napredna tehnologija“. Općenita podjela radnji i postupaka po stupnju pročišćavanja prikazana je u tablici 7.1.. (Tedeschi, S., 1997.)

Tablica 7.1. Pregled radnji i postupaka čišćenja na uređaju za pročišćavanje otpadne vode (Tedeschi, S., 1997.)

Prethodno	Prvi stupanj	Drugi stupanj	Treći stupanj
Rešetanje Usitnjavanje Uklanjanje pijeska i masnoća	Uklanjanje raspršene tvari: - <i>Taloženje</i> - <i>Isplivavanje</i> - <i>Cijeđenje na mikrositima</i>	Uklanjanje biorazgradive tvari: - <i>Biološki postupci</i> - <i>Fizikalno-kemijski postupci</i>	Uklanjanje dušika i fosfora Uklanjanje postojeće organske tvari Uklanjanje teških kovina i otopljene anorganske tvari

Za ispuštanje otpadnih voda u Općini Viljevo zahtjevan je drugi stupanj pročišćavanja otpadne vode prije ispuštanja u recipijent. Svi uređaji koji će se obraditi u varijantnim rješenjima zadovoljavaju traženi stupanj pročišćavanja, a tehnologija same obrade otpadne vode biti će kasnije detaljno objašnjena, ovisno o vrsti uređaja i njegovom načinu obrade otpadne vode.

7.2 ULAZNI PODATCI ZA ODABIR TIPA UPOV-A

Kako bi se utvrdio optimalan tip uređaja sa svojom pripadajućom tehnologijom za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda, potrebno je obraditi ulazne podatke koji se koriste za izračun objekta UPOV-a. Analiziraju se podatci o stanovništvu (poglavlje 5.2.1.), industrijske djelatnosti (poglavlje 5.2.2.), te izračun odgovarajućeg opterećenja (hidrauličko i organsko).

HIDRAULIČKO OPTEREĆENJE

Potrebno je proračunati ukupnu količinu otpadne vode koja odabranim sustavom razdjelne kanalizacije dolazi do uređaja za pročišćavanje, odnosno ukupni dotok (Q_{UK}):

$$Q_{UK} = Q_{st} + Q_t + Q_{ind} \quad (4)$$

gdje je:

Q_{UK} – ukupni dotok otpadnih voda u sustavu odvodnje,

Q_{st} – dotok otpadnih voda od stanovništva,

Q_t – infiltracija tuđih voda,

Q_{ind} – dotok industrijskih otpadnih voda.

Vrijednost ukupnog dotoka definira se kao količina otpadne vode u danu (m^3/d), količina otpadne vode od stanovništva se računa temeljem podataka o stanovništvu, a predstavlja specifičnu potrošnju vode promatranog područja Općine Viljevo. Količina infiltriranih tuđih voda računa se po preporuci literature kao 50% vrijednosti dnevnog dotoka otpadne vode od stanovništva.

Kako na promatranom područje nema značajnih industrijskih objekata i proizvodnje, količine otpadne industrijske vode su uračunate zajedno s količinama otpadne vode od stanovništva. Vrijednosti su usvojene temeljem ATV-A 118 smjernica, njemačkog udruženja za otpadne vode.

ORGANSKO OPTEREĆENJE

Organsko opterećenje, odnosno kvaliteta otpadne vode koja dolazi na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda izražavaju se jedinicama opterećenja „ekvivalent stanovnika“ (ES), a dobije se dijeljenjem ukupnog BPK_5 s vrijednosti koja otpada na jednog ES i iznosi $60,0 \text{ g O}_2/d$.

Vrijednost ukupnog organskog opterećenja na uređaj može se dobiti i obrnutim proračunom, množenjem ukupnog broja stanovništva i industrijskog opterećenja prebačenog u jedinicu opterećenja ekvivalent stanovnika s procijenjenim vrijednosti zagađenja koje stvara pojedini stanovnik.

Pri projektiranju i definiranju samog uređaja za pročišćavanje najčešće se koriste procjene Njemačkog udruženja za vode, otpadne vode i otpad (SWA-ATV) prema kojem prosječno zagađenje koje stvara jedan stanovnik iznosi:

- *količina organskih tvari;*
 - $1 \text{ ES}_{\text{BPK}} = 60 \text{ g/d}$
- *kemijska potrošnja kisika;*
 - $1 \text{ ES}_{\text{KPK}} = 120 \text{ g/d}$
- *količina suspendiranih čestica;*
 - $1 \text{ ES}_{\text{susp. č.}} = 70 \text{ g/d}$
- *količina ukupnog dušika (N);*
 - $1 \text{ ES}_{\text{ukupni N}} = 11 \text{ g/d}$
- *količina ukupnog fosfora (P);*
 - $1 \text{ ES}_{\text{ukupni P}} = 2,5 \text{ g/d}$

(Habuda-Stanić, M., 2014.)

Ukupni broj stanovnika na promatranom području prema zadnjem popisu stanovništva iznosi 2065, procjena predviđenog broja stanovnika do 2035. godine koja se uzela za proračun iznosi 2229 stanovnika. Iako je realna procjena stanovništva u budućnosti manja, pojavom tendencije pada stanovništva, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda spadaju u kapitalne investicije koje se grade za duže vremensko razdoblje, te se planski ostavlja mogućnost širenja uređaja. Krajnje usvojen broj na koji će se dimenzionirati centralizirani UPOV iznositi će 880 stanovnika, kako će se u sklopu optimalizacije kanalizacijskog sustava uzeti u obzir samo naselja Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo. Uz centraliziran sustav s jednim uređajem za pročišćavanje na promatranom području (Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo) obraditi će se i primjena OST sustava. Njihova je prednost što svojom jednostavnošću izvedbe te postavljanjem na samo mjesto nastanka onečišćenja u blizini korisnika, nema potrebe za određivanjem planskog razdoblja u budućnosti ili kroz određeni broj faza. Predviđeno je da se pročišćena otpadna voda koja zadovoljava sve parametre onečišćenja ispušta direktno u tlo.

Svaki OST uređaj radi zasebno s mogućnošću spajanja više kućanstava na jedan OST uređaj radi veće ekonomičnosti.

Završne procijenjene orijentacijske vrijednosti za potrebe proračuna i dimenzioniranja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda cijelog područja će se koristiti vrijednosti:

a) Specifično hidrauličko opterećenje : 120 l/st. d

b) Specifično organsko opterećenje: 60 g BPK₅ / ES dan

Broj stanovnika po naseljima koji će predstavljati jedinično opterećenje na uređaj za pročišćavanje biti će prikazan u tablici 7.2., ovom broju stanovnika pridružit će se i industrijsko opterećenje otpadnih voda.

Tablica 7.2. Opterećenje po naseljima Općine Viljevo prikazano kroz ES:

NASELJE	Usvojena projekcija broja stanovnika za 2035. god.	Industrijsko opterećenje prikazano u ES	Ukupno opterećenje izraženo u ES
<i>Blanje</i>	51	0	51
<i>Bockovac</i>	58	0	58
<i>Cret Viljevski</i>	92	20	112
<i>Ivanovo</i>	312	60	372
<i>Kapelna</i>	310	50	360
<i>Krunoslavje</i>	101	0	101
<i>Viljevo</i>	1305	200	1505
Ukupno	2229	330	2559

Za proračun hidrauličkog opterećenja promatrajući količinu otpadne vode za naselja kakva su na promatranom području, pretpostavlja se da bi maksimalno opterećenje dotoka otpadnih voda na uređaju bilo 10 sati. Dok općenito glavni dio otpadnih voda nastaje u razdoblju od 6h do 23 h. Količina tuđih (procjednih) voda koja ulazi u sustav odvodnje iznosi 50% od dnevnog dotoka otpadnih voda stanovništva. Navedene i procijenjene vrijednosti sukladne su najčešće korištenim njemačkim normama za projektiranje ATV, prema propisu A-118.

- Ukupni dotok otpadnih voda u sustav odvodnje (Q_{st}):

$$Q_{st} = 2229 \text{ st.} \times 120 \text{ l/st.} \cdot d = 267,48 \text{ m}^3/d : 10 \text{ h} = 11,15 \text{ m}^3/h : 3600 = 7,4 \text{ l/s}$$

- Ukupna infiltracija tuđih voda u sustav odvodnje (Q_t):

$$Q_t = 50\% Q_{st} = 0,5 \times 7,4 \text{ l/s} = 3,7 \text{ l/s}$$

- Ukupno otpadne vode u cijelom sustavu odvodnje Općine Viljevo (Q_{uk}):

$$Q_{uk} = Q_{st} + Q_t = 7,4 + 3,7 = 11,1 \text{ l/s}$$

- Ukupno organsko opterećenje za područje Općine Viljevo prema BPK_5 :

$$2229 \text{ st.} \times 0,06 \text{ kg/st.} \cdot d = \mathbf{130 \text{ kg } BPK_5 / d}$$

7.3 PREGLED MOGUĆIH NAČINA PROČIŠĆAVANJA OTPADNE VODE

Za potrebe ovog diplomskog rada obaviti će se analize svih eventualno mogućih i primjenjivih postupaka za pročišćavanje. Širok izbor tehnologije za pročišćavanje otpadnih voda svesti će se na one najprimjenjivije za promatrano područje Općine Viljevo. Osim klasičnih rješenja analizirati će se i alternativne metode, koje bi mogle ponuditi bolje rezultate po pitanju ekonomičnosti, a dati jednake ili bolje rezultate pročišćavanja otpadnih voda. Kako se radi o ruralnim naseljima dislociranim od većih urbanih sredina, postavlja se pitanje isplativosti izgradnje dugačkih kanalizacijskih cjevovoda koji bi otpadnu vodu zajednički odvodili do centraliziranog UPOV-a. Osim toga postoji veliki dio slobodnih površina van naselja koji daju mogućnost primjene biljnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (umjetne močvare), čiji je jedan od glavnih nedostataka potreba za velikom površinom izgradnje, što u ovom slučaju ne bi predstavljala problem. Neće se zaobići niti alternativni načini pročišćavanja otpadnih voda, kao niti trenutno najraširenija tehnologija obrade i pročišćavanja otpadne vode, SBR tehnologija. Uz najveću primjenu SBR uređaja, može se zaključiti da se ova tehnologija trenutno najprimjenjivija na tržištu, te svojom fleksibilnosti na količinu dotoka onečišćenih otpadnih voda pruža široku primjenu i efikasne rezultate kvalitete obrađene vode. Promatrana tehnologija, morati će zadovoljiti više uvjeta kako bi se uz ekonomičnost kao najvažniji faktor unutar ovoga rada usvojila kao optimalna tehnologija za pročišćavanje kućanskih otpadnih voda na području Općine Viljevo. Prvi uvjet je zaštita prijemnika i pročišćavanje otpadne vode na zahtijevanu razinu, kao i učinkovitost pojedine tehnologije koja ovisi o svim prije navedenim prirodnim čimbenicima područja.

Općina Viljevo kako je već ranije spominjano nema industrijska postrojenja sa značajnim količinama tehnološke otpadne vode, te se voda koja će se sakupljati i odvoditi do UPOV-a tretira kao čisto komunalna otpadna voda (kućanska otpadna voda). Opće poznata i potvrđena u praksi je činjenica da su biološki postupci i procesi kao metoda i tehnologija pročišćavanja optimalno rješenje za gotovo svaku komunalnu otpadnu vodu. Sukladno tome u tablici 7.3. prikazati će se biološki postupci koji danas nalaze široku primjenu u pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.

Tablica 7.3. Najčešće primjenjivani biološki postupci pročišćavanja otpadnih voda

Prirodni postupci	Postupci s aktivnim muljem	Postupci s ispunom i fiksiranim mikrobiološkim kulturama	OST uređaji
Zemljane lagune	Jednostupanjski uređaj	Prokapnici	Pješčani filtri
Biljni uređaji	Dvostupanjski uređaj	Rotacioni diskovi	Bioeracijske jedinice
Uklanjanje pijeska i masnoća	Kompaktni uređaj SBR uređaj Membranski biološki reaktor	Kompaktni uređaji s ispunom	Aerobno-anaerobni uređaj

Svaki od gore navedenih postupaka ima svojih dobrih i loših strana, ovisno o zadovoljavanju spominjanih kriterija na sustav. Provođenjem prethodnih analiza unutar rada i uzimajući u obzir utjecajne faktore na učinkovitost sustava te kriterije koje mora ispuniti, moguće je odabrati one uređaje koji potencijalno mogu zadovoljiti sve potrebe pročišćavanja otpadnih voda ruralnog područja. Sukladno tome u startu će se odbaciti uređaji koji se ne mogu primijeniti na području kanalizacijskog sustava Općine Viljevo. Optimalizacija sustava će se provesti kroz četiri varijantna rješenja unutar kojih će biti pod varijante s primjenom različitog načina sakupljanja otpadnih voda (gravitacijska i vakuumska kanalizacija), te moguća primjena različite tehnologije pročišćavanja na promatranom varijantnom podsustavu.

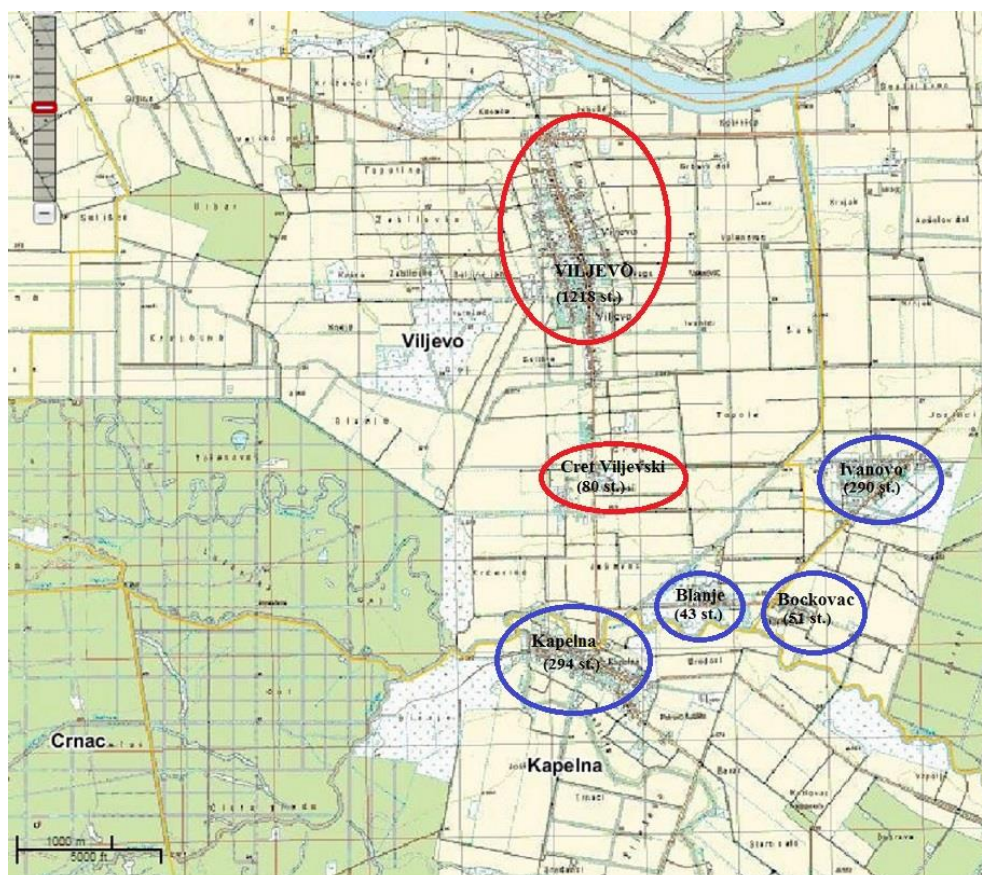
Tehnologije koje će se obraditi kroz varijantna rješenja su:

- a)** *jednostupanjski biološki uređaj pomoću aktivnog mulja (konvencionalni uređaj)*
- b)** *SBR kompaktni uređaj*
- c)** *biljni uređaj (umjetna močvara)*
- d)** *OST uređaji:*
 - *pješčani filtri*
 - *bioeracijske jedinice s SBR tehnologijom*
 - *aerobno-anaerobni uređaj*

8. VARIJANTNA RJEŠENJA

8.1 OPĆE POSTAVKE

Jedna od smjernica unutar rada bilo je i konceptualno rješenje sustava odvodnje područja Donjeg Miholjca, unutar kojeg spada i Općina Viljevo, izrađenog 2009. godine od strane „Hidroprojekt-ing“ iz Zagreba. Općina Viljevo se sastoji od sedam naselja (Viljevo, Cret Viljevski, Blanje, Bockovac, Ivanovo, Kapelna i Krunoslavlje), od kojih je naselje Krunoslavlje decentralizirano u samom početku analize zbog svoje udaljenosti od ostatka aglomeracije (4,4 km od naselja Kapelna). Predviđeno je pročišćavanje otpadnih voda naselja Krunoslavlje zajedno s otpadnim vodama naselja Kućanci. Spajanje Krunoslavlja zbog dislociranosti ne bi imalo nikakvu ekonomsku isplativost. Unutar konceptualnog pregleda došlo se do dva glavna varijantna rješenja. Prvo se vodilo centralizacijom ostatka aglomeracije čime bi se sva naselja spajala na jedan UPOV s ispuštanjem pročišćene vode u Karašicu kao primarni prijemnik.



Slika 8.1. Situacija Općine Viljevo s promatranim naseljima
(<http://geoportal.dgu.hr/viewer/?baselayer=HOK>)

U drugoj varijanti sustav je podijeljen na dva podsustava, gdje bi se otpadne vode naselja Viljevo i Cret Viljevski pročišćavale na zajedničkom uređaju s ispuštanjem otpadnih voda u

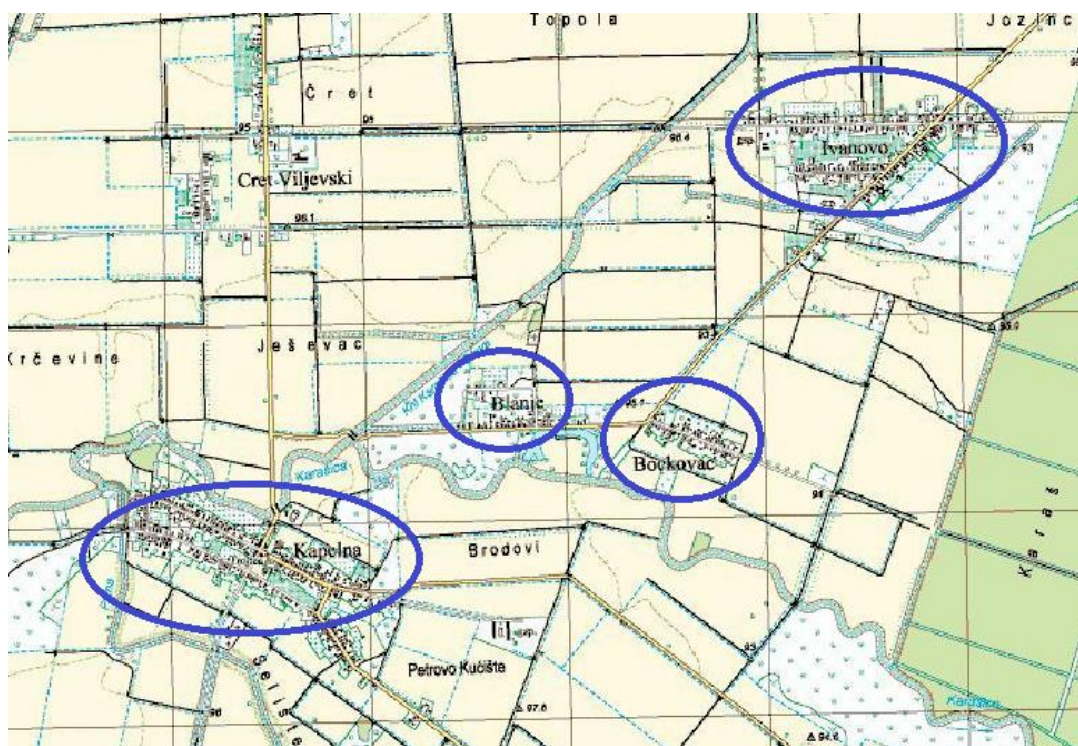
rijeku Dravu, a komunalne vode preostalih naselja bi se pročišćavale na UPOV-u lociranom u blizini naselja Kapelna s ispuštanjem pročišćene vode u Karašicu (Slika 8.1.).

Razlog tomu je također međusobna udaljenost naselja s potrebom dugačkih kolektora za mali broj ruralnog stanovništva koje živi na području Općine Viljevo. Potrebna dužina kanalizacijske mreže koja bi povezivala naselja van naselja iznosila bi cca. 9,1 km. Podjelom na dva podsustava potrebna dužina kanalizacije van naselja smanjila se za cca. 4,6 km, dok udaljenost između naselja Viljevo i Cret Viljevski iznosi svega 1,2 km.

Promatrajući cjelokupnu aglomeraciju Općine Viljevo, dolazi se do glavna dva zaključka:

- otpadne vode naselja Krunoslavlje zajedno s naseljem Kućanci odvođe se na poseban uređaj za pročišćavanje otpadnih voda s rijekom Karašicom kao pripadajućim recipijentom,
- otpadne vode naselja Viljevo i Creta Viljevskog odvođe se na poseban uređaj za pročišćavanje otpadnih voda s rijekom Dravom kao pripadajućim recipijentom.

Usvajanjem gore navedenih postavki unutar aglomeracije kao najpovoljnije, diplomski rad se temelji na optimalizaciji sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda za preostala četiri naselja Općine Viljevo (Kapelna, Blanje, Bockovac, Ivanovo).



Slika 8.2. Pregledno područje Općine Viljevo s naseljima analiziranim unutar rada (Kapelna, Blanje, Bockovac, Ivanovo) (<http://geoportal.dgu.hr/viewer/?baselayer=DOF>)

Preostala naselja (Slika 8.2.) će se analizirati kroz više varijanti uključujući tradicionalne sustave odvodnje i pročišćavanja, kao i mogućnost primjene novih sustava koji su se pokazali kao dobra praksa u svijetu, posebno za mala ruralna naselja u ravničarskim krajevima.

8.2 VARIJANTA A.1.

8.2.1 Osnovna koncepcija

Varijante A.1. uključuje spajanje četiri naselja Općine Viljevo na zajednički uređaj za pročišćavanje otpadnih voda koji će biti smješten na najpovoljnijem mjestu. Najpovoljnije mjesto uključuje optimalnu izgradnju gravitacijske mreže s pripadajućim padovima i najmanjom potrebom izgradnjom crpnih stanica, kao i neposredna blizina recipijenta. Na izbor lokacije UPOV-a utječe i Prostorno planska dokumentacije Općine Viljevo, s propisanim građevinskim zemljištem, te relativna udaljenost naselja od UPOV-a radi sprječavanja širenja eventualnih neugodnih mirisa. Osim navedenih faktora uzeti će se u obzir i blizina prometnice, odnosno skraćenje potrebnog pristupnog puta do uređaja za pročišćavanje. Kao mogući prijemnici za pročišćene otpadne vode, nudi se ispuštanje u rijeku Karašicu te ispuštanje u Kanal Karašica-Drava.

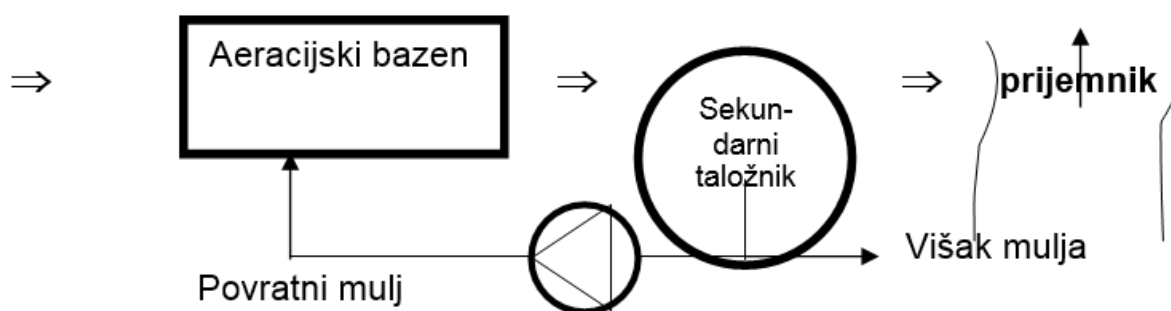
Varijanta A.1. biti će podijeljena na dodatne dvije podvarijante koje će se odnositi na primjenu dva sustava za odvodnju promatranog područja; gravitacijska kanalizacija i vakuumska kanalizacija. Odabrana tehnologija obrade komunalne otpadne vode unutar ovog varijantnog rješenja biti će jednostupanjski biološki uređaj pomoću aktivnog mulja (konvencionalni uređaj).

- **Varijanta A.1.1.** – konvencionalni uređaj (KU) + gravitacijska kanalizacija (GK)
- **Varijanta A.1.2.** – konvencionalni uređaj (KU) + vakuumska kanalizacija (VK)

Svi tehnički crteži ove varijante biti će priloženi u nacrtima (Poglavlje 15.). Tehnički crteži uključuju položaj odabranog UPOV-a na situaciji promatranog područja za ovu varijantu te situaciju polaganja glavnog i priključnih krakova gravitacijske i vakuumske kanalizacije. Obije vrste kanalizacija imaju za cilj pratiti minimalne padove terena, te najkraćim putem što brže odvesti vodu od nastanka onečišćenja do uređaja za pročišćavanje otpadne vode. S toga će trase gravitacijske i vakuumske kanalizacije biti situacijski jednako položena te će usporedba sustava za odvodnju preko jediničnih cijena biti vjerodostojnija.

8.2.2 Jednostupanjski biološki uređaj pomoću aktivnog mulja (konvencionalni uređaj)

Glavna karakteristika svakog biološkog postupka s aktivnim muljem je miješanje ulazne otpadne vode s aktivnim muljem uz periodično ozračivanje u bioeracijskim bazenima te smirivanje, taloženje i konačno odvajanje tekuće od krute faze u naknadnim taložnicima. Za potrebe pročišćavanja zajedničkih otpadnih voda naselja Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo (promatrano područje), analizirat će se postupak pročišćavanja s aktivnim muljem s nitrifikacijom, gdje se uklanja organsko onečišćenje, uz istovremenu stabilizaciju mulja.



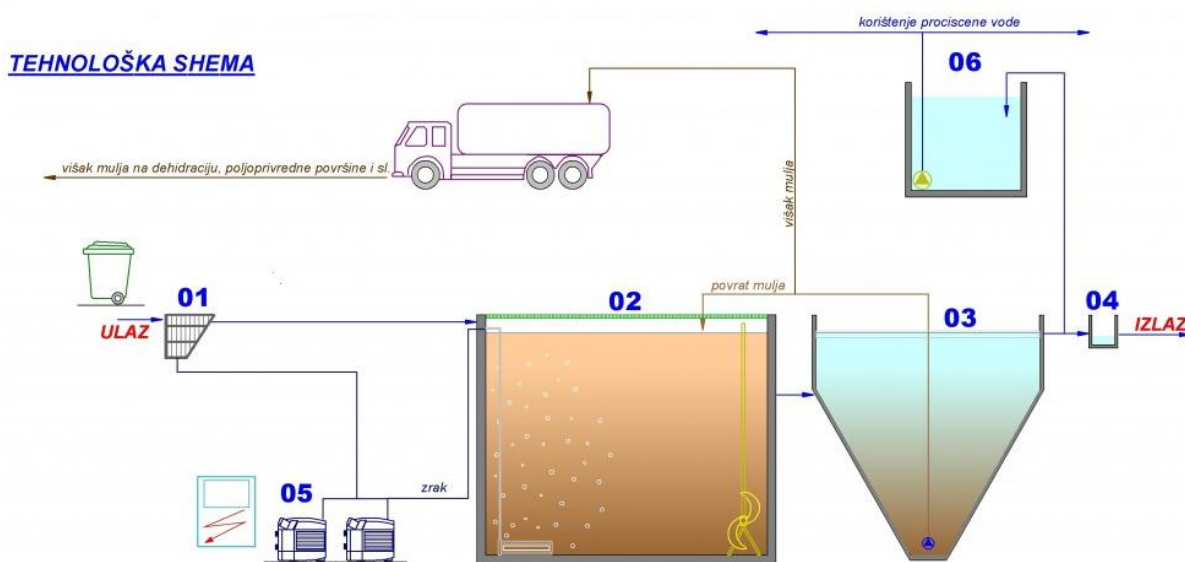
Slika 8.3. Osnovni shematski prikaz biološkog postupka obrade otpadne vode s aktivnim muljem

Ovakav tehnološki postupak pročišćavanja otpadne vode formalno se dijeli na opis linije pročišćavanja vode i linije obrade proizvedenog/nastalog mulja, što će biti prikazano u tehnološkoj shemi (Slika 8.4.).

Linija pročišćavanja otpadne vode na planiranom uređaju sastoji se od mehaničkog i biološkog stupnja pročišćavanja. Mehanički se stupanj pročišćavanja odvija temeljem fizikalnih zakona odvajanja krutih i tekućih čestica na posebnim napravama (rešetke i sita) te putem taloženja mineralnih suspendiranih i koloidnih tvari koristeći se silom gravitacije u posebnim taložnicima (pjeskolov, mastolov i primarna taložnica). Biološki stupanj pročišćavanja otpadne vode odvija se u aerobnom procesu (prisutnost zraka) pročišćavanja metodom aktivnog mulja. U ovom stupnju pročišćavanja odstranjuju se organska onečišćenja, kao i čestice suspendiranih tvari. Samo pročišćavanje otpadnih voda obavljaju mikroorganizmi, tj. aerobne bakterije koje su glavni čimbenik biološke obrade i sastavni dio aktivnog mulja.

Potreban kisik za održavanje metabolizma mikroorganizam u aktivnom mulju u aerobnom dijelu biološkog stupnja obrade, unosi se u sistem upuhivanjem zraka pri dnu aeracijskog bazena. Raspršivanje zraka u fine mjehuriće obavlja se posebnim sistemom poroznih

membranskih difuzora. U naknadnom taložniku odvija se tzv. smirivanje postupka, uz odvajanje tekuće od krute faze. Pročišćena i izbistrena voda laganim strujanjem odlazi do obodnih preljeva i ispušta se preko izlaznog kontrolnog okna u recipijent. Istaloženi se aktivni mulj crpkama vraća u aeracijski bazen na ponovni biološki postupka, dok se višak aktivnog mulja periodično odvodi u ugušćivač mulja. Pročišćenja otpadna voda, nakon biološkog stupnja pročišćavanja zadovoljava zakonski postavljene kriterije te se gravitacijski ispušta u recipijent preko ispusnog kontrolnog okna (ispusna građevina).



Slika 8.4. Tehnološka shema: 1) mehanički predtretman, 2) bioaeracijski bazen, 3) sekundarni taložnik, 4) kontrolno okno, 5) kompresori i automatika, 6) spremnik pročišćene vode (po izboru).

(<http://www.interplan.hr/biotip-kompakt/>)

ANALIZA KVALITETE PROČIŠĆENE VODE (EFLUENTA):

Pretpostavljajući relativno jednoliki sastav, količinu i kakvoću ulaznih otpadnih voda na uređaj promatranog područja, sukladno literaturnim podacima i uobičajenim vrijednostima iz prakse, očekivane ulazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na ulazu u uređaj za pročišćavanje prikazane su u tablici 8.1..

- Ukupni dotok otpadnih voda u promatrani sustav odvodnje (Q_{st}):

$$Q_{st} = 841 \text{ st.} \times 120 \text{ l/st. dan} = 100,92 \text{ m}^3/\text{dan} = 100\,920 \text{ l/dan}$$

- Ukupna infiltracija tuđih voda u sustav odvodnje (Q_t):

$$Q_t = 50\% Q_{st} = 0,5 \times 100\,920 \text{ l/dan} = 50\,460 \text{ l/dan}$$

- Ukupno otpadne vode u cijelom sustavu odvodnje Općine Viljevo (Q_{uk}):

$$Q_{uk} = Q_{st} + Q_t = \mathbf{151\ 380\ l/dan}$$

- Ukupno organsko opterećenje za promatrano područje prema BPK_5 :

$$841\ st. \times 0,06\ kg/st. \ d = \mathbf{50,46\ kg\ BPK_5 / d}$$

$$\frac{50460000\ \frac{mg}{dan}}{151380\ \frac{l}{dan}} = \mathbf{333,35\ mg/l}$$

- Ukupna kemijska potrošnja kisika za promatrano područje, KPK_5 :

$$841\ st. \times 0,12\ kg/st. \ d = \mathbf{100,92\ kg\ KPK_5 / d}$$

$$\frac{100920000\ \frac{mg}{dan}}{151380\ \frac{l}{dan}} = \mathbf{666,68\ mg/l}$$

- Ukupna količina suspendiranih čestica/tvari za promatrano područje (ST):

$$841\ st. \times 0,07\ kg/st. \ d = \mathbf{58,57\ kg\ ST / d}$$

$$\frac{58570000\ \frac{mg}{dan}}{151380\ \frac{l}{dan}} = \mathbf{386,9\ mg/l}$$

Tablica 8.1. Očekivane ulazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na ulazu u UPOV

<i>Vrsta onečišćenja</i>	<i>Očekivane ulazne koncentracije (mg/l)</i>
<i>BPK₅</i>	334
<i>KPK₅</i>	667
<i>ST</i>	387

Očekivano pročišćavanje za ovaj uređaju prikazat će se u tablici 8.2., kao i očekivani minimalni rezultati pročišćenih otpadnih voda na izlazu iz uređaja. Vrijednosti će se usporediti s zahtijevanom kvalitetom pročišćene otpadne vode koja se s uređaja ispušta u recipijent, a mora zadovoljiti zakonski postavljene kriterije.

Tablica 8.2. Očekivane izlazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na izlazu iz UPOV-a

<i>Vrsta onečišćenja</i>	<i>Očekivan efekt pročišćavanja (%)</i>	<i>Očekivane izlazne koncentracije (mg/l)</i>	<i>Zakonski kriteriji pročišćene vode (mg/l)</i>
BPK5	95	16,7	25
KPK5	85	100	125
ST	95	19,35	35

Iz priloženog se vidi da konvencionalan uređaj zadovoljava kriterij obrade komunalne otpadne vode za promatrano područje naselja Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo, prije ispuštanja u recipijent.

LOKACIJA UREĐAJA

S obzirom da prostornim planom nije definirana lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, kao rješenje odabrana je najpovoljnija lokacija UPOV-a na k.č. 1994. Lokacija je usvojena nakon detaljne analize terena, polaganja cjevovoda te ranije navedenih faktora koji utječu na odabir lokacije (ruža vjetrova, pristupna cesta, udaljenost od naselja i dr.). Katastarska čestica 1994 locirana je sjeverno od naselja Kapelna, a upisana u katastarsku općinu Viljevo, s ispuštanjem efluenta u rijeku Karašicu (Slika 8.5.) Kako površina uređaja neće zauzimati cijelu katastarsku česticu, potrebno je izvršiti parcelizaciju iste. Konkretna položaj uređaja za pročišćavanja s pristupnom cestom biti će prikazan u nacrtima za varijantno rješenje A1.



Slika 8.5. Prikaz predviđene lokacije s katastarskom česticom UPOV-a za varijantu A1 na digitalnoj ortofoto karti (<http://geoportal.dgu.hr/viewer/?baselayer=DOF>)

8.3 VARIJANTA A.2.

8.3.1 Osnovna koncepcija

Varijante A.2. kao i prethodno obrađena varijanta A.1. uključuje spajanje četiri naselja Općine Viljevo na zajednički uređaj za pročišćavanje otpadnih voda koji će biti smješten na najpovoljnijem mjestu. Sve ulazne pretpostavke i koncepcije rješenja biti će jednake kao i kod prethodno obrađene varijante A.1. s primjenom drugačije tehnologije za pročišćavanje otpadnih voda korištenjem SBR kompaktnih uređaja.

- **Varijanta A.2.1.** – SBR kompaktni uređaj + gravitacijska kanalizacija (GK)
- **Varijanta A.2.2.** – SBR kompaktni uređaj + vakuumska kanalizacija (VK)

Svi tehnički crteži ove varijante biti će priloženi u nacrtima (Poglavlje 15.). Tehnički crteži uključuju položaj odabranog UPOV-a na situaciji promatranog područja za ovu varijantu te situaciju polaganja glavnog i priključnih krakova gravitacijske i vakuumske kanalizacije. Obije vrste kanalizacija imaju za cilj pratiti minimalne padove terena, te najkraćim putem što brže odvesti vodu od nastanka onečišćenja do uređaja za pročišćavanje otpadne vode. S toga će trase gravitacijske i vakuumske kanalizacije biti situacijski jednako položena te će usporedba sustava za odvodnju preko jediničnih cijena biti vjerodostojnija.

8.3.2 SBR kompaktni uređaji

SBR sistem (eng. „Sequenzin Batch Reaktor“) predstavlja intervalni reaktorski princip u pročišćavanju otpadnih voda potpunim biološkim procesom pomoću aktivnog mulja. Načelno je isti postupak kao i kod klasičnog biološkog pročišćavanja otpadnih voda aktivnim muljem, s glavnom razlikom da se u SBR postupku biološko pročišćavanje i naknadno taloženje odvija u jednom građevinskom objektu (bazenu), a najčešće postoje dva ili više paralelnih objekata koji rade u intervalima.

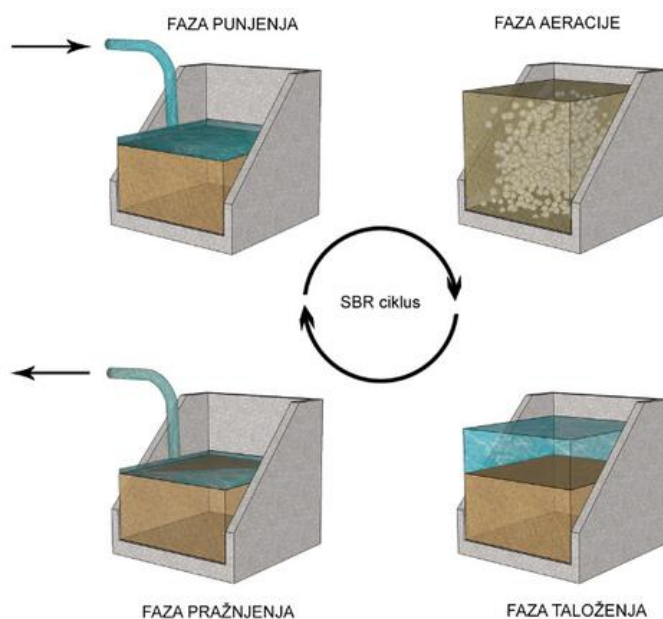
Posebna pogodnost ove tehnologije je da zbog intervalnog ritmičkog mijenjanja uvjeta rada u uređaju dolazi do razvoja mnogobrojnih vrsta mikroorganizama u otpadnoj vodi, odnosno aktivnom mulju, što rezultira i poboljšanom kvalitetom izlazne vode. SBR tehnologija podobna je za pogone u uvjetima neravnomjernog dotoka otpadnih voda na uređaj te voda s velikim promjenama u ulaznom opterećenju. Osim toga postoji mogućnost priključivanja nekih neobrađenih industrijskih otpadnih voda.

Veliki potencijal ovih uređaja javlja se u naprednoj tehnologiji koja daje sve bolje rezultate uz nižu cijenu rada. Prednost je kompaktnog što se nudi kao modularni (tipski) uređaj s serijskom proizvodnjom pojedinih nazivnih kapaciteta, varira od 5 do 2000 ES. To utječe na jednostavnost izgradnje, pogona i upravljanja.

Za ovakve kompaktne uređaje najčešća karakteristika je da se pročišćavanje otpadnih voda vrši kroz 4 faze, 3 puta dnevno (trajanje jedne faze 8h). Faze SBR tehnologije su sljedeće (Slika 8.6.):

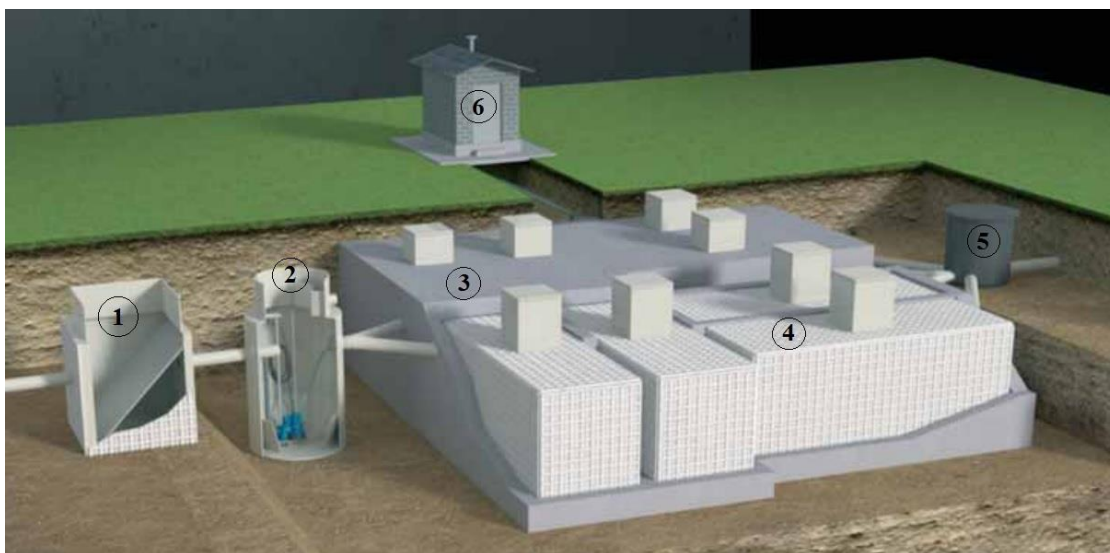
- 1) dotok otpadne vode: otpadne vode iz dijela za predtretman dovode se do SBR reaktora.
- 2) aeracija: u otpadnu vodu upuhuje se zrak obogaćen kisikom iz aeratora, pri čemu se voda snažno miješa. Mikroorganizmi koji se nalaze u vodi vrše razgradnju biološke materije iz otpadne vode.
- 3) taloženje: u fazi taloženja prestaje obogaćivanje kisikom te se nastali mulj skuplja na dnu uređaja, dok u gornjoj zoni nastaje sloj čiste vode.
- 4) odvod pročišćene vode: sloj pročišćene vode se pomoću mamut crpke ispušta u recipijent.

Nakon toga počinje novi radni ciklus.



Slika 8.6. Grafički prikaz faza ciklusa klasičnog SBR sustava (<http://www.ips-konzalting.hr/index.php/hr/usluge-menu-hr/prociscavanje-voda-menu-hr?id=138:sbr-tehnologija&catid=14>)

Kompaktni SBR uređaj izrađuje se u kontejnerskoj izvedbi, a sastoji se od: 1) mehaničkog predtretmana, 2) prepumpnog okna, 3) četiri spremnika za prihvatanje otpadne vode koji imaju funkciju primarnog taložnika i spremnika za višak mulja, 4) četiri spremnika za aktivaciju koji imaju funkciju i sekundarnog taložnika, 5) ispusnog okna koje služi i za uzorkovanje te 6) upravljačke kućice. (Slika 8.7.)



Slika 8.7. Shematski prikaz postavljanja tipskog SBR uređaja (<http://www.bor-plastika.hr/wp-content/uploads/katalog2013HR.pdf>)

Prednost ovakvih uređaja osim jednostavnosti izgradnje (postavljanja) te jednostavnog upravljanja izdvaja se i u maloj prostornoj površini potrebnoj za izgradnju (150 – 200 m²) kao i u malom utrošku potrebne energije.

ANALIZA KVALITETE PROČIŠĆENE VODE (EFLUENTA):

Pretpostavljajući relativno jednoliki sastav, količinu i kakvoću ulaznih otpadnih voda na uređaj sa promatranog područja, sukladno literaturnim podacima i uobičajenim vrijednostima iz prakse, očekivane ulazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na ulazu u uređaj za pročišćavanje otpadnih voda jednak je kao i za varijantno rješenje A.1. (Tablica 8.1.).

Očekivano pročišćavanje za ovaj uređaju prikazat će se u tablici 8.3., kao i očekivani minimalni rezultati pročišćenih otpadnih voda na izlazu iz uređaja. Vrijednosti će se usporediti s zahtijevanom kvalitetom pročišćene otpadne vode koja se s uređaja ispušta u recipijent, a mora zadovoljiti zakonski postavljene kriterije.

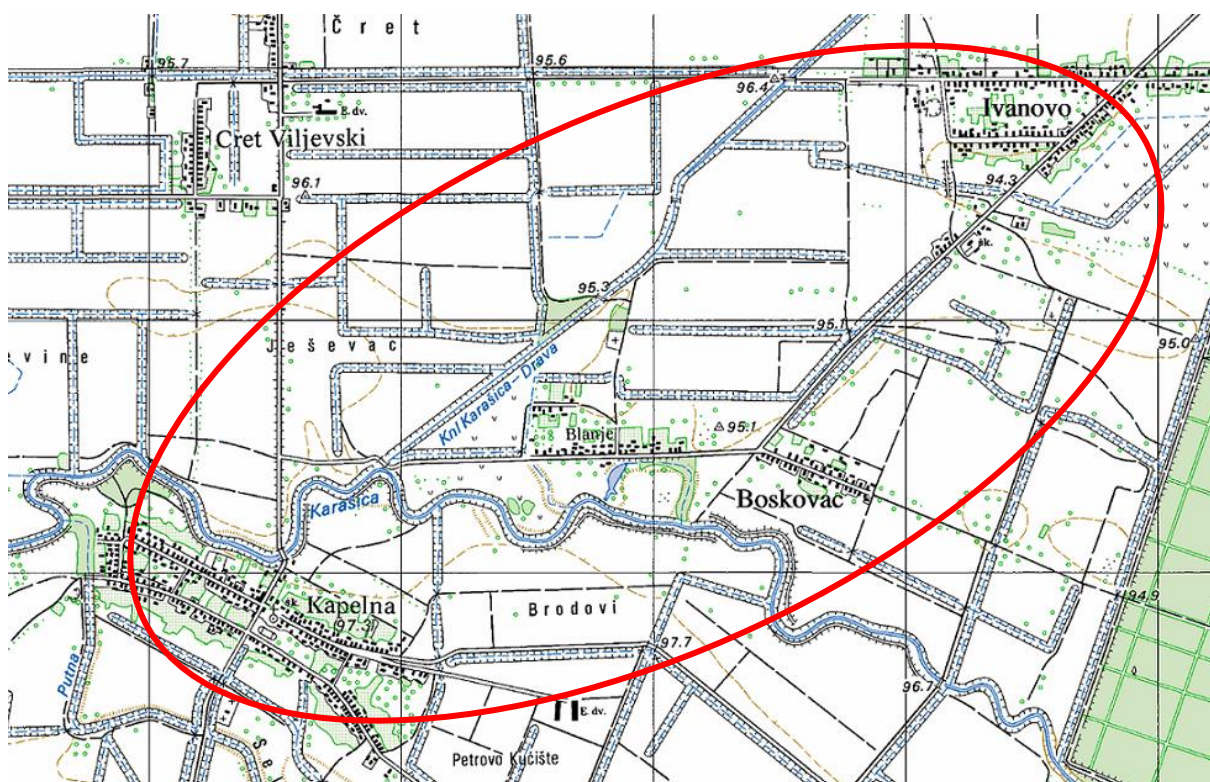
Tablica 8.3. Očekivane izlazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na izlazu iz kompaktnog SBR uređaja

<i>Vrsta onečišćenja</i>	<i>Očekivan efekt pročišćavanja (%)</i>	<i>Očekivane izlazne koncentracije (mg/l)</i>	<i>Zakonski kriteriji pročišćene vode (mg/l)</i>
BPK5	95	16,7	25
KPK5	85	100	125
ST	95	19,35	35

Iz priloženog se vidi da kompaktni SBR uređaj zadovoljava kriterij obrade komunalne otpadne vode za promatrano područje naselja Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo, prije ispuštanja u recipijent.

LOKACIJA UREĐAJA

Lokacija uređaja biti će ista kao i za varijantno rješenje A1.



Slika 8.8. Pregled naselja koja se spajaju na zajednički UPOV unutar varijante A.1. i A.2.
(Topografska karta)

8.4 VARIJANTA B

8.4.1 Osnovna koncepcija

Varijante B će se provesti kao zonski sustav koji uključuje tri podsustava:

- Kapelna (360 st.),
- Ivanovo (372 st.),
- Blanje i Bockovac (109 st.).

Svaki podsustav imati će svoj uređaj za pročišćavanje otpadnih voda koji će biti smješten na najpovoljnijem mjestu. Najpovoljnije mjesto izgradnje uključuje optimalnu izgradnju gravitacijske mreže s pripadajućim padovima i najmanjom potrebom izgradnji crpnih stanica, kao i neposredna blizina recipijenta. Osim navedenog faktora na izbor lokacije UPOV-a utječe i Prostorno planska dokumentacije Općine Viljevo, s propisanim građevinskim zemljištem, te relativna udaljenost naselja od uređaja radi sprječavanja širenja eventualnih neugodnih mirisa kao i blizina prometnice radi skraćanja izgradnje pristupnog puta. Kao mogući prijemnici za pročišćene otpadne vode, nudi se ispuštanje u rijeku Karašicu te ispuštanje u Kanal Karašica-Drava.

Varijanta B biti će podijeljena na dodatne dvije podvarijante koje će se odnositi na primjenu dva sustava za odvodnju promatranog područja; gravitacijska kanalizacija i vakuumska kanalizacija. Odabrana tehnologija obrade komunalne otpadne vode unutar ovog varijantnog rješenja biti će biljni uređaji za pročišćavanje komunalne otpadne vode. Umjetne močvare su usvojene u ovo varijantno rješenje zbog dobrih izlaznih rezultata efluenta kao i niske cijene izgradnje i održavanja uređaja.

- **Varijanta B.1.** – umjetna močvara (UM) + gravitacijska kanalizacija (GK)
- **Varijanta B.2.** – umjetna močvara (UM) + vakuumska kanalizacija (VK)

Svi tehnički crteži ove varijante biti će priloženi u nacrtima (Poglavlje 15.). Tehnički crteži uključuju položaje umjetnih močvara (UM) na situaciji promatranog područja za ovu varijantu te situaciju polaganja glavnog i priključnih krakova gravitacijske i vakuumske kanalizacije. Obije vrste kanalizacija imaju za cilj pratiti minimalne padove terena, te najkraćim putem što brže odvesti vodu od nastanka onečišćenja do uređaja za pročišćavanje otpadne vode. S toga će trase gravitacijske i vakuumske kanalizacije biti situacijski jednako položena te će usporedba sustava za odvodnju preko jediničnih cijena biti vjerodostojnija.

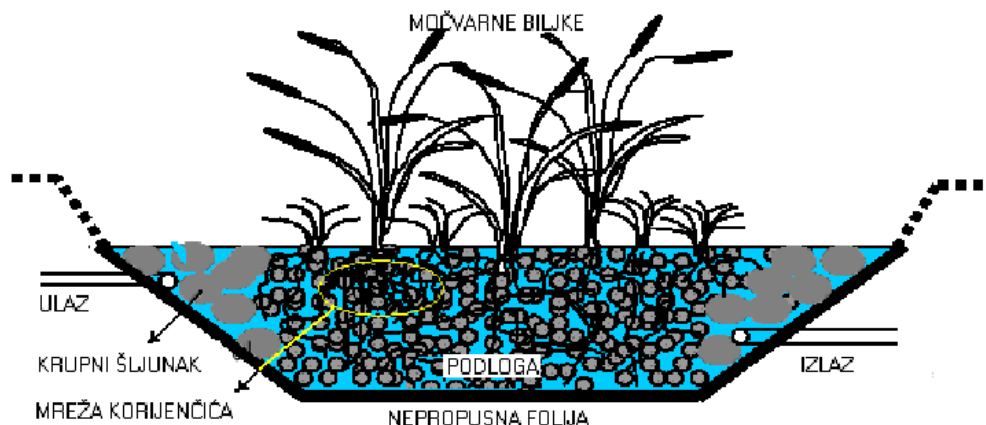
8.4.2 Biljni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (Umjetne močvare)

Biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda umjetno su oblikovane močvare koje za cilj imaju stvaranje uvjeta kojima se pospješuje pročišćavanje otpadnih voda koje kroz njih protječu. Unutar biljnih uređaja se primjenjuju procese koji se odvijaju u prirodnim vodnim sustavima, biljni uređaji predstavljaju složen integriran sustav u kojemu uz interakciju vode, biljaka, životinja, mikroorganizama i okolišnih faktora dolazi do poboljšanja kvalitete otpadne vode. Kombinacijom fizikalnih, bioloških i kemijskih procesa unutar biljnog uređaja odvija se uklanjanje otpadne tvari iz sirove otpadne vode (Tablica 8.4.). Biljni uređaji koriste se prvenstveno za pročišćavanje kućanskih (sanitarnih) otpadnih voda manjih naselja udaljenih od urbanih sredina. Karakterizira ih jednostavan rad, visoka učinkovitost pročišćavanja i relativno niski troškovi izgradnje, pogona i održavanja u odnosu na konvencionalne tehnologije pročišćavanja. Time se UM nameću kao kvalitetna i prihvatljiva rješenja pročišćavanja otpadnih voda. Njihovoj atraktivnosti dodatno pridonose estetske i ekološke vrijednosti. (Malus, D., Vouk, D., 2012.)

Tablica 8.4. Pregled mehanizama uklanjanja onečišćenja unutar biljnog uređaja, UM (Šperac, M. i sur., 2013.)

tvori sadržane u otpadnoj vodi	mehanizmi uklanjanja
Ukupne suspendirane tvari	Sedimentacija i filtracija
Organske tvari (mjerene kao BPK)	Biološka degradacija i sedimentacija
Organski zagađivači (npr. pesticidi)	Adsorpcija, isparavanje, fotoliza (biološka i nebiološka degradacija)
Dušik	Sedimentacija, nitrifikacija/denitrifikacija, mikrobiološka razgradnja
Fosfor	Sedimentacija, filtracija, adsorpcija biljkama i mikroorganizmima
Metali	Sedimentacija, adsorpcija biljkama, mikrobiološki oksidacijsko/redukcijski procesi
Patogeni	Sedimentacija, filtracija, prirodno odumiranje, UV zračenje, antibiotsko djelovanje iz korijana biljke

Umjetne močvare se prema protoku vode kroz uređaj dijele na sustav s vertikalnom protokom i sustav s horizontalnom protokom, te na površinske i podpovršinske umjetne močvare. Površinske umjetne močvare karakterizira izloženost atmosfere i atmosferskim prilikama površinske vode koja prolazi sustavom. UM s površinskim tokom vode sastoji se od plitkog bazena s vodom, tlom ili drugim medijem koji služi za rast ukorijenjenih močvarnih biljaka. Ovi sustavi za pročišćavanje otpadne vode izgledaju kao prirodne močvare, a izgradnjom postaju staništa za brojne biljne i životinjske vrste. Blizu površinskog sloja vode odvijaju se aerobni procesi, dok se u dubljoj vodi i podlozi uglavnom odvijaju anaerobni procesi.



Slika 8.9. Klasični podpovršinski biljni uređaj, UM (Šperac, M. i sur., 2013.)

„Kod podpovršinskog uređaja prolaz vode vrši se kroz granulat (kameni materijal ili zemlja) i nije izložen atmosferi. Podpovršinski biljni uređaj sastoji se od jednog ili više međusobno povezanih bazena ukopanih u tlo i obloženih nepropusnom folijom. Bazeni su ispunjeni supstratom od šljunka, pijeska ili nekog sličnog medija kroz koji voda prolazi bez dodira s atmosferom (Slika 8.8.). Prednost ovog tipa je neovisnost o klimatskim uvjetima, odsustvo neugodnih mirisa i insekata i vrlo se lijepo uklapa u okoliš kao zasebno formiran ekosustav. Prema načinu protoka vode kroz sustav, podpovršinski uređaj može biti horizontalni ili vertikalni.“ (Šperac, M. i sur., 2013.)

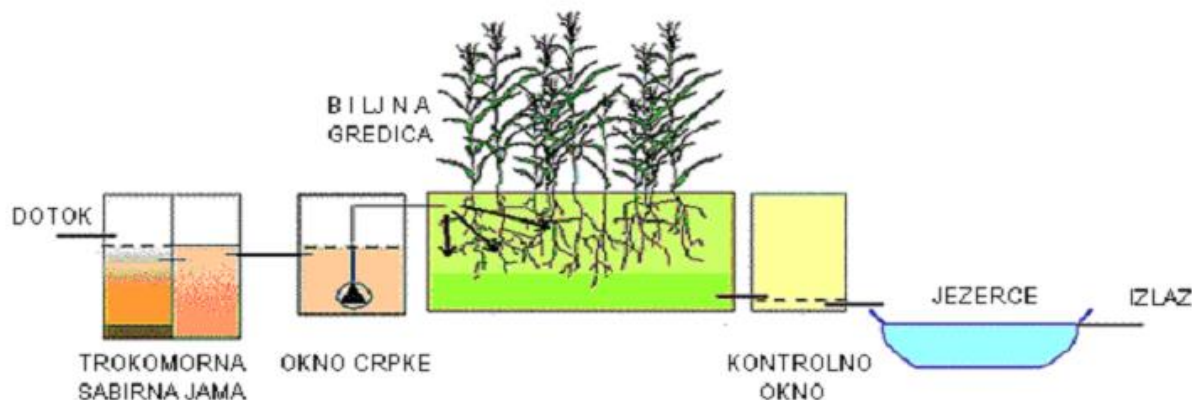
Karakteristike potpovršinskih tipskih biljnih uređaja prikazane su u tablici 8.5.

Tablica 8.5. Karakteristike tipskih biljnih uređaja, UM

(<http://www.proton.hr/wp-content/uploads/2009/02/vegepro.pdf>)

	HORIZONTALNO STRUJANJE	VERTIKALNO STRUJANJE	KOMBINIRANO STRUJANJE
Prethodno pročišćavanje:	Trokomorna sabirna jama	Trokomorna sabirna jama	Trokomorna sabirna jama
Potreba električne energije:	NE	DA, za pogon crpke	DA, za pogon crpke
Dubina biljne grede:	70 cm	Do 1,20 m	Do 1,00 m
Sigurnost pogona:	Potpuna sigurnost	Mogući ispadi kod nestručnog rukovanja	Veća sigurnost nego kod vertikalnog strujanja
Efikasnost pročišćavanja:	Vrlo dobra (90-95%)	Dobra (80-95%), povećana vrijednost nitratnih spojeva (N)	Izvrсни – s djelomičnim povratom pročišćene otpadne vode (> 95%)

Pravilan izbor vrste biljaka koje će se posaditi u umjetnim močvarama je vrlo važan budući da o tome ovisi hoće li iste biti pogodne za rast i ubrzavanje aktivnosti mikroorganizama te da li će održati ujednačenu temperaturu tla i svojim sustavom korijenja djelovati protiv začepljenja tla. Pročišćena otpadna voda odvodi se sustavom drenažnih cijevi preko izlaznog kontrolno-mjernog okna u recipijent (Slika 8.10.).



Slika 8.10. Shematski prikaz podzemnog biljnog uređaja za pročišćavanje kućanskih otpadnih voda (<http://www.proton.hr/wp-content/uploads/2009/02/vegepro.pdf>)

Sukladno smjernicama ATV A 262 potrebna površina koju zauzima biljni s horizontalnim strujanjem iznosi $5 \text{ m}^2/\text{ES}$, a za uređaje s vertikalnim strujanjem iznosi $4 \text{ m}^2/\text{ES}$. Omjer dužina/širina treba biti veći od 2:1.

Uvažavajući ove smjernice potrebna površina koju bi zauzimali biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda za promatrane podsustave (1. Kapelna, 2. Ivanovo, 3. Blanje i Bockovac) iznosio bi:

1) Kapelna: $360 \text{ ES} * 5 \text{ m}^2/\text{ES} = 1\,800 \text{ m}^2$ (65 m x 28 m)

2) Ivanovo: $372 \text{ ES} * 5 \text{ m}^2/\text{ES} = 1\,860 \text{ m}^2$ (65 m x 29 m)

3) Blanje i Bockovac: $109 \text{ ES} * 5 \text{ m}^2/\text{ES} = 545 \text{ m}^2$ (35 m x 16 m)

ANALIZA KVALITETE PROČIŠĆENE VODE (EFLUENTA):

Pretpostavljajući relativno jednoliki sastav, količinu i kakvoću ulaznih otpadnih voda na uređaj sa promatranih područja, sukladno literaturnim podatcima i uobičajenim vrijednostima iz prakse, očekivane ulazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na ulazu u uređaje za pročišćavanje otpadnih voda prikazane su za pojedine podsustave u tablici 8.6..

Podsustav Kapelna:

- Ukupni dotok otpadnih voda u promatrani podsustav odvodnje (Q_{st}):

$$Q_{st} = 360 \text{ st.} \times 120 \text{ l/st.} \cdot d = 43,2 \text{ m}^3/\text{dan} = 43\,200 \text{ l/dan}$$

- Ukupna infiltracija tuđih voda u podsustav odvodnje (Q_t):

$$Q_t = 50\% Q_{st} = 0,5 \times 43\ 200 \text{ l/dan} = 21\ 600 \text{ l/dan}$$

- Ukupno otpadne vode u podsustavu odvodnje naselja Kapelna (Q_{uk}):

$$Q_{uk} = Q_{st} + Q_t = \mathbf{64\ 800 \text{ l/dan}}$$

- Ukupno organsko opterećenje za promatrano područje prema BPK_5 :

$$360 \text{ st.} \times 0,06 \text{ kg/st. d} = \mathbf{21,6 \text{ kg } BPK_5 / d}$$

- Ukupna kemijska potrošnja kisika za promatrano područje, KPK_5 :

$$360 \text{ st.} \times 0,12 \text{ kg/st. d} = \mathbf{43,2 \text{ kg } KPK_5 / d}$$

- Ukupna količina suspendiranih čestica/tvari za promatrano područje (ST):

$$360 \text{ st.} \times 0,07 \text{ kg/st. d} = \mathbf{25,2 \text{ kg } ST / d}$$

Podsustav Ivanovo

- Ukupni dotok otpadnih voda u promatrani podsustav odvodnje (Q_{st}):

$$Q_{st} = 372 \text{ st.} \times 120 \text{ l/st. d} = 44,64 \text{ m}^3/\text{dan} = 44\ 640 \text{ l/dan}$$

- Ukupna infiltracija tuđih voda u podsustav odvodnje (Q_t):

$$Q_t = 50\% Q_{st} = 0,5 \times 44\ 640 \text{ l/dan} = 22\ 320 \text{ l/s}$$

- Ukupno otpadne vode u podsustavu odvodnje naselja Ivanovo (Q_{uk}):

$$Q_{uk} = Q_{st} + Q_t = \mathbf{66\ 960 \text{ l/s}}$$

- Ukupno organsko opterećenje za promatrano područje prema BPK_5 :

$$372 \text{ st.} \times 0,06 \text{ kg/st. d} = \mathbf{22,32 \text{ kg } BPK_5 / d}$$

- Ukupna kemijska potrošnja kisika za promatrano područje, KPK_5 :

$$372 \text{ st.} \times 0,12 \text{ kg/st. d} = \mathbf{44,64 \text{ kg } KPK_5 / d}$$

- Ukupna količina suspendiranih čestica/tvari za promatrano područje (ST):

$$372 \text{ st.} \times 0,07 \text{ kg/st.} \text{ d} = \mathbf{26,04 \text{ kg ST / d}}$$

Podsustav Blanje i Bockovac

- Ukupni dotok otpadnih voda u promatrani podsustav odvodnje (Q_{st}):

$$Q_{st} = 109 \text{ st.} \times 120 \text{ l/st.} \text{ d} = 13,08 \text{ m}^3/\text{dan} = 13\,080 \text{ l/dan}$$

- Ukupna infiltracija tuđih voda u podsustav odvodnje (Q_t):

$$Q_t = 50\% Q_{st} = 0,5 \times 13\,080 \text{ l/dan} = 6\,540 \text{ l/dan}$$

- Ukupno otpadne vode u podsustavu odvodnje naselja Blanje i Bockovac (Q_{uk}):

$$Q_{uk} = Q_{st} + Q_t = \mathbf{19\,620 \text{ l/s}}$$

- Ukupno organsko opterećenje za promatrano područje prema BPK_5 :

$$109 \text{ st.} \times 0,06 \text{ kg/st.} \text{ d} = \mathbf{6,54 \text{ kg BPK}_5 \text{ / d}}$$

- Ukupna kemijska potrošnja kisika za promatrano područje, KPK_5 :

$$109 \text{ st.} \times 0,12 \text{ kg/st.} \text{ d} = \mathbf{13,08 \text{ kg KPK}_5 \text{ / d}}$$

- Ukupna količina suspendiranih čestica/tvari za promatrano područje (ST):

$$109 \text{ st.} \times 0,07 \text{ kg/st.} \text{ d} = \mathbf{7,63 \text{ kg ST / d}}$$

Tablica 8.6. Očekivane ulazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na ulazu u biljne uređaje

<i>Vrsta onečišćenja</i>	<i>Očekivane ulazne koncentracije (mg/l) za promatrane podsustave</i>
<i>BPK₅</i>	334
<i>KPK₅</i>	667
<i>ST</i>	387

Očekivano pročišćavanje za ovaj tip uređaja prikazat će se u tablici 8.7., kao i očekivani minimalni rezultati pročišćenih otpadnih voda na izlazu iz uređaja. Vrijednosti će se

usporediti s zahtijevanom kvalitetom pročišćene otpadne vode koja se s uređaja ispušta u recipijent, a mora zadovoljiti zakonski postavljene kriterije.

Tablica 8.7. Očekivane izlazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na izlazu iz BU za podsustav Ivanovo

<i>Vrsta onečišćenja</i>	<i>Očekivan efekt pročišćavanja (%)</i>	<i>Očekivane minimalne izlazne koncentracije (mg/l)</i>	<i>Zakonski kriteriji pročišćene vode (mg/l)</i>
<i>BPK5</i>	95	17	25
<i>KPK5</i>	90	67	125
<i>ST</i>	95	20	35

Iz priloženog se vidi da biljni uređaj zadovoljava kriterij obrade komunalne otpadne vode za promatrane podsustave.

LOKACIJA UREĐAJA

Podsustav Kapelna

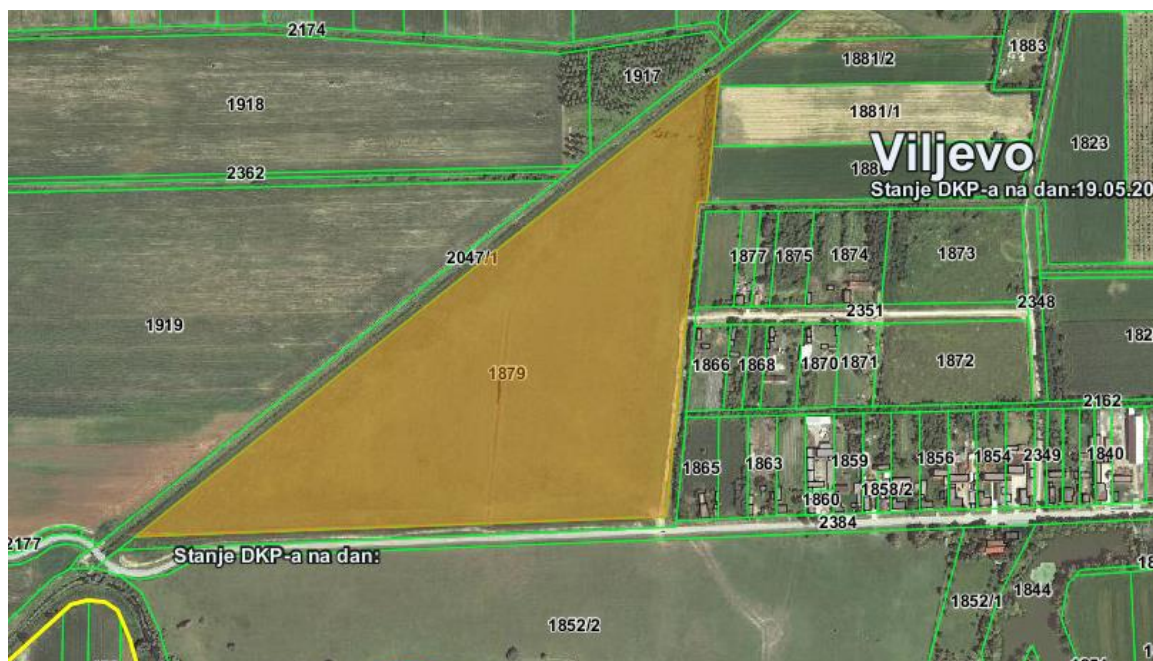
S obzirom da prostornim planom nije definirana lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, kao rješenje odabrana je najpovoljnija lokacija UPOV-a na k.č. 1994. Lokacija je usvojena nakon detaljne analize terena, polaganja cjevovoda te ranije navedenih faktora koji utječu na odabir lokacije (ruža vjetrova, pristupna cesta, udaljenost od naselja i dr.). Katastarska čestica 1994 locirana je sjeverno od naselja Kapelna, a upisana u katastarsku općinu Viljevo, s ispuštanjem efluenta u rijeku Karašicu (Slika 8.11.) Kako površina uređaja neće zauzimati cijelu katastarsku česticu (potrebna površina cca. 2200 m² računajući i pristupnu cestu), potrebno je izvršiti parcelizaciju iste. Konkretn položaj uređaja za pročišćavanja s pristupnom cestom biti će prikazan u nacrtima za varijantno rješenje B.



Slika 8.11. Prikaz predviđene lokacije UPOV-a s katastarskom česticom za naselje Kapelna, varijante B na digitalnoj ortofoto karti (<http://geoportal.dgu.hr/viewer/?baselayer=DOF>)

Podsustav Blanje i Bockovac

S obzirom da prostornim planom nije definirana lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, kao rješenje odabrana je najpovoljnija lokacija UPOV-a na k.č. 1879. Lokacija je usvojena nakon detaljne analize terena, polaganja cjevovoda te ranije navedenih faktora koji utječu na odabir lokacije (ruža vjetrova, pristupna cesta, udaljenost od naselja i dr.). Katastarska čestica 1879 u vlasništvu je R. Hrvatske, a locirana je zapadno od naselja Blanje. Pripada u katastarsku općinu Viljevo, s ispuštanjem efluenta u kanal Karašica-Drava (Slika 8.12.). Kako površina uređaja neće zauzimati cijelu katastarsku česticu (potrebna površina cca. 700 m² računajući i pristupnu cestu), potrebno je izvršiti parcelizaciju iste. Konkretni položaj uređaja za pročišćavanja s pristupnom cestom biti će prikazan u nacrtima za varijantno rješenje B.



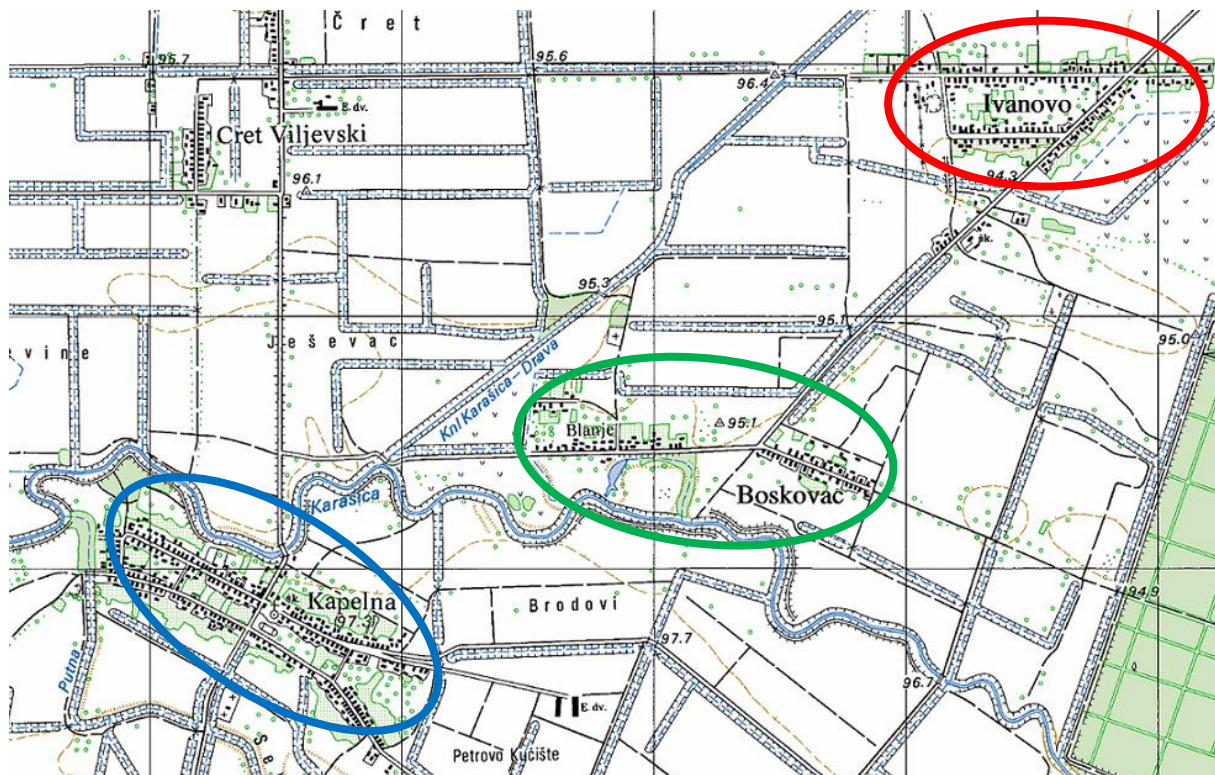
Slika 8.12. Prikaz predviđene lokacije UPOV-a s katastarskom česticom za naselja Blanje i Bockovac, varijante B na digitalnoj ortofoto karti (<http://geoportal.dgu.hr/viewer/?baselayer=DOF>)

Podsustav Ivanovo

S obzirom da prostornim planom nije definirana lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, kao rješenje odabrana je najpovoljnija lokacija UPOV-a na k.č. 3581. Lokacija je usvojena nakon detaljne analize terena, polaganja cjevovoda te ranije navedenih faktora koji utječu na odabir lokacije (ruža vjetrova, pristupna cesta, udaljenost od naselja i dr.). Katastarska čestica 3581, locirana je zapadno od naselja Ivanovo. Pripada u katastarsku općinu Donji Miholjac, s predviđenim ispuštanjem efluenta u Kanal Karašica-Drava (Slika 8.13.). Kako površina uređaja neće zauzimati cijelu katastarsku česticu (potrebna površina cca. 2200 m² računajući i pristupnu cestu), potrebno je izvršiti parcelizaciju iste. Konkretni položaj uređaja za pročišćavanja s pristupnom cestom biti će prikazan u nacrtima za varijantno rješenje B.



Slika 8.13. Prikaz predviđene lokacije UPOV-a s katastarskom česticom za naselje Ivanovo, varijanta B na digitalnoj ortofoto karti (<http://geoportal.dgu.hr/viewer/?baselayer=DOF>)



Slika 8.14. Pregled naselja po podsustavima koji spadaju u varijantu B (Topografska karta)

8.5 VARIJANTA C

8.5.1 Osnovna koncepcija

Unutar varijante C analizirat će se primjena OST sustava (eng. On-Site Treatment) kao alternativna rješenja koje karakterizira ispuštanje pročišćene otpadnih voda na mjestu nastanka onečišćenja, uz kuću ili objekt manjih privrednih subjekata. Kod ovih sustava tlo se koristi kao medij za primanje pročišćene otpadne vode najčešće primjenom drenskih cijevi za ispuštanje vode do vodonosnih slojeva. Takav sustav predstavlja individualno rješenje, kod kojih svako kućanstvo (ili više njih) i ostali objekti (obrazovne i zdravstvene ustanove i sl.) imaju vlastiti sustav prikupljanja i čišćenja otpadne vode. OST sustavi kao postupak pročišćavanja otpadnih voda u okviru prakse razvijenih zemalja uspješno se primjenjuju već više desetljeća.

Kod ovih sustava nema potrebe za provođenjem kanalizacijskih cijevi, potreban je samo priključak iz kućanstva do OST jedinice. Na jednu OST jedinicu moguće je priključiti više kućanstva, što uvelike snižava cijenu izgradnje cijelog sustava, uz mogućnost rješavanja imovinsko-pravnih odnosa. Razlikuje se nekoliko osnovnih tipova OST sustava, a unutar varijante C obradit će se kao podvarijante neki od najprimjenjivijih u svjetskoj praksi.

- **Varijanta C.1.** – Pješčani filtri (PF)
- **Varijanta C.2.** – Bioeracijske jedinice (BJSBR)
- **Varijanta C.3.** – Aerobno-anaerobni uređaj

Svi tehnički crteži ove varijante biti će priloženi u nacrtima (Poglavlje 13.). Tehnički crteži uključuju položaje OST jedinica na situaciji promatranog područja za ovu varijantu. Odnosno svako će naselje (Krunoslavje, Ivanovo, Bockockovac i Blanje) biti posebno prikazano s raspodjelom OST jedinica po kućanstvima.

8.5.2 OST sustavi

OST sustavi su nastali iz potrebe optimalizacije pročišćavanja otpadnih voda vikend naselja, odmarališta i hotela koji su dislocirani od urbanih sredina. Njihova primjena se može naći i u rješavanju problema pročišćavanja otpadne vode u manjim ruralnim naseljima u Hrvatskoj (kao što su promatrana naselja, posebno Blanje i Bockovac).

Učinkovitost i funkcionalnost OST sustava se osigurava primarnim pročišćavanjem koje se odvija u septičkom tanku. U tanku se odvajaju krupne i plivajuće čestice te se odvija djelomična anaerobna razgradnja organske tvari. Vrijeme zadržavanja otpadne vode u septičkom tanku je relativno kratko te iznosi 24 – 48 sati. Otpadne vode koje izlaze iz tanka sadrže znatne koncentracije štetnih tvari. Takve vode predstavljaju potencijalnu opasnost za ljudsko zdravlje i njegovu okolinu. Iz tog razloga prije ispuštanja kućanske otpadne vode u tlo potrebno je osigurati određenu razinu kakvoće.

Primjena klasičnih OST sustava često je ograničena slobodnim prostorom za izgradnju, razinom podzemne vode, sastavom tla i sl. Razvojem suvremenih OST sustava (pješčani filtri s povratnim tokom, bioaeracijske jedinice i aerobno-anaerobni uređaji) proširuje se područje upotrebe i postiže se bolja učinkovitost pročišćavanja sanitarnih otpadnih voda. Nedostatak suvremenih OST sustava su povećani troškovi pogona i održavanja (crpke, aeratori), ali se troškovi mogu smanjiti spajanjem jednog uređaja na više kućanstava. (Vouk, D., Malus, D., 2007.)

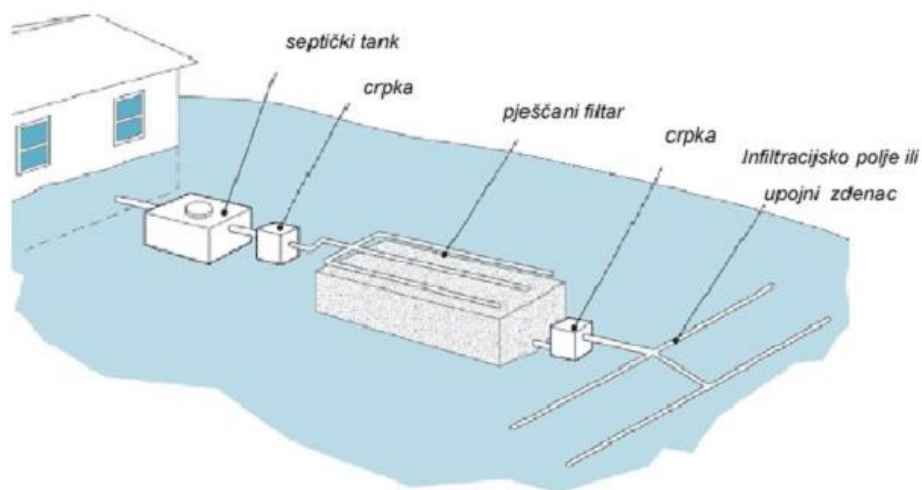
8.5.3 Pješčani filtri (PF)

Pješčani filtri svojim oblikom i načinom rada predstavljaju modificiran i suvremen oblik infiltracijskih polja (IP) koji predstavlja klasičan oblik OST sustava, baziran na primarnom pročišćavanju u septičkom tanku i daljnjem procjeđivanju otpadnih voda kroz filtarski sloj te dublje slojeve tla do vodonosnika. U odnosu na infiltracijska polja, pješčani filtri zahtijevaju manje prostora uz povećani stupanj pročišćavanja, sa nešto povećanim troškovima izgradnje. Unutar sustava pješčanih filtra dominiraju fizikalni i biološki procesi, te se time svrstavaju u grupu postupaka drugog stupnja pročišćavanja otpadnih voda.

Kao što je ranije spomenuto mehanizam čišćenja sličan je kao i kod IP-a s razlikom da ulogu filtarskog sloja preuzima pješčana ispuna debljine 60-90 cm. Bitno svojstvo PF-a je i mogućnost povezivanja više kućanstava na zajednički sustav.

Dva tipa pješčanih filtra se ističu svojom primjenom u praksi, a međusobno se razlikuju u odnosu na tok otpadne vode kroz sustav – jednosmjerni PF i PF s povratnim tokom. (Vouk, D., 2009.)

Za promatrana područja kao podvarijantno rješenje usvojiti će se jednosmjerni PF koji zadovoljavaju uvjete pročišćavanja otpadne vode.



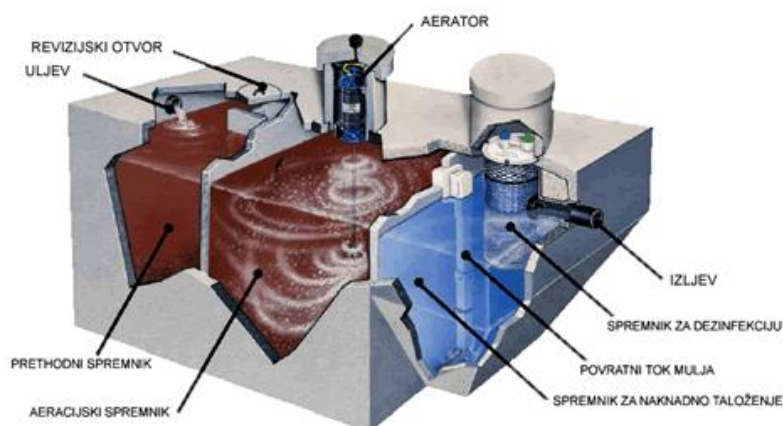
Slika 8.15. Shematski prikaz čišćenja otpadne vode pješčanim filtrom (Vouk, D., 2009.)

Potrebno je napomenuti da PF kao i ostali OST uređaji daje rezultate pročišćavanja otpadnih voda (efluenta) bolje nego što je zadano zakonskim kriterijima pročišćavanja. Kako se sustav odnosi na jedno ili više (do četiri) kućanstava, nema potrebe za dodatnim računom opterećenja i analizom očekivanih rezultata efluenta.

8.5.4 Bioeracijske jedinice (BJSBR)

Rad bioeracijske jedinice prvenstveno se bazira na aerobnoj razgradnji organske tvari uz osigurano prethodno čišćenje. Princip je sličan konvencionalnom postupku pročišćavanja s aktivnim muljem, ali u znatno manjem mjerilu. Novi modeli rade na principu malih SBR uređaja. U odnosu na većinu ostalih OST sustava kod bioeracijske jedinice se ostvaruje brža i učinkovitija razgradnja organske tvari i uklanjanje patogenih mikroorganizama. Na tržištu postoje kompaktne BJ-e, podijeljene u više komora od kojih je prva uljevna i preuzima ulogu septičkog tanka.

Izbistrena voda ulazi u aeracijski spremnik u kojem su raspršeni aerobni mikroorganizmi. Spremnik se dodatno obogaćuje kisikom pomoću aeratora (uronjeni raspršivač) ili mehaničkim prozračivanjem. Iz aeracijskog spremnika voda ulazi u spremnik za naknadno taloženje iz kojeg se direktno izljeva u otvorene vodotoke ili se procjeđuje putem infiltracijskih polja direktno u podzemlje. Dio istaloženog aktivnog mulja (aktivan dio mase mikroorganizama) vraća se u aeracijski spremnik kako bi daljnje potpomogao razgradnji organske tvari. Postoji mogućnost ugradnje dodatnih elemenata za dezinfekciju otpadne vode, kao što je: kloriranje, UV zračenje, ozonizacija i sl. (Vouk, D., 2009.)



Slika 8.16. Bioaeracijske jedinica – klasični postupak s aktivnim muljem

(<http://www.webgradnja.hr/clanci/bioloski-prociscivaci-otpadnih-voda-klasichni-oblici-bp/294/>)

Specifičnost nove generacije ovih uređaja je u minimalnoj potrošnji energije, lakoći održavanja te mogućnosti nadogradnje BJSBR jedinice u slučaju povećanja opterećenja ES.

8.5.5 Aerobno-anaerobni uređaji

Ova vrsta uređaja za pročišćavanja jedna je od novijih tehnologija na tržištu te se izdvaja jednostavnošću tehnologije, malim troškovima izgradnje i održavanja, kao i malim volumenom kojeg zauzima. Upotrebljava se za biološko pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda obiteljskih kuća, manjih tvornica i hotela. Kako aerobno-anaerobni sustava dolaze kao tipski, veličina opterećenja koju može preuzeti očituje se u nazivnom promjeru modularnog tipa uređaja, a može se kretati od 3 – 1000 ES. Za promatrane podsustave, te ovo varijantno rješenje, u obzir će se uzeti aerobno-anaerobni uređaji koji primaju opterećenja od 3 – 25 ES, što ostavlja mogućnost spajanja više kućanstava na jedan uređaj.

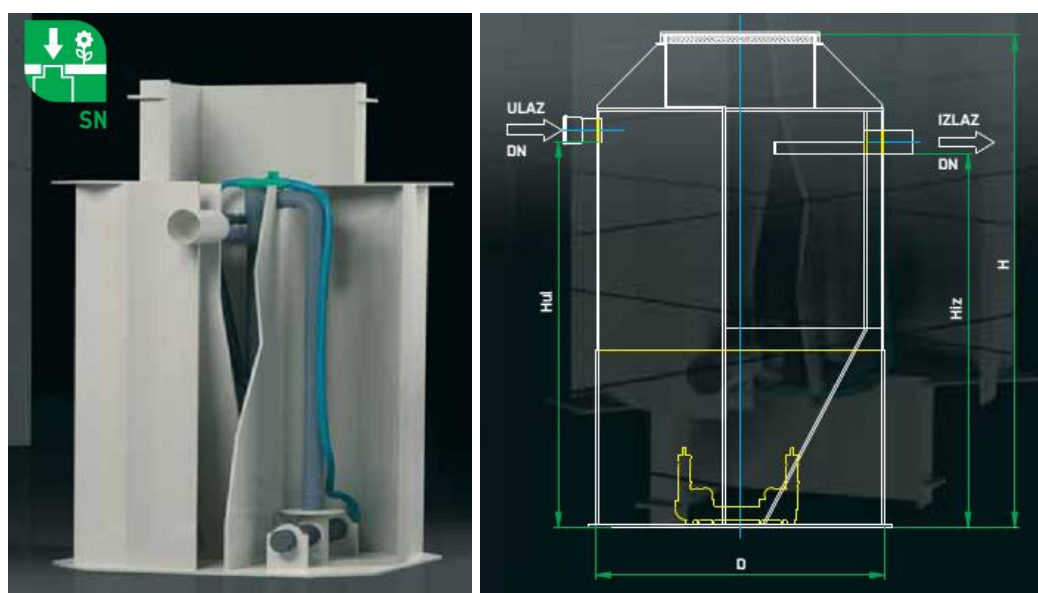
Standardni aerobno-anaerobni uređaj se sastoji od:

- spremnika uređaja za pročišćavanje otpadne vode,
- niskotlačnog puhalo zraka,
- potopljenih aeratora,
- elektro upravljačkog ormarića.

Ovo je je biološki dvostupanjski uređaj. U prvom, anaerobnom stupnju, organska tvar iz ulazne otpadne vode u kontaktu s anaerobnim vrstama mikroorganizama razgrađuje se uz

nastajanje anaerobne biomase i bioplina. Učinak pročišćavanja ulazne otpadne vode u ovom stupnju je oko 65- 70 % (kao KPK) i oko 90- 95% (kao BPK₅). U drugom, aerobnom stupnju, ostatak organske tvari iz otpadne vode u kontaktu s aerobnim vrstama mikroorganizama i uz dovođenje kisika iz zraka, razgrađuje se uz nastajanje aerobne biomase.

Princip rada aerobno-anaerobnog uređaja je da otpadna voda unutar sustava gravitacijski dolazi do uređaja od potrošača te ulazi u primarni taložnik, koji ujedno služi i kao spremnik za višak aktivnog mulja. Plivajuće i sedimentirajuće čestice se zadržavaju u tom dijelu. Mehanički pročišćena voda odlazi u dio sa aktivnim muljem, gdje se otpadna voda mikrobiološki pročišćava. Razdvajanje aktivnog mulja od pročišćene otpadne vode odvaja se u sekundarnom taložniku. Aktivni mulj pada na dno spremnika a sloj pročišćene vode izlazi iz uređaja direktno u recipijent ili se procjeđuje putem infiltracijskih polja direktno u podzemlje. Zgusnuti aktivni mulj se vraća u dio za aktivaciju a višak mulja se prebacuje u primarni taložnik. Uklanjanje nakupljenog mulja u pravilu se vrši dva puta godišnje i u slučaju kada uređaj neće biti korišten duže od tri mjeseca.



Slika 8.17. Aerobno-anaerobni uređaj sa prikazom sheme u kontejnerskoj izvedbi za veličinu opterećenja od 3 – 25 ES (<http://www.bor-plastika.hr/wp-content/uploads/katalog2013HR.pdf>)

Količina onečišćenja efluenta na izlazu iz uređaja je u skladu s zakonskim kriterijima pročišćavanja, a zajamčeni izlazni parametri su:

- BPK₅ 25 mg/l
- KPK 100 mg/l
- ST 25 mg/l

NAPOMENA:

Unutar ove varijante važan je podatak prosječnog broja stanovnika po kućanstvu, kako bi se mogao odrediti optimalan broj spojenih kućanstava na pojedinu jединicu. Ovo važi za sve obrađene tehnologije OST sustava.

Kako je u ranijem dijelu rada (poglavlje 5.1.2.) obrađen podatak prosječnog broja stanovnika po kućanstvu za Općinu Viljevo, isti broj se usvaja i za promatrano područje četiri naselja unutar općine (Krunoslavlje, Ivanovo, Blanje i Bockovac).

Prosječan broj stanovnika po kućanstvu koji će se koristiti za dimenzioniranje i postavljanje sustava su tri stanovnika. Što daje ukupnu mogućnost za spajanje do osam zajedničkih kućanstava. Kako je ova brojka prevelika za spajanje na jedan sustav, u obzir će se uzeti maksimalno spajanje do 4 kućanstva na jednu OST јединicu unutar varijante C, kao prijedlog tehničkog rješenja za ovaj sustav pročišćavanja otpadnih voda.

LOKACIJA UREĐAJA

Uređaji će biti locirani na najpogodnijem mjestu za postavljanje i spajanje kućanstava, kako bi se gravitacijski voda direktno mogla odvesti na OST јединicu. U sklopu ove varijante, a za potrebe diplomskog rada broj OST uređaja će se odrediti tako da će se pretpostaviti prosječno spajanje od dva kućanstva na jedan uređaj. Zbog pojedinih kuća dislociranih od naselja i okolnih priključaka, te mogućih problema oko imovinsko pravnih odnosa.



Slika 8.18. Shematski prikaz spoja dva kućanstva na OST sustav u naselju Kapelna
(<http://geoportal.dgu.hr/viewer/?baselayer=DOF>)

8.6 VARIJANTA D

Varijante D se ostavlja kao mogućnost kombinacije pojedinih tehnoloških rješenja prijašnjih varijanti, u vidu odabira optimalnih ekonomsko-tehnoloških rješenja za promatrano područje. Kako je za postavljanje i usvajanje ove varijante potrebna detaljna analiza prethodnih varijantnih rješenja koje slijedi u daljnjem radu, varijanta D će se moći postaviti ili odbaciti tek na kraju završne tehničko-ekonomske analize.

9. HIDRAULIČKI PRORAČUN

Unutar hidrauličkog proračuna proći će se kroz sve mjerodavne račune, kako bi se utvrdila točnost pretpostavljenih varijantnih rješenja. Proračunom će se utvrditi prosječne dubine polaganja kanalizacijskih cjevovoda, potrebni promjeri kanalizacijskih cijevi te broj i snaga potrebnih precrpnih stanica.

Osim ručno, hidraulika vezana za varijantna rješenja u koje je uključena klasična odvodnja (gravitacijska kanalizacija s pripadajućim tlačnim vodovima), biti će provedena kroz programski paket SWMM. Za potrebe ovog rada korišten je Storm water management model Version 5,1 (SWMM) koji je razvijen uz pomoć USEPA (The United States Environmental Protection Agency). SWMM paket je sveobuhvatan matematički model za simulaciju otjecanja oborina i sanitarno-fekalnih otpadnih voda u urbanim područjima. Programski model je potpuno besplatan alat, dostupan na internetu.

(www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/swmm.html)

NAPOMENA:

Hidraulički proračun neće biti vršen za sve varijante, kako su neke iste po primijenjenom načinu prikupljanja i odvodnje otpadnih voda do UPOV-a. Razlika u tim varijantama je u različitoj tehnologiji predloženoj za samo pročišćavanje otpadnih voda (npr. varijanta A.1. i A.2.). Osim toga varijanta C ne iziskuje hidrauličke proračune, kako se otpadna voda pročišćava na mjestu nastanka, a kućanstva se gravitacijski direktno priključuju na OST uređaje.

Varijantna rješenja sa vakuumskom kanalizacijom također neće ulaziti u proračun, već će se usvojiti najmanji profili vakuumske kanalizacije (65 do 90 mm) zbog malih količina otpadnih voda na promatranom području, dok će se vakuumske crpne stanice definirati dužinom kanalizacijskog sustava (ovisno o varijanti) te kroz cijenu po jediničnom metru cjevovoda.

9.1 GRAVITACIJSKA KANALIZACIJA CENTRALIZIRANOG SUSTAVA

Varijantna rješenja u koja spada centraliziran sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda promatranog područja od četiri naselja (Kapelna, Blanje, Bockovac, Ivanovo) su varijanta A.1.1. i A.2.1. Stoga će se daljnji hidraulički proračun odnositi na ta varijantna rješenja. Proračun će se vršiti posebno za svako naselje, računajući i tranzitne vode koje će se preko precrpnih stanica prebacivati iz jednog naselja u drugo, sve do uređaja za pročišćavanje.

9.1.1 Naselje Kapelna

Naselje Kapelna broji 360 stanovnika (uključena i opterećenje industrije preračunato u ES) za predviđeni period do 2035. godine. Unutar naselja postoje dva podsliva s dvije crpne stanice: CS „Kapelna1“ i CS „Kapelna2“.

CS „Kapelna1“ prima otpadne vode cijelog naselja te se tlačnim vodom od nje otpadna sanitarna voda odvodi na uređaj za pročišćavanje. Gravitacijski sustav za prikupljanje otpadnih voda dimenzionira se na način da je predviđen broj stanovnika po kućanstvu tri, te sva kućanstva koja se spajaju na krakove koji vode do predviđenih crpnih stanica biti će opterećeni određenom potrošnjom vode za promatrano područje i množeni koeficijentima preporučenim iz literature.

SPECIFIČNA DNEVNA POTROŠNJA VODE:

Specifična potrošnja vode ranije je izračunata kao ulazni podatak za promatrano područje, ali će se u ovom dijelu ponovno proći i kroz taj proračun kako bi se dobio cjelokupan uvid u proračun referentnih protoka unutar kanalizacijske mreže.

$$Q_K = q_{\text{spec}} \cdot K \quad (5)$$

gdje je:

K - koeficijent umanjenja (obično se uzima vrijednost 0.8 za manje naseljena područja),

q - specifična potrošnja vode.

Specifična potrošnja promatranog područja ranije je definirana te iznosi 150 l/dan/st.

$$Q_K = 150 \cdot 0,8 = 120 \text{ l/dan/st}$$

SREDNJI DNEVNI PROTOK

$$Q_{\text{SR, DN}} = Q_K \cdot M \quad (6)$$

gdje je:

M – mjerodavan broj stanovnika (za naselje Kapelna 360 stanovnika).

$$Q_{SR,DN} = 120 \cdot 360 = 43200 \text{ l/dan} = 43,20 \text{ m}^3/\text{dan}$$

MAKSIMALNI DNEVNI I SATNI PROTOK (sušni i kišni režim)

Količina vode koja će se transportirati cjevovodima do crpne stanice i od crpne stanice do UPOV-a ima dva moguća režima, sušni i kišni. Iz tog razloga treba izračunati maksimalni dnevni i satni protok. Maksimalni protok za sušni period određuje se iz jednadžbe:

$$Q_{MAX}^{DNE,suš} = Q_{DNE,sred} \cdot K_{DN} \quad - \text{ max dnevni sušni režim} \quad (7)$$

$$Q_{MAX}^{SAT,suš} = \frac{Q_{MAX}^{DNE,suš}}{24} \cdot K_{SN} \quad - \text{ max satni sušni režim} \quad (8)$$

gdje je:

K_{DN} – koeficijent dnevne neravnomjernosti (za manja naselja do 10.000 stanovnika preporučena vrijednost je $K_{DN}=1,5$),

K_{SN} – koeficijent satne neravnomjernosti (za manja naselja do 10.000 stanovnika preporučena vrijednost je $K_{SN}=1,8$).

$$Q_{MAX}^{DNE,suš} = 43,20 \cdot 1,5 = 64,8 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$Q_{MAX}^{SAT,suš} = \frac{64,80}{24} \cdot 1,8 = 4,86 \text{ m}^3/\text{h}$$

Iz dobivenih vrijednosti maksimalni protok za kišni period određuje se po jednadžbi:

$$Q_{MAX}^{SAT,kiš} = Q_{MAX}^{SAT,suš} + \frac{Q_{DNE,srednji}}{24} \quad (9)$$

$$Q_{MAX}^{SAT,kiš} = 4,86 + \frac{43,2}{24} = 6,66 \text{ m}^3/\text{h} = 1,85 \text{ l/s}$$

PRILJEVNO PODRUČJE C.S. „KAPELNA2“

Planirani broj stanovnika za ovo područje koje gravitira C.S. „Kapelna2“ iznosi 150 stanovnika (uključena planirana i postojeća industrija).

Srednji dnevni dotok otpadnih voda stanovništva i industrije promatranog područja:

$$Q_{SR,DN} = 120 \times 150 / 1000 = 18 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Srednji dnevni dotok tuđih voda:

$$Q_{TU} = 0,5 \times 18 = 9 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Maksimalni satni dotok promatranog podsliva naselja Kapelna računatog po formuli (9) za kišno razdoblje:

$$Q_{MAX,sat,suš} = 0,5625 \text{ l/s}$$

$$Q_{MAX,sat} = 0,77 \text{ l/s}$$

PRILJEVNO PODRUČJE C.S. „KAPELNA1“

Planirani broj stanovnika za ovo područje koje gravitira C.S. „Kapelna1“ iznosi 210 stanovnika (uključena planirana i postojeća industrija).

Srednji dnevni dotok otpadnih voda stanovništva i industrije promatranog područja:

$$Q_{SR,DN} = 120 \times 210 / 1000 = 25,2 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Srednji dnevni dotok tuđih voda:

$$Q_{TU} = 0,5 \times 25,2 = 12,6 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Maksimalni satni dotok promatranog podsliva naselja Kapelna računatog po formuli (9) za kišno razdoblje:

$$Q_{MAX,sat,suš} = 0,78 \text{ l/s}$$

$$Q_{MAX,sat} = 2,62 \text{ m}^3/\text{dan} = 1,07 \text{ l/s}$$

GRAVITACIJSKA KANALIZACIJSKA MREŽA

Za gravitacijsku mrežu promatranog podslivnog područja, došlo se do maksimalnog satnog dotoka u sustavu od 1,85 l/s. Ova vrijednost zadovoljava primjenu minimalnih profila gravitacijske kanalizacije ϕ 250 mm, položenih s minimalnim dozvoljenim padom od 2,5 ‰. Protok pune cijevi promjera ϕ 250 iznosi $Q=30,0$ l/s, dok je brzina pune cijevi $v=0,61$ m/s, usvajanjem minimalne vrijednosti ostavlja se dovoljna količina sigurnosti rada sustava. Napominje se potreba za redovitim pročišćavanjem kanalizacijskog sustava (posebno na krajevima kolektora i kolektorskih priključaka), zbog malih protoka te pojave malih brzina, moguća je pojava taloženja unutar cijevi.

Proračun maksimalnog dotoka preko proračunate norme potrošnje, ima određeno područje valjanosti. Odnosno, pretpostavljena potrošnja vode po čvorovima hidrauličke sheme, višestruko je manja od realne potrošnje po sanitarnim elementima jednog kućanstva (npr. vodokotlić kapaciteta 6 l, uz vrijeme pražnjenja od 3-4 sec, daje veće vrijednosti količine otpadnih voda od računski pretpostavljenih u hidrauličkoj shemi). Sa druge strane, dimenzije, odnosno radni profili kolektora i kolektorskih priključaka osim osiguranja tečenja proračunskih vrijednosti protoka, moraju osigurati i uvjete održavanja kolektorske mreže. Stoga za radni profil cjevovoda DN 250 i ovako male pretpostavljene proračunske količine otpadnih voda teško je osigurati brzine tečenja veće od 0,5 m/s. Iz razloga osiguranja ispiranja kanalizacijskih cjevovoda (zbog malih brzina u kanalizacijskim cijevima 0,20 – 0,50 m/s), dozvoljeno vršiti povremeno ispiranja cjevovoda (iz hidranata). Predmetna količina voda za ispiranje cjevovoda iznosi cca 5 l/s kroz razdoblje od cca 10 minuta.

DIMENZIONIRAJE CRPNIH STANICA

Na području naselja Kapelna, unutar varijante A1 planira se izgradnja dvije precrpne stanice. Količine otpadnih voda koje dotječu u precrpne stanice prikazati će se u tablici 9.1..

Tablica 9.1. Količina otpadne vode koja dolazi u precrpne stanice naselja Kapelna

<i>Crpna stanica</i>	$Q_{sr,dn}$ (l/s)	$Q_{tude\ vode}$ (l/s)	$Q_{max,sat}$ (l/s)	$Q_{tranzit, max\ sat}$ (l/s)	$Q_{max\ sat, ukupno}$ (l/s)
<i>Kapelna1</i>	0,29	0,145	1,07	0,77	1,84
<i>Kapelna2</i>	0,208	0,104	0,77	/	0,77

Osnovni ulazni podaci crpnih stanica dani su u tablici 9.2., relevantne geodetske visine određene su temeljem ulaznih podataka u programski paket SWMM 5.1., a očitane su iz HOK karte 1:5000 (Geoportal DGU). Unutar svake precrpne stanice odabrane su dvije crpke, jedna radna i jedna pričuvna.

Tablica 9.2. Ulazni podatci za precrpne stanice u naselju Krunoslavlje

<i>Crpna stanica</i>	$Q_{\max, \text{sat}}$ (l/s)	Geodetska visina terena (m n.m.)	Kota nivelete ulaz. Kolektora (m n.m.)	H _{geod} (m)	Tlačni cjevovod, D (mm)	Duljina tlačnog voda (m)
<i>Kapelna1</i>	1,25	95,80	91,70	2,26	PEHD D90	240
<i>Kapelna2</i>	0,52	95,92	92,47	1,75	PEHD D90	110

C.S. „KAPELNA1“

Odabrani promjer crpne stanice iznosi 1,8m (površine 2,54m²), dok je odabrani kapacitet crpke 5,0 l/s (radna + pričuvna crpka). Prvi kriterij za izbor veličine crpnog bazena je maksimalno dozvoljeni broj uključivanja crpki u jednom satu (n=15). Minimalni potrebni radni volumen sabirnog okna prema kriteriju dozvoljenog broja uključivanja crpki u satu može se izračunati iz izraza:

$$V_l = 0.9 \cdot \frac{Q}{z} \quad (10)$$

gdje je:

V - potrebni radni volumen (m³),

Z - odabrani broj ciklusa rada po satu (h⁻¹),

Q - kapacitet crpke (l/s).

$$V_l = 0.9 \cdot \frac{5,0}{15} = 0,3 \text{ m}^3$$

S obzirom na unutarnje tlocrtne dimenzije bazena precrpne stanice (promjera 1,8 m – površine 2,54 m²) ovaj uvjet daje radnu visinu (između nivoa uključivanja i isključivanja crpke) $h_{\min}=0,12$ m.

Drugi kriterij o kojem je potrebno voditi računa prilikom dimenzioniranja radnog volumena bazena precrpne stanice je što kraće zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu

(propiranje tlačnog cjevovoda u jednom ciklusu u idealnom slučaju) da bi se spriječilo anaerobno stanje raspadanja organskih tvari unutar otpadnih voda u cjevovodu.

Kako je preliminarni odabir dimenzije tlačnog cjevovoda PEHD DN90 (unutarnji promjer cca. 80mm) u nastavku je izvršena provjera maksimalnih radnih volumena tekućine u tlačnim cjevovodima za kritične slučajeve:

$$V_{t1} = \frac{d_u^2 \cdot \pi}{4} \cdot L \quad (11)$$

gdje je:

V_{t1} - volumen tekućine u tlačnom cjevovodu (m^3),

d_u - unutarnji promjer tlačnog cjevovoda (m),

L - duljina tlačnog cjevovoda (m).

$$V_{t1} = \frac{0.08^2 \cdot \pi}{4} \cdot 240 = 1,2 m^3$$

S obzirom na predviđeni radni ciklus, pri čemu je u noćnim satima značajno reduciran dotok otpadne vode u crpne stanice, nije moguće postići potpuno zadovoljavajuće parametre vezano uz zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu.

Kombiniranjem razmatranih kriterija odabrani su crpni bazeni unutarnjeg promjera 1,8 m odnosno površine $2,54 m^2$ s korisnom (radnom) visinom

$h \sim 0,40 m$,

pri čemu stvarni radni volumen bazena iznosi $V_r = 1,01 m^3$ (propiranje cca. 200 m tlačnog cjevovoda). Odnosno potrebna su dva radna ciklusa crpke za propiranje tlačnog cjevovoda.

Prema hidrauličkom proračunu, može se pretpostaviti da je minimalni dnevni dotok otpadnih voda u crpnu stanicu „Kapelna1“ $Q_{min} = 0,5 l/s$, a odnosi se na period od 23h do 5h, kada imamo pojavu najmanje potrošnje vode. Vrijeme jednog radnog ciklusa u tom razdoblju iznosi:

$$t = \frac{V_r}{Q_{min}} \cong 2020 sec \hat{=} 33 min,$$

dakle vrijeme propiranja tlačnog cjevovoda kroz dva ciklusa iznosi cca 67 minute što je prihvatljivo jer je dozvoljeno vrijeme zadržavanja otpadne vode u tlačnom cjevovodu do 6 sati.

Završni proračun crpke se svodi na snagu elektromotora kojom se masa otpadne vode s jedne točke podiže i odvodi na drugu. Za izračun potrebne snage crpke koristi će se formula:

$$P = \frac{\rho \cdot 9,81 \cdot Q_{crp} \cdot H_{man}}{\eta} \quad (12)$$

gdje je:

Q - protok ili količina crpljenja (m³/s),

H_{man} - manometarska visina dizanja otpadnih voda (m),

η - koeficijent korisnog djelovanja crpke,

ρ – gustoća vode (kg/m³).

U manometarsku visinu spada geodetska visina te gubitci (linijski i lokalni):

$$\Sigma \Delta H_{UK} = \Delta h_{LOK} + \Delta h_{LIN} \quad (13)$$

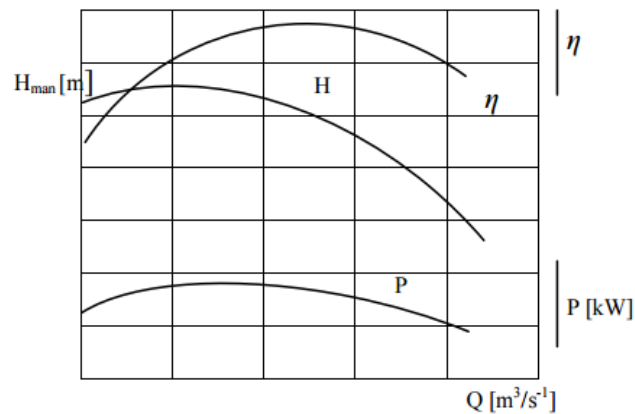
$$\Delta h_{LIN} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (14)$$

$$\Delta h_{LOK} = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (15)$$

$$\Delta H_{UK} = 2,5 + 3,06 = 5,56 \text{ m}$$

$$H_{MAN} = \Delta H_{UK} + H_{GEODETSKO} = 5,56 + 2,26 = 7,82 \text{ m}$$

Koeficijent korisnog djelovanja η je promjenjiva veličina za pojedine odnose Q i H_{man}, pumpnih agregata (Slika 9.1.). Svaka pumpa ima unutarnje gubitke uslijed trenja, tako da se njena energija ne iskorištava 100%, već reducirano na koeficijent korisnog djelovanja η. Optimalno je koristiti crpne agregate s koeficijentom korisnog djelovanja η_{max}. Općenito za svladavanje raznih otpora koji se javljaju u stvarnim uvjetima neophodno je dobivenu teoretsku snagu povećati do 15%. (Hozdić, E., Jurković, M., 2013.)



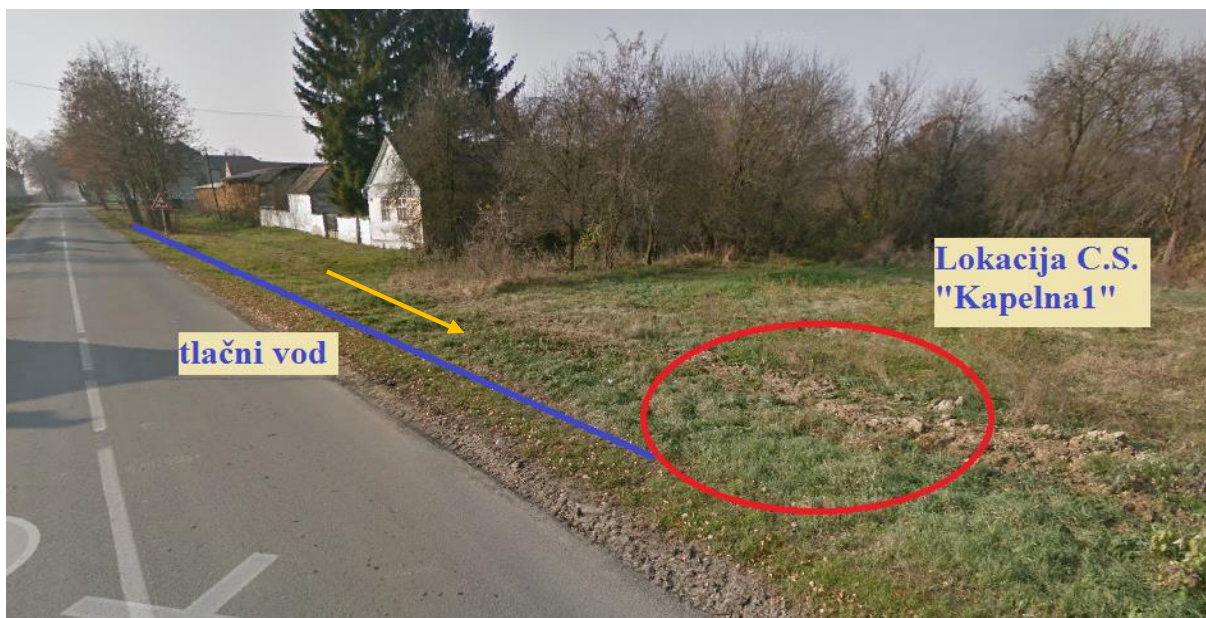
Slika 9.1. Odnos Q – H, Q – P i Q – η (Hozdić, E., Jurković, M., 2013.)

Snaga jedne crpke iznosi:

$$P = \frac{9,81 \cdot 0,005 \cdot 7,82}{0,95} = 0,4 \text{ kW}$$

Instalirana snaga crpke povećava se za 15% te na kraju iznosi 0,46 kW.

LOKACIJA



Slika 9.2. Lokacija C.S. „Kapelna1“ (<https://www.google.hr/maps>)

C.S. „KAPELNA2“

Principijelno se sve daljnje crpke računaju na isti način kao i C.S. „Kapelna1“, te će u daljnjem dijelu rada biti prikazane samo krajnje vrijednosti proračuna.

Odabrani promjer crpne stanice iznosi 1,8m (površine 2,54 m²), dok je odabrani kapacitet crpke 3,0 l/s (radna + pričuvna crpka). Prvi kriterij za izbor veličine crpnog bazena je maksimalno dozvoljeni broj uključivanja crpki u jednom satu (n=15). Minimalni potrebni radni volumen sabirnog okna prema kriteriju dozvoljenog broja uključivanja crpki u satu iznosi:

$$V_1 = 0,9 \cdot \frac{Q}{z} = 0,9 \cdot \frac{3}{15} = 0,18 \text{ m}^3 \quad (10)$$

S obzirom na unutarnje tlocrtne dimenzije bazena precrpne stanice (promjera 1,8 m – površine 2,54 m²) ovaj uvjet daje radnu visinu (između nivoa uključivanja i isključivanja crpke) $h_{\min}=0,10$ m.

Drugi kriterij o kojem je potrebno voditi računa prilikom dimenzioniranja radnog volumena bazena precrpne stanice je što kraće zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu.

Kako je preliminarni odabir dimenzije tlačnog cjevovoda PEHD DN90 (unutrašnji promjer cca. 80mm) u nastavku je izvršena provjera maksimalnih radnih volumena tekućine u tlačnim cjevovodima za kritične slučajeve:

$$V_{t1} = \frac{0,08^2 \cdot \pi}{4} \cdot 110 = 0,55 \text{ m}^3 \quad (11)$$

S obzirom na predviđeni radni ciklus, pri čemu je u noćnim satima značajno reduciran dotok otpadne vode u crpne stanice, nije moguće postići potpuno zadovoljavajuće parametre vezano uz zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu.

Kombiniranjem razmatranih kriterija odabrani su crpni bazeni unutarnjeg promjera 1,8 m odnosno površine 2,54 m² s korisnom (radnom) visinom

$$\mathbf{h \sim 0,30 \text{ m,}}$$

pri čemu stvarni radni volumen bazena iznosi $V_r = 0,76 \text{ m}^3$ (propiranje cijelog tlačnog cjevovoda). Odnosno potrebna je jedan radni ciklus crpke za propiranje tlačnog cjevovoda.

Prema hidrauličkom proračunu, može se pretpostaviti da je minimalni dnevni dotok otpadnih voda u crpnu stanicu „Kapelna2“ $Q_{\min} = 0,23$ l/s. Vrijeme jednog radnog ciklusa u tom razdoblju iznosi:

$$t = \frac{V_r}{Q_{\min}} \cong 3300 \text{ sec} \cong 55 \text{ min},$$

dakle vrijeme propiranja tlačnog cjevovoda kroz dva ciklusa iznosi cca 55 minute što je prihvatljivo jer je dozvoljeno vrijeme zadržavanja otpadne vode u tlačnom cjevovodu do 6 sati.

Završni proračun crpke se svodi na snagu elektromotora kojom se masa otpadne vode s jedne točke podiže i odvodi na drugu.

U manometarsku visinu spada geodetska visina te gubitci (linijski i lokalni):

$$\Delta h_{LIN} = 1,2 \text{ m}$$

$$\Delta h_{LOK} = \text{paušalno } 2,5 \text{ m}$$

$$\Delta H_{UK} = 2,5 + 1,2 = 3,7 \text{ m}$$

$$H_{MAN} = \Delta H_{UK} + H_{GEODETSKO} = 3,70 + 1,75 = 5,45 \text{ m}$$

Snaga jedne crpke iznosi:

$$P = \frac{9,81 \cdot 0,003 \cdot 5,45}{0,95} = 0,17 \text{ kW}$$

Instalirana snaga crpke povećava se za 15% te na kraju iznosi 0,2 kW.

LOKACIJA



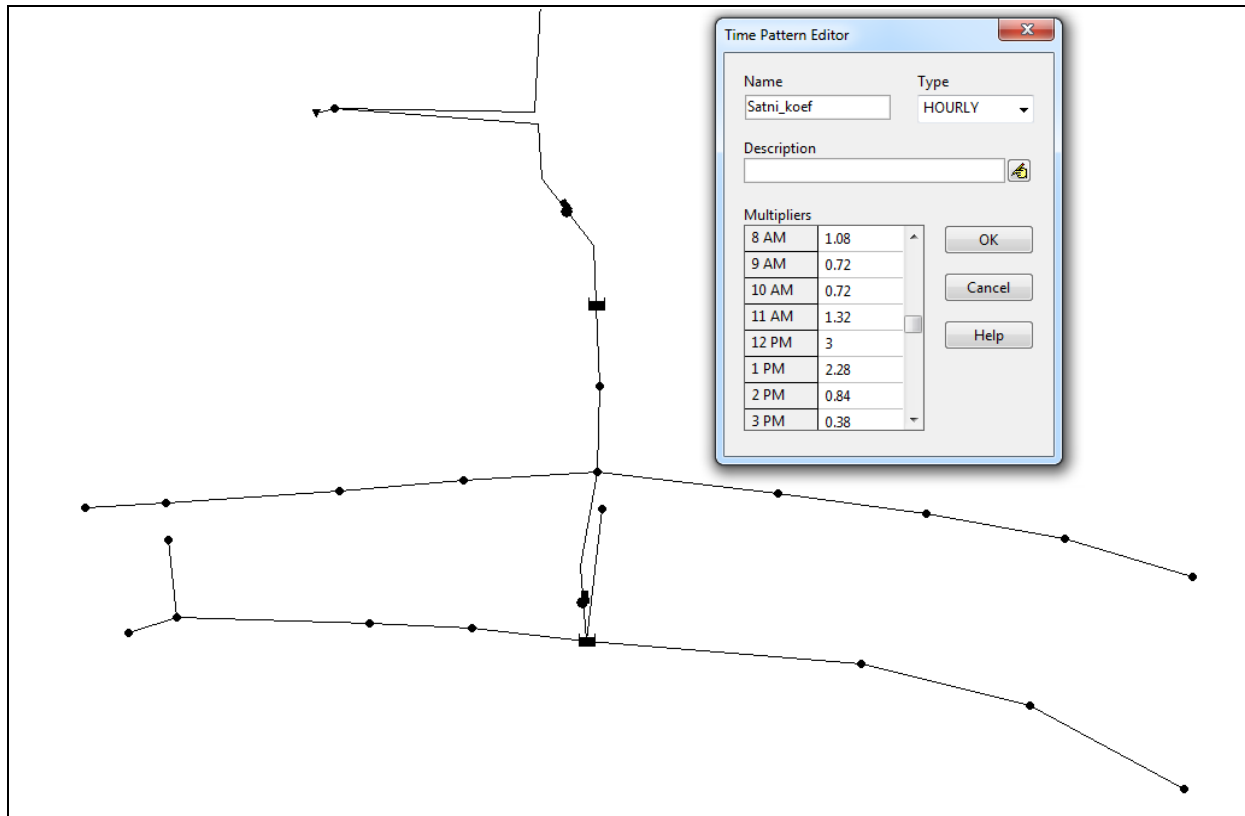
Slika 9.3. Lokacija C.S. „Kapelna2“ (<https://www.google.hr/maps>)

PRORAČUN U SWMM 5.1.

Kroz analizu u programskom paketu SWMM dokazat će se točnost prethodnog računskog proračuna te simulacijom potvrditi mogućnost sustava odvodnje da ispuni uvjete odvodnje otpadnih voda do uređaja za pročišćavanje sa promatranog područja naselja Kapelna.

Unutar programskog paketa potrebno je zadati sve ulazne parametre kao što je koeficijent satne potrošnje preuzet iz literature za mala ruralna naselja, definirati dotok tuđih voda, zadati krivulje protoka crpki u sustavu itd. (Slika 9.4.).

Također će se prikazati i karakteristični uzdužni presjeci kolektora koji vode do C.S. „Kapelna1“ i „Kapelna2“. Kao i prikaz dotoka na crpne stanice koji se u potpunosti poklapa s prijašnjim računskim dijelom, čime se potvrđuje točnost ulaznih parametara unutar sustava. Dati će se ispis vrijednosti protoka unutar shematskih čvorova, a hidraulička shema biti će priložena u nacrtima, u sklopu promatranog varijantnog rješenja.



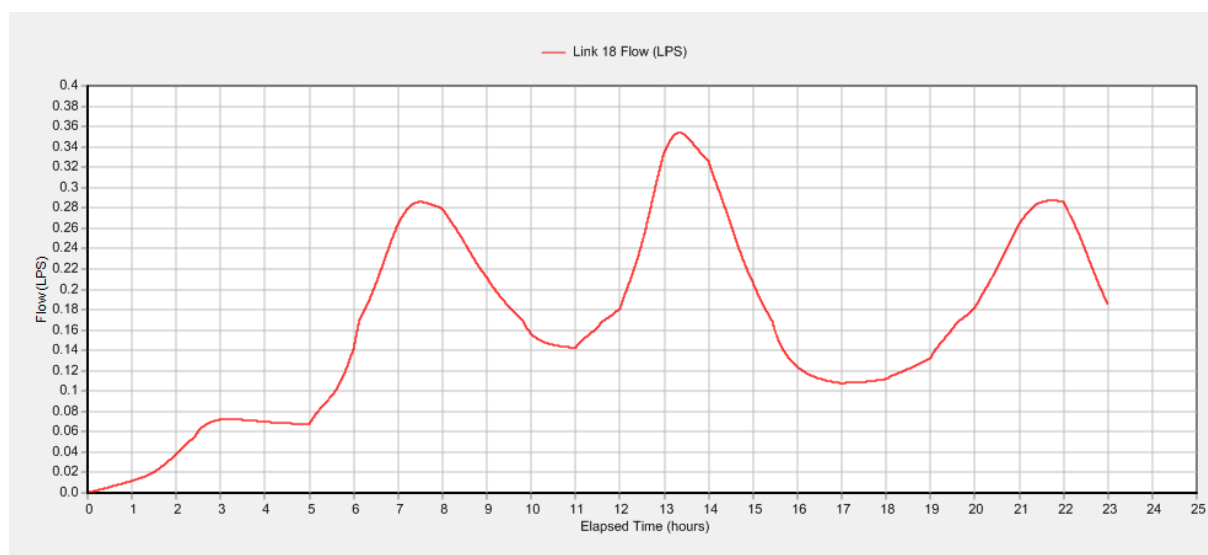
Slika 9.4. Shematski prikaz naselja Kapelna u programskom paketu SWMM sa definiranim satnim koeficijentom potrošnje

Tablica 9.3. Prikaz podataka u čvorovima sustava za naselje Kapelna unutar programskog paketa SWMM

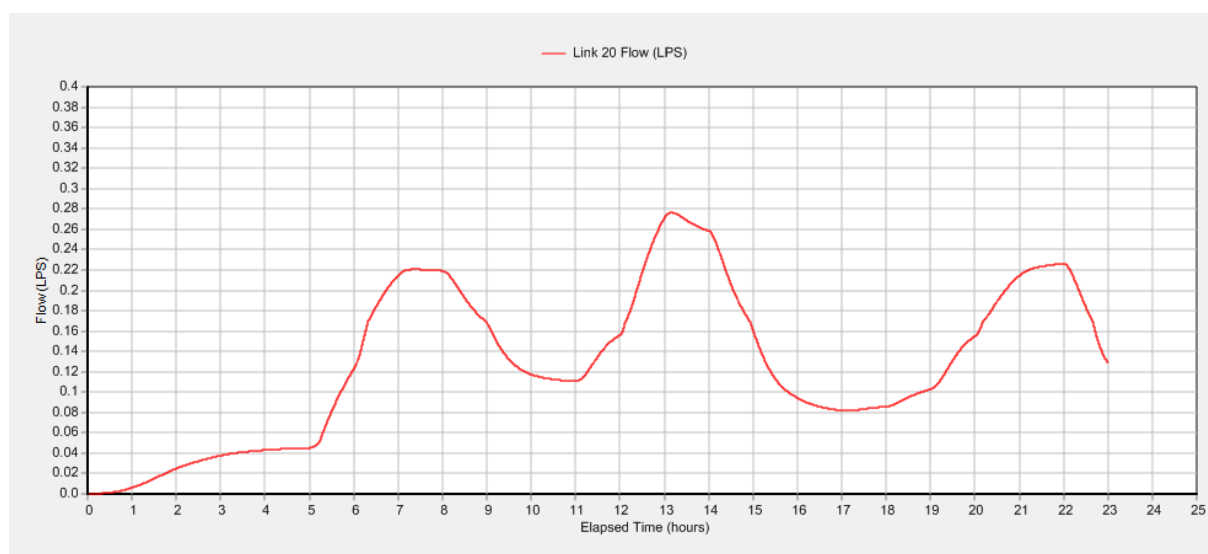
Node	Max lateral inflow LPS	Max total inflow LPS	Hour of max Inflow	Lateral inflow Volume (10 ⁶ ltr)	Total inflow Volume (10 ⁶ ltr)
Č1	0.18	0.18	12:00	0.00633	0.00633
Č2	0.00	0.18	12:23	0	0.00631
Č3	0.18	0.35	13:00	0.00633	0.0125
Č4	0.00	0.34	13:00	0	0.0124
Č5	0.00	3.76	12:58	0	0.0466
Č10	0.10	0.45	12:56	0.0042	0.0166
Č9	0.00	0.36	12:42	0	0.0125
Č8	0.18	0.35	13:00	0.00633	0.0126
Č7	0.18	0.18	12:00	0.00633	0.00633
Č11	0.14	0.14	12:00	0.00515	0.00515
Č12	0.00	0.29	13:00	0	0.0102
Č21	0.14	0.14	12:00	0.00515	0.00515
Č13	0.00	0.29	13:00	0	0.0101
Č14	0.00	0.29	13:07	0	0.00993
Č19	0.14	0.14	12:00	0.00515	0.00515
Č18	0.00	0.14	12:48	0	0.00499

19	0.00	0.15	12:29	0	0.00504
Č16	0.14	0.14	12:00	0.00506	0.00506
Č6	0.18	2.68	12:58	0.00633	0.0522
UPOV	0.00	5.04	05:20	0	0.0502
CS_Kapelna2	0.00	0.50	13:21	0	0.0193
CS_Kapelna1	0.00	1.82	13:02	0	0.0515

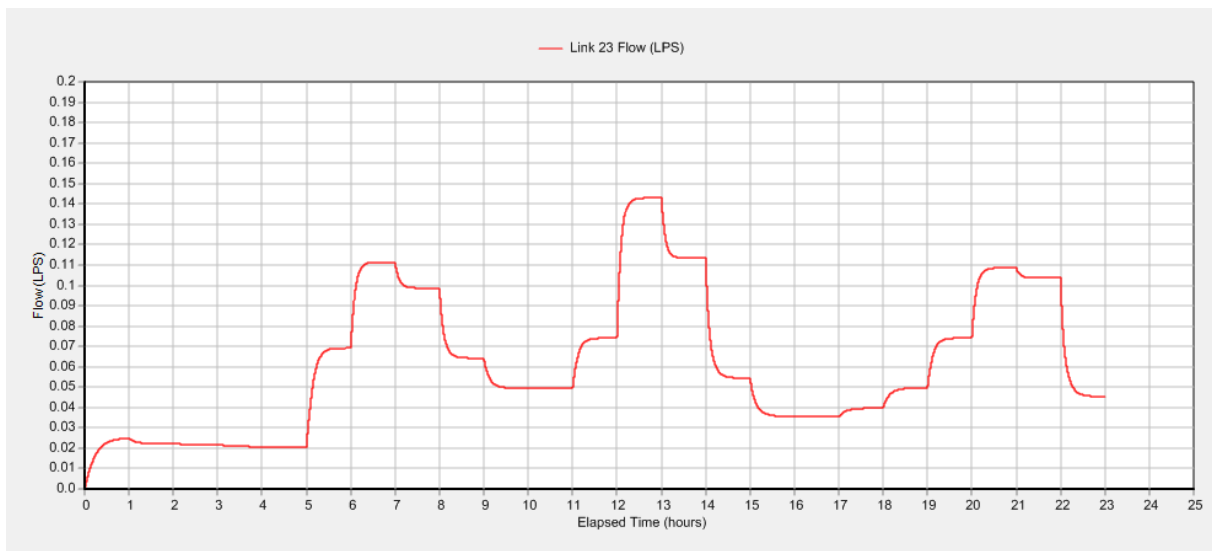
Računom se dobilo da maksimalni satni dotok koji dolazi sa tri kolektora na C.S. „Kapelna 2“ iznosi 0,77 l/s.



Slika 9.5. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.2. u C.S. „Kapelna2“ (0,35 l/s)



Slika 9.6. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.2.1. u C.S. „Kapelna2“ (0,28 l/s)



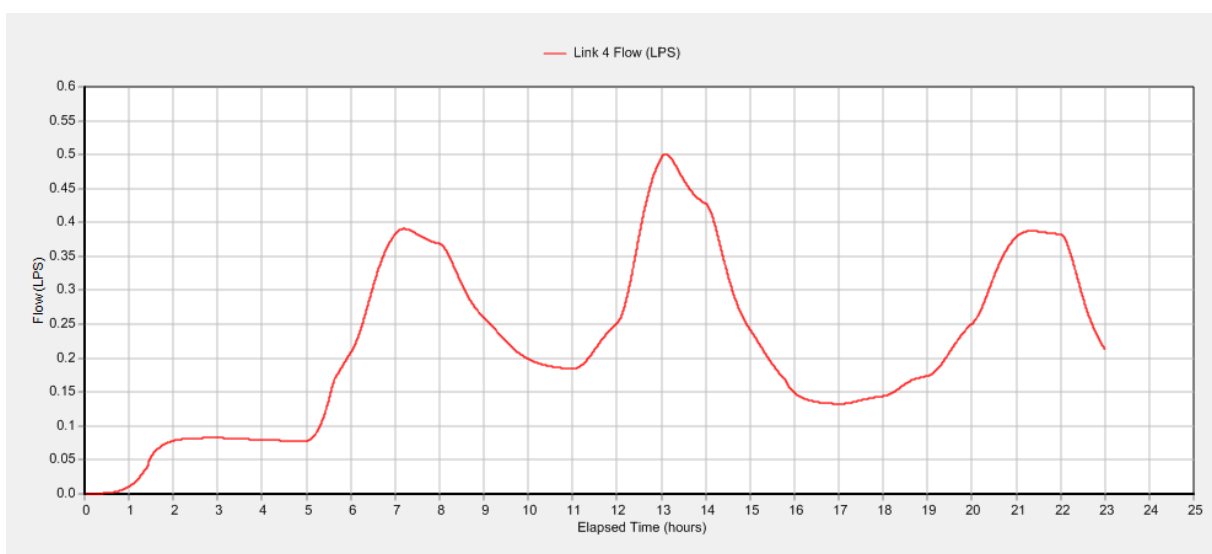
Slika 9.7. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.2.2. u C.S. „Kapelna2“ (0,14 l/s)

Maksimalni satni dotok unutar programskog paketa SWMM-u iznosi:

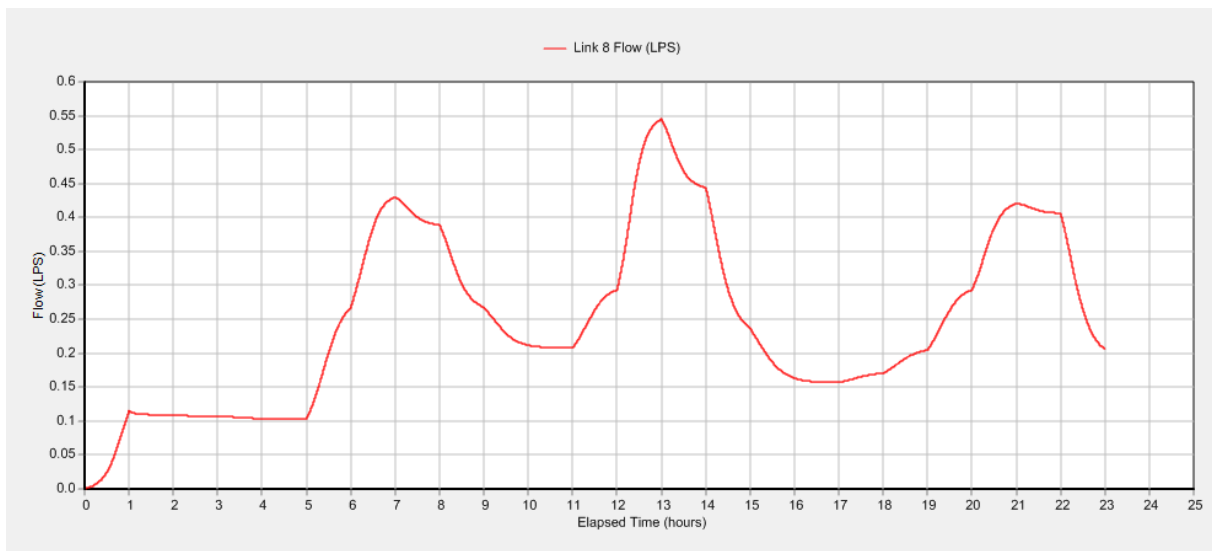
$$Q_{\text{MAX,h}} = 0,35 + 0,28 + 0,14 = \mathbf{0,77 \text{ l/s}},$$

što odgovara računskim vrijednostima.

Računom se dobilo da maksimalni satni dotok koji dolazi sa kolektora K.1. na C.S. „Kapelna 1“ iznosi 1,07 l/s. Na kolektor K.1. spaja se i sekundarni kolektor K.1.1. koji sudjeluje u ukupnom dotoke, te se računa i tranzitni dotok s C.S. „Kapelna 2“ koji iznosi 0,77 l/s.



Slika 9.8. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.1. u C.S. „Kapelna1“ (0,5 l/s)

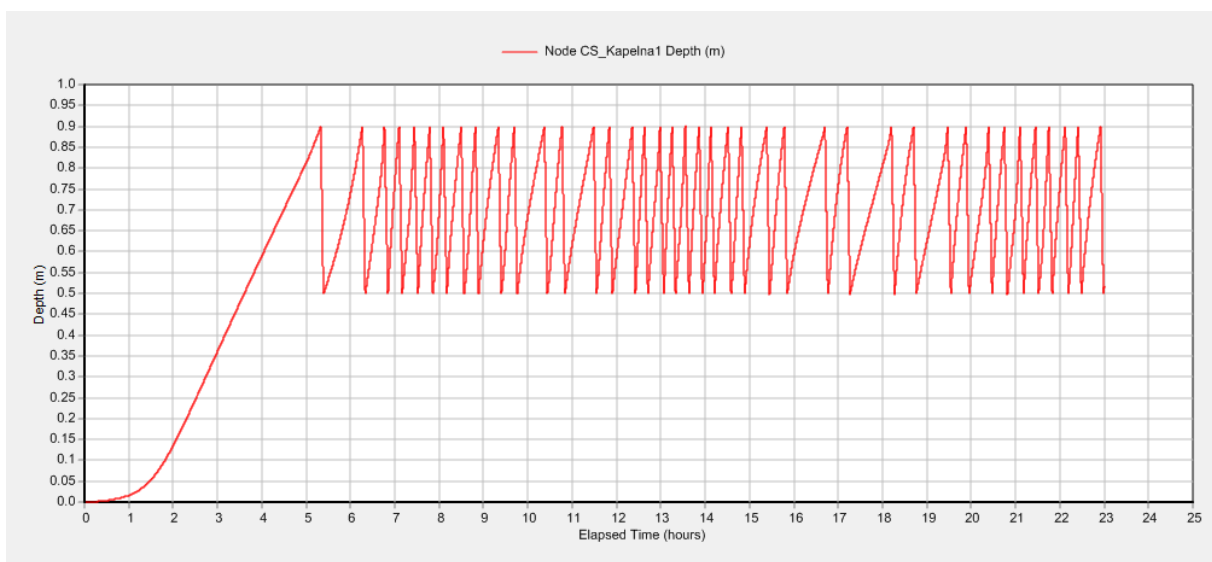


Slika 9.9. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.1.1. u C.S. „Kapelna1“ (0,55 l/s)

Maksimalni satni dotok unutar programskog paketa SWMM-u iznosi:

$$Q_{\text{MAX,h}} = 0,5 + 0,55 = \mathbf{1,05 \text{ l/s}},$$

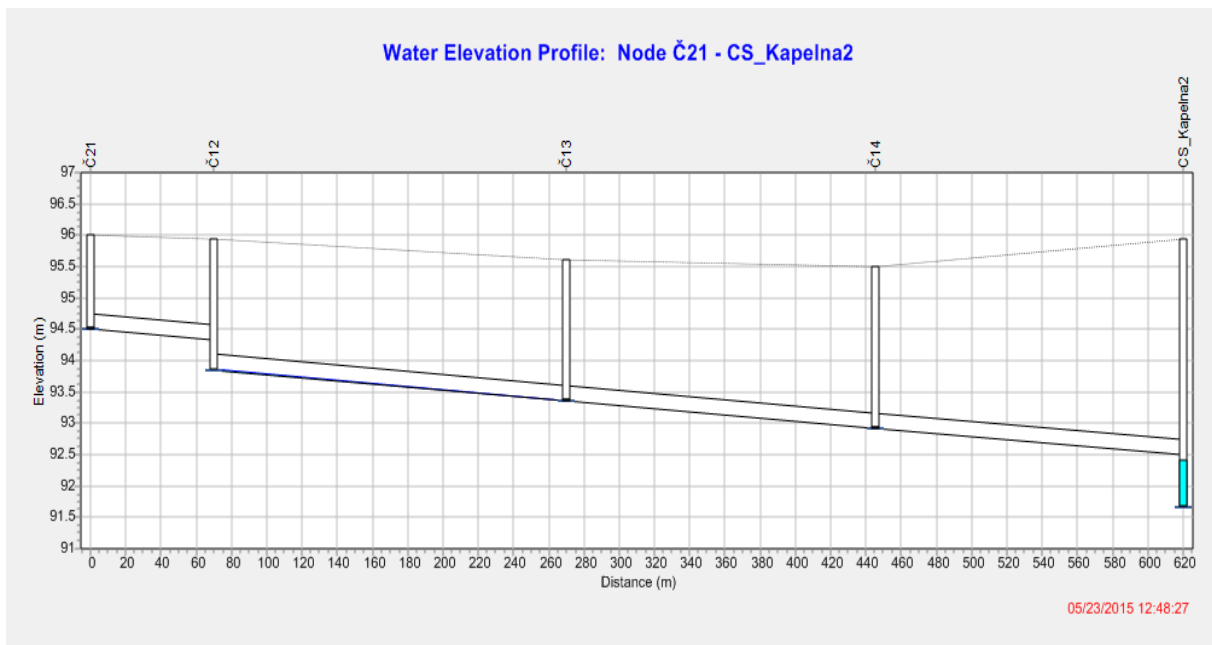
što odgovara računskim vrijednostima s zanemarivim odstupanjem.



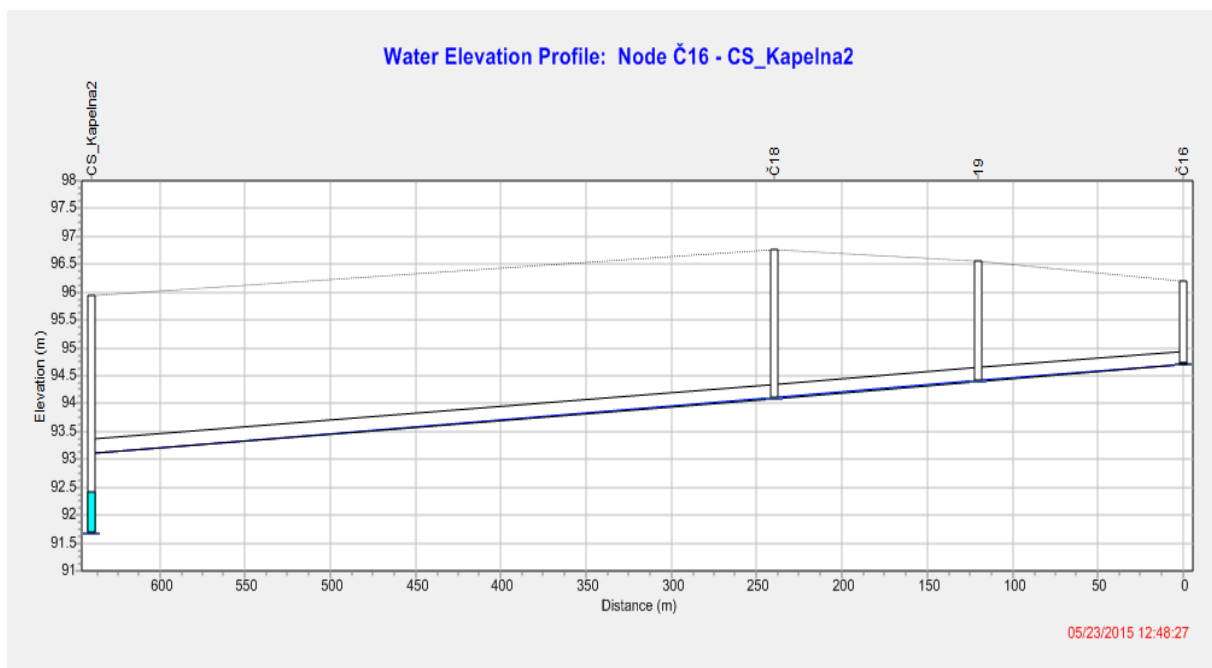
Slika 9.10. Prikaz radnog volumena C.S. „Kapelna1“

Iz priloženog radnog volumena precrpne stanice „Kapelna1“ vidi se da je maksimalni broj uključivanja crpke u jednom satu četiri, što zadovoljava postavljene uvijete.

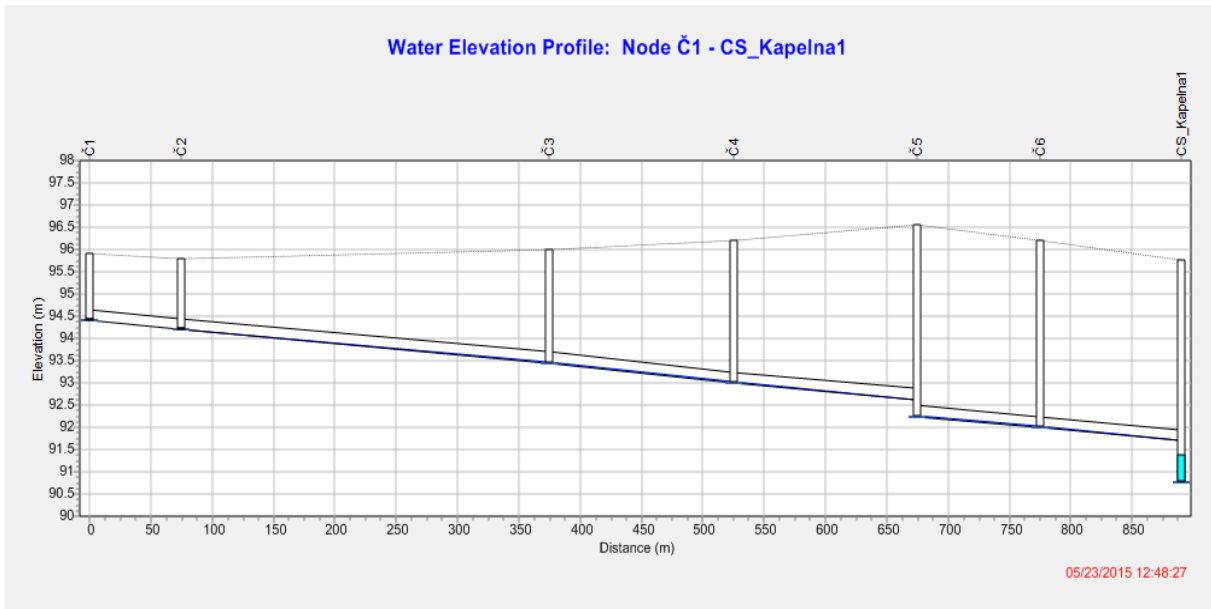
KARAKTERISTIČNI UZDUŽNI PRESJECI:



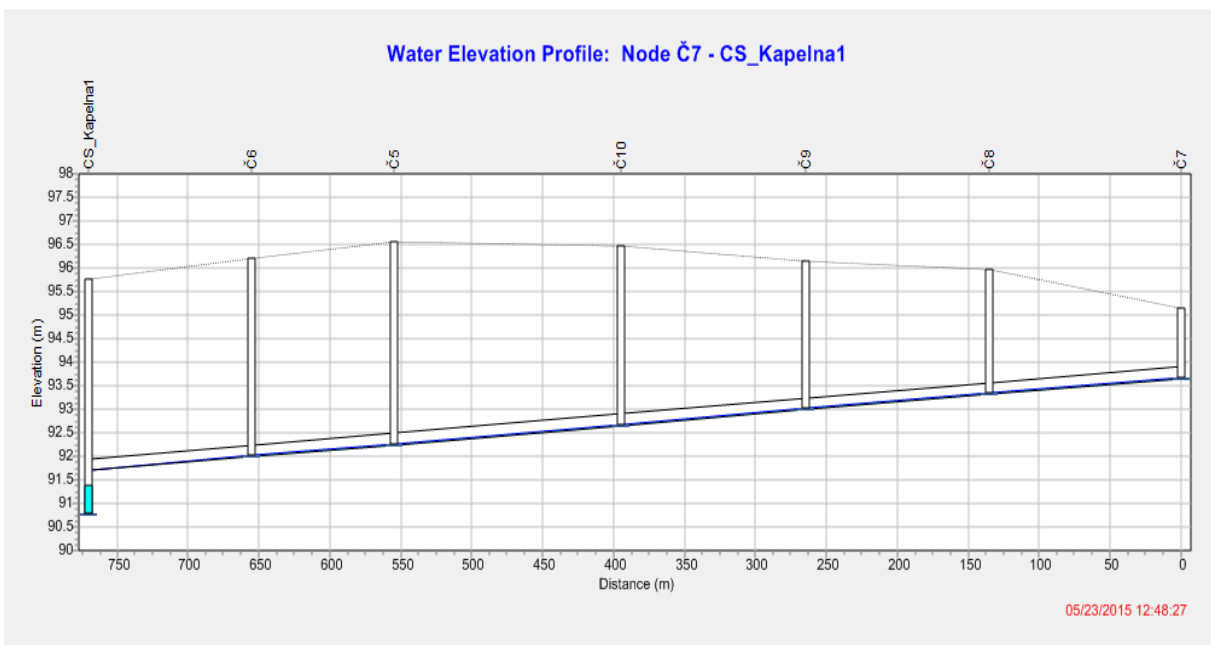
Slika 9.11. Uzdužni presjek kolektora K.2. i K.2.3. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)



Slika 9.12. Uzdužni presjek kolektora K.2.1. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)



Slika 9.13. Uzdužni presjek kolektora K.1. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)



Slika 9.14. Uzdužni presjek kolektora K.1.2. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)

9.1.2 Naselje Ivanovo

Naselje Ivanovo broji 372 stanovnika (uključena i opterećenje industrije preračunato u ES) za predviđeni period do 2035. godine. Kroz naselje prolazi glavni gravitacijski kolektor na koji se spajaju četiri priključna kolektora, koji otpadnu vodu vode do precrpne stanice „Ivanovo“.

CS „Ivanovo“ prima otpadne vode cijelog naselja te se tlačnim vodom od nje otpadna sanitarna voda odvodi do gravitacijskog kolektora naselja Blanje. Gravitacijski sustav za prikupljanje otpadnih voda dimenzionira se na način da je predviđen broj stanovnika po kućanstvu tri, te sva kućanstva koja se spajaju na krakove koji vode do predviđene crpne stanice biti će opterećeni određenom potrošnjom vode za promatrano područje i množeni koeficijentima preporučenim iz literature.

SPECIFIČNA DNEVNA POTROŠNJA VODE:

Specifična potrošnja promatranog područja ranije je definirana te iznosi 150 l/dan/st, a dodatno se množi s koeficijentom umanjenja koji iznosi 0,8.

$$Q_K = 150 \cdot 0,8 = 120 \text{ l/dan/st}$$

SREDNJI DNEVNI PROTOK

Srednji dnevni protok dobiva se umnoškom specifične dnevne potrošnje i broja stanovnika promatranog područja.

$$Q_{SR,DN} = 120 \cdot 372 = 44640 \text{ l/dan} = 44,64 \text{ m}^3/\text{dan}$$

MAKSIMALNI DNEVNI I SATNI PROTOK (sušni i kišni režim)

Količina vode koja će se transportirati cjevovodima do crpne stanice i od crpne stanice do daljnijeg promatranog sustava ima dva moguća režima, sušni i kišni. Iz tog razloga treba izračunati maksimalni dnevni i satni protok. Jednadžbe su definirane u ranijem dijelu rada (poglavlje 9.1.1.) te se ovdje neće pobliže objašnjavati.

$$Q_{MAX}^{DNE,suš} = 44,64 \cdot 1,5 = 66,96 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$Q_{\text{MAX}}^{\text{SAT, suš}} = \frac{66,96}{24} \cdot 1,8 = 5,02 \text{ m}^3/\text{h} = 1,4 \text{ l/s}$$

Maksimalni protok za kišni period iznosi:

$$Q_{\text{MAX}}^{\text{SAT, kiš}} = 5,02 + \frac{44,64}{24} = 6,88 \text{ m}^3/\text{h} = 1,91 \text{ l/s}$$

PRILJEVNO PODRUČJE C.S. „IVANOVO“

Priljevno područje koje gravitira precrpnoj stanici Ivanovo obuhvaća cijelo naselje sa uključenom planiranom i postojećom industrijom te iznosi 372 stanovnika. Time se usvajaju sve vrijednosti za sušni i kišni režim dotoka promatranog naselja Ivanovo.

GRAVITACIJSKA KANALIZACIJSKA MREŽA

Za gravitacijsku mrežu promatranog podslivnog područja, došlo se do maksimalnog satnog dotoka u sustavu od 1,91 l/s. Ova vrijednost zadovoljava primjenu minimalnih profila gravitacijske kanalizacije ϕ 250 mm, položenih s minimalnim dozvoljenim padom od 2,5 %. Protok pune cijevi promjera ϕ 250 iznosi $Q=30,0$ l/s, dok je brzina pune cijevi $v=0,61$ m/s, usvajanjem minimalne vrijednosti ostavlja se dovoljna količina sigurnosti rada sustava.

Proračun maksimalnog dotoka preko proračunate norme potrošnje, ima određeno područje valjanosti. Odnosno, pretpostavljena potrošnja vode po čvorovima hidrauličke sheme, višestruko je manja od realne potrošnje po sanitarnim elementima jednog kućanstva (npr. vodokotlić kapaciteta 6 l, uz vrijeme pražnjenja od 3-4 sec, daje veće vrijednosti količine otpadnih voda od računski pretpostavljenih u hidrauličkoj shemi). Sa druge strane, dimenzije, odnosno radni profili kolektora i kolektorskih priključaka osim osiguranja tečenja proračunskih vrijednosti protoka, moraju osigurati i uvjete održavanja kolektorske mreže. Stoga za radni profil cjevovoda DN 250 i ovako male pretpostavljene proračunske količine otpadnih voda teško je osigurati brzine tečenja veće od 0,5 m/s. Iz razloga osiguranja ispiranja kanalizacijskih cjevovoda (zbog malih brzina u kanalizacijskim cijevima 0,20 – 0,50 m/s), dozvoljeno vršiti povremeno ispiranja cjevovoda (iz hidranata). Predmetna količina voda za ispiranje cjevovoda iznosi cca 5 l/s kroz razdoblje od cca 10 minuta.

DIMENZIONIRAJE CRPNIH STANICA

Na području naselja Ivanovo, unutar varijante A1 planira se izgradnja jedne precrpne stanice. Količine otpadnih voda koje dotječu u precrpne stanice prikazati će se u tablici 9.4..

Tablica 9.4. Količina otpadne vode koja dolazi u precrpnu stanicu naselja Ivanovo

<i>Crpna stanica</i>	Q_{sr,dn} (l/s)	Q_{tuđe vode} (l/s)	Q_{max,sat} (l/s)	Q_{tranzit, max sat} (l/s)	Q_{max sat, ukupno} (l/s)
<i>Ivanovo</i>	0,516	0,258	1,91	/	1,91

Osnovni ulazni podaci crpnih stanica dani su u tablici 9.5., relevantne geodetske visine određene su temeljem ulaznih podataka u programski paket SWMM 5.1., a očitane su iz HOK karte 1:5000 (Geoportal DGU). Unutar svake precrpne stanica odabrane su dvije crpke, jedna radna i jedna pričuvna.

Tablica 9.5. Ulazni podatci za precrpnu stanicu u naselju Ivanovo

<i>Crpna stanica</i>	Q_{max,sat} (l/s)	Geodetska visina terena (m n.m.)	Kota nivelete ulaz. Kolektora (m n.m.)	H_{geod} (m)	Tlačni cjevovod, D (mm)	Duljina tlačnog voda (m)
<i>Ivanovo</i>	1,91	94,60	89,97	3,91	PEHD D90	1700

C.S. „IVANOVO“

Svi ulazni kriteriji i jednadžbe detaljno su prikazani u poglavlju 9.1.1. te se u ovom dijelu neće pobliže objašnjavati.

Odabrani promjer crpne stanice iznosi 1,8m (površine 2,54m²), dok je odabrani kapacitet crpke 5,0 l/s (radna + pričuvna crpka). Prvi kriterij za izbor veličine crpnog bazena je maksimalno dozvoljeni broj uključivanja crpki u jednom satu (n=15). Minimalni potrebni radni volumen sabirnog okna prema kriteriju dozvoljenog broja uključivanja crpki u satu iznosi:

$$V_I = 0,9 \cdot \frac{5,0}{15} = 0,3 \text{ m}^3$$

S obzirom na unutarnje tlocrtne dimenzije bazena precrpne stanice (promjera 1,8 m – površine 2,54 m²) ovaj uvjet daje radnu visinu (između nivoa uključivanja i isključivanja crpke) h_{min}=0,12 m.

Drugi kriterij o kojem je potrebno voditi računa prilikom dimenzioniranja radnog volumena bazena precrpne stanice je što kraće zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu (propiranje tlačnog cjevovoda u jednom ciklusu u idealnom slučaju) da bi se spriječilo anaerobno stanje raspadanja organskih tvari unutar otpadnih voda u cjevovodu.

Kako je preliminarni odabir dimenzije tlačnog cjevovoda PEHD DN90 (unutrašnji promjer cca. 80mm) u nastavku je izvršena provjera maksimalnih radnih volumena tekućine u tlačnim cjevovodima za kritične slučajeve:

$$V_{r1} = \frac{0.08^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1700 = 8,54 \text{ m}^3$$

S obzirom na predviđeni radni ciklus, pri čemu je u noćnim satima značajno reduciran dotok otpadne vode u crpne stanice, nije moguće postići potpuno zadovoljavajuće parametre vezano uz zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu.

Kombiniranjem razmatranih kriterija odabrani su crpni bazeni unutarnjeg promjera 1,8 m odnosno površine 2,54 m² s korisnom (radnom) visinom

$$h \sim 0,40 \text{ m,}$$

pri čemu stvarni radni volumen bazena iznosi $V_r = 1,01 \text{ m}^3$ (propiranje cca. 225 m tlačnog cjevovoda). Odnosno potrebno je osam radnih ciklusa crpke za propiranje tlačnog cjevovoda.

Prema hidrauličkom proračunu, može se pretpostaviti da je minimalni dnevni dotok otpadnih voda u crpnu stanicu „Ivanovo“ $Q_{\min} = 0,75 \text{ l/s}$. Vrijeme jednog radnog ciklusa u tom razdoblju iznosi:

$$t = \frac{V_r}{Q_{\min}} \cong 2020 \text{ sec} \cong 33 \text{ min,}$$

dakle vrijeme propiranja tlačnog cjevovoda kroz šest ciklusa iznosi cca 264 minute (4,4h) što je prihvatljivo jer je dozvoljeno vrijeme zadržavanja otpadne vode u tlačnom cjevovodu do 6 sati.

Završni proračun crpke se svodi na snagu elektromotora kojom se masa otpadne vode s jedne točke podiže i odvodi na drugu.

$$\Delta H_{UK} = 2,5 + 20,05 = 22,55 \text{ m}$$

$$H_{\text{MAN}} = \Delta H_{\text{UK}} + H_{\text{GEODETSKO}} = 22,55 + 3,91 = 26,46 \text{ m}$$

Snaga jedne crpke iznosi:

$$P = \frac{9,81 \cdot 0,005 \cdot 26,46}{0,95} = 1,37 \text{ kW}$$

Instalirana snaga crpke povećava se za 15% te na kraju iznosi 1,57 kW.

LOKACIJA



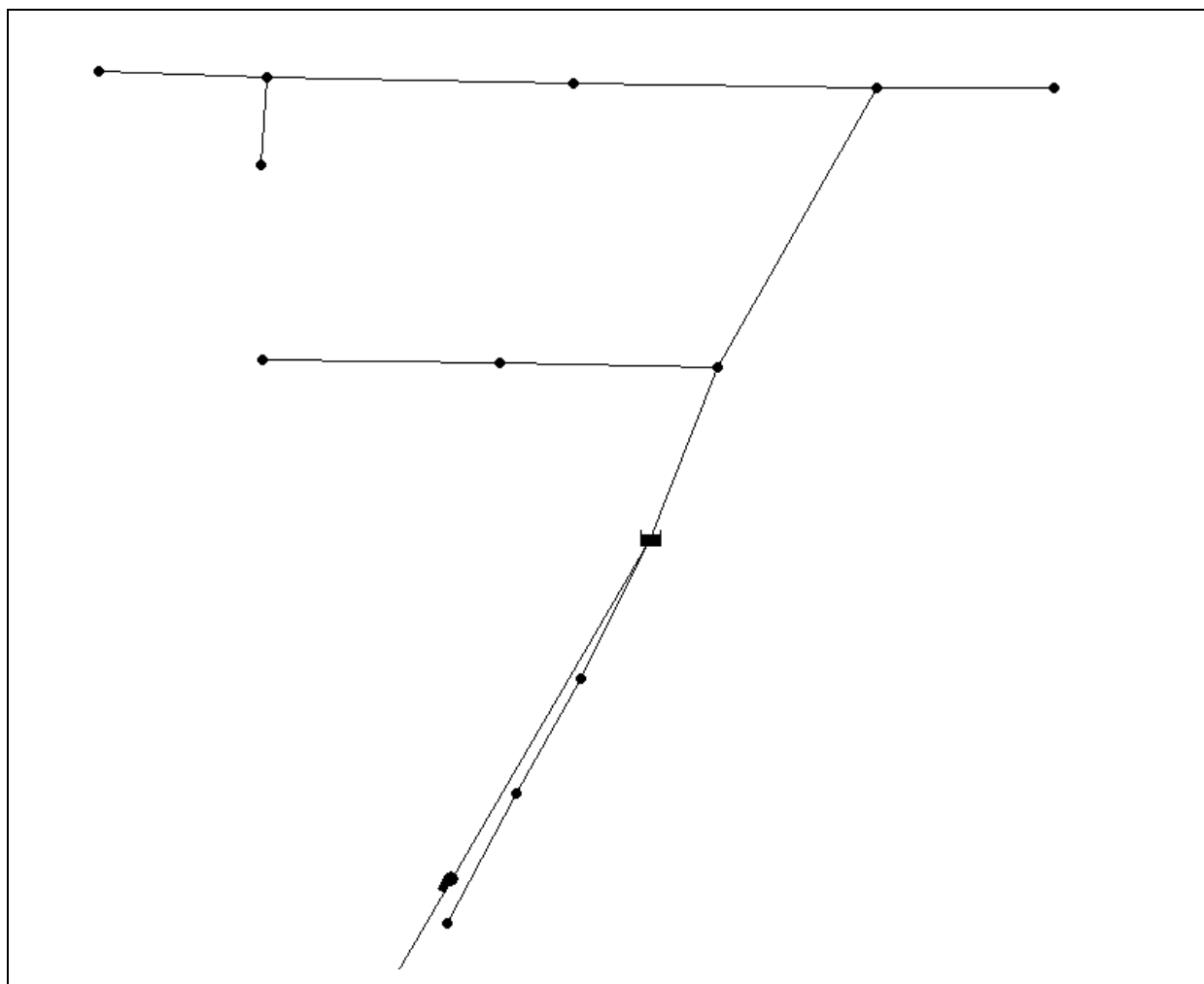
Slika 9.15. Lokacija C.S. „Ivanovo“ (<https://www.google.hr/maps>)

PRORAČUN U SWMM 5.1.

Kroz analizu u programskom paketu SWMM dokazat će se točnost prethodnog računskog proračuna te simulacijom potvrditi rezultate predviđenog sustava odvodnje na zadanom promatranom području naselja Ivanovo.

Unutar programskog paketa potrebno je zadati sve ulazne parametre kao što je koeficijent satne potrošnje preuzet iz literature za mala ruralna naselja, definirati dotok tuđih voda, zadati krivulje protoka crpki u sustavu itd.

Također će se prikazati i karakteristični uzdužni presjeci kolektora koji vode do C.S. „Ivanovo“, kao i prikaz dotoka na crpnu stanicu koji se u potpunosti poklapa s prijašnjim računskim dijelom, čime se potvrđuje točnost ulaznih parametara unutar sustava. Dati će se ispis vrijednosti protoka unutar shematskih čvorova, a hidraulička shema biti će priložena u nacrtima, u sklopu promatranog varijantnog rješenja.



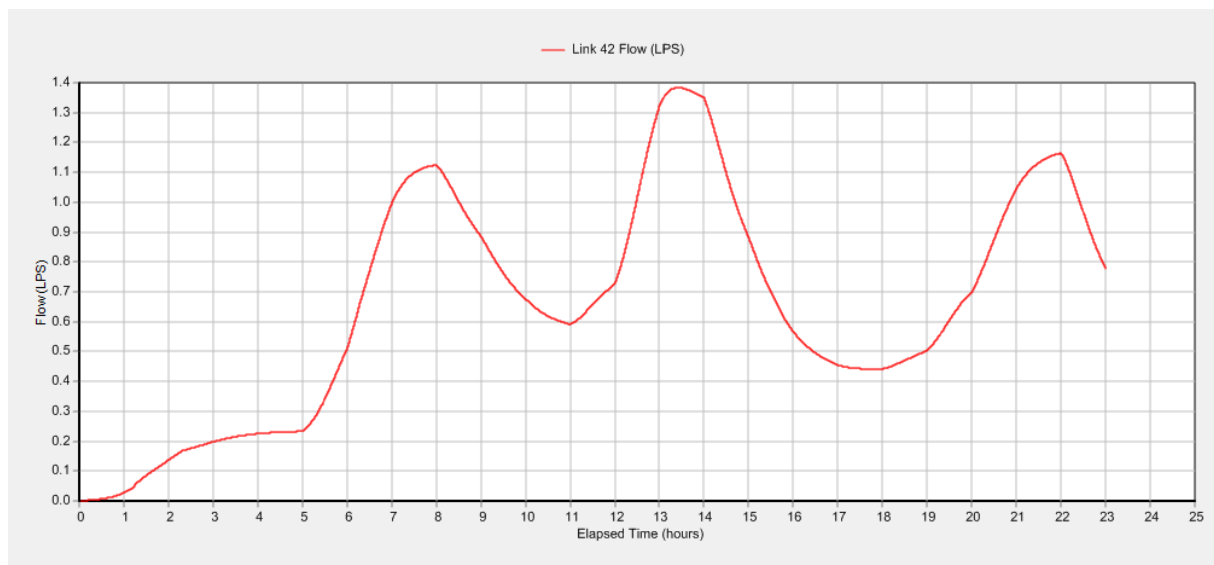
Slika 9.16. Shematski prikaz naselja Ivanovo u programskom paketu SWMM

Tablica 9.6. Prikaz podataka u čvorovima sustava naselja Ivanovo unutar programskog paketa SWMM

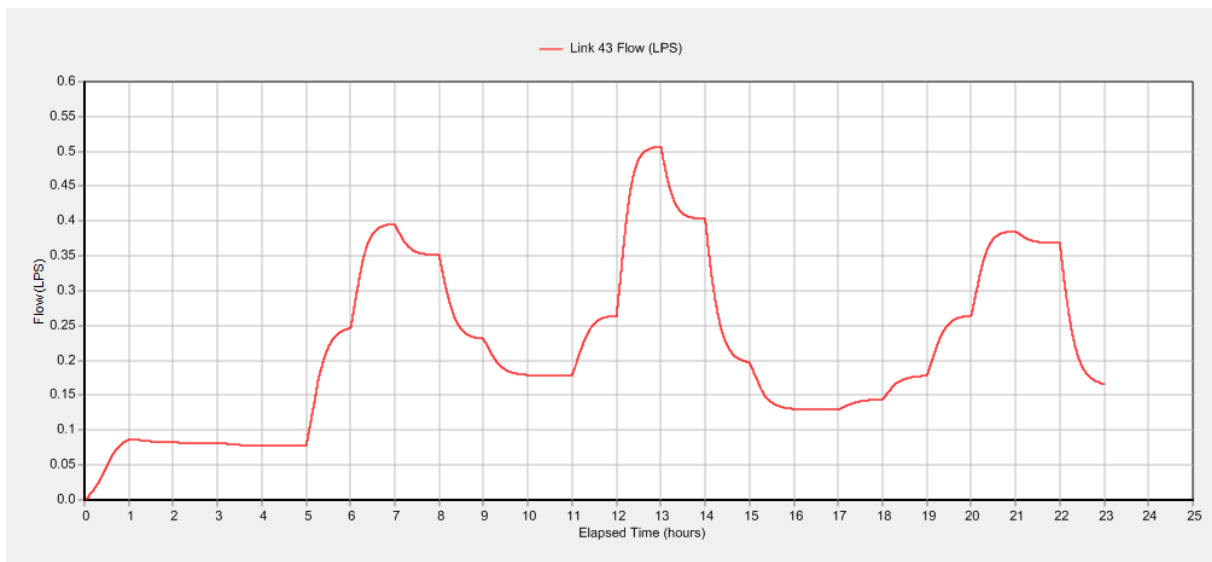
Node	Max lateral inflow LPS	Max total inflow LPS	Hour of max Inflow	Lateral inflow Volume (10 ⁶ ltr)	Total inflow Volume (10 ⁶ ltr)
Č27	0.18	0.18	12:00	0.0065	0.0065
Č28	0.18	0.54	13:00	0.0065	0.0194
Č29	0.18	0.71	13:00	0.0065	0.0255

Č30	0.18	0.99	13:00	0.0065	0.0374
Č37	0.18	0.18	12:00	0.0065	0.0065
Č31	0.18	1.45	13:00	0.0065	0.0559
Č36	0.18	0.36	13:00	0.0065	0.0129
Č35	0.18	0.18	12:00	0.0065	0.0065
Č38	0.18	0.18	12:00	0.0065	0.0065
Č32	0.18	0.51	13:00	0.0065	0.0184
Č33	0.14	0.33	13:00	0.00548	0.012
Č34	0.18	0.18	12:00	0.0065	0.0065
CS_Ivanovo	0.00	1.83	13:01	0	0.0728

Računom se dobilo da maksimalni satni dotok koji dolazi sa dva kolektora na C.S. „Ivanovo“ iznosi 1,91 l/s.



Slika 9.17. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.5. u C.S. „Ivanovo“ (1,4 l/s)

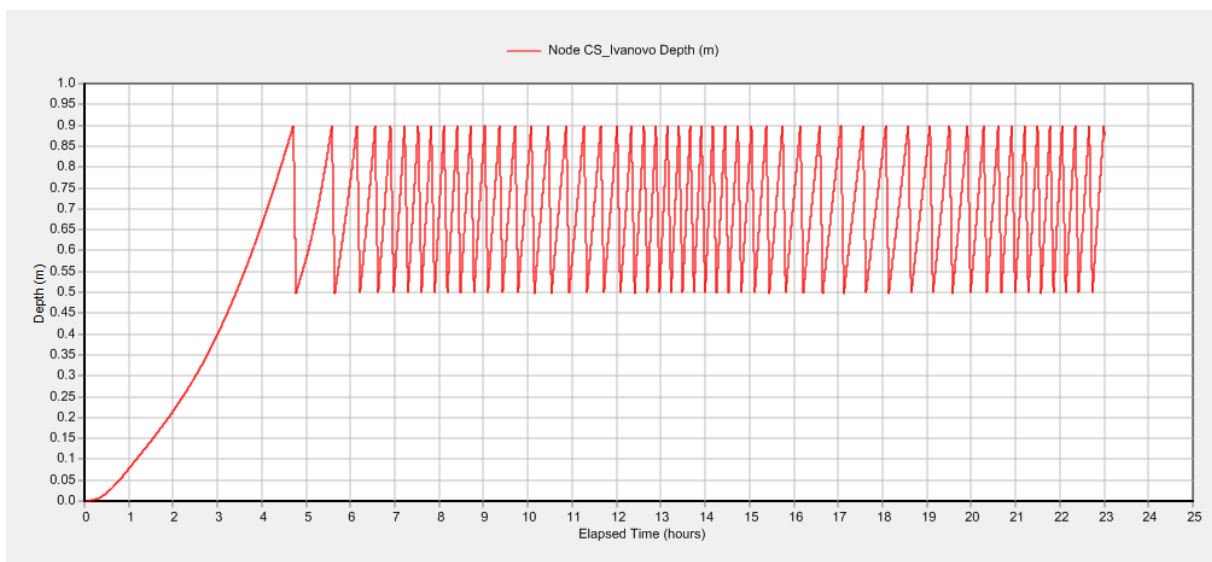


Slika 9.18. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.5.3. u C.S. „Ivanovo“ (0.51 l/s)

Maksimalni satni dotok unutar programskog paketa SWMM iznosi:

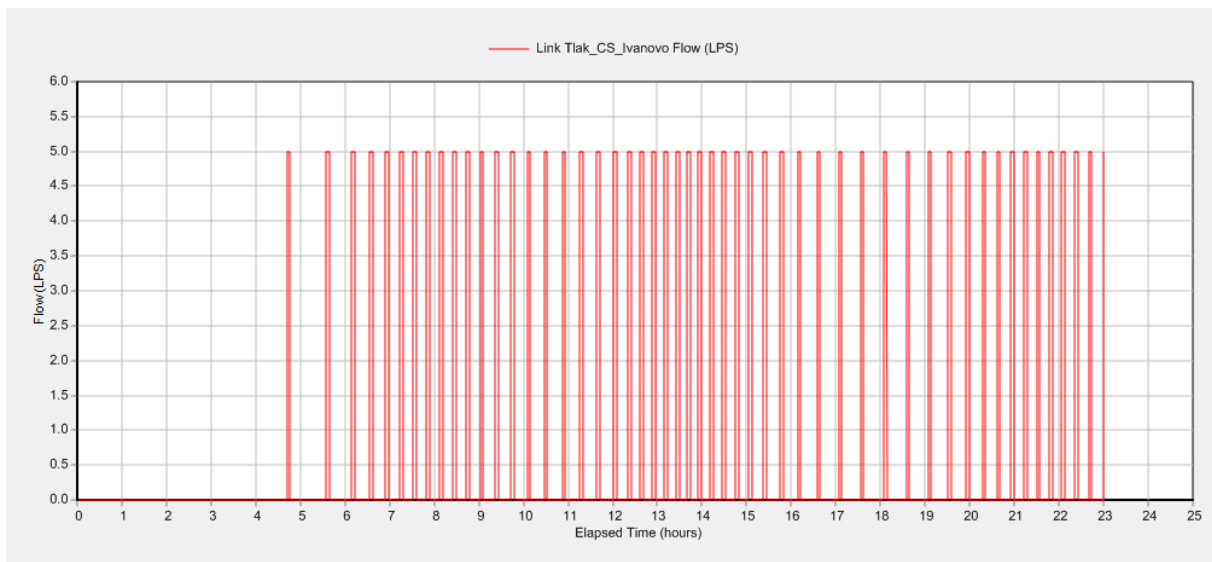
$$Q_{\text{MAX,h}} = 1,40 + 0,51 = \mathbf{1,91 \text{ l/s}},$$

što odgovara računskim vrijednostima.



Slika 9.19. Prikaz radnog volumena C.S. „Ivanovo“

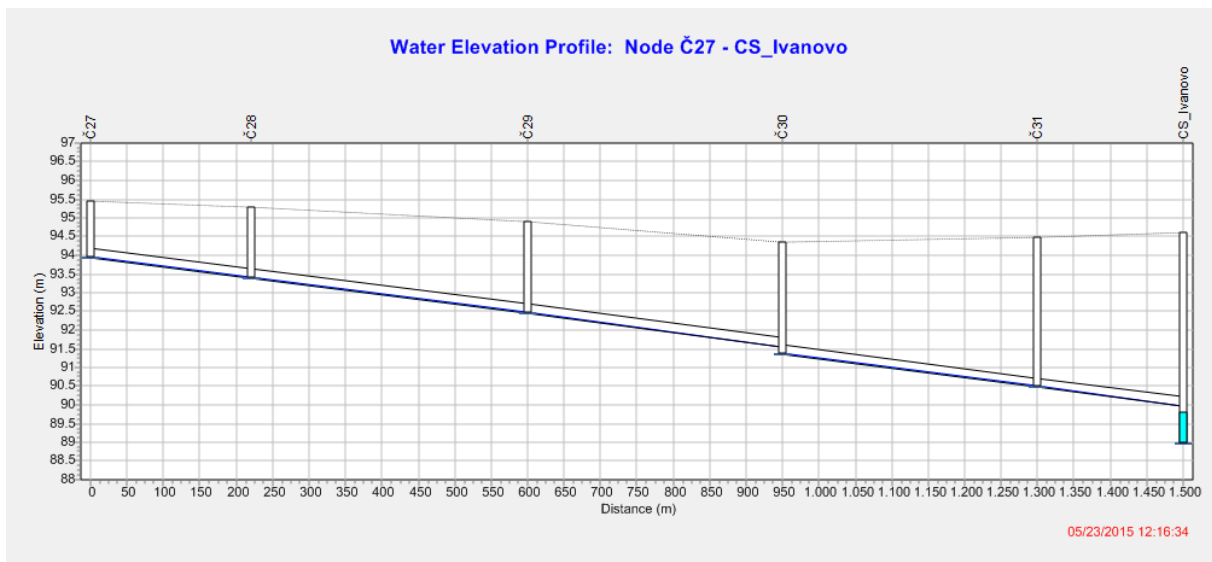
Iz priloženog radnog volumena precrpne stanice „Ivanovo“ vidi se da je maksimalni broj uključivanja crpke u jednom satu četiri, što zadovoljava postavljene uvijete.



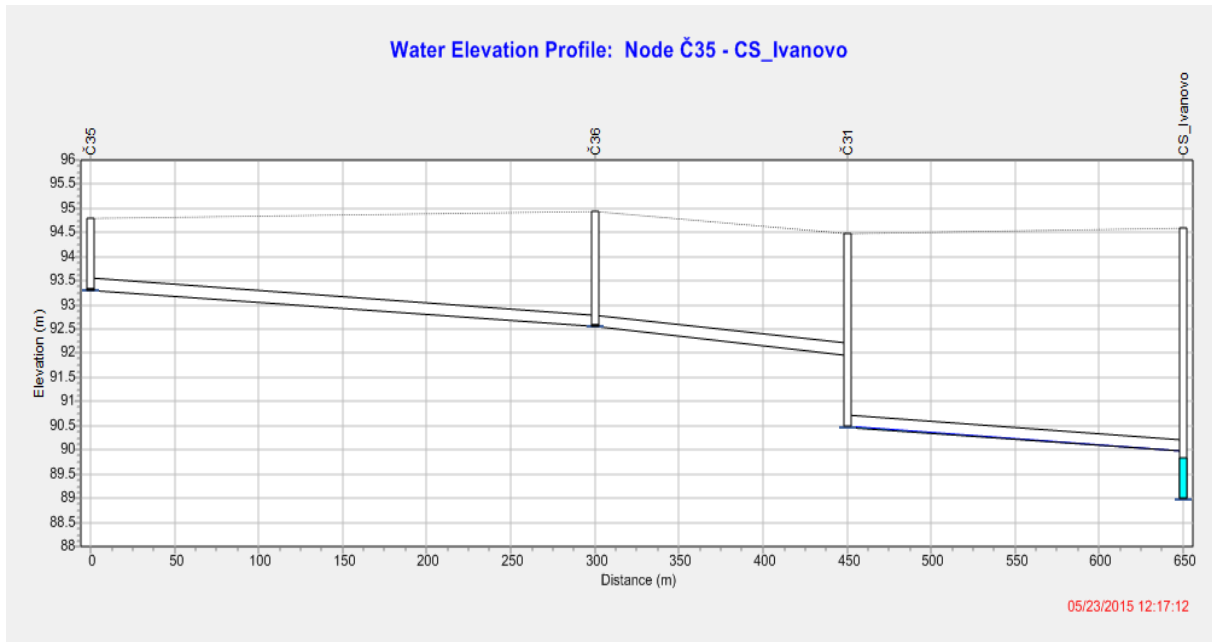
Slika 9.20. Prikaz rada crpke s protokom od 5 l/s

Iz priloženog dijagrama se vidi da je prosječni radni ciklus crpke traje cca. 3-5 minuta.

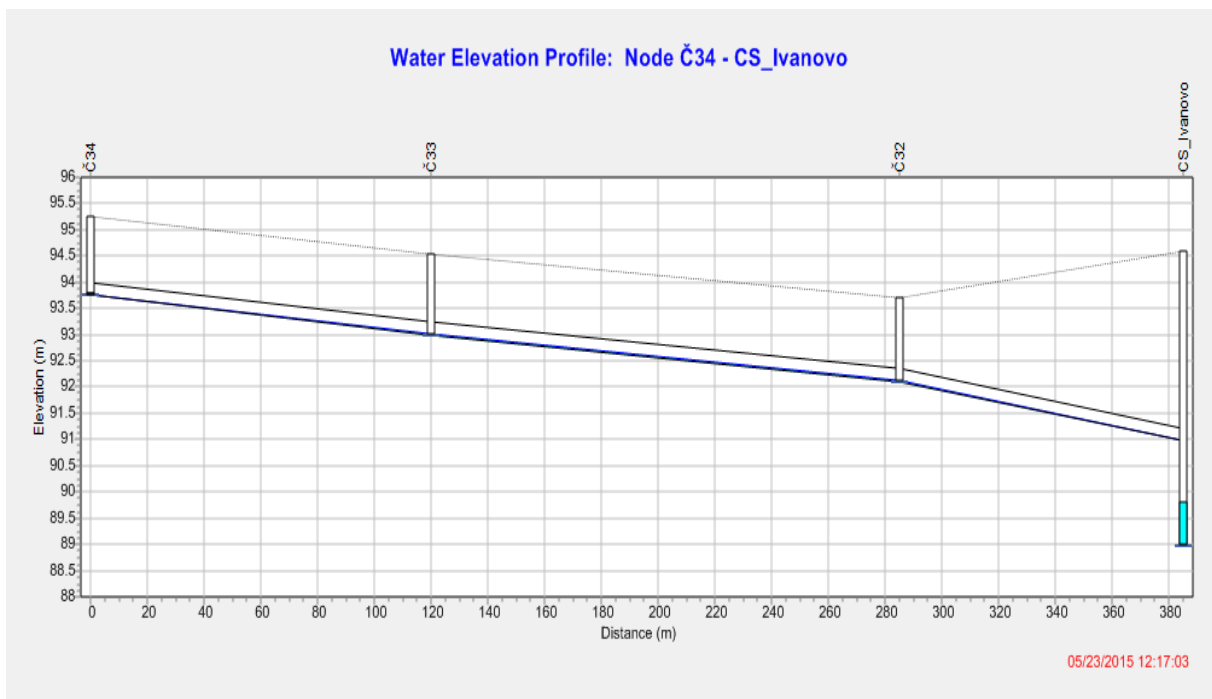
KARAKTERISTIČNI UZDUŽNI PRESJECI:



Slika 9.21. Uzdužni presjek kolektora K.5. i K.5.4. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)



Slika 9.22. Uzdužni presjek kolektora K.5.2. sa spojem na K.5. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)



Slika 9.23. Uzdužni presjek kolektora K.5.3. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)

9.1.3 Naselje Bockovac

Naselje Bockovac broji 58 stanovnika za predviđeni period do 2035. godine. Kroz naselje prolazi jedan glavni gravitacijski kolektor, koji otpadnu vodu vodi do precrpne stanice „Bockovac“.

CS „Bockovac“ prima otpadne vode cijelog naselja te se od nje tlačnim vodom otpadna sanitarna voda odvodi do gravitacijskog kolektora naselja Blanje. Gravitacijski sustav za prikupljanje otpadnih voda dimenzionira se na način da je predviđen broj stanovnika po kućanstvu tri, te sva kućanstva koja se spajaju na krakove koji vode do predviđene crpne stanice biti će opterećeni određenom potrošnjom vode za promatrano područje i množeni koeficijentima preporučenim iz literature.

SPECIFIČNA DNEVNA POTROŠNJA VODE:

Specifična potrošnja promatranog područja ranije je definirana te iznosi 150 l/dan/st, a dodatno se množi s koeficijentom umanjenja koji iznosi 0,8.

$$Q_K = 150 \cdot 0,8 = 120 \text{ l/dan/st}$$

SREDNJI DNEVNI PROTOK

Srednji dnevni protok dobiva se umnoškom specifične dnevne potrošnje i broja stanovnika promatranog područja.

$$Q_{SR,DN} = 120 \cdot 58 = 6960 \text{ l/dan} = 6,96 \text{ m}^3/\text{dan} = 0,08 \text{ l/s}$$

MAKSIMALNI DNEVNI I SATNI PROTOK (sušni i kišni režim)

Količina vode koja će se transportirati cjevovodima do crpne stanice i od crpne stanice do daljnjeg promatranog sustava ima dva moguća režima, sušni i kišni. Iz tog razloga treba izračunati maksimalni dnevni i satni protok. Jednadžbe su definirane u ranijem dijelu rada (poglavlje 9.1.1.) te se ovdje neće pobliže objašnjavati.

$$Q_{MAX}^{DNE,suš} = 6,96 \cdot 1,5 = 10,44 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$Q_{\text{MAX}}^{\text{SAT, suš}} = \frac{10,44}{24} \cdot 1,8 = 0,783 \text{ m}^3/\text{h} = 0,22 \text{ l/s}$$

Maksimalni protok za kišni period iznosi:

$$Q_{\text{MAX}}^{\text{SAT, kiš}} = 0,783 + \frac{6,96}{24} = 1,07 \text{ m}^3/\text{h} = 0,3 \text{ l/s}$$

PRILJEVNO PODRUČJE C.S. „BOCKOVAC“

Priljevno područje koje gravitira precrpnoj stanici „Bockovac“ obuhvaća cijelo naselje sa uključenom planiranom i postojećom industrijom te iznosi 58 stanovnika. Time se usvajaju sve vrijednosti za sušni i kišni režim dotoka promatranog naselja Ivanovo.

GRAVITACIJSKA KANALIZACIJSKA MREŽA

Za gravitacijsku mrežu promatranog podslivnog područja, došlo se do maksimalnog satnog dotoka u sustavu od 0,3 l/s. Ova vrijednost zadovoljava primjenu minimalnih profila gravitacijske kanalizacije ϕ 250 mm, položenih s minimalnim dozvoljenim padom od 2,5 ‰. Protok pune cijevi promjera ϕ 250 iznosi $Q=30,0$ l/s, dok je brzina pune cijevi $v=0,61$ m/s, usvajanjem minimalne vrijednosti ostavlja se dovoljna količina sigurnosti rada sustava.

Proračun maksimalnog dotoka preko proračunate norme potrošnje, ima određeno područje valjanosti. Odnosno, pretpostavljena potrošnja vode po čvorovima hidrauličke sheme, višestruko je manja od realne potrošnje po sanitarnim elementima jednog kućanstva (npr. vodokotlić kapaciteta 6 l, uz vrijeme pražnjenja od 3-4 sec, daje veće vrijednosti količine otpadnih voda od računski pretpostavljenih u hidrauličkoj shemi). Sa druge strane, dimenzije, odnosno radni profili kolektora i kolektorskih priključaka osim osiguranja tečenja proračunskih vrijednosti protoka, moraju osigurati i uvjete održavanja kolektorske mreže. Stoga za radni profil cjevovoda DN 250 i ovako male pretpostavljene proračunske količine otpadnih voda teško je osigurati brzine tečenja veće od 0,5 m/s. Iz razloga osiguranja ispiranja kanalizacijskih cjevovoda (zbog malih brzina u kanalizacijskim cijevima 0,20 – 0,50 m/s), dozvoljeno vršiti povremeno ispiranja cjevovoda (iz hidranata). Predmetna količina voda za ispiranje cjevovoda iznosi cca 5 l/s kroz razdoblje od cca 10 minuta.

DIMENZIONIRAJE CRPNIH STANICA

Na području naselja Ivanovo, unutar varijante A1 planira se izgradnja jedne precrpne stanice. Količine otpadnih voda koje dotječu u precrpne stanice prikazati će se u tablici 9.7..

Tablica 9.7. Količina otpadne vode koja dolazi u precrpnu stanicu naselja Bockovac

<i>Crpna stanica</i>	Q_{sr,dn} (l/s)	Q_{tuđe vode} (l/s)	Q_{max,sat} (l/s)	Q_{tranzit, max sat} (l/s)	Q_{max sat, ukupno} (l/s)
<i>Bockovac</i>	0,08	0,04	0,3	/	0,3

Osnovni ulazni podaci crpnih stanica dani su u tablici 9.8., relevantne geodetske visine određene su temeljem ulaznih podataka u programski paket SWMM 5.1., a očitane su iz HOK karte 1:5000 (Geoportal DGU). Unutar svake precrpne stanica odabrane su dvije crpke, jedna radna i jedna pričuvna.

Tablica 9.8. Ulazni podatci za precrpnu stanicu u naselju Bockovac

<i>Crpna stanica</i>	Q_{max,sat} (l/s)	Geodetska visina terena (m n.m.)	Kota nivelete ulaz. Kolektora (m n.m.)	H_{geod} (m)	Tlačni cjevovod, D (mm)	Duljina tlačnog voda (m)
<i>Bockovac</i>	0,3	94,47	91,82	2,05	PEHD D90	290

C.S. „BOCKOVAC“

Svi ulazni kriteriji i jednadžbe detaljno su prikazani u poglavlju 9.1.1. te se u ovom dijelu neće pobliže objašnjavati.

Odabrani promjer crpne stanice iznosi 1,0m (površine 0,785m²), dok je odabrani kapacitet crpke 3,0 l/s (radna + pričuvna crpka). Prvi kriterij za izbor veličine crpnog bazena je maksimalno dozvoljeni broj uključivanja crpki u jednom satu (n=15). Minimalni potrebni radni volumen sabirnog okna prema kriteriju dozvoljenog broja uključivanja crpki u satu iznosi:

$$V_l = 0.9 \cdot \frac{3,0}{15} = 0,18 \text{ m}^3$$

S obzirom na unutarnje tlocrtne dimenzije bazena precrpne stanice (promjera 1,0 m – površine 0,785 m²) ovaj uvjet daje radnu visinu (između nivoa uključivanja i isključivanja crpke) h_{min}=0,18 m.

Drugi kriterij o kojem je potrebno voditi računa prilikom dimenzioniranja radnog volumena bazena precrpne stanice je što kraće zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu (propiranje tlačnog cjevovoda u jednom ciklusu u idealnom slučaju) da bi se spriječilo anaerobno stanje raspadanja organskih tvari unutar otpadnih voda u cjevovodu.

Kako je preliminarni odabir dimenzije tlačnog cjevovoda PEHD DN90 (unutrašnji promjer cca. 80mm) u nastavku je izvršena provjera maksimalnih radnih volumena tekućine u tlačnim cjevovodima za kritične slučajeve:

$$V_{r1} = \frac{0.08^2 \cdot \pi}{4} \cdot 290 = 1,45 \text{ m}^3$$

S obzirom na predviđeni radni ciklus, pri čemu je u noćnim satima značajno reduciran dotok otpadne vode u crpne stanice, nije moguće postići potpuno zadovoljavajuće parametre vezano uz zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu.

Kombiniranjem razmatranih kriterija odabrani su crpni bazeni unutarnjeg promjera 1,0 m odnosno površine $0,785 \text{ m}^2$ s korisnom (radnom) visinom

$$h \sim 0,50 \text{ m,}$$

pri čemu stvarni radni volumen bazena iznosi $V_r = 0,38 \text{ m}^3$ (propiranje cca. 80 m tlačnog cjevovoda). Odnosno potrebno je četiri radna ciklusa crpke za propiranje tlačnog cjevovoda.

Prema hidrauličkom proračunu, može se pretpostaviti da je minimalni dnevni dotok otpadnih voda u crpnu stanicu „Bockovac“ $Q_{\min} = 0,12 \text{ l/s}$. Vrijeme jednog radnog ciklusa u tom razdoblju iznosi:

$$t = \frac{V_r}{Q_{\min}} \cong 3166 \text{ sec} \cong 53 \text{ min,}$$

dakle vrijeme propiranja tlačnog cjevovoda kroz četiri ciklusa iznosi cca 211 minute (3,5h) što je prihvatljivo jer je dozvoljeno vrijeme zadržavanja otpadne vode u tlačnom cjevovodu do 6 sati.

Završni proračun crpke se svodi na snagu elektromotora kojom se masa otpadne vode s jedne točke podiže i odvodi na drugu.

$$\Delta H_{UK} = 2,5 + 1,3 = 3,8 \text{ m}$$

$$H_{\text{MAN}} = \Delta H_{\text{UK}} + H_{\text{GEODETSKO}} = 3,8 + 2,05 = 5,85 \text{ m}$$

Snaga jedne crpke iznosi:

$$P = \frac{9,81 \cdot 0,003 \cdot 5,85}{0,95} = 0,18 \text{ kW}$$

Instalirana snaga crpke povećava se za 15% te na kraju iznosi 0,20 kW.

LOKACIJA



Slika 9.24. Lokacija C.S. „Bockovac“ (<https://www.google.hr/maps>)

PRORAČUN U SWMM 5.1.

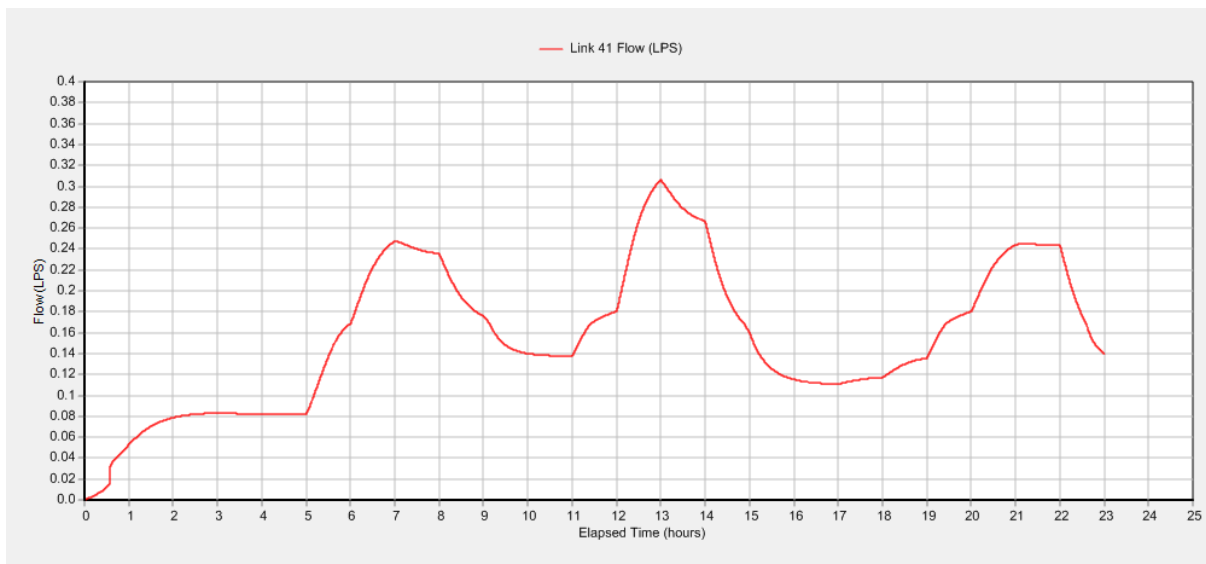
Kroz analizu u programskom paketu SWMM dokazat će se točnost prethodnog računskog proračuna te simulacijom potvrditi rezultate predviđenog sustava odvodnje na zadanom promatranom području naselja Bockovac.

Unutar programskog paketa potrebno je zadati sve ulazne parametre kao što je koeficijent satne potrošnje preuzet iz literature za mala ruralna naselja, definirati dotok tuđih voda, zadati krivulje protoka crpki u sustavu itd.

Također će se prikazati i karakteristični uzdužni presjeci kolektora koji vode do C.S. „Bockovac“, kao i prikaz dotoka na crpnu stanicu koji se u potpunosti poklapa s prijašnjim

računskim dijelom, čime se potvrđuje točnost ulaznih parametara unutar sustava. Hidraulička shema biti će priložena u nacrtima, u sklopu promatranog varijantnog rješenja.

Računom se dobilo da maksimalni satni dotok koji dolazi sa kolektora na C.S. „Bockovac“ iznosi 0,3 l/s.

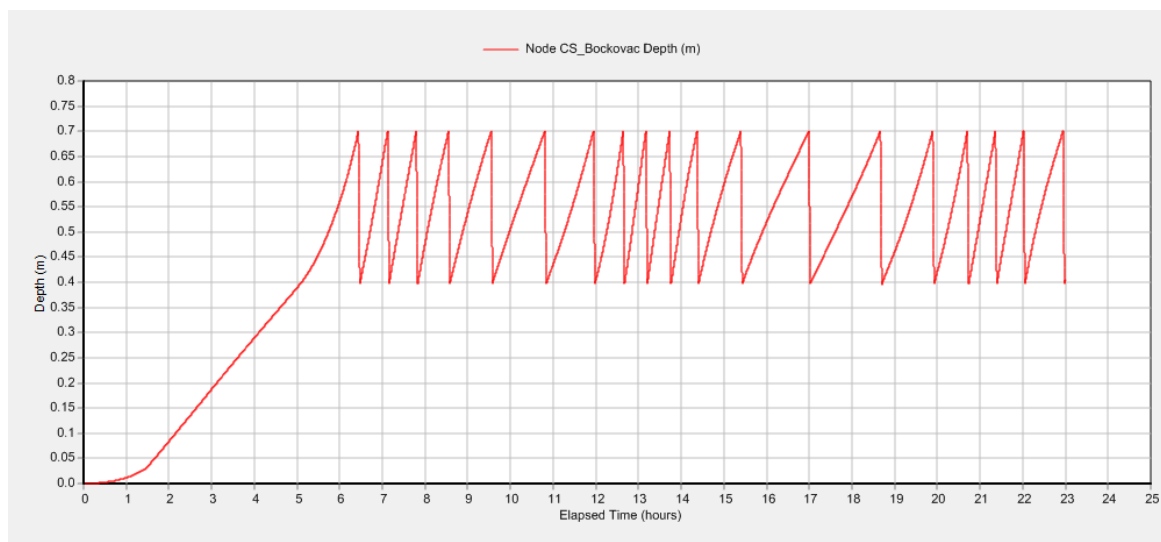


Slika 9.25. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.4. u C.S. „Bockovac“ (0,3 l/s)

Maksimalni satni dotok unutar programskog paketa SWMM iznosi:

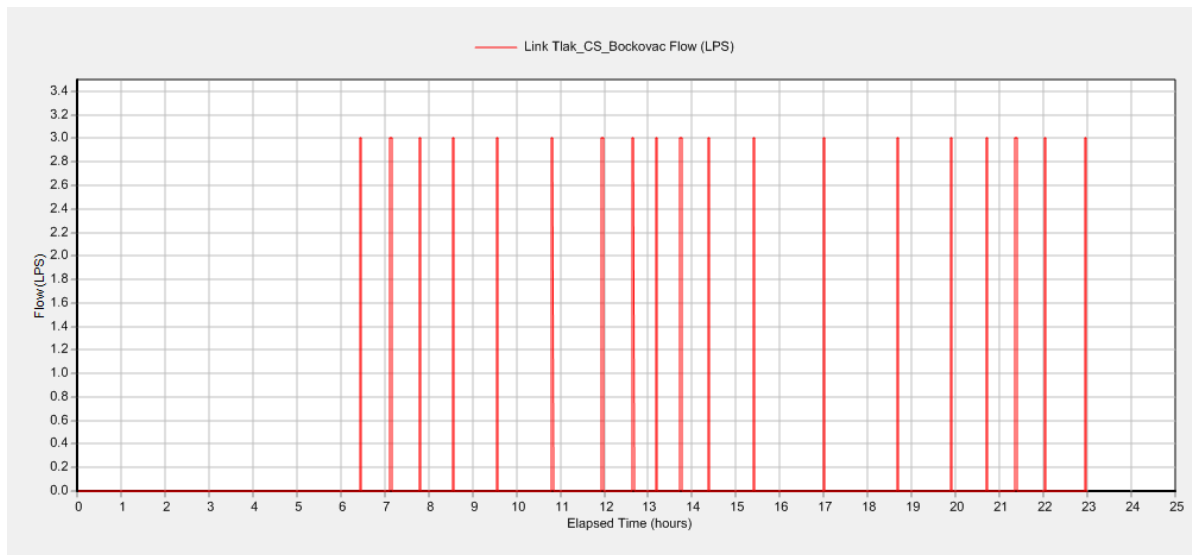
$$Q_{MAX,h} = 0,3 \text{ l/s,}$$

što odgovara računskim vrijednostima.



Slika 9.26. Prikaz radnog volumena C.S. „Bockovac“

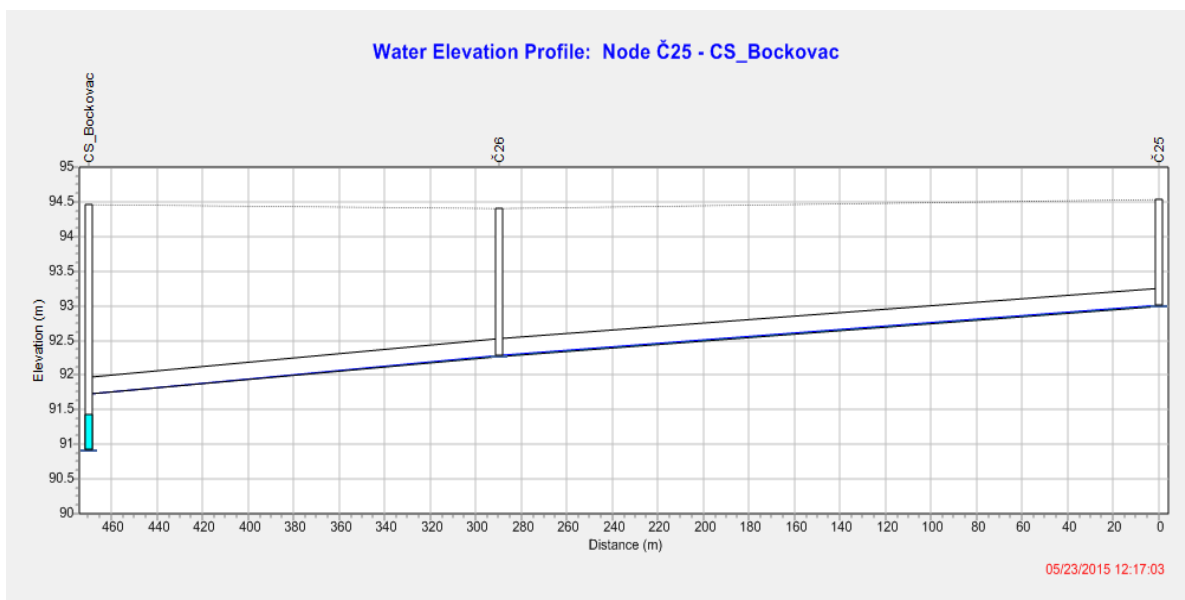
Iz priloženog radnog volumena precrpne stanice „Bockovac“ vidi se da je maksimalni broj uključivanja crpke u jednom satu dva, što zadovoljava postavljene uvijete.



Slika 9.27. Prikaz rada crpke s protokom od 3,0 l/s

Iz priloženog dijagrama se vidi da je prosječni radni ciklus crpke traje cca. 2 minute.

KARAKTERISTIČNI UZDUŽNI PRESJECI:



Slika 9.28. Uzdužni presjek kolektora K.4. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)

9.1.4 Naselje Blanje

Naselje Blanje broji 51 stanovnika za predviđeni period do 2035. godine. Kroz naselje prolazi glavni gravitacijski kolektor na koji se spajaju jedan priključni kolektor, oni vode otpadnu vodu do precrpne stanice „Blanje“. Na glavni kolektor K.3. priključuju se i tranzitne vode koje dolaze s C.S. „Ivanovo“ i „Bockovac“ te zajedno dolaze do C.S. „Blanje“.

C.S. „Blanje“ prima otpadne vode cijelog naselja (uključujući i tranzitne vode naselja Ivanovo i Krunoslavlje) te se tlačnim vodom od nje otpadna sanitarna voda odvodi do centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Gravitacijski sustav za prikupljanje otpadnih voda dimenzionira se na način da je predviđen broj stanovnika po kućanstvu tri, te sva kućanstva koja se spajaju na krakove koji vode do predviđene crpne stanice biti će opterećeni određenom potrošnjom vode za promatrano područje i množeni koeficijentima preporučenim iz literature.

SPECIFIČNA DNEVNA POTROŠNJA VODE:

Specifična potrošnja promatranog područja ranije je definirana te iznosi 150 l/dan/st, a dodatno se množi s koeficijentom umanjenja koji iznosi 0,8.

$$Q_K = 150 \cdot 0,8 = 120 \text{ l/dan/st}$$

SREDNJI DNEVNI PROTOK

Srednji dnevni protok dobiva se umnoškom specifične dnevne potrošnje i broja stanovnika promatranog područja.

$$Q_{SR, DN} = 120 \cdot 51 = 6120 \text{ l/dan} = 6,12 \text{ m}^3/\text{dan}$$

MAKSIMALNI DNEVNI I SATNI PROTOK (sušni i kišni režim)

Količina vode koja će se transportirati cjevovodima do crpne stanice i od crpne stanice do daljnjeg promatranog sustava ima dva moguća režima, sušni i kišni. Iz tog razloga treba izračunati maksimalni dnevni i satni protok. Jednadžbe su definirane u ranijem dijelu rada (poglavlje 9.1.1.) te se ovdje neće pobliže objašnjavati.

$$Q_{MAX}^{DNE,suš} = 6,12 \cdot 1,5 = 9,18 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$Q_{MAX}^{SAT,suš} = \frac{9,18}{24} \cdot 1,8 = 0,69 \text{ m}^3/\text{h} = 0,19 \text{ l/s}$$

Maksimalni protok za kišni period iznosi:

$$Q_{MAX}^{SAT,kiš} = 0,69 + \frac{6,12}{24} = 0,945 \text{ m}^3/\text{h} = 0,262 \text{ l/s}$$

PRILJEVNO PODRUČJE C.S. „BLANJE“

Priljevno područje koje gravitira precrpnoj stanici Blanje obuhvaća cijelo naselje s 51 stanovnikom. Time se usvajaju sve vrijednosti za sušni i kišni režim dotoka promatranog naselja Blanje. Potrebno je dodati i tranzitne vode koje dolaze iz naselja Ivanovo i Bockovac.

GRAVITACIJSKA KANALIZACIJSKA MREŽA

Za gravitacijsku mrežu promatranog podslivnog područja, došlo se do maksimalnog satnog dotoka u sustavu od 0,262 l/s, tome se još pridodaju tranzitne vode koje preko precrpnih stanica dolaze u kolektor te ukupno iznose 2,2 l/s prosječno. Kako se otpadne vode iz susjednih naselja prebacuju tlačnim putem s radom crpki od 5,0 l/s (Ivanovo) odnosno 3,0 l/s (Bockovac), mogući maksimalni protok u kolektoru naselja Blanje može iznositi 8,26 l/s. Ova vrijednost zadovoljava primjenu minimalnih profila gravitacijske kanalizacije ϕ 250 mm, položenih s minimalnim dozvoljenim padom od 2,5 ‰. Protok pune cijevi promjera ϕ 250 iznosi $Q=30,0$ l/s, dok je brzina pune cijevi $v=0,61$ m/s, usvajanjem minimalne vrijednosti ostavlja se dovoljna količina sigurnosti rada sustava.

Proračun maksimalnog dotoka preko proračunate norme potrošnje, ima određeno područje valjanosti. Odnosno, pretpostavljena potrošnja vode po čvorovima hidrauličke sheme, višestruko je manja od realne potrošnje po sanitarnim elementima jednog kućanstva (npr. vodokotlić kapaciteta 6 l, uz vrijeme pražnjenja od 3-4 sec, daje veće vrijednosti količine otpadnih voda od računski pretpostavljenih u hidrauličkoj shemi). Sa druge strane, dimenzije, odnosno radni profili kolektora i kolektorskih priključaka osim osiguranja tečenja proračunskih vrijednosti protoka, moraju osigurati i uvjete održavanja kolektorske mreže. Stoga za radni profil cjevovoda DN 250 i ovako male pretpostavljene proračunske količine

otpadnih voda teško je osigurati brzine tečenja veće od 0,5 m/s. Iz razloga osiguranja ispiranja kanalizacijskih cjevovoda (zbog malih brzina u kanalizacijskim cijevima 0,20 – 0,50 m/s), dozvoljeno vršiti povremeno ispiranja cjevovoda (iz hidranata). Predmetna količina voda za ispiranje cjevovoda iznosi cca 5 l/s kroz razdoblje od cca 10 minuta.

DIMENZIONIRAJE CRPNE STANICE

Na području naselja Blanje, unutar varijante A.1. planira se izgradnja jedne precrpne stanice. Količine otpadnih voda koje dotječu u precrpne stanice prikazati će se u tablici 9.9..

Tablica 9.9. Količina otpadne vode koja dolazi u precrpnu stanicu naselja Blanje

<i>Crpna stanica</i>	Q_{sr,dn} (l/s)	Q_{tuđe vode} (l/s)	Q_{max,sat} (l/s)	Q_{tranzit, max sat} (l/s)	Q_{max sat, ukupno} (l/s)
<i>Blanje</i>	0,07	0,035	0,262	2,2	2,462

Osnovni ulazni podaci crpnih stanica dani su u tablici 9.10., relevantne geodetske visine određene su temeljem ulaznih podataka u programski paket SWMM 5.1., a očitane su iz HOK karte 1:5000 (Geoportal DGU). Unutar svake precrpne stanice odabrane su dvije crpke, jedna radna i jedna pričuvna.

Tablica 9.10. Ulazni podatci za precrpnu stanicu u naselju Ivanovo

<i>Crpna stanica</i>	Q_{max,sat} (l/s)	Geodetska visina terena (m n.m.)	Kota nivelete ulaz. Kolektora (m n.m.)	H_{geod} (m)	Tlačni cjevovod, D (mm)	Duljina tlačnog voda (m)
<i>Blanje</i>	2,46	94,25	91,94	2,12	PEHD D100	1350

C.S. „BLANJE“

Svi ulazni kriteriji i jednadžbe detaljno su prikazani u poglavlju 9.1.1. te se u ovom dijelu neće pobliže objašnjavati.

Odabrani promjer crpne stanice iznosi 1,8m (površine 2,54m²), dok je odabrani kapacitet crpke 5,0 l/s (radna + pričuvna crpka). Prvi kriterij za izbor veličine crpnog bazena je maksimalno dozvoljeni broj uključivanja crpki u jednom satu (n=15). Minimalni potrebni radni volumen sabirnog okna prema kriteriju dozvoljenog broja uključivanja crpki u satu iznosi:

$$V_l = 0,9 \cdot \frac{5,0}{15} = 0,3 \text{ m}^3$$

S obzirom na unutarnje tlocrtne dimenzije bazena precrpne stanice (promjera 1,8 m – površine 2,54 m²) ovaj uvjet daje radnu visinu (između nivoa uključivanja i isključivanja crpke) $h_{\min}=0,12 \text{ m}$.

Drugi kriterij o kojem je potrebno voditi računa prilikom dimenzioniranja radnog volumena bazena precrpne stanice je što kraće zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu (propiranje tlačnog cjevovoda u jednom ciklusu u idealnom slučaju) da bi se spriječilo anaerobno stanje raspadanja organskih tvari unutar otpadnih voda u cjevovodu.

Kako je preliminarni odabir dimenzije tlačnog cjevovoda PEHD DN100 (unutrašnji promjer cca. 90mm) u nastavku je izvršena provjera maksimalnih radnih volumena tekućine u tlačnim cjevovodima za kritične slučajeve:

$$V_{t1} = \frac{0,09^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1350 = 8,59 \text{ m}^3$$

S obzirom na predviđeni radni ciklus, pri čemu je u noćnim satima značajno reduciran dotok otpadne vode u crpne stanice, nije moguće postići potpuno zadovoljavajuće parametre vezano uz zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu.

Kombiniranjem razmatranih kriterija odabrani su crpni bazeni unutarnjeg promjera 1,8 m odnosno površine 2,54 m² s korisnom (radnom) visinom

$$\mathbf{h \sim 0,50 \text{ m,}}$$

pri čemu stvarni radni volumen bazena iznosi $V_r = 1,27 \text{ m}^3$ (propiranje cca. 200 m tlačnog cjevovoda). Odnosno potrebno je sedam radnih ciklusa crpke za propiranje tlačnog cjevovoda.

Prema hidrauličkom proračunu, može se pretpostaviti da je minimalni dnevni dotok otpadnih voda u crpnu stanicu „Blanje“ $Q_{\min} = 1,0 \text{ l/s}$. Vrijeme jednog radnog ciklusa u tom razdoblju iznosi:

$$t = \frac{V_r}{Q_{\min}} \cong 1270 \text{ sec} \hat{=} 22 \text{ min ,}$$

dakle vrijeme propiranja tlačnog cjevovoda kroz sedam ciklusa iznosi cca 148 minute (2,4h) što je prihvatljivo jer je dozvoljeno vrijeme zadržavanja otpadne vode u tlačnom cjevovodu do 6 sati.

Završni proračun crpke se svodi na snagu elektromotora kojom se masa otpadne vode s jedne točke podiže i odvodi na drugu.

$$\Delta H_{UK} = 2,5 + 9,45 = 11,95 \text{ m}$$

$$H_{MAN} = \Delta H_{UK} + H_{GEODETSKO} = 11,95 + 2,12 = 14,07 \text{ m}$$

Snaga jedne crpke iznosi:

$$P = \frac{9,81 \cdot 0,005 \cdot 14,07}{0,95} = 0,73 \text{ kW}$$

Instalirana snaga crpke povećava se za 15% te na kraju iznosi 0,84 kW.

LOKACIJA



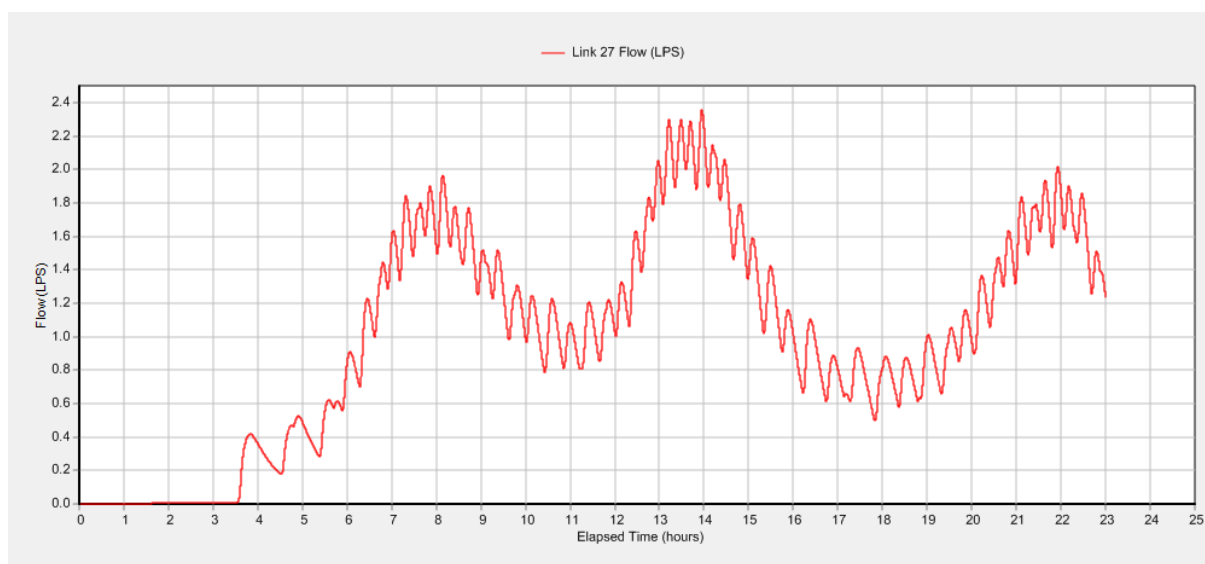
Slika 9.29. Lokacija C.S. „Blanje“ (<https://www.google.hr/maps>)

PRORAČUN U SWMM 5.1.

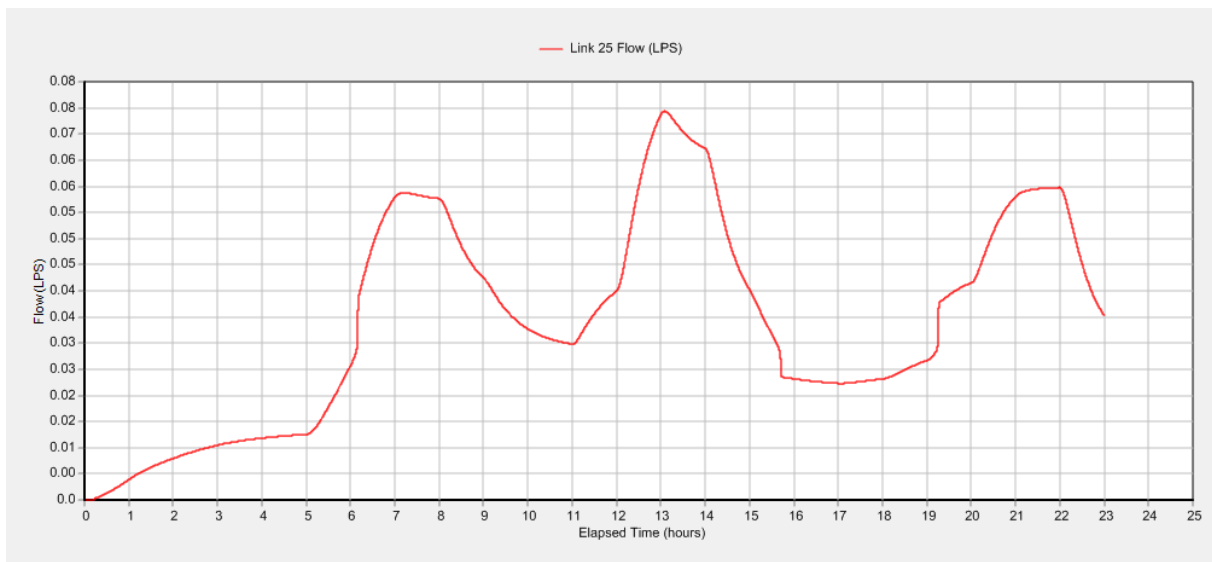
Kroz analizu u programskom paketu SWMM dokazat će se točnost prethodnog računskog proračuna te simulacijom potvrditi rezultate predviđenog sustava odvodnje na zadanom promatranom području naselja Blanje.

Unutar programskog paketa potrebno je zadati sve ulazne parametre kao što je koeficijent satne potrošnje preuzet iz literature za mala ruralna naselja, definirati dotok tuđih voda, zadati krivulje protoka crpki u sustavu itd.

Također će se prikazati i karakteristični uzdužni presjeci kolektora koji vode do C.S. „Blanej“, kao i prikaz dotoka na crpnu stanicu koji se u potpunosti poklapa s prijašnjim računskim dijelom, čime se potvrđuje točnost ulaznih parametara unutar sustava. Dati će se ispis vrijednosti protoka unutar shematskih čvorova, a hidraulička shema biti će priložena u nacrtima, u sklopu promatranog varijantnog rješenja.



Slika 9.30. Prikaz maksimalnog tranzitnog protoka iz naselja Ivanovo i Blanje te protoka u kolektoru K.3. (2,35 l/s)

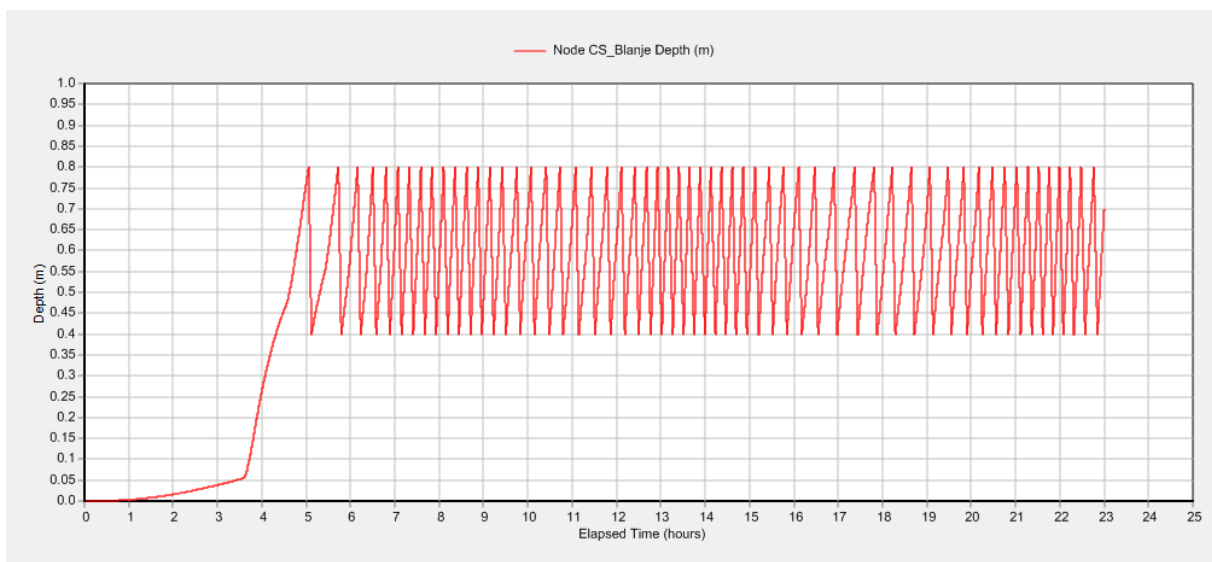


Slika 9.31. Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.3.1. u C.S. „Blanje“ (0,08 l/s)

Maksimalni satni dotok unutar programskog paketa SWMM iznosi:

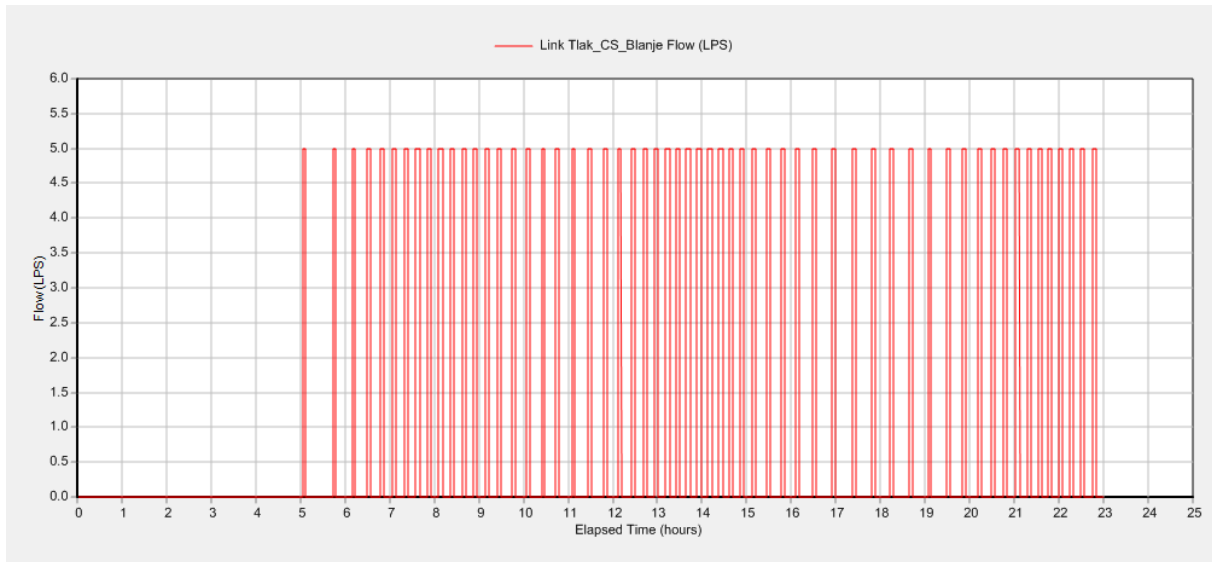
$$Q_{MAX,h} = 2,35 + 0,08 = 2,43 \text{ l/s,}$$

što odgovara računskim vrijednostima.



Slika 9.32. Prikaz radnog volumena C.S. „Blanje“

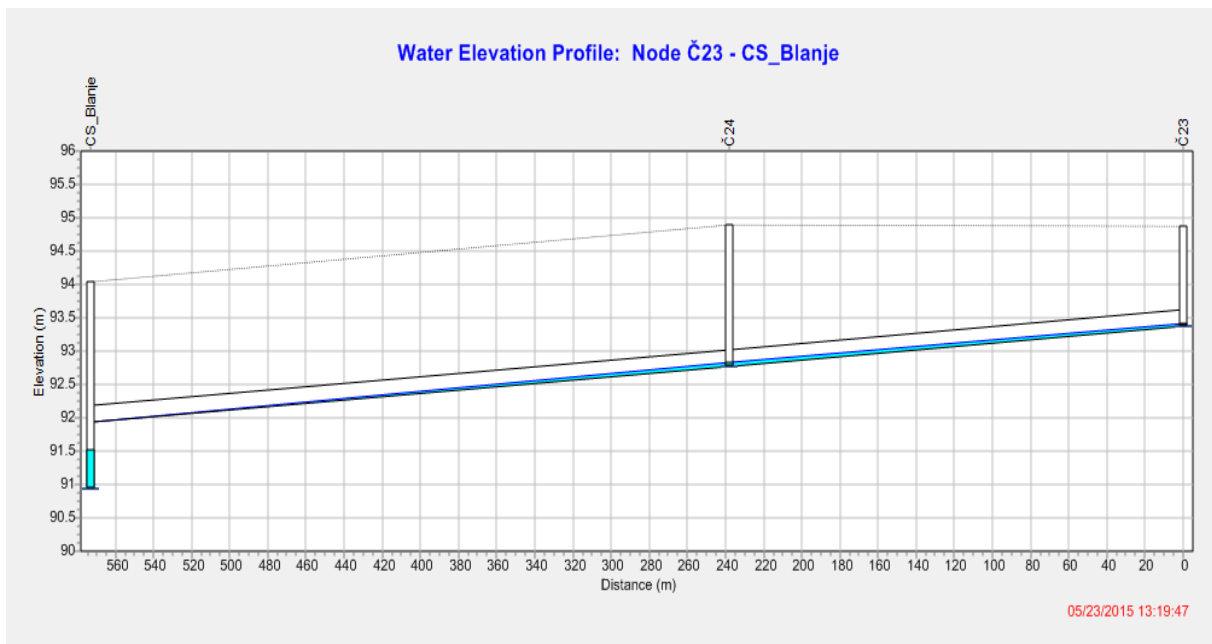
Iz priloženog radnog volumena precrpne stanice „Blanje“ vidi se da je maksimalni broj uključivanja crpke u jednom satu četiri, što zadovoljava postavljene uvijete.



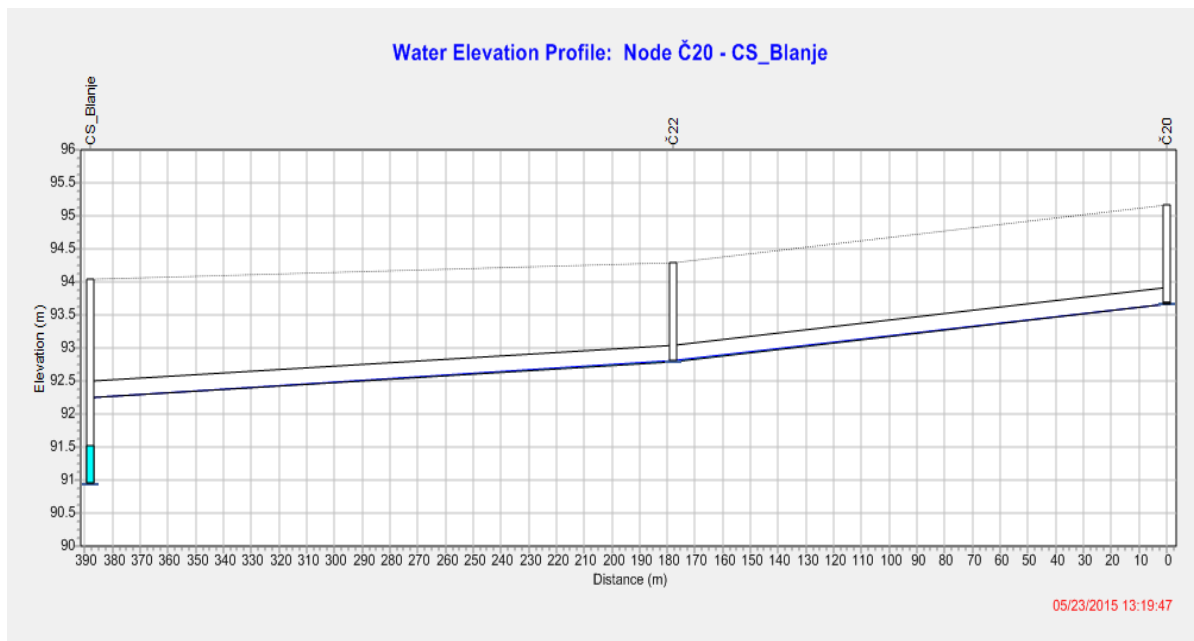
Slika 9.33. Prikaz rada crpke s protokom od 5 l/s

Iz priloženog dijagrama se vidi da je prosječni radni ciklus crpke traje cca. 2-5 minuta.

KARAKTERISTIČNI UZDUŽNI PRESJECI:



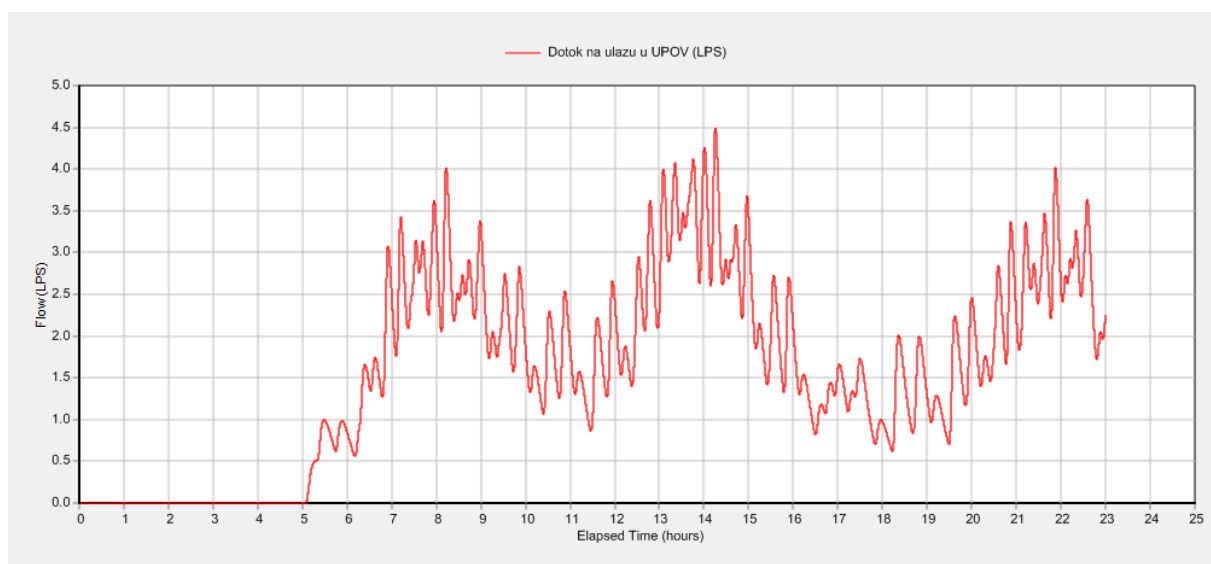
Slika 9.34. Uzdužni presjek kolektora K.3. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (13h)



Slika 9.35. Uzdužni presjek kolektora K.3.1. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (13h)

UKUPNI MAKSIMALNI DOTOK NA UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE

Ukupni maksimalni satni dotok koji će doći na predviđeni UPOV od četiri promatrana naselja biti će prikazan u slici 9.34. unutar programskog paketa SWMM. Maksimalni satni dotok predstavlja zbroj svih dotoka iz kanalizacijskog sustava promatranih naselja, a iznosi 4,5 l/s. Ovo je teorijski dotok, koji ne predstavlja stvarnu sliku zbog periodičnog rada precrpnih stanica kojima se voda dovodi od naselja do uređaja za pročišćavanje. Stvarni dotok će bit prikazan na slici 9.35..



Slika 9.36. Dotok s promatranog područja (Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo) na UPOV

9.2 GRAVITACIJSKA KANALIZACIJA DECENTRALIZIRANOG SUSTAVA

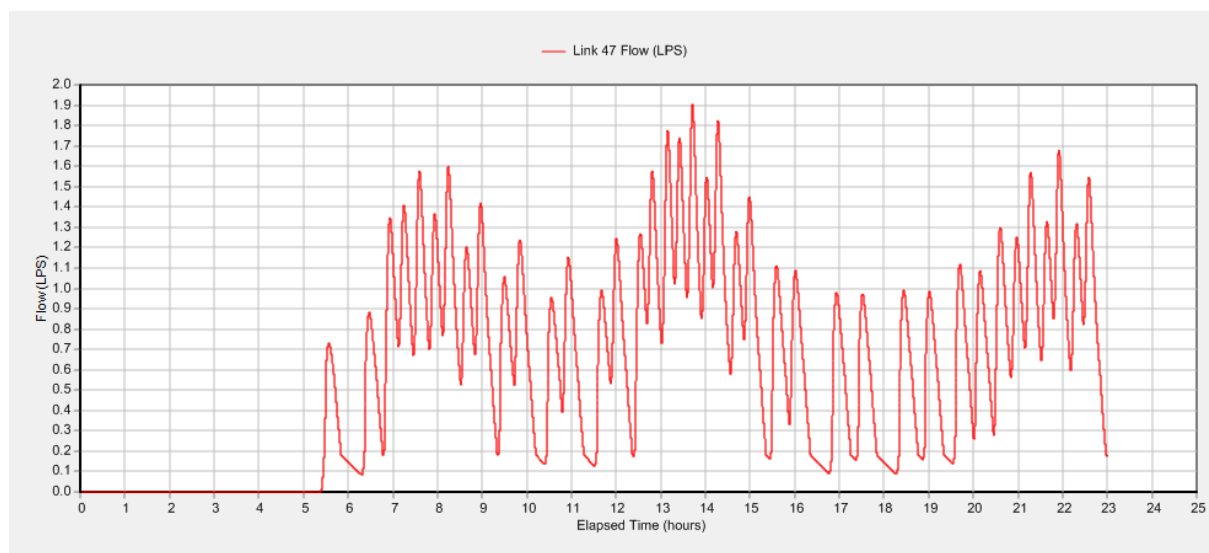
Decentraliziran sustav predstavljaju tri podsustava, naselje Kapelna, naselje Ivanovo te naselja Blanje i Bockovac s kojih će se zajednički otpadna voda odvoditi na uređaj za pročišćavanje. Postavke unutar decentraliziranog sustava biti će gotovo iste kao i za centralizirani sustav, glavna razlika su puno kraći tlačni cjevovodi koji otpadnu vodu iz naselja vode do UPOV-a.

Situacija decentraliziranog sustava biti će priložena u nacrtima varijante B, s predviđenim lokacijama UPOV-a, gravitacijskih i tlačnih vodova te lokacijama precrpnih stanica. Kako su za centraliziran sustav već izračunate i obrađene ulazne postavke, opterećenje koje dolazi do uređaja za pročišćavanje te dimenzionirane CS, u ovom dijelu će se samo prikazati osnovni izlazni podatci pojedinačno za svaki podsustav.

Treba napomenuti kako je došlo do promjene lokacije precrpnice „Ivanovo“ u naselju Ivanovo, a time i do promjene hidrauličke sheme tako da će ona biti detaljnije obrađena za razliku od ostalih podsustava.

9.2.1 Podsustav Kapelna

Položaj tlačnih i gravitacijskih cjevovoda te dimenzije i snage crpki iste su kao i kod centraliziranog sustava. Lokacija uređaja navedena je u poglavlju 8.4.2. tako da ovdje neće biti detaljnije analizirana nego će se prikazati satno opterećenje otpadnih voda s promatranog podsustava (naselja Kapelna) unutar programskog paketa SWMM.



Slika 9.37. Ukupan satni dotok s podsustava Kapelna na UPOV (1,9 l/s)

9.2.2 Podsustav Blanje i Bockovac

Kao i za prethodni podsustav, sve temeljne karakteristike ostale su iste, ali smanjenjem tlačnog voda precrpne stanice „Blanje“ smanjuje se i njena potrebna snaga. Kako u ovom decentraliziranom varijantnom rješenju C.S. „Blanje“ ne skuplja otpadnu vodu naselja Ivanovo smanjuje se i potreban volumen iste.

C.S. „BLANJE“

Svi ulazni kriteriji i jednadžbe detaljno su prikazani u poglavlju 9.1.1. te se u ovom dijelu neće pobliže objašnjavati.

Odabrani promjer crpne stanice iznosi 1,8m (površine 2,54 m²), dok je odabrani kapacitet crpke 5,0 l/s (radna + pričuvna crpka). Prvi kriterij za izbor veličine crpnog bazena je maksimalno dozvoljeni broj uključivanja crpki u jednom satu (n=15). Minimalni potrebni radni volumen sabirnog okna prema kriteriju dozvoljenog broja uključivanja crpki u satu iznosi:

$$V_l = 0.9 \cdot \frac{3,0}{15} = 0,18 \text{ m}^3$$

S obzirom na unutarnje tlocrtne dimenzije bazena precrpne stanice (promjera 1,8 m – površine 2,54 m²) ovaj uvjet daje radnu visinu (između nivoa uključivanja i isključivanja crpke) $h_{\min}=0,1$ m.

Drugi kriterij o kojem je potrebno voditi računa prilikom dimenzioniranja radnog volumena bazena precrpne stanice je što kraće zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu (propiranje tlačnog cjevovoda u jednom ciklusu u idealnom slučaju) da bi se spriječilo anaerobno stanje raspadanja organskih tvari unutar otpadnih voda u cjevovodu.

Kako je preliminarni odabir dimenzije tlačnog cjevovoda PEHD DN90 (unutrašnji promjer cca. 80mm) u nastavku je izvršena provjera maksimalnih radnih volumena tekućine u tlačnim cjevovodima za kritične slučajeve:

$$V_{r1} = \frac{0.08^2 \cdot \pi}{4} \cdot 280 = 1,4 \text{ m}^3$$

S obzirom na predviđeni radni ciklus, pri čemu je u noćnim satima značajno reduciran dotok otpadne vode u crpne stanice, nije moguće postići potpuno zadovoljavajuće parametre vezano uz zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu.

Kombiniranjem razmatranih kriterija odabrani su crpni bazeni unutarnjeg promjera 1,0 m odnosno površine $0,785 \text{ m}^2$ s korisnom (radnom) visinom

$$h \sim 0,30 \text{ m,}$$

pri čemu stvarni radni volumen bazena iznosi $V_r = 0,76 \text{ m}^3$ (propiranje cca. 150 m tlačnog cjevovoda). Odnosno potrebna su dva radna ciklusa crpke za propiranje tlačnog cjevovoda.

Prema hidrauličkom proračunu, može se pretpostaviti da je minimalni dnevni dotok otpadnih voda u crpnu stanicu „Blanje“ $Q_{\min} = 0,2 \text{ l/s}$. Vrijeme jednog radnog ciklusa u tom razdoblju iznosi:

$$t = \frac{V_r}{Q_{\min}} \cong 3800 \text{ sec} \hat{=} 63 \text{ min,}$$

dakle vrijeme propiranja tlačnog cjevovoda kroz dva ciklusa iznosi cca 126 minute (2,1h) što je prihvatljivo jer je dozvoljeno vrijeme zadržavanja otpadne vode u tlačnom cjevovodu do 6 sati.

Završni proračun crpke se svodi na snagu elektromotora kojom se masa otpadne vode s jedne točke podiže i odvodi na drugu.

$$\Delta H_{UK} = 2,5 + 2,45 = 4,95 \text{ m}$$

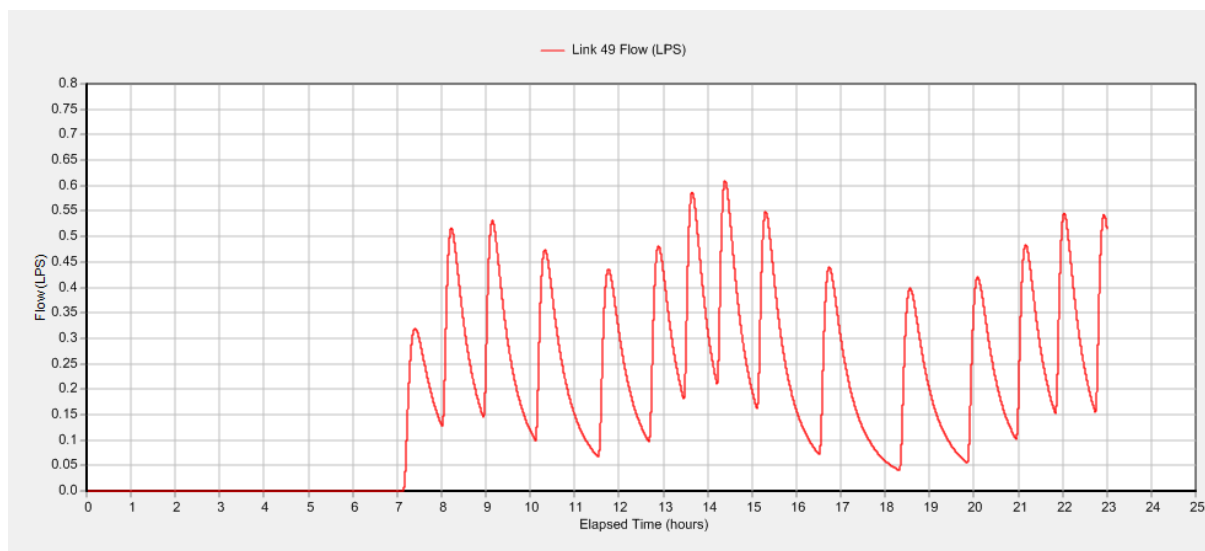
$$H_{MAN} = \Delta H_{UK} + H_{GEODETSKO} = 4,95 + 2,12 = 7,07 \text{ m}$$

Snaga jedne crpke iznosi:

$$P = \frac{9,81 \cdot 0,005 \cdot 7,07}{0,95} = 0,36 \text{ kW}$$

Instalirana snaga crpke povećava se za 15% te na kraju iznosi 0,42 kW, što daje snagu duplo manju nego u prvoj varijanti.

Lokacija uređaja navedena je u poglavlju 8.4.2. tako da ovdje neće biti detaljnije analizirana nego će se prikazati satno opterećenje otpadnih voda s promatranog podsustava (naselja Kapelna) unutar programskog paketa SWMM.



Slika 9.38. Ukupan satni dotok s podsustava Bockovac - Blanje na UPOV (0,6 l/s)

9.2.3 Podsustav Ivanovo

Unutar podsustava Ivanovo za variantu B, došlo je do najviše promjena u odnosu na početnu centraliziranu varijantu A. Sve će se promjene prikazati s potrebnim proračunima u odnosu na centraliziran sustav. Važno je napomenuti da zbog promjene lokacije precrpne stanice „Ivanovo“ dolazi do znatno manjih dubina polaganja gravitacijskih cijevi kanalizacijskog sustava.

C.S. „IVANOVO“

Svi ulazni kriteriji i jednadžbe detaljno su prikazani u poglavlju 9.1.1. te se u ovom dijelu neće pobliže objašnjavati.

Odabrani promjer crpne stanice iznosi 1,8m (površine 2,54m²), dok je odabrani kapacitet crpke 5,0 l/s (radna + pričuvna crpka). Prvi kriterij za izbor veličine crpnog bazena je maksimalno dozvoljeni broj uključivanja crpki u jednom satu (n=15). Minimalni potrebni radni volumen sabirnog okna prema kriteriju dozvoljenog broja uključivanja crpki u satu iznosi:

$$V_l = 0.9 \cdot \frac{5,0}{15} = 0,3 \text{ m}^3$$

S obzirom na unutarnje tlocrtne dimenzije bazena precrpne stanice (promjera 1,8 m – površine 2,54 m²) ovaj uvjet daje radnu visinu (između nivoa uključivanja i isključivanja crpke) $h_{\min}=0,12$ m.

Drugi kriterij o kojem je potrebno voditi računa prilikom dimenzioniranja radnog volumena bazena precrpne stanice je što kraće zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu (propiranje tlačnog cjevovoda u jednom ciklusu u idealnom slučaju) da bi se spriječilo anaerobno stanje raspadanja organskih tvari unutar otpadnih voda u cjevovodu.

Kako je preliminarni odabir dimenzije tlačnog cjevovoda PEHD DN90 (unutrašnji promjer cca. 80mm) u nastavku je izvršena provjera maksimalnih radnih volumena tekućine u tlačnim cjevovodima za kritične slučajeve:

$$V_{r1} = \frac{0.08^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1150 = 5,78 \text{ m}^3$$

S obzirom na predviđeni radni ciklus, pri čemu je u noćnim satima značajno reduciran dotok otpadne vode u crpne stanice, nije moguće postići potpuno zadovoljavajuće parametre vezano uz zadržavanje otpadnih voda u tlačnom cjevovodu.

Kombiniranjem razmatranih kriterija odabrani su crpni bazeni unutarnjeg promjera 1,8 m odnosno površine 2,54 m² s korisnom (radnom) visinom

$$\mathbf{h \sim 0,40 \text{ m,}}$$

pri čemu stvarni radni volumen bazena iznosi $V_r = 1,01 \text{ m}^3$ (propiranje cca. 200 m tlačnog cjevovoda). Odnosno potrebno je šest radnih ciklusa crpke za propiranje tlačnog cjevovoda.

Prema hidrauličkom proračunu, može se pretpostaviti da je minimalni dnevni dotok otpadnih voda u crpnu stanicu „Ivanovo“ $Q_{\min} = 0,75 \text{ l/s}$. Vrijeme jednog radnog ciklusa u tom razdoblju iznosi:

$$t = \frac{V_r}{Q_{\min}} \cong 1346 \text{ sec} \hat{=} 22 \text{ min ,}$$

dakle vrijeme propiranja tlačnog cjevovoda kroz šest ciklusa iznosi cca 135 minute (2,2h) što je prihvatljivo jer je dozvoljeno vrijeme zadržavanja otpadne vode u tlačnom cjevovodu do 6 sati.

Završni proračun crpke se svodi na snagu elektromotora kojom se masa otpadne vode s jedne točke podiže i odvodi na drugu.

$$\Delta H_{UK} = 2,5 + 13 = 15,5 \text{ m}$$

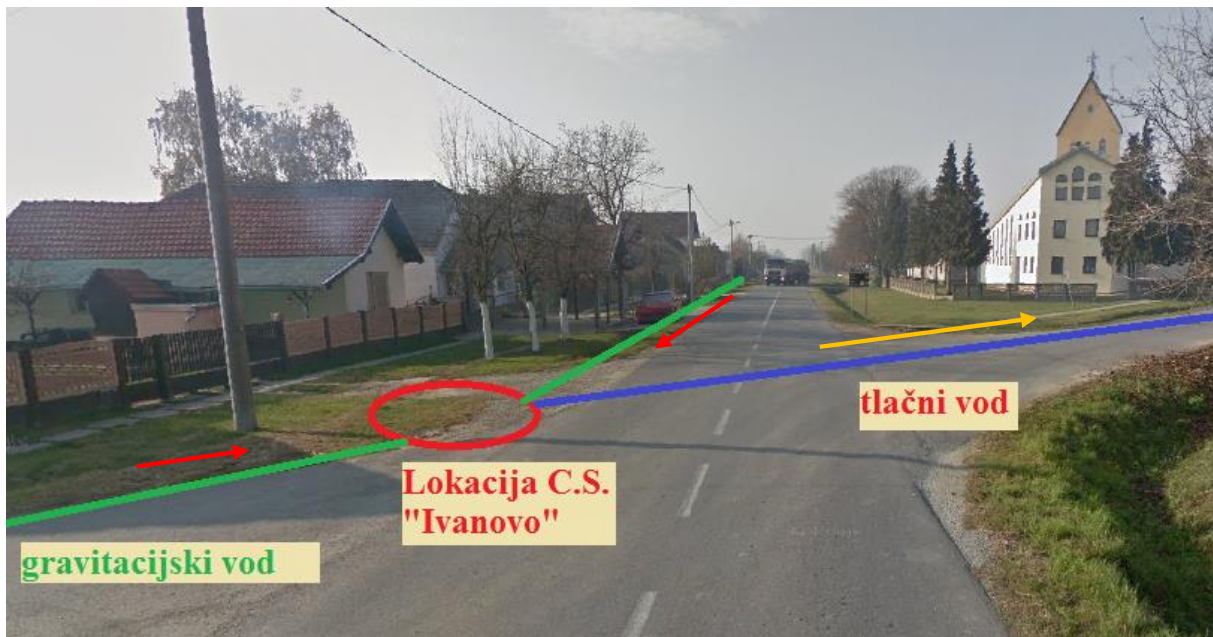
$$H_{MAN} = \Delta H_{UK} + H_{GEODETSKO} = 15,5 + 2,14 = 17,64 \text{ m}$$

Snaga jedne crpke iznosi:

$$P = \frac{9,81 \cdot 0,005 \cdot 17,64}{0,95} = 0,91 \text{ kW}$$

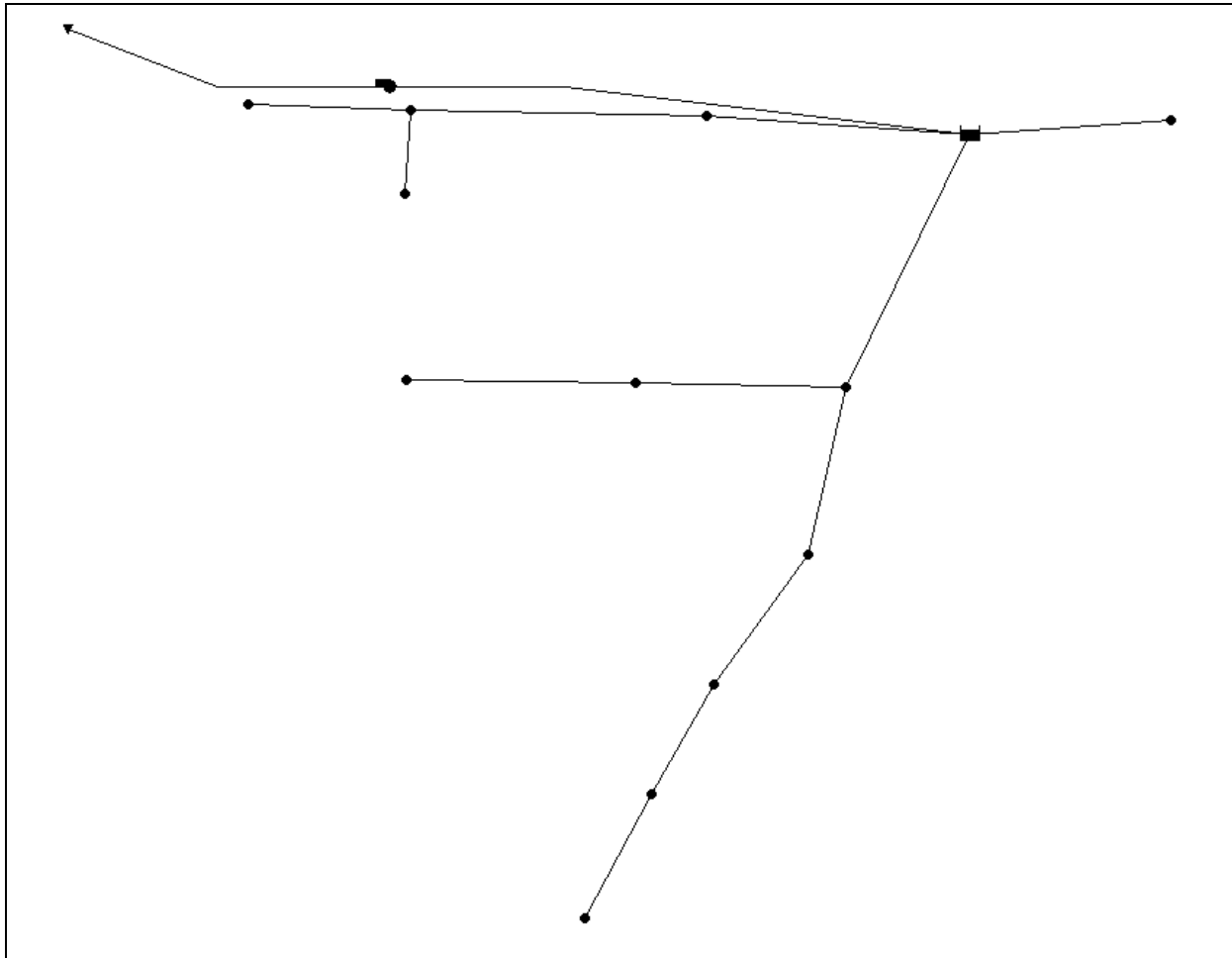
Instalirana snaga crpke povećava se za 15% te na kraju iznosi 1,05 kW.

LOKACIJA



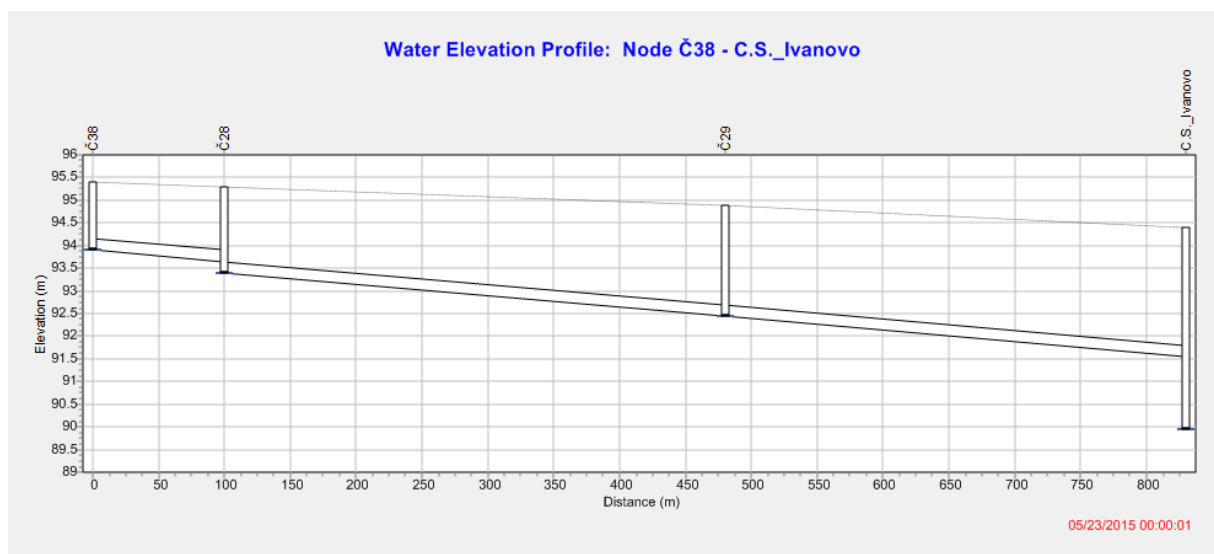
Slika 9.39. Lokacija C.S. „Ivanovo“ za varijantu B (<https://www.google.hr/maps>)

Prikazat će se novi shematski prikaz proveden u programskom paketu SWMM na slici 9.38., te uzdužni profili za varijantu B koji odstupaju od varijante A zbog promjene lokacije C.S. „Ivanovo“ na pogodnije mjesto s obzirom na lokaciju UPOV-a.

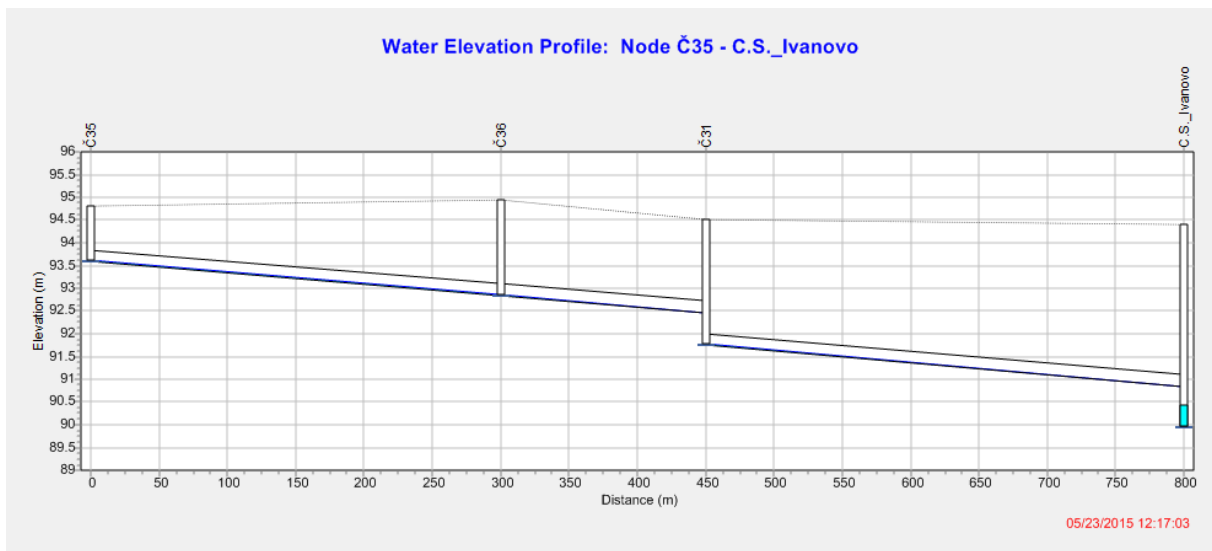


Slika 9.40. Shematski prikaz naselja Ivanovo u programskom paketu SWMM za varijantu B

KARAKTERISTIČNI UZDUŽNI PRESJECI:

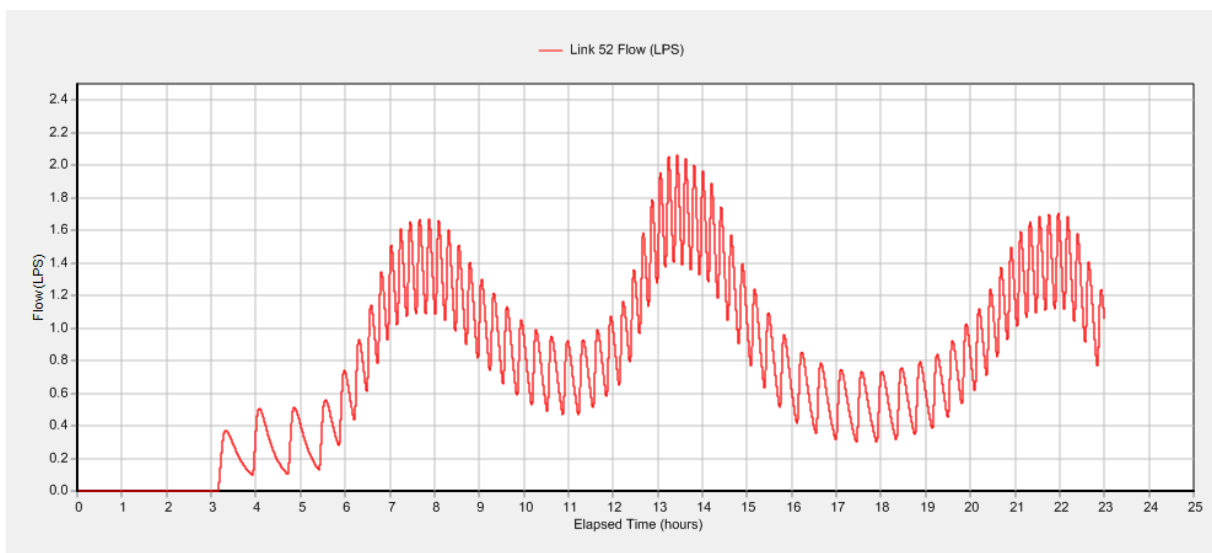


Slika 9.41. Uzdužni presjek kolektora K.5. i K.5.4. za varijantu B



Slika 9.42. Uzdužni presjek kolektora K.5.2. sa spojem na K.5.3. za varijantu B

Na slici 9.43. prikazati će se dnevni satni dotok s podsustava Ivanovo na predviđeni uređaj za pročišćavanje, s maksimalnim satnim dotokom od cca. 2,0 l/s.



Slika 9.43. Ukupan satni dotok s podsustava Ivanovo na UPOV (2,0 l/s)

10. APROKSIMACIJA TROŠKOVA

U ovom dijelu rada će se aproksimirati troškovi izgradnje cjelokupnog kanalizacijskog sustava za sve obrađene varijante unutar rada. Na temelju aproksimiranih cijena izgradnje sustava te tehnoloških karakteristika sustava, ranije obrađenih u radu, doći će se do optimalnog izbora rješenja cjelokupnog kanalizacijskog sustava naselja: Kapelna, Ivanovo, Blanje i Bockovac.

Aproksimacijski troškovi služiti će samo za odabir optimalnog rješenja, te se ne mogu uzeti kao važeće za stvarnu procjenu izgradnje sustava. Izgradnja pojedinih građevina unutar sustava općenito ovisi o nizu faktora, kao što su: geomehanički uvjeti, razina podzemne vode, blizina zgrada, postojeće instalacije usvojeni način izgradnje i dr.

10.1 JEDINIČNE CIJENE

Jediničnim cijenama će se doći do približno stvarne vrijednosti kanalizacijskih sustava kroz navedene varijante. Treba napomenuti kako u Hrvatskoj ne postoji mnogo objavljenih istraživanja o troškovima izgradnje pojedinih objekata odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Stoga su pojedine jedinične cijene određene temeljem iskustvenih podataka sa područja sličnih karakteristika (ravničarsko naselje ruralnog karaktera) te dostupnih podataka iz stručne literature ili u slučaju tipskih uređaja za pročišćavanje do cijena se došlo od pojedinih proizvođača. Sve jedinične cijene iskazane u nastavku treba shvatiti kao osrednjene vrijednosti koje u određenim konkretnim slučajevima mogu i značajnije odstupati od stvarne vrijednosti.

Tablica 10.1. Jedinični troškovi izgradnje gravitacijske kanalizacije, područje sa zemljanim tlima (Vouk, D., 2009.)

<i>St.</i>	Opis rada	Jed. mj.	Jed. cijena (kn)	
1	Gravitacijski cjevovod $\varnothing 300$	m ¹	1 000,00	
2	Tlačni cjevovod $\varnothing 90$	m ¹	380,00	
3	Tlačni cjevovod $\varnothing 110$	m ¹	450,00	
4	Tlačni cjevovod $\varnothing 125$	m ¹	520,00	
5	Crpna stanica 4,0 l/s	kom	120 00,00	
6	Crpna stanica 5,0 - 10,0 l/s	kom	150 000,00	
8	Kućni priključak	jednostruki	kom	4 500,00
		bušenjem kroz cestu		5 000,00
9	Nepredviđeni radovi (udio u ukupnoj sumi)	%	5,00	
10	Projektna dokumentacija (udio u ukupnoj sumi)	%	6,00	

Tablica 10.2. Jedinični troškovi izgradnje vakuumske kanalizacije, područje sa zemljanim tlima (Vouk, D., 2009.)

<i>St.</i>	Opis rada	Jed. mj.	Jed. cijena (kn)	
1	Vakuumski cjevovod $\varnothing 90$	m ¹	400,00	
2	Vakuumski cjevovod $\varnothing 110$	m ¹	470,00	
3	Vakuumski cjevovod $\varnothing 125$	m ¹	530,00	
4	Vakuumski cjevovod $\varnothing 140$	m ¹	620,00	
5	Kućni priključak	jednostruki	kom	16 800,00
		dvostruki	kom	19 200,00
		trostruki	kom	24 000,00
		četverostruki	kom	27 800,00
6	Vakuumska stanica < 1000 ES	kom	1 000 000,00	
7	Vakuumska stanica 1000 - 1500 ES	kom	1 600 000,00	
8	Vakuumska stanica 1500 - 2000 ES	kom	2 000 000,00	
9	Nepredviđeni radovi (udio u ukupnoj sumi)	%	5,00	
10	Projektna dokumentacija (udio u ukupnoj sumi)	%	6,00	

Slika 10.3. Jedinični troškovi izgradnje UPOV-a konvencionalnog postupka s aktivnim muljem, uz prikupljanje otpadnih voda GK i VK (Vouk, D., 2009.)

<i>St.</i>	Opis rada	Jed. mj.	Jed. cijena (kn)	Jed. cijena (kn/ES)
<i>1</i>	Veličina uređaja 20 ES	kom	90 000,00	4 500
<i>2</i>	Veličina uređaja 30 ES	kom	125 000,00	4 167
<i>3</i>	Veličina uređaja 40 ES	kom	162 500,00	4 063
<i>4</i>	Veličina uređaja 60 ES	kom	240 000,00	4 000
<i>5</i>	Veličina uređaja 80 ES	kom	315 000,00	3 938
<i>6</i>	Veličina uređaja 100 ES	kom	390 000,00	3 900
<i>7</i>	Veličina uređaja 125 ES	kom	480 000,00	3 840
<i>8</i>	Veličina uređaja 150 ES	kom	560 000,00	3 733
<i>9</i>	Veličina uređaja 250 ES	kom	925 000,00	3 700
<i>10</i>	Veličina uređaja 500 ES	kom	1 800 000,00	3 600
<i>11</i>	Veličina uređaja 750 ES	kom	2 600 000,00	3 467
<i>12</i>	Veličina uređaja 1000 ES	kom	3 400 000,00	3 400
<i>13</i>	Veličina uređaja 1500 ES	kom	4 500 000,00	3 000

Tablica 10.4. Jedinični troškovi izgradnje UPOV-a sa SBR tehnologijom, uz prikupljanje otpadnih voda GK i VK (Vouk, D., 2009.)

<i>St.</i>	Opis rada	Jed. mj.	Jed. cijena (kn)	Jed. cijena (kn/ES)
<i>1</i>	Veličina uređaja 20 ES	kom	105 000,00	5 250
<i>2</i>	Veličina uređaja 30 ES	kom	145 000,00	4 833
<i>3</i>	Veličina uređaja 40 ES	kom	180 000,00	4 500
<i>4</i>	Veličina uređaja 60 ES	kom	260 000,00	4 333
<i>5</i>	Veličina uređaja 80 ES	kom	335 000,00	4 188
<i>6</i>	Veličina uređaja 100 ES	kom	410 000,00	4 100
<i>7</i>	Veličina uređaja 125 ES	kom	500 000,00	4 000
<i>8</i>	Veličina uređaja 150 ES	kom	580 000,00	3 867
<i>9</i>	Veličina uređaja 250 ES	kom	950 000,00	3 800
<i>10</i>	Veličina uređaja 500 ES	kom	1 850 000,00	3 700
<i>11</i>	Veličina uređaja 750 ES	kom	2 700 000,00	3 600
<i>12</i>	Veličina uređaja 1000 ES	kom	3 500 000,00	3 500
<i>13</i>	Veličina uređaja 1500 ES	kom	4 700 000,00	3 133

Tablica 10.5. Jedinični troškovi izgradnje umjetnih močvara, uz prikupljanje otpadnih voda GK i VK (Vouk, D., 2009.)

<i>St.</i>	Opis rada	Jed. mj.	Jed. cijena (kn)	Jed. cijena (kn/ES)
<i>1</i>	Veličina uređaja 50 ES	kom	145 000,00	2 900
<i>2</i>	Veličina uređaja 100 ES	kom	250 000,00	2 500
<i>3</i>	Veličina uređaja 200 ES	kom	425 000,00	2 125
<i>4</i>	Veličina uređaja 400 ES	kom	750 000,00	1 875
<i>5</i>	Veličina uređaja 600 ES	kom	1 050 000,00	1 750
<i>6</i>	Veličina uređaja 800 ES	kom	1 350 000,00	1 688
<i>7</i>	Veličina uređaja 1 000 ES	kom	1 650 000,00	1 650
<i>8</i>	Veličina uređaja 1 250 ES	kom	1 900 000,00	1 520
<i>9</i>	Veličina uređaja 2 500 ES	kom	3 600 000,00	1 440

Tablica 10.6. Jedinični troškovi izgradnje OST sustava s pješčanim filtrima, za manje osjetljiva područja (Vouk, D., 2009.)

<i>St.</i>	Opis rada	Jed. mj.	Jed. cijena (kn/kuć)
<i>1</i>	Pješčani filtri (cijena jednog kuć. na jedan PF)	kom	25 000,00

Tablica 10.7. Jedinični troškovi izgradnje OST sustava s bioeracijskom jedinicom, za manje osjetljiva područja (Vouk, D., 2009.)

<i>St.</i>	Opis rada	Jed. mj.	Jed. cijena (kn/kuć)
<i>1</i>	Bioeracijske jedinice (cijena tri kuć. na jedan BJ)	kom	24 000,00

Treba napomenuti da se jedinične cijene odnose na kompletnu izgradnju po metru dužnom kanalizacijskog cjevovoda što uključuje sav potreban materijal (cijevi, okna), građevinske i montažerske radove kao i dovođenje gradilišta u prvobitno stanje (uređenje prometnica, nogostupa i kolnih pristupa).

10.2 PROCJENA TROŠKOVA IZGRADNJE KANALIZACIJSKOG SUSTAVA PO VARIJANTAMA

10.2.1 Varijanta A.1.1. (GK + KU)

Tablica 10.8. Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu A.1.1.

Naselje	Gravitacijski kanali $\phi 250$	Kućni priklučci	Crpne stanice	Tlačni cjevovod	UPOV
Blanje	L=1040 m, = 1 040 000 kn	17 kuć.= 76 500 kn	Q=5 l/s, = 150 000 kn	L = 1400 m, = 532 000 kn	N = 841 ES, = 2 860 000 kn
Bockovac	L=420 m, = 420 000 kn	19 kuć.= 85 500 kn	Q=3 l/s, = 110 000 kn	L = 290 m, = 110 000 kn	
Ivanovo	L=2860 m, = 2 860 000 kn	124 kuć.= 560 000 kn	Q = 5 l/s, = 150 000 kn	L = 1750 m, = 665 000 kn	
Kapelna	L=3100 m, = 3 100 000 kn	120 kuć.= 540 000 kn	Q = 5 l/s + 3 l/s, = 260 000 kn	L = 355 m, = 135 000 kn	
Ukupno	7 420 000 kn	1 262 000 kn	670 000 kn	1 442 000 kn	
Sveukupno	13 654 000 kn				

10.2.2 Varijanta A.1.2. (VK + KU)

Tablica 10.9. Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu A.1.2.

Naselje	Vakuumski kanali ($\phi 90$, $\phi 110$)	Kućni priklučci	Vakuumske crpne stanice	Tlačni cjevovod	UPOV
Blanje	L=1040 m, = 416 000 kn	17 kuć.= 170 000 kn	N = 51 ES, = 300 000 kn	L = 1400 m, = 532 000 kn	N = 841 ES, = 2 860 000 kn
Bockovac	L=420 m, = 168 000 kn	19 kuć.= 195 000 kn	N = 58 ES, = 300 000 kn	L = 290 m, = 110 000 kn	
Ivanovo	L=2860 m, = 1 230 000 kn	124 kuć.= 1 400 000 kn	N = 372 ES, = 600 000 kn	L = 2390 m, = 908 000 kn	
Kapelna	L=3100 m, = 1 350 000 kn	120 kuć.= 1 350 000 kn	N = 360 ES, = 600 000 kn	L = 355 m, = 135 000 kn	
Ukupno	3 164 000 kn	3 115 000 kn	1 800 000 kn	1 685 000 kn	
Sveukupno	12 624 000 kn				

10.2.3 Varijanta A.2.1. (GK + SBR)

Tablica 10.10. Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu A.2.1.

Naselje	Gravitacijski kanali $\varnothing 250$	Kućni priklučci	Crpne stanice	Tlačni cjevovod	UPOV
Blanje	L=1040 m, = 1 040 000 kn	17 kuć.= 76 500 kn	Q=5 l/s, = 150 000 kn	L = 1400 m, = 532 000 kn	N = 841 ES, = 2 940 000 kn
Bockovac	L=420 m, = 420 000 kn	19 kuć.= 85 500 kn	Q=3 l/s, = 110 000 kn	L = 290 m, = 110 000 kn	
Ivanovo	L=2860 m, = 2 860 000 kn	124 kuć.= 560 000 kn	Q = 5 l/s, = 150 000 kn	L = 1750 m, = 665 000 kn	
Kapelna	L=3100 m, = 3 100 000 kn	120 kuć.= 540 000 kn	Q = 5 l/s + 3 l/s, = 260 000 kn	L = 355 m, = 135 000 kn	
Ukupno	7 420 000 kn	1 262 000 kn	670 000 kn	1 442 000 kn	
Sveukupno	13 734 000 kn				

10.2.4 Varijanta A.2.2. (VK + SBR)

Tablica 10.11. Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu A.2.2.

Naselje	Vakuumski kanali ($\varnothing 90$, $\varnothing 110$)	Kućni priklučci	Vakuumske crpne stanice	Tlačni cjevovod	UPOV
Blanje	L=1040 m, = 416 000 kn	17 kuć.= 170 000 kn	N = 51 ES, = 300 000 kn	L = 1400 m, = 532 000 kn	N = 841 ES, = 2 940 000 kn
Bockovac	L=420 m, = 168 000 kn	19 kuć.= 195 000 kn	N = 58 ES, = 300 000 kn	L = 290 m, = 110 000 kn	
Ivanovo	L=2860 m, = 1 230 000 kn	124 kuć.= 1 400 000 kn	N = 372 ES, = 600 000 kn	L = 2390 m, = 908 000 kn	
Kapelna	L=3100 m, = 1 350 000 kn	120 kuć.= 1 350 000 kn	N = 360 ES, = 600 000 kn	L = 355 m, = 135 000 kn	
Ukupno	3 164 000 kn	3 115 000 kn	1 800 000 kn	1 685 000 kn	
Sveukupno	12 704 000 kn				

10.2.5 Varijanta B.1. (GK + UM)**Tablica 10.12.** Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu B.1.

Naselje	Gravitacijski kanali $\varnothing 250$	Kućni priklučci	Crpne stanice	Tlačni cjevovod	UPOV
Blanje	L=1040 m, = 1 040 000 kn	17 kuć.= 76 500 kn	Q=5 l/s, = 150 000 kn	L = 280 m, = 106 000 kn	N = 109 ES, = 275 000 kn
Bockovac	L=420 m, = 420 000 kn	19 kuć.= 85 500 kn	Q=3 l/s, = 110 000 kn	L = 290 m, = 110 000 kn	
Ivanovo	L=2860 m, = 2 860 000 kn	124 kuć.= 560 000 kn	Q = 5 l/s, = 150 000 kn	L = 1150 m, = 440 000 kn	N = 372 ES, = 730 000 kn
Kapelna	L=3100 m, = 3 100 000 kn	120 kuć.= 540 000 kn	Q = 5 l/s + 3 l/s, = 260 000 kn	L = 355 m, = 135 000 kn	N = 360 ES, = 720 000 kn
Ukupno	7 420 000 kn	1 262 000 kn	670 000 kn	791 000 kn	1 725 000 kn
Sveukupno	11 868 000 kn				

- Podsustav Kapelna = 4 755 000 kn

- Podsustav Blanje i Bockovac = 2 373 000 kn

- Podsustav Ivanovo = 4 740 000 kn

10.2.6 Varijanta B.2. (VK + UM)**Tablica 10.13.** Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu B.2.

Naselje	Vakuumski kanali ($\varnothing 90$, $\varnothing 110$)	Kućni priklučci	Vakuumske crpne stanice	Tlačni cjevovod	UPOV
Blanje	L=1040 m, = 416 000 kn	17 kuć.= 170 000 kn	N = 51 ES, = 300 000 kn	L = 280 m, = 106 000 kn	N = 109 ES, = 275 000 kn
Bockovac	L=420 m, = 168 000 kn	19 kuć.= 195 000 kn	N = 58 ES, = 300 000 kn	L = 290 m, = 110 000 kn	
Ivanovo	L=2860 m, = 1 230 000 kn	124 kuć.= 1 400 000 kn	N = 372 ES, = 600 000 kn	L = 1150 m, = 440 000 kn	N = 372 ES, = 730 000 kn
Kapelna	L=3100 m, = 1 350 000 kn	120 kuć.= 1 350 000 kn	N = 360 ES, = 600 000 kn	L = 355 m, = 135 000 kn	N = 360 ES, = 720 000 kn
Ukupno	3 164 000 kn	3 115 000 kn	1 800 000 kn	791 000 kn	1 725 000 kn
Sveukupno	10 595 000 kn				

- Podsustav Kapelna = 4 155 000 kn
- Podsustav Blanje i Bockovac = 2 040 000 kn
- Podsustav Ivanovo = 4 400 000 kn

10.2.7 Varijanta C.1. (PF)

Tablica 10.14. Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu C.1.

Naselje	OST
Blanje	kućanstva = 17, = 325 000
Bockovac	kućanstva = 19, = 375 000
Ivanovo	kućanstva = 124, = 2 750 000
Kapelna	kućanstva = 120, = 2 625 000
Ukupno	6 075 000 kn

10.2.8 Varijanta C.2. (BJSBR)

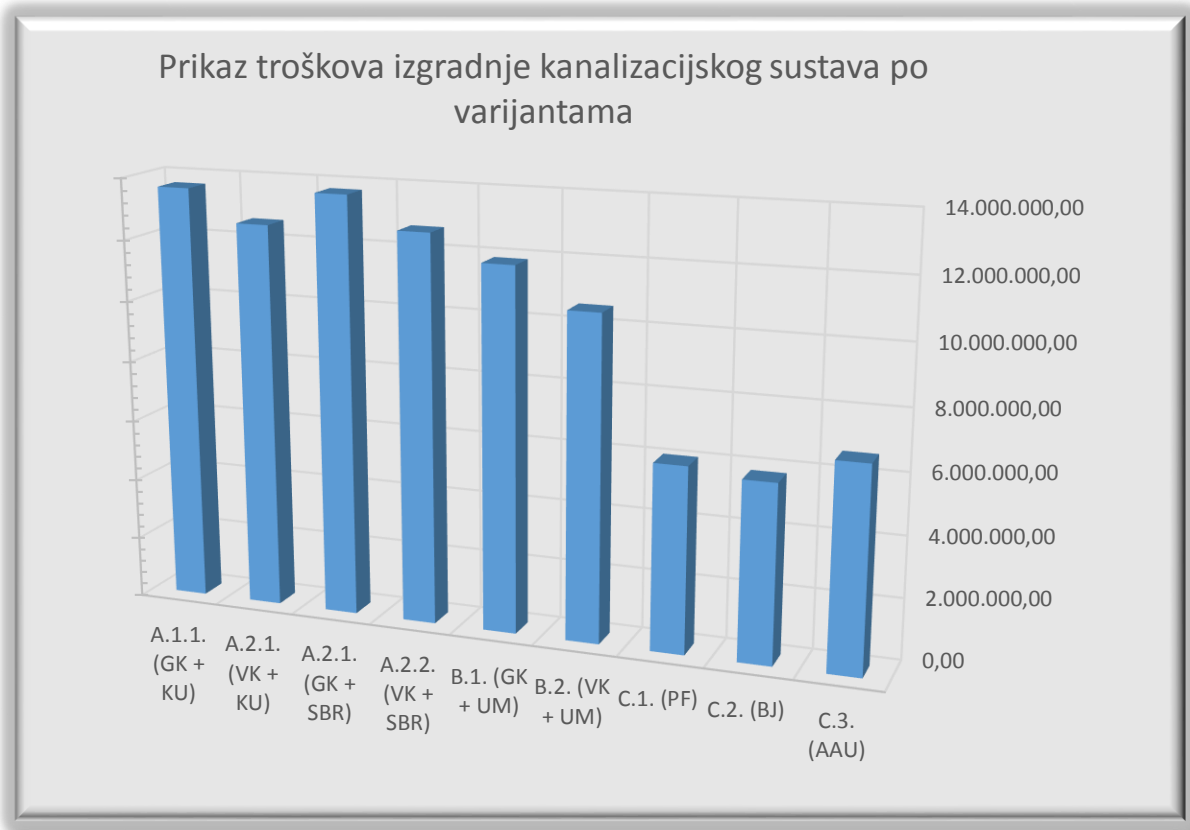
Tablica 10.15. Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu C.2.

Naselje	OST
Blanje	kućanstva = 17, = 312 000
Bockovac	kućanstva = 19, = 360 000
Ivanovo	kućanstva = 124, = 2 640 000
Kapelna	kućanstva = 120, = 2 520 000
Ukupno	5 832 000 kn

10.2.9 Varijanta C.3. (AAU)

Tablica 10.16. Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu C.3.

Naselje	OST
Blanje	kućanstva = 17, = 385 000
Bockovac	kućanstva = 19, = 410 000
Ivanovo	kućanstva = 124, = 2 980 000
Kapelna	kućanstva = 120, = 2 925 000
Ukupno	6 700 000 kn



Graf 10.1. Prikaz troškova izgradnje kanalizacijskog sustava po varijantama

11. EKONOMSKA ANALIZA

Aproksimacijom troškova svih predviđenih varijantnih rješenja, došlo se do zaključka kako su OST sustavi (varijanta C) ekonomski najpovoljniji s minimalnim razlikama cijena izgradnje unutar podvarijanti C.1. i C.2.. Varijanta B se pokazala kao druga najekonomičnija varijanta. Pod varijanta, unutar varijante B, s vakuumskom kanalizacijom za skupljanje i biljnim uređajima za pročišćavanje otpadnih voda pokazala se 10% jeftinija (1 270 000 kn) od podvarijante s gravitacijskom kanalizacijom.

Kako bi se uspjelo usvojiti optimalno rješenje za promatrani sustav, osim ekonomskog kriterija, potrebno je analizirati i tehničko-tehnološke karakteristike samo za najprihvatljivije varijante do kojih se došlo ekonomskim kriterijem izgradnje sustava kanalizacije.

12. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA ANALIZA

Tehnološka analiza općenito polazi od opisa tijeka proizvodnog i radnog procesa koji se odvija ili će se odvijati u kanalizacijskom sustavu. Potreban je opis opreme kao i radni utrošak, utjecaj na faznost izgradnje te iskorištenje kapaciteta i ostvarivanje zahtijevanih uvjeta na sustav. Tehnička analiza podrazumijeva dostupnost i mogućnost izgradnje infrastrukture neophodne da se rad sustava nesmetano odvija (građevinski objekti, dostupnost energenata i ostalih elemenata). Provođenjem tehničko-tehnološkom analize obavezno je obratiti pažnju na ekološki aspekt i zaštitu okoliša te utjecaj rada sustava kako na okoliš tako i na stanovništvo i radnu snagu.

U ovom dijelu će se opisno proći kroz najpovoljnije ekonomske varijante, te doći do optimalnog tehničko-tehnološkog rješenja koje će pomoći pri odabiru optimalnog kanalizacijskog sustava za naselja Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo. Zasebno će se ocjenjivati tehničko-tehnološki aspekt prikupljanja otpadnih voda gravitacijskom odnosno vakuumskom kanalizacijom, a zasebno tehnologije za pročišćavanje otpadnih voda.

Obratit će se pažnja na najbitnije utjecajne faktore sustava, tzv. kriterije, koji su:

- jednostavno i racionalno tehnološko rješenje
- tehničko rješenje lokacije uređaja i potrebna površina za izgradnju
- efekt pročišćavanja sukladno važećim zakonskim normama
- utjecaj na okoliš
- utjecaj okoliša i vanjskih čimbenika na uređaj
- složenost kontrole i upravljanja postupkom pročišćavanja

- ekonomičnost izgradnje
- troškovi pogona i održavanja sustava
- mogućnost naknadne nadogradnje uređaja
- mogućnost zamjene opreme proizvodima drugih proizvođača

Analiza i vrednovanje gore navedenih, pojedinih kriterija, provesti će se opisno na temelju ocjena za svaki kriterij. Ocjene za sve kriterije postavljene su u rasponu od 1-5, gdje je ocjena 5 najbolja, a ocjena 1 najslabija vrijednost. Do opisnih ocjena pojedinih kriterija došlo se preko podataka i teorijskih znanja iz literature te uz pomoć eksperata na području hidrotehnike s dugogodišnjim iskustvom rada na sličnim sustavima za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda.

Sve ocjene za varijante B., C.1. i C.2. kao najprihvatljivija varijantna rješenja provedena ekonomskom analizom biti će prikazane u tablici 12.1. i 12.2.

Tablica 12.1. Analiza i vrednovanje sustava odvodnje otpadnih voda

<i>Opis kriterija</i>	Gravitacijska kanalizacija	Vakuumska kanalizacija
<i>Jednostavno i racionalno tehničko rješenje</i>	4	5
<i>Utjecaj na okoliš</i>	4	5
<i>Utjecaj okoliša i vanjskih čimbenika na uređaj</i>	4	5
<i>Ekonomičnost izgradnje</i>	3	5
<i>Troškovi pogona i održavanja sustava</i>	5	2
<i>Utjecaj ekološke svijesti stanovništva na rad sustava</i>	4	1
UKUPNO	24	23

Tablica 12.2. Analiza i vrednovanje različitih tehnologija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda

<i>Opis kriterija</i>	Umjetna močvara	OST - Pješčani filtri	OST - Bioeracijsk e jedinice
<i>Jednostavno i racionalno tehničko rješenje</i>	5	5	5
<i>Tehničko rješenje lokacije uređaja i potrebna površina za izgradnju</i>	3	2	4
<i>Efekt pročišćavanja sukladno važećim zakonskim normama</i>	4	3	3
<i>Utjecaj na okoliš</i>	4	5	5
<i>Utjecaj okoliša i vanjskih čimbenika na uređaj</i>	3	5	5
<i>Složenost kontrole i upravljanja postupkom pročišćavanja</i>	5	4	5
<i>Ekonomičnost izgradnje</i>	5	5	5
<i>Troškovi pogona i održavanja sustava</i>	5	3	4
<i>Mogućnost nadogradnje uređaja</i>	5	2	4
<i>Mogućnost zamjene opreme proizvodima drugog proizvođača</i>	5	3	2
<i>Utjecaj topografije i vrste naselja na sustav</i>	4	2	2
UKUPNO	48	39	44

REZULTATI I ZAKLJUČAK TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE ANALIZE:

Prema višekriterijskoj analizi provedenoj u tablici 12.1. vidljivo je da vakuumski kanalizacijski sustav ima odlične ocjene na velikom broju analiziranih kriterija. Najveći nedostatak ovog sustava je u potrebnoj svijesti građana kod upuštanja otpadnih tvari u kanalizacijski sustav. Nehotičnim rukovanjem i upuštanjem neprimjerenih materijala i sastojaka u vakuumski sustav za odvodnu, dolazi do čestih problema rada sustava te se time povećava i cijena održavanja kao i njegova učinkovitost. Zaključno tomu iako se vakuumska kanalizacija pokazala ekonomski isplativija pri izgradnji (10%) u vidu dugoročne isplativosti

rada i održavanja sustava, tlačna kanalizacija se nameće kao bolji izbor rješenja sustava za prikupljanje otpadnih voda.

Prema višekriterijskoj analizi provedenoj u tablici 12.2. vidljivo je da biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda imaju povoljnije elemente izgradnje.

Glavna prednost im je vidljiva u visokoj kvaliteti pročišćene otpadne vode, ekonomičnosti izgradnje, troškova pogona i održavanja sustava, dok im se kao najveća mana nameće relativno velika potrebna površina izgradnje.

Najveća mana OST sustava vidljiva je u traženoj visokoj pročišćenosti otpadne vode s obzirom da kao medij tj. prijemnik otpadne vode ovi sustavi koriste tlo. Također postoji i mogućnost problema imovinsko pravnih odnosa ukoliko se više kućanstava spaja na jedan uređaj. Gledajući dva tipa OST sustava, bioeracijske jedinice su se pokazale kao bolje rješenje isključivo na temelju višekriterijske analize. Iako imaju zanemarivo veću cijenu ugradnje, pogodniji su po pitanju održavanja, funkcionalnosti i manje potrebne površine za izgradnju. Sve navedeno u krajnosti daje zaključak za odabir bioeracijskih jedinica u odnosu na pješčane filtre.

Završnom analizom svih podataka, pješčani filtri i bioeracijske jedinice s SBR sustavom su daleko najekonomičniji, dok su se biljni uređaji s gravitacijskom kanalizacijom (varijanta B.1.) pokazali kao najbolje tehničko-tehnološko rješenje provedbom višekriterijske analize. Tako da se kao prijedlog usvojene varijante daje VARIJANTA D, koja predstavlja najbolje iz pojedinih rješenja, a biti će pojašnjena u nastavku.

13. ODABIR NAJPOVOLJNIJEG RJEŠENJA

Kao najpovoljnije rješenje s tehničko-ekonomskog aspekta predlaže se kombinacija dvije varijante B.1. i C.2..

Varijanta B.1. s gravitacijskim sustavom prikupljanja otpadne vode i umjetnom močvarom kao tehnologijom za obradu i pročišćavanje otpadnih voda planira se primijeniti za podsustave Kapelna i Ivanovo. Ovo rješenje daje povoljne tehničko-tehnološke uvijete, imaju mali utjecaj na ekološki sustav, a kvaliteta efluenta je na visokoj razini čistoće čime zadovoljava sve uvjete postavljene na sustav. Također se primjenom umjetnih močvara ostavlja mogućnost nadogradnje sustava, što otvara daljnje mogućnosti porasta broja stanovnika te razvoja industrije na tom području uz male troškove povećavanja kapaciteta.

Primjena OST sustava s pješčanim filtrima iako daleko najjeftinija nije uzeta u obzir za gore navedena naselja, zbog velike zbijenosti kućanstava te potrebe za većim brojem uređaja, a time i velikim potrebnim prostorom za ugradnju. Primjena ovakvih sustava postoji i u Hrvatskoj, ali regulativa kao ni struka nisu još usuglašeni po pitanju ispuštanja većih količina sirove (obrađene) vode u tlo.

Naselje Blanje (51 st.) i Bockovac (58 st.) broje jako mali broj stanovnika čije ispuštanje pročišćene otpadne vode u podzemlje zadovoljava hrvatske norme. Primjena OST sustava bioaeracijskim jedinicama daje optimalno rješenje za ruralna dislocirana naselja bez potrebe za kanalizacijskim sustavom i precrpnim stanicama koje uključuje i dugačke tlačne cjevovode koji uvelike poskupljuju izgradnju i održavanje kanalizacijskog sustava. S nešto manje od 20 kućanstava po naselju i rasporedom koji ostavlja prostor ugradnje OST sustava, ovo rješenje se nameće kao najpogodnije u svim faktorima.

Odabrana varijanta D će s toga uključivati tehnologiju pročišćavanja (umjetne močvare) i skupljanje otpadnih voda (gravitacijska kanalizacija) primjenom zonskog sustava odvodnje podsustava Kapelna i Ivanovo. Dok će se za naselja Blanje i Bockovac primijeniti ugradnja bioaeracijskih jedinica s SBR tehnologijom.

Kako su detaljne analize za pojedine kombinacije unutar varijante D izvršene ranije u sklopu rada, ovdje će se prikazati samo aproksimacija troškova izgradnje usvojenog sustava za promatrano područje.

Tablica 13.1. Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za usvojenu varijantu D

Naselje	Gravitacijski kanali $\varnothing 250$	Kućni priklučci	Crpne stanice	Tlačni cjevovod	UPOV
Blanje	/	/	/	/	kućanstva = 17, = 312 000
Bockovac	/	/	/	/	kućanstva = 19, = 360 000
Ivanovo	L=2860 m, = 2 860 000 kn	124 kuć.= 560 000 kn	Q = 5 l/s, = 150 000 kn	L = 1150 m, = 440 000 kn	N = 372 ES, = 730 000 kn
Kapelna	L=3100 m, = 3 100 000 kn	120 kuć.= 540 000 kn	Q = 5 l/s + 3 l/s, = 260 000 kn	L = 355 m, = 135 000 kn	N = 360 ES, = 720 000 kn
Ukupno	5 960 000 kn	1 100 000 kn	410 000 kn	575 000 kn	2 122 000 kn
Sveukupno	10 167 000 kn				

Procjenom troškova usvojenog varijantnog rješenja D, došlo se do cijene izgradnje promatranog sustava od 10 167 000 kn.

14. ZAKLJUČAK

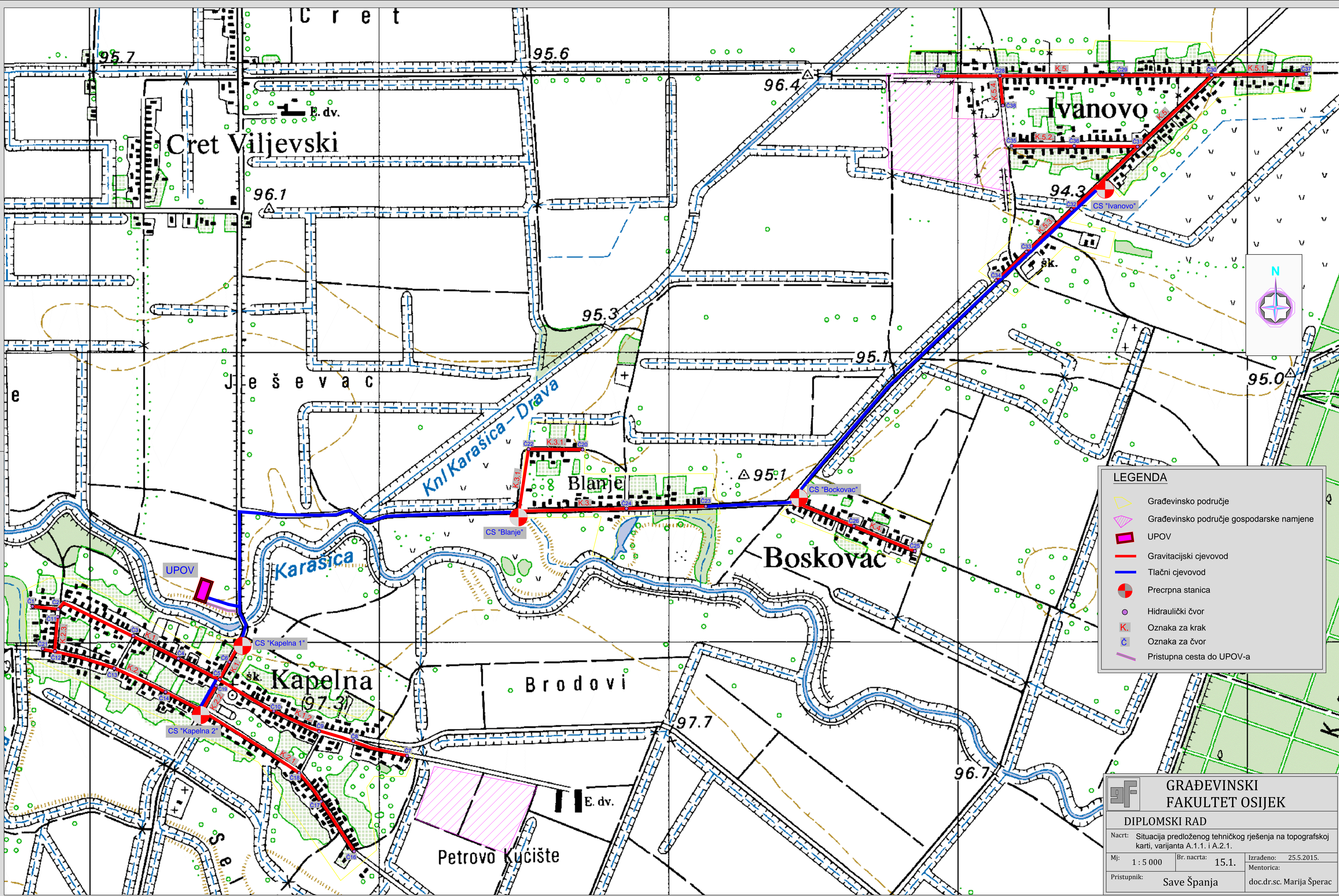
Diplomski rad rađen je s ciljem optimalizacije kanalizacijskog sustava ruralnog područja. Za promatrano područje odabrana je Općina Viljevo, a unutar nje četiri naselja Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo. Sama općina kao i naselja, uzeta su u analizu kao karakteristična slavonska ruralna naselja unutar kojih ne postoji izgrađen kanalizacijski sustav. Opširna i detaljna analiza područja dala je potrebnu količinu ulaznih podataka i parametara za davanje konkretnih rješenja kanalizacijskog sustava. Uvažavajući sva pravila struke, tehničke zahtjeve na sustav kao i svu važeću regulativu koja se odnosi na kvalitetu i kakvoću sirove (pročišćene) otpadne vode prije ispuštanja u recipijent, ponuđena su i analizirana varijantna rješenja. Glavna smjernica za optimalizaciju sustava bila je ekonomska analiza izgradnje cjelokupnog sustava. Kroz ukupno devet varijanti (računajući i podvarijante) uzeta je u obzir primjena centraliziranog, decentraliziranog, konvencionalnog i alternativnog kanalizacijskog sustava. Time se pokrilo široko područje često primijenjenih sustava kao i onih čija primjena može naći mjesto u rješavanju ovoga problema na području Hrvatske. Najekonomičnijima pokazali su se OST sustavi (BJ), koji se temelje na principu pročišćavanja onečišćenja na mjestu nastanka. Prednost ovog sustava je direktno priključivanje jednog ili više kućanstava na OST jedinicu. Kao najveći nedostatak nameće se potrebna površina te uvjetovanje karakteristika naselja za njegovu primjenu. Temeljem toga ovaj se sustav usvojio za dva promatrana naselja Bockovac i Blanje. Malim brojem stanovništva, kao i manjom gustoćom naseljenosti u ovim ruralnim naseljima, OST sustavi usvojeni su kao najbolje rješenje. Za preostala dva naselja Kapelna i Ivanovo odabran je zonski kanalizacijski sustav, unutar kojeg svaki podsustav (naselje) ima svoj UPOV. Usvojena je gravitacijska kanalizacija kao praktičnija i primjenjivija na temelju višekriterijske analize iako je izgradnja vakuumske kanalizacije ekonomskom analizom ispala 12% jeftinija. Potencijalni problemi održavanja i troškova rada sustava prevagnuli su u izboru konvencionalnog sustava odvodnje otpadnih voda. Za tehnologiju prerade usvojena je umjetna močvara sa visokom kvalitetom pročišćene otpadne vode, malim troškovima rada i održavanja kao i mogućnosti proširenja sustava. Kao najveći problem ove tehnologije nameće se velika potrebna površina. Za analizirano područje veća potrebna površina za izgradnju umjetnih močvara nije predstavljala problem. Prisutnost ne kvalitetnog obradivog zemljišta i manjih depresija na promatranom području daje idealnu lokaciju za primjenu i izgradnju umjetnih močvara. Plan rasta i razvoja industrije na području naselja kao i daljnje širenje broja stanovništva daje veću primjenu velikim uređajima s mogućnošću fazne izgradnje kao što su umjetne močvare.

Iako su se OST sustavi pokazali ekonomski najisplativijim, nisu usvojeni kao rješenje za naselja Kapelna i Ivanovo iz razloga velike zbijenosti kućanstava. Mogućih problema oko imovinsko pravnih odnosa kod zajedničkih priključaka, kao i potrebne velike kumulativne prostorne površine za veći broj OST jedinica.

Treba napomenuti da zakonskom regulativom nisu u potpunosti razjašnjeni uvjeti ispuštanja pročišćenih otpadnih voda u tlo kao medij. Što često zna biti ograničavajući faktor pri izboru ove tehnologije, koja je u Svijetu našla široku primjenu. Time se ostavlja mogućnost daljnjih znanstvenih istraživanja na ovu temu u vidu što bolje i veće optimalizacije sustava te povećanja standarda i kvalitete života pučanstva u ruralnim naseljima na području Hrvatske. U vidu povećanja kvalitete života, ali i očuvanja okoliša potrebno je informirati javnost i potaknuti svijest građana. Čime bi se otvorila šira mogućnost primjene alternativnih sustava odvodnje koja je u svijetu zauzela važno mjesto po pitanju kanalizacijskih sustava, posebno ruralnih područja.

15. NACRTI

- Nacrt 15.1.* Situacija predloženog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta A.1.1. i A.2.1.
- Nacrt 15.2.* Situacija predloženog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta A.1.2. i A.2.2.
- Nacrt 15.3.* Situacija predloženog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta B.1.
- Nacrt 15.4.* Situacija predloženog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta B.2.
- Nacrt 15.5.* Situacija usvojenog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta D



LEGENDA

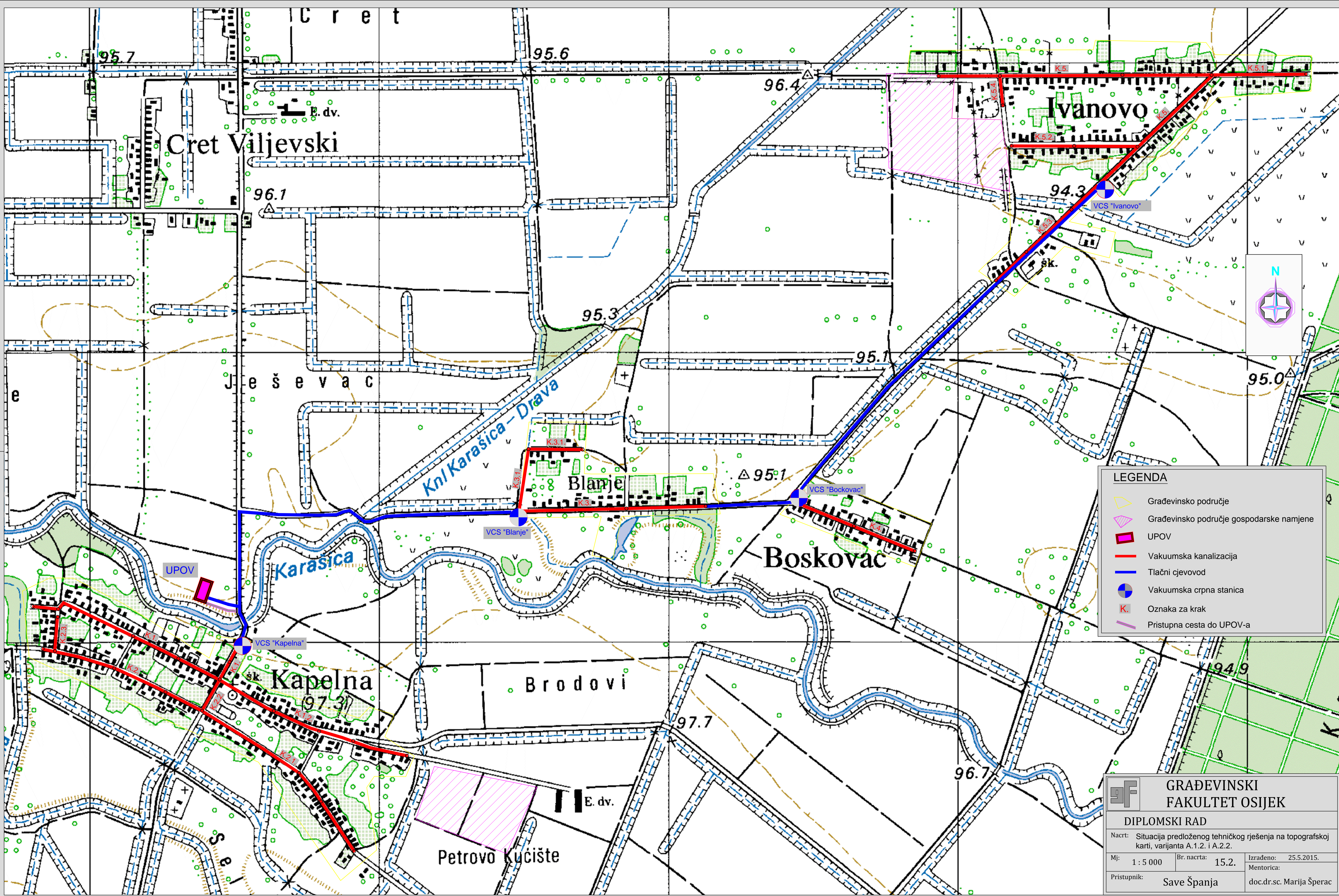
- Građevinsko područje
- Građevinsko područje gospodarske namjene
- UPOV
- Gravitacijski cjevovod
- Tlačni cjevovod
- Precrpnja stanica
- Hidraulički čvor
- Oznaka za krak
- Oznaka za čvor
- Pristupna cesta do UPOV-a

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

DIPLOMSKI RAD

Nacr: Situacija predloženog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta A.1.1. i A.2.1.

Mj: 1 : 5 000	Br. nacrta: 15.1.	Izrađeno: 25.5.2015.
Pristupnik: Save Španja		Mentorica: doc.dr.sc. Marija Šperac



LEGENDA

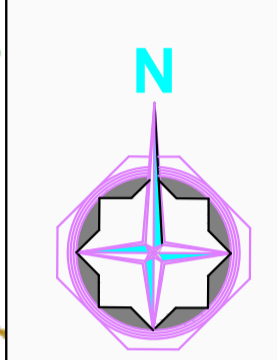
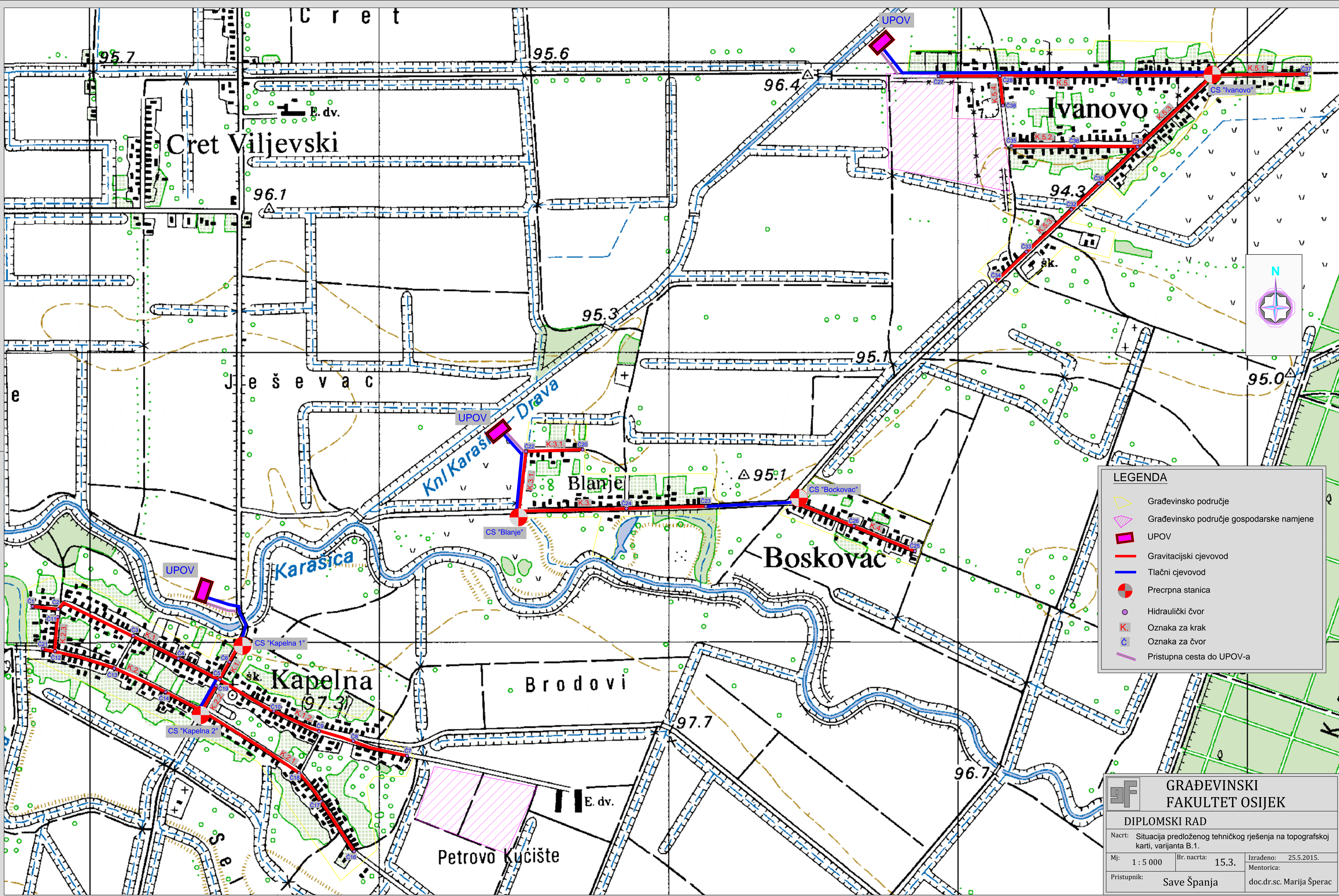
- Građevinsko područje
- Građevinsko područje gospodarske namjene
- UPOV
- Vakuumska kanalizacija
- Tlačni cjevovod
- Vakuumska crpna stanica
- Oznaka za krak
- Pristupna cesta do UPOV-a

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

DIPLOMSKI RAD

Nacr: Situacija predloženog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta A.1.2. i A.2.2.

Mj: 1 : 5 000	Br. nacrta: 15.2.	Izrađeno: 25.5.2015.
Pristupnik: Save Španja		Mentorica: doc.dr.sc. Marija Šperac



LEGENDA

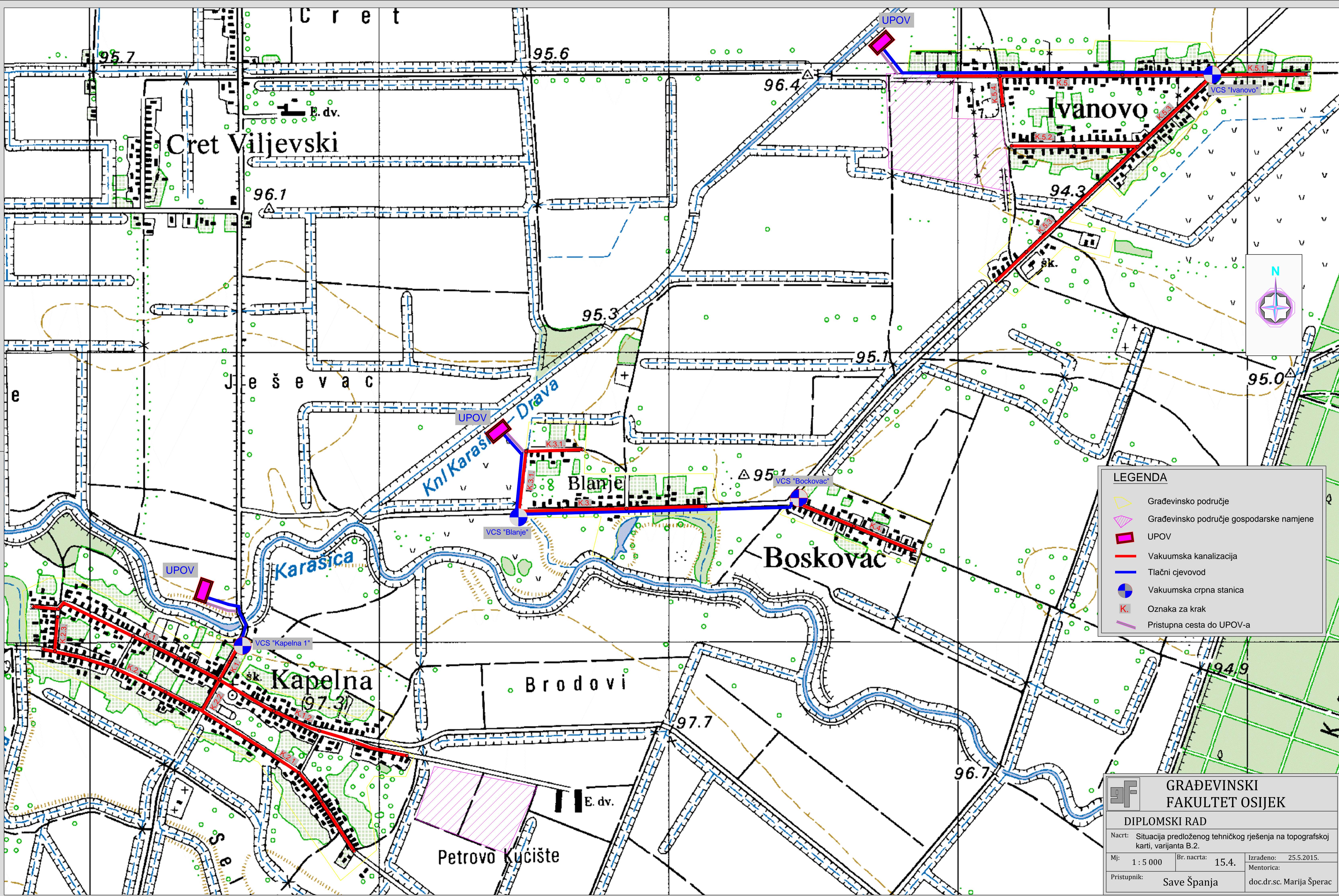
- Građevinsko područje
- Građevinsko područje gospodarske namjene
- UPOV
- Gravitacijski cjevovod
- Tlačni cjevovod
- Precrpnja stanica
- Hidraulički čvor
- Oznaka za krak
- Oznaka za čvor
- Pristupna cesta do UPOV-a

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

DIPLOMSKI RAD

Nacr: Situacija predloženog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta B.1.

Mj: 1 : 5 000	Br. nacrta: 15.3.	Izrađeno: 25.5.2015.
Pristupnik: Save Španja		Mentorica: doc.dr.sc. Marija Šperac



LEGENDA

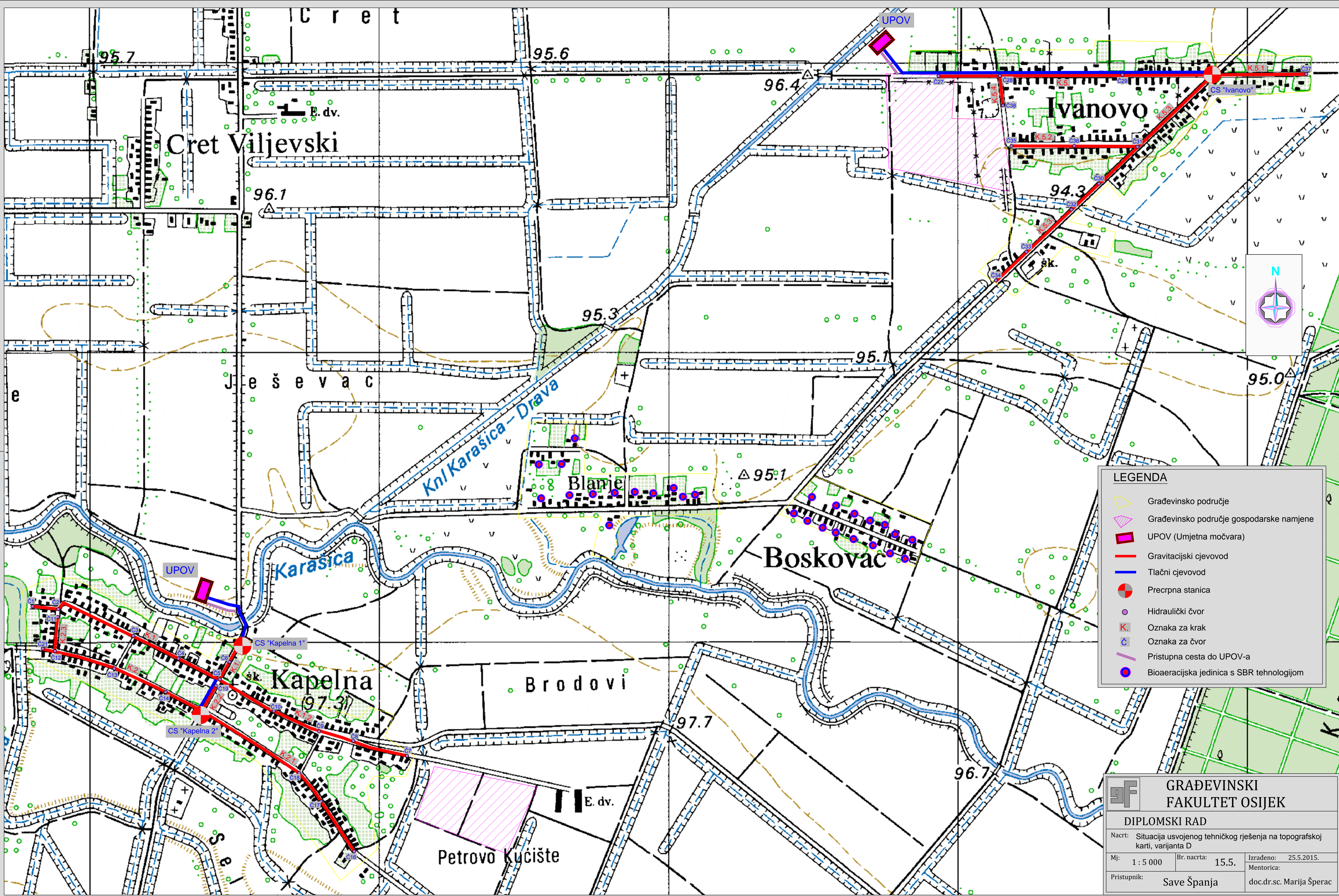
- ▭ Građevinsko područje
- ▭ Građevinsko područje gospodarske namjene
- UPOV
- Vakuumska kanalizacija
- Tlačni cjevovod
- Vakuumska crpna stanica
- K Oznaka za krak
- Pristupna cesta do UPOV-a

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

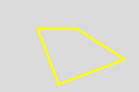

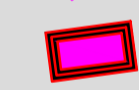








DIPLOMSKI RAD

Nacr: Situacija predloženog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta B.2.

Mj: 1 : 5 000	Br. nacrta: 15.4.	Izrađeno: 25.5.2015.
Pristupnik: Save Španja		Mentorica: doc.dr.sc. Marija Šperac



LEGENDA

-  Građevinsko područje
-  Građevinsko područje gospodarske namjene
-  UPOV (Umjetna močvara)
-  Gravitacijski cjevovod
-  Tlačni cjevovod
-  Precrpnja stanica
-  Hidraulički čvor
-  Oznaka za krak
-  Oznaka za čvor
-  Pristupna cesta do UPOV-a
-  Bioeracijska jedinica s SBR tehnologijom

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

DIPLOMSKI RAD

Nacr: Situacija usvojenog tehničkog rješenja na topografskoj karti, varijanta D

Mj: 1 : 5 000	Br. nacrta: 15.5.	Izrađeno: 25.5.2015.
Pristupnik: Save Španja	Mentorica: doc.dr.sc. Marija Šperac	

16. LITERATURA

1. Biondić, D. (2009.): *Strategija upravljanja vodama*, Hrvatske vode, Zagreb
2. Crnčan, M., Dević, A. (2003.): *Župa Viljevo*, Viljevo
3. *Državni plan za zaštitu voda* (NN 8/99)
4. Grlica, I. (2008.): *Studija biološke raznolikosti rijeke Drave, Dravske mrtvice i odvojeni rukavci (2 dio)*, Virovitica
5. Habuda-Stanić, M. (2014.): *Zaštita i pročišćavanje voda*, predavanja, Građevinski fakultet Osijek, Osijek
6. Hazdić, E., Jurković, M. (2013.): *Određivanje snage i odabir pumpi za pumpnu stanicu otpadnih voda Velika Kladuša*, Tehnički glasnik 7, vol 1, Koprivnica
7. Jahić, M. B. (1990.): *Pročišćavanje zagađenih voda*, Naučno obrazovni institut za uređenje voda, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Novi Sad
8. Kalchbrenner, B., Zang, V. (2006.): *Vakuumska kanalizacija – suvremeni sustav odvodnje otpadnih voda*, Stručni skup, Razdjelni sustavi odvodnje, Čakovec
9. Malus, D., Vouk, D. (2012.): *Priručnik za učinkovitu primjenu biljnih uređaja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda*, Zagreb
10. Margeta, J. (2004.): *Guidelines on sewage treatment and disposal for the Mediteranean region*, MAP Technical Reports Series #152, Athens
11. Margeta, J. (2006.): *Strateška analiza izbora rješenja kanalizacijskog sustava*, Stručni skup: Razdjelni sustavi odvodnje, Čakovec
12. Margeta, J. (2007.): *Oborinske i otpadne vode: teret onečišćenja, mjere zaštite*, Split
13. Margeta, J. (2009.): *Kanalizacija naselja – odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda*, Split
14. Mlinarević M. i sur. (2006.): *Osiječko-baranjska županija, Regionalni operativni program, temeljna analiza*, Inženjerski biro d.d., Zagreb
15. Nadilo B. (2014.): *Tekla voda Karašica, Dvojbe s dužinom i ušćem dviju rijeka*, Građevinar 66, Zagreb
16. Peell, M.C. i sur. (2007.): *Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification*, Hydrology and Earth System Sciences
17. *Plan upravljanja vodnim područjima* (NN 80/13)
18. *Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda* (NN 80/13)
19. *Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama* (NN 6/2001)

20. Rastija, D. i sur. (2008.): *Režim vlažnosti lesiviranog tla na području istočne Hrvatske*, Poljoprivreda/Agriculture 14(2):38-45, Osijek
21. Schmitt, T.G., Broker, H.W. i sur. (1999.): *German ATV standards, Hydraulic Dimensioning and Verification of Drainage Systems*, Standard ATV – A 118E, DCM, Meckenheim, Germany
22. Sundstrom, D.W., Klei, H. E. (1979.): *Wastewater Treatment*, Englewood Cliffs, Prentice Hall Inc.
23. Šanta, Č., Fabry, G. (2006.): *Vakumski sistem kanaliziranja upotrebljenih voda*, 14. savjetovanje SDHI, Fruška Gora, Srbija
24. Škunca O. i sur. (2005.): *Program zaštite okoliša za područje Osječko-baranjske županije, Osnovna obilježja Osječko-baranjske Županije*, izradio: OIKON d.o.o. institut za primjenjenu ekologiju, Zagreb
25. Šperac, M. i sur. (2013.): *Biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda*, E-gfos, broj 7., Osijek
26. Šperac, M. (2014.): *Opskrba vodom i odvodnja II*, predavanja, Građevinski fakultet Osijek, Osijek
27. Šperac, M. (2014.): *Opskrba vodom i odvodnja I*, predavanja, Građevinski fakultet Osijek, Osijek
28. Tadić, Z. (2005.): *Suvremene metode projektiranja kanalizacijskih sustava*, Zbornik radova: Odvodnja otpadnih i oborinskih voda – uvjet održivog razvoja, Zagreb
29. Tedeschi S. (1997.): *Zaštita voda*, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb
30. Tušar, B. (2004.): *Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode*, Zagreb
31. Tušar, B. (2009.): *Pročišćavanje otpadnih voda*, Zagreb
32. *Uredba o klasifikaciji voda* (NN 77/98)
33. *Uredba o standardu kakvoće voda* (NN 73/13)
34. Vouk, D., Malus, D. (2006.): *Primjena alternativnih sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda u ruralnim naseljima*, Stručni skup, Razdjelni sustavi odvodnje, Čakovec
35. Vouk, D., (2006): *Odabir optimalnog sustava odvodnje, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda u ruralnim naseljima*, Magistarski rad, Zagreb
36. Vouk, D., Malus, D. (2007.): *OST sustavi – pročišćavanje otpadnih voda u malim ruralnim naseljima*, Zbornik radova, Znanstveno stručni skup tehnologije obrade vode, Zadar

37. Vouk, D. (2009.): *Ekspertni sustav podrške pri odabiru optimalnog sustava odvodnje u ruralnim naseljima*, Disertacija, Zagreb
38. Zaninović, K. (2008.): *Klimatski atlas hrvatske*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

IZVORI:

39. <http://www.ips-konzalting.hr/index.php/hr/usluge-menu-hr/prociscavanje-voda-menu-hr?id=138:sbr-tehnologija&catid=14>, Pročišćavanje voda, SBR tehnologija (17.5.1015., 18:28h)
40. <http://www.bor-plastika.hr/wp-content/uploads/katalog2013HR.pdf>, Borplastika, katalog proizvoda (10.5.2015., 17:13h)
41. <http://www.interplan.hr/biotip-kompakt/>, Interplan, pročišćavanje otpadnih voda (17.5.2015. 12:53h)
42. <http://info.grad.hr/lres/odbfiles/1823/predavanja/2.2-pi.pdf>, Sustavi odvodnje, Građevinski fakultet Zagreb (10.5.2015., 17:39h)
43. <http://www.webgradnja.hr/clanci/bioloski-prociscivaci-otpadnih-voda-klasichni-oblici-bp/294/>, Biološki pročišćavači otpadnih voda – klasični oblici (BP) (18.5.2015., 23:04h)
44. www.epa.gov/athens/wwqts/html/swmm.html, The United States Environmental Protection Agency (10.5.2015.; 15:02h)
45. <http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/vjezbe/Tlacna%20kanalizacija>, Građevinski fakultet Zagreb, Vježbe iz Opskrbe i odvodnje II (7.5.2015., 20:56h)
46. <http://www.dzs.hr/>, DZS (Državni zavod za statistiku) (3.5.2015., 18:43h)

17. POPIS TABLICA I SLIKA

POPIS TABLICA:

4.1.	Srednje mjesečne i godišnja oborina za meteorološku postaju Donji Miholjac u razdoblju od 1959. do 1978. godine	str. 16
4.2.	Fizikalni, kemijski i biološki pokazatelji procjene stanja kakvoće vode II kategorije, po staroj klasifikaciji	str. 24
4.3.	Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju drugog stupnja (II) pročišćavanja	str. 24
4.4.	Stupanj pročišćavanja otpadnih voda s obzirom na vodotok svrstan u II. kategoriju vode i veličinu uređaja (ES)	str. 25
5.1.	Popis stanovništva (preuzeto: Zavod za statistiku)	str. 28
5.2.	Projekcija broja stanovnika Općine Viljevo za 2021. god. kroz tri moguće alternative	str. 29
5.3.	Količina otpadne vode u kućanstvu (l/stanovnika/dan)	str. 33
5.4.	Prognoza specifične potrošnje u naselju u funkciji veličine naselja – bez gubitaka, industrije i stoke (l/stanovnik/dan)	str. 34
5.5.	Koeficijent umanjenja normi potrošnje za proračun otpadnih voda	str. 34
5.6.	Opterećenje gospodarskih zona Općine Viljevo po ES	str. 36
5.7.	Tipične vrijednosti otpadnih tvari koje generira jedan ekvivalent stanovnik (ES)	str. 38
5.8.	Pokazatelj sastava komunalnih otpadnih voda	str. 39
6.1.	Područje primjene tlačne i vakumske kanalizacije	str. 47
6.2.	Odnos dimenzija cjevovoda, dozvoljenih duljina i gustoće stanovništva	str. 65
7.1.	Pregled radnji i postupaka čišćenja na uređaju za pročišćavanje otpadne vode	str. 68
7.2.	Opterećenje po naseljima Općine Viljevo prikazano kroz ES	str. 71
7.3.	Najčešće primjenjivani biološki postupci pročišćavanja otpadnih voda	str. 74

8.1.	Očekivane ulazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na ulazu u UPOV	str. 80
8.2.	Očekivane izlazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na izlazu iz UPOV-a	str. 81
8.3.	Očekivane izlazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na izlazu iz kompaktnog SBR uređaja	str. 86
8.4.	Pregled mehanizama uklanjanja onečišćenja unutar biljnog uređaja	str. 88
8.5.	Karakteristike tipskih biljnih uređaja, UM	str. 89
8.6.	Očekivane ulazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na ulazu u biljni uređaj	str. 92
8.7.	Očekivane izlazne koncentracije pojedinih mjerodavnih pokazatelja na izlazu iz UM za podsustav Ivanovo	str. 93
9.1.	Količina otpadne vode koja dolazi u precrpne stanice naselja Kapelna	str. 108
9.2.	Ulazni podatci za precrpne stanice u naselju Krunoslavlje	str. 109
9.3.	Prikaz podataka u čvorovima sustava za naselje Kapelna unutar programskog paketa SWMM	str. 116
9.4.	Količina otpadne vode koja dolazi u precrpnu stanicu naselja Ivanovo	str. 124
9.5.	Ulazni podatci za precrpnu stanicu u naselju Ivanovo	str. 124
9.6.	Prikaz podataka u čvorovima sustava naselja Ivanovo unutar programskog paketa SWMM	str. 127
9.7.	Količina otpadne vode koja dolazi u precrpnu stanicu naselja Bockovac	str. 134
9.8.	Ulazni podatci za precrpnu stanicu u naselju Bockovac	str. 134
9.9.	Količina otpadne vode koja dolazi u precrpnu stanicu naselja Blanje	str. 141
9.10.	Ulazni podatci za precrpnu stanicu u naselju Ivanovo	str. 141
10.1.	Jedinični troškovi izgradnje gravitacijske kanalizacije, područje sa zemljanim tlima	str. 157

10.2.	Jedinični troškovi izgradnje vakuumske kanalizacije, područje sa zemljanim tlima	str. 157
10.3.	Jedinični troškovi izgradnje UPOV-a konvencionalnog postupka s aktivnim muljem, uz prikupljanje otpadnih voda GK i VK	str. 158
10.4.	Jedinični troškovi izgradnje UPOV-a sa SBR tehnologijom, uz prikupljanje otpadnih voda GK i VK	str. 158
10.5.	Jedinični troškovi izgradnje umjetnih močvara, uz prikupljanje otpadnih voda GK i VK	str. 159
10.6.	Jedinični troškovi izgradnje OST sustava s pješčanim filtrima, za manje osjetljiva područja	str. 159
10.7.	Jedinični troškovi izgradnje OST sustava s bioaeracijskom jedinicom, za manje osjetljiva područja	str. 159
10.8.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu A.1.1.	str. 160
10.9.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu A.1.2.	str. 160
10.10.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu A.2.1.	str. 161
10.11.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu A.2.2.	str. 161
10.12.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu B.1.	str. 162
10.13.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu B.2.	str. 162
10.14.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu C.1.	str. 163
10.15.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu C.2.	str. 164
10.16.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za varijantu C.3.	str. 164
12.1.	Analiza i vrednovanje sustava odvodnje otpadnih voda	str. 167
12.2.	Analiza i vrednovanje različitih tehnologija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda	str. 168
13.1.	Procjena troškova izgradnje kanalizacijskog sustava za usvojenu varijantu D	str. 171

POPIS SLIKA:

3.1.	Naselja Općine Viljevo s pripadajućim korištenim površinama	str. 6
3.2.	Infrastrukturni sustav odvodnje otpadnih voda Općine Viljevo	str. 6
3.3.	Korištenje i namjena površina Općine Viljevo	str. 7
3.4.	<i>Vodoopskrbna mreža – postojeće stanje i planovi za proširenje</i>	str. 9
4.1.	Naselje Ivanovo i Viljevo	str. 10
4.2.	Republika Hrvatska – Prostorni položaj Općine Viljevo	str. 11
4.3.	Gradovi i općine Osiječko-baranjske županije	str. 12
4.4.	Prikaz ruža vjetrova za područje Hrvatske	str. 14
4.5.	Prikaz učestalosti (%) i brzina vjetra (m/s) te ruže vjetrova za područje Osijeka	str. 14
4.6.	Prosječne godišnje visine oborina u R. Hrvatskoj	str. 15
4.7.	Mjesečne količine oborina (mm) na lokaciji Donji Miholjac	str. 17
4.8.	234 r.km rijeke Drave, povremeni rukavac. Razvijenost vodene i močvarne vegetacije	str. 18
4.9.	Skica sliva Karašice i Vučice – Karašica (crveno), Vučica (zeleno), zajednički tok te VVD kanal, spojni kanal Karašica-Drava i Gatski kanal (plavo)	str. 18
4.10.	Petrijevci, ušće karašice i ušće zajedničkog toka Karašice i Vučice u	
4.11.	Dravu	str. 19
4.12.	Stanje kakvoće voda prema biološkim pokazateljima	str. 20
5.1.	Prikaz pada broja stanovništva Općine Viljevo u periodu od 1991. – 2011. godine	str. 29
5.2.	Prikaz realne, negativne i pozitivne projekcije za 2035. godinu	str. 30
6.1.	Mješoviti sustav odvodnje	str. 43

6.2.	Karakterističan poprečni presjek s izgrađenim mješovitim tipom odvodnje	str. 44
6.3.	Karakteristični režimi tečenja u mješovitom sustavu odvodnje	str. 44
6.4.	Razdjelni sustav odvodnje	str. 45
6.5.	Karakteristični poprečni presjek prometnice s izgrađenim razdjelnim tipom odvodnje	str. 46
6.6.	Kombinirani sustav odvodnje	str. 47
6.7.	Priključeni stanovnici gradske četvrti na dužini od 60 m	str. 49
6.8.	Priključeni stanovnici ruralnog naselja na dužini od 60 m	str. 50
6.9.	Sustav tlačne kanalizacije s grinder crpkom (GP)	str. 52
6.10.	Sustav tlačne kanalizacije sa septičkim tankom (STEP)	str. 52
6.11.	Vakuumski sustav odvodnje	str. 54
6.12.	Shema ugradnje vakumske kanalizacije	str. 55
6.13.	Shema položaja crpne stanice na kanalizacijskoj mreži	str. 57
6.14.	Karakterističan presjek crpne stanice s uronjenom crpkom	str. 59
6.15.	Prekidna (kaskadna) okna za veće profile i veće prekidne visine	str. 60
6.16.	Tlocrtna rješenja okruglog ulaznog okna	str. 60
6.17.	Dijelovi ulaznog okna	str. 61
6.18.	Tipsko vakuumsko okno	str. 62
6.19.	Spajanje cijevi na glavnu vakuumsku mrežu u Bečkom petrovcu	str. 63
6.20.	Shema uzdužnih profila u funkciji pada terena i smjera tečenja	str. 64
6.21.	Presjek kroz vakuumsku stanicu	str. 65
7.1.	Dijelovi tehnološke linije pročišćavanja otpadnih voda	str. 68

8.1.	Situacija Općine Viljevo s promatranim naseljima	str. 76
8.2.	Pregledno područje Općine Viljevo s naseljima analiziranim unutar rada	str. 77
8.3.	Osnovni shematski prikaz biološkog postupka obrade otpadne vode s aktivnim muljem	str. 79
8.4.	Tehnološka shema	str. 80
8.5.	Prikaz predviđene lokacije s katastarskom česticom UPOV-a za varijantu A1 na digitalnoj ortofoto karti	str. 82
8.6.	Grafički prikaz faza ciklusa klasičnog SBR sustava	str. 84
8.7.	Shematski prikaz postavljanja tipskog SBR uređaja	str. 85
8.8.	Pregled naselja koja se spajaju na zajednički UPOV unutar varijante A.1. i A.2.	str. 86
8.9.	Klasični podpovršinski biljni uređaj, UM	str. 89
8.10.	Shematski prikaz podpovršinskog biljnog uređaja za pročišćavanje kućanskih otpadnih voda	str. 90
8.11.	Prikaz predviđene lokacije UPOV-a s katastarskom česticom za naselje Kapelna, varijante B	str. 94
8.12.	Prikaz predviđene lokacije UPOV-a s katastarskom česticom za naselja Blanje i Bockovac, varijante B na digitalnoj ortofoto karti	str. 95
8.13.	Prikaz predviđene lokacije UPOV-a s katastarskom česticom za naselje Ivanovo, varijanta B na digitalnoj ortofoto karti	str. 96
8.14.	Pregled naselja po podsustavima koji spadaju u varijantu B	str. 96
8.15.	Shematski prikaz čišćenja otpadne vode pješčanim filtrom	str. 99
8.16.	Bioeracijske jedinica – klasični postupak s aktivnim muljem	str. 100
8.17.	Aerobno-anaerobni uređaj sa prikazom sheme u kontejnerskoj izvedbi za veličinu opterećenja od 3 – 25 ES	str. 101
8.18.	Shematski prikaz spoja dva kućanstva na OST sustav u naselju Kapelna	str. 102
9.1.	Odnos $Q - H$, $Q - P$ i $Q - \eta$	str. 112

9.2.	Lokacija C.S. „Kapelna1“	str. 112
9.3.	Lokacija C.S. „Kapelna2“	str. 115
9.4.	Shematski prikaz naselja Kapelna u programskom paketu SWMM sa definiranim satnim koeficijentom potrošnje	str. 116
9.5.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.2. u C.S. „Kapelna2“ (0,35 l/s)	str. 117
9.6.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.2.1. u C.S. „Kapelna2“ (0,28 l/s)	str. 117
9.7.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.2.2. u C.S. „Kapelna2“ (0,14 l/s)	str. 118
9.8.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.1. u C.S. „Kapelna1“ (0,5 l/s)	str. 118
9.9.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.1.1. u C.S. „Kapelna1“ (0,55 l/s)	str. 119
9.10.	Prikaz radnog volumena C.S. „Kapelna1“	str. 119
9.11.	Uzdužni presjek kolektora K.2. i K.2.3. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)	str. 120
9.12.	Uzdužni presjek kolektora K.2.1. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)	str. 120
9.13.	Uzdužni presjek kolektora K.1. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)	str. 121
9.14.	Uzdužni presjek kolektora K.1.2. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)	str. 121
9.15.	Lokacija C.S. „Ivanovo“	str. 126
9.16.	Shematski prikaz naselja Ivanovo u programskom paketu SWMM	str. 127
9.17.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.5. u C.S. „Ivanovo“ (1,4 l/s)	str. 128
9.18.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.5.3. u C.S. „Ivanovo“ (0.51 l/s)	str. 129

9.19.	Prikaz radnog volumena C.S. „Ivanovo“	str. 129
9.20.	Prikaz rada crpke s protokm od 5 l/s	str. 130
9.21.	Uzdužni presjek kolektora K.5. i K.5.4. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)	str. 130
9.22.	Uzdužni presjek kolektora K.5.2. sa spojem na K.5. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)	str. 131
9.23.	Uzdužni presjek kolektora K.5.3. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)	str. 131
9.24.	Lokacija C.S. „Bockovac“	str. 136
9.25.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.4. u C.S. „Bockovac“ (0,3 l/s)	str. 137
9.26.	Prikaz radnog volumena C.S. „Bockovac“	str. 137
9.27.	Prikaz rada crpke s protokm od 3,0 l/s	str. 138
9.28.	Uzdužni presjek kolektora K.4. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (12h)	str. 138
9.29.	Lokacija C.S. „Blanje“	str. 143
9.30.	Prikaz maksimalnog tranzitnog protoka iz naselja Ivanovo i Blanje te protoka u kolektoru K.3. (2,35 l/s)	str. 144
9.31.	Prikaz maksimalnog satnog dotoka s kolektora K.3.1. u C.S. „Blanje“ (0,08 l/s)	str. 145
9.32.	Prikaz radnog volumena C.S. „Blanje“	str. 145
9.33.	Prikaz rada crpke s protokm od 5 l/s	str. 146
9.34.	Uzdužni presjek kolektora K.3. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (13h)	str. 146
9.35.	Uzdužni presjek kolektora K.3.1. u vrijeme maksimalne potrošnje vode (13h)	str. 147
9.36.	Dotok s promatranog područja (Kapelna, Blanje, Bockovac i Ivanovo) na UPOV	str. 147

9.37.	Ukupan satni dotok s podsustava Kapelna na UPOV (1,9 l/s)	str. 148
9.38.	Ukupan satni dotok s podsustava Bockovac - Blanje na UPOV (0,6 l/s)	str. 151
9.39.	Lokacija C.S. „Ivanovo“ za varijantu B	str. 153
9.40.	Shematski prikaz naselja Ivanovo u programskom paketu SWMM za varijantu B	str. 154
9.41.	Uzdužni presjek kolektora K.5. i K.5.4. za varijantu B	str. 154
9.42.	Uzdužni presjek kolektora K.5.2. sa spojem na K.5.3. za varijantu B	str. 155
9.43.	Ukupan satni dotok s podsustava Ivanovo na UPOV (2,0 l/s)	str. 155
10.1.	Prikaz troškova izgradnje kanalizacijskog sustava po varijantama	str. 165