



# ANALIZA HIDRAULIČKIH I POGONSKIH KARAKTERISTIKA KANALIZACIJE NISKOG PRITISKA NA PRIMERIMA PROJEKTNIH REŠENJA KOD MANJIH NASELJA

## APSTARKT

U 2018 i 2019 godini bili smo u prilici da za različite investitore radimo analizu vrijantnih rešenja različitih kanalizacionih sistema za potrebe sakupljanja i odvođenja sanitarnih otpadnih voda sa teritorije istog naselja. Analiza je sprovedena za naselje Mokrin u opštini Kikinda i za kanalizacioni sistem 3 naselja Bradarac, Bubušinac i Maljurevac u opštini Požarevac. Kao rezultat hidrauličke analize KNP u ovim naseljima dobijeni su podaci koji valorizuju rešenje kanalizacije niskog pritiska u uslovima hibridnog rešenja kada je recipijent gravitacioni kanalizacioni kolektor koji prima sadržaj lateralnih grana KNP i rešenja celovitog sveobuhvatnog sistema KNP. U radu su date opservacije koje se tiču rezultata hidrauličkih i pogonskih proračuna kao i procene investicije izgradnje takvih kanalizacionih sistema.

## ABSTRACT

During 2018 and 2019 we worked for different investors analysis od several design solution for sewerage systems for collection and sanitation sanitary sewerage from same municipality. Project analysis conducts for settlement Mokrin in municipality Kikinda and 3 settlements Bradarac, Maljurevac and Bubusinac in municipality Požarevac. As result of hydraulic analysis LPSS in this settlements, we get data for valorization LPSS design for hybrid LPSS project design where recipient is gravity sewer collector who get all lateral LPSS pipes and total LPSS project design where all sewerage pipes are LPSS. In this paper we present observations of result hydraulic and technical calculation and also estimation price cost for construction this LPSS systems.

**Ključne reči:** KNP - kanalizacioni sistem pod niskim pritiskom, LPSS - Low Pressure Sewer System, hidrauličke karakteristike, pogonske karakteristike, vreme retnzije.

## 1. UVOD

U 2018 i 2019 godini bili smo u prilici da za različite investitore radimo analizu vrijantnih rešenja različitih kanalizacionih sistema za potrebe sakupljanja i odvođenja sanitarnih otpadnih voda sa teritorije istog naselja. Analiza je sprovedena za naselje Mokrin u opštini Kikinda i za kanalizacioni sistem 3 naselja Bradarac, Bubušinac i Maljurevac u opštini Požarevac. Kao rezultat hidrauličke analize KNP u ovim naseljima dobijeni su podaci koji valorizuju rešenje kanalizacije niskog pritiska u uslovima hibridnog rešenja kada je recipijent gravitacioni kanalizacioni kolektor koji prima sadržaj lateralnih grana KNP i rešenja celovitog sveobuhvatnog sistema KNP. U radu su date opservacije koje se tiču rezultata hidrauličkih i pogonskih proračuna kao i procene investicije izgradnje takvih kanalizacionih sistema.

## 2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE KANALIZACIJE NISKOG PRITISKA

Kanalizacija niskog pritiska (KNP) sastoji se iz cevovoda i crpnih stanica koje su smeštene ispred

- parcele svakog domaćinstva.
- Dimenzionisanje kanalizacionog sistema pod niskim pritiskom se vrši u skladu sa domaćim propisima i standardima SCS EN 1671:2006 - Sistemi za odvođenje voda pod pritiskom izvan objekta (Identičan sa EN 1671:1997 - Presure sewerage systems outside buildings).
- Domaćim standardom je definisano da se dimenzionisanje broja maksimalnog jednovremenog rada pumpi u sistemu dimenzioniše u skladu sa svetskim standarima, i za potrebe proračuna može se usvojiti preporuka EPA USA koja je definisala maksimalni jednovremeni broj uključenja pumpi u odnosu na ukupan broj pumpi u sistemu kanalizacije pod niskim pritiskom.
- Kanalizacija niskog pritiska funkcioniše automatski tako što plovak na pumpi uključuje pumpu na gornjem radnom nivou, a isključuje na donjem radnom nivou vode u šahtu. Koje će količine vode pumpa uspevati da upumpa u sistem zavisi od pritiska u sistemu.
- Pumpe koje su bliže izlazu iz sistema imaju bolje hidrauličke uslove za ispumpavanje vode pa postižu veće protoke i brže ispumpaju svoju vodu. Kada se



pumpa isključuje, automatski poboljšava hidrauličke uslove za ispumpavanje vode ostalih pumpi koje rade, a posebno sledeće pumpe na istom cevovodu. I tako dok se sve pumpe ne isključe.

Pumpe postižu najveće kapacitete prepumpavanja ako je u momentu njihovog uključivanja i u toku rada, istovremeno uključeno malo pumpi. Tad je pritisak u sistemu nizak pa se radna tačka pumpe na krivoj pumpe pomera ka maksimalnim protocima, tj desno. Ovo je važnije za pumpe udaljenije od izliva iz sistema nego za pumpe koje su bliže izlivu. Tada je vreme rada kratko, a efekat prepumpavanja veliki. To je zakonitost sistema. Položaj u sistemu određuje hidrauličke karakteristike rada pumpe i kada su svi ostali elementi isti.

Uopšteno posmatrano kanalizacija niskog pritiska (KNP) sastoji se iz cevovoda i crpnih stanica koje su smeštene u svakom domaćinstvu. U slučaju razmatranja kanalizacije niskog pritiska za neko naselje, treba sagledati ukupan broj korisnika - domaćinstava i treba sagledati prostornu veličinu kanalizacionog sistema.

U cilju skraćenja potisnih deonica, može se uraditi hibridno rešenje koje u sebi sadrži glavni gravitacioni kolektor za prijem kanalizacije niskog pritiska i mrežu kanalizacije niskog pritiska.

Ono što ovaj hibridni kanalizacioni sistem razlikuje od sistema KNP je što su deonice neuporedivo kraće pa je samim tim i retenziono vreme neuporedivo kraće.

I sa aspekta pouzdanosti rada sistema, smatramo da je takozvani hibridni kanalizacioni sistem u značajnoj prednosti nad rešenjem celovitog i sveobuhvatnog sistema KNP, zbog činjenice da havarija na jednom slivu KNP, kao lateralnoj grani, ne utiče na pogon i funkcionalnost ostatka kanalizacionog sistema.

Ceo hibridni kanalizacioni sistem funkcioniše kroz parcijalne celine, što je i sa aspekta sigurnosti od havarija u sistemu bolje. Manje dužine deonica pod pritiskom uzrokuju i manje hidrauličke gubitke, odnosno manju potrošnju struje za pumpanje.

U slučaju razmatranja kanalizacije niskog pritiska za neko naselje, treba uraditi hidraulički i tehnički proračun. Veličine koje se računaju u hidrauličkom proračunu su pre svega protoci kroz deonice cevovoda pod pritiskom, pojedinačni i kumulativni, i hidraulički gubitci na trenje na deonici cevovoda pod pritiskom pojedinačni i kumulativni. U svemu je identično kao hidraulički proračun granate mreže pod pritiskom. Tehnički proračun podrazumeva proračune pre svega ukopavanja, a zatim i vremena protoka - retencije u sistemu kanalizacije pod niskim pritiskom i to proračun pojedinačnog vremena retencioniranja na deonici i kumulativno vreme retencioniranja u sistemu. Time će biti proračunati svi bitni parametri kanalizacionog sistema fekalne kanalizacije pod niskim pritiskom.

Proračuni su rađeni sopstveno razvijenom softverskom aplikacijom - KNP Babac Ratković - po ugledu na softver američke kompanije (EoNe <https://eone.com/sewer-systems/design-center>) koji je javno dostupan.

### 3. REKAPITULACIJA ELEMENATA KANALIZACIJE NISKOG PRITISKA ZA NASELJE MOKRIN

U slučaju razmatranja kanalizacije niskog pritiska za naselje Mokrin, bio je sagledan ukupan broj korisnika, domaćinstava, i prostorna veličina naselja. U cilju skraćenja potisnih deonica, predloženo je hibridno rešenje kanalizacionog sistema, koje u sebi sadrži i glavni gravitacioni kolektor za prijem kanalizacije niskog pritiska.

U nastavku na slici broj 1 - prikazana je dispozicija kompletne KNP - kanalizacije niskog pritiska i glavnog gravitacionog kanalizacionog kolektora za prijem sadržaja iz sistema kanalizacije niskog pritiska, na podlozi OGK 5000.

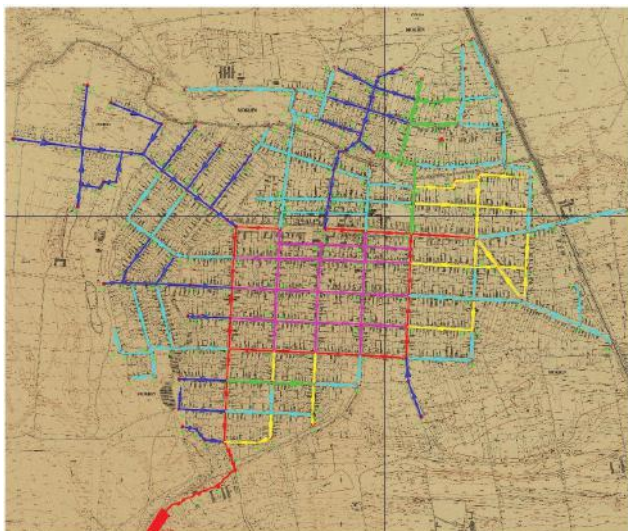
Na slici broj 2 - prikazana je dispozicija glavnog gravitacionog kanalizacionog kolektora za prijem sadržaja iz sistema kanalizacije niskog pritiska.

Prilikom projektovanja kanalizacionog sistema u naselju Mokrin treba imati u vidu da je teren skoro ravan, kota terena se kreće u proseku oko 79.8 m.n.m.

Dužina glavnog gravitacionog kolektora u sistemu kanalizacije naselja Mokrin je 4696 m. Njega čine zapadni kolektor i istočni kolektor koji se na uglu ulica Ige Dobrosavljeva i Milana Milenčića spajaju u jedan kolektor koji dalje ide ulicom Milana Milenčića ka predviđenom postrojenju za prečišćavanje vode (PPOV).

Zapadni kolektor počinje od ugla ulica Borisa Kidriča i Maršala Tita, ide ulicom Maršala Tita ka zapadu do ugla ulica Maršala Tita i Milana Milenčića i dalje ulicom Milana Milenčića ka jugu, do ugla ulica Milana Milenčića i Ige Dobrosavljeva, gde se spaja sa istočnim kolektorom. Dužina zapadnog kolektora je 944 m.

Istočni kolektor čine dva kolektora koja se na uglu ulica Maršala Tita i Moše Pijade spajaju u jedan kolektor. Jedan počinje od ugla ulica Đure Đakovića i Maršala Tita i ide ulicom Maršala Tita ka istoku, dužine je 493 m. Drugi počinje na uglu ulica Maršala Tita, Branka Vučalovića i Dimitrov Lazara i ide ulicom Maršala Tita ka zapadu, dužine je 373 m. Nakon spajanja ova dva kolektora, istočni kolektor ide ulicom Moše Pijade ka jugu do ugla sa ulicom Ige Dobrosavljeva, nastavlja ulicom Ige Dobrosavljeva ka zapadu, do ugla ulica Milana Milenčića i Ige Dobrosavljeva, gde se spaja sa zapadnim kolektorom. Dužina istočnog kolektora je 2580 m.



**Slika 1.** Dispozicija kompletne KNP kanalizacije niskog pritiska i glavnog gravitacionog kanalizacionog kolektora za prijem sadržaja iz sistema kanalizacije niskog pritiska, na podlozi OGK 5000



**Slika 2.** Dispozicija glavnog gravitacionog kanalizacionog kolektora za prijem sadržaja iz sistema kanalizacije niskog pritiska, na podlozi OGK 5000

Dužina gravitacionog kolektora od mesta spajanja istočnog i zapadnog kolektora do predviđenog postrojenja za prečišćavanje vode (PPOV) je 1172 m.

Otpadna voda iz domaćinstava sakuplja se kanalizacijom niskog pritiska (KNP) koju čini 36 nezavisnih slivova, 16 spoljašnjih i 10 unutrašnjih, odnosno 16 slivova van prstena glavnog gravitacionog kolektora i 10 slivova u centralnoj zoni naselja Mokrin, unutar prstena glavnog gravitacionog kolektora, ukupne dužine 36260 m. Dužina unutrašnjih slivova je 5489 m, a dužina spoljašnjih slivova 30771 m.

## SLIVOWI VAN PRSTENA GLAVNOG KANALIZACIONOG KOLEKTORA - SPOLJAŠNJI SLIVOWI

Sliv	Ukupna dužina	Ukupan broj domaćinstava	Maksimalna visina pumpanja	Sliv	Ukupna dužina	Ukupan broj domaćinstava	Maksimalna visina pumpanja
	(m)		(m)		(m)		(m)
1	1813	83	8.29	14	529	35	6.13
2	1234	76	8.27	15	350	2	7.19
3	3945	171	14.51	16	408	9	5.64
4	1253	98	9.82	17	406	23	5.47
5	3267	136	16.89	18	154	11	3.48
6	2367	110	13.11	19	476	31	5.81
7	1611	66	13.76	20	631	32	6.08
8	3788	151	22.04	21	384	24	4.45
9	14.59	71	8.5	22	251	13	3.48
10	1657	93	9.97	23	379	16	5.47
11	1530	80	7.99	24	256	16	4.15
12	1629	105	10.5	35	240	16	4.86
13	532	37	7.01	36	222	15	4

Spoljašnje slivove čine slivovi 1 do 24 sliv 35 i 36. Maksimalna visina pumpanja za spoljašnje slivove je  $H=22.04$  m.v.s., na slivu 8, na deonici od čvora 162 do čvora 161. Ukupan broj domaćinstava koja pripadaju ovom slivu je 151. Ukupan broj domaćinstava koji je obuhvaćen spoljašnjim slivovima je 1520.

Unutrašnje slivove čine slivovi 25 do 34. Maksimalna visina pumpanja za unutrašnje slivove je  $H=9.50$  m.v.s., na slivu 31, na deonici od čvora 53S do čvora 41. Ukupan broj domaćinstava koja pripadaju ovom slivu je 37. Ukupan broj domaćinstava koji je obuhvaćen unutrašnjim slivovima je 310.

## SLIVOWI U CENTRALNOJ ZONI NASELJA – UNUTRAŠNJI SLIVOWI -

Sliv	Ukupna dužina	Ukupan broj domaćinstava	Maksimalna visina pumpanja	Sliv	Ukupna dužina	Ukupan broj domaćinstava	Maksimalna visina pumpanja
	(m)		(m)		(m)		(m)
25	933	47	7.98	30	626	38	6.1
26	565	28	5.02	31	828	37	9.5
27	557	42	5.81	32	151	8	2.96
28	643	40	6.16	33	156	8	2.96
29	867	52	8.6	34	163	10	4.74

Analogija cene koštanja po domaćinstvu na osnovu cene po domaćinstvu iz IDR za naselje **železnički novi red - ŽNR** u Kikindi, okt 2018 - 49,000,000 za 168 priključaka domaćinstava.



## Procenjena investicija iznosi

Opis pozicije			Jed. cena eura	Eura
UKUPNO GLAVNI KANALIZACIONI KOLEKTOR ZA KNP - BEZ KNP I BEZ KUĆNIH PRIKLJUČAKA				818,060.30
PRVA FAZA KNP - u bloku ograničenom ulicama Milana Malenčića, Braće Despotov i Ige Dobrosavljeva, Dositeja Obradovića (bivša ulica Moše Pijade) i Svetog Save ( bivša ulica Maršala Tita), sa oko 450 domaćinstava na površini od oko 0.7 km <sup>2</sup> i sa oko 12 km mreže kanalizacije niskog pritiska.	kom.	450	2,500.00	1,125,000.00
UKUPNO PRVA FAZA GK za KNP I 450 PRIKLJUČAKA I PRIPADAJUĆA MREŽA ZA KNP				1,943,060.30
U Mokrinu ima ukupno 1978 domaćinstava i 6000 stanovnika				
DRUGA FAZA KNP - ostatak naselja sa 1550 domaćinstava	kom.	1550	2,500.00	3,875,000.00
UKUPNO GLAVNI KANALIZACIONI KOLEKTOR ZA KNP I SISTEM KNP NA CELOJ TERITORIJ NASELJA MOKRIN I 2000 KUĆNIH PRIKLJUČAKA				5,818,060.30

### 3. REKAPITULACIJA ELEMENATA KANALIZACIJE NISKOG PRITISKA ZA NASELJA BRADARAC, MALJUREVAC I BUBUŠINAC

- U sistem kanalizacije niskog pritiska čija je dužina 30855 m, skoro iste je dužine kao dužina gravitacione kanalizacione mreže, ugrađene su cevi od HDPE za 10 bara, zbog otpornosti na spoljno opterećenje – filozofija kao kod cevi za pritisak kod vodovoda.
- Ukupan broj šahtova u koje su smešteni sektorski zatvarači ili ispusti, iznosi 265 komada
- Ukupan broj šahtova u koje je smeštena pumpa i koji se nalazi u svakom domaćinstvu, iznosi 600 komada
- Ukupna dužina kućnih priključaka 100% prečnika 50 mm, 600 komada x 10 m = 6 km

Zbog velike razgranatosti kanalizacione definisana su dva sistema KNP:

sistem KNP naselja Bradarac i Maljurevac dužine 21670 m, i sistem KNP naselja Bubušinac dužine 9185 m

Maksimalni potrebni pritisak u sistem KNP naselja Bradarac i Maljurevac iznosi 29.88 m.v.s. a maksimalno vreme retencije je 105.97 časova. Maksimalni potrebni pritisak u sistem KNP naselja Bubušinac iznosi 25.09 m.v.s. a maksimalno vreme retencije je 64.84 časova

Na osnovu hidrauličkog i tehničkog proračuna koji se sproveden, karakteristike cevovoda su sledeće:

	Spoljni prečnik 63	Spoljni prečnik 75	Spoljni prečnik 90	Spoljni prečnik 110	Spoljni prečnik 125	Spoljni prečnik 140	Spoljni prečnik 160
Naselje	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)

Bradarac i Maljurevac	1755	0	2602	6594	4197	2834	462
Bubušinac	302	0	1118	2540	1908	1661	13
<b>UKUPNO</b>	<b>2057</b>	<b>0</b>	<b>3720</b>	<b>9134</b>	<b>6105</b>	<b>4495</b>	<b>475</b>
	Spoljni prečnik 180	Spoljni prečnik 200	Spoljni prečnik 225	Spoljni prečnik 250	Spoljni prečnik 280	Spoljni prečnik 315	
Naselje	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
Bradarac i Maljurevac	212	224	313	416	1323	738	
Bubušinac	131	277	1235				
<b>UKUPNO</b>	<b>343</b>	<b>501</b>	<b>1548</b>	<b>416</b>	<b>1323</b>	<b>738</b>	

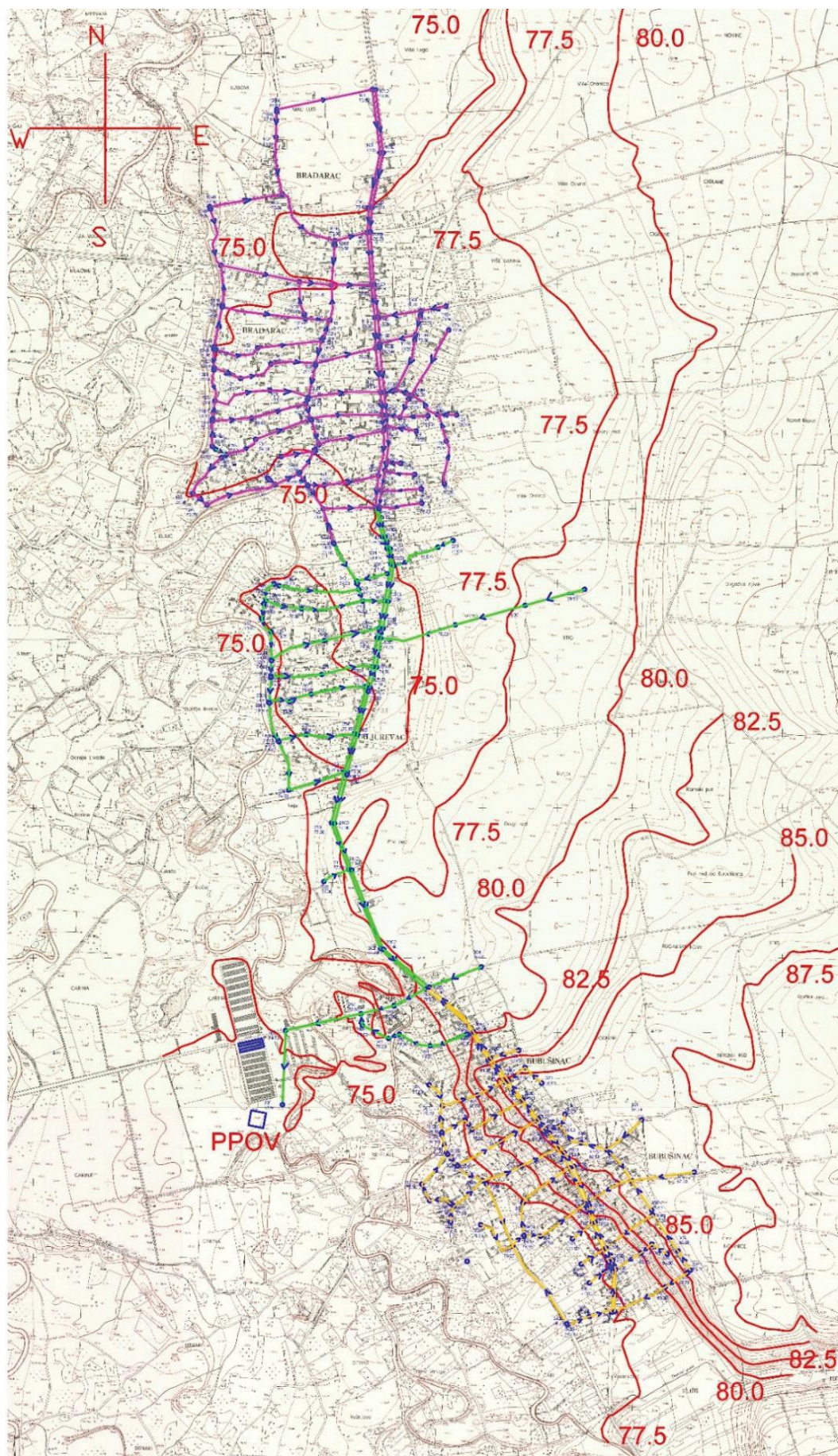
KNP u naseljima Bradarac, Maljurevac i Bubušinac se sastoji od ukupno 30855 metara mreže Procenjena investicija izgradnje kanalizacione mreže niskog pritiska i kućnih priključaka iznosi 4,844,068.00 eura.

Imajući sve u vidu investitor se nakon analize sistema kanalizacije sa niskim pritiskom, hibridnog kanalizacionog sistema i klasičnog gravitacionog kanalizacionog sistema sa relejnim crpnim stanicama, opredelio za klasičan gravitacioni kanalizacioni sistem

U nastavku je na slici 3 prikazana dispozicija fekalne kanalizacione mreže pod niskim pritiskom u naseljima Bradarac, Maljurevac i Bubušinac.

### 4. ZAKLJUČAK

Prilikom hidrauličkog i tehničkog proračuna potrebno je sagledati kompletne pogonske karakteristike kanalizacionog sistema. Protoci, prečnici i pritisci su samo deo podataka neohodan za objektivno sagledavanje karakteristika kanalizacionog sistema pod niskim pritiskom. Potrebno je uzeti u razmatranje



**Slika 3.** Dispozicija fekalne kanalizacione mreže pod niskim pritiskom u naseljima Bradarac, Maljurevac i Bubušinac, na ODK R=1:5000



i vreme retenzioniranja kao i posledice havarija i začepljenja u sistemu.

Imajući sve u vidu a prema našem sagledavanju pouzdanosti rada kanlizacionog sistema u naselju, smatramo da je takozvani hibridni kanalizacioni sistem koji je mešavina gravitacionog kolektora kao recipijenta, koji prima sadržaj lateralnih grana KNP, u značajnoj prednosti nad rešenjem celovitog i sveobuhvatnog sistema KNP. Smatramo da je takozvani hibridni kanalizacioni sistem racionalniji i pouzdaniji pre svega zbog činjenice da havarija na jednom slivu KNP, kao lateralnoj grani, ne utiče na pogon i funkcionalnost ostatka sistema.

## LITERATURA

1. SCS EN 1671:2006 - Sistemi za odvođenje voda pod pritiskom izvan objekta (Identičan sa EN 1671:1997 - Pressure sewerage systems outside buildings)
2. EONE Design Book for Low pressure Sewer Systems, [www.eone.com](http://www.eone.com)
3. Pressure sewer design (PSS) Handbook by ITT Water & Wastewater AB, producer of Flight pumps
4. G Hutchison, J.R Watts, DYNAMIC MODELLING OF PRESSURE SEWERAGE SYSTEMS
5. UPOREDNA ANALIZA TROŠKOVA IZGRADNJE, EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJE KLASIČNE GRAVITACIONE SANITARNE KANALIZACIJE I SANITARNE KANALIZACIJE POD NISKIM PRITISKOM NA PRIMERU PROJEKTOVANJA VARIJANTNIH REŠENJA SLIVA SANITARNE KANALIZACIJE "ŽELEZNIČKI NOVI RED" U KIKINDI, (P. Babac, R. Milutinović, T. Ratković Babac) 2018. godina, Osamnaesta međunarodna konferencija - vodovodni i kanalizacioni sistemi - Jahorina, Pale, 30 maj - 1 jun 2018. godine
6. Softverska aplikacija za proračun sistema KNP koju su razvili Babac - Ratković