



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



**UNAPREĐENJE SISTEMA UPRAVLJANJA
GUBICIMA VODE U PROCESIMA
VODOSNABDEVANJA
DOKTORSKA DISERTACIJA**

Mentor:

Prof. Dr Srđan Kolaković

Kandidat:

Marko Stojčić

Novi Sad, 2017



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ● ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска публикација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација
Аутор, АУ:	Мр Марко Стојчић
Ментор, МН:	Проф. др Срђан Колаковић
Наслов рада, НР:	Унапређење система управљања губицима воде у процесима водоснабдевања
Језик публикације, ЈП:	Српски
Језик извода, ЈИ:	Српски и енглески
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Аутономна покрајина Војводина
Година, ГО:	2017
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: <small>(поглавља/страна/цитата/табела/слика/графика/прилога)</small>	6/244/65/39/179/0/0
Научна област, НО:	Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент
Научна дисциплина, НД:	Пројектни менаџмент, Хидротехника
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Нефактурисана вода
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду
Важна напомена, ВН:	–
Извод, ИЗ:	Губици воде наносе велику штету водоводном систему, и угрожавају његово исправно функционисање. Циљ истраживања је унапређење система управљања губицима воде, односно истраживање могућности смањења губитака у њима. Истраживање се врши на бази међународно дефинисаних стандарда и препорука за смањење нефактурисане воде, а примењује се на јавне системе водоснабдевања у Србији.
Датум прихватања теме, ДП:	12.07.2016
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: Др Илија Ћосић, професор емеритус
	Члан: Др Драгослав Словић, ванредни професор
	Члан: Др Бојан Лалић, ванредни професор
	Члан: Др Матија Стипић, доцент
	Члан, ментор: Др Срђан Колаковић, редовни професор
	Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	PhD Thesis
Author, AU :	Marko Stojčić, MSc
Mentor, MN :	Professor Srđan Kolaković, PhD
Title, TI :	Improvement of water loss management systems in water supply processes
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian and English
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Autonomous Province of Vojvodina
Publication year, PY :	2017
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	6/244/65/39/179/0/0
Scientific field, SF :	Industrial engineering and engineering management
Scientific discipline, SD :	Project management, hydrotechnics
Subject/Key words, S/KW :	Non-revenue water
UC	
Holding data, HD :	In the Library of the Faculty of Technical Sciences
Note, N :	–
Abstract, AB :	Water losses cause big harm to water supply system, and threaten its correct functioning. The aim of the investigation is improvement of water loss management systems in water supply processes, or the investigation of possibilities for reduction of water losses in them. Investigation is made based on international standards and guidelines for non revenue water reduction, and is implemented on public water supply systems in Serbia.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board,	President: Professor Emeritus Ilija Ćosić, PhD
	Member: Associate Professor Dragoslav Slović, PhD
	Member: Associate Professor Bojan Lalić, PhD
	Member: Assistant Professor Matija Stipić, PhD
Member, Mentor:	Professor Srđan Kolaković, PhD
	Menthor's signature

Sadržaj

1	Uvod	1
1.1	Predmet istraživanja	1
1.2	Postavka hipoteze	5
1.3	Ciljevi istraživanja.....	6
1.4	Primenjena metodologija istraživanja.....	7
1.5	Kratak sadržaj rada.....	8
2	PREGLED LITERATURE	10
2.1	Vodni bilans	10
2.1.1	Tehnike proračunavanja komponenti vodnog bilansa	11
2.1.2	Ograničenja	13
2.2	Merne zone – sektorizacija sistema vodosnabdevanja kao neophodni element u cilju smanjenja gubitaka	14
2.3	Tehnike smanjivanja nefakturisane vode.....	18
2.3.1	Suzbijanje stvarnih gubitaka.....	18
2.3.2	Suzbijanje prividnih gubitaka.....	30
3	PRIKAZ STANJA PREDMETA ISTRAŽIVANJA (2008)	34
3.1	Kraljevo (izvor: JKP „Vodovod“, Kraljevo)	34
3.2	Loznica (izvor: JP „Vodovod i Kanalizacija, Loznica)	37
3.3	Pančevo (izvor: JKP „Vodovod i Kanalizacija, Pančevo).....	39
3.4	Šabac (izvor: JKP „Vodovod“, Šabac).....	41
3.5	Smederevo (izvor: JKP „Vodovod“, Smederevo)	44
3.6	Sombor (izvor: JKP „Vodokanal“, Sombor).....	46
3.7	Vršac (izvor: DP „Drugi Oktobar“, Vršac).....	48
4	METODOLOGIJA RADA	50
4.1	VODNI BILANS	50
4.1.1	Kraljevo.....	54
4.1.2	Loznica.....	68
4.1.3	Pančevo	79
4.1.4	Šabac	91
4.1.5	Smederevo	102
4.1.6	Sombor	113
4.1.7	Vršac.....	126
4.1.8	Uporedni prikaz rezultata vodnih bilansa.....	138
4.2	Aktivnosti na primeni sektorizacije vodovodnih sistema	140
4.2.1	Kraljevo.....	141
4.2.2	Loznica.....	142
4.2.3	Pančevo	143
4.2.4	Šabac	144
4.2.5	Smederevo	145
4.2.6	Sombor	146
4.2.7	Vršac.....	147
4.3	Aktivnosti na upravljanju i kontroli pritiska u vodovodnim sistemima	148
4.3.1	KRALJEVO	149
4.3.2	LOZNICA	159
4.4	Aktivnosti prilikom primene aktivnih kontrola curenja.....	162
4.4.1	Merenja minimalnog noćnog protoka i pritiska i step-testovi.....	162
4.4.2	Sistematska detekcija curenja	163
4.4.3	Ispitivanje ventila i hidranata	163
4.4.4	Ažuriranje informacija o vodovodnoj mreži	164
4.4.5	Oprema za merenje i detekciju curenja	165
4.4.6	Akcion plan smanjenja NFV-a, i Kvartalni izveštaji tima za detekciju curenja	165
4.4.7	Primeri prethodno opisanih aktivnosti	167
4.5	Aktivnosti na upravljanju infrastrukturom	178
4.5.1	Postojeće stanje	178
4.5.2	Preduzete aktivnosti.....	183
4.5.3	Primeri vođenja evidencije o upravljanju infrastrukturom.....	193

4.6	Brzina i kvalitet popravki i preventivna rekonstrukcija vodovodnih mreža	202
4.7	Aktivnosti na proračunavanju uticaja različitih faktora na prividne gubitke u sistemima.....	204
4.7.1	Greške u merenju vode	204
4.7.2	Ilegalna potrošnja, greške pri prebacivanju podataka, analiza podataka.....	208
5	REZULTATI	211
5.1	Vodni bilans	211
5.2	Sektorizacija vodovodnih sistema	211
5.3	Upravljanje i kontrola pritisaka	212
5.4	Primena aktivne kontrole curenja	213
5.5	Upravljanje infrastrukturom	213
5.6	Prividni gubici u sistemima vodosnabdevanja	214
6	Diskusija rezultata i zaključci	215
6.1	Ograničenja prilikom istraživanja	215
6.2	Procenat nefakturisane vode, poređenje stanja na početku aktivnosti (2008) i stanja na kraju 2014:	217
6.2.1	Promena nivoa nefakturisane vode, zbirno za sve gradove:	217
6.2.2	Promena nivoa nefakturisane vode, posebno po gradovima	218
6.3	Diskusija osnovne hipoteze i posebnih hipoteza.....	226
6.4	Ostali indikatori poslovanja, praćeni tokom istraživanja	229
7	Literatura i korišćeni izvori	232

Lista slika

Slika 1	Gubici vode u javnim vodovodnim sistemima pojedinih zemalja Evrope	3
Slika 2	Gubici vode u javnim sistemima vodosnabdevanja u Srbiji 2007 - 2011.....	3
Slika 3	Gubici vode na nivou okruga/oblasti	4
Slika 4	Vodni bilans prema IWA terminologiji	5
Slika 5	Vodni bilans prema IWA terminologiji	10
Slika 6	Komponente minimalne noćne potrošnje	17
Slika 7	Komponente stvarnih gubitaka	18
Slika 8	Uticaj pritiska u mreži na količinu curenja	20
Slika 9:	Komponente ukupne količine curenja	23
Slika 10	Komponente prividnih gubitaka.....	30
Slika 11	Sistem vodosnabdevanja Kraljeva.....	34
Slika 12	Zastupljenost cevnog materijala u distributivnom sistemu	35
Slika 13	Zastupljenost prečnika cevnog materijala u distributivnom sistemu.....	35
Slika 14	Nefakturisana voda od 2003 do 2008 (vrednosti za 2005 nisu bile dostupne)	36
Slika 15	Sistem vodosnabdevanja Loznice.....	37
Slika 16	Zastupljenost raznih prečnika i materijala u distributivnom sistemu	37
Slika 17	Nefakturisana voda od 2003 do 2008	38
Slika 18	Sistem vodosnabdevanja Pančeva	39
Slika 19	Zastupljenost raznih prečnika i materijala u distributivnom sistemu	39
Slika 20	Nefakturisana voda od 2003 do 2008 (za 2005 nije bilo dostupnih podataka).....	40
Slika 21	Sistem vodosnabdevanja Šapca	41
Slika 22	Zastupljenost cevnog materijala u distributivnom sistemu	41
Slika 23	Zastupljenost prečnika cevnog materijala u distributivnom sistemu.....	42
Slika 24	Nefakturisana voda od 2003 do 2008	43
Slika 25	Smederevo: Sistem vodosnabdevanja	44
Slika 26	Zastupljenost cevnog materijala u distributivnom sistemu, po prečnicima.....	44
Slika 27	Nefakturisana voda od 2003 do 2008	45
Slika 28	Sombor: Sistem vodosnabdevanja	46
Slika 29	Zastupljenost materijala i prečnika cevi u sistemu vodosnabdevanja	46
Slika 30	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu.....	47
Slika 31	Vršac: Sistem vodosnabdevanja.....	48
Slika 32	Zastupljenost raznih prečnika i materijala u distributivnom sistemu	48
Slika 33	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u trogodišnjem periodu	49
Slika 34	Merenje protoka u cilju proračuna vodnog bilansa	51
Slika 35	Proizvodnja pitke vode na izvorištu Konarevo	54
Slika 36	Merenje proizvedene vode na izvorištu Žičko Polje.....	55
Slika 37	Merenje proizvedene vode na izvorištu Čibukovac.....	55
Slika 38	Merenje proizvedene vode na izvorištu Đeriz.....	56
Slika 39	Ukupna proizvedena voda na dan 23.7.2008.....	57
Slika 40	Merenja protoka i pritiska u mreži	58
Slika 41	Ulaz vode u distributivni sistem	58
Slika 42	Merenje pritiska u mreži	59
Slika 43	Kraljevo: vodni bilans prema IWA terminologiji.....	62

Slika 44	Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Kraljevo	63
Slika 45	Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu	64
Slika 46	Pilot zona Kraljevo: vodni bilans prema IWA terminologiji	67
Slika 47	Izlaz vode sa pumpne stanice Banja Koviljača prema Loznici od 27. do 28. marta 2008	68
Slika 48	Merenja protoka i pritiska u mreži	69
Slika 49	Ulaz vode u sistem	69
Slika 50	Pritisaci u gradskoj mreži	70
Slika 51	Loznica: vodni bilans prema IWA terminologiji	74
Slika 52	Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Loznice	75
Slika 53	Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu	76
Slika 54	Pilot zona u Loznici: vodni bilans prema IWA terminologiji	78
Slika 55	Ulaz vode u distributivni sistem Pančeva	79
Slika 56	Merenja protoka i pritiska	80
Slika 57	Merenja pritiska u mreži	80
Slika 58	Pančevo: vodni bilans prema IWA terminologiji	86
Slika 59	Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Pančeva	87
Slika 60	Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu u Pančevu	88
Slika 61	Pilot zona Pančevo: vodni bilans prema IWA terminologiji	90
Slika 62	Proizvedena pitka voda na bunarskim poljima Tabanović i Mali Zabran, ulaz/izlaz u rezervoar, i ulaz u sistem	91
Slika 63	Merenja protoka i pritiska u mreži	92
Slika 64	Merenja pritiska u mreži	93
Slika 65	Šabac: Vodni bilans prema IWA terminologiji	97
Slika 66	Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Šapca	98
Slika 67	Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu	99
Slika 68	Pilot zona u Šapcu: Vodni bilans prema IWA terminologiji	101
Slika 69	Rezultati verifikacije očitavanja merača protoka	102
Slika 70	Minimalni noćni protoci u u delovima sistema Smedereva	103
Slika 71	Merenja protoka i pritiska u mreži	104
Slika 72	Rezultati merenja pritiska u mreži	104
Slika 73	Smederevo: Vodni bilans prema IWA terminologiji	108
Slika 74	Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Smedereva	109
Slika 75	Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu	110
Slika 76	Vodni bilans prema IWA terminologiji u Pilot zoni u Smederevu	112
Slika 77	Proizvodnja pitke vode na postrojenju Jaroš	113
Slika 78	Proizvodnja vode na bunarima u gradu	114
Slika 79	Noćni protok u celoj mreži i po postojećim zonama Sombora	114
Slika 80	Merenja protoka i pritiska u mreži	115
Slika 81	Rezultati merenja pritiska u Zoni 1 koju je identifikovalo preduzeće	116
Slika 82	Rezultati merenja pritiska u Zoni 2 koju je identifikovalo preduzeće	116
Slika 83	Rezultati merenja pritiska u Zoni 3 koju je identifikovalo preduzeće	117
Slika 84	Sombor: Vodni bilans prema IWA terminologiji	121
Slika 85	Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Sombora	122
Slika 86	Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu	123

Slika 87	Vodni bilans prema IWA terminologiji u Pilot zoni u Somboru	125
Slika 88	Vršac: Proizvodnja pitke vode na izvorištu Pavliš.....	126
Slika 89	Merenja protoka i pritiska u mreži	127
Slika 90	Minimalni noćni protok u prvoj visinskoj zoni Vršca	127
Slika 91	Merenja pritiska prvoj visinskoj zoni u Vršcu	128
Slika 92	Vršac: Vodni bilans prema IWA terminologiji.....	133
Slika 93	Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Vršca.....	134
Slika 94	Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu	135
Slika 95	Pilot zona u Vršcu: Vodni bilans prema IWA terminologiji.....	137
Slika 96	Grafički prikaz rezultata vodnih bilansa za sve gradove.....	139
Slika 97	Kraljevo: Merne zone, utvrđene u julu 2011. godine.....	141
Slika 98	Loznica: Merne zone utvrđene u julu i avgustu 2011. godine.....	142
Slika 99	Pančevo: Merne zone utvrđene u julu i avgustu 2011. godine	143
Slika 100	Šabac: Merne zone utvrđene u 2011. godine	144
Slika 101	Smederevo: Merne zone utvrđene u julu i avgustu 2011. godine	145
Slika 102	Sombor: Merne zone koje je preduzeće identifikovalo.....	146
Slika 103	Vršac: Merne zone utvrđene u maju 2012 godine	147
Slika 104	Sombor: Upravljanje pritiscima u Pilot zoni, zabeleženo pomoću tri logera pritiska	148
Slika 105	Sistem vodosnabdevanja Kraljeva, prema hidrauličkom modelu	149
Slika 106	Lokacije svih merenja prilikom izrade hidrauličkog modela u Kraljevu.....	151
Slika 107	Prvi merodavni slučaj: razlike između izmerenih i izračunatih pritiska, i izračunate brzine.....	152
Slika 108	Drugi merodavni slučaj: razlike između izmerenih i izračunatih pritiska, i izračunate brzine	152
Slika 109	Treći merodavni slučaj: razlike između izmerenih i izračunatih pritiska, i izračunate brzine	153
Slika 110	Prvi merodavni slučaj, nakon kalibracije	153
Slika 111	Drugi merodavni slučaj, nakon kalibracije	154
Slika 112	Treći merodavni slučaj, nakon kalibracije	154
Slika 113	Preporuka iz hidrauličkog modela Kraljevo o podeli na šest mernih zona	155
Slika 114	Šema merno-regulacionog šahta 1	156
Slika 115	Šema merno-regulacionog šahta 3	157
Slika 116	Šema merno-regulacionog šahta 7	158
Slika 117	Grafički prikaz lokacija merenja pritiska u mreži.....	159
Slika 118	Projekat rekonstrukcije glavnog dovodnika DN 600 u Loznici.....	160
Slika 119	Metodologija sistematske (aktivne) kontrole curenja.....	162
Slika 120	Smederevo: Merne zone u kojima su vršene aktivnosti na aktivnoj kontroli curenja, februar - april 2013	168
Slika 121	Analiza merenja: Merenje potrošnje na ulazu u Zonu 2 (selo Lipe u Smederevu)	170
Slika 122	Analiza merenja: Merenje potrošnje na ulazu u Zonu 22 (selo Vranovo u Smederevu)	171
Slika 123	Step-test u Pod-zoni 12-b u Smederevu: Merenje minimalnog noćnog protoka	172
Slika 124	Step-test u Pod-zoni 12-b u Smederevu: Merenje pritiska	172
Slika 125	Pod-zona 12-b, sa unešenim ventilima i redosledom zatvaranja	173
Slika 126	Tok step-testa u Pod-zoni 12-b	174
Slika 127	Primer izveštavanja o izvršenoj detekciji curenja u Somboru (april – avgust 2013).....	176
Slika 128	Pređašnji primer izveštavanja, uvećan, sa tačnim datumima detekcija po ulicama	176
Slika 129	Primer izveštavanja o izvršenoj detekciji curenja u Smederevu (kraj 2013 – početak 2014).....	177

Slika 130	Izveštavanje o proverenim ventilima i hidranatima u Smederevu, u Zoni 12A – naselje Kovačićevo ...	177
Slika 131	Šema neorganizovanog protoka podataka.....	179
Slika 132	Šema koordinisanog upravljanja podacima	180
Slika 133	Šema opšte organizacije aktivnosti na radu i održavanju	181
Slika 134	Kraljevo: Tok rada za popravke u vodovodnoj i kanizacionoj mreži	182
Slika 135	Kraljevo: Tok rada za nove priključke i zamenu vodomera	183
Slika 136	Predlog standardnog toka rada i održavanja za mreže	185
Slika 137	Predlog standardnog toka rada za elektro i mašinsko održavanje	188
Slika 138	Glavni ekran JAT	191
Slika 139	Detalji iz ekrana sa inventarom u EMMAT-u.....	192
Slika 140	Prikaz aktivnosti iz oblasti upravljanja mrežom u opštini Sombor	194
Slika 141	Prikaz aktivnosti iz oblasti upravljanja mrežom u gradu Sombor, uvećano	194
Slika 142	Prikaz aktivnosti iz oblasti upravljanja mrežom u gradu Sombor, informacioni prozor	195
Slika 143	Sombor: Tematska mapa 1 – Aktivnosti prema tipu elemenata u mreži	195
Slika 144	Sombor: Tematska mapa 2 – Aktivnosti prema materijalu cevi	196
Slika 145	Kraljevo: Radni nalog iz JKP-a „Vodovod“	197
Slika 146	Kraljevo: Lokacije intervencija na mreži	197
Slika 147	Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – skica sa terena	198
Slika 148	Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – fotografija vodomernog šahta sa detaljima kućnog priključka	198
Slika 149	Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – priprema tehničkog crteža u kancelariji.....	198
Slika 150	Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – prikaz kućnog priključka, unešenog u GIS	199
Slika 151	Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – prikaz kućnog priključka, unešenog u GIS, uvećano sa prikazom svih detalja.....	199
Slika 152	Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – tabela sa podacima o ovoj tački	199
Slika 153	Smederevo: unošenje podataka iz projekata izvedenog stanja - koraci	200
Slika 154	Unošenje podataka iz projekata izvedenog stanja, koji su rađeni tokom trajanja istraživanja, u GIS...	201
Slika 155	Šema standardnog kućnog vodomera.....	204
Slika 156	Rezultati baždarenja za vodomere Qn 1,5 m ³ /h, zbirno za sve gradove	206
Slika 157	Rezultati baždarenja za vodomere Qn 2,5 m ³ /h, zbirno za sve gradove	207
Slika 158	Step-test u Smederevu, Zona 13 Vučak, Pod-zona 13-2	209
Slika 159	Nivo NFV kao posledica neredovnog očitavanja, i naknadna linearna interpolacija	216
Slika 160	Promena nivoa nefakturisane vode, za sve gradove, period 2008 – 2014.....	217
Slika 161	Trend promene nivoa nefakturisane vode, za sve gradove, 2008 – 2014.....	217
Slika 162	Kraljevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008	219
Slika 163	Kraljevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014	219
Slika 164	Loznica: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008	220
Slika 165	Loznica: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014.....	220
Slika 166	Pančevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008.....	221
Slika 167	Pančevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014.....	221
Slika 168	Šabac: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008	222

Slika 169	Šabac: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014.....	222
Slika 170	Smederevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008.....	223
Slika 171	Smederevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014.....	223
Slika 172	Sombor: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008.....	224
Slika 173	Sombor: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014.....	224
Slika 174	Vršac: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008.....	225
Slika 175	Vršac: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014.....	225
Slika 176	Kretanje indikatora “Pokrivenost troškova” tokom istraživanja.....	229
Slika 177	Kretanje indikatora “Efikasnost naplate” tokom istraživanja.....	230
Slika 178	Kretanje indikatora “Tarifa (voda i kanalizacija)” tokom istraživanja.....	230
Slika 179	Kretanje indikatora “Socijalna prihvatljivost” tokom istraživanja.....	231

Lista tabela

Tabela 1	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu.....	36
Tabela 2	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu.....	38
Tabela 3	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu.....	40
Tabela 4	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu.....	42
Tabela 5	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu.....	45
Tabela 6	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu.....	47
Tabela 7	Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u trogodišnjem periodu	49
Tabela 8	Minimalni noćni protok.....	60
Tabela 9	Rezultati baždarenja vodomera	71
Tabela 10	Minimalni noćni protok.....	72
Tabela 11	Očitavanja vodomera kod privatnih potrošača	82
Tabela 12	Rezultati baždarenja vodomera	83
Tabela 13	Minimalni noćni protok.....	84
Tabela 14	Upoređivanje vrednosti dnevne proizvodnje pitke vode dobijenih merenjima i od strane JKP-a.....	91
Tabela 15	Rezultati baždarenja vodomera	94
Tabela 16	Minimalni noćni protok.....	94
Tabela 17	Smederevo: rezultati verifikacije očitavanja merača protoka	102
Tabela 18	Rezultati baždarenja vodomera	106
Tabela 19	Minimalni noćni protok.....	106
Tabela 20	Rezultati provere očitavanja vodomera	117
Tabela 21	Rezultati baždarenja vodomera	118
Tabela 22	Minimalni noćni protok.....	118
Tabela 23	Rezultati verifikacije očitavanja vodomera	129
Tabela 24	Rezultati baždarenja vodomera	130
Tabela 25	Minimalni noćni protok.....	130
Tabela 26	Uporedni prikaz rezultata vodnih bilansa za sve gradove	138
Tabela 27	Loznica: Lokacije merenja pritisaka.....	159
Tabela 28	Lista posebnih informacija koje su prikupljane za svaki zadatak.....	164
Tabela 29	Oprema za merenja protoka i pritisaka i za detekciju curenja	165
Tabela 30	Pregled izvršenih aktivnosti na smanjenju gubitaka	167
Tabela 31	Pregled vršenih aktivnosti na aktivnoj kontroli curenja, februar - april 2013	168
Tabela 32	Pregled lociranja kvarova, februar - april 2013	169
Tabela 33	Pregled ispitanih vetila i hidranata, februar - april 2013.....	169
Tabela 34	Parametri merene zone	174
Tabela 35	Rezultati merenja protoka u zoni.....	175
Tabela 36	Analiza gubitaka vode	175
Tabela 37	Pregled aktivnosti na rekonstrukciji vodovodne mreže - rezultati ovih aktivnosti, zbirno za sve gradove	202
Tabela 38	Pregled nabavljenih količina različitih tipova vodomera, pojedinačno za svako preduzeće	208
Tabela 39	Broj definisanih mernih zona u sistemima vodosnabdevanja	212

1 UVOD

1.1 Predmet istraživanja

Predmet istraživanja je unapređivanje sistema upravljanja gubicima vode u procesima vodosnabdevanja u javnim vodovodnim sistemima, odnosno istraživanje mogućnosti smanjenja gubitaka (nefakturisane vode) u njima.

U nastavku se daje pregled osnovnih pojmova iz istraživanja.

Javni vodovodni sistemi

Prema [39] (Stipić, M., 2008), osnovna namena javnih vodovodnih sistema se definiše kao obezbeđivanje dovoljne količine pijaće vode ispravnog kvaliteta njegovim korisnicima, kao i obezbeđivanje vode za zaštitu od požara. Vodovodni sistemi se definišu kao skup objekata, postrojenja i cevovoda koji je namenjen dovođenju, tehnološkoj preradi vode, transportu i raspodeli vode korisnicima, kojim upravlja javno preduzeće.

Prema [37] (Službeni glasnik RS, 33/2012), priključak na javni sistem vodosnabdevanja ima 63% stanovništva, dok je lokalnim vodovodima obuhvaćeno još 14% stanovništva (Radna grupa za vodne resurse, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede/Republička direkcija za vode, 2007).

Sličan podatak se nalazi i u [30] (Republički zavod za statistiku, 2010): Prema zvaničnim statističkim pokazateljima u odnosu na ukupan broj domaćinstava, u Srbiji je oko 80% domaćinstava priključeno na vodovodne sisteme.

Gubici vode u sistemu

Gubici vode u sistemu (kako stvarni, tako i prividni), nanose veliku štetu vodovodnom sistemu, i ugrožavaju njegovo ispravno funkcionisanje. Potrebno je proizvesti veću količinu vode, što podrazumeva i veća ulaganja, kako investiciona, tako i operativna. Gubici vode u sistemu su takođe često povezani sa padom kvaliteta pijaće vode, što direktno predstavlja opasnost po zdravlje potrošača. Smanjenjem gubitaka vode u sistemu, postiže se i njegova veća pouzdanost. Prema [20] (Liemberger, R., McKenzie, R., 2003), nivo gubitaka vode, kako stvarnih tako i prividnih, je jedan od najvažnijih problema za preduzeća koja se bave snabdevanjem vode širom sveta. Takođe, [13] (Koelbl, J., Gschleiner, R., 2009) navodi borbu protiv gubitaka vode kao ključni zadatak svakog takvog preduzeća.

[38] (Službeni Glasnik 37/2011) definiše gubitke vode kao količinu i procenat vodnih resursa koji su se izgubili prilikom transporta vode (zbog curenja) između mesta zahvatanja i mesta isporuke. Ovaj indikator daje meru odgovora na efikasnost upravljanja sistemima za vodosnabdevanje, uključujući i tehničke uslove koji utiču na stanje cevovoda, cenu vode i svest populacije u državi. Prema istom izvoru, ovaj indikator se izračunava kao apsolutna i relativna razlika između količine vode zahvaćene od strane vodovoda i količine isporučene korisnicima (domaćinstva, industrija i druge ekonomske aktivnosti).

Pošto je termin „gubitak vode“ prilično širok, nedefinisan, i može se različito tumačiti, naučna zajednica je usvojila termin „nefakturisana voda“, odnosno voda koja se proizvede, a ne nađe se na računu.

Širom sveta, problematici nefakturisane vode i njenog smanjenja se pridaje sve veća i veća pažnja. Sistemski prilaz ovom problemu je započeo osamdesetih godina prošlog veka u Velikoj Britaniji. Prvi dokument sa tematikom poboljšanja upravljanja gubicima vode je bio [44] (UK Water Authorities Association). Već u ovom dokumentu se zaključuje (stranica 9), da ne postoji jedinstven metod upravljanja gubicima, praktičan za sve situacije, već da se preporučuje izbor najprimerenije metode na bazi standardnih procedura, datih u nastavku rada. Može se dodati da je visina gubitaka u javnim sistemima vodosnabdevanja Velike Britanije tada iznosila od 10% do 50%, a prosek je bio 24% (stranica 11).

Za njim je sledio dokument [9] (Farley, M.R., 1985), koji se prvi bavio podelom sistema vodosnabdevanja na zone.

Ovaj trend se ubrzo se proširio na ostale razvijene zemlje sveta, a zatim i na ceo svet, tako da su Ujedinjene Nacije osnovale organizaciju **The International Water Association (IWA)**, <http://www.iwa-network.org>), koja povezuje stručnjake iz oblasti vodosnabdevanja sa ciljem obezbeđivanja pravednih i održivih rešenja svih problema u vodosnabdevanju u svetu.

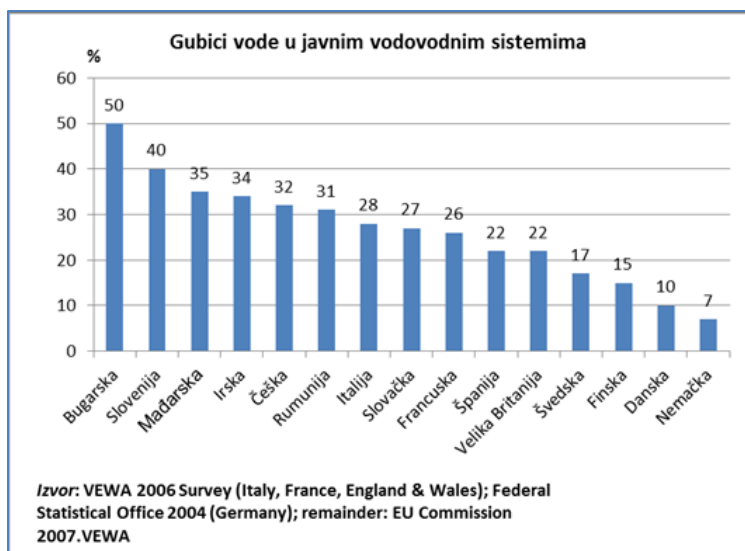
Gubici vode se mogu izraziti na više načina, pri čemu je najzastupljeniji način izražavanja gubitaka u procentima proizvedene vode. U stručnoj literaturi najviše su zastupljeni podaci o nivoima nefakturisane vode u razvijenim zemljama sveta. U nastavku se daje pregled ovih podataka iz različitih delova sveta, kao i iz zemalja u našem okruženju:

Nivo gubitaka vode u svetu

Po podacima iz [17] (Lambert, A.O. et al, 2002), nefakturisana voda se kreće u sledećim granicama:

Italija:	30% do 40%	(postavljen cilj je 15%)
Finska:	12% do 25%	(postavljen cilj je 10%)
Francuska:	10% do 40%	(nije navedeno)
Danska:	7,6%	(propisano plaćanje takse u slučaju prelaska 10%)
Mađarska:	24%	(nije navedeno)
Portugalija:	18% do 58%	(nije navedeno)

Nešto noviji podaci za nekoliko evropskih zemalja, u periodu 2004 – 2007 se tabelarno prikazuju u nastavku. Tabela preuzeta sa sajta Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine – Agencija za zaštitu životne sredine.



Slika 1 Gubici vode u javnim vodovodnim sistemima pojedinih zemalja Evrope

Hrvatska [14] (Kovač, J., 2006): Procenat nefakturisane vode u 13 posmatranih javnih sistema vodosnabdevanja se kreće od 24% do 70%.

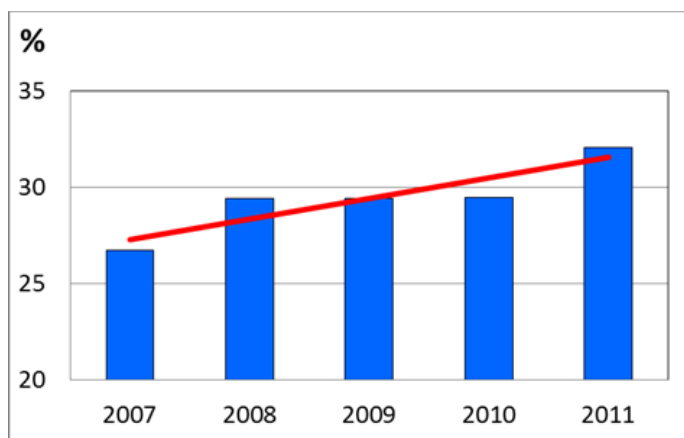
Makedonija [32] (Ristovski, B., Spirovska, S., 2007): Procenat nefakturisane vode u javnim sistemima vodosnabdevanja se kreće od 45% do 65%. U Skoplju je 2006. godine ovaj procenat bio 57%.

Nivo gubitaka u javnim vodovodnim sistemima u Srbiji

Što se tiče podataka iz naše zemlje, oni su obavezni deo godišnjeg izveštaja svih javnih komunalnih preduzeća iz oblasti vodosnabdevanja.

[38] (Službeni Glasnik 37/2011) navodi za 2012. godinu: Karakteristika snabdevanja naselja vodom za piće iz javnih vodovodnih sistema su visoki gubici koji prosečno iznose 32% i imaju trend porasta.

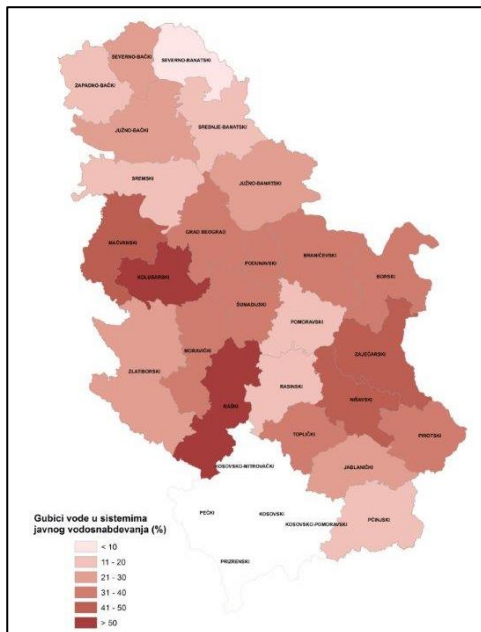
Prema podacima [29] (Republički zavod za statistiku Srbije, 2011) gubici vode u javnim sistemima vodosnabdevanja u Srbiji za period 2007 – 2011 su bili:



Slika 2 Gubici vode u javnim sistemima vodosnabdevanja u Srbiji 2007 - 2011

Iz prethodne slike lako se primećuje značajan porast gubitaka vode u javnim sistemima vodosnabdevanja u Srbiji.

Isti izvor daje i pregled gubitaka na nivou okruga/oblasti u Srbiji, a posebno se naglašava podatak o veličini gubitaka iz beogradskog vodovodnog sistema koji je iznosio oko 30%, a čijim bi se smanjenjem za 10% godišnje obezbedila količina vode ekvivalentna potrebama snabdevanja grada Kragujevca.



Slika 3 Gubici vode na nivou okruga/oblasti

Prema podacima iz 2008. godine, na početku ovog istraživanja, u sedam gradova koja su obuhvaćena istraživanjem, NFV se kretao između 27% i 60%. Više podataka o stanju u gradovima se daje u Poglavlju 3 – Prikaz stanja predmeta istraživanja (2008).

Iz ovog kratkog pregleda nivoa NFV kod nas i u svetu, zaključuje se da je nivo NFV kod nas neprihvatljivo visok, i da postoji potreba da se sistemski pristupi ovom problemu, kako bi se on značajno smanjio.

Vodni bilans

Vodni bilans je prikaz stanja proizvedene vode, potrošene vode i gubitaka.

Prema [16] (Lambert, A., 2003), gubici vode se generalno dele na stvarne i prividne. U stvarne spadaju:

- Gubici na glavnim cevovodima
- Gubici i prelivi na rezervoarima
- Gubici na kućnim priključcima

dok su prividni gubici:

- Ilegalna potrošnja
- Sve vrste netačnosti u merenju (najviše netačnosti vodomera, ali i greške u prebacivanju podataka)

Ove komponente su često međusobno povezane i zavise jedna od druge, tako da je izuzetno važno pravilno birati aktivnosti, kojima će se postići najveća smanjenja nefakturisane vode.

Šematski prikaz se daje u sledećoj slici:

Proizvedena voda (Ukupna količina vode koja ulazi u sistem)	Legalna potrošnja (ukupna godišnja količina izmerene i neizmerene vode preuzeta od strane registrovanih potrošača)	Fakturisana legalna potrošnja	Izmerena fakturisana potrošnja	Fakturisana voda	
			Neizmerena fakturisana potrošnja		
	Gubici vode (Razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje, sastoji se od komercijalnih (prividnih) i fizičkih (stvarnih) gubitaka)	Nefakturisana legalna potrošnja		Izmerena nefakturisana potrošnja	Nefakturisana voda (Razlika između proizvedene vode i fakturisane legalne potrošnje. Sastoji se od nefakturisane legalne potrošnje (obično vrlo mali deo proizvedene vode), i gubitaka vode)
				Neizmerena nefakturisana potrošnja	
		Komercijalni gubici (illegalna potrošnja i sve vrste netačnosti u merenju)		Ilegalna potrošnja	
				Netačnosti vodomera	
Fizički gubici (ukupna količina vode koja se izgubi kroz sve tipove curenja, havarija i preliva na glavnim cevovodima, rezervoarima i kućnim priključcima)		Gubici na glavnim cevovodima			
		Gubici i prelivi na rezervoarima			
		Gubici na kućnim priključcima			

Slika 4 Vodni bilans prema IWA terminologiji

1.2 Postavka hipoteze

Na osnovu svega napred navedenog, postavlja se opravdano pitanje kako pravilno upravljati vodovodnim sistemom, u cilju što većeg smanjenja gubitaka, a samim tim i smanjenja troškova u sistemu. Kako pravilno izabrati komponente gubitaka u sistemu, čijim smanjenjem će se postići najveće uštede, i kako proceniti njihovu međusobnu povezanost.

Osnovna hipoteza od koje se polazi u ovom istraživanju je da je moguće unaprediti sisteme upravljanja gubicima vode u procesima vodosnabdevanja, odnosno smanjiti procenat nefakturisane vode, implementacijom međunarodno priznatih preporuka i standarda.

Posebne hipoteze, koje se oslanjaju na ovu osnovnu, su:

Pravilno određivanje svih komponenti vodnog bilansa u sistemu je preduslov za izbor aktivnosti na smanjenju gubitaka u sistemu.

Putem analize rezultata, dobijenih u javnim sistemima obuhvaćenim ovim istraživanjem, moguće je dobiti osnovu za uvid u stanje u svakom javnom sistemu u Srbiji, i izabrati aktivnosti na smanjenju gubitaka.

Putem detaljnog snimanja stanja pojedinih delova vodovodnog sistema, moguće je dobiti pouzdan uvid u stanje kompletnog sistema.

Diskusija osnovne hipoteze i posebnih hipoteza se iznosi u Poglavlju 6.3.

1.3 Ciljevi istraživanja

Osnovni cilj istraživanja je unapređenje sistema upravljanja gubicima vode u procesima vodosnabdevanja. Istraživanje se vrši na bazi međunarodno definisanih standarda i preporuka za smanjenje nefakturisane vode, a primenjuje se na javne sisteme vodosnabdevanja u Srbiji.

Literatura navodi različite aktivnosti, pa se postavlja pitanje kako proceniti kojim aktivnostima na vodovodnom sistemu se najviše može postići na smanjenju gubitaka. Odnosno, kako pravilno upravljati projektima, tako da vodovodni sistemi imaju najveću korist, kvantifikovanu kroz smanjenje nefakturisane vode. Takođe, neophodno je izvršiti uporednu analizu smanjenja različitih komponenti nefakturisane vode, i na taj način pokazati njihovu eventualnu povezanost. S druge strane, potrebno je takođe i pronaći eventualne sličnosti javnih vodovodnih sistema sa aspekta nefakturisane vode, i na taj način unapred postaviti okvir za kvalitetno upravljanje projektima u bilo kom vodovodnom sistemu, u cilju smanjenja nefakturisane vode.

Ciljevi istraživanja su sledeći:

- Da se utvrde aktivnosti i ograničenja prilikom proračunavanja komponentata vodnog bilansa
- Da se prouče koristi sektorizacije vodovodnog sistema, u cilju smanjenja nefakturisane vode.
- Da se prouči uticaj upravljanja i kontrolom pritisaka u vodovodnom sistemu na smanjenje nefakturisane vode.
- Da se prouči u kojoj meri aktivna kontrola curenja može da doprinese smanjenju nefakturisane vode.
- Da se prouči u kojoj meri upravljanje infrastrukturom može da doprinese smanjenju nefakturisane vode.
- Da se prouči uticaj različitih faktora na prividne gubitke u sistemu, uz definisanje različitih aktivnosti sa ciljem njihovog smanjenja
- Da se utvrdi eventualno postojanje sličnosti (obrasca) sa aspekta nefakturisane vode u vodovodnim sistemima koji su deo istraživanja, i da se predlože mere kojima bi se u bilo kom sistemu u Srbiji moglo brzo postići značajno smanjenje nefakturisane vode.

Na osnovu tako utvrđenih ciljeva istraživanja, u radu će biti predložene smernice kojima je moguće postići pravilno upravljanje projektima, u cilju smanjenja nefakturisane vode.

1.4 Primenjena metodologija istraživanja

Za ostvarivanje zadatih ciljeva primenjuje se sledeća metodologija:

- U poređnom analizom se sagledava i vrši pregled postojeće literature i međunarodno definisanih standarda i preporuka u problematici smanjenja nefakturisane vode. U obzir se uzimaju i svi lokalni uslovi i osobnosti naše zemlje, zemalja Evropske unije, kao i pojedinih drugih zemalja.
- U vodovodnim sistemima, koji su predmet ovog istraživanja, vrši se implementacija svih međunarodno definisanih standarda i preporuka usmerenih na smanjenje nefakturisane vode, za svaku komponentu pojedinačno.
- Na bazi višegodišnjeg prikupljanja rezultata, vrši se proračun značaja implementacije ovih standarda i preporuka, kao i procena značaja svake pojedinačne aktivnosti.
- Analizira se postojanje obrazaca podele komponenti nefakturisane vode u sistemu, kao i postojanje obrazaca uticaja određenih aktivnosti na smanjenje određenih komponenti nefakturisane vode.
- Analizira se primenljivost rezultata na vodovode sisteme, koji nisu obuhvaćeni ovim istraživanjem.

Metodologija istraživanja se primenjuje na sledeće gradove, odnosno njihove javne sisteme vodosnabdevanja:

Kraljevo



Loznica



Pančevo



Šabac



Smederevo



Sombor



Vršac



Javna komunalna preduzeća iz oblasti vodosnabdevanja su, zajedno sa svojim osnivačima, potpisali ugovore o finansiranju investicija sa nemačkom razvojnom bankom KfW. Osim obezbeđivanja finansiranja investicija, ovi ugovori su predvideli i pomoć u različitim segmentima funkcionisanja preduzeća, u šta spada i pomoć pri smanjivanju nefakturisane vode, što je i predmet istraživanja ovog rada.

Istraživanje obuhvata period 2008 – 2014.

1.5 Kratak sadržaj rada

Rad se bavi sistemima vodosnabdevanja u sedam gradova srednje veličine u Srbiji, i istražuje mogućnosti smanjenja nefakturisane vode u njima. Istraživanje obuhvata period 2008 – 2014.

Nakon ovog uvodnog poglavlja, rad je strukturiran na sledeći način:

Pregled literature

U ovom poglavlju obrađuju se osnovni pojmovi i značenja u problematici gubitaka vode u sistemu, kao što su vodni bilans, i tehnike smanjivanja stvarnih i prividnih gubitaka u sistemu. Objasnjava se uticaj svake pojedinačne tehnike na smanjenje gubitaka. Posebno se objašnjava sektorizacija vodovodne mreže, i njen značaj za smanjenje gubitaka. Daje se pregled postojećih stavova i aktivnosti u svetu, vezano za ovu problematiku.

Zatečeno stanje

U ovom poglavlju se daje prikaz stanja u preduzećima, na početku istraživanja, 2008. godine. Sve informacije (broj potrošača i priključaka, broj ventila i hidranata, dužina, prečnici i materijali mreže, nivo nefakturisane vode i slično), date u ovom poglavlju, su dobijene ljubaznošću preduzeća.

Preduzeća, odabrana za ovo istraživanje, predstavljaju reprezentativni uzorak za teritoriju Srbije, pa se može reći da većina vodovodnih sistema u Srbiji ima slične karakteristike kao sistemi, obrađeni u ovom istraživanju.

Metodologija rada

U ovom poglavlju se opisuje primena postojećih svetskih stavova i aktivnosti na vodovodne sisteme, obuhvaćene istraživanjem.

Istim redosledom kako je navođeno u Pregledu literature, objašnjavaju se aktivnosti, vršene tokom istraživanja. Počinje se sa proračunom vodnog bilansa, preko sektorizacija vodovodnih sistema, do implementacije tehnika smanjivanja nefakturisane vode. Većina ovih aktivnosti se prikazuju pojedinačno za svako preduzeće, koje je učestvovalo u istraživanju.

Rezultati

U ovom poglavlju se navode rezultati, koji su postignuti u toku ovog rada. Rezultati su prezentovani istim redosledom kao i same aktivnosti, opisane u poglavlju 4 „Metodologija rada“.

Analiza rezultata i zaključci

U ovom poglavlju se izlaže diskusija rezultata i daju zaključci. S jedne strane, rezultati se mere upoređivanjem situacije sa početka istraživanja, sa situacijom na kraju istraživanja. S druge strane, rezultati postignuti u pojedinačnim gradovima se međusobno upoređuju.

Osim toga, daje se prikaz promena ostalih ključnih indikatora poslovanja, koji su u određenoj meri povezani sa nivoom nefakturisane vode.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 Vodni bilans

Vodni bilans je prikaz stanja proizvedene vode, fakturisane vode i nefakturisane vode.

Jedan od najvećih problema sa kojima se susreću javni sistemi vodosnabdevanja, kako kod nas tako i širom sveta, je visok nivo nefakturisane vode (NFV). Još 1996, IWA (International Water Association, telo osnovano od strane Ujedinjenih Nacija) je formiralo ogranak nazvan Water Loss Task Force (WLTF, tim za gubitke vode), sa sledećim zadacima:

- standardizacija vodnog bilansa korišćenjem međunarodne terminologije
- razvijanje strategije za suzbijanje NFV

Ovaj tim je predložio sledeću standardizaciju [1] (Alegre H. et al., 2000).

Proizvedena voda	Legalna potrošnja	Fakturisana legalna potrošnja	Izmerena fakturisana potrošnja	Fakturisana voda
			Neizmerena fakturisana potrošnja	
		Nefakturisana legalna potrošnja	Izmerena nefakturisana potrošnja	Nefakturisana voda
			Neizmerena nefakturisana potrošnja	
	Gubici vode	Komerrijalni gubici	Ilegalna potrošnja	
			Netačnosti vodomera	
Fizički gubici		Gubici na glavnim cevovodima		
		Gubici i prelive na rezervoarima		
Gubici na kućnim priključcima				

Slika 5 Vodni bilans prema IWA terminologiji

- Proizvedena voda: Ukupna godišnja količina vode koja ulazi u sistem
- Legalna potrošnja: Ukupna godišnja količina izmerene i neizmerene vode preuzeta od strane registrovanih potrošača
- Nefakturisana voda: Razlika između proizvedene vode i fakturisane legalne potrošnje. Sastoji se od nefakturisane legalne potrošnje (obično vrlo mali deo proizvedene vode), i gubitaka vode.
- Gubici vode: Razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje, sastoje se od komercijalnih (prividnih) i fizičkih (stvarnih) gubitaka

Komercijalni (prividni) gubici se sastoje od ilegalne potrošnje i svih vrsta netačnosti u merenju

Fizički (stvarni) gubici su ukupna količina vode koja se izgubi kroz sve tipove curenja, havarija i preliva na glavnim cevovodima, rezervoarima i kućnim priključcima

Prethodna tabela je usvojena od strane međunarodne naučne zajednice i koristi se i kod nas kao i širom sveta.

Brojne knjige i naučni radovi iz oblasti smanjenja NFV pokazuju da je prva aktivnost prilikom razvijanja strategije smanjenja NFV izrada vodnog bilansa, kao na primer:

[10] (Farley, M., Trow, S. 2003) navodi da su većina preduzeća koja se bave proizvodnjom i distribucijom vode u mogućnosti da obezbede procene proizvedene i potrošene vode, ali da teže mogu da daju odgovor vezano za ostale komponente.

[46] (Vermersch, M., Rizzo, A., 2008) navodi da se obično stvarni gubici prilikom izrade vodnog bilansa direktno proračunavaju preko merenja minimalne noćne potrošnje, dok se prividni gubici grublje procenjuju. Gde god je moguće, potrebno je proceniti obe vrste gubitaka podjednako striktno. Ovo uključuje profil potrošnje potrošača, studiju trošenja vodomera, procenu neregistrovanog protoka na vodomerima, terenski rad i slično.

[17] (Lambert, A.O. et al., 2002) navodi da bilo kakvoj diskusiji o gubicima vode mora prethoditi jasna definicija komponenti vodnog bilansa. Sve komponente vodnog bilansa moraju se odrediti zapreminski pre započinjanja daljih aktivnosti oko smanjenja gubitaka.

2.1.1 Tehnike proračunavanja komponenti vodnog bilansa

U [11] (Farley, M. et al., 2008), navode se četiri osnovna koraka pri proračunavanju vodnog bilansa:

Korak 1: odrediti ukupan ulaz vode u sistem

Korak 2: odrediti legalnu potrošnju (razdvojeno za fakturisanu i nefakturisanu)

Korak 3: proceniti komercijalne gubitke (razdvojeno za ilegalnu potrošnju i netačnosti u merenjima)

Korak 4: izračunati stvarne gubitke (razdvojeno za gubitke na glavnim cevovodima, gubitke i prelive na rezervoarima, i gubitke na kućnim priključcima)

Autor navodi da su ponekad čak i osnovne potrebne informacije nedostupne, kao što su ukupno proizvedena voda, pritisak u mreži, ukupna dužina cevovoda ili broj kućnih priključaka.

Zbog toga je neophodno sprovesti različite tehnike proračunavanja komponenti vodnog bilansa.

U [10] (Farley, M., Trow, S. 2003), navode se tri osnovne tehnike proračunavanja komponenti vodnog bilansa:

2.1.1.1 „Top-Down“ metoda (od vrha ka dnu):

Ova metoda se bazira na proceni fizičkih gubitaka kao razlike između prozvedene vode, fakturisane vode i komercijalnih gubitaka.

Tačnost procene stvarnih gubitaka putem ove metode zavisi od tačnosti procene komponenti vodnog bilansa:

- Proizvedena voda
- Neizmerena fakturisana potrošnja
- Neizmerena nefakturisana potrošnja
- Ilegalna potrošnja
- Netačnosti merenja

Zbog ovoga, procenjene vrednosti stvarnih gubitaka, dobijene ovom metodom, moraju se uzimati sa velikom rezervom.

Takođe, ukupna količina stvarnih gubitaka dobijena ovom metodom se ne može razgraničiti na komponente.

U [45] (United States environment protection agency, 2013), navodi se da ova metoda treba da bude izvršena kao prva, jer ne zahteva velike troškove i terenski rad, ali da mora da bude dopunjena sledećom metodom, u cilju procenjivanja visine svake od komponenti gubitaka.

2.1.1.2 „Bottom-Up“ metoda (od dna ka vrhu):

Ova metoda se bazira na terenskom radu, noćnim merenjima, baždarenju vodomera i slično. Analiza gubitaka ovom metodom se bazira na privremenoj izolaciji dela sistema vodosnabdevanja, koji se snabdeva iz jedne ili eventualno dve tačke. Ovako izabrana zona se obično naziva **Pilot zona**.

Odabrana zona za analizu merenja treba da predstavlja reprezentativni uzorak sistema vodosnabdevanja (na primer, da obuhvati i individualno i zajedničko stanovanje), a bira se i po broju priključaka i ukupnoj dužini mreže.

Na strateškim mestima u zoni (uključujući i ulaz u zonu) se vrše 24-časovna merenja protoka i pritisaka. Nakon toga se vrši analiza noćne potrošnje. Minimalna noćna potrošnja u gradskim uslovima se obično postiže pred jutro i zato su u tom periodu stvarni gubici procentualno najveći. Procena stvarnih gubitaka preko minimalne noćne potrošnje se vrši oduzimanjem procenjene stvarne noćne potrošnje.

Poželjno je izvršiti kontrolu svih vodomera u Pilot zoni, i na taj način dobiti informaciju o isporučenoj, a neizmerenoj vodi, koja je posledica netačnosti merenja protoka.

Kao osnova za procenu minimalnog noćnog protoka, može se uzeti vrednost iz Pravilnika W392 nemačkog udruženja za snabdevanje vodom i gasom [7] (DVGW, 2003). Stvarna noćna potrošnja se procenjuje na 0,8 m³/h po 1.000 potrošača na bazi pravilnika DVGW.

U [34] (Rizzo, A. et al., 2007), objašnjava se značaj pilot zona za procenu prividnih gubitaka. Navodi se da preduzeća treba da prouče različite komponente gubitaka na malim delovima svojih mreža, pre primenjivanja različitih nacionalnih ili regionalnih studija, a navodi se pet koraka u tom cilju:

Korak 1: Izbor Pilot zone – u idealnom slučaju ovo bi bila zona sa 20 do 50 potrošača. Kriterijumi za izbor zone su mogućnost izolacije od ostatka mreže, i starost vodomera.

Korak 2: Merenje ulaza vode u Pilot zonu – verovatno najznačajniji korak, pošto je neophodno vrlo precizno vršiti merenja ulaza i potrošnje svakog potrošača. Zbog toga je ključno odabrati pogodan merač protoka na ulazu u zonu.

Korak 3: Očitavanja merača na ulazu u zonu i pojedinačnih vodomera u zoni. Da bi se dobila količina prividnih gubitaka u zoni, potrebno je više puta ponoviti ova očitavanja.

Korak 4: Ukoliko je moguće, primenjivanje inovativnih tehnika smanjenja prividnih gubitaka, kao što su ugradnja preciznih merača na mesto postojećih.

Korak 5: Ekstrapolacija zaključaka na celu mrežu i proračun finansijskih implikacija. U tu svrhu ključno je da zona predstavlja reprezentativni uzorak mreže, ili da se odabere više Pilot zona.

2.1.1.3 „Component Analysis“ – analiza komponenti stvarnih gubitaka:

Metoda koja se zasniva na mnogim procenama i pretpostavkama, od kojih neke zavise od podataka preduzeća koje vrši snabdevanje vodom, neke su dobijene uzimanjem srednjih vrednosti od različitih industrija, dok su druge bazirane na inženjerskom rasuđivanju. Na primer, komponente stvarnih gubitaka se procenjuju na bazi godišnjeg broja novih curenja, koja se dele na tri kategorije:

- pozadinska curenja na spojevima i fitinzima, ovde su protoci niski ali trajanja duga
- prijavljena curenja, ovde su protoci veliki, a trajanja kratka
- neprijavljena curenja, sa srednjim protocima, a trajanja zavise od aktivne detekcije curenja

Cilj ove metode je da odredi sve komponente stvarnih gubitaka, koje će zatim biti upoređene sa vrednostima dobijenim preko prve dve metode.

Obično se, pri analizi komponenata vodnog bilansa, kombinuju sve ove tri metode. Krajnji cilj je iskazivanje svake komponente gubitaka kao procenta ukupno proizvedene vode.

2.1.2 Ograničenja

Osim očiglednih problema navedenih ranije, koji se tiču nepostojanja dovoljnih informacija, stručna literatura navodi i sledeće probleme odnosno greške pri proračunavanju [46] (Vermersch, M., and Rizzo, A., 2008):

- tačnost prilikom raspodele gubitaka po komponentama
- vodni bilans daje prikaz situacije samo u određenom trenutku

- koeficijent povratka anomalije: zamenu „x“ vodomera, svi ostali će nastaviti da stare i generišu dodatne greške u merenjima; popravkom „y“ neprijavljenih curenja, nova curenja će se stvarati nakon intervencije; regulisanjem „z“ ilegalnih priključaka, novi ilegalni priključci će se dešavati nakon toga

- migracija gubitaka: popravkom curenja u određenom delu mreže, popravljaju se i stanje sa pritiskom u tom delu mreže, tako da se indirektno može povećati i neregistrovana potrošnja, odnosno neki deo stvarnih gubitaka se pretvara naknadno u prividne gubitke

Bez obzira na teškoće i ograničenja sa kojim se susrećemo prilikom proračuna komponenti vodnog bilansa, stručna literatura je jednoglasna u neophodnosti ove aktivnosti prilikom razvijanja strategije smanjenja NFV.

2.2 Merne zone – sektorizacija sistema vodosnabdevanja kao neophodni element u cilju smanjenja gubitaka

Merna zona je deo sistema vodosnabdevanja, koja je od ostatka sistema odvojena definisanom i stalnom granicom.

Sektorizacija sistema vodosnabdevanja je podela sistema na merne zone.

Podela sistema vodosnabdevanja je delikatna aktivnost, koja može da dovede do problema u vodosnabdevanju i kvalitetu vode ukoliko se ne izvede ispravno. Međutim, praksa pokazuje da se čak i najveći i najkompleksniji sistemi vodosnabdevanja mogu uspešno podeliti na merne zone. U tu svrhu neophodno je imati detaljno poznavanje sistema.

U prethodnom poglavlju je navedeno da je za ispravno određivanje komponenti vodnog bilansa potrebno vršiti aktivnosti na privremeno izolovanom delu sistema vodosnabdevanja. Te aktivnosti uključuju noćna merenja, proveru kućnih priključaka, tačnost vodomera i slično. U nastavku se daje osvrt na stručnu literaturu koja se bavi tematikom mernih zona.

Prvi koncept korišćenja mernih zona je uveden ranih '80 godina prošlog veka u Velikoj Britaniji, a opisan je u [44] (UK Water Authorities Association, 1980). U ovom izveštaju, Merna Zona (u daljem tekstu MZ), se definiše kao zatvorena oblast distributivnog sistema, koja se obično stvara zatvaranjem ventila, u kojoj se mere količine vode koja ulazi u nju, odnosno izlazi iz nje.

Korišćenje MZ u cilju određivanja komponenti vodnog bilansa podrazumeva korišćenje protoka u cilju određivanja nivoa gubitaka u definisanoj oblasti. Gubici se najtačnije mogu odrediti kada je potrošnja na minimumu, što se obično vezuje za noćni period. Ovo načelo minimalne noćne potrošnje je takođe prvi put definisano u pomenutom Izveštaju.

Tim stručnjaka okupljenih oko Međunarodnog udruženja voda (IWA), je detaljno sistematizovao sve procedure vezano za merne zone. Osnovni pojmovi i metodologija, navedeni u njihovom radu [23] (Morrison, J. et al., 2007), se sažeto prikazuju u nastavku.

Merna zona je oblast, koja ima definisanu i stalnu granicu. Ciljevi stvaranja MZ su ustanovljavanje postojanja neprijavljenih havarijskih gubitaka, pouzdan proračun ukupnih gubitaka u MZ, kao i kontrola pritiska u svakoj mernoj zoni, kako bi ceo sistem vodosnabdevanja bio održavan na optimalnom pritisku.

U zavisnosti od karakteristika mreže, merna zona bi trebalo da bude snabdevena preko jednog ulaza, i diskretna (odnosno da nema protoka ka drugoj MZ).

Aktivnim merenjem mernih zona se postiže tačan proračun ukupnih gubitaka u mernoj zoni, pomaže se lociranje gubitaka, smanjuje se potreban broj zatvorenih ventila, i smanjuju se neophodna odstupanja od postojećih hidrauličkih parametara, i parametara vezano za kvalitet vode u mreži.

Sledeće faktore je potrebno uzeti u obzir prilikom određivanja merne zone:

- Ekonomski opravdan nivo gubitaka
- Veličina MZ (prostorno, i po broju priključaka)
- Tip stanovanja (višespratnice, porodične kuće sa dvorištem, ...)
- Varijacije u nadmorskoj visini
- Zahtevani kvalitet vode
- Zahtevani pritisak
- Kapacitet za zaštitu od požara
- Ciljani nivo gubitaka
- Broj ventila, koje je potrebno zatvoriti
- Broj merača, koje je potrebno instalirati
- Velikim potrošačima meriti potrošenu vodu i računati je kao izlaz iz zone

Glavni faktor za uspešno stvaranje MZ je da se korisnicima ne promeni značajno kvalitet usluge vodosnabdevanja. Ovo je posebno važno ukoliko su postojeći pritisci u mreži već niski.

Veličina MZ je usko povezana sa troškovima njenog stvaranja, zbog toga što je za stvaranje većeg broja manjih zona potrebno instalirati veći broj ventila i merača protoka. Takođe, troškovi kasnijeg održavanja će u tom slučaju biti veći. Stoga je potrebno pronaći optimalan broj MZ, posmatrano sa ekonomske strane. Prednosti malih MZ su:

- Nova curenja će biti ranije detektovana
- Manja curenja se mogu detektovati
- Lociranje curenja traje kraće i manje košta
- Nivo curenja je moguće održavati na nižem nivou

U praksi, veličine MZ će značajno varirati zbog ograničenja postojeće infrastrukture, kao i postojećih pritisaka. Literatura, na kojoj se autori u ovom Poglavlju prvenstveno oslanjaju navodi, da se u Velikoj Britaniji MZ bira prema broju priključaka, te da i u gradskim područjima merna zona trebalo da obuhvata između 500 i 3.000 priključaka. Međutim, konačan stav po pitanju veličine MZ će se izgraditi na bazi hidrauličkih, praktičnih i ekonomskih faktora.

Pri stvaranju MZ, velika pažnja se mora posvetiti i kvalitetu vode, obzirom na činjenicu da će mnogi ventili morati biti zatvoreni, što će za posledicu imati veći broj slepih krakova nego inače. Jedan od načina da se ovaj problem prevaziđe je ispiranje vodovodne mreže u regularnim intervalima, pri čemu se ipak posebna pažnja mora posvetiti da se ispiranjem dodatno ne pokvari stanje.

Ispravno određena MZ ima sledeće karakteristike:

- Minimalne varijacije nadmorske visine unutar zone
- Granice koje su jednostavne za identifikaciju

- Veličina, odgovarajuća za očekivan broj curenja za identifikaciju
- Ispravno locirani merači, odgovarajućih dimenzija
- Uključivanje ljudstva, zaduženog za izmene na mreži
- Što manji broj zatvorenih ventila
- Što manji broj merača
- Optimalan pritisak u zoni, koji zadovoljava standarde prema potrošačima, i smanjuje količinu gubitaka

Testiranje merne zone počinje probnim zatvaranjem ventila, kako bi se proverila njihova ispravnost, i odredili ventila koje je potrebno zameniti. Nakon što se potvrdi ispravnost zatvorenosti ventila, potrebno je izmeriti pritisak, i utvrditi da on zadovoljava maksimalne zahteve korisnika i protivpožarne zahteve (ovo se može utvrditi otvaranjem hidranata).

Sledeći korak je takozvani „test nultog pritiska (zero pressure test)“. On se vrši tako što se (obično u noćnim uslovima i nakon prethodnog obaveštenja) zatvori ulaz vode u MZ, nakon čega se proverava pad pritiska u zoni na nulu. Ukoliko nakon 10 minuta pritisak ne padne na nulu, druga provera treba da uključi i otvaranje hidranata u zoni, nakon čega bi pritisak trebalo da opadne na nulu. Ukoliko ni nakon druge provere pritisak nije na nuli, to je znak da postoji još neki ulaz u zonu. Analiziranjem pritiska na raznim delovima mreže moguće je odrediti okvirno lokaciju tog ulaza. Eventualno je potrebno parčanje MZ na više manjih zona, dok god se ne odredi nepoznat ulaz u zonu. U svakom slučaju, provera zatvorenosti zone je ključan korak, od kojeg zavise sve naknadne aktivnosti na lociranju curenja.

Nakon završetka testa, ulaz vode se ponovo otvara. Proverava se da li se pritisak u zoni vratio na vrednost pre početka testa.

Merače protoka treba izabrati tako da se nizak noćni protok može precizno meriti, a da se sa druge strane izbegnu veći gubici pritiska prilikom vršne potrošnje. Moderna tehnologija omogućuje merače koji su podesni za vršnu potrošnju i godišnje varijacije u potrošnji, a sa druge strane omogućuju precizno merenje noćne potrošnje, kao i vrlo malih protoka, vezano za „step-testove“ (o čemu se više navodi u Poglavlju 2.3.1.2).

Nakon instaliranja graničnih merača i stvaranja stalne granice, neophodno je proveriti zonu, kako bi se potvrdilo sledeće:

- Ispravnost rada svih merača
- Nepostojanje operativnih problema
- Svi unutrašnji ventili su u zahtevanom položaju
- Pritisak u mernoj zoni

Najjednostavnije prikazano, gubici u MZ predstavljaju razliku između ulaza i potrošnje. Ulaz se može meriti precizno, međutim, kvantifikovanje potrošnje se ne može izvršiti direktno, čak i ako su svi kućni priključci opskrbljeni meračem, zbog faktora kao što su greške u merenju i ilegalna potrošnja. Ovi problemi se najbolje prevazilaze kvantifikovanjem gubitaka tokom minimalne potrošnje, koja se obično dešava noću. Obzirom da je noćna potrošnja veoma mala, njen najveći deo će biti posledica curenja.

Minimalna noćna potrošnja je najniži protok u mernu zonu tokom svake noći. Noćna potrošnja se računa kao srednja vrednost tokom određenog vremena, koje se najčešće definiše kao jedan sat.

Međutim, protok izmeren kao minimalna noćna potrošnja, a koji je praktično vrednost ukupnih gubitaka, se ne može direktno povezati sa dnevnom vrednošću gubitaka, jer je pritisak noću uglavnom najviši, dok tokom dana varira. Ekstrapolacijom vrednosti noćnih gubitaka tokom 24 sata će se dobiti prevelike dnevne vrednosti gubitaka, zbog čega se uvodi „Noćno-dnevni faktor“ (NDF), koji je obično između 18 i 24. U stručnoj literaturi mogu se naći smernice za određivanje ovog faktora, na primer u Dodatku A rada [23] (Morrison, J. at al., 2007), navedenog ranije u ovom Poglavlju.

Procenjivanje noćne potrošnje se vrši tako što se potrošači iz merne zone podele na tri grupe:

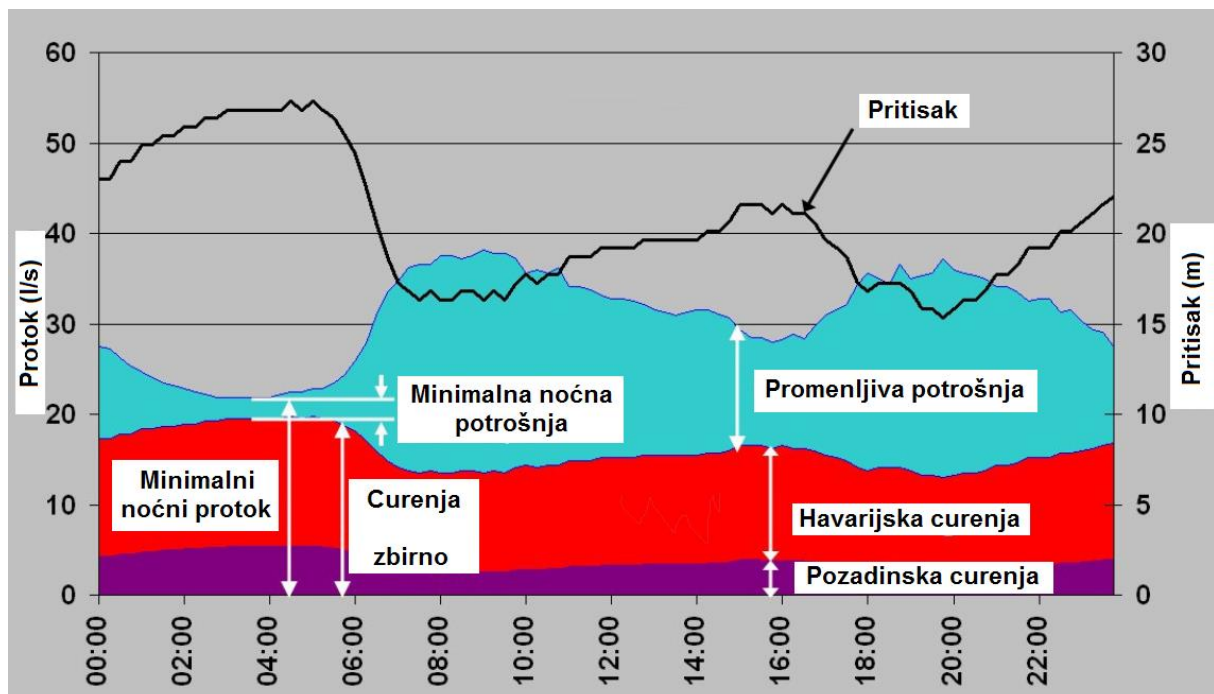
- Domaćinstva
- Ostali potrošači, koji vodu koriste uglavnom tokom dana (komercijalni potrošači, škole, ...)
- Posebni potrošači, kao što su industrijski potrošači, bolnice i slično

Podela na ove grupe se vrši ili preko službe naplate, ili procenjivanjem.

Podaci, koji su potrebni za procenu noćne potrošnje, su broj stanovnika i domaćinstava (u to spada i broj stanova u zgradama), broj komercijalnih i industrijskih potrošača, broj potrošača sa neobičajeno visokom noćnom potrošnjom (preko 0,5 m³/h)...

Podaci, koji su potrebni za procenu pozadinskog curenja, su ukupna dužina distributivnog cevovoda, broj priključaka, prosečna dužina kućnog priključka, srednji noćni pritisak u zoni...

Na sledećem dijagramu su prikazane sve komponente minimalne noćne potrošnje, preko kojeg se može utvrditi visina havarijskog curenja u zoni:



Slika 6 Komponente minimalne noćne potrošnje

Iz prethodne slike vidi se da su pritisci najveći, a protok najmanji, u noćnim časovima.

Procena stvarnih gubitaka preko minimalne noćne potrošnje se vrši oduzimanjem procenjene stvarne noćne potrošnje.

2.3 Tehnike smanjivanja nefakturisane vode

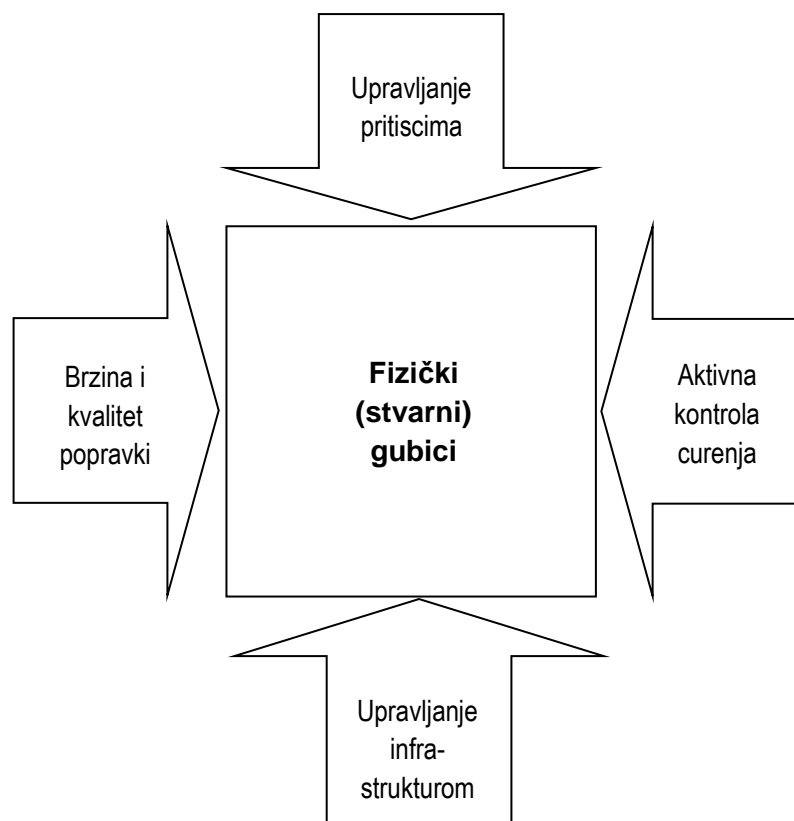
Na nivo nefakturisane vode može se uticati na više načina, tako da su razvijene različite tehnike smanjivanja NFV, koje se opisuju pojedinačno u ovom Poglavlju.

IWA predlaže sledeće strategije za suzbijanje NFV, posebno za stvarne i za prividne gubitke.

2.3.1 Suzbijanje stvarnih gubitaka

Stvarni (fizički) gubici predstavljaju deo nefakturisane vode koja se izgubi na glavnim cevovodima i kućnim priključcima (curenja), kao i u rezervoarima (curenja i prelivi).

Sledeća šema je preuzeta iz [4] (Brothers, K., 2003). Ona pokazuje interaktivnost različitih aktivnosti, usmerenih ka suzbijanju stvarnih gubitaka.



Slika 7 Komponente stvarnih gubitaka

Upravljanje pritiscima: pritisci u mreži utiču na intenzitet protoka kroz postojeća curenja, učestalost novih curenja, kao i na neke elemente potrošnje.

Aktivna kontrola curenja: skup aktivnosti na smanjenju stvarnih gubitaka putem detekcije nevidljivih curenja.

Brzina i kvalitet popravki: nakon detekcije curenja, nužno je sprovesti brzu i kvalitetnu popravku, kako bi se smanjili troškovi, mogućnost ulaska nečistoća, kao i neprijatnosti potrošača.

Upravljanje infrastrukturom: podrazumeva izbor, ugradnju, održavanje, obnavljanje i zamenu infrastrukture.

U nastavku se svaka komponenta detaljno objašnjava.

2.3.1.1 Uticaj upravljanja i kontrole pritiska u vodovodnom sistemu na smanjenje gubitaka

Jedna od definicija upravljanja pritiscima u najširem smislu je data u [40] (Thornton, J. et al., 2005), kao: Praksa upravljanja pritiscima u sistemima na optimalnim nivoima snabdevanja, koja obezbeđuje dovoljnu i efikasnu snabdevenost potrošača, dok sa druge strane smanjuje nepotrebne dodatne troškove, i eliminiše tranzijente i pogrešna očitavanja nivoa, koji dovode do curenja u distributivnim sistemima.

Prema [10] (Farley, M., Trow, S. 2003), postoji puno koristi od upravljanja pritiscima, a ako se ono ispravno projektuje i održava, nema nedostataka. Ove koristi su: smanjenje količine curenja, smanjenje potrošnje, smanjenje učestalosti curenja, i obezbeđivanje konstantnijeg snabdevanja potrošača.

U [41] (Thornton, J., Lambert, A. 2005), navodi se da sve veći broj država i preduzeća prepoznaje da je kvalitetno upravljanje pritiscima osnova dobre kontrole curenja i upravljanja infrastrukturom.

U [5] (Charalambous, B., 2005), navodi se da je uobičajena praksa da se sistemi vodosnabdevanja projektuju tako da obezbede minimalni standard isporuke potrošačima koji su na najvišjim lokacijama, tokom maksimalne potrošnje. Ovo znači da minimalni pritisak nastaje tokom maksimalne potrošnje, pa se mogu očekivati velike dnevne oscilacije pritiska u toj tački. Zbog toga, upravljanje pritiscima u periodima niže potrošnje dobija na značaju. U [22] (Mckenzie, R.S., Wegelin, W., 2005) navodi se da je kontrolom pritiska van perioda vršne potrošnje često bilo moguće značajno smanjiti gubitke bez identifikacije ili popravke ijednog curenja. Nakon što se reše problemi previsokih pritiska u mreži, treba krenuti u ostale mere, kao što su saniranje curenja.

U nastavku ovog Poglavlja se sažeto prikazuju najvažnija praktična saznanja iz oblasti upravljanja pritiscima, iznešena u [42] (Thornton, J., 2003).

Upravljanje i kontrola pritiska u mreži ima velik uticaj na smanjenje gubitaka. Veza između upravljanja i kontrole pritiska u mreži sa smanjenjem gubitaka je uočena prvo u zemljama koje su prve počele sa ovom strategijom (Velika Britanija, Japan). S druge strane, izveštaji pokazuju da se i dalje, bez obzira na očigledne koristi, ovaj koncept ne primenjuje u dovoljnoj meri.

Jedan od uzroka za ovakvu situaciju je taj, što se pri merenju gubitaka vode nisu merili i operativni pritisci, tako da se ovaj parametar nije uzimao u obzir prilikom analize rezultata.

U poslednje vreme u svetu ipak prevlađuje stav da upravljanje i kontrola pritiscima u mreži smanjuje gubitke, kao i da se može izračunati zavisnost gubitaka od pritiska.

Upravljanjem i kontrolom pritiska u mreži se postiže sledeće:

- Obezbeđivanje minimalnih standarda usluge vodosnabdevanja, vezano za pritiske u mreži

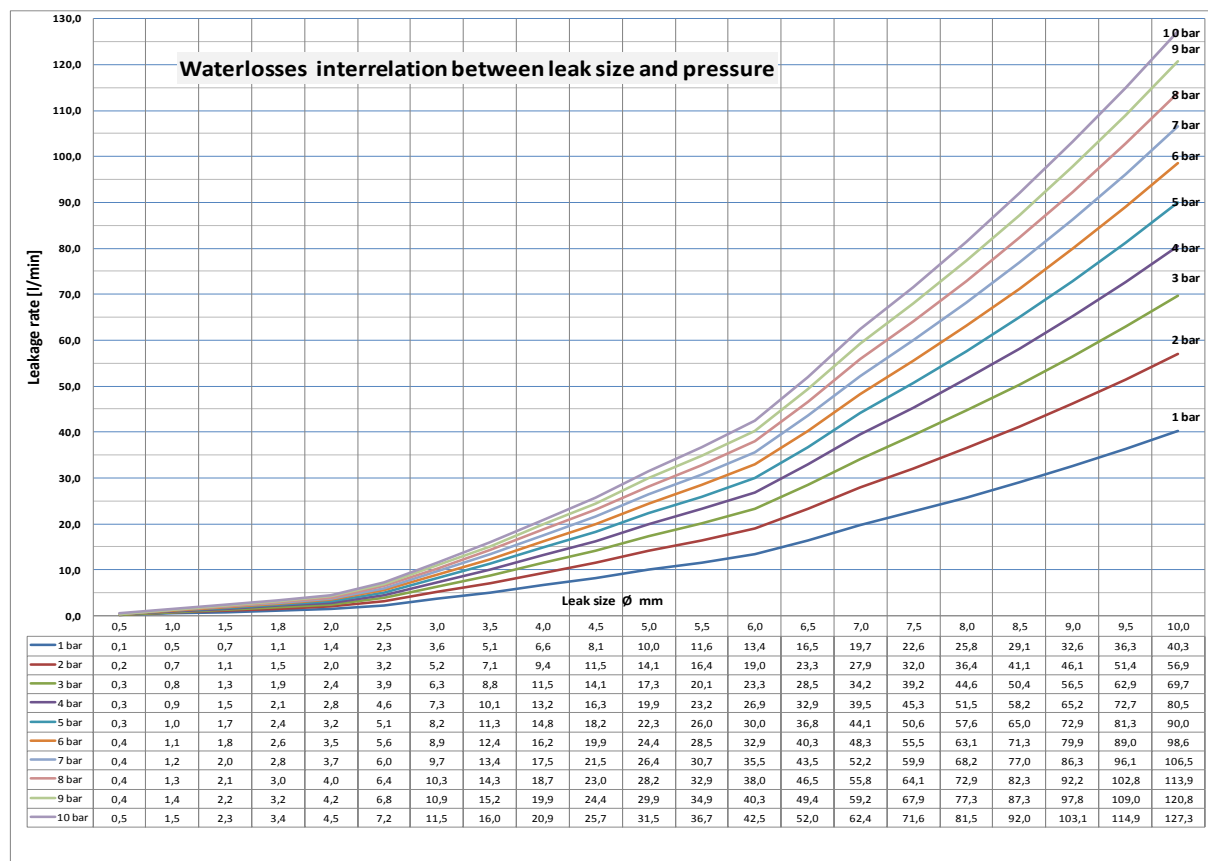
- Identifikacija i minimiziranje hidrauličkih udara
- Smanjenje previsokih pritisaka

Uticaj pritiska na intenzitet postojećih curenja se najbolje opisuje empirijskom jednačinom:

$$L_1 = L_0 (P_1 / P_0)^{N_1}$$

Pri čemu su P_0 i L_0 inicijalne vrednosti pritiska i protoka curenja u mreži, P_1 i L_1 vrednosti pri promenjenom pritisku, a eksponent N_1 može da varira od 0.5 do 1.5 u zavisnosti od najuticajnije vrste curenja i vrste cevnog materijala. Najčešće se, za velike sisteme sa mešovitim materijalima, zbog pojednostavljenja uzima da je $N_1 = 1$, što implicira linearnu zavisnost između pritiska u mreži i protoka curenja.

Praćenje nivoa pritisaka je od velikog značaja za procenu o mogućnostima smanjenja gubitaka na bazi kontrole pritisaka tokom noći. Sledeći grafik prikazuje uticaj pritiska u mreži na intenzitet curenja. Na primer, smanjenje noćnog pritiska sa 6 na 3 bara će rezultirati sa oko 35% manje gubitaka usled curenja.



Slika 8 Uticaj pritiska u mreži na količinu curenja

Uticaj pritiska na frekvenciju novih curenja: Visoki pritisci imaju priličan uticaj na frekvenciju novih curenja. Najopasniji su hidraulički udari, a primećeno je da se mnogo više novih curenja dešava u delovima sistema koji se snabdevaju direktnim pumpanjem nego u delovima koji se snabdevaju gravitaciono, iz rezervoara. U sistemima sa prekidima u isporuci mogu se desiti i do 20 puta više novih curenja nego u sistemima sa konstantnim pritiskom.

Aktivnosti koje prethode upravljanju i kontroli pritiska: da bi se uopšte moglo proceniti da li će upravljanje i kontrola pritiscima doneti korist određenom sistemu, potrebno je uraditi niz prethodnih aktivnosti, koje uključuju:

- Identifikacija potencijalnih zona i tačaka u kojima bi mogli biti instalirani uređaji
- Analiza zahteva za vodom, prilikom koje se identifikuju ograničenja u upravljanju i kontroli
- Merenja protoka i pritiska na terenu
- Modelovanje i proračun potencijalnih koristi
- Identifikacija pogodnih kontrolnih ventila i upravljačkih uređaja
- Modelovanje i proračun kontrolnih režima pomoću kojih bi se mogao postići zadati efekat
- Analiza troškova i koristi („cost-benefit analysis“)

Načini upravljanja pritiscima: upravljanje pritiscima u mreži, u cilju smanjenja gubitaka, se može podeliti na tri dela:

- Redukcija / održavanje pritiska
- Predviđanje i izbegavanje hidrauličkih udara
- Kontrola visina i nivoa vode u rezervoarima

Najčešće aktivnosti na upravljanju pritiscima u mreži su aktivnosti na redukciji pritiska. Ovo se može postići sledećim uobičajenim metodama:

- Stvaranjem zona u sistemu
- Kontrolom pumpi i nivoa
- Ugradnjom kontrolnih ventila za održavanje pritiska
- Vremenski upravljanim kontrolnim ventilima
- Kontrolnim ventilima upravljanim protokom
- Kontrolom parametara u tačkama sistema

Vezano za praksu upravljanja pritiscima, u nastavku se daju zaključci na ovu temu stručnjaka iz različitih evropskih i svetskih zemalja, sumirani u [17] (Lambert, A.O. et al, 2002).

Norveška: Curenja su vrlo zavisna od pritiska. Radi se na tome da se uvodi što više zona pritiska.

Španija: Smanjenje pritiska u mreži se pokazalo kao najbolja preventivna mera.

Finska: Upravljanje pritiscima se ne koristi za smanjenje curenja.

Nemačka: Intenzitet curenja se menja sa pritiskom mnogo više nego po teoretskoj formuli. Cilj je da se potrošačima obezbede pritisci između 3 i 5 bara.

Poljska: Stvarni gubici su pod uticajem pritiska u mreži.

Hong Kong: Ugrađivanje ventila za smanjenje pritiska u zonama visokih pritiska.

Australija: Sistemi rade na visokim pritiscima. Istražuje se korist upravljanja pritiscima.

SAD: Upravljanje pritiscima nije široko primenjeno.

Malezija: Curenja su proporcionalna pritiscima u mreži.

U [15] (Kovač, J., 2007), daju se rezultati projekta, koji je 2005. godine implementiran u Gračanici, u Bosni i Hercegovini. Tada je izvršeno smanjenje ulaznog pritiska u sistem sa 5 bara na 4 bara (20%). Ostvareno je smanjenje novih curenja od 69% na godišnjem nivou (59% manje curenja na cevovodima, i 72% manje novih curenja na kućnim priključcima).

U [14] (Kovač, J., 2006), daje se primer pilot projekta u delu Zagreba sa zgradama prosečne spratnosti od 10 spratova, gde se upravljanje pritiscima vršilo u dva koraka. U prvom koraku, prosečni dnevni ulazni pritisak od 6,5 bara i noćni do 7,1 bara se smanjio na konstantnih 5,7 bara. To je dovelo do smanjenja ukupne dnevne potrošnje za 11%. U drugom koraku, noćni pritisak je dodatno smanjen na 4,9 bara. To je dovelo do dodatnog smanjenja ukupne dnevne potrošnje za 14%. Ova smanjenja nisu uticala na standard isporuke vode potrošačima.

U [5] (Charalambous, B., 2005), sistem vodosnabdevanja grada Limasola na Kipru prvo je podeljen na 15 zona. U njima su prosečni noćni pritisci smanjeni sa 5,25 bara na 3,58 bara, odnosno, implementirano je smanjenje pritisaka od 32%. Ovo je dovelo do smanjenja pojave novih curenja na glavnim cevovodima, fitinzima i kućnim priključcima od čak 41%. Isti rad citira nalaz iz rada [18] (Lambert, A.O., 2001), gde se navodi da se smanjenjem pritisaka u jednom gradu u Australiji od 40% postiglo smanjenje pojave novih curenja za 55%.

2.3.1.2 Aktivna kontrola curenja u cilju smanjenja gubitaka

Ovaj deo aktivnosti na smanjenju gubitaka u mreži se bazira na različitim mogućnostima i tehnikama lociranja (detekcije) curenja.

U ovom poglavlju se prvenstveno prikazuje metodologija aktivne kontrole curenja, koja je navedena u [26] (Pilcher, R., 2007).

U cilju brzog i kvalitetnog lociranja curenja u mreži, kao i delova sistema gde su curenja učestala, prethodno se sprovode aktivnosti, opisane u Poglavlju 2.2 „Merne zone – sektorizacija sistema vodosnabdevanja“. Rezultat tih aktivnosti je procenjena visina stvarnih gubitaka u mreži, koja je često odlučujući parametar pri izboru dela sistema u kojem će se započeti da lociranjem curenja.

Faktori koji utiču na curenja

Glavni faktori koji utiču na količinu curenja su:

- Stanje infrastrukture
- Pritisci
- Kućni priključci: broj, vlasništvo i lokacija vodomera
- Dužina glavnih cevovoda
- Broj novih curenja na glavnim cevovodima
- Broj novih curenja na kućnim priključcima
- Prosečno trajanje curenja

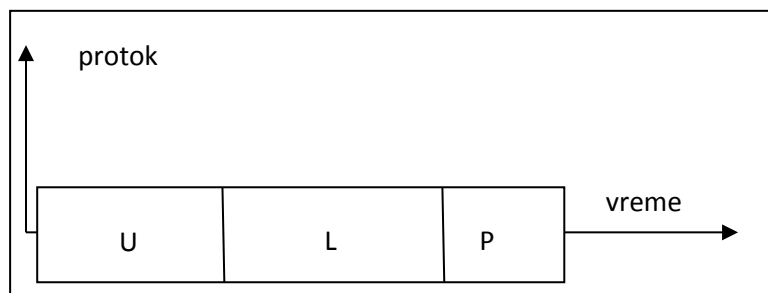
Curenja se mogu podeliti na tri osnovne grupe:

- Prijavljena havarijska curenja: obično veliki protoci, i brza prijavljivanja
- Neprijavljena havarijska curenja: protoci srednje veličine, dug period do lociranja putem aktivne kontrole curenja

- Pozadinska curenja (uglavnom na spojevima cevi i fazonskim komadima): mali protoci, neprekidno curenje

U zavisnosti od vrste curenja, njihove lokacije i pritiska u sistemu, curenja imaju različite protoke. U istom radu se navodi izveštaj koji je u SAD rađen 2002, po kojem su tipični protoci curenja na kućnim priključcima, pri pritisku od 5 bara, bili od 0,35 l/s do 0,55 l/s, u zavisnosti od prečnika cevi.

Na ukupnu količinu vode koja iscuri utiče i vreme koje prođe od kada se ustanovi curenje do trenutka kad se ono popravi. Ovo vreme se može podeliti na tri dela, kao što je prikazano na sledećem dijagramu:



Slika 9: Komponente ukupne količine curenja

U – vreme ustanovljavanja curenja

L – vreme lociranja curenja

P – vreme popravke curenja

Važno je napomenuti da havarijska curenja na glavnim cevovodima, sa velikim protocima, ne proizvode najveći deo ukupnih gubitaka usled curenja, s obzirom na vreme, koji je ključni parametar. Analize pokazuju da je udeo ovakvih curenja maksimalno 10% od ukupnih gubitaka usled curenja. Najveći udeo imaju pozadinska curenja i neprijavljena havarijska curenja.

U istom radu se navode primeri studije iz Velike Britanije, iz 1994., gde su upoređena tri slučaja:

- prijavljena havarija glavnog dovodnika: protok $75\text{m}^3/\text{d}$, ukupno vreme ustanovljavanja, lociranja i popravke 1,1 dan, i ukupan gubitak vode od $82,5\text{ m}^3$
- prijavljeno curenje na servisnom vodu: protok $25\text{ m}^3/\text{d}$, ukupno vreme 16 dana, ukupan gubitak 400 m^3
- neprijavljeno curenje na servisnom vodu: protok $25\text{ m}^3/\text{d}$, ukupno vreme 6 meseci, ukupan gubitak preko 4500 m^3

Obzirom na ovu činjenicu, najveći broj preduzeća bi trebalo da locira i popravi pozadinska i neprijavljena havarijska curenja, koja se obično ne vide pa je stoga teško locirati ih. Iz tog razloga primenjuje se tehnika lociranja curenja putem zvuka kojeg oni proizvode.

Nadgledanje curenja

Traženje curenja je tehnika, primenjivana do pre tridesetak godina, koja se sastojala u redovnom nadgledanju glavnih cevovoda i kućnih priključaka i traženju znakova koji bi

ukazivali na curenja. Ova tehnika se oslanjala na drveni štap koji bi, kad se osloni na cev ili fazonski komad, prenosio zvuk i omogućavao rukovaocu da odredi da li se radi o zvuku kojeg proizvodi voda koja curi. Pošto je tehnika traženja curenja bila vrlo spora i neefikasna (jer se često izvodila u delovima sistema gde uopšte nije bilo curenja), osamdesetih godina prošlog veka iz nje su se razvile dve tehnike, nadgledanje curenja i kontrola curenja.

Proces nadgledanja i kontrole curenja započinje deljenjem sistema vodosnabdevanja na zone (sektorizacija), što je detaljno objašnjeno u Poglavlju 2.2. Kasnijom analizom podataka, dobijenih merenjima protoka i pritisaka u zonama, i proračunom minimalne noćne potrošnje, omogućava se izbor zona u kojima je potrebno locirati i popraviti curenja.

Detekcija curenja

Detekcija curenja predstavlja skup aktivnosti, usmerenih ka preciznom lociranju curenja. Obzirom na činjenicu da se u modernim sistemima vodosnabdevanja vrši sektorizacija sistema na merne zone, dalje aktivnosti na preciznom lociranju curenja su:

- Podela mernih zona na manje delove, privremenim zatvaranjem ventila ili ugradnjom dodatnih merača protoka
- „Step“ test
- Korišćenje akustičnih logera
- „Osluškiavanje“

Sve ove aktivnosti su detaljno opisane u nastavku.

Podela mernih zona na manje delove („step test“ tehnika)

„Step test“ tehnika se bazira na detekciji curenja pomoću privremenih sukcesivnih zatvaranja ventila, čime se merne zone dele na pod-zone. Ova tehnika se sprovodi uglavnom u noćnim časovima, u periodu minimalne noćne potrošnje. Ventili se zatvaraju na kraći period, pri čemu se meri protok. Smanjenje protoka koje nastaje zatvaranjem određenog ventila pokazuje ukupno curenje i noćnu potrošnju određene pod-zone.

„Step test“ tehnika se vrši sukcesivnim zatvaranjem ventila, počevši od ventila koji je najdalji od merača. Na ovaj način se merna zona sve više smanjuje. Jedini nedostatak ove metode je što se deo mreže ostavlja bez pritiska što može da dovede do naknadnih problema (infiltracija podzemne vode u mrežu).

Korišćenje akustičnih logera

Voda koja curi iz cevi pod pritiskom emituje zvuk različitih frekvencija, koje se najlakše opisuju kao „šuštanje“. Frekvencija zavisi od faktora kao što su veličina curenja, materijal cevi, pritisak i vrsta zemljišta u koje voda curi. Zvuk se transportuje preko zida cevi brzinom koja takođe zavisi od materijala cevi. Zvuk može da se prostire i kroz okolno tlo, a frekvencije se menjaju u zavisnosti od pukotina u zemlji ili prisustva drugih cevi ili kablova. Takođe, postoje i curenja koja uopšte ne proizvode zvuk. Iz tog razloga se primenjuju različite tehnike detektovanja ovih zvukova.

Korišćenje akustičnih logera je počelo da potiskuje „step test“ tehniku tokom devedesetih godina prošlog veka. Ova tehnika ne zahteva zatvaranje pojedinih delova mreže i noćni rad, a

takođe može da detektuje zvuke koje su van čulnog opsega ljudskog uha. Moderni akustični logeri su mali, laki, i pogodni za postavku i u najmanjim šahtovima.

Akustični logeri detektuju signal kojeg stvara zvuk isticanja vode kroz cev. Ovaj signal može da putuje ili kroz vodu ili kroz zid cevi. Uglavnom se koriste u mernim zonama koje su već ranije prepoznate kao problematične. Logeri se montiraju na fazonske komade preko jakog magneta i programirani su da prepoznaju karakteristike curenja. Zvuk se snima u intervalima od po jedne sekunde tokom dva sata, u časovima kad nema okolne buke (noćni uslovi). Nakon snimanja i naknadane analize intenziteta i postojanosti zvuka, svaki loger izveštava o eventualnom postojanju curenja.

Logeri mogu biti ili trajno postavljeni u mreži, ili postavljeni na različita, unapred određena mesta u mreži, gde se drže obično tokom dve noći. Logeri, kojima se oiviči određen deo mreže, otkrivaju snimke zvukova i zatim ih međusobno upoređuju, kako bi se odredila okvirna pozicija samog curenja.

Uređaj na kraju stvara grafički izveštaj iz kojeg se može ustanoviti postojanje curenja. Ukoliko postoji curenje, zvuk određene frekvencije će biti lako uočljiv u opsegu frekvencija koje se snimaju.

„Osluškivanje“

Putem prethodno opisanih tehnika, kreiranjem mernih zona, analizom noćne potrošnje, a zatim putem akustičnih logera, moguće je locirati curenje na određenu cev. Sledeća aktivnost je precizno određivanje tačne lokacije curenja, i označavanje te lokacije na površini timovima za popravku. Postoji više metoda, a novi uređaji se stalno pojavljuju na tržištu. Sve ove metode se zasnivaju na zvuku koji se stvara prilikom isticanja vode.

Direktno osluškivanje je tehnika u kojoj stručnjak određuje lokaciju curenja tako što postavlja uređaj – osluškivač na fazonski komad kao što je hidrant ili ventil i ustanovljava prisustvo karakterističnih zvukova.

Indirektno osluškivanje – tehnika pri kojoj se uređaj stavlja na površinu iznad cevi. Često se koristi kao provera rezultata neke druge tehnike, pošto je zvuk obično direktno iznad samog curenja.

Obe ove metode koriste različite uređaje kao što su stetoskop (drvena ili metalna šipka čiji se jedan kraj osloni na fazonski komad a drugi na uvo), elektronski lokator (elektronska verzija prethodnog uređaja, koja se sastoji od mikrofona, pojačivača zvuka, i frekventnih filtera), ground mikrofona, dok je najzasupljeniji uređaj korelator zvuka i curenja, pa će u nastavku on biti detaljnije opisan.

Korelator

Iako se i rad sa korelatorom zasniva na zvuku koji se stvara curenjem iz cevi, postoji jedna ključna razlika. Ona se sastoji u tome, da se zvuk detektuje senzorima koji se nalaze na dve lokacije (na primer na ventilima), koje se nalaze na suprotnim stranama cevi u odnosu na izvor zvuka. Zvuk stvoren isticanjem vode iz cevi se prostire kroz zid cevi u oba smera. Prostiranje zvuka se vrši konstantnom brzinom, koja zavisi od prečnika i materijala cevi, i stiže prvo na bliži senzor. Vremenska razlika detektovanja signala, kombinovano sa međusobnim

rastojanjem senzora i vrstom materijala, omogućava lociranje isticanja u granicama od nekoliko centimetara.

Korelator je moguće koristiti ili kao sredstvo za otkrivanje curenja, tako što će se vršiti detekcija curenja od ulice do ulice, ili kao sredstvo pomoću kojeg se precizno utvrđuje lokacija curenja, koja je već detektovana nekom drugom metodom.

Primer aktivne kontrole curenja

Efekti aktivne kontrole curenja će biti prikazani na primeru Soluna, gde je između 2004 i 2005. godine sproveden projekat detekcije curenja, koji je obuhvatio celu mrežu vodosnabdevanja Soluna. Projekat je objavljen kao Studija slučaja, u [26] (Pilcher, R., 2007).

Projekat se sastojao iz više faza: u svakoj od devet zona vodosnabdevanja postavljeni su akustični logeri, a zatim je vršeno lociranje curenja pomoću korelatora i dodatnih akustičnih uređaja.

Ciljevi projekta su bili sledeći:

- Smanjenje količine curenja i samim tim ušteda vode za snabdevanje grada
- Provera efikasnosti detekcije curenja na mreži velikih razmera pomoću akustičnih metoda

Tokom dve godine trajanja projekta, korišćeni su akustični logeri, korelatori, ground mikrofoni i stetoscopi.

Preliminarni rezultati projekta (za prvih šest meseci): tokom prvih šest meseci projekta pregledano je oko 450 km mreže, što predstavlja oko 31% ukupne dužine. Ukupno je bilo instalirano 2.379 logera, sa prosečnim međusobnim rastojanjem od 185 m. Nakon analize merenja, 689 logera je ukazalo na curenja. Sva moguća curenja su naknadno proveravana i precizno locirana. Ukupno je u prvih šest meseci projekta pronađeno 177 curenja, a oko 70% ih je bilo popravljeno. Većina tih curenja se nalazila na manje od jednog metra od označenog mesta.

2.3.1.3 Brzina i kvalitet popravki

Ovoj komponenti se pristupa nakon lociranja curenja, tehnikama opisanim u prethodnom poglavlju.

U [27] (Pilcher, R., 2003) navodi se da su tehnike otkrivanja curenja znatno uznapredovale poslednjih godina, tako da je značajno skraćeno vreme detekcije. U tom smislu, vitalno je izvesti popravku što je brže moguće, kako bi se smanjili troškovi i izbegle neprijatnosti kod potrošača.

U [26] (Pilcher, R., 2007) navodi se da curenja mogu da nastanu kao posledica dve osnovne grupe problema:

- Kao posledica korozije u cevima (glavnim cevima i kućnim priključcima) koje su napravljene od metala. Korozija nastaje kao posledica starenja cevi, hemikalija u vodi i sastava zemljišta. Ovakva curenja se stvaraju prilikom kretanja tla, promena u pritiscima u mreži, pritiscima koje stvaraju vozila, i slično.

- Kao posledica pukotina (na primer na hidrantima ili ventilima), ovakva curenja mogu ostati dugo neprimećena i doprinosti velikoj količini izgubljene vode.

Curenja na nemetalnim cevima su slična kao i na metalnim, ali se teže pronalaze pomoću standardne opreme za detekciju curenja, zbog slabog prostiranja zvuka. U ovakvim cevima ne postoji problem korozije, ali se često mogu naći curenja koja su posledica lošeg kvaliteta materijala.

Čest uzrok curenja su radovi na podzemnim instalacijama, prilikom kojih se cevi mogu oštetiti. Takođe, PVC cevi, koje se ponekad koriste u vodosnabdevanju, su izuzetno podložne pucanju prilikom kretanja tla.

Nakon precizne lokacije curenja i obaveštavanja nadležnih timova, pristupa se popravci. Često je iskustvo timova odlučujući faktor pri izboru načina popravke. Prva aktivnost je upoznavanje sa položajem i funkcijom cevi, kao i sa položajem ventila koji moraju biti zatvoreni tokom popravke. Nakon zatvaranja dotoka vode, pristupa se iskopavanju. U zavisnosti od ozbiljnosti situacije, postoje dve osnovne metode sanacije curenja:

- Cev može biti odsečena i zamenjena novom cevi
- Na cev se može postaviti „šelna“ koja pokriva pukotinu

Često preduzeća preferiraju ovu drugu metodu, zato što predstavlja manji rizik po zdravlje, jer cev se ne seče i ne ostavlja otvorena određeno vreme.

Kućni priključci se takođe popravljaju na više načina, u zavisnosti od toga da li postoji ventil koji odvaja priključak od glavnog voda ili ne (često je sam ventil i razlog curenja). Na kućni priključak se postavi šelna ili, ukoliko je to opravdano, cela cev se menja.

Važno je proveriti okolinu oko popravljenog curenja, kako bi se detektovalo eventualno curenje koje je bilo maskirano.

U kalkulaciju cene popravke curenja se, osim količine izgubljene vode i cene same popravke, treba uključiti i rad administracije, regulacija saobraćaja, ometanje potrošača, reputacija preduzeća i slično.

2.3.1.4 Upravljanje infrastrukturom

U svetu se pridaje velika pažnja pravilnom upravljanju infrastrukturom. Ova činjenica se najbolje može pratiti preko razvoja zakonske regulative u razvijenim zemljama, konkretno u Nemačkoj. U ovom poglavlju se prikazuje rast značaja upravljanja strukturom kroz razvoj zakonske regulative u Nemačkoj, koji je opisan u [19] (Liemberger, R., 2005).

Nemačko udruženje sektora gasa i voda (DVGW) je osamdesetih godina prošlog veka usvojilo tri smernice iz ove oblasti, i to:

- **W 390** – kontrola vodovodnih mreža
- **W 391** – gubici vode u distributivnim sistemima
- **W 393** – metode detekcije curenja u vodovodnim cevima

Obzirom na tadašnju situaciju u vodovodnim sistemima u Nemačkoj, koji su u to vreme bili u dobrom stanju, i gde je redovno vršena preventivna detekcija curenja, potreba za dodatnim aktivnostima na smanjivanju gubitaka u mreži nije postojala.

U narednim decenijama, nova saznanja iz ove oblasti, prevashodno u Engleskoj, dovela su do zamene starih smernica novom, i to:

- **W 392** – Inspekcija mreže i gubici vode: aktivnosti, procedure i procenjivanje (2003)

Smernice se bave procenom i analizom stanja sistema, proračunom i analizom gubitaka, i merama za smanjenje gubitaka.

Kao osnovni mehanizmi sveobuhvatne strategije upravljanja infrastrukturom, navode se **inspekcija, održavanje i popravka**. Takođe, posebna težina se daje fazama planiranja i izgradnje, u kojima je potrebno posebno obratiti pažnju na izbor materijala, stvaranje mernih zona, obezbeđivanje merenja na transportnim cevovodima i pravovremenu rekonstrukciju.

Takođe se daju smernice za konkretne mere koje je potrebno preuzimati za svaki deo sistema. Tako se na primer za ventile predviđa kontrola na svakih osam godina, pri čemu se pregleda korozija, vodonepropusnost, položaj ventila u odnosu na postojeće zapisnike, kao i otvaranje/zatvaranje ventila radi provere funkcionalnosti. Hidrante je potrebno svake četiri godine otvarati radi ispiranja, a ventilima za od vazdušenje se svake godine menjaju podloške.

Činjenica je da nemačka smernica W 392 u potpunosti preuzima formu i definicije vodnog bilansa i njegovih komponenti, kako je predloženo od strane IWA [1] (Alegre H. et al., 2000), a koji je takođe jedan od osnovnih stavova u ovom radu. Ovo je jedan od osnovnih pomaka u odnosu na stare smernice, u kojima je isključivo navedeno da se gubici moraju računati redovno, preko vodnog bilansa, ali bez ikakvih definicija i smernica.

Takođe je zanimljivo, upoređivanjem starih i novih smernica, zaključiti kako se razumevanje razloga stvarnih gubitaka vremenom menjalo:

- Nove smernice prepoznaju mala, nedetektovana curenja (sa dugim periodom trajanja) kao uzroke većih ukupnih gubitaka, naspram vidljivih curenja, koja imaju velike protoke isticanja, ali kratke periode trajanja
- U novim smernicama se gustina kućnih priključaka uzima u obzir, pri čemu se navodi da je broj curenja po dužini mreže mnogo veći u slučaju sistema sa velikim brojem priključaka
- Navodi se takođe da promene u pritiscima uzrokuju gotovo linearnu zavisnost promene u gubicima vode
- Frekvencija curenja i nivo stvarnih gubitaka zavise od tipa materijala, starosti, i stanja elemenata mreže, u kombinaciji sa dubinom na kojoj se nalaze i kvaliteta radova tokom postavljanja elemenata
- Tri parametra tla takođe imaju uticaj: agresivnost (stvara koroziju), tip tla (kod gline se češće javljaju pomeranja tla), vidljivost curenja (kod šljunka se curenje teže primeti na površini)

Smernice u svom nastavku detaljno opisuju komponente vodnog bilansa, kako je to definisano u preporukama IWA i dato u radu u poglavlju 2.1 „Vodni bilans“. Navodi se da je potrebno prvo proceniti nivo prividnih gubitaka, kako bi se stvarni mogli tačnije odrediti. Navedena je i indikacija da je nivo prividnih gubitaka u prosečnoj vodovodnoj mreži u rang 1.5 – 2 % legalne potrošnje.

Nove smernice uvode i pojam mernih zona, preko kojih se dolazi do podataka o minimalnoj noćnoj potrošnji. Daje se korisna procena o stvarnoj minimalnoj noćnoj potrošnji, koja bi trebalo da se kreće u granicama 0,4 – 0,8 litara/potrošač/čas (u Velikoj Britaniji se, radi poređenja, u radovima navodi 0,6 – 1,7 litara/potrošač/čas).

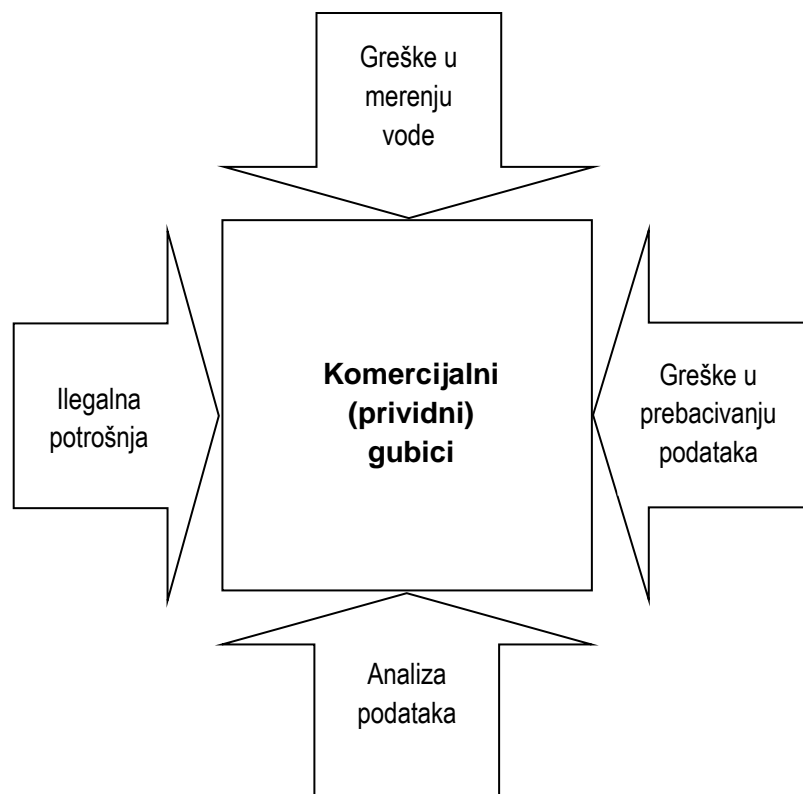
Vežano za praksu upravljanja infrastrukturom, u nastavku se daju neki od zaključaka na ovu temu iz državnih izveštaja različitih evropskih i svetskih zemalja, sumirani u [17] (Lambert, A.O. et.al., 2002).

- Italija: Curenja na kućnim priključcima su problematičnija od curenja na glavnim cevovodima.
- Finska: Kućni priključci su vlasništvo potrošača. Vršiti se zamena glavnih cevovoda, pogotovo onih koji su načinjeni od čelika.
- Poljska: Sve više se koriste PE cevi.
- Nemačka: Vodi se sveobuhvatna statistika o učestalosti curenja na glavnim cevovodima, fitinzima i kućnim priključcima.
- Portugalija: Velik uticaj starosti cevi, korozije, i načina ugradnje na učestalost curenja.
- Mađarska: Cilj je godišnje zameniti 1% cevovoda, uključujući i kućne priključke.
- Rumunija: Glavni cevovodi su stari preko 30-40 godina. Gotovo polovina je od azbest cementa. Novi materijali i tehnologije se koriste prilikom zamena i popravki.
- Velika Britanija: Vršiti se besplatna popravka kućnih priključaka, čak i ako se nalaze u privatnom vlasništvu.
- Japan: Rekonstrukcija glavnih cevovoda i kućnih priključaka se vrši preventivno.

2.3.2 Suzbijanje prividnih gubitaka

Komercijalni (prividni) gubici predstavljaju deo nefakturisane vode koja se izgubi preko ilegalne potrošnje, i kao posledica različitih grešaka u merenju vode.

Sledeća šema i objašnjenja su preuzeti iz rada [33] (Rizzo, A., 2003). Ona pokazuje interakciju različitih aktivnosti, usmerenih ka suzbijanju prividnih gubitaka.



Slika 10 Komponente prividnih gubitaka

Komponente, i način na koji svaka od njih utiče na nivo prividnih gubitaka, su:

- Greške u merenju vode: Netačnost vodomera – vodomeri ne mere deo vode koja prođe kroz njih
- Ilegalna potrošnja: Krađa vode – nelegalni priključci
- Greške u prebacivanju podataka: Netačnosti prilikom prebacivanja podataka iz sistema za merenje u sistem za obračun i naplatu
- Analiza podataka: Analiziranje podataka iz arhive i podataka, koji se koriste za obračun i naplatu, i za kreiranje vodnog bilansa

U cilju održavanja prividnih gubitaka na minimumu, potrebno je podjednako obratiti pažnju na sve četiri komponente.

2.3.2.1 Greške u merenju vode

Pod greškama u merenju vode se najčešće podrazumeva neregistrovanje dela ukupnog protoka koji prođe kroz vodomere. Prema [31] (Rimeika, M., Albrektiene, R., 2014), netačno registrovanje protoka na vodomerima je najveći izvor prividnih gubitaka. Po [24] (Mutikanga H., et al., 2011), tačnost vodomera opada tokom vremena, što rezultuje značajnim gubicima za preduzeća koja se bave vodosnabdevanjem.

Greška u merenju vode zavisi od visine protoka kroz vodomere, što je potvrđeno u [28] (Puleo, V., et al., 2013). U tom radu se navodi da su greške vrlo male pri srednjim i velikim protocima, to jest da se prividni gubici dešavaju uglavnom na manjim protocima. Ovo je potvrđeno i u [12] (Hovanj, L., 2013), koji navodi da se najveće greške dešavaju pri minimalnim protocima.

U radu [6] (Davis, S.E., 2005), u kojem se pravi detaljna analiza gubitaka usled netačnosti vodomera na uzorku od preko 1.500 kućnih vodomera, meren je protok u kojem oni rade u jednom od tri režima: niskom protoku (Q_{min}), tranzicionom protoku (Q_t), i visokom protoku (Q_n). Ustanovljeno je da se oko 10% ukupnog protoka desilo pri Q_{min} , oko 20% protoka pri Q_t , a oko 70% protoka pri Q_n .

Za kućne vodomere prečnika DN 15, Q_{min} odgovara protoku od 60 l/h, Q_t je 150 l/h, a Q_n je 1.500 l/h. Kod druge grupe vodomera (DN 20) važi: Q_{min} je 100 l/h, Q_t je 250 l/h, a Q_n je 2.500 l/h.

Prilikom baždarenja vodomera, zapisivana su odstupanja od dozvoljene tolerancije za svaki vodomere i svaki protok pojedinačno, kako bi se na kraju odredila ukupna količina vode koja je protekla kroz vodomere, a da nije registrovana. Ovaj princip je korišćen i na istraživanju.

Sumirano, razlozi neregistrovanja dela ukupnog protoka koji prođe kroz vodomere su sledeći:

- Način ugradnje vodomera: ukoliko je vodomere projektovan za horizontalnu ugradnju, a ugradi se vertikalno, neće ispravno očitavati protok vode. Vodomere takođe ne treba ugrađivati blizu kolena, redukcija ili sličnih elemenata, tako da mnogi proizvođači preporučuju pravu deonicu od minimalno deset prečnika ispred vodomera, kako bi se izbegla prevelika turbulencija.
- Trošenje vodomera: tačnost merenja zavisi kako od starosti, tako i od kvaliteta vode. Ukoliko je voda hemijski ili fizički agresivna, tačnost vodomera može da opadne za kratko vreme. U ekstremnim slučajevima, sedimenti u vodi mogu dovesti do potpunog kočenja pokretnog dela, tako da se uopšte ne registruje protok.
- Uticao nivoa protoka: tačnost vodomera zavisi od protoka kroz njega. Najčešće vodomere imaju nisku tačnost prilikom malih protoka, koja raste sa rastom protoka, i dostiže svoj maksimum pri projektovanom protoku. Pri još većim protocima tačnost se takođe smanjuje u izvesnoj meri, ali mnogo manje nego u slučaju izuzetno niskih protoka.
- Klasa vodomera: Klasa vodomera u suštini pokazuje tačnost vodomera pri malim protocima. Što je klasa bolja, to će vodomere početi da registruje niži protok. Postoje četiri klase vodomera, od A do D, pri čemu je klasa D najkvalitetnija. Prilikom biranja vodomera, potrebno je znati i nominalni protok, pošto se za svaku klasu daje minimalni i maksimalni protok, u odnosu na nominalni.

- Prečnik vodomera: česta je praksa da se biraju vodomeri prevelikog prečnika, zbog mogućnosti za promenom potrošnje u budućnosti, ili zbog brige o gubitku pritiska kroz vodomer. U tim slučajevima, vodomer često radi u donjem kraju svog opsega, pa iz tog razloga ne registruje niske protoke.

Procedure oko baždarenja vodomera je u Srbiji su definisane sledećim zakonima i pravilnicima:

- Pravilnik o vrstama merila za koja je obavezno overavanje i vremenskim intervalima njihovog periodičnog overavanja, [35] (Službeni Glasnik RS 49/2010), i
- Zakon o metrologiji, [36] (Službeni Glasnik RS 30/2010)

Sve procedure oko baždarenja vodomera u Srbiji su usklađene sa specifikacijama međunarodne organizacije za metrologiju [25] (OIML R 49-1, 2006).

Što se situacije u svetu tiče, najnoviji standard koji se bavi ovom tematikom je ISO 4064 (vodomeri za hladnu pitku vodu i vrelu vodu), izdat od strane međunarodne organizacije za standardizaciju 2014, sa sledećim delovima (izvor: [3] (Arregui de la Cruz, F., 2016)):

Deo 1: Metrološki i tehnički zahtevi

Deo 2: Metode testiranja

Deo 3: Format izveštaja o testiranju

Deo 4: Ostali zahtevi koji nisu pokriveni delom 1

Deo 5: Zahtevi prilikom montiranja

Osim ove organizacije, standarde su izdali i Evropska komisija za standardizaciju (EN 14154, 2014), Američko udruženje vodosnabdevanja (AWWA, 2015) i drugi.

Poseban problem kod gubitaka izazvanim greškama u merenju vode su zakočeni vodomeri. Iako ovo deluje kao trivijalan problem, praksa pokazuje da je identifikiranje ovakvih vodomera zahtevan posao. Kao prvo, za njihovo identifikiranje potrebna su pouzdana očitavanja, koja isključuju procenjene vrednosti, a kao drugo, ukoliko je potrošnja ravna nuli, ne mora da znači da je vodomer zakočen; može biti slučaj da nema potrošača. Ovom problemu se zbog toga mora prići statistički.

U prethodnim decenijama, stručnjaci iz oblasti smanjenja gubitaka vode su diskutovali o najboljem načinu izražavanja nivoa gubitaka vode, koji nastanu kao posledica neregistrovanja protoka kroz vodomer. U prvom IWA izveštaju o indikatorima performansi [1] (Alegre H. et al., 2000), preporučeno je da se koristi godišnja količina neregistrovane vode po priključku (m³/priključak/godina). Drugo izdanje ovog izveštaja je sadržalo predlog da se ovi gubici izražavaju kao procenat ukupno proizvedene vode. IWA je prepoznala potrebu za boljim izražavanjem prividnih gubitaka još 2007 godine, i objavila da ne postoji konsenzus oko ovog pitanja, što je navedeno u [21] (Liemberger et al, 2007). Zbog kompleksne prirode prividnih gubitaka, čiji nivo ne može biti vezan ni za broj kućnih priključaka, ni za ukupno proizvedenu vodu, već samo za količinu fakturisane vode, [47] (Vermersch et al., 2016) je predložio da se prividni gubici izražavaju kao procenat fakturisane potrošnje, što je i princip koji je korišćen na istraživanju.

2.3.2.2 Ilegalna potrošnja, greške pri prebacivanju podataka, analiza podataka:

Ovi faktori takođe utiču na prividne gubitke u sistemu. Osim što ova grupa gubitaka stvara finansijske probleme preduzećima, ona takođe remeti podatke o obrascima potrošnje vode, kao što se navodi u [2] (American Water Works Association, 2012). Postoji niz alata kojima se omogućava merenje i upravljanje prividnim gubicima u mreži. Specijalizovanim GIS-baziranim alatima je moguće kvantifikovati i analizirati sve komponente prividnih gubitaka po sledećem zajedničkom konceptu:

Količina vode, koja ulazi u deo sistema se vrlo detaljno poredi sa zbirnom količinom registrovane potrošene vode u tom delu. Svaki potrošač je geo-kodiran i pridodat jednoj od „tačkama potrošnje“. Ovim tačkama se zatim dodele vrednosti količina potrošene vode, dobijene iz sistema obračuna. Zatim se koriste različite tehnike, kojima se prate trendovi obračunate i izmerene potrošene vode. Naknadnom analizom moguće je napraviti korelaciju između nivoa prividnih gubitaka i obračunate vode.

Automatsko očitavanje vodomera je jedna od tehnika kojim se mogu smanjiti uticaji grešaka pri prebacivanju podataka i pri analizi podataka, to jest eliminiše se ljudski faktor. Primer greške koja se često pojavljuje je nemogućnost pristupa vodomeru, zbog čega se umesto tačnog podatka koristi procenjena vrednost.

U radu [47] (Vermersch, M. et al., 2016), sve komponente prividnih gubitaka se precizno dele na pod-komponente, a za svaku pojedinačno se daju primeri, kao i metode evaluacije njene visine. Na primer, za komponentu ilegalne potrošnje, i pod-komponentu prijavljenih potrošača, moguće je pronaći bajpas vodomera ili dodatni priključak, što se utvrđuje terenskim radom. Za komponentu „greške pri prebacivanju podataka“, pod-komponente su greške u sistemu obračunavanja, i greške u korišćenju ostalih podataka.

Neke države su definisale uobičajene vrednosti za komponente prividnih gubitaka. Na primer, u Australiji se uzima da je ilegalna potrošnja 0,1%, a greške pri merenju vode 2% od proizvedene vode.

Isti rad navodi da je, u slučaju visoke potrošnje, potrebno sprovesti masivni program zamene kućnih vodomera, što je u ovom istraživanju opisano u poglavlju 4.7.1.

Zaključuje se da nijednu komponentu prividnih gubitaka nije moguće anulirati, ali da se dobrim upravljanjem može obezbediti da greške pri merenju vode budu maksimalno 4% izmerene fakturisane potrošnje, ilegalna potrošnja maksimalno 1% legalne potrošnje, a da ostali vidovi prividnih gubitaka budu zanemarivi.

U radu [48] (Vermersch, M., Carteado, F., 2016), daje se čitav niz mogućih grešaka prilikom prebacivanja i analize podataka, od opštih, kao što su problemi sa softverom za obračun ili sigurnosne procedure koje uključuju pravo pristupa podacima, do specifičnih, kao što su korekcije računa po pritužbama potrošača, koje se ručno izvode, ili pojedini popusti koji se takođe ručno vode, pa se njihov uticaj ne vidi u krajnjem saldu.

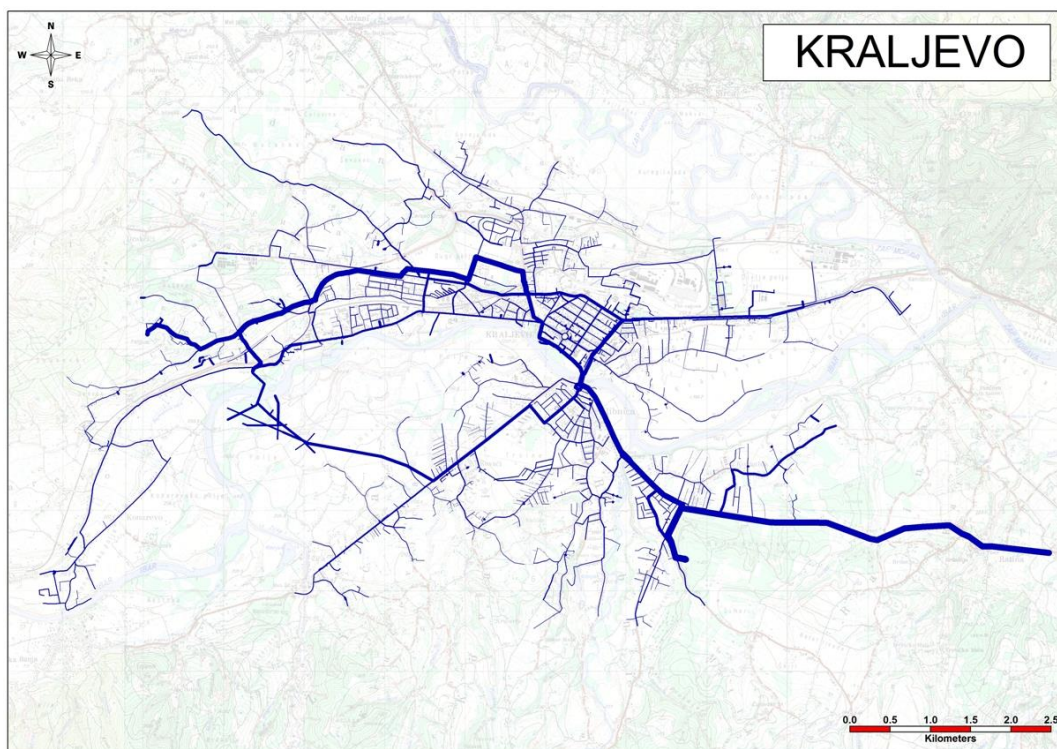
3 PRIKAZ STANJA PREDMETA ISTRAŽIVANJA (2008)

U ovom Poglavlju se daje prikaz stanja na početku istraživanja, za sve gradove u kojima je vršeno istraživanje. Sve informacije (broj potrošača i priključaka, broj ventila i hidranata, dužina, prečnici i materijali mreže, nivo nefakturisane vode i slično), date u ovom poglavlju, su dobijene ljubaznošću preduzeća.

Preduzeća, odabrana za ovo istraživanje, predstavljaju reprezentativni uzorak za teritoriju Srbije. Zastupljeni su tipični gradovi srednje veličine u Srbiji, kako u ravničarskim, tako i u brdovitim predelima. U nekima postoje postrojenja za tretman vode, dok se u drugim voda tretira samo hlorom pre unošenja u sistem. U nekima je procenat nefakturisane vode bio oko 20%, dok je u drugim bio čak preko 60%. Što se tiče pritiska u sistemima, starosti infrastrukture, materijala i preovlađujućih prečnika cevi, situacija je bila slična u svim gradovima.

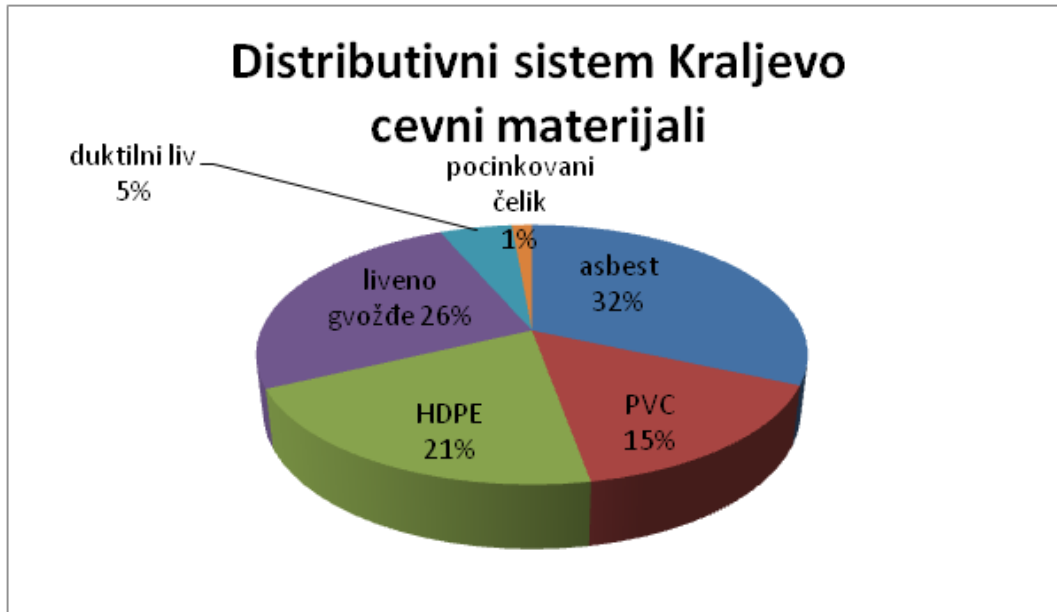
Može se reći da većina vodovodnih sistema u Srbiji ima slične karakteristike kao sistemi, obrađeni u ovom istraživanju.

3.1 Kraljevo (izvor: JKP „Vodovod“, Kraljevo)



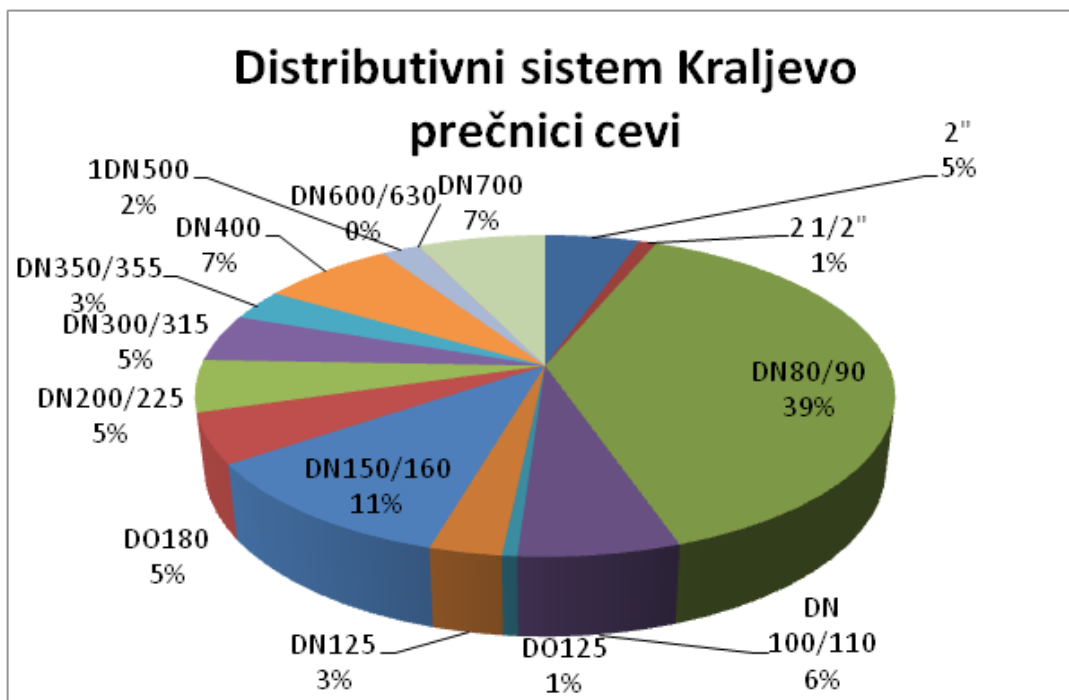
Slika 11 Sistem vodosnabdevanja Kraljeva

Po podacima sa početka istraživanja, 2008. je u Kraljevu i okolnim naseljima na vodovodnu mrežu bilo priključeno oko 78.000 stanovnika. Vodovodna mreža je dugačka oko 180 km a podaci o mreži su dati na sledećim slikama.



Slika 12 Zastupljenost cevnog materijala u distributivnom sistemu

Zastupljenost raznih prečnika u mreži data je na sledećoj slici:



Slika 13 Zastupljenost prečnika cevnog materijala u distributivnom sistemu

U sistemu ima ukupno 557 ventila i 109 hidranata.

Ukupno postoji 17.565 priključaka. Od toga, 14.150 su porodične kuće, 615 zgrade i 2.800 industrija i institucije.

Osim ovih podataka, JKP je obezbedio podatke na mesečnom nivou o proizvedenoj vodi na izvorištima i fakturisanju potrošnji za domaćinstva i industrijske potrošače.

Procenat nefakturisane vode u periodu pre početka istraživanja:

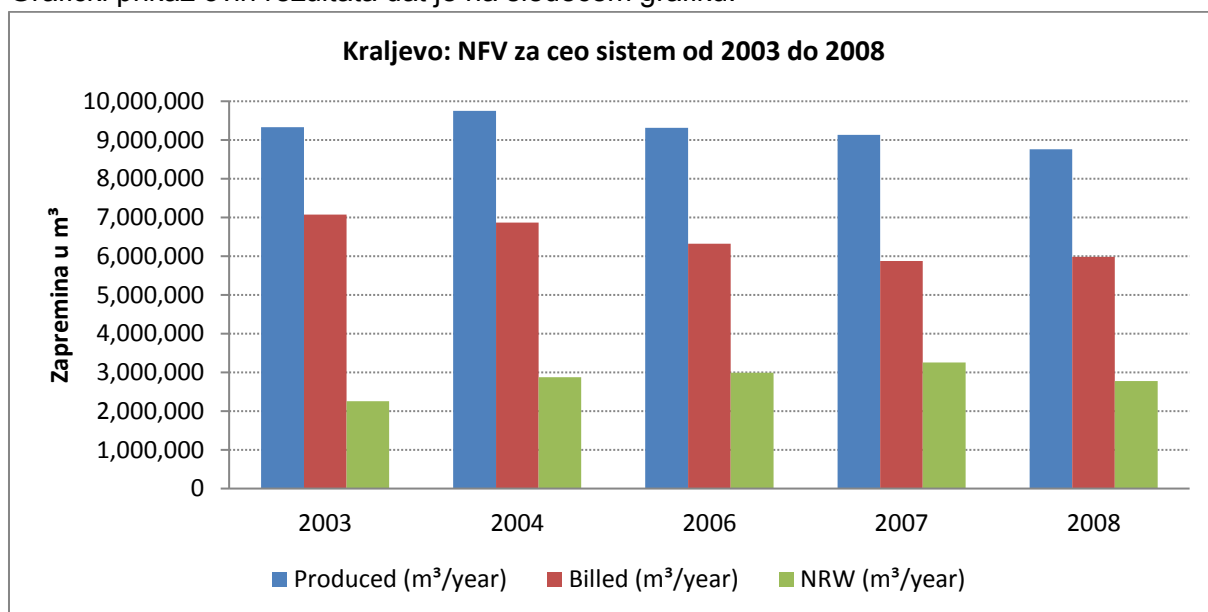
Sljedeća tabela polazuje na godišnjem nivou vrednosti proizvedene i fakturisane vode, kao i nefakturisane vode. Fakturisana voda na mesečnom nivou ne postoji, pošto se očitavanja vrše na svaka dva do tri meseca.

Godina	Proizvedeno (m ³)	Fakturisano (m ³)	Nefakturisana voda		
			m ³	%	l/priključak/d
2003	9,328,835	7,070,137	2,258,698	24.2	352
2004	9,749,332	6,871,384	2,877,948	29.5	449
2006	9,314,073	6,322,962	2,991,111	32.1	467
2007	9,129,378	5,875,714	3,253,664	35.6	507
2008	8,756,502	5,983,800	2,772,702	31.7	432

Tabela 1 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu

Od 2003 do 2008 godine nefakturisana voda je porasla za oko 7%. Podaci za 2005 nisu bili dostupni.

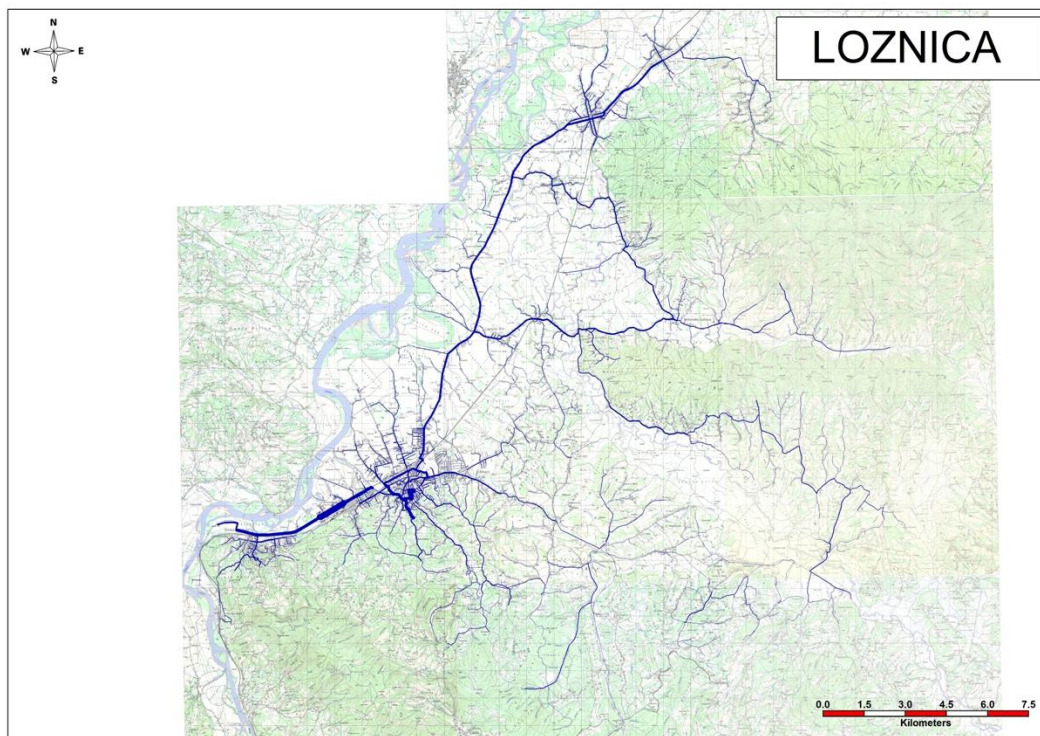
Grafički prikaz ovih rezultata dat je na sledećem grafiku.



Slika 14 Nefakturisana voda od 2003 do 2008 (vrednosti za 2005 nisu bile dostupne)

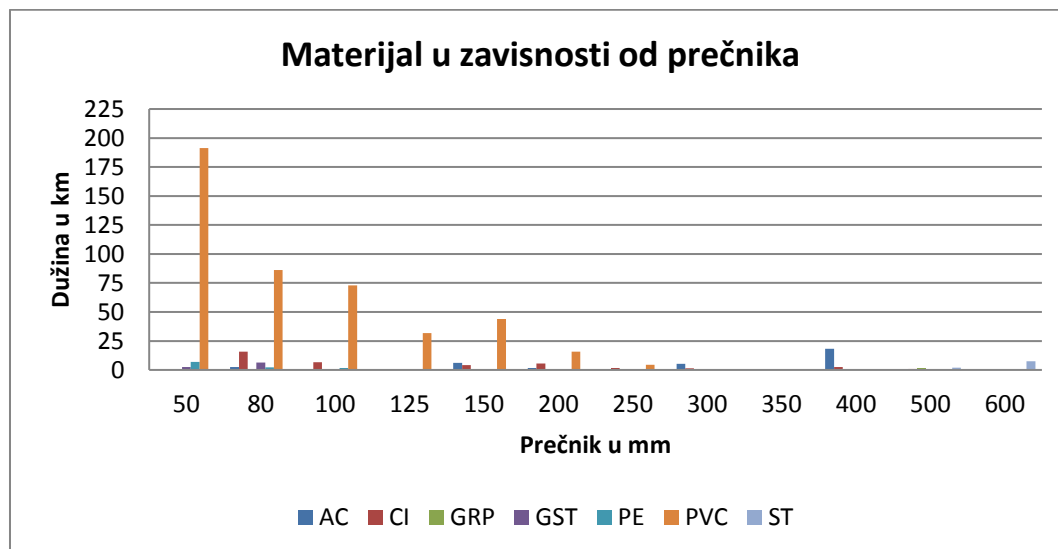
Iz prethodne slike vidi se da se stanje sa NFV u Kraljevu pogoršavalo u periodu pre početka istraživanja. Tokom petogodišnjeg perioda, NFV je porasla za 7% (relativan rast od čak 24%). Ako se uzme u obzir da je ukupna NFV 2008 godine bila 2.772.702 m³, uz cenu od 84,85 dinara po kubnom metru (cena krajem 2016 za domaćinstva, sa troškovima odvođenja otpadne vode), troškovi ovog dela proizvedene vode su preko 230 miliona dinara godišnje.

3.2 Loznica (izvor: JP „Vodovod i Kanalizacija, Loznica“)



Slika 15 Sistem vodosnabdevanja Loznice

Po podacima sa početka istraživanja, 2008. je u Loznici i okolnim naseljima na vodovodnu mrežu bilo priključeno 69.584 stanovnika. Vodovodna mreža je dugačka oko 553 km a podaci o mreži su dati u sledećoj tabeli.



Slika 16 Zastupljenost raznih prečnika i materijala u distributivnom sistemu

U sistemu ima ukupno 917 ventila i 106 hidranata (ovaj podatak se odnosi samo na centralni deo sistema vodosnabdevanja, za ostali deo nisu postojali podaci).

Ukupno postoji 23.079 priključaka. Od toga, 21.610 su porodične kuće, 206 zgrade i 1.263 industrija i institucije.

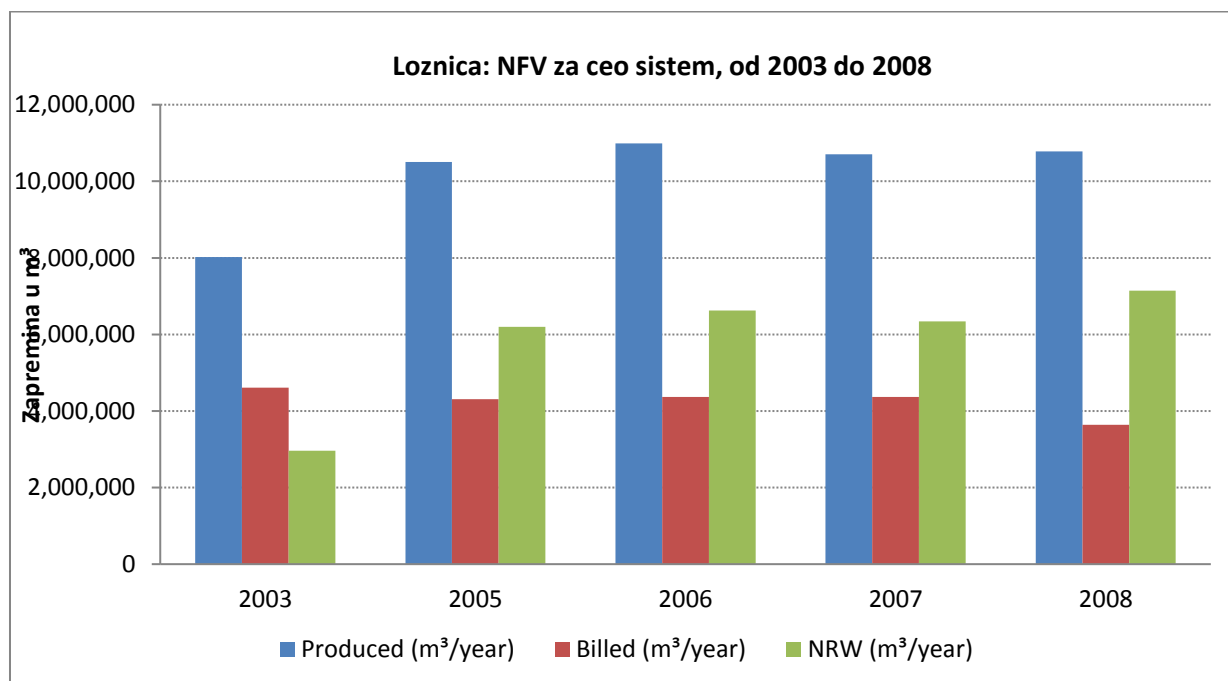
Procenat nefakturisane vode u periodu pre početka istraživanja:

Sledeća tabela polazuje na godišnjem nivou vrednosti proizvedene i fakturisane vode, kao i nefakturisane vode. Fakturisana voda na mesečnom nivou ne postoji, pošto se očitavanja vrše na svaka dva do tri meseca.

Godina	Proizvedeno (m ³)	Fakturisano (m ³)	m ³	NFV %	l/priključak/d
2003	8,023,515	4,612,266	3,411,249	42.5	405
2005	10,504,148	4,305,853	6,198,295	59	736
2006	10,989,611	4,367,808	6,621,803	60.2	786
2007	10,703,810	4,364,184	6,339,626	59.2	753
2008	10,778,350	3,638,247	7,140,103	66.2	848

Tabela 2 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu

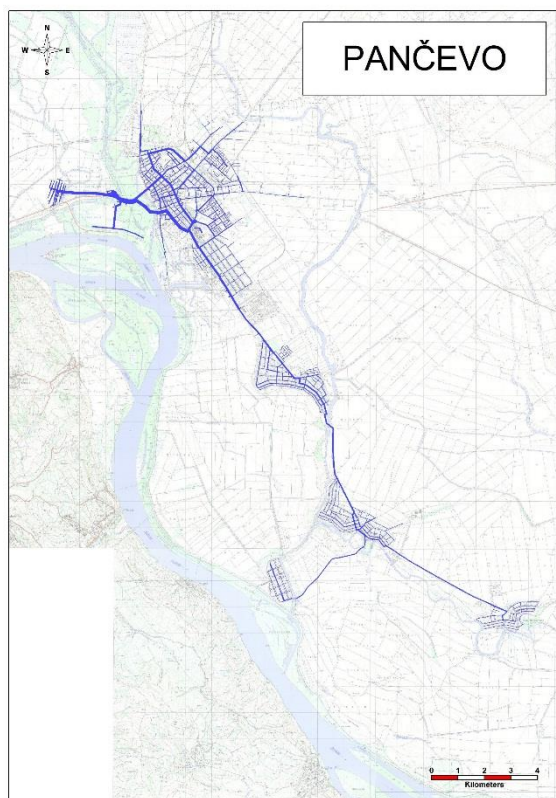
Grafički prikaz ovih rezultata dat je na sledećem grafiku.



Slika 17 Nefakturisana voda od 2003 do 2008

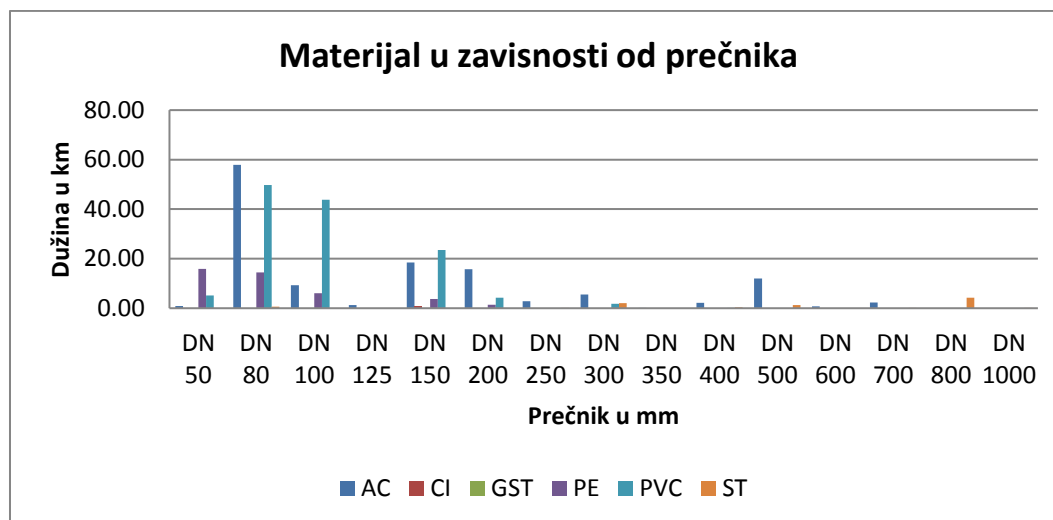
Iz prethodne slike vidi se da se stanje sa NFV u Loznici pogoršavalo u periodu pre početka istraživanja. Tokom petogodišnjeg perioda, NFV je porasla za 24% (relativan rast od čak 36%). Ako se uzme u obzir da je ukupna NFV 2008 godine bila 7.140.103 m³, uz cenu od 95,46 dinara po kubnom metru (cena krajem 2016 za domaćinstva, sa troškovima odvođenja otpadne vode), troškovi ovog dela proizvedene vode su preko 680 miliona dinara godišnje.

3.3 Pančevo (izvor: JKP „Vodovod i Kanalizacija, Pančevo“)



Slika 18 Sistem vodosnabdevanja Pančeva

Po podacima sa početka istraživanja, 2008. je u gradu Pančevu na vodovodnu mrežu bilo priključeno 81.730 stanovnika. Dodatnih 20.050 je bilo priključeno u okolnim naseljima. Vodovodna mreža je dugačka oko 308 km a podaci o mreži su dati na sledećoj slici.



Slika 19 Zastupljenost raznih prečnika i materijala u distributivnom sistemu

U sistemu ima ukupno 850 ventila i 1.160 hidranata (ovaj podatak se odnosi samo na centralni deo sistema vodosnabdevanja, za ostali deo nisu postojali podaci).

Ukupno postoji 19.855 priključaka. Od toga, 17.537 su porodične kuće, 900 zgrade i 1.418 industrija i institucije.

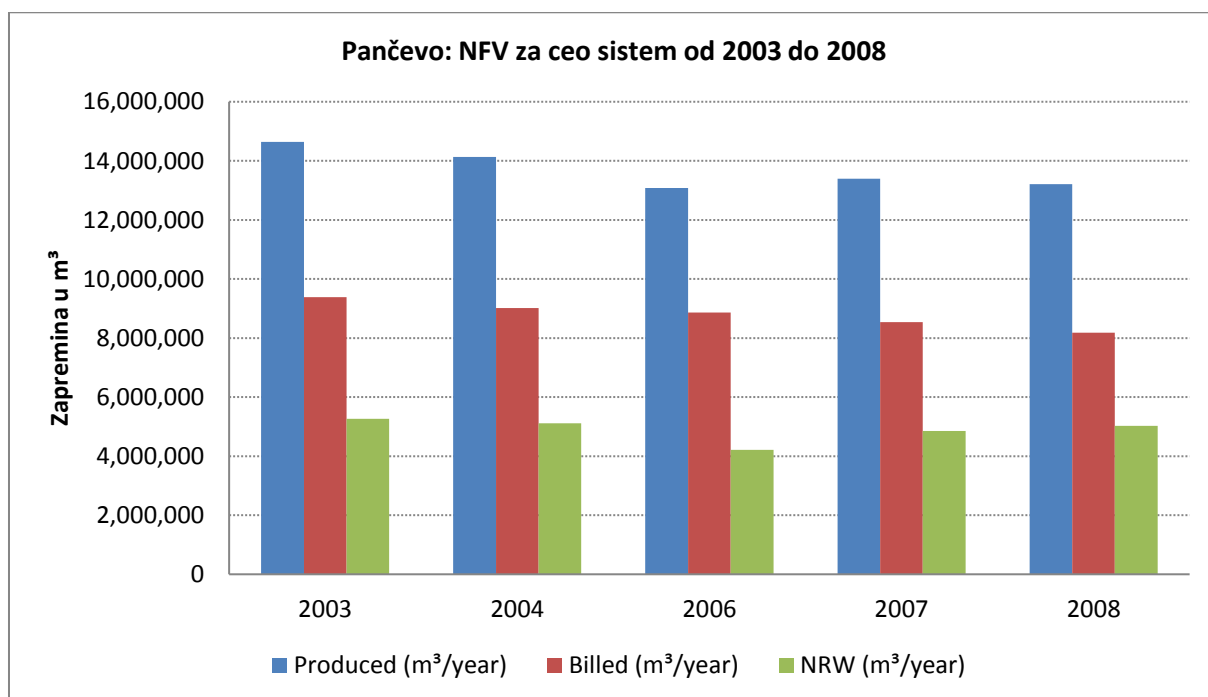
Procenat nefakturisane vode u periodu pre početka istraživanja:

Godina	Proizvedeno (m ³)	Fakturisano (m ³)	NFV		
			m ³	%	l/priključak/d
2003	14,640,000	9,379,400	5,261,600	35.9	726
2004	14,134,350	9,017,920	5,116,430	36.2	706
2006	13,076,179	8,860,272	4,215,907	32.2	582
2007	13,397,495	8,542,238	4,855,257	36.2	670
2008	13,205,618	8,176,435	5,029,183	38.1	694

Tabela 3 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu

Od 2003 do 2006 godine nefakturisana voda se smanjivala sa oko 36% na 32%, da bi zatim porasla na oko 38,1% u 2008. Drugim rečima, od 2003 do 2008 godine, nefakturisana voda je porasla procentualno za 2,2%, iako je ukupna količina nefakturisane vode smanjena za oko 230.000 m³/godišnje.

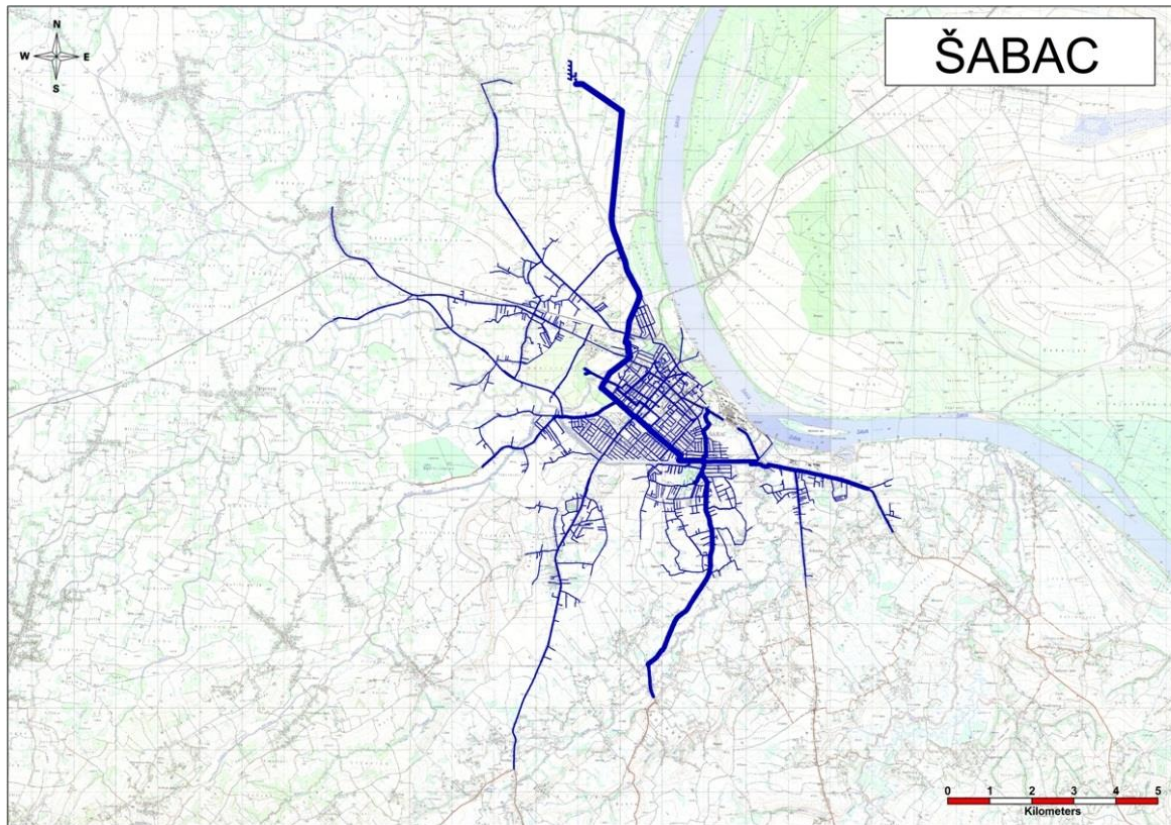
Grafički prikaz ovih rezultata dat je na sledećem grafiku.



Slika 20 Nefakturisana voda od 2003 do 2008 (za 2005 nije bilo dostupnih podataka)

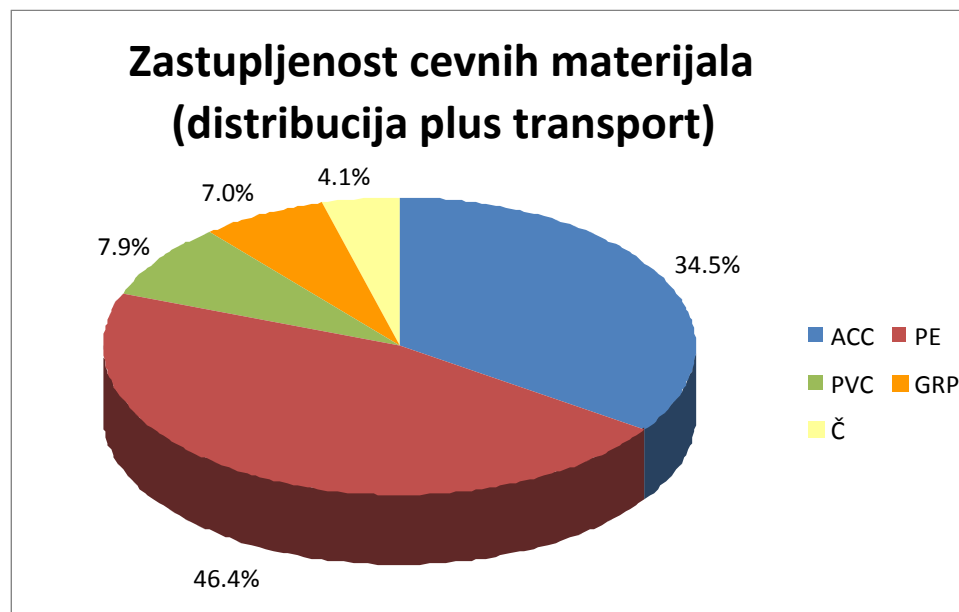
Iz prethodne slike vidi se da se stanje sa NFV u Pančevu pogoršavalo u periodu pre početka istraživanja. Tokom petogodišnjeg perioda, NFV je porasla za 2% (relativan rast od 6%). Ako se uzme u obzir da je ukupna NFV 2008 godine bila 5.029.183 m³, uz cenu od 97,58 dinara po kubnom metru (cena krajem 2016 za domaćinstva, sa troškovima odvođenja otpadne vode), troškovi ovog dela proizvedene vode su preko 490 miliona dinara godišnje.

3.4 Šabac (izvor: JKP „Vodovod“, Šabac)



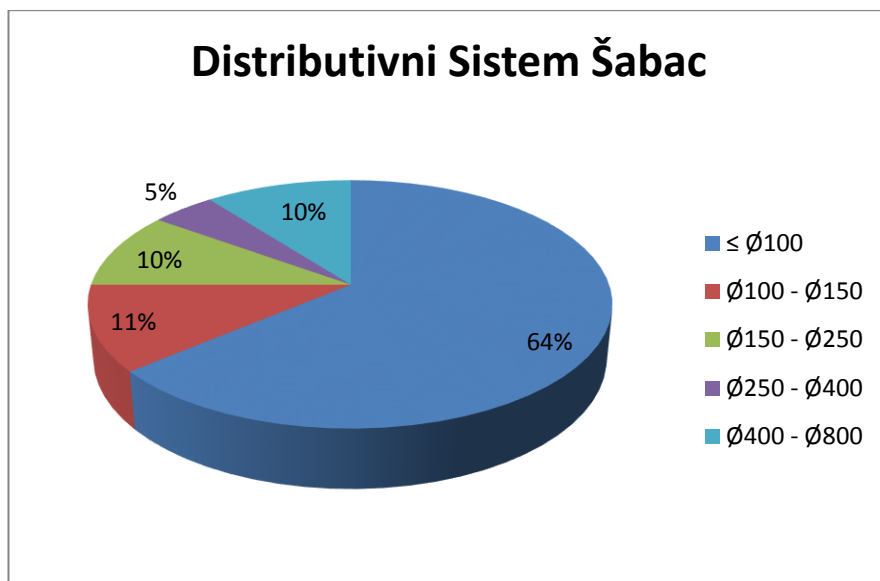
Slika 21 Sistem vodosnabdevanja Šapca

Po podacima sa početka istraživanja, 2008. je u Šapcu na vodovodnu mrežu bilo priključeno 55.849 stanovnika u gradu i 4.424 u okolnim selima i predgrađima. Vodovodna mreža je dugačka oko 223 km a podaci o mreži su dati na sledećim slikama.



Slika 22 Zastupljenost cevnog materijala u distributivnom sistemu

Zastupljenost raznih prečnika u mreži data je na sledećoj slici:



Slika 23 Zastupljenost prečnika cevnog materijala u distributivnom sistemu

U sistemu ima ukupno 1.242 ventila i 728 hidranata.

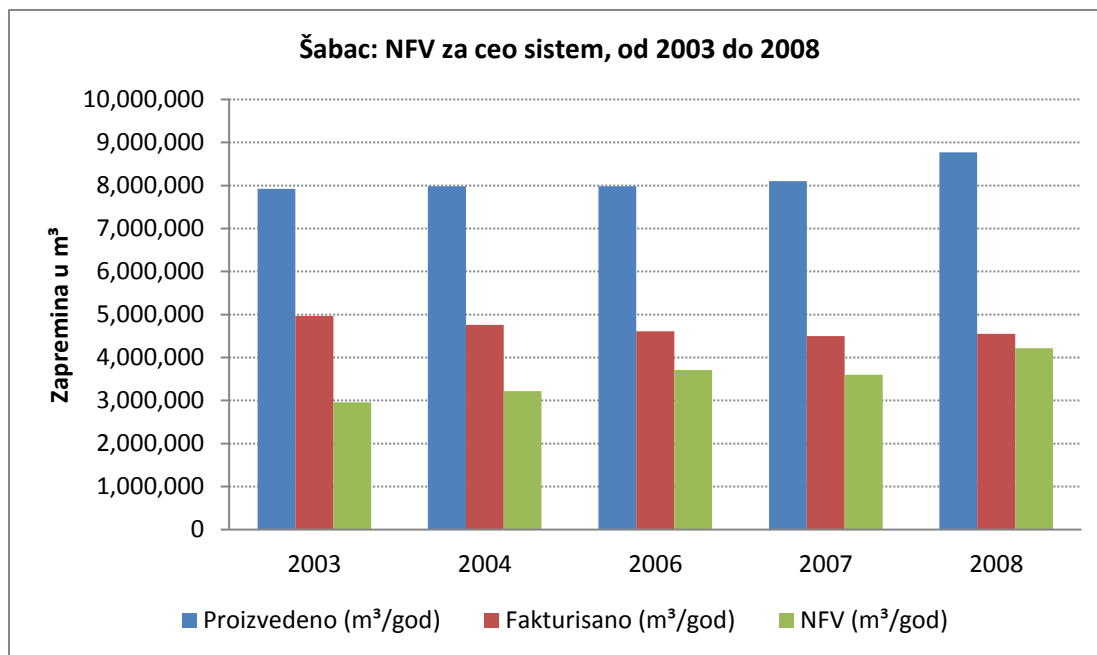
Ukupno postoji 14.935 priključaka. Od toga, 12.413 su porodične kuće, 488 zgrade i 2.034 industrija i institucije.

Procenat nefakturisane vode u periodu pre početka istraživanja:

Sledeća tabela polazuje na godišnjem nivou vrednosti proizvedene i fakturisane vode, kao i nefakturisane vode. Fakturisana voda na mesečnom nivou ne postoji, pošto se očitavanja vrše na svaka dva do tri meseca.

Godina	Proizvedeno (m ³)	Fakturisano (m ³)	Nefakturisana voda		
			m ³	%	l/priključak/d
2003	7,923,776	4,964,485	2,959,291	37.3	622
2004	7,982,552	4,761,785	3,220,767	40.3	723
2006	8,320,420	4,610,854	3,709,566	44.6	796
2007	8,098,170	4,498,317	3,599,853	44.5	749
2008	8,769,701	4,552,838	4,216,863	48.1	880

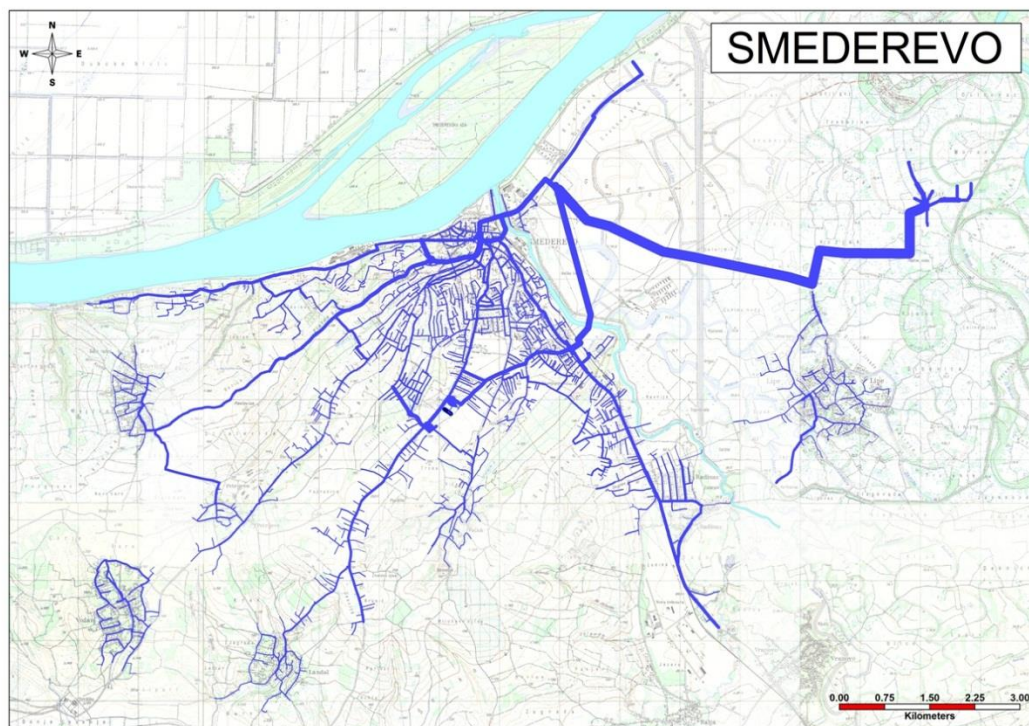
Tabela 4 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu



Slika 24 Nefakturisana voda od 2003 do 2008

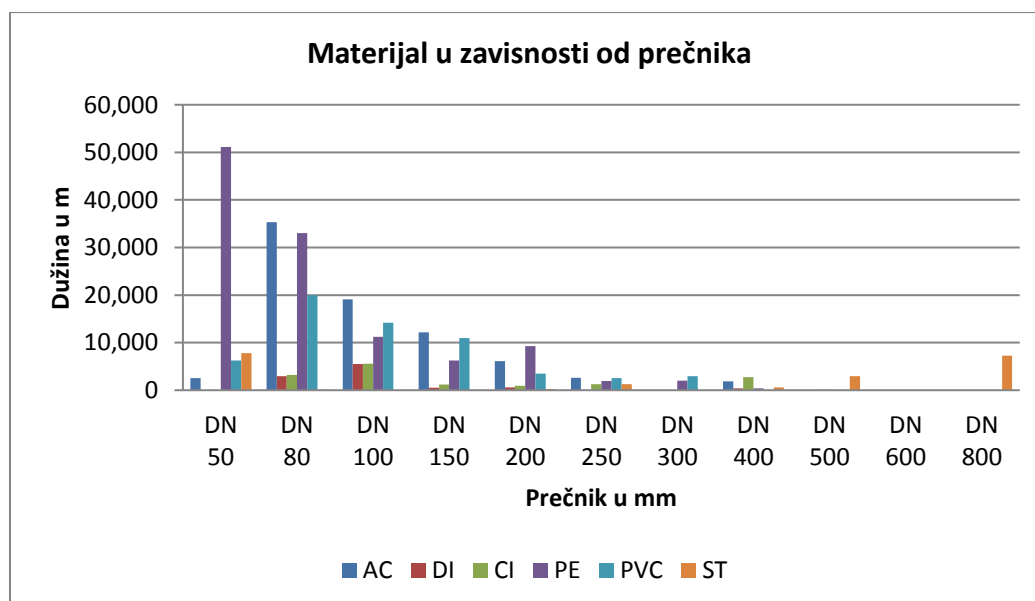
Iz prethodne slike vidi se da se stanje sa NFV u Šapcu pogoršavalo u periodu pre početka istraživanja. Tokom petogodišnjeg perioda, NFV je porasla za 11% (relativan rast od 22%). Ako se uzme u obzir da je ukupna NFV 2008 godine bila 4,216,863 m³, uz cenu od 56,55 dinara po kubnom metru (cena krajem 2016 za domaćinstva, sa troškovima odvođenja otpadne vode), troškovi ovog dela proizvedene vode su preko 230 miliona dinara godišnje.

3.5 Smederevo (izvor: JKP „Vodovod“, Smederevo)



Slika 25 Smederevo: Sistem vodosnabdevanja

Po podacima sa početka istraživanja, 2008. je u Smederevu na vodovodnu mrežu bilo priključeno 62.000 stanovnika u gradu, 8.100 u predgrađima, i 10.000 u okolnim selima. Vodovodna mreža je dugačka oko 303 km a podaci o mreži su dati na sledećoj slici.



Slika 26 Zastupljenost cevnog materijala u distributivnom sistemu, po prečnicima

U sistemu ima ukupno 386 ventila i 166 hidranata.

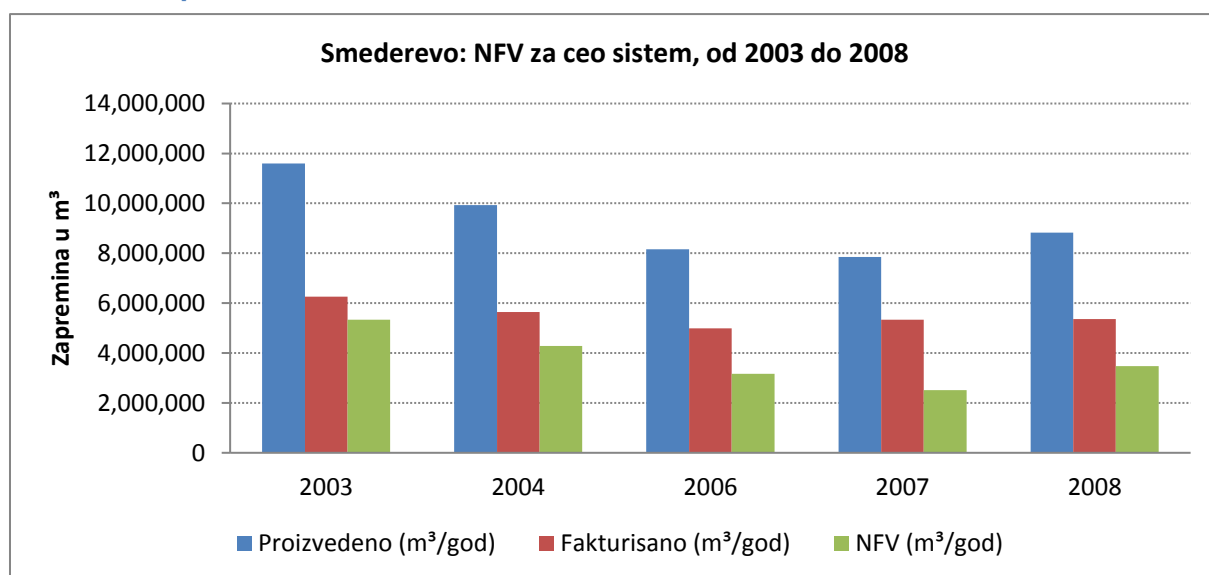
Ukupno postoji 18.678 priključaka. Od toga, 16.654 su porodične kuće, 352 zgrade i 1.672 industrija i institucije.

Procenat nefakturisane vode u periodu pre početka istraživanja:

Sledeća tabela polazuje na godišnjem nivou vrednosti proizvedene i fakturisane vode, kao i nefakturisane vode. Fakturisana voda na mesečnom nivou ne postoji, pošto se očitavanja vrše na svaka dva do tri meseca, a razne nelogičnosti koje iz toga proizilaze se balansiraju na kraju godine.

Godina	Proizvedeno (m ³)	Fakturisano (m ³)	Nefakturisana voda		
			m ³	%	l/priključak/d
2003	11,594,091	6,255,903	5,338,188	46.0	783
2004	9,930,353	5,641,954	4,288,399	43.2	629
2006	8,160,909	4,991,561	3,169,348	38.8	465
2007	7,845,941	5,335,728	2,510,213	32.0	368
2008	8,828,096	5,356,007	3,472,089	39.3	509

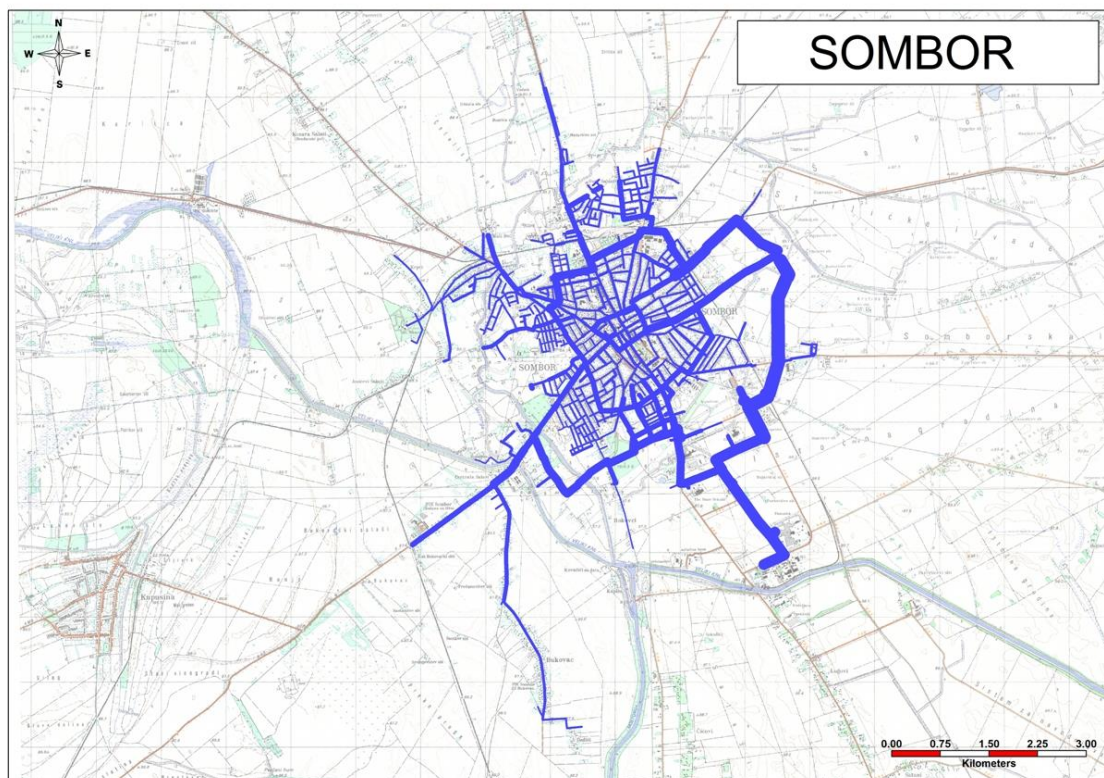
Tabela 5 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu



Slika 27 Nefakturisana voda od 2003 do 2008

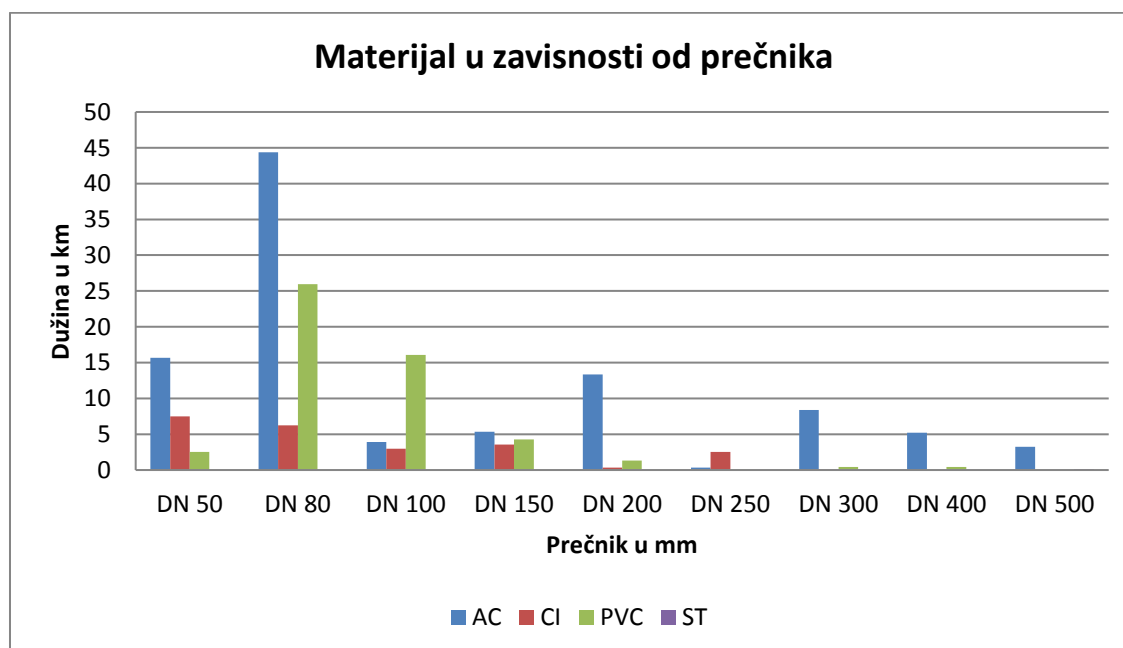
Iz prethodne slike vidi se da je stanje sa NFV u Smederevu bilo dosta loše, iako je sa početnih 46% palo na 39,3% u periodu pre početka istraživanja. Ako se uzme u obzir da je ukupna NFV 2008 godine bila 3.472.089 m³, uz cenu od 78,89 dinara po kubnom metru (cena krajem 2016 za domaćinstva, sa troškovima odvođenja otpadne vode), troškovi ovog dela proizvedene vode su preko 270 miliona dinara godišnje.

3.6 Sombor (izvor: JKP „Vodokanal“, Sombor)



Slika 28 Sombor: Sistem vodosnabdevanja

Po podacima sa početka istraživanja, 2008. je u Somboru na vodovodnu mrežu bilo priključeno oko 48.300 stanovnika. Vodovodna mreža je dugačka oko 175 km a podaci o mreži su dati na sledećoj slici.



Slika 29 Zastupljenost materijala i prečnika cevi u sistemu vodosnabdevanja

U sistemu ima ukupno 1.547 ventila i 282 hidranata (ovaj podatak se odnosi samo na centralni deo sistema vodosnabdevanja, za ostali deo nisu postojali podaci).

Ukupno postoji 14.111 priključaka. Od toga, 12.586 su porodične kuće, 318 zgrade i 1.207 industrija i institucije.

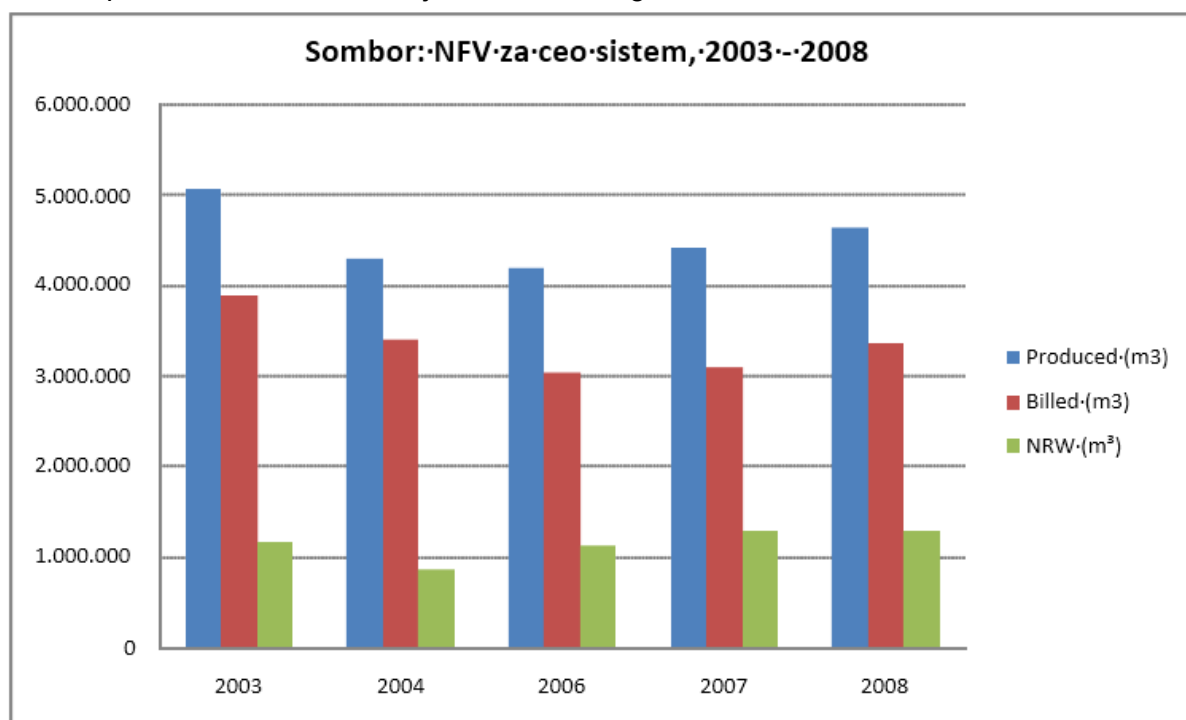
Procenat nefakturisane vode u periodu pre početka istraživanja:

Sledeća tabela polazuje na godišnjem nivou vrednosti proizvedene i fakturisane vode, kao i nefakturisane vode. Fakturisana voda na mesečnom nivou ne postoji, pošto se očitavanja vrše na svaka dva do tri meseca.

Godina	Proizvedeno (m ³)	Fakturisano (m ³)	Nefakturisana voda		
			m ³	%	l/priključak/d
2003	5.069.424	3.896.921	1.172.503	23,1	241,67
2004	4.286.764	3.425.493	861.271	20,1	169,64
2006	4.190.239	3.055.244	1.134.995	27,1	221,87
2007	4.405.248	3.122.553	1.282.692	29,1	248,36
2008	4.639.333	3.370.139	1.269.194	27,4	246,42

Tabela 6 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu

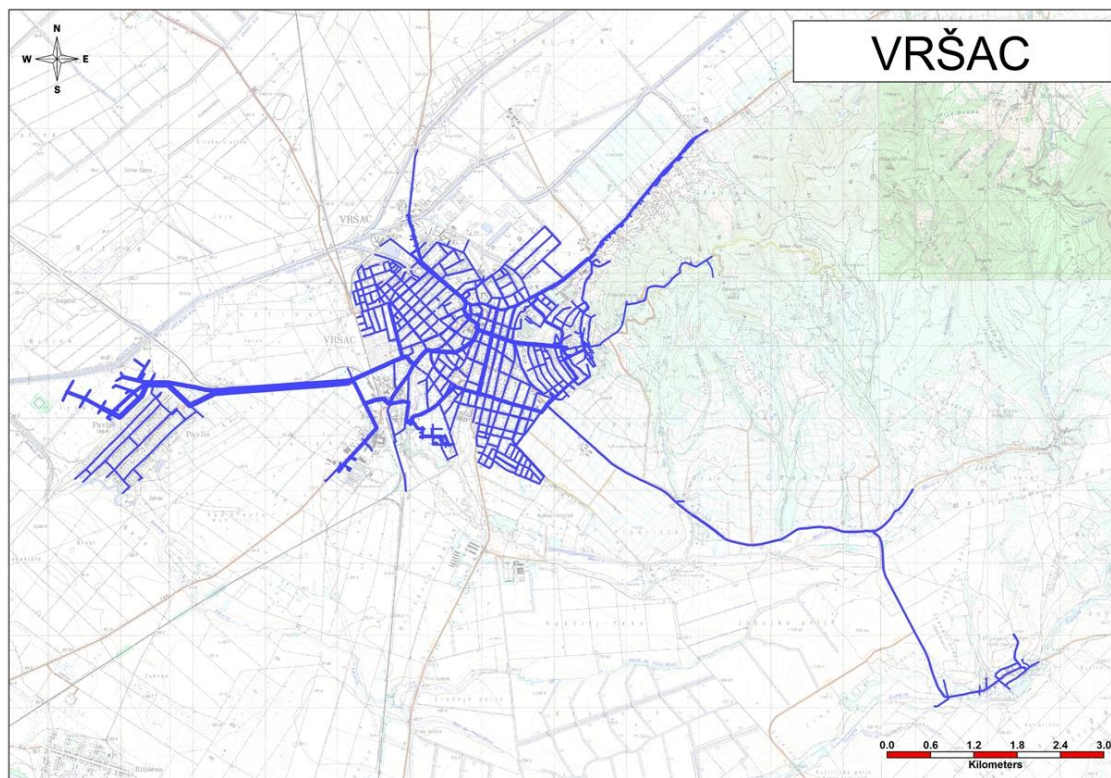
Grafički prikaz ovih rezultata dat je na sledećem grafiku.



Slika 30 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u petogodišnjem periodu

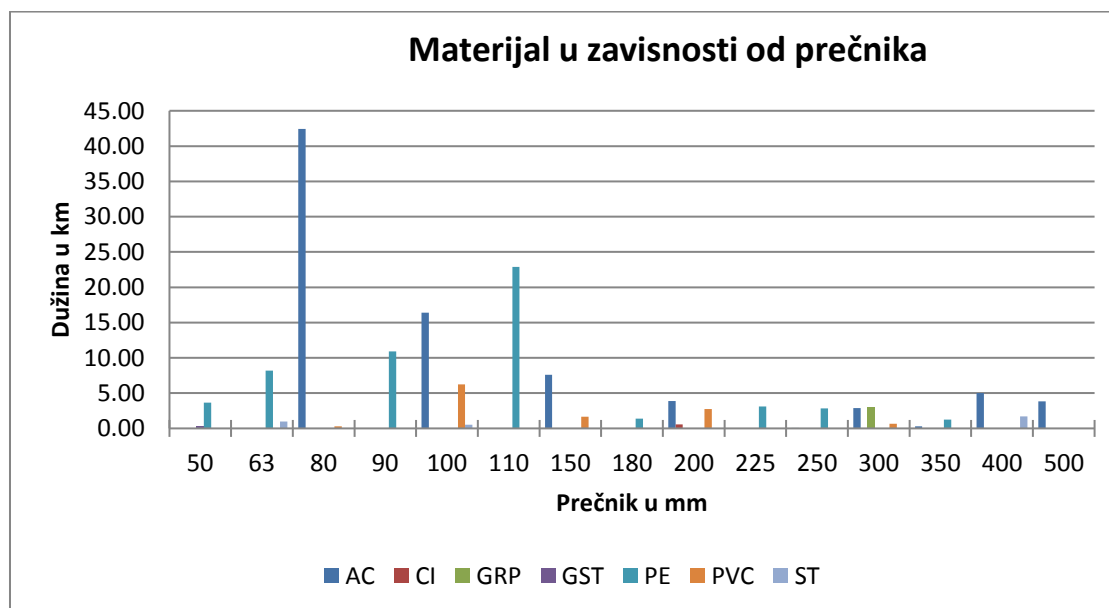
Iz prethodne slike vidi se da se stanje sa NFV u Somboru pogoršavalo u periodu pre početka istraživanja. Tokom petogodišnjeg perioda, NFV je porasla za 4% (relativan rast od 15%). Ako se uzme u obzir da je ukupna NFV 2008 godine bila 1.269.194 m³, uz cenu od 75,05 dinara po kubnom metru (cena krajem 2016 za domaćinstva, sa troškovima odvođenja otpadne vode), troškovi ovog dela proizvedene vode su preko 90 miliona dinara godišnje.

3.7 Vršac (izvor: DP „Drugi Oktobar“, Vršac)



Slika 31 Vršac: Sistem vodosnabdevanja

Po podacima sa početka istraživanja, 2008. je u Vršcu je na vodovodnu mrežu bilo priključeno oko 40.000 stanovnika, uz dodatnih 15.000 u okolnim selima, koja nisu vezana za sistem vodosnabdevanja, pa nisu ni uzimani u razmatranje. Vodovodna mreža je dugačka oko 156 km, a podaci o mreži su dati na sledećoj slici.



Slika 32 Zastupljenost raznih prečnika i materijala u distributivnom sistemu

U sistemu ima ukupno 477 ventila i 166 hidranata (ovaj podatak se odnosi samo na centralni deo sistema vodosnabdevanja).

Ukupno postoji 11.900 priključaka. Od toga, 11.700 su porodične kuće, i 200 industrija i institucije.

Procenat nefakturisane vode u periodu pre početka istraživanja:

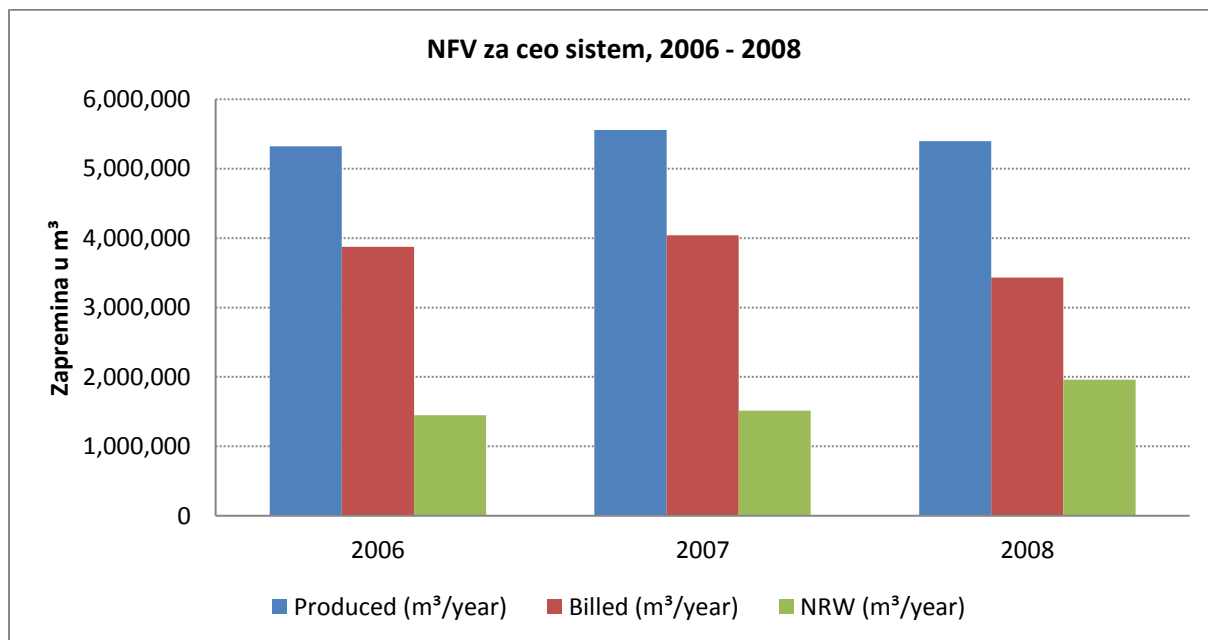
Sledeća tabela polazuje na godišnjem nivou vrednosti proizvedene i fakturisane vode, kao i nefakturisane vode. Fakturisana voda na mesečnom nivou ne postoji, pošto se očitavanja vrše na svaka dva do tri meseca.

Godina	Proizvedeno (m ³)	Fakturisano (m ³)	NFV		
			m ³	%	l/priključak/d
2006	5,320,659	3,873,103	1,447,556	27.2	333
2007	5,557,054	4,041,623	1,515,431	27.3	349
2008	5,396,529	3,433,812	1,962,717	36.4	452

Tabela 7 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u trogodišnjem periodu

Od 2006 do 2007 godine nefakturisana voda je bila konstantna. 2008 godine je porasla za 9%, kao rezultat detaljne evaluacije podataka tokom istraživanja.

Grafički prikaz ovih rezultata dat je na sledećem grafiku.



Slika 33 Pregled proizvedene, fakturisane i nefakturisane vode u trogodišnjem periodu

Iz prethodne slike vidi se da se stanje sa NFV u Vršcu pogoršavalo u periodu pre početka istraživanja. Tokom trogodišnjeg perioda, NFV je porasla za 9% (relativan rast od 25%). Ako se uzme u obzir da je ukupna NFV 2008 godine bila 1,962,717 m³, uz cenu od 73,05 dinara po kubnom metru (cena krajem 2016 za domaćinstva, sa troškovima odvođenja otpadne vode), troškovi ovog dela proizvedene vode su preko 140 miliona dinara godišnje.

4 METODOLOGIJA RADA

U ovom Poglavlju biće prikazana primena postojećih svetskih stavova, odnosno aktivnosti koje su vršene u vodovodnim sistemima obuhvaćenim istraživanjem, kao i dobijeni rezultati.

Analiza rezultata je izdvojena kao posebno poglavlje.

Aktivnosti su prikazane istim redosledom kao i u poglavlju 2 „Pregled literature“:

- Vodni bilans
- Merne zone – sektorizacija
- Suzbijanje stvarnih gubitaka:
 - o Aktivnosti na upravljanju i kontroli pritisaka
 - o Aktivnosti prilikom primene aktivnih kontrola curenja
 - o Aktivnosti na upravljanju infrastrukturom
 - o Brzina i kvalitet popravki
- Suzbijanje prividnih gubitaka:
 - o Greške u merenju vode
 - o Ilegalna potrošnja, greške pri prebacivanju podataka, analiza podataka

Proračun komponenti vodnih bilansa, i tehnike smanjivanja stvarnih i prividnih gubitaka su prikazane posebno za svaki grad, osim poslednje tri tehnike, koje su date objedinjeno za sve gradove.

U svakom gradu su vršeni proračuni i merenja u Pilot zoni, što je takođe posebno prikazano.

4.1 VODNI BILANS

Vodni bilans je prikaz stanja proizvedene vode, fakturisane vode i nefakturisane vode.

Kako je prikazano i u pregledu literature, u poglavlju 2.1, brojne knjige i naučni radovi iz oblasti smanjenja NFV pokazuju da je prva aktivnost prilikom razvijanja strategije smanjenja NFV izrada vodnog bilansa.

Osim manjih specifičnosti, koje su se posebno pojavljivale u pojedinim gradovima, metodologija proračuna vodnog bilansa je bila kako je navedeno u nastavku.

Merenja protoka i pritisaka

Merenja protoka i pritisaka su služila kao potvrda tačnosti informacija dobijenih od strane preduzeća, kao i u svrhu ustanovljavanja minimalnog noćnog protoka. Izvođena su na karakterističnim tačkama sistema vodosnabdevanja, kao što su: izvorišta, postrojenja za pripremu vode ili jedinice za hlorinaciju, pumpne stanice, rezervoari i strateške tačke u mreži. U posebnim poglavljima u nastavku su detaljno objašnjena najvažnija merenja. Potrebno je takođe istaći da kratkotrajna jednodnevna merenja protoka ne odražavaju promene na godišnjem nivou, ali mogu dati potvrdu da su podaci preduzeća ispravni.

Primer karakterističnog merenja protoka ultrazvučnim meračem se daje na sledećoj slici (Vršac).



Slika 34 **Merenje protoka u cilju proračuna vodnog bilansa**

Na prethodnoj slici se vidi primer ultrazvučnog merenja protoka koji je, osim samog merenja mobilnim meraćem, uključivao i iskop, obezbeđivanje isušivanja putem muljne pumpe, kao i obezbeđivanje električne energije, putem akumulatora.

Proračun ukupno proizvedene vode

Na bazi merenja protoka, određena je za svaki grad ukupno proizvedena voda. Ova vrednost je takođe upoređena sa podacima iz preduzeća, kako bi se procenila pouzdanost njihovih podataka.

Minimalni noćni protok, Minimalna noćna potrošnja, Gubici

Na bazi izvršenih merenja određivani su minimalni noćni protok i potrošnja, odnosno gubici.

Očitavanje i baždarenje vodomera

Očitavanje vodomera je vršeno na početku i kraju 24-časovnog perioda. Ove vrednosti su upoređivane sa očitavanjima, dobijenim od strane preduzeća, u cilju provere pouzdanosti tih podataka. Ova aktivnost je detaljno prikazana na primeru Pančeva, Sombora i Vršca, dok je u ostalim gradovima vršena na isti način.

Baždarenje vodomera je vršeno u cilju procene dela prividnih gubitaka koja nastaju kao posledica netačnosti vodomera. U cilju procene vode koja se koristi bez registrovanja na vodomerima, korišćen je [6] (Davis, S.E., 2005). Po ovom radu, na vodomerima instaliranim na kućnim priključcima za domaćinstva, količina vode koja se registruje pri Q_{min} je 10%, pri Q_t je 20% a pri Q_n je 70% dnevne izmerene potrošnje.

Merenja u Pilot zoni

U cilju što boljeg upoznavanja sa stanjem vodovodne mreže u sistemu, kao i o komponentama NFV, u svakom gradu je odabrana Pilot zona, tako da što više odgovara smernicama IWA, opisanim u Poglavlju 2.2 „Merne zone“, a takođe i da zadovolji ograničenja samih sistema. Svi podaci, neophodni za proračune, su dobijeni od strane preduzeća: opšti podaci, podaci o potrošačima, i podaci o mreži.

Komponente vodnog bilansa i način određivanja

Proizvedena voda

Pouzdanost i tačnost postojećih informacija o proizvodnji vode su potvrđivane merenjima.

Legalna potrošnja

Ukupna količina legalne potrošnje dobijena je sabiranjem fakturisane i nefakturisane legalne potrošnje.

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Korišćene su vrednosti godišnje Fakturisane legalne potrošnje od strane preduzeća.

Izmerena fakturisana potrošnja

Visina izmerene fakturisane potrošnje dobijena je zbrajanjem izdatih računa za potrošenu vodu. Ova vrednost može da sadrži i potrošače sa neispravnim vodomerima, jer ih preduzeća ne vode zasebno. Ovakvi potrošači se fakturišu paušalno.

Neizmerena fakturisana potrošnja

Potrošači sa neispravnim vodomerima su uključeni u prethodnu grupu, zbog čega je ovaj deo potrošnje uglavnom ravan nuli, osim u specifičnim slučajevima.

Nefakturisana legalna potrošnja

Dobija se zbrajanjem izmerene i neizmerene nefakturisane potrošnje.

Izmerena nefakturisana potrošnja

Svakom potrošaču koji se meri se takođe izdaje račun, tako da je za ovu kategoriju ukupna dnevna količina 0 m³.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Određivanje vrednosti neizmerene nefakturisane vode je vrlo teško, jer zavisi od vremena. Osim za javne česme, ova voda se koristi i za zalivanje javnih zelenih površina i pranje ulica tokom leta. Iz praktičnog iskustva usvojeno je da je dnevna količina oko 2% proizvedene vode. Takođe, u svakom gradu postoji određen broj neprijavljenih objekata koji su snabdeveni vodom, ali im se ne izdaju računi, zbog određenih pravnih problema. Njihova potrošnja se grubo procenjivala za svaki grad.

Gubici vode

Gubici vode su zbir komercijalnih i fizičkih gubitaka, odnosno razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje.

Komercijalni gubici

Ukupna dnevna visina komercijalnih gubitaka je zbir ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera.

Ilegalna potrošnja

Obzirom da nije bilo moguće detaljnije se posvetiti ovom problemu, zbog ograničenog vremena i nepostojanja podataka u preduzeću, radilo se na bazi pretpostavki i usvajane su prosečne vrednosti, dobijane iz iskustva.

Netačnosti vodomera

Netačnosti vodomera su utvrđene aktivnostima u Pilot zoni.

Fizički gubici

Ukupna vrednost fizičkih gubitaka je izračunavana preko ukupnih i komercijalnih gubitaka.

Gubici na glavnim cevovodima

Statistički podaci o pojavama curenja i popravkama, kao i o vrsti materijala i starosti cevovoda, najčešće nisu postojali. Visina gubitaka na glavnim cevovodima je dobijena oduzimanjem gubitaka na kućnim priključcima i prelivima od fizičkih gubitaka.

Gubici i prelivi na rezervoarima

Tokom merenja i istraživanja se otkrivaju i mere curenja ili preliivanja na rezervoarima.

Gubici na kućnim priključcima

Istraživanjima u Pilot zoni se utvrđuje kvalitet, starost i materijal mreže, i otkrivaju eventualna curenja, na bazi čega se vrši konačna procena.

Nefakturisana voda

U cilju procene visine nefakturisane vode za celu mrežu, korišćen je najčešći način, a to je da se izmeri ukupan ulaz vode u sistem za određen vremenski period, a da se zatim od njega oduzme količina vode koja se fakturiše.

4.1.1 Kraljevo

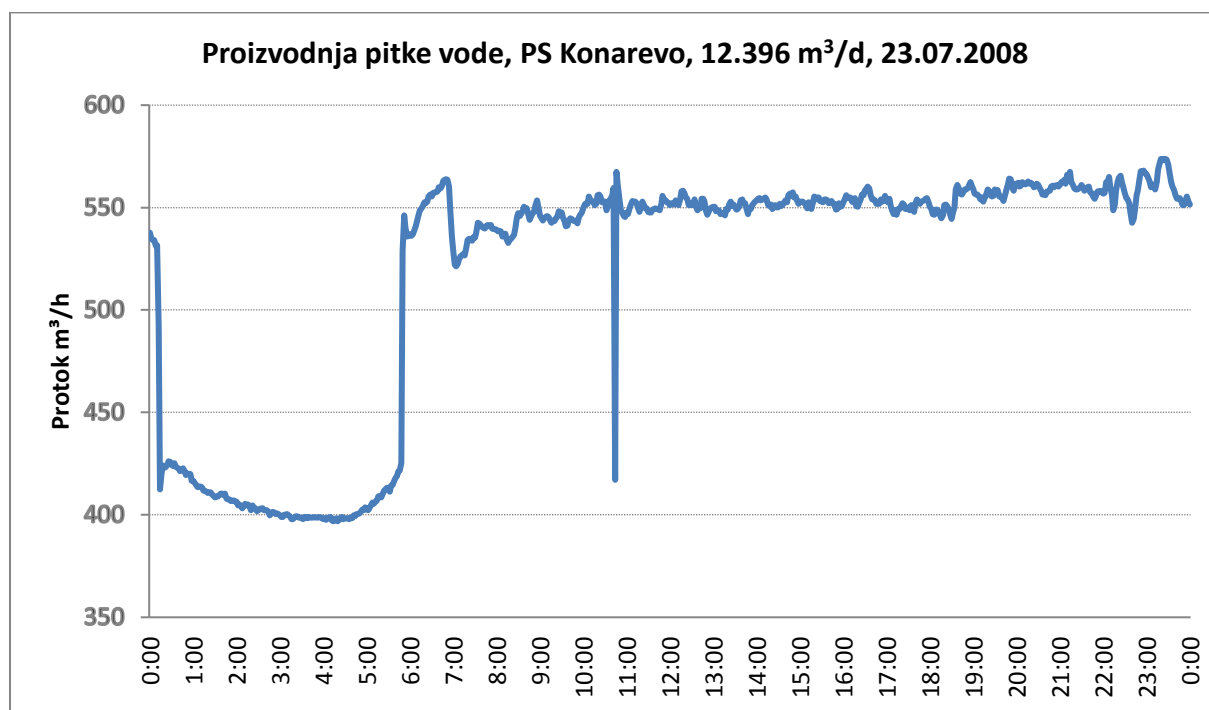
4.1.1.1 Merenja protoka i pritiska

Merenja protoka i pritiska su izvedena na izvorištima, jedinici za hlorinaciju, pumpnim stanicama, rezervoarima i strateškim tačkama u mreži. U nastavku su detaljno prikazana najvažnija merenja.

Izvorišta Konarevo, Žičko Polje, Čibukovac i Đeriz

Konarevo:

Proizvodnja pitke vode na izvorištu Konarevo (koje ima ukupno 12 bunara) je merena u periodu od 24 sata, 23.7.2008. Merenje protoka je vršeno u šahtu nakon pumpne stanice. Jedan od ciljeva ovog merenja je bio i da se proveri tačnost podataka koji su dobijeni od strane preduzeća.



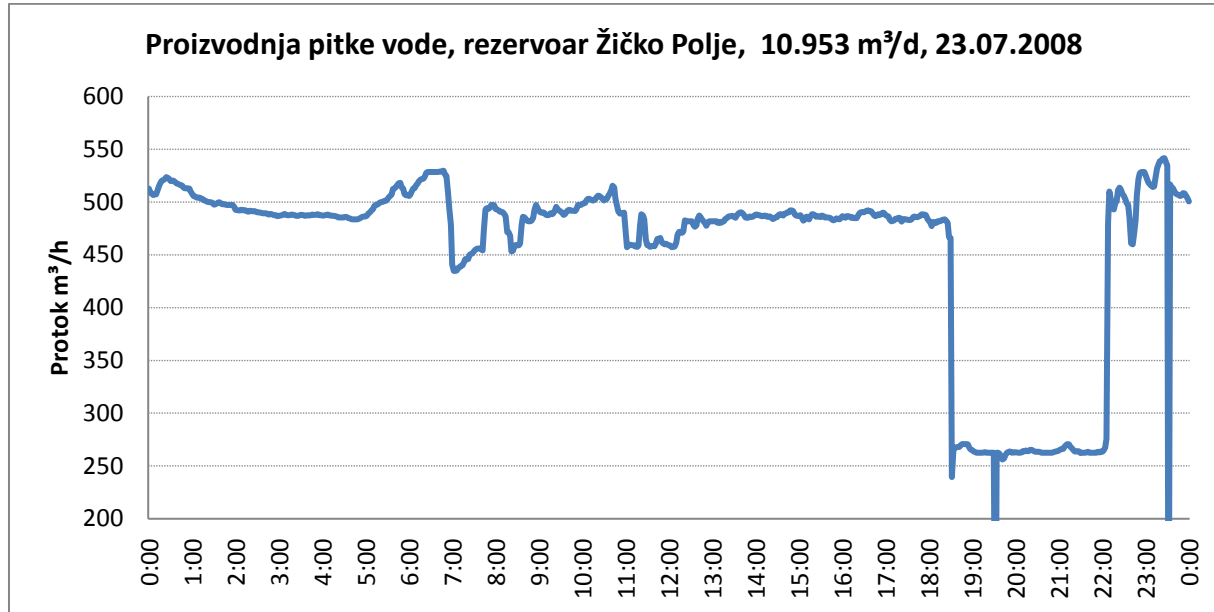
Slika 35 Proizvodnja pitke vode na izvorištu Konarevo

Iz gornje slike može se zaključiti da su podaci, dobijeni od JKP-a o proizvodnji vode na ovom izvorištu merodavni (prema JKP-u proizvodnja je bila 12.157 m³/d), odnosno da je malo odstupanje između vrednosti dobijenih merenjem, odnosno proračunavanjem. Između ponoći i 06:00 proizvodnja se smanjuje na oko 400m³/h, dok je u ostalom delu dana uglavnom konstantna na oko 550 m³/h.

Žičko Polje:

Iz ovog izvorišta (ukupno 14 bunara) deo vode se usmerava na pumpnu stanicu Konarevo, dok se ostatak šalje preko dve linije u rezervoar, gde se dezinfikuje i šalje u sistem. Sve tri linije se mere od strane JKP-a.

Izlaz iz rezervoara je meren 23.7.2008, i dat je na sledećoj slici.

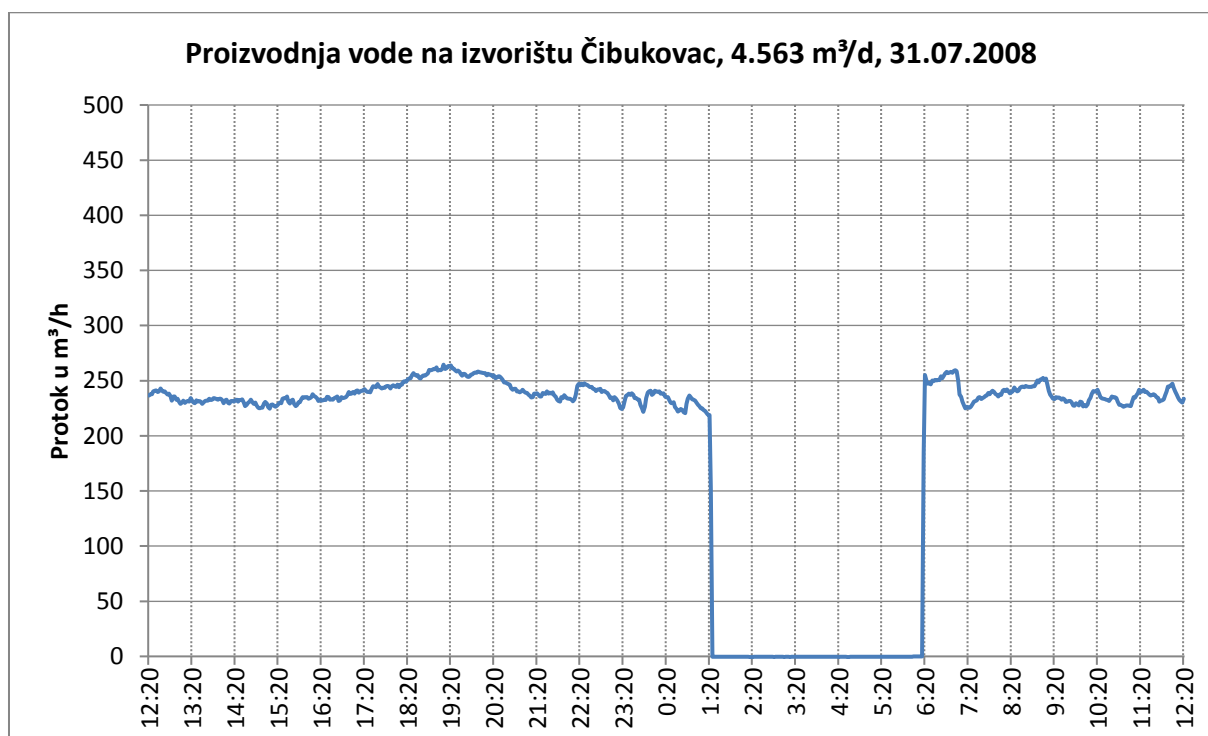


Slika 36 Merenje proizvedene vode na izvorištu Žičko Polje

Iz gornje slike vidi se da je proizvodnja tokom dana uglavnom konstantna na oko 450-500 m³/h se u večernjim časovima smanjuje na oko 250m³/h.

Čibukovac:

Ovo izvorište se koristi samo u periodima visoke potražnje. Merenje se vrši pomoću mehaničkog merača protoka. Provera tačnosti merača je vršena 31.7.2008 i pokazano je da su podaci merodavni. Sledeća slika pokazuje proizvodnju vode na izvorištu Čibukovac, koja je vršena u cilju provere tačnosti podataka JKP-a.

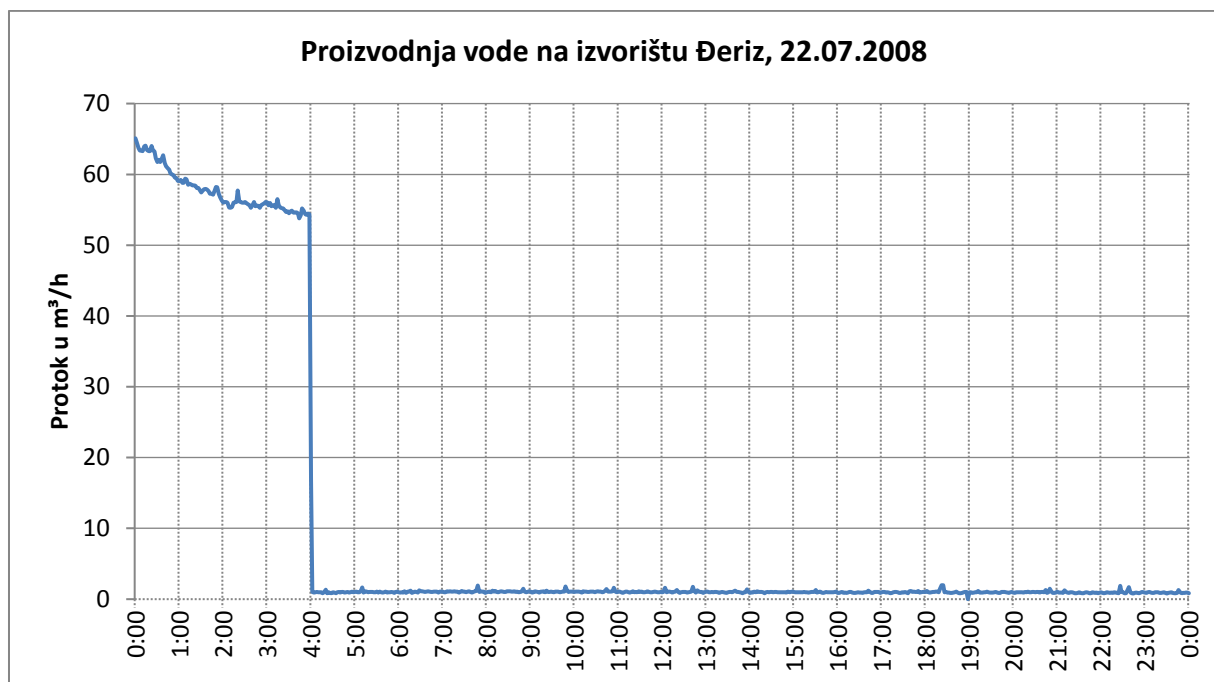


Slika 37 Merenje proizvedene vode na izvorištu Čibukovac

Prethodna slika prikazuje merenje proizvedene vode na izvoristu Čibukovac. Potvrđena je tačnost podataka JKP-a, tako da su podaci JKP-a za 27.07.2008 korišćeni prilikom proračuna ukupno proizvedene vode.

Đeriz:

Ovaj bunar se koristi samo u slučajevima izuzetno visoke potrošnje. Merenje protoka je vršeno 22.7.2008, u cilju provere tačnosti podataka JKP-a ali samo u kraćem periodu, jer je pumpa bila isključena tokom ostatka dana. Ukupno proizvedena voda tog dana je bila 250m³, što je odgovaralo podacima dobijenim od preduzeća.

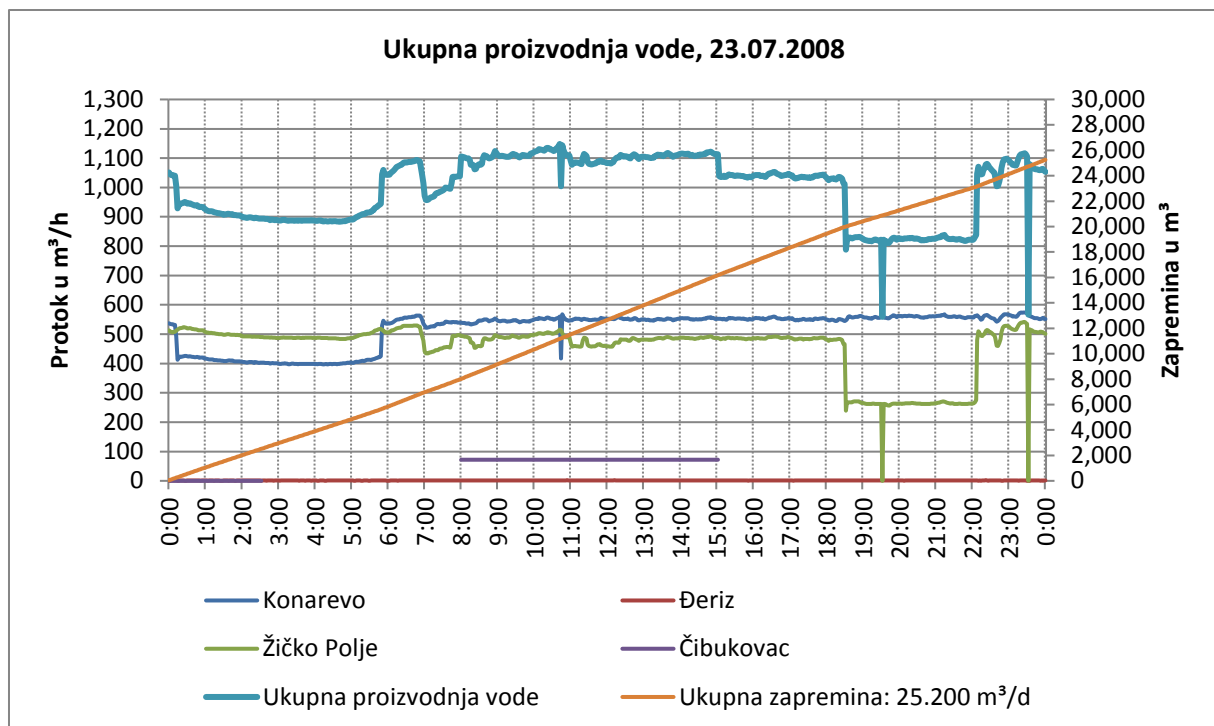


Slika 38 Merenje proizvedene vode na izvoristu Đeriz

Prethodna slika prikazuje merenje proizvedene vode na izvoristu Đeriz. Potvrđena je tačnost podataka JKP-a, tako da su podaci JKP-a za 27.07.2008 korišćeni prilikom proračuna ukupno proizvedene vode.

Ukupna proizvedena voda:

Dnevna proizvodnja vode zavisi od broja uključenih bunarskih pumpi i broja radnih sati. Na primer, izvoriste Čibukovac je tokom merenja 23.7.2008 bilo uključeno samo 7 sati, dok je nedelju dana kasnije radilo 18 sati. Slična situacija je i sa izvoristem Đeriz. Sledeća slika pokazuje ukupno proizvedenu vodu u toku 24 sata, na dan 23.07.2008.



Slika 39 Ukupna proizvedena voda na dan 23.7.2008

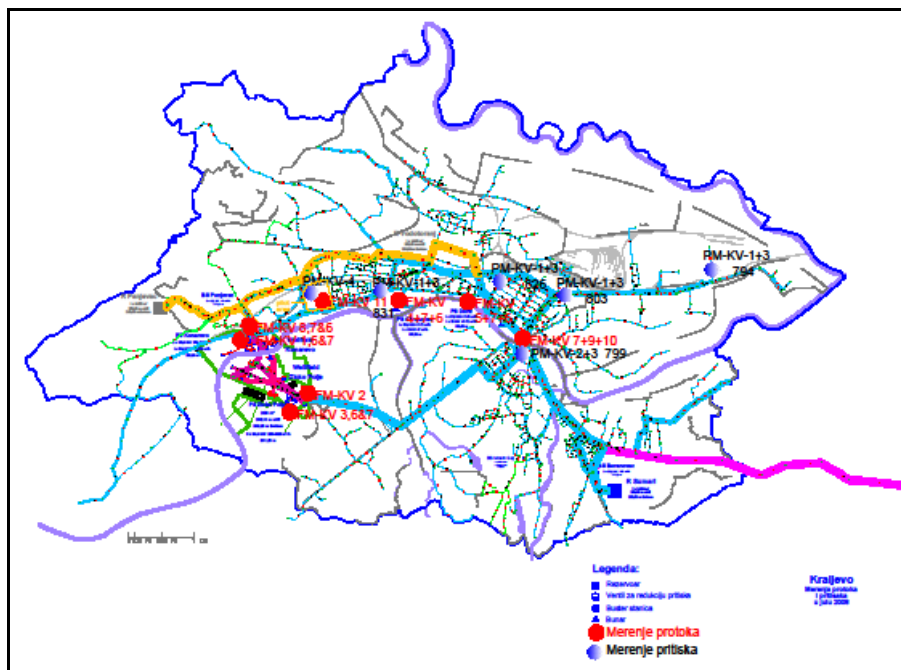
Iz ove slike se može zaključiti da je proizvodnja vode gotovo konstantna tokom dana i da iznosi oko 1.000 m³/h. Jedino od ponoći do 06:00 i od 18:30 do 22:00 se blago smanjuje.

Merenja u mreži

Prečišćena voda iz Konareva, Žičkog Polja, Čibukovca i Đeriza se direktno pumpa u distributivni sistem. Od tri postojeća rezervoara, jedino rezervoar Šumari (2x3.000 m³) je u funkciji. On se puni noću preko buster stanice Beranovac. Vodotoranj (1.000 m³) i rezervoar Drkčići (5.000 m³) nisu u funkciji.

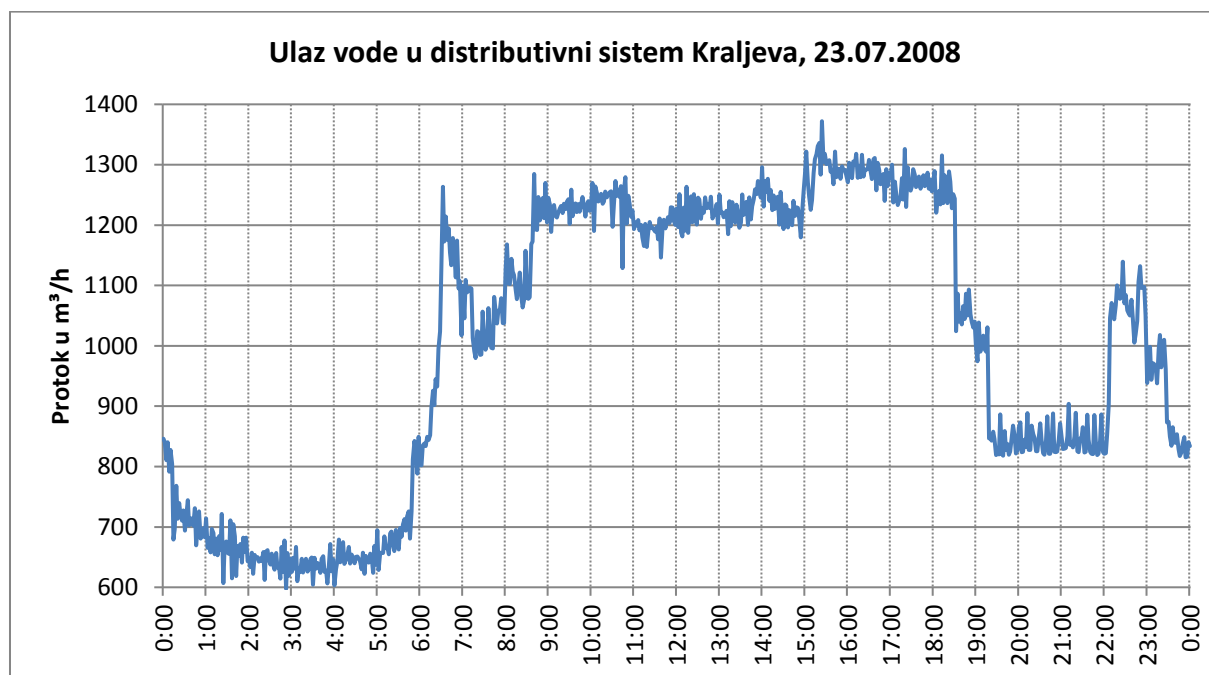
Za merenje protoka su izabrane sledeće lokacije:

- Izlaz iz pumpne stanice Konarevo
- Izlaz iz pumpne stanice Žičko Polje
- Izlaz iz pumpne stanice Čibukovac
- Izlaz iz pumpne stanice Đeriz
- Izlaz iz pumpne stanice Beranovac
- Ulaz/izlaz iz rezervoara Šumari



Slika 40 Merenja protoka i pritisaka u mreži

Sledeća slika pokazuje ulaz vode u distributivni sistem tokom 24 sata.



Slika 41 Ulaz vode u distributivni sistem

Prethodna slika pokazuje visoku vrednost minimalnog noćnog protoka ($605 \text{ m}^3/\text{h}$, što je oko polovine maksimalno izmerenog protoka). Obzirom da je noćna industrijska potrošnja vrlo niska, već ovo se može uzeti kao indikator visoke vrednosti gubitaka. Minimalna noćna potrošnja je izmerena između 02:00 i 04:00.

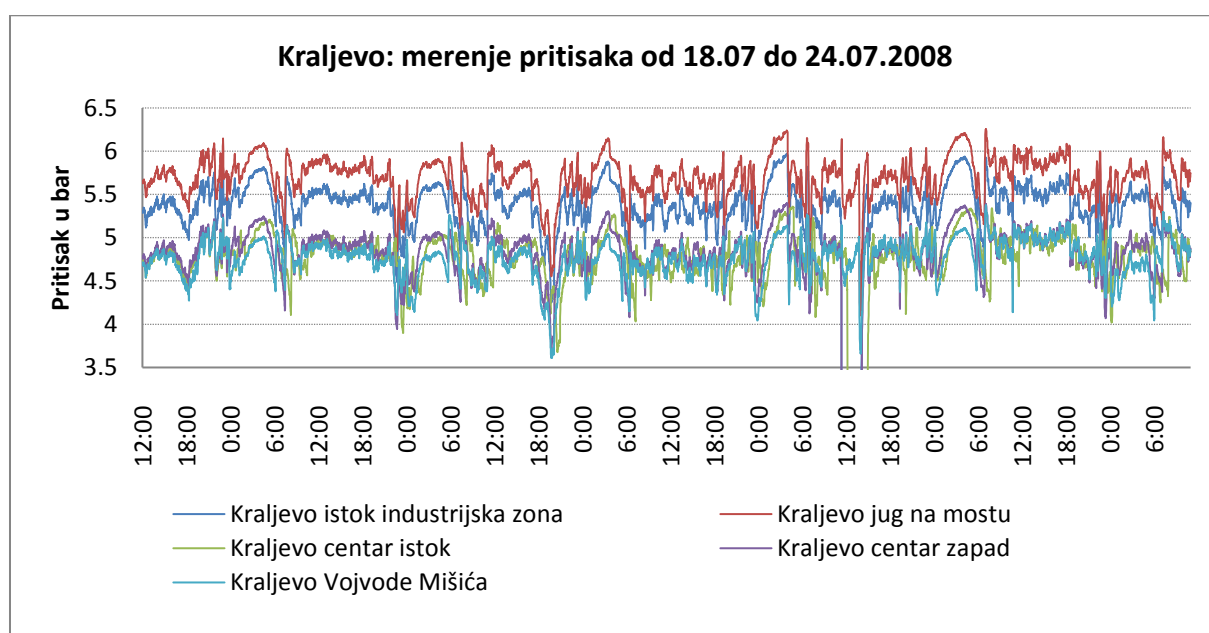
Ukupan broj potrošača:	78,000
Broj priključaka:	17,565
Izmeren minimalni noćni protok:	$605 \text{ m}^3/\text{h}$

Prethodna slika pokazuje visoku vrednost minimalnog noćnog protoka (605 m³/h, što je oko polovine maksimalno izmerenog protoka). Obzirom da je noćna industrijska potrošnja vrlo niska, već ovo se može uzeti kao indikator visoke vrednosti gubitaka. Minimalna noćna potrošnja je izmerena između 02:00 i 04:00.

Merenja pritisaka

Ova merenja su vršena na pet lokacija, paralelno sa merenjima protoka, kako bi se dobile opšte informacije (na primer da li je sistem pod pritiskom).

Izabrane su lokacije u centru grada, gde živi većina potrošača. Pritisci variraju između 4 i 6 bara tokom celog dana.



Slika 42 **Merenje pritisaka u mreži**

Prethodna slika daje prikaz stanja pritisaka u mreži vodovodnog sistema u Kraljevu. Iz nje se može zaključiti da je u pojedinim delovima grada pritisak previsok, što sobom povlači i veće gubitke (kao što je opisano u poglavlju 2.3.1.1).

4.1.1.2 Očitavanje i baždarenje vodomera

Očitavanje vodomera

Ukupno je proverena funkcionalnost 44 vodomera. Od ovog broja, 6 vodomera (14%) nije moglo biti očitano, iz dva razloga:

- Vodomer ne funkcioniše (pokretni mehanizam se ne okreće pri otvorenoj slavini iza vodomera).
- Staklo na vodomeru zamućeno do te mere da je nemoguće očitati stanje. Može se očekivati da se kod ovakvih slučajeva u dugom periodu nije vršilo očitavanje.

Prosečna potrošnja koja je zabeležena u periodu 29/30.7.2008 je bila 228 litara dnevno po potrošaču. Potrebno je istaći da je temperatura u ovom periodu bila oko 35°C pa je samim tim i potrošnja bila veća od godišnjeg proseka. Iz podataka JKP-a, prema kojima je tokom 2008 ukupno fakturisano 4.295.375 m³, može se sračunati da je prosečna potrošnja tokom godine bila 151 litara dnevno po potrošaču.

Baždarenje vodomera

Za razliku od svih drugih učesnika u istraživanju, JKP Kraljevo se nije odlučilo na ugradnju vodomera, tako da takođe nije bilo moguće obezbediti vodomere koji bi se mogli baždariti, i na bazi čega bi se moglo doći do preciznih podataka o visini gubitaka vezano za netačnosti vodomera, kao što je to bio slučaj u drugim gradovima. Međutim, za potrebe izrade vodnog bilansa, korišćene su srednje vrednosti visine prividnih gubitaka kod ostalih preduzeća.

Na bazi ove pretpostavke, došlo se do procene da je ukupna količina prividnih gubitaka vode, uzrokovanih netačnostima vodomera, 521.705 m³/god, odnosno 1.429 m³/d.

4.1.1.3 Minimalni noćni protok

Obzirom da većina potrošača noću ne koristi vodu, minimalni noćni protok predstavlja količinu vode koju koriste industrijski i institucionalni potrošači, vodu koju koriste individualni potrošači koji ne spavaju i, što je najvažnije, gubitke. Sledeća tabela prikazuje izmerenu minimalnu noćnu potrošnju za ceo sistem.

	Potrošači	Priklučci	Minimalni noćni protok	
			m ³ /h	l/priključak/h
Cela mreža	78.000	17.565	605	34,4

Tabela 8 Minimalni noćni protok

4.1.1.4 Minimalna noćna potrošnja

U nedostatku detaljnih informacija o noćnoj potrošnji industrijskih i institucionalnih potrošača, minimalna noćna potrošnja je proračunata oduzimanjem nefakturisane vode od minimalnog noćnog protoka. Pošto nisu postojali dugoročni podaci o pojedinim zonama, minimalna noćna potrošnja je proračunata na bazi podataka za ceo sistem (izvor: JKP, godina 2008):

Prosečna dnevna proizvodnja (JKP, 2008):	23.990 m ³
Postojeći kućni priključci (JKP, 2008):	17.565 komada
Prosečna dnevna fakturisana potrošnja (JKP, 2008):	16.392 m ³
Nefakturisana voda dnevno:	7.598 m ³ (317 m ³ /h)
Izmeren minimalni noćni protok:	605 m ³ /h

Izračunata minimalna noćna potrošnja (razlika između minimalnog noćnog protoka i nefakturisane vode) je 288 m³/h odnosno 16,40 l/priključak/h.

4.1.1.5 Vodni bilans prema IWA terminologiji

Proizvedena voda

Pouzdanost i tačnost postojećih informacija o proizvodnji vode su potvrđene merenjima, opisanim u poglavlju 4.1.1.1. Korišćena je prosečna dnevna proizvodnja iz 2008, dobijena od strane preduzeća, koja je 23.990 m³/dan.

Legalna potrošnja

Ukupna količina legalne potrošnje, koja sadrži fakturisanu i nefakturisanu legalnu potrošnju, iznosila je 16.900 m³ (70,4%).

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Korišćene su vrednosti godišnje legalne potrošnje od strane preduzeća. Prosečna dnevna fakturisana potrošnja je bila 16.392 m³ (68,3%), a deli se na izmerenu i neizmerenu fakturisanu potrošnju.

Izmerena fakturisana potrošnja

Visina izmerene fakturisane potrošnje je 15.192 m³ (63,3%) i dobijena je zbrajanjem izdatih računa za potrošenu vodu. Ova vrednost sadrži i potrošače sa neispravnim vodomerima, jer ih preduzeće ne vodi zasebno. Ovi potrošači se fakturišu paušalno.

Neizmerena fakturisana potrošnja

Otprilike 5% proizvodnje služi za snabdevanje vodom sela koja pripadaju opštini Kragujevac. Pošto se oni ne mere, nije bilo moguće dobiti tačnu količinu.

Nefakturisana legalna potrošnja

Zbrajanjem izmerene i neizmerene nefakturisane potrošnje došlo se do dnevne prosečne vrednosti od 508 m³ (2,1%).

Izmerena nefakturisana potrošnja

Svakom potrošaču koji se meri se takođe izdaje račun, tako da je za ovu kategoriju ukupna dnevna količina 0 m³.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Određivanje vrednosti neizmerene nefakturisane vode je vrlo teško, jer zavisi od vremena. Osim za javne česme, ova voda se koristi i za zalivanje javnih zelenih površina i pranje ulica tokom leta. Iz iskustva usvojeno je da je dnevna količina oko 2% proizvedene vode. Takođe, postoji 35 neprijavljenih objekata koji su snabdeveni vodom, ali im se ne izdaju računi, zbog određenih pravnih problema. Njihova potrošnja se može grubo proceniti na 0,1%. Na bazi ovoga, količina neizmerene nefakturisane potrošnje je procenjena na 2,1%, odnosno 508 m³/d.

Gubici vode

Gubici vode su zbir komercijalnih i fizičkih gubitaka, odnosno razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje. Dnevna visina gubitaka je 29,6% (7.090 m³).

Komercijalni gubici

Ukupna dnevna visina komercijalnih gubitaka je zbir ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera, i iznosila je 2.149 m³ (9%).

Ilegalna potrošnja

Pretpostavka je da je visina ilegalne dnevne potrošnje 720 m³ (3%), što je prosečna vrednost, obzirom da nije bilo moguće detaljnije se posvetiti ovom problemu, obzirom na ograničeno vreme i nepostojanje podataka u preduzeću.

Netačnosti vodomera

Netačnosti su utvrđene u Poglavlju 4.1.1.2 i na dnevnom nivou su iznosili 6% (1.429 m³).

Fizički gubici

Ukupna dnevna vrednost fizičkih gubitaka je bila 4.941 m³ (20,6%).

Gubici na glavnim cevovodima

Statistički podaci o pojavama curenja i popravkama, kao i o vrsti materijala i starosti cevovoda ne postoje. Visina dnevnih gubitaka na glavnim cevovodima od 3.261 m³ (13,6%) je dobijena oduzimanjem gubitaka na kućnim priključcima od fizičkih gubitaka.

Gubici i prelive na rezervoarima

Tokom merenja i istraživanja nisu pronađena nikakva curenja ili preliivanja na rezervoarima, to jest njihova dnevna vrednost je 0 m³.

Gubici na kućnim priključcima

Istraživanja u Pilot zoni su pokazala da je većina kućnih priključaka izgrađena od pocinkovanih cevi. Zbog toga je iskustveno procenjeno da su dnevni gubici od 7% (1.680 m³) za celu mrežu.

Nefakturisana voda

U cilju procene visine nefakturisane vode za celu mrežu, korišćen je najčešći način, a to je da se izmeri ukupan ulaz vode u sistem za određen vremenski period, a da se zatim od njega oduzme količina vode koja se fakturiše.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 23.990 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 16.900 m ³ /d (70,4%)	Fakturisana legalna potrošnja 16.392 m ³ /d (68,3%)	Izmerena fakturisana potrošnja 15.192 m ³ /d (63,3%)	Fakturisana voda 16.392 m ³ /d (68,3%)		
			Neizmerena fakturisana potrošnja 1.200 m ³ /d (5%)			
	Gubici vode 7.090 m ³ /d (29,6%)	Nefakturisana legalna potrošnja 508 m ³ /d (2,1%)		Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 7.598 m ³ /d (31,7%)	
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 508 m ³ /d (2,1%)		
		Fizički gubici 4.941 m ³ /d (20,6%)	Komercijalni gubici 2.149 m ³ /d (9%)	Ilegalna potrošnja 720 m ³ /d (3%)		
				Netačnosti vodomera 1.429 m ³ /d (6%)		
		Gubici na glavnim cevovodima 3.261 m ³ /d (13,6%)				
		Gubici i prelive na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)				
		Gubici na kućnim priključcima 1.680 m ³ /d (7%)				

Slika 43 Kraljevo: vodni bilans prema IWA terminologiji

Interpretacija rezultata:

Prikazani rezultati velikog broja merenja protoka i pritiska, kao i naknadnih analiza i proračuna, pokazuju da je ukupna vrednost nefakturisane vode 31,7% (2008) za celu mrežu, koja se grubo računa na bazi godišnjih vrednosti proizvedene i fakturisane vode. Detaljnu analizu svake komponente NFV je potrebno sprovesti na Pilot zoni, kako je to predviđeno i Smernicama IWA, o kojima je pisano u Poglavlju 2.2 „Merne zone“.

4.1.1.6 Pilot zona

U cilju što boljeg upoznavanja sa stanjem vodovodne mreže u sistemu, kao i o komponentama NFV, u okviru istraživanja je odabrana Pilot zona, tako da što više odgovara smernicama IWA, opisanim u Poglavlju 2.2 „Merne zone“, a takođe i da zadovolji ograničenja samog sistema.

Sledeća slika pokazuje lokaciju Pilot zone:



Slika 44 Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Kraljevo

Opšti podaci

U dogovoru sa preduzećem, za Pilot zonu je odabrana zona u zapadnom delu grada. Razlozi su bili ti što je ovu zonu bilo moguće izolovati od ostatka mreže, i vršiti merenja bez prethodnih iskopavanja cevi. Osim toga, ova zona je karakteristična za ceo sistem vodosnabdevanja. U

njoj žive potrošači srednjih primanja, a većina objekata su prizemne kuće sa baštama. Ne postoje industrijski ili komercijalni potrošači. Zona se snabdeva iz jedne tačke.

Podaci o potrošačima

Ukupan broj priključaka	44
Ukupan broj instaliranih vodomera	44
Kućni vodomeri	44
Industrijski vodomeri	0
Ukupan broj potrošača	191
Prosečna dnevna potrošnja po potrošaču	288 l

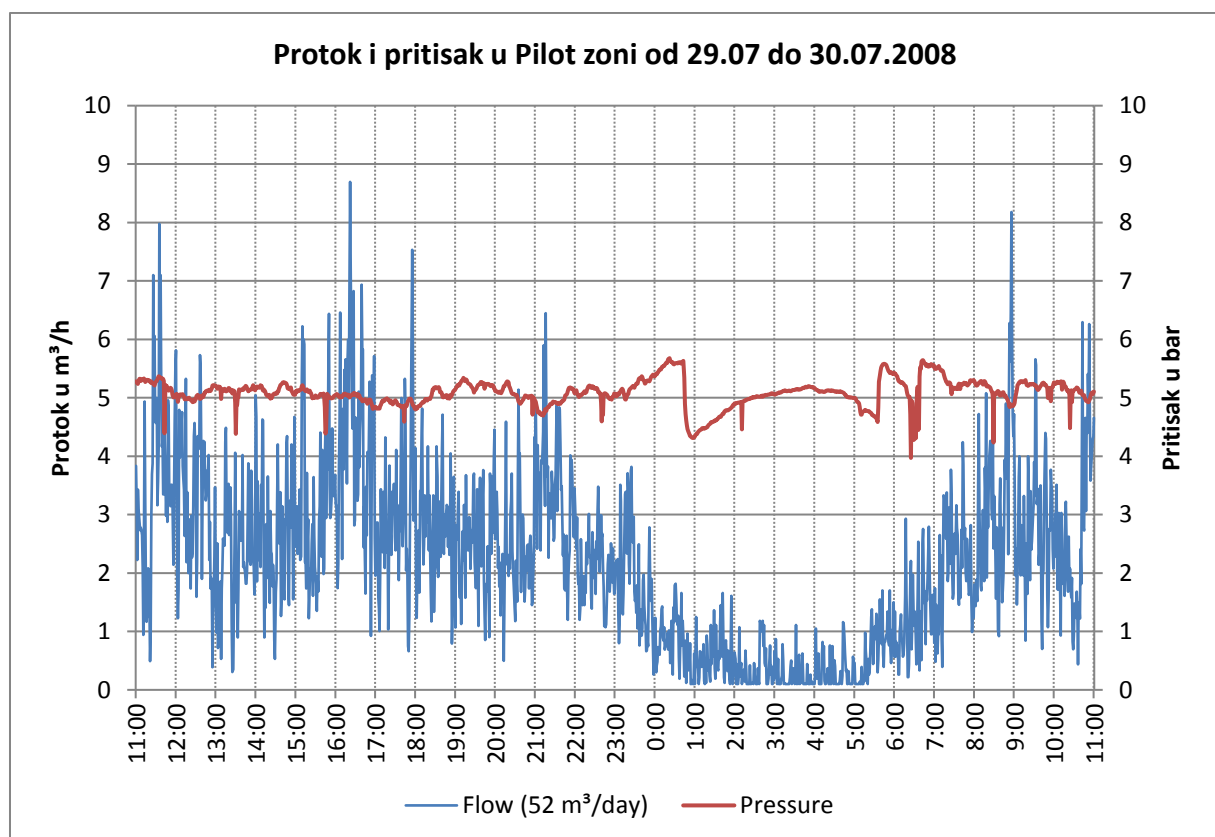
Podaci o mreži

Ovi podaci su očitani sa mapa, dok je za prosečnu dužinu kućnog priključka uzeto 10 m.

Ukupna dužina dovodnog cevovoda	350 m
Ukupna dužina cevi za kućne priključke	440 m
Ukupna dužina cevi u zoni	790 m
Broj priključaka po km dovodnog cevovoda	125 komada

Merenja protoka i pritiska

Ova merenja su bila osnova za dobijanje pouzdanih podataka o ulazu u zonu. Merenja protoka su kombinovana sa merenjima pritiska i očitavanjima potrošnje. Sledeći grafik prikazuje rezultate merenja:



Slika 45 Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu

Rezultati merenja:

Dnevni ulaz vode u Pilot zonu	52,1 m ³ /d
Dnevni ulaz vode u zonu po priključku	1,18 m ³ /Pr/d
Dnevni ulaz vode u zonu po potrošaču	272 l/Pot/d
Minimalni noćni protok	0,1 m ³ /h

Merenje pritiska je pokazalo da je pritisak bio uglavnom konstantan na 5 bara. Noću je pritisak spuštavan za oko 1 bar.

Prosečna dnevna potrošnja, fakturisana od strane preduzeća u 2008 je bila 151 l/Pot/d, dok su merenja između 29. i 30. jula 2008 pokazala dnevnu potrošnju od 228 l/Pot/d. Pošto su merenja vršena tokom leta, može se pretpostaviti da je srednja vrednost za celu godinu dosta niža.

Minimalni noćni protok, noćna potrošnja, fizički gubici

Osnova za procenu minimalnog noćnog protoka u Pilot zoni je uzeta iz Pravilnika W 392 nemačkog udruženja za snabdevanje vodom i gasom, kao što je navedeno u poglavlju 2.1.1.2. Noćna potrošnja je procenjena na 0,8 m³/h po 1.000 potrošača na bazi Smernica DVGW i u razgovoru sa JKP-om. To znači da bi teoretski 191 potrošač konzumirao maksimalno 0,15 m³/h u noćnom periodu. Detekcijom je otkriveno jedno curenje na kućnom priključku, količine ukupnog minimalnog noćnog protoka, tako da je ono svelo stvarnu minimalnu noćnu potrošnju Pilot zone na nulu.

Bilans vode u Pilot zoni

Proizvedena voda

Merenjima je utvrđeno 52,1 m³/d (100%)

Legalna potrošnja

Legalna potrošnja iznosi 43,52 m³/d (83,5%)

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Ukupna količina od 43,52 m³/d (83,5%) je dobijena zbrajanjem Izmerene i Neizmerene fakturisanе potrošnje.

Izmerena fakturisana potrošnja

Izračunato preko 38 vodomera u funkciji: 37,37 m³/d (71,7%).

Neizmerena fakturisana potrošnja

Prosečna izmerena potrošnja od 228 litara dnevno po potrošaču, dobijena preko vodomera u funkciji, je korišćena za procenu količine neizmerene fakturisanе potrošnje. Na šest kućnih priključaka (27 potrošača) vodomeri su bili van funkcije, njihova potrošnja: 6,15 m³/d (11,8%)

Nefakturisana legalna potrošnja

Sastoji se iz izmerenog i neizmerenog dela. U ovom slučaju ne postoji.

Izmerena nefakturisana potrošnja

Situacija je ista kao i za celu mrežu. Svaki potrošač sa vodomera se fakturiše, i zbog toga ne postoji izmerena nefakturisana potrošnja.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

U Pilot zoni ne postoje javne česme ili parkovi. Zbog ovoga i male veličine zone, uzima se da je ova potrošnja ravna nuli.

Gubici vode

Ukupna količina fizičkih i komercijalnih gubitaka je 8,58 m³/d (16,5%)

Komercijalni gubici

Suma ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera je 7,58 m³/d (14,6%)

Ilegalna potrošnja

Ukupno 6 od 44 vodomera se ne mogu očitati, a takođe nema nikakvih naznaka da ih preduzeće uopšte očitava. Iako je prosečna potrošnja za ove potrošače uvrštena pod Neizmerenu fakturisanu potrošnju, i dalje postoji disbalans koji navodi na zaključak da ovi potrošači koriste mnogo više vode od proseka. Zbog toga je za ovu kategoriju uzeta količina od 4,48 m³/d (8,6%). Dobijena je kad se od ukupno proizvedene vode oduzme legalna potrošnja, fizički gubici i netačnosti vodomera.

Netačnosti vodomera

Vrednost dobijena za celu mrežu je korišćena i za Pilot zonu: 3,1 m³/d (6%)

Fizički gubici

Fizički gubici (zbir naredne tri komponente) su jednaki curenju pronađenom na jednom priključku: 1,0 m³/d (1,9%)

Gubici na glavnim cevovodima

Nisu pronađeni.

Gubici i prelive na rezervoarima

Ne postoje rezervoari u Pilot zoni.

Gubici na kućnim priključcima

Jedno curenje je pronađeno, količina: 1,0 m³/d (1,9%)

Nefakturisana voda

Procenat nefakturisane vode od 16,5 % (8,58 m³/d) je oko 15% manji nego za celu mrežu. Mogući razlog je premala veličina mreže.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 52,1 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 43,52 m ³ /d (83,5%)	Fakturisana legalna potrošnja	Izmerena fakturisana potrošnja 37,37 m ³ /d (71,7%)	Fakturisana voda 43,52 m ³ /d (83,5%)		
		43,52 m ³ /d (83,5%)	Neizmerena fakturisana potrošnja 6,15 m ³ /d (11,8%)			
		Gubici vode 8,58 m ³ /d (16,5%)	Nefakturisana legalna potrošnja	0 m ³ /d (0%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 8,58 m ³ /d (16,5%)
				0 m ³ /d (0%)	Neizmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	
	Fizički gubici 1,0 m ³ /d (1,9%)		Komercijalni gubici	4,48 m ³ /d (8,6%)	Ilegalna potrošnja	
			7,58 m ³ /d (14,6%)	Netačnosti vodomera 3,1 m ³ /d (6%)		
			Gubici na glavnim cevovodima 0 m ³ /d (0%)			
			Gubici i prelive na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)			
		Gubici na kućnim priključcima 1,0 m ³ /d (1,9%)				

Slika 46 Pilot zona Kraljevo: vodni bilans prema IWA terminologiji

4.1.2 Loznica

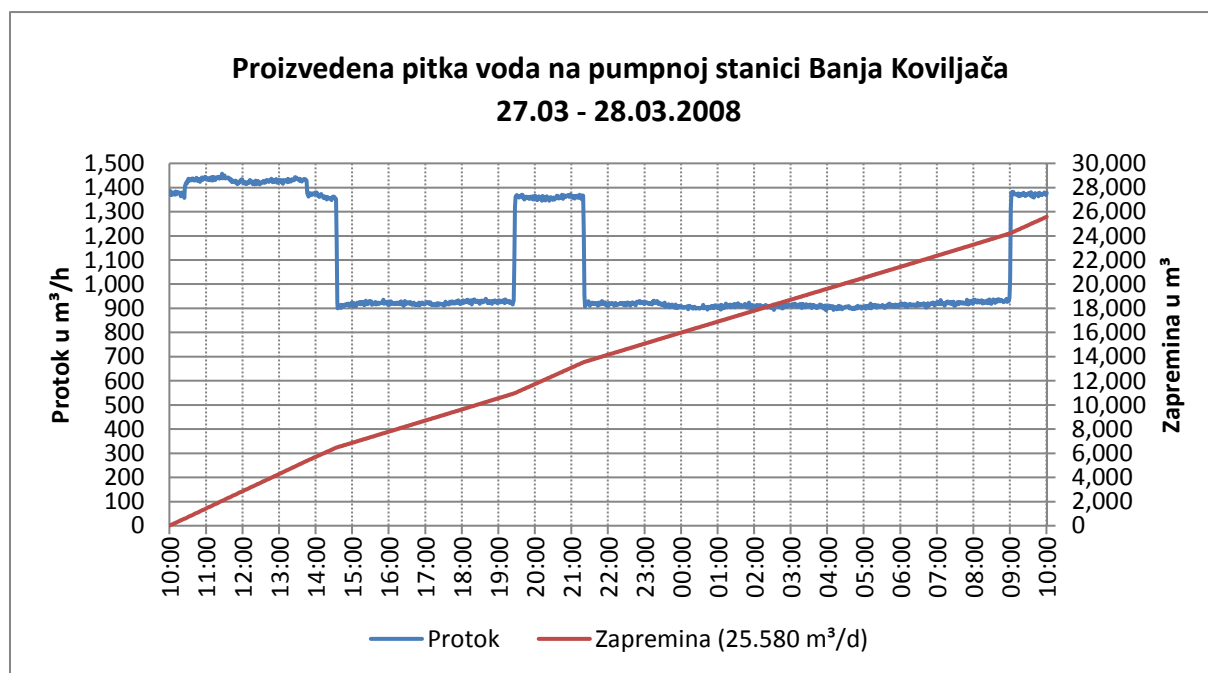
4.1.2.1 Merenja protoka i pritiska

Merenja protoka i pritiska su izvedena na izvorištima, postrojenju za hlorisanje, pumpnim stanicama, rezervoarima i strateškim tačkama u mreži. U nastavku su detaljno prikazana najvažnija merenja.

Pumpna stanica Banja Koviljača

Sirova voda sa izvorišta Gornje Polje i Zelenica se šalje u rezervoar od 800 m³ koji se nalazi u sklopu pumpne stanice Banja Koviljača, gde se vrši hlorisanje. Iz pumpne stanice voda se distribuiše prema Loznici i Banji Koviljači, a takođe puni rezervoar Trešnjica. Merenja vršena između 27. i 28. marta 2008 su pokazala da na rezervoaru Banja Koviljača postoji preliv količine između 2.000 i 2.800 m³/d.

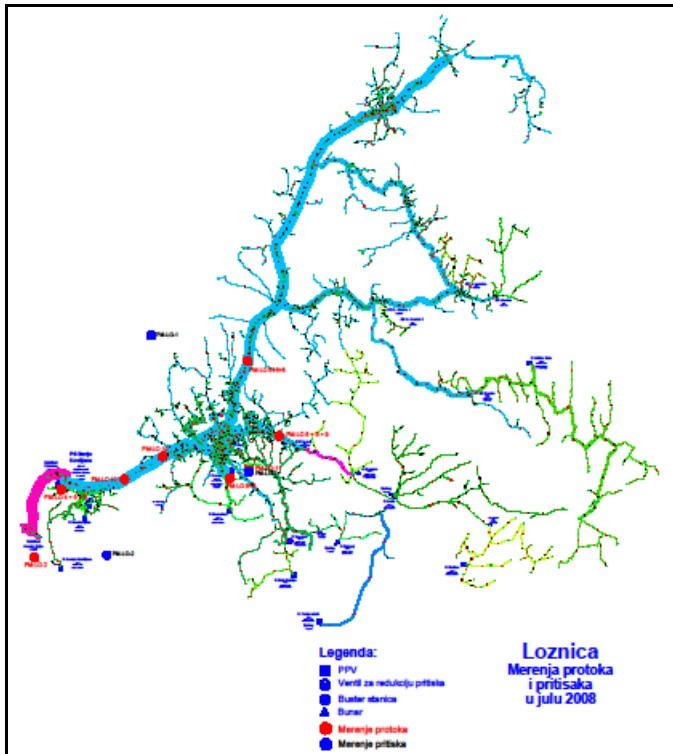
Protok vode sa pumpne stanice Banja Koviljača prema Loznici je uvek bio iznad 900 m³/d. Ukupna izmerena dnevna količina vode je bila 25.580 m³, što je takođe potvrdilo pouzdanost podataka JKP-a o proizvodnji vode.



Slika 47 Izlaz vode sa pumpne stanice Banja Koviljača prema Loznici od 27. do 28. marta 2008

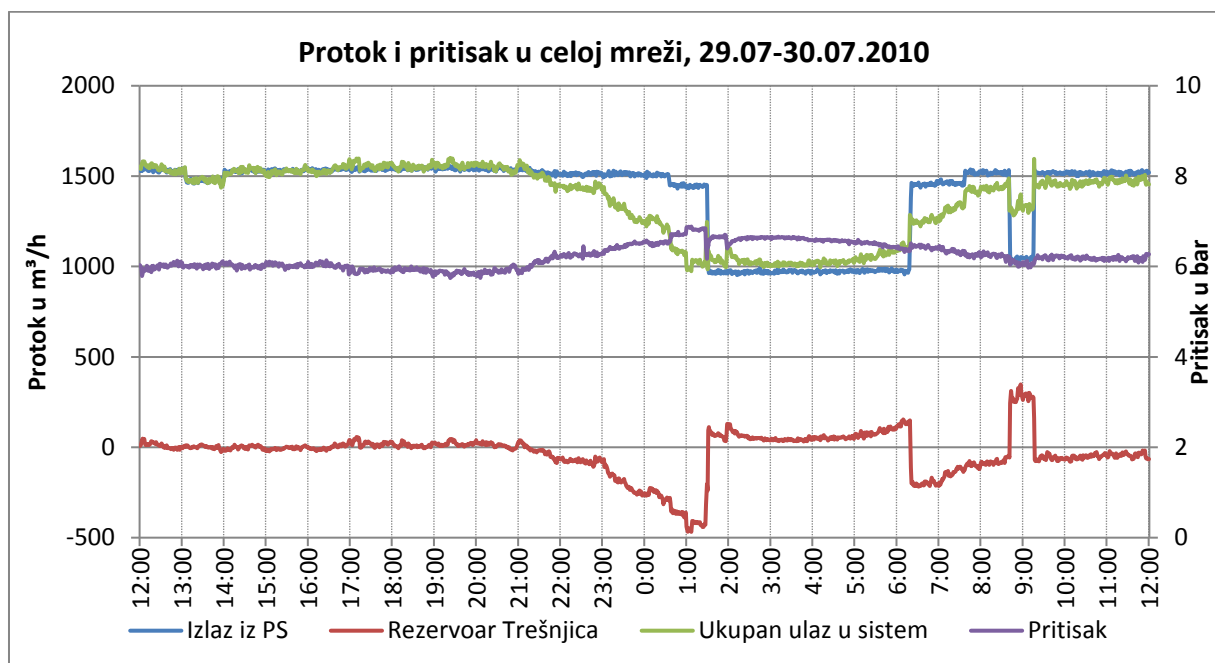
Merenja u mreži

U saradnji sa preduzećem, vršena su 24-časovna merenja protoka i pritiska u mreži. Ulaz vode u mrežu se merio na izlazu iz pumpne stanice Banja Koviljača, i iz rezervoara Trešnjica. Lokacije merenja su date na sledećoj slici.



Slika 48 Merenja protoka i pritiska u mreži

Sledeći dijagram pokazuje minimalni noćni protok od čak 997 m³/h, koji je izmeren između 03:00 i 04:00. S obzirom na nisku noćnu industrijsku i institucionalnu potrošnju, već iz njega je bilo moguće ustanoviti visok procenat gubitaka u mreži.



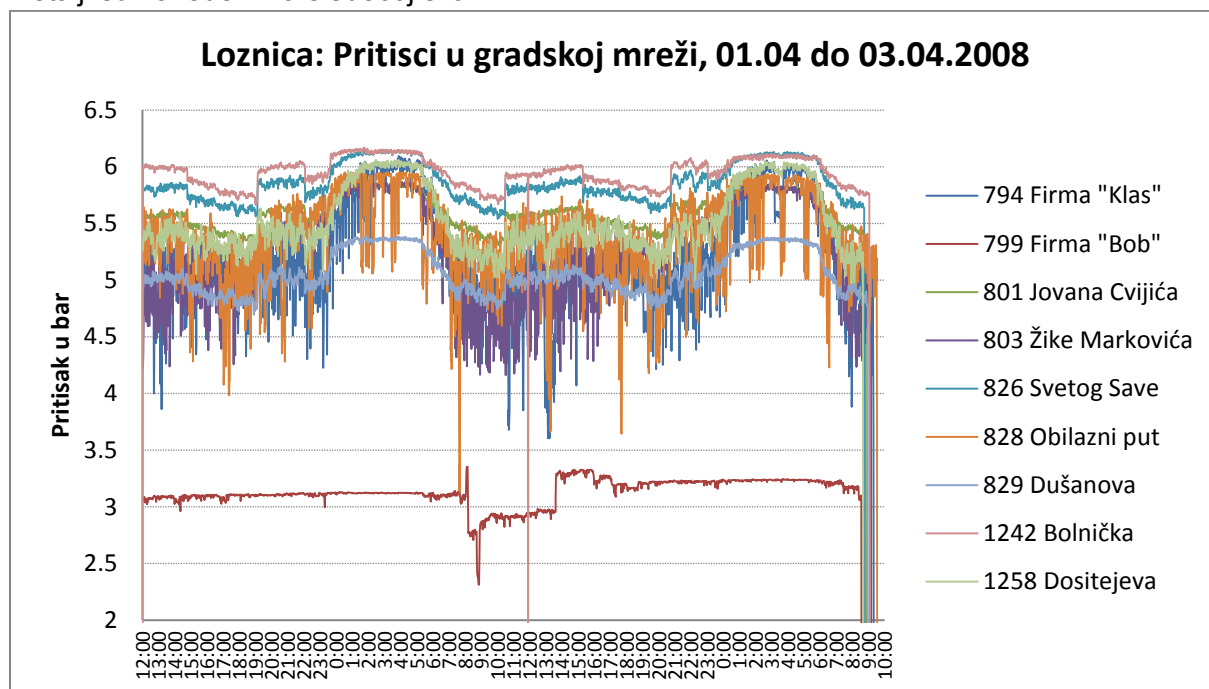
Slika 49 Ulaz vode u sistem

Ukupan broj potrošača: 69.584
 Broj priključaka: 23.079
 Izmerena minimalni noćni protok: 997 m³/h

Merenja pritisaka

Ova merenja su vršena na devet lokacija od 2. do 4. aprila 2008, paralelno sa merenjima protoka, kako bi se dobile opšte informacije (na primer da li je sistem pod pritiskom, i slično). Praćenje nivoa pritisaka je bilo važno kako bi se dobio uvid u sistem vodosnabdevanja, kao i o mogućnostima za smanjenjem gubitaka kontrolom pritisaka tokom noćnih časova. Nivo pritisaka u celoj mreži je od 3 do 6 bara, dok je u samom gradu između 5 i 6 bara što je iznad proseka.

Detalji su navedeni na sledećoj slici.



Slika 50 Pritisci u gradskoj mreži

Prethodna slika daje prikaz stanja pritisaka u mreži vodovodnog sistema u Loznici. Iz nje se može zaključiti da je u pojedinim delovima grada pritisak previsok, što sobom povlači i veće gubitke (kao što je opisano u poglavlju 2.3.1.1).

4.1.2.2 Očitavanje i baždarenje vodomera

Očitavanje vodomera

Ukupno je proverena funkcionalnost 43 vodomera. Od ovog broja, 10 vodomera (23%) nije moglo biti očitano, iz dva razloga:

- Vodomer ne funkcioniše (pokretni mehanizam se ne okreće pri otvorenoj slavini iza vodomera, na ukupno 6 vodomera, ili 14%).
- Staklo na vodomeru zamućeno do te mere da je nemoguće očitati stanje. Može se očekivati da se kod ovakvih slučajeva u dugom periodu nije vršilo očitavanje (ukupno 4 vodomera, odnosno 9%).

Očitavanje je vršeno između 7. i 8. maja 2008, dakle u prolećnom periodu i pri blagim temperaturama. Nažalost, očitavanja dobijena od strane preduzeća nisu pokazivala datume, tako da nije bilo moguće napraviti ozbiljno poređenje očitanih vrednosti. Iz tog razloga,

korišćena su poslednja očitavanja od 25.12.2007. prema kojima je, u periodu decembar 2007 – maj 2008 prosečna potrošnja bila 127 litara dnevno po potrošaču. Prosečna potrošnja određena merenjima u maju je bila 135 litara dnevno po potrošaču.

Baždarenje vodomera

U cilju procene dela prividnih gubitaka koja nastaju kao posledica netačnosti vodomera, ukupno 17 vodomera je preuzeto od preduzeća u cilju baždarenja. Što se tiče starosti, prečnika i tipa vodomera, može se smatrati da su ovi vodomeri reprezentativni za celu mrežu.

Rezultati baždarenja su pokazali da je prosečna starost vodomera od 5 do 15 godina i da imaju loše performanse za niske protoke. Rezultati su takođe pokazali da se pri Q_{min} prosečno ne registruje 9,1% protoka, pri Q_t se ne registruje 1,85%, a pri Q_n se ne registruje 0,66%. Korišćenjem prosečne dnevne fakturisanе potrošnje iz 2008 od 9.968 m³, količina vode koja se registruje pri Q_{min} je 997 m³, pri Q_t je 1.994 m³ a pri Q_n je 6.978 m³.

Kombinujući ove vrednosti sa netačnostima u merenjima, proizilazi da je količina neregistrovane vode pri Q_{min} 91 m³/d, pri Q_t 37 m³/d a pri Q_n je 46 m³/d. Ukupno se količina od 174 m³/d potroši u sistemu vodosnabdevanja u Loznici, a da se ne registruje preko vodomera.

Detalji o baždarenju vodomera su dati u sledećoj tabeli.

Vodomer	Q_{min} 60 l/h Odstupanje %	Q_t 150 l/h Odstupanje %	Q_n 1.500 l/h Odstupanje %
1	4.00	1.00	1.00
2	-1.00	0.00	-0.40
3	-22.00	-30.00	-1.00
4	10.00	2.50	2.60
5	0.00	-0.50	-2.90
6	-3.00	-3.50	-3.40
7	4.00	1.50	0.00
8	-48.00	-8.00	0.00
9	-33.00	2.50	0.20
10	3.00	3.50	1.10
11	-7.00	2.50	-1.70
12	-3.00	-2.00	-0.20
13	-70.00	-8.00	-6.00
14	5.00	1.00	-0.70
15	6.00	1.00	1.90
16	0.00	5.00	-2.00
17	0.00	0.00	0.20

Tabela 9 Rezultati baždarenja vodomera

4.1.2.3 Minimalni noćni protok

Obzirom da većina potrošača noću ne koristi vodu, minimalni noćni protok predstavlja količinu vode koju koriste industrijski i institucionalni potrošači, vodu koju koriste individualni potrošači

koji ne spavaju i, što je najvažnije, gubitke. Sledeća tabela prikazuje izmerenu minimalnu noćnu potrošnju za ceo sistem.

	Potrošači	Priklučci	Minimalni noćni protok	
			m ³ /h	l/priključak/h
Cela mreža	69.584	23.079	997	34,7

Tabela 10 Minimalni noćni protok

4.1.2.4 Minimalna noćna potrošnja

U nedostatku detaljnih informacija o noćnoj potrošnji industrijskih i institucionalnih potrošača, minimalna noćna potrošnja je proračunata oduzimanjem nefakturisane vode od minimalnog noćnog protoka. Pošto nisu postojali dugoročni podaci o pojedinim zonama, minimalna noćna potrošnja je proračunata na bazi podataka za ceo sistem (izvor: JKP, godina 2008):

Prosečna dnevna proizvodnja (JKP, 2008):	29.530 m ³
Postojeći kućni priključci (JKP, 2008):	23.079 komada
Prosečna dnevna fakturisana potrošnja (JKP, 2008):	9.968 m ³
Nefakturisana voda dnevno:	19.562 m ³ (815 m ³ /h)
Izmeren minimalni noćni protok:	997 m ³ /h

Izračunata minimalna noćna potrošnja (razlika između minimalnog noćnog protoka i nefakturisane vode) je 182 m³/h odnosno 7,89 l/priključak/h.

4.1.2.5 Vodni bilans prema IWA terminologiji

Proizvedena voda

Pouzdanost i tačnost postojećih informacija o proizvodnji vode su potvrđene merenjima, opisanim u poglavlju 4.1.2.1. Korišćena je prosečna dnevna proizvodnja iz 2008, dobijena od strane preduzeća, koja je 29.530 m³/dan.

Legalna potrošnja

Ukupna količina legalne potrošnje, koja sadrži fakturisane i nefakturisane legalne potrošnje, iznosila je 11.327 m³ (38,4%).

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Korišćene su vrednosti godišnje legalne potrošnje od strane preduzeća. Prosečna dnevna fakturisana potrošnja je bila 9.968 m³ (33,8%), a deli se na izmerenu i neizmerenu fakturisane potrošnje.

Izmerena fakturisana potrošnja

Visina izmerene fakturisane potrošnje je 9.968 m³ (33,8%) i dobijena je zbrajanjem izdatih računa za potrošenu vodu. Ova vrednost sadrži i potrošače sa neispravnim vodomerima, jer ih preduzeće ne vodi zasebno. Ovi potrošači se fakturišu paušalno.

Neizmerena fakturisana potrošnja

Potrošači sa neispravnim vodomernima su uključeni u prethodnu grupu, zbog čega je ovaj deo potrošnje ravan nuli.

Nefakturisana legalna potrošnja

Zbrajanjem izmerene i neizmerene nefakturisane potrošnje došlo se do dnevne prosečne vrednosti od 1.359 m³ (4,6%).

Izmerena nefakturisana potrošnja

Svakom potrošaču koji se meri se takođe izdaje račun, tako da je za ovu kategoriju ukupna dnevna količina 0 m³.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Određivanje vrednosti neizmerene nefakturisane vode je vrlo teško, jer zavisi od vremena. Osim za javne česme, ova voda se koristi i za zalivanje javnih zelenih površina i pranje ulica tokom leta. Iz praktičnog iskustva usvojeno je da je dnevna količina oko 2% proizvedene vode. Takođe, postoji oko 2.000 neprijavljenih objekata koji su snabdeveni vodom, ali im se ne izdaju računi, zbog određenih pravnih problema. Njihova potrošnja se može grubo proceniti na 2,6%. Na bazi ovoga, ukupna količina neizmerene nefakturisane potrošnje je procenjena na 4,6%, odnosno 1.359 m³/d.

Gubici vode

Gubici vode su zbir komercijalnih i fizičkih gubitaka, odnosno razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje. Dnevna visina gubitaka je 61,6% (18.203 m³).

Komercijalni gubici

Ukupna dnevna visina komercijalnih gubitaka je zbir ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera, i iznosila je 1.650 m³ (5,6%).

Ilegalna potrošnja

Pretpostavka je da je visina ilegalne dnevne potrošnje 1.476 m³ (5%), što je prosečna vrednost, obzirom da je pronađeno nekoliko lokacija neprijavljenog stanovanja. Nažalost, nije bilo moguće detaljnije se posvetiti ovom problemu, obzirom na ograničeno vreme i nepostojanje podataka u preduzeću.

Netačnosti vodomera

Netačnosti vodomera su utvrđeni u Poglavlju 4.1.2.2 i na dnevnom nivou su iznosili 0,6% (174 m³).

Fizički gubici

Ukupna dnevna vrednost fizičkih gubitaka je bila 16.553 m³ (56%).

Gubici na glavnim cevovodima

Statistički podaci o pojavama curenja i popravkama, kao i o vrsti materijala i starosti cevovoda ne postoje. Visina dnevnih gubitaka na glavnim cevovodima od 10.925 m³ (36,9%) je dobijena oduzimanjem gubitaka na kućnim priključcima i na rezervoarima od fizičkih gubitaka.

Gubici i prelivi na rezervoarima

Tokom merenja i istraživanja pronađena su curenja i preliivanja na rezervoarima, a njihova dnevna vrednost je procenjena na 1.655 m³ (5,6%).

Gubici na kućnim priključcima

Procenjeno da su dnevni gubici 13,5% (3.973 m³) za celu mrežu.

Nefakturisana voda

U cilju procene visine nefakturisane vode za celu mrežu, korišćen je najčešći način, a to je da se izmeri ukupan ulaz vode u sistem za određen vremenski period, a da se zatim od njega oduzme količina vode koja se fakturiše.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 29.530 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 11.327 m ³ /d (38,4%)	Fakturisana legalna potrošnja 9.968 m ³ /d (33,8%)	Izmerena fakturisana potrošnja 9.968 m ³ /d (33,8%)	Fakturisana voda 9.968 m ³ /d (33,8%)		
			Neizmerena fakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)			
	Gubici vode 18.203 m ³ /d (61,6%)	Nefakturisana legalna potrošnja 1.359 m ³ /d (4,6%)		Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 19.562 m ³ /d (66,2%)	
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 1.359 m ³ /d (4,6%)		
		Fizički gubici 16.553 m ³ /d (56%)	Komercijalni gubici 1.650 m ³ /d (5,6%)	Ilegalna potrošnja 1.476 m ³ /d (5%)		
				Netačnosti vodomera 174 m ³ /d (0,6%)		
		Gubici na glavnim cevovodima 10.925 m ³ /d (36,9%)				
		Gubici i prelive na rezervoarima 1.655 m ³ /d (5,6%)				
		Gubici na kućnim priključcima 3.973 m ³ /d (13,5%)				

Slika 51 Loznica: vodni bilans prema IWA terminologiji

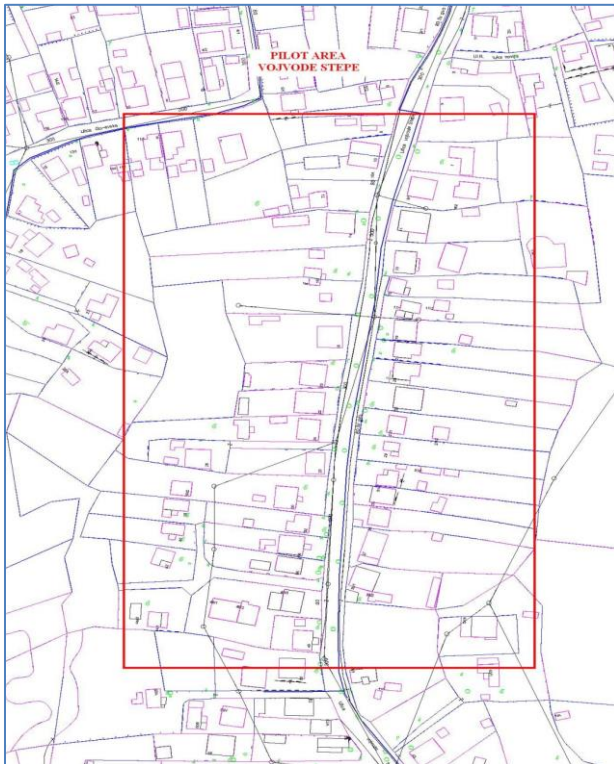
Interpretacija rezultata:

Prikazani rezultati velikog broja merenja protoka i pritiska, kao i naknadnih analiza i proračuna, pokazuju da je ukupna vrednost nefakturisane vode 66,2% (2008) za celu mrežu, što je izuzetno velika vrednost. Detaljnu analizu svake komponente NFV je potrebno sprovesti na Pilot zoni, kako je to predviđeno i Smernicama IWA, o kojima je pisano u Poglavlju 2.2 „Merne zone“.

4.1.2.6 Pilot zona

U cilju što boljeg upoznavanja sa stanjem vodovodne mreže u sistemu, kao i o komponentama NFV, u okviru istraživanja je odabrana Pilot zona, tako da što više odgovara smernicama IWA, opisanim u Poglavlju 2.2, a takođe i da zadovolji ograničenja samog sistema.

Sledeća slika pokazuje lokaciju Pilot zone:



Slika 52 Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Loznice

Opšti podaci

U dogovoru sa preduzećem, za Pilot zonu je odabrana zona u centru grada. Razlozi su bili ti što je ovu zonu bilo moguće izolovati od ostatka mreže, i vršiti merenja bez prethodnih iskopavanja cevi. Osim toga, ova zona je karakteristična za ceo sistem vodosnabdevanja. U njoj žive potrošači srednjih primanja, a većina objekata su prizemne kuće sa baštama. Ne postoje industrijski ili komercijalni potrošači. Bilo je potrebno privremeno iskopati jednu lokaciju za mobilni merač protoka. Merenja su vršena od 7. do 8. maja 2008.

Zona se snabdeva iz jedne tačke.

Podaci o potrošačima

Ukupan broj priključaka	43
Ukupan broj instaliranih vodomera	43
Kućni vodomeri	43
Industrijski vodomeri	0
Ukupan broj potročača	175
Prosečna dnevna potrošnja po potrošaču	135 l

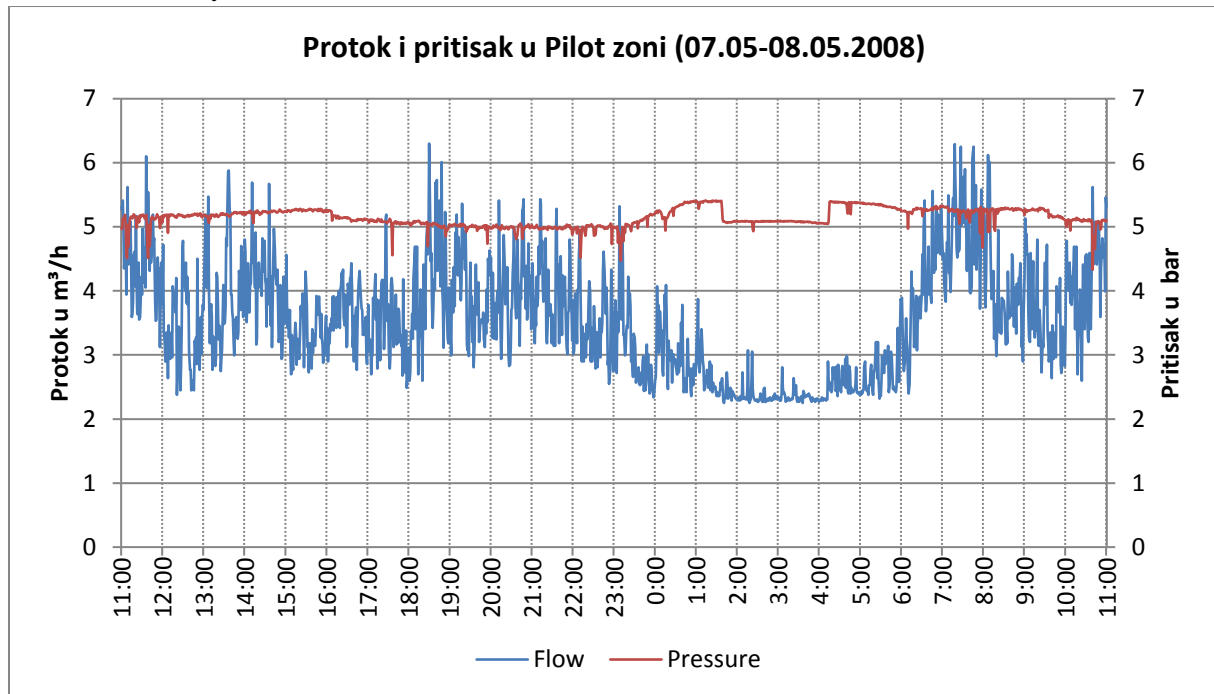
Podaci o mreži

Ovi podaci su očitani sa mapa, dok je za prosečnu dužinu kućnog priključka uzeto 10 m.

Ukupna dužina dovodnog cevovoda	240 m
Ukupna dužina cevi za kućne priključke	430 m
Ukupna dužina cevi u zoni	670 m
Broj priključaka po km dovodnog cevovoda	179 komada

Merenja protoka i pritiska

Ova merenja su bila osnova za dobijanje pouzdanih podataka o ulazu u zonu. Merenja protoka su kombinovana sa merenjima pritiska i očitavanjima potrošnje. Sledeći grafik prikazuje rezultate merenja:



Slika 53 Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu

Rezultati merenja:

Dnevni ulaz vode u Pilot zonu	85,19 m ³ /d
Dnevni ulaz vode u zonu po priključku	1,98 m ³ /Pr/d
Dnevni ulaz vode u zonu po potrošaču	478 l/Pot/d
Minimalni noćni protok	2,3 m ³ /h

Merenje pritiska je pokazalo da je pritisak bio uglavnom konstantan na 5 bara. Noću je pritisak spuštán za oko 1 bar.

Prosečna dnevna potrošnja, fakturisana od strane preduzeća u 2008 je bila 163 l/Pot/d, dok su merenja između 7. i 8. maja 2008 pokazala dnevnu potrošnju od 135 l/Pot/d. Pošto su merenja vršena tokom proleća, može se pretpostaviti da je srednja vrednost za celu godinu nešto viša.

Minimalni noćni protok, noćna potrošnja, fizički gubici

Osnova za procenu minimalnog noćnog protoka u Pilot zoni je uzeta iz Pravilnika W 392 nemačkog udruženja za snabdevanje vodom i gasom, kao što je navedeno u poglavlju 2.1.1.2. Noćna potrošnja je procenjena na 0,8 m³/h po 1.000 potrošača na bazi Smernica DVGW i u razgovoru sa JKP-om. To znači da bi teoretski 175 potrošača konzumiralo maksimalno 0,14 m³/h u noćnom periodu. Izmereni minimalni noćni protok je bio 2,3 m³/h.

Detekcijom su otkrivena dva curenja na kućnom priključku, čija količina nažalost nije mogla biti procenjena jer je sanacija usledila tek nakon završetka svih aktivnosti.

Bilans vode u Pilot zoni

Proizvedena voda

Merenjima je utvrđeno 85,19 m³/d (100%)

Legalna potrošnja

Legalna potrošnja iznosi 23,59 m³/d (27,7%)

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Ukupna količina od 23,59 m³/d (27,7%) je dobijena zbrajanjem Izmerene i Neizmerene fakturisane potrošnje.

Izmerena fakturisana potrošnja

Izračunato preko 33 vodomera koje je bilo moguće očitati: 18,46 m³/d (21,7%).

Neizmerena fakturisana potrošnja

Prosečna izmerena potrošnja od 135 litara dnevno po potrošaču, dobijena preko vodomera u funkciji, je korišćena za procenu količine neizmerene fakturisane potrošnje. Na deset kućnih priključaka (38 potrošača) vodomeri su bili van funkcije, njihova potrošnja: 5,13 m³/d (6%)

Nefakturisana legalna potrošnja

Sastoji se iz izmerenog i neizmerenog dela. U ovom slučaju ne postoji.

Izmerena nefakturisana potrošnja

Situacija je ista kao i za celu mrežu. Svaki potrošač sa vodomrom se fakturiše, i zbog toga ne postoji izmerena nefakturisana potrošnja.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

U Pilot zoni ne postoje javne česme ili parkovi. Zbog ovoga i male veličine zone, uzima se da je ova potrošnja ravna nuli.

Gubici vode

Ukupna količina fizičkih i komercijalnih gubitaka je 8,58 m³/d (16,5%)

Komercijalni gubici

Suma ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera je 9,76 m³/d (11,4%)

Ilegalna potrošnja

Ukupno 10 od 43 vodomera se ne mogu očitati, a takođe nema nikakvih naznaka da ih preduzeće uopšte očitava. Zbog toga je za ovu kategoriju uzeta količina od 9,21 m³/d (10,8%). Dobijena je kad se od ukupno proizvedene vode oduzme legalna potrošnja, fizički gubici i netačnosti vodomera.

Netačnosti vodomera

Vrednost dobijena za celu mrežu je korišćena i za Pilot zonu: 0,55 m³/d (0,6%)

Fizički gubici

Fizički gubici su određeni oduzimanjem minimalne noćne potrošnje (0,14 m³/h) od minimalnog noćnog protoka (2,3 m³/h). Količina fizičkih gubitaka je 51,84 m³/d (60,9%)

Gubici na glavnim cevovodima

Nisu pronađeni.

Gubici i prelivi na rezervoarima

Ne postoje rezervoari u Pilot zoni.

Gubici na kućnim priključcima

Dva curenja su pronađena, količina: 51,84 m³/d (60,9%)

Nefakturisana voda

Procenat nefakturisane vode od 72,3 % (61,6 m³/d) je oko 6% veći nego za celu mrežu.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 85,19 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 23,59 m ³ /d (27,7%)	Fakturisana legalna potrošnja 23,59 m ³ /d (27,7%)	Izmerena fakturisana potrošnja 18,46 m ³ /d (21,7%)	Fakturisana voda 23,59 m ³ /d (27,7%)	
			Neizmerena fakturisana potrošnja 5,13 m ³ /d (6%)		
	Gubici vode 61,6 m ³ /d (72,3%)	Nefakturisana legalna potrošnja 0 m ³ /d (0%)		Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 61,6 m ³ /d (72,3%)
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	
		Komerrijalni gubici 9,76 m ³ /d (11,4%)		Ilegalna potrošnja 9,21 m ³ /d (10,8%)	
				Netačnosti vodomera 0,55 m ³ /d (0,6%)	
Fizički gubici 1,0 m ³ /d (1,9%)		Gubici na glavnim cevovodima 0 m ³ /d (0%)			
		Gubici i prelivi na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)			
		Gubici na kućnim priključcima 51,84 m ³ /d (60,9%)			

Slika 54 Pilot zona u Loznici: vodni bilans prema IWA terminologiji

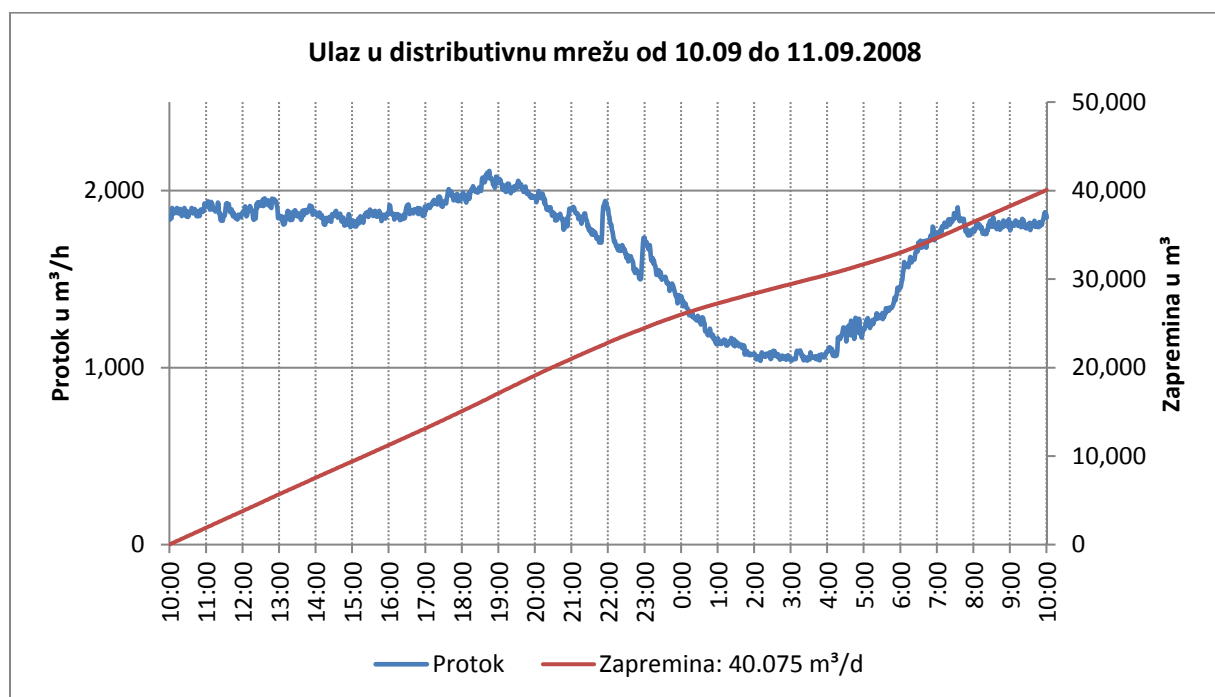
4.1.3 Pančevo

4.1.3.1 Merenja protoka i pritiska

Merenja protoka i pritiska su izvedena na izvorištima, postrojenju za hlorisanje, pumpnim stanicama, rezervoarima i strateškim tačkama u mreži. U nastavku su detaljno prikazana najvažnija merenja.

Ukupna proizvedena voda:

Dnevna proizvodnja vode zavisi od broja uključenih bunarskih pumpi i broja radnih sati na izvorištima Šibnica, Filter i Gradska Šuma (ukupno 87 bunara). Sirova voda se dovodi u postrojenje za pripremu pitke vode, i zatim se pitka voda, preko cevi DN800, sprovodi u mrežu. 24-časovno merenje proizvedene vode je izvršeno na izlazu sa postrojenja.



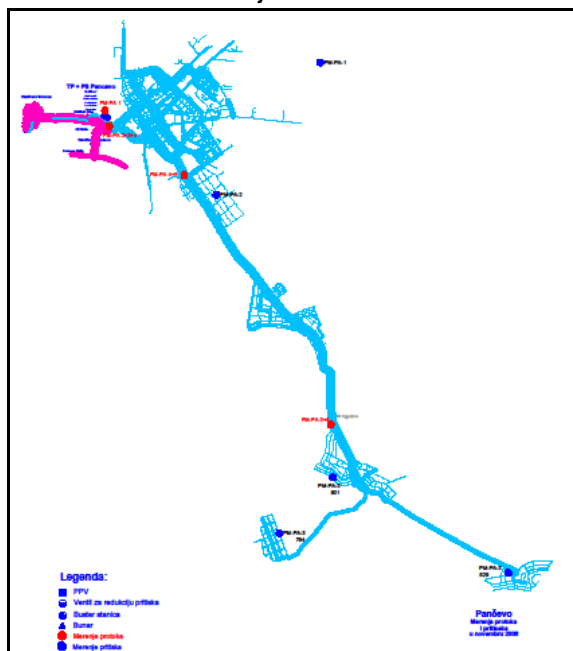
Slika 55 Ulaz vode u distributivni sistem Pančeva

Prethodni dijagram pokazuje minimalni noćni protok od 1.050 m³/h, koji je izmeren između 02:00 i 04:00, otprilike polovina maksimalno izmerenog protoka. S obzirom na nisku noćnu industrijsku i institucionalnu potrošnju, kao i činjenicu da u sistemu ne postoje drugi rezervoari, već iz njega je bilo moguće ustanoviti visok procenat gubitaka u mreži. Ukupna izmerena količina vode se poklapala sa podacima dobijenim od strane JKP-a.

Ukupan broj potrošača:	101.780
Broj priključaka:	19.855
Izmeren minimalni noćni protok:	1.050 m ³ /h

Merenja u mreži:

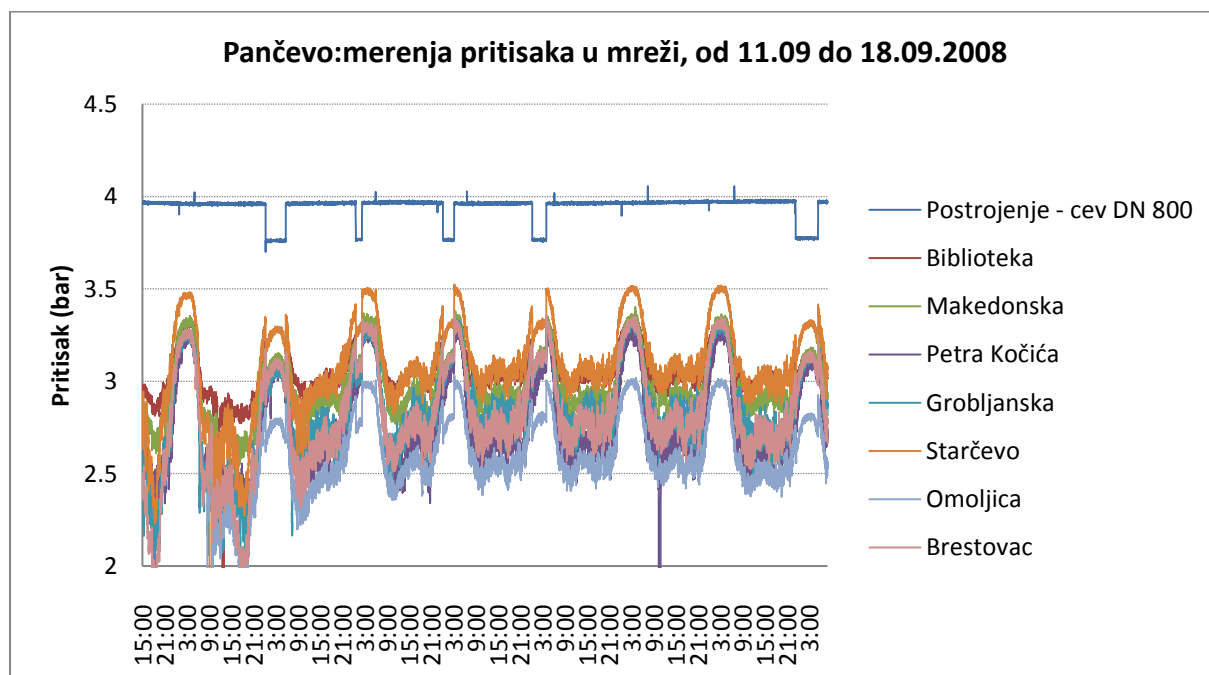
Na sledećoj slici su prikazane lokacije ovog i ostalih merenja protoka i pritiska u mreži, kao što su protok kroz DN 600 cev koja snabdeva industrijsku zonu, i protok kroz DN 400 cev na buster stanici Omoljica.



Slika 56 Merenja protoka i pritiska

Merenja pritiska

Vršena su na osam lokacija u periodu od 7 dana, paralelno sa merenjima protoka, kako bi se dobile opšte informacije o stanju u mreži. Praćenje nivoa pritiska je bilo važno kako bi se dobio uvid u sistem vodosnabdevanja, kao i o mogućnostima za smanjenjem gubitaka kontrolom pritiska tokom noćnih časova. Nivo pritiska u celoj mreži je od 2 do 4 bara.



Slika 57 Merenja pritiska u mreži

Prethodna slika daje prikaz stanja pritiska u mreži vodovodnog sistema u Pančevu. Iz nje se može zaključiti da je u svim delovima grada pritisak zadovoljavajući.

4.1.3.2 Očitavanje i baždarenje vodomera

Očitavanje vodomera

Ukupno je proverena funkcionalnost 63 vodomera. Provera je vršena u delu grada sa privatnim kućama sa dvorištima. Od ovog broja, 2 vodomera (3%) nije moglo biti očitano, iz dva razloga:

- Vodomer ne funkcioniše (pokretni mehanizam se ne okreće pri otvorenoj slavini iza vodomera).
- Staklo na vodomeru zamućeno do te mere da je nemoguće očitati stanje. Može se očekivati da se kod ovakvih slučajeva u dugom periodu nije vršilo očitavanje.

Dodatnih 8 vodomera (13%) nije bilo dostupno jer nije bilo nikog prisutnog.

Očitavanje je vršeno između 17. i 18. septembra 2008. Od preduzeća su dobijena poslednja očitavanja od 17. juna 2008. Prosečna potrošnja u periodu od juna do septembra 2008 je bila 223 litara dnevno po potrošaču. Prosečna izmerena potrošnja između 17. i 18. septembra 2008 je bila 200 litara dnevno po potrošaču.

Očitavanja vodomera kod privatnih potrošača (u Pilot zoni), su prikazana u sledećoj tabeli:

Očitavanja vodomera, Ulica Grobljanska, Septembar 2008							
Adresa	Potrošača	Poslednje očitavanje JKP-a		1. očitavanje	2. očitavanje	Potrošnja	
		17,06,2008,	l/potrošač/d	17,09,2008,	18,09,2008,	m ³ /d	l/potrošač/d
26	2	1212	16,304	1215	1216	1	500,000
28	2			2750,804	2750,99	0,186	93,000
28A	1	2186	66,413	2192,11	2192,193	0,083	83,000
32	1	2258	978,261	2348	2349	1	1000,000
34	1			256,098			Nema pristupa
36	1			1960,498			Nema pristupa
38	2			869,994	870,367	0,373	186,500
40	0	Nema pristupa				0	Nema potrošača
42	0	Nema pristupa				0	Nema potrošača
44	2	1627	40,625	1634,475	1634,498	0,023	11,500
46	1	1611	525,217	1659,32	1660,771	1,451	1451,000
48	1	2146	583,272	2199,661	2200,014	0,353	353,000
50	2	1458	143,082	1484,327	1484,406	0,079	39,500
52	1	908	1308,228	1028,357	1029,53	1,173	1173,000
54	6	4986	63,406	5021	5022	1	166,667
56	1	889	116,870	899,752	900,769	1,017	1017,000
58	3						Nema pristupa
60	3	1564					Nema pristupa
62	3						Nema pristupa
64	1	355	304,804	383,042	383,134	0,092	92,000
66	1	0,399	367,141	34,176	34,685	0,509	509,000
68	1			489,478	490,023	0,545	545,000
70	2			1731	1731	0	0,000
72	0	1828		1889,018	1889,594	0,576	
74	6	3082	240,399	3214,7	3214,71	0,01	1,667
76	2			2934,037	2934,29	0,253	126,500
78	4			3387,709			Nema pristupa
80	1	496	32,609	499	499	0	0,000
82	4	1000					Nema pristupa
86	4			1956	1956		0,000
88	0			2984	2984		Nema potrošača
90	1			626	627	1	1000,000
92	0			688	688	0	Nema potrošača
94	1	1061	366,359	1094,705	1094,72	0,015	15,000
25	1	1931	402,174	1968	1969	1	1000,000
27	3			1991,738	1991,925	0,187	62,333
29	5	338	11,291	343,194	343,402	0,208	41,600
31	2	67	48,130	75,856	75,858	0,002	1,000
33	2						Neispravan
35	3			3948	3950	2	666,667
37	2			343,991	343,991	0	0,000
39	2			1620,114	1620,4	0,286	143,000
41	3	2930	287,283	3009,29	3009,82	0,53	176,667
43	4	2033	195,889	2105,087	2105,566	0,479	119,750
45	4	947					Nema pristupa
47	3	3355	198,076	3409,669	3409,92	0,251	83,667
47	2	1550	114,060	1570,987	1571,065	0,078	39,000
49	0	999		999,952	999,952	0	Nema potrošača
51	3	1014	119,703	1047,038	1047,12	0,082	27,333
53	6	5041	128,250	5111,794	5112,398	0,604	100,667
55	1	329	47,783	333,396	333,398	0,002	2,000
55	1	128	440,576	168,533	168,842	0,309	309,000
59	1			29,054	29,341	0,287	287,000
61	1	1048	9,880	1048,909	1048,909	0	0,000
63	1	255	3275,130	556,312	556,525	0,213	213,000
65	2	2889	473,255	2976,079	2976,234	0,155	77,500
67	2	667	70,652	680	680	0	0,000
69	2	418	125,522	441,096	441,238	0,142	71,000
71	2	2085	95,293	2102,534	2103,998	1,464	732,000
73	2	6371		6371	6371		Neispravan
75	2			7083	7084	1	500,000
95	1			464,06	464,08	0,02	20,000
68	Sportski klub	7204		7223	7224	1	
Total	124					21,037	
Prosek			**)...224 l/potrošač/d				*)...201 l/potr/d

*) Prosečna potrošnja prema merenjima tokom istraživanja (45 vodomera, koji snabdevaju 97 potrošača)

**) Prosečna potrošnja prema merenjima JKP-a (34 vodomera, koji snabdevaju 73 potrošača)

Tabela 11 Očitavanja vodomera kod privatnih potrošača

Baždarenje vodomera

U cilju procene dela prividnih gubitaka koja nastaju kao posledica netačnosti vodomera, ukupno 20 vodomera je preuzeto od preduzeća u cilju baždarenja. Što se tiče starosti, prečnika i tipa vodomera, može se smatrati da su ovi vodomeri reprezentativni za celu mrežu.

Rezultati baždarenja su pokazali da je prosečna starost vodomera od 5 do 15 godina i da imaju loše performanse za sve protoke. Rezultati su takođe pokazali da se pri Q_{min} prosečno ne registruje 59% protoka, pri Q_t se ne registruje 33,3%, a pri Q_n se ne registruje 7,5%. Korišćenjem prosečne dnevne fakturisane potrošnje iz 2008 od 22.402 m³, količina vode koja se ne registruje pri Q_{min} je 1.323 m³, pri Q_t je 1.493 m³ a pri Q_n je 1.179 m³. Ukupno se količina od 3.995 m³/d potroši u sistemu vodosnabdevanja u Pančevu, a da se ne registruje preko vodomera.

Detalji o baždarenju vodomera su dati u sledećoj tabeli.

Vodomer	Q_{min} 60 l/h Odstupanje %	Q_t 150 l/h Odstupanje %	Q_n 1.500 l/h Odstupanje %
1	-47.0	-7.0	-1.9
2	3.0	1.5	0.1
3	-99.0	-8.0	-7.0
4	-2.0	0.5	-1.0
5	-100.0	-100.0	-2.8
6	-99.0	-11.5	-4.2
7	-37.0	-1.5	-2.7
8	-32.0	-11.0	-5.5
9	-52.0	-8.0	-1.2
10	-100.0	-100.0	-2.9
11	-100.0	-100.0	-99.5
12	-2.0	-0.5	0.0
13	-100.0	-87.5	-7.0
14	-44.0	-8.0	-0.2
15	-100.0	-47.0	-8.6
16	-100.0	-87.5	-2.5
17	-100.0	-75.0	0.0
18	-11.0	-5.0	-5.8
19	-28.0	-4.0	-1.0
20	-29.0	-6.5	-2.3

Tabela 12 Rezultati baždarenja vodomera

4.1.3.3 Minimalni noćni protok

Obzirom da većina potrošača noću ne koristi vodu, minimalni noćni protok predstavlja količinu vode koju koriste industrijski i institucionalni potrošači, vodu koju koriste individualni potrošači koji ne spavaju i, što je najvažnije, gubitke. Sledeća tabela prikazuje izmerenu minimalnu noćnu potrošnju za ceo sistem.

	Potrošači	Priklučci	Minimalni noćni protok	
			m ³ /h	l/priključak/h
Cela mreža	101.780	19.855	1.050	52,9

Tabela 13 Minimalni noćni protok

4.1.3.4 Minimalna noćna potrošnja

U nedostatku detaljnih informacija o noćnoj potrošnji industrijskih i institucionalnih potrošača, minimalna noćna potrošnja je proračunata oduzimanjem nefakturisane vode od minimalnog noćnog protoka. Pošto nisu postojali dugoročni podaci o pojedinim zonama, minimalna noćna potrošnja je proračunata na bazi podataka za ceo sistem (izvor: JKP, godina 2008):

Prosečna dnevna proizvodnja (JKP, 2008):	36.180 m ³
Postojeći kućni priključci (JKP, 2008):	19.855 komada
Prosečna dnevna fakturisana potrošnja (JKP, 2008):	22.402 m ³
Nefakturisana voda dnevno:	13.778 m ³ (574 m ³ /h)
Izmeren minimalni noćni protok:	1.050 m ³ /h

Izračunata minimalna noćna potrošnja (razlika između minimalnog noćnog protoka i nefakturisane vode) je **476 m³/h** odnosno **24 l/priključak/h**.

4.1.3.5 Vodni bilans prema IWA terminologiji

Proizvedena voda

Pouzdanost i tačnost postojećih informacija o proizvodnji vode su potvrđene merenjima, opisanim u Poglavlju 4.1.3.1. Korišćena je prosečna dnevna proizvodnja iz 2008, dobijena od strane preduzeća, koja je 36.180 m³/dan.

Legalna potrošnja

Ukupna količina legalne potrošnje, koja sadrži fakturisane i nefakturisane legalne potrošnje, iznosila je 23.126 m³ (63,9%).

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Korišćene su vrednosti godišnje legalne potrošnje od strane preduzeća. Prosečna dnevna fakturisana potrošnja je bila 22.402 m³ (61,9%), a deli se na izmerenu i neizmerenu fakturisane potrošnje.

Izmerena fakturisana potrošnja

Visina izmerene fakturisane potrošnje je 22.402 m³ (61,9%), i dobijena je zbrajanjem izdatih računa za potrošenu vodu. Ova vrednost sadrži i potrošače sa neispravnim vodomerima, jer ih preduzeće ne vodi zasebno. Ovi potrošači se fakturišu paušalno.

Neizmerena fakturisana potrošnja

Potrošači sa neispravnim vodomerima su uključeni u prethodnu grupu, zbog čega je ovaj deo potrošnje ravan nuli.

Nefakturisana legalna potrošnja

Zbrajanjem izmerene i neizmerene nefakturisane potrošnje došlo se do dnevne prosečne vrednosti od 724 m³ (2%).

Izmerena nefakturisana potrošnja

Svakom potrošaču koji se meri se takođe izdaje račun, tako da je za ovu kategoriju ukupna dnevna količina 0 m³.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Određivanje vrednosti neizmerene nefakturisane vode je vrlo teško, jer zavisi od vremena. Osim za javne česme, ova voda se koristi i za zalivanje javnih zelenih površina i pranje ulica tokom leta. Iz praktičnog iskustva usvojeno je da je dnevna količina oko 2% proizvedene vode. Na bazi ovoga, ukupna količina neizmerene nefakturisane potrošnje je procenjena na 2%, odnosno 724 m³/d.

Gubici vode

Gubici vode su zbir komercijalnih i fizičkih gubitaka, odnosno razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje. Dnevna visina gubitaka je 36,1% (13.054 m³).

Komercijalni gubici

Ukupna dnevna visina komercijalnih gubitaka je zbir ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera, i iznosila je 5.080 m³ (14%).

Ilegalna potrošnja

Pretpostavka je da je visina ilegalne dnevne potrošnje 1.085 m³ (3%), što odgovara prosečnoj vrednosti, obzirom da nisu pronađene lokacije neprijavljenog stanovanja. Nažalost, nije bilo moguće detaljnije se posvetiti ovom problemu, obzirom na ograničeno vreme i nepostojanje podataka u preduzeću.

Netačnosti vodomera

Netačnosti vodomera su utvrđeni u Poglavlju 4.1.3.2 i na dnevnom nivou su iznosili 11% (3.995 m³).

Fizički gubici

Ukupna dnevna vrednost fizičkih gubitaka je bila 7.974 m³ (22,1%).

Gubici na glavnim cevovodima

Statistički podaci o pojavama curenja i popravkama, kao i o vrsti materijala i starosti cevovoda ne postoje. Visina dnevnih gubitaka na glavnim cevovodima od 5.263 m³ (14,6%) je dobijena oduzimanjem gubitaka na kućnim priključcima od fizičkih gubitaka.

Gubici i prelive na rezervoarima

Tokom merenja i istraživanja nisu pronađena curenja i prelivanja na rezervoarima, tako da je njihova dnevna vrednost 0 m³ (0%).

Gubici na kućnim priključcima

Ispitivanja u pilot zoni su pokazala da su kućni priključci uglavnom i dalje napravljeni od pocinkovanih cevi. Procenjeno je stoga da su dnevni gubici 7,5% (2.711 m³) za celu mrežu.

Nefakturisana voda

U cilju procene visine nefakturisane vode za celu mrežu, korišćen je najčešći način, a to je da se izmeri ukupan ulaz vode u sistem za određen vremenski period, a da se zatim od njega oduzme količina vode koja se fakturiše.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 36.180 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 23.126 m ³ /d (63,9%)	Fakturisana legalna potrošnja 22.402 m ³ /d (61,9%)	Izmerena fakturisana potrošnja 22.402 m ³ /d (61,9%)	Fakturisana voda 22.402 m ³ /d (61,9%)	
			Neizmerena fakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)		
	Gubici vode 13.054 m ³ /d (36,1%)	Nefakturisana legalna potrošnja 724 m ³ /d (2%)		Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 13.778 m ³ /d (38,1%)
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 724 m ³ /d (2%)	
		Komerrijalni gubici 5.080 m ³ /d (14%)		Ilegalna potrošnja 1.085 m ³ /d (3%)	
				Netačnosti vodomera 3.995 m ³ /d (11%)	
Fizički gubici 7.974 m ³ /d (22,1%)		Gubici na glavnim cevovodima 5.263 m ³ /d (14,6%)			
		Gubici i prelive na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)			
		Gubici na kućnim priključcima 2.711 m ³ /d (7,5%)			

Slika 58 Pančevo: vodni bilans prema IWA terminologiji

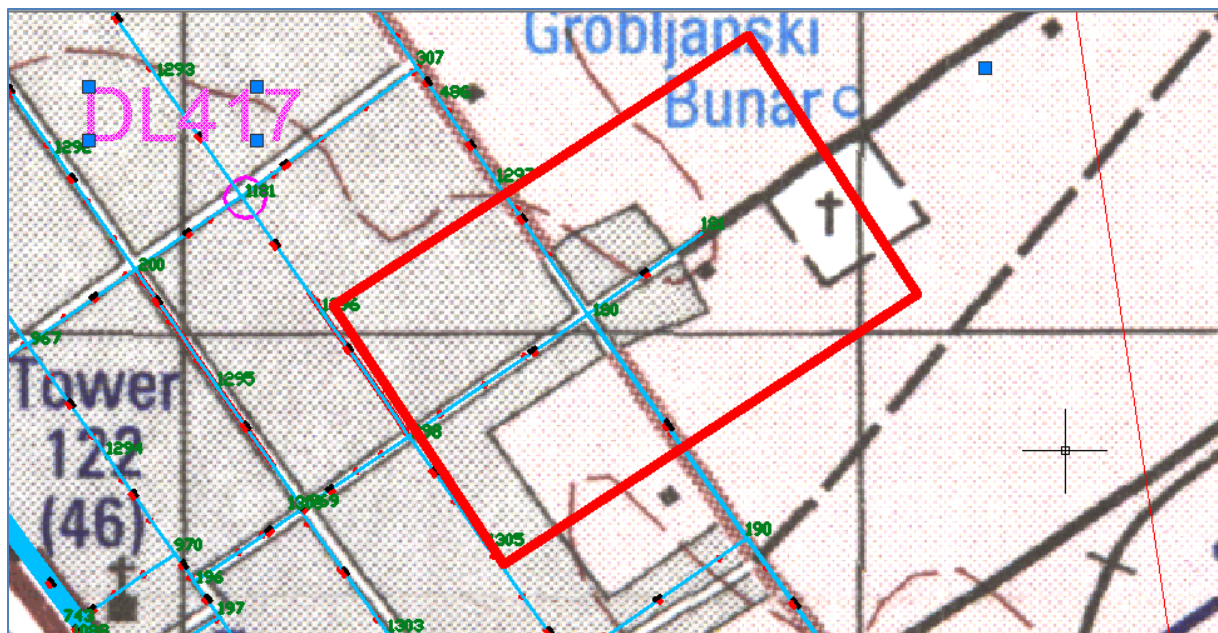
Interpretacija rezultata:

Prikazani rezultati velikog broja merenja protoka i pritiska, kao i naknadnih analiza i proračuna, pokazuju da je ukupna vrednost nefakturisane vode 38,1% (2008) za celu mrežu. Detaljnu analizu svake komponente NFV je potrebno sprovesti na Pilot zoni, kako je to predviđeno i Smernicama IWA, o kojima je pisano u Poglavlju 2.2 „Merne zone“.

4.1.3.6 Pilot zona

U cilju što boljeg upoznavanja sa stanjem vodovodne mreže u sistemu, kao i o komponentama NFV, u okviru istraživanja je odabrana Pilot zona, tako da što više odgovara smernicama IWA, opisanim u Poglavlju 2.2 „Merne zone“, a takođe i da zadovolji ograničenja samog sistema.

Sledeća slika pokazuje lokaciju Pilot zone:



Slika 59 Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Pančeva

Opšti podaci

U dogovoru sa preduzećem, za Pilot zonu je odabrana zona u jugoistočnom delu grada. Razlozi su bili ti što je ovu zonu bilo moguće izolovati od ostatka mreže, i vršiti merenja bez prethodnih iskopavanja cevi. Takođe, u njoj je postojao dovoljan broj ventila i hidranata za detekciju curenja. Osim toga, ova zona je karakteristična za ceo sistem vodosnabdevanja. U njoj žive potrošači srednjih primanja, a većina objekata su prizemne kuće sa baštama. Ne postoje industrijski ili komercijalni potrošači. Bilo je potrebno privremeno iskopati jednu lokaciju za mobilni merač protoka. Merenja su vršena od 17. do 18. septembra 2008.

Zona se snabdeva iz jedne tačke.

Podaci o potrošačima

Ukupan broj priključaka	63
Ukupan broj instaliranih vodomera	63
Kućni vodomeri	62
Industrijski vodomeri	1
Ukupan broj potrošača	124
Prosečna dnevna potrošnja po potrošaču	201 l

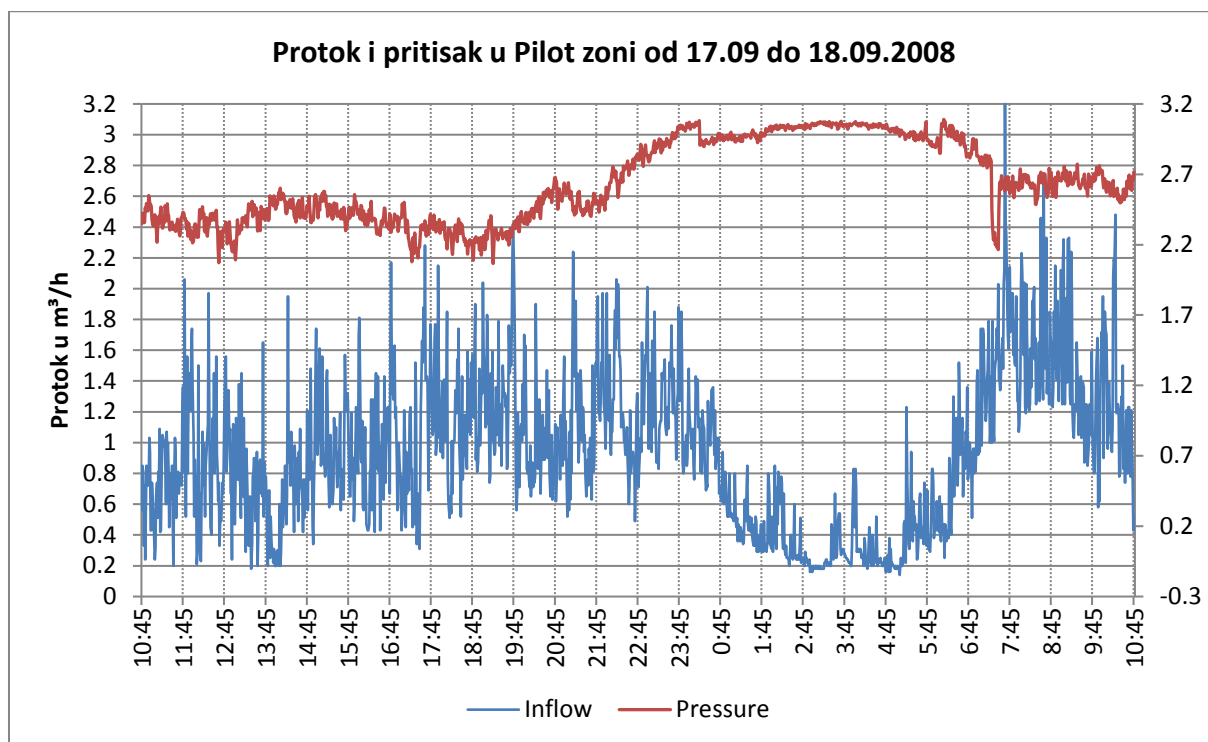
Podaci o mreži

Ovi podaci su očitani sa mapa, dok je za prosečnu dužinu kućnog priključka uzeto 10 m.

Ukupna dužina dovodnog cevovoda	400 m
Ukupna dužina cevi za kućne priključke	630 m
Ukupna dužina cevi u zoni	1.030 m
Broj priključaka po km dovodnog cevovoda	252 komada

Merenja protoka i pritisaka

Ova merenja su bila osnova za dobijanje pouzdanih podataka o ulazu u zonu. Merenja protoka su kombinovana sa merenjima pritiska i očitavanjima potrošnje. Sledeći grafik prikazuje rezultate merenja:



Slika 60 Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu u Pančevu

Rezultati merenja:

Dnevni ulaz vode u Pilot zonu	22,35 m ³ /d
Dnevni ulaz vode u zonu po priključku	0,35 m ³ /Pr/d
Dnevni ulaz vode u zonu po potrošaču	180 l/Pot/d
Minimalni noćni protok	0,2 m ³ /h

Merenje pritiska je pokazalo da je pritisak bio uglavnom konstantan na 2,2 bara. Noću je pritisak rastao do 3,1 bar.

Prosečna dnevna potrošnja, fakturisana od strane preduzeća u 2008 je bila 178 l/Pot/d, dok su merenja između 17. i 18. septembra 2008 pokazala dnevnu potrošnju od 201 l/Pot/d. Pošto su merenja vršena tokom rane jeseni, može se pretpostaviti da je srednja vrednost za celu godinu znatno niža, i da se grubo poklapa sa vrednošću dobijenom od strane preduzeća.

Minimalni noćni protok, noćna potrošnja, fizički gubici

Osnova za procenu minimalnog noćnog protoka u Pilot zoni je uzeta iz Pravilnika W 392 nemačkog udruženja za snabdevanje vodom i gasom, kao što je navedeno u poglavlju 2.1.1.2. Noćna potrošnja je procenjena na 0,8 m³/h po 1.000 potrošača na bazi Smernica DVGW i u razgovoru sa JKP-om. To znači da bi teoretski 124 potrošača konzumiralo maksimalno 0,1 m³/h u noćnom periodu. Izmereni minimalni noćni protok je bio 0,2 m³/h.

Detekcijom nisu otkrivena curenja na kućnim priključcima, ali jedna javna česma na starom groblju se nije mogla zatvoriti. Izmerena količina ove vode je bila 0,03 m³/h, što smanjuje stvarnu noćnu potrošnju na 0,17 m³/h. Pošto je izmerena količina vode u Pilot zoni bila 21,04 m³/d, može se zaključiti da je stvarna noćna potrošnja bila veća od teoretske.

Bilans vode u Pilot zoni

Proizvedena voda

Merenjima je utvrđeno 22,35 m³/d (100%)

Legalna potrošnja

Legalna potrošnja iznosi 22,24 m³/d (99,5%)

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Ukupna količina od 21,44 m³/d (95,9%) je dobijena zbrajanjem Izmerene i Neizmerene fakturisane potrošnje.

Izmerena fakturisana potrošnja

Izračunato preko 48 vodomera koje je bilo moguće očitati u periodu između 17. i 18. septembra 2008: 21,04 m³/d (94,1%).

Neizmerena fakturisana potrošnja

S obzirom da su potrošači na lokacijama koje nije bilo moguće očitati bili van kuća, to jest nije bilo potrošnje, samo na dve lokacije sa pokvarenim vodomerima je korišćena neizmerena voda. Ta potrošnja je preračunata na 0,4 m³/d (1,8%).

Nefakturisana legalna potrošnja

Sastoji se iz izmerenog i neizmerenog dela. U ovom slučaju je 0,8 m³/d (3,6%).

Izmerena nefakturisana potrošnja

Situacija je ista kao i za celu mrežu. Svaki potrošač sa vodomrom se fakturiše, i zbog toga ne postoji izmerena nefakturisana potrošnja.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

U Pilot zoni postoji jedna javna česma na groblju koju nije moguće zatvoriti, i procenjeno je da je njena potrošnja 0,8 m³/d (3,6%).

Gubici vode

Ukupna količina fizičkih i komercijalnih gubitaka je 0,11 m³/d (0,5%)

Komercijalni gubici

Suma ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera je 0,11 m³/d (0,5%)

Ilegalna potrošnja

Zbog male veličine Pilot zone, i detaljnog pregledanja mreže, može se zaključiti da ne postoji ilegalna potrošnja.

Netačnosti vodomera

Zbog činjenice da nije pronađeno nijedno curenje, količina od 0,11 m³/d (0,5%), koja nije mogla biti pripisana drugim tipovima gubitaka, je stavljena u ovu grupu gubitaka.

Fizički gubici

Količina fizičkih gubitaka je 0 m³/d (0%).

Gubici na glavnim cevovodima

Nisu pronađeni.

Gubici i prelivi na rezervoarima

Ne postoje rezervoari u Pilot zoni.

Gubici na kućnim priključcima

Nije pronađeno nijedno curenje na kućnim priključcima.

Nefakturisana voda

Procenat nefakturisane vode od 4,1% (0,91 m³/d) je oko 34% manji nego za celu mrežu. Verovatni razlog za to je premala veličina Pilot zone.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 22,35 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 22,24 m ³ /d (99,5%)	Fakturisana legalna potrošnja 21,44 m ³ /d (95,9%)	Izmerena fakturisana potrošnja 21,04 m ³ /d (94,1%)	Fakturisana voda 21,44 m ³ /d (95,9%)		
			Neizmerena fakturisana potrošnja 0,4 m ³ /d (1,8%)			
		Gubici vode 0,11 m ³ /d (0,5%)	Nefakturisana legalna potrošnja 0,8 m ³ /d (3,6%)		Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 0,91 m ³ /d (4,1%)
					Neizmerena nefakturisana potrošnja 0,8 m ³ /d (3,6%)	
	Komerrijalni gubici 0,11 m ³ /d (0,5%)			Ilegalna potrošnja 0 m ³ /d (10,8%)		
				Netačnosti vodomera 0,11 m ³ /d (0,5%)		
	Fizički gubici 0,0 m ³ /d (0%)			Gubici na glavnim cevovodima 0 m ³ /d (0%)		
				Gubici i prelivi na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)		
			Gubici na kućnim priključcima 0 m ³ /d (0%)			

Slika 61 Pilot zona Pančevo: vodni bilans prema IWA terminologiji

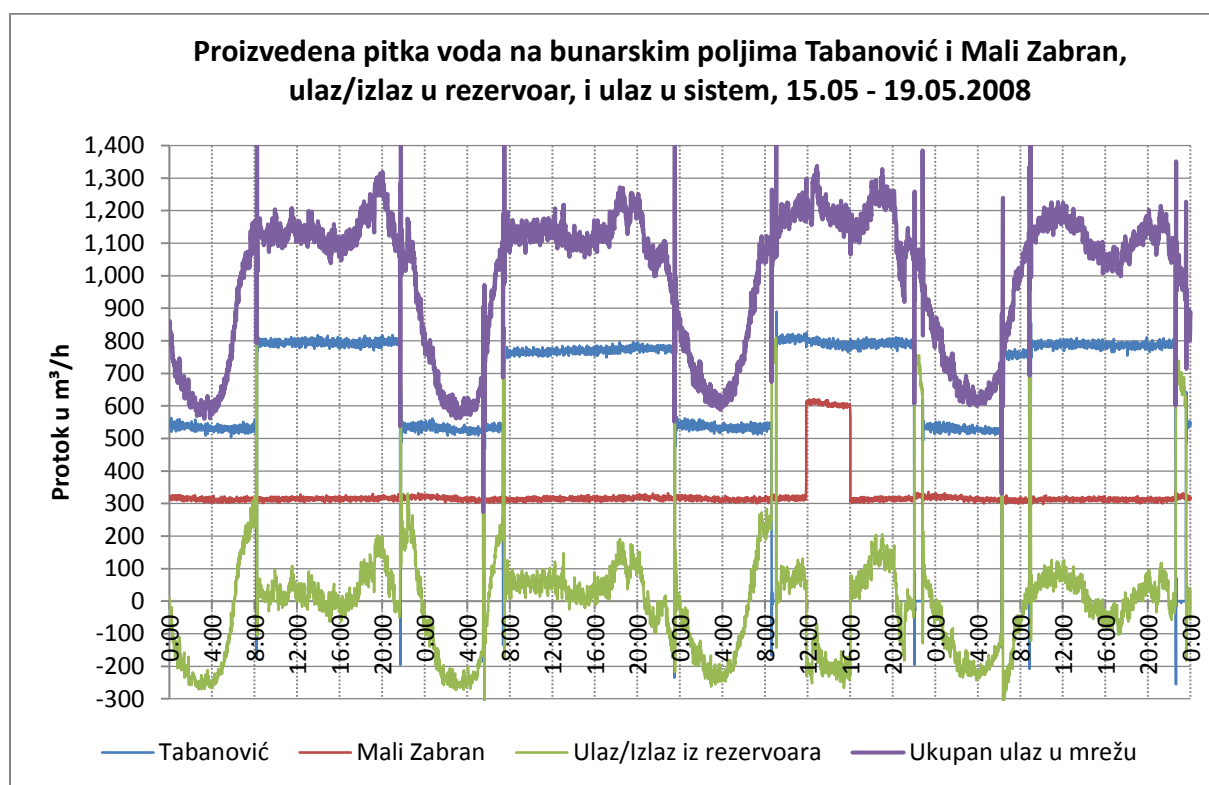
4.1.4 Šabac

4.1.4.1 Merenja protoka i pritiska

Merenja protoka i pritiska su izvedena na izvorištu, postrojenju za pripremu vode, pumpnim stanicama, vodotoranju i strateškim tačkama u mreži. U nastavku su detaljno prikazana najvažnija merenja.

Izvorišta Tabanović i Mali Zabran

Sirova voda se sa bunarskih polja Tabanović i Mali Zabran doprema na postrojenja za pripremu pitke vode. Proizvedena pitka voda je merena na izlazima iz postrojenja, kao i na ulazu/izlazu vode u vodotoranj (zapremina 2.000 m³, u naselju Letnjikovac), koji je pozitivan za izlaz u mrežu, a negativan za ulaz u rezervoar, u periodu 15/19.5.2008.



Slika 62 Proizvedena pitka voda na bunarskim poljima Tabanović i Mali Zabran, ulaz/izlaz u rezervoar, i ulaz u sistem

Prethodni dijagram pokazuje minimalni noćni protok od 600 m³/h, koji je izmeren između 02:00 i 04:00. Ukupno izmerena količina vode se razlikovala od podataka dobijenih od strane JKP-a za manje od 3%, što je potvrdilo merodavnost podataka preduzeća o proizvodnji pitke vode.

Upoređivanjem ovih merenja i podataka od strane preduzeća, zaključuje se da je razlika u okviru tolerancije od 3%.

Pitka voda	Izmereno (m ³ /dan)	JKP (m ³ /dan)	Razlika (m ³ /dan)
15.05.2008	23,788	24,785	997
16.05.2008	23,980	24,316	336

Tabela 14 Upoređivanje vrednosti dnevne proizvodnje pitke vode dobijenih merenjima i od strane JKP-a

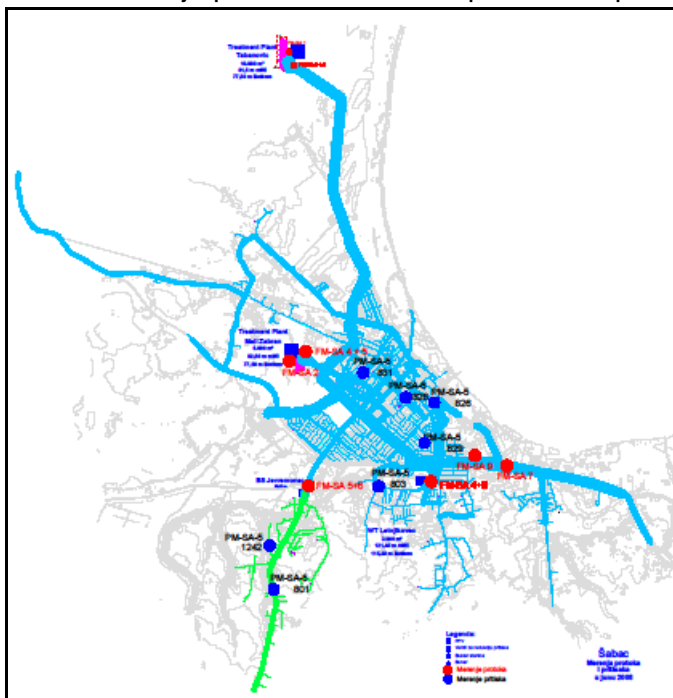
Ukupan broj potrošača:	60.573
Ukupan broj priključaka:	14.935
Izmeren minimalni noćni protok:	600 m ³ /h

Merenja u mreži

Voda se sa postrojenja pumpa direktno u mrežu. U sistemu postoji jedan rezervoar.

U mreži su izvršena sledeća dodatna merenja protoka u cilju dobijanja boljeg uvida u stanje sistema, kako je naznačeno na sledećoj slici:

- o Merenje protoka na DN 700 na izlazu iz PS Tabanović
- o Merenje protoka na DN 500 na izlazu iz PS Mali Zabran
- o Merenje protoka na DN 400 na rezervoaru (ulaz/izlaz)
- o Merenje protoka na DN 150 buster stanica Jevremovac.
- o Merenje protoka na DN 600 prema Jelenči i Mišaru
- o Merenje protoka na DN 200 prema rezervoaru
- o Merenje protoka na DN 500 (dve lokacije)
- o Merenje protoka na DN 700
- o Merenje protoka na DN 250 prema kompleksu „Zorka“

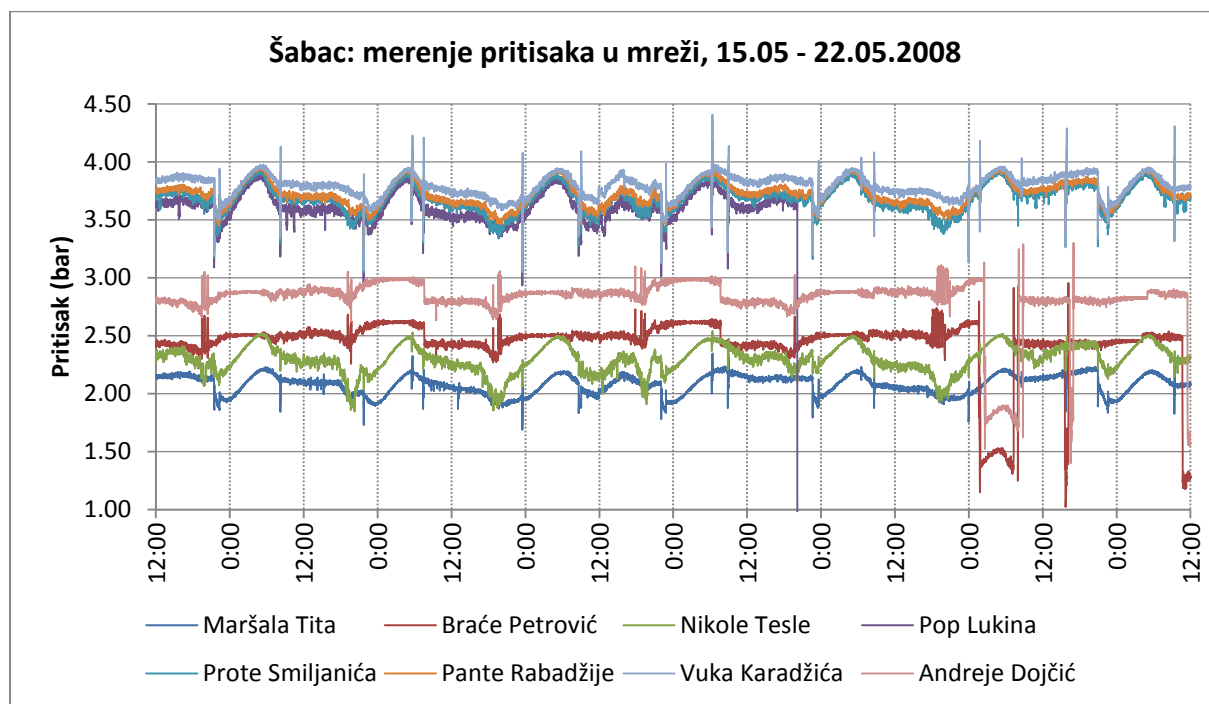


Slika 63 Merenja protoka i pritisaka u mreži

Merenja pritisaka

Ova merenja su vršena paralelno sa merenjima protoka, kako bi se dobile opšte informacije. Merenja su vršena u periodu 15-22.5.2008. Pokazalo se da postoje dve zone pritisaka: zona 1 pokriva gotovo ceo sistem (60.573 stanovnika), dok selo Jevremovac predstavlja zonu 2, koja se snabdeva preko buster stanice (ukupno 787 stanovnika).

Merenja su potvrdila da nema prekida u snabdevanju, i da su čak i najmanji izmereni pritisci u mreži zadovoljavajući.



Slika 64 Merenja pritiska u mreži

Prethodna slika daje prikaz stanja pritiska u mreži vodovodnog sistema u Šapcu. Iz nje se može zaključiti da je u svim delovima grada pritisak zadovoljavajući.

4.1.4.2 Očitavanje i baždarenje vodomera

Očitavanje vodomera

Ukupno je proverena funkcionalnost 45 vodomera. Od ovog broja, 10 vodomera (22%) nije moglo biti očitano, iz dva razloga:

- Vodomer ne funkcioniše (pokretni mehanizam se ne okreće pri otvorenoj slavini iza vodomera, ukupno 6 ovakvih vodomera).
- Staklo na vodomeru zamućeno do te mere da je nemoguće očitati stanje. Može se očekivati da se kod ovakvih slučajeva u dugom periodu nije vršilo očitavanje, ukupno 4 ovakva vodomera.

Prosečna potrošnja koja je zabeležena u periodu 20/21.5.2008 je bila 132 litara dnevno po potrošaču. Ove vrednosti odgovaraju vrednostima od strane preduzeća koja su nešto niža (120 litara dnevno po potrošaču) ali merena jedan mesec ranije.

Baždarenje vodomera

U cilju određivanja prividnih gubitaka koji nastaju usled netačnosti vodomera, ukupno je od preduzeća preuzeto 15 vodomera na baždarenje. Ovi vodomeri su predstavljali reprezentativni uzorak što se tiče starosti, prečnika i tipa vodomera, ugrađenih u mreži.

Rezultati baždarenja pokazuju da je prosečan neregistrovani protok za Q_{min} 36,6%, za Q_t je 10% a za Q_n je 8,4%.

Koristeći srednju dnevnu fakturisanu potrošnju za 2008 (12.473 m³/d), dolazi se do podatka da se dnevno potroši 1.439 m³ vode koja se ne registruje preko vodomera. Zaključak je da su netačnosti u merenjima potrošene vode van prihvatljivog opsega.

Vodomer	Qmin 100 l/h Odstupanje %	Qt 250 l/h Odstupanje %	Qn 2.500 l/h Odstupanje %	Qmax 5.000 l/h Odstupanje %
1	-28.41	-6.39	-9.67	-10.26
2	-80.46	-8.37	-1.35	-2.16
3	10.64	0.86	-1.02	-1.84
4	-80.47	-16.85	-9.60	-13.36
5	-28.36	-2.42	1.03	0.38
6	-80.49	0.96	0.98	0.27
7	-8.85	-0.43	-1.86	-2.54
8	-2.35	-3.11	-1.07	-1.59
9	-80.42	-66.35	-84.61	-68.85
10	-2.31	-6.96	-6.72	-8.49
11	-100.00	-32.69	-13.45	-2.65
12	-2.39	-1.01	0.97	1.25
13	-60.99	-4.97	0.95	-0.70
14	4.10	0.21	0.26	0.11
15	-8.95	-2.48	-0.69	-2.86

Tabela 15 Rezultati baždarenja vodomera

4.1.4.3 Minimalni noćni protok

Obzirom da većina potrošača noću ne koristi vodu, minimalni noćni protok predstavlja količinu vode koju koriste industrijski i institucionalni potrošači, vodu koju koriste individualni potrošači koji ne spavaju i, što je najvažnije, gubitke. Sledeća tabela prikazuje izmerenu minimalnu noćnu potrošnju za ceo sistem.

	Potrošači	Priklučci	Minimalni noćni protok	
			m ³ /h	l/priključak/h
Cela mreža	60.573	14.935	600	40,2

Tabela 16 Minimalni noćni protok

4.1.4.4 Minimalna noćna potrošnja

U nedostatku detaljnih informacija o noćnoj potrošnji industrijskih i institucionalnih potrošača, minimalna noćna potrošnja je proračunata oduzimanjem nefakturisane vode od minimalnog noćnog protoka. Pošto nisu postojali dugoročni podaci o pojedinim zonama, minimalna noćna potrošnja je proračunata na bazi podataka za ceo sistem (izvor: JKP, godina 2008):

Prosečna dnevna proizvodnja:	24.027 m ³
Postojeći kućni priključci:	14.935 komada
Prosečna dnevna fakturisana potrošnja:	12.473 m ³
Nefakturisana voda dnevno:	11.554 m ³ (481 m ³ /h)
Izmeren minimalni noćni protok:	600 m ³ /h

Izračunata minimalna noćna potrošnja (razlika između minimalnog noćnog protoka i nefakturisane vode) je 119 m³/h odnosno 7.97 l/priključak/h.

4.1.4.5 Vodni bilans prema IWA terminologiji

Proizvedena voda

Pouzdanost i tačnost postojećih informacija o proizvodnji vode su potvrđene merenjima, opisanim u Poglavlju 4.1.4.1. Korišćena je prosečna dnevna proizvodnja iz 2008, dobijena od strane preduzeća, koja je 24.027m³.

Legalna potrošnja

Ukupna količina legalne potrošnje, koja sadrži fakturisanu i nefakturisanu legalnu potrošnju, iznosila je 12.954 m³ (53,9%).

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Proverom vodomera, opisanom u Poglavlju 4.1.4.2, zaključeno je da su očitavanja od strane preduzeća pouzdana. Prosečna dnevna fakturisana potrošnja je bila 12.473 m³, kolika je i visina fakturisane vode.

Izmerena fakturisana potrošnja

Visina izmerene fakturisane potrošnje je 12.473 m³ (51,9%) i dobijena je zbrajanjem izdatih računa za potrošenu vodu.

Neizmerena fakturisana potrošnja

U podacima preduzeća ne postoje potrošači koji se ne mere. Ukoliko ih i ima, potrošnja im se naplaćuje paušalno, tako da potpadaju pod merenu grupu. Iz tog razloga, vrednost neizmerene fakturisane potrošnje je nula.

Nefakturisana legalna potrošnja

Zbrajanjem izmerene i neizmerene nefakturisane potrošnje došlo se do dnevne prosečne vrednosti od 481 m³ (2%).

Izmerena nefakturisana potrošnja

Svakom potrošaču koji se meri se takođe izdaje račun, tako da je za ovu kategoriju ukupna dnevna količina 0 m³.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Određivanje vrednosti neizmerene nefakturisane vode je vrlo teško, jer zavisi od vremena. Osim za javne česme, ova voda se koristi i za zalivanje javnih zelenih površina i pranje ulica tokom leta. Iz praktičnog iskustva usvojeno je da je dnevna količina oko 2% proizvedene vode, odnosno 481 m³.

Gubici vode

Gubici vode su zbir komercijalnih i fizičkih gubitaka, odnosno razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje. Dnevna visina gubitaka je 46.1% (11.073 m³).

Komercijalni gubici

Ukupna dnevna visina komercijalnih gubitaka je zbir ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera, i iznosila je 3.121 m³ (13%).

Ilegalna potrošnja

Pretpostavka je da je visina ilegalne dnevne potrošnje 1.682 m³. Razlog za ovo su nelegalno izgrađeni objekti, koji su priključeni na vodovodnu mrežu ali im se ne izdaju računu za utrošenu vodu.

Netačnosti vodomera

Netačnosti su utvrđene u Poglavlju 4.1.4.2 i na dnevnom nivou su iznosili 6% (1.439 m³).

Fizički gubici

Ukupna dnevna vrednost fizičkih gubitaka je bila 7.952 m³ (33.1%).

Gubici na glavnim cevovodima

Statistički podaci o pojavama curenja i popravkama, kao i o vrsti materijala i starosti cevovoda ne postoje. Visina dnevnih gubitaka na glavnim cevovodima od 5.248 m³ (21.8%) je dobijena oduzimanjem gubitaka na kućnim priključcima od fizičkih gubitaka.

Gubici i prelive na rezervoarima

Tokom merenja i istraživanja nisu pronađena nikakva curenja ili prelivanja na rezervoarima, to jest njihova dnevna vrednost je 0 m³.

Gubici na kućnim priključcima

Istraživanja u Pilot zoni su pokazala da je većina kućnih priključaka izgrađena od PE cevi. Nisu pronađena curenja na kućnim priključcima. Obzirom da je ovaj materijal u Srbiji počeo da se koristi tek pred kraj prošlog veka, pretpostavka je da su gubici na tim priključcima vrlo niski. Za preostale priključke, izgrađene od čelika, procenjeni su dnevni gubici od 11.3% (2.704 m³) za celu mrežu.

Nefakturisana voda

U cilju procene visine nefakturisane vode za celu mrežu, korišćen je najčešći način, a to je da se izmeri ukupan ulaz vode u sistem za određen vremenski period, a da se zatim od njega oduzme količina vode koja se fakturiše.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 24.027 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 12.954 m ³ /d (53,9%)	Fakturisana legalna potrošnja 12.473 m ³ /d (51,9%)	Izmerena fakturisana potrošnja 12.473 m ³ /d (51,9%)	Fakturisana voda 12.473 m ³ /d (51,9%)	
			Neizmerena fakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)		
		Gubici vode 11.073 m ³ /d (46,1%)	Nefakturisana legalna potrošnja 481 m ³ /d (2%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 11.554 m ³ /d (48,1%)
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 481 m ³ /d (2%)	
	Fizički gubici 7.952 m ³ /d (33,1%)	Komercijalni gubici 3.121 m ³ /d (13%)	Ilegalna potrošnja 1.682 m ³ /d (7%)		
			Netačnosti vodomera 1.439 m ³ /d (6%)		
			Gubici na glavnim cevovodima 5.248 m ³ /d (21,8%)		
			Gubici i prelive na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)		
	Gubici na kućnim priključcima 2.704 m ³ /d (11,3%)				

Slika 65 Šabac: Vodni bilans prema IWA terminologiji

Interpretacija rezultata:

Prikazani rezultati velikog broja merenja protoka i pritisaka, kao i naknadnih analiza i proračuna, pokazuju da je ukupna vrednost nefakturisane vode 48,1% (2008) za celu mrežu, koja se grubo računa na bazi godišnjih vrednosti proizvedene i fakturisane vode. Detaljnu analizu svake komponente NFV je potrebno sprovesti na Pilot zoni, kako je to predviđeno i Smernicama IWA, o kojima je pisano u Poglavlju 2.2.

4.1.4.6 Pilot zona

U cilju što boljeg upoznavanja sa stanjem vodovodne mreže u sistemu, kao i o komponentama NFV, u okviru istraživanja a je odabrana Pilot zona, tako da što više odgovara smernicama IWA, opisanim u Poglavlju 2.2, a takođe i da zadovolji ograničenja samog sistema.

Sledeća slika pokazuje lokaciju Pilot zone:



Slika 66 Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Šapca

Opšti podaci

Za Pilot zonu je odabrana Ulica Davorina Jenka. Razlog za odabir je taj što je ovu zonu bilo moguće izolovati od ostatka sistema, postoji dovoljan broj ventila i hidranata u cilju detekcije curenja, a i zona odražava karakteristike celog sistema vodosnabdevanja. Od pripremnih radova, bilo je potrebno izvršiti iskop za privremeno montiranje mobilnog merača protoka. Većina potrošača živi u prizemnim porodičnim kućama sa baštama, srednjih finansijskih primanja. Zona se snabdeva iz jedne tačke.

Podaci o potrošačima

Ukupan broj priključaka	45
Ukupan broj instaliranih vodomera	45
Kućni vodomeri	45
Industrijski vodomeri	0
Ukupan broj potrošača	167
Prosečna dnevna potrošnja po potrošaču	132 l

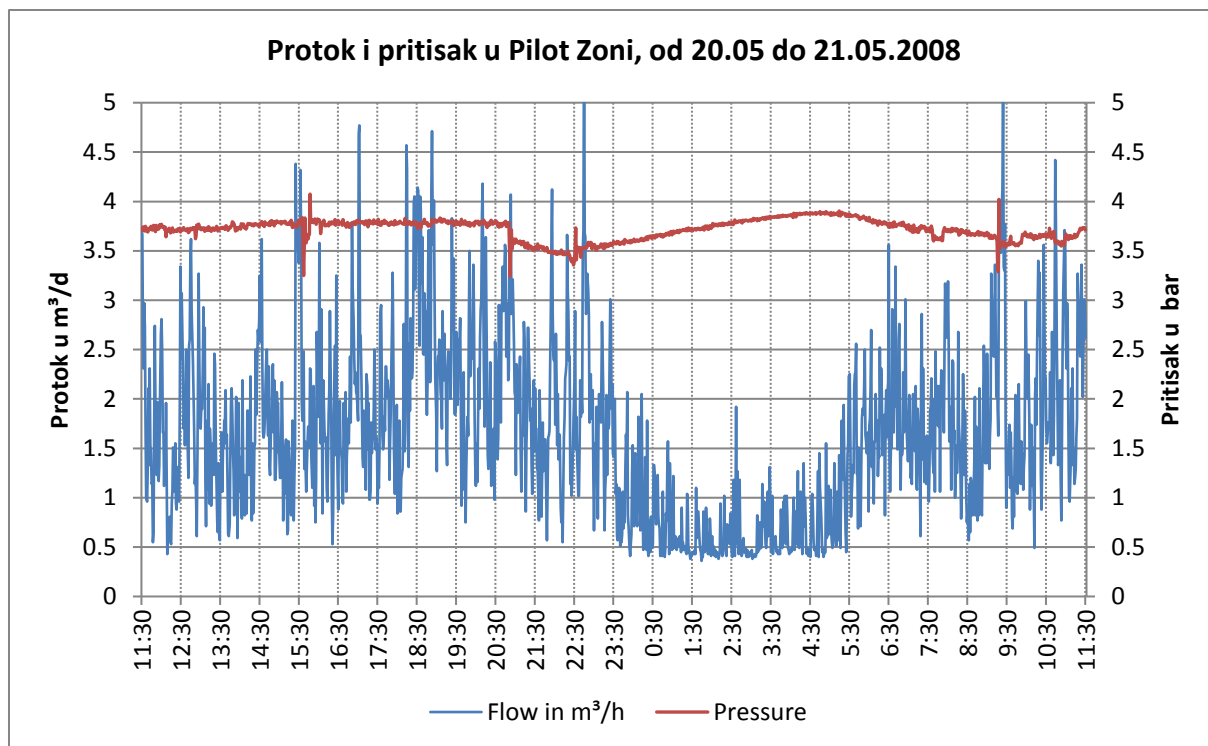
Podaci o mreži

Ovi podaci su očitani sa mapa, dok je za prosečnu dužinu kućnog priključka uzeto 10 m.

Ukupna dužina dovodnog cevovoda	320 m (azbest cement, DN 80)
Ukupna dužina cevi za kućne priključke	540 m (PE / pocinkovane cevi)
Ukupna dužina cevi u zoni	860 m
Broj priključaka po km dovodnog cevovoda	140 komada

Merenja protoka i pritisaka

Ova merenja su bila osnova za dobijanje pouzdanih podataka o ulazu u zonu. Merenja protoka su kombinovana sa merenjima pritisaka i očitavanjima potrošnje. Sledeći grafik prikazuje rezultate merenja:



Slika 67 Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu

Rezultati merenja:

Dnevni ulaz vode u Pilot zonu	38,5 m ³ /d
Dnevni ulaz vode u zonu po priključku	0,86 m ³ /Pr/d
Dnevni ulaz vode u zonu po potrošaču	234 l/Pot/d
Minimalni noćni protok	0,4 m ³ /h

Merenje pritiska je pokazalo da je pritisak varirao između 3,5 i 4 bara.

Takođe, potrebno je navesti da su podaci o potrošnji, dobijeni od JKP-a, izmereni pomoću vodomera čije je vreme baždarenja isteklo, tako da se iz iskustva može pretpostaviti da pokazuju nešto manje od stvarne potrošnje.

Minimalni noćni protok, noćna potrošnja, fizički gubici

Osnova za procenu minimalnog noćnog protoka u Pilot zoni je uzeta iz Pravilnika W 392 nemačkog udruženja za snabdevanje vodom i gasom, kao što je navedeno u poglavlju 2.1.1.2. Noćna potrošnja je procenjena na 0,8 m³/h po 1.000 potrošača na bazi Smernica DVGW i u razgovoru sa JKP-om. To znači da bi teoretski 167 potrošača konzumiralo maksimalno 0,14 m³/h u noćnom periodu. Osim toga, detekcijom je otkriveno curenje na kućnom priključku, količine 0,2m³/h.

Bilans vode u Pilot zoni

Proizvedena voda

Merenjima je utvrđeno 38,5m³/d (100%)

Legalna potrošnja

Legalna potrošnja iznosi 22,05 m³/d (57,3%)

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Sva potrošnja u Pilot zoni je fakturisana. Ukupna količina: 22,05 m³/d (57,3%)

Izmerena fakturisana potrošnja

Izračunato preko 35 vodomera u funkciji: 16,9 m³/d

Neizmerena fakturisana potrošnja

Prosečna izmerena potrošnja od 132 litara dnevno po potrošaču, dobijena preko vodomera u funkciji, je korišćena za procenu količine neizmerene fakturisanе potrošnje. Na deset kućnih priključaka (39 potrošača) vodomeri su bili van funkcije, njihova potrošnja: 5,15 m³/d (13,4%)

Nefakturisana legalna potrošnja

Ne postoji.

Izmerena nefakturisana potrošnja

Ne postoji.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Ne postoji.

Gubici vode

Ukupna količina fizičkih i komercijalnih gubitaka je 16,45 m³/d (42,7%)

Komercijalni gubici

Suma ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera je 11,65 m³/d (30,2%)

Ilegalna potrošnja

Ova količina je dobijena preko ostalih IWA komponenata: 9,35 m³/d (24,2%)

Netačnosti vodomera

Vrednost dobijena za celu mrežu je korišćena i za Pilot zonu: 2,3 m³/d (6%)

Fizički gubici

Fizički gubici (zbir naredne tri komponente) su 4,8 m³/d (12,5%)

Gubici na glavnim cevovodima

Nisu pronađeni.

Gubici i prelivi na rezervoarima

Ne postoje rezervoari u Pilot zoni.

Gubici na kućnim priključcima

Jedno curenje je pronađeno, količina: 4,8 m³/d (12,5%)

Nefakturisana voda

Procenat nefakturisane vode od 42,7 % (16,45 m³/d) je oko 6% manji nego za celu mrežu.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 38.5 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 22,05 m ³ /d (57,3%)	Fakturisana legalna potrošnja 22,05 m ³ /d (57,3%)	Izmerena fakturisana potrošnja 16,9 m ³ /d (43,9%)	Fakturisana voda 22,05 m ³ /d (57,3%)
			Neizmerena fakturisana potrošnja 5,15 m ³ /d (13,4%)	
		Nefakturisana legalna potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 16,45 m ³ /d (42,7%)
			Neizmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	
	Gubici vode 16,45 m ³ /d (42,7%)	Komercijalni gubici 11,65 m ³ /d (30,2%)	Ilegalna potrošnja 9,35 m ³ /d (24,2%)	
			Netačnosti vodomera 2,3 m ³ /d (6%)	
		Fizički gubici 4,8 m ³ /d (12,5%)	Gubici na glavnim cevovodima 0 m ³ /d (0%)	
			Gubici i prelive na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)	
	Gubici na kućnim priključcima 4m8 m ³ /d (12,5%)			

Slika 68 Pilot zona u Šapcu: Vodni bilans prema IWA terminologiji

4.1.5 Smederevo

4.1.5.1 Merenja protoka i pritiska

Merenja protoka i pritiska su izvedena na izvorištu, postrojenju za pripremu vode, pumpnim stanicama, rezervoarima i strateškim tačkama u mreži. U nastavku su detaljno prikazana najvažnija merenja.

Izvorište Šalinac

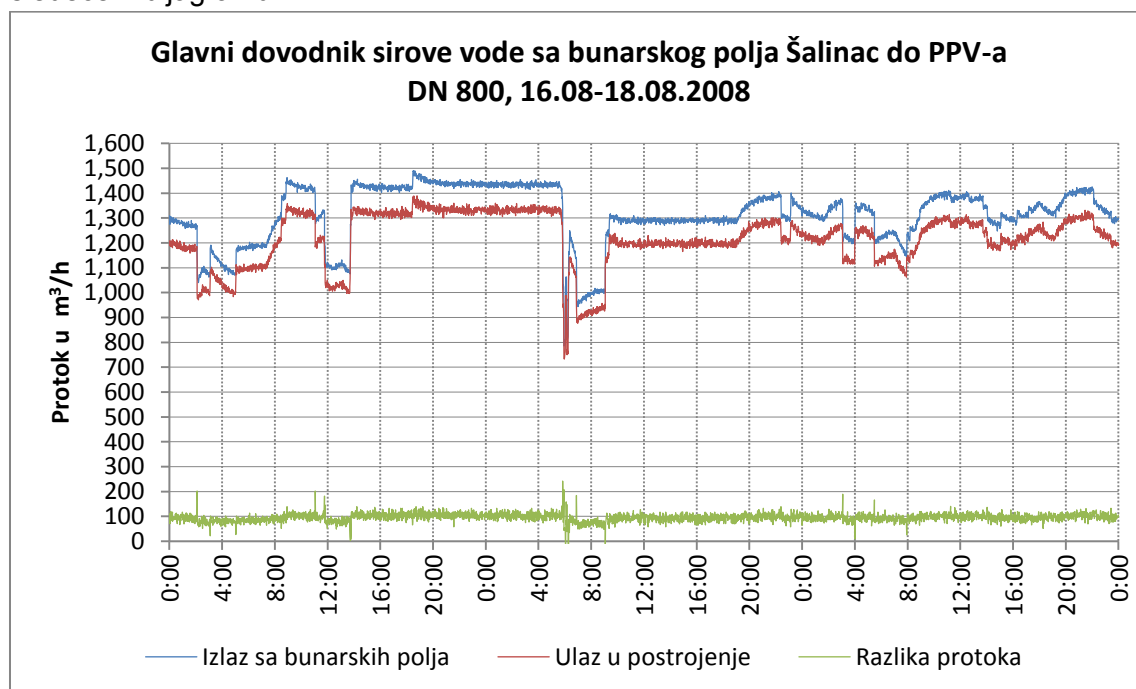
Proizvodnja sirove vode je merena u periodu od 72 sata, u periodu 16/18.8.2008 na sabirnom cevovodu sa bunara, i na ulazu u postrojenje. Merene količine su zavisile od broja bunara u eksploataciji. Preduzeće meri količinu sirove vode na potisu svakog bunara, kao i na ulazu u postrojenje (rastojanje oko 6,5 km). Razlika u ovim merenjima je oko 7% to jest 2.200 do 2.300 m³/d. Čak i uzimajući u obzir toleranciju od 2% za svako merenje, i dalje postoji razlika od oko 1.000 m³/d, koja nije mogla biti objašnjena od strane preduzeća (ne postoje priključci na cevovodu).

Prosečna proizvodnja u avgustu 2008 prema merenjima preduzeća je bila 29.000 m³/d. Ne postoje značajnija odstupanja između merenja preduzeća i merenja tokom istraživanja.

Datum	Izlaz sa bunarskog polja m ³ /d	Ulaz u postrojenje m ³ /d	Razlika m ³ /d	Razlika %
16. 08.	31.548,75	29.258,10	2.290,65	7,26
17. 08.	31.183,17	28.954,03	2.229,14	7,15
18. 08.	31.747,16	29.443,66	2.303,50	7,26

Tabela 17 Smederevo: rezultati verifikacije očitavanja merača protoka

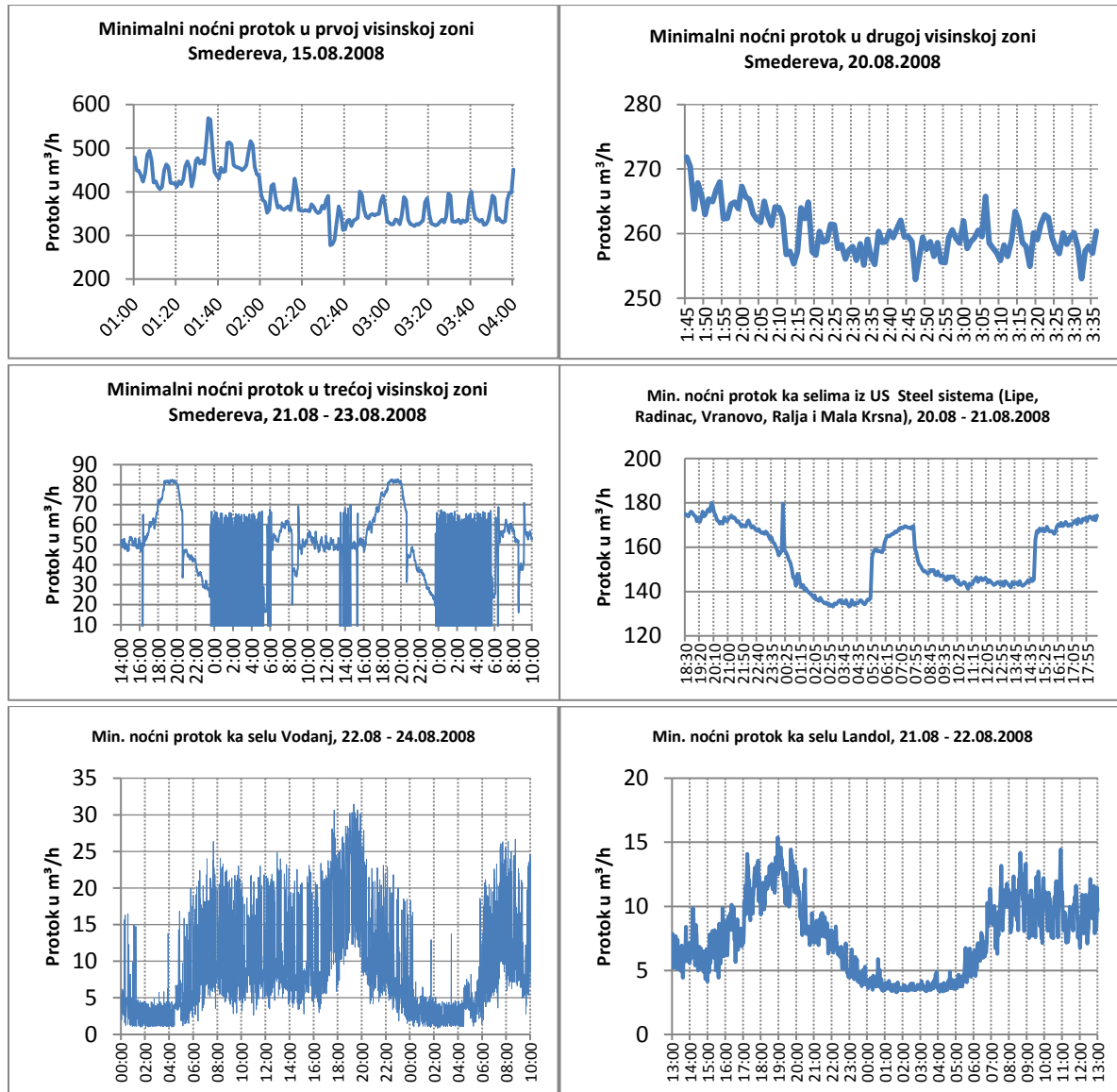
Iz prethodne tabele se može ustanoviti da proizvodnja sirove vode varira između 1.000 i 1.500 m³/h. Razlika između sabirnog potisa sa bunara i ulaza u postrojenje se jasno uočava na sledećem dijagramu.



Slika 69 Rezultati verifikacije očitavanja merača protoka

Na prethodnoj slici se može uočiti razlika između sabirnog potisa sa bunara i ulaza u postrojenje. Kratkotrajno merenje proizvedene vode nije moglo reflektovati razliku u proizvodnji tokom godine, ali je bilo dobar indikator da su vrednosti od strane preduzeća validne. Nakon što je merodavnost podataka dobijenih od preduzeća potvrđena, u nastavku proračuna je korišćena prosečna ukupna dnevna proizvodnja za 2008, koja je bila 24.187 m³.

Minimalni noćni protok je izračunat sabiranjem izmerenih noćnih protoka različitih zona u sistemu. Na primer, u prvoj visinskoj zoni, kojoj pripada centar grada i gde je preko 50% potrošača, očitani je minimalni noćni protok od oko 280 m³/h, kao što se vidi iz sledeće slike.



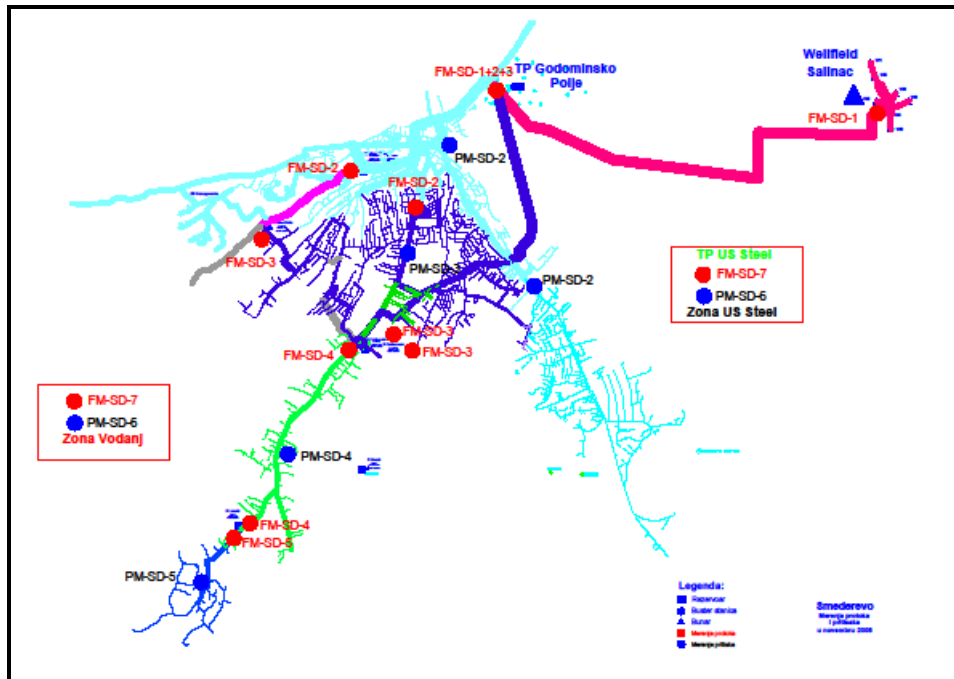
Slika 70 Minimalni noćni protoci u u delovima sistema Smedereva

Prethodni dijagrami prikazuju minimalne noćne protoke u delovima sistema Smedereva. Ukupan minimalni noćni protok dobijen je sabiranjem svih pojedinačnih izmerenih vrednosti.

Ukupan broj potrošača:	60.573
Ukupan broj priključaka:	14.935
Izmeren minimalni noćni protok:	734 m ³ /h

Merenja u mreži

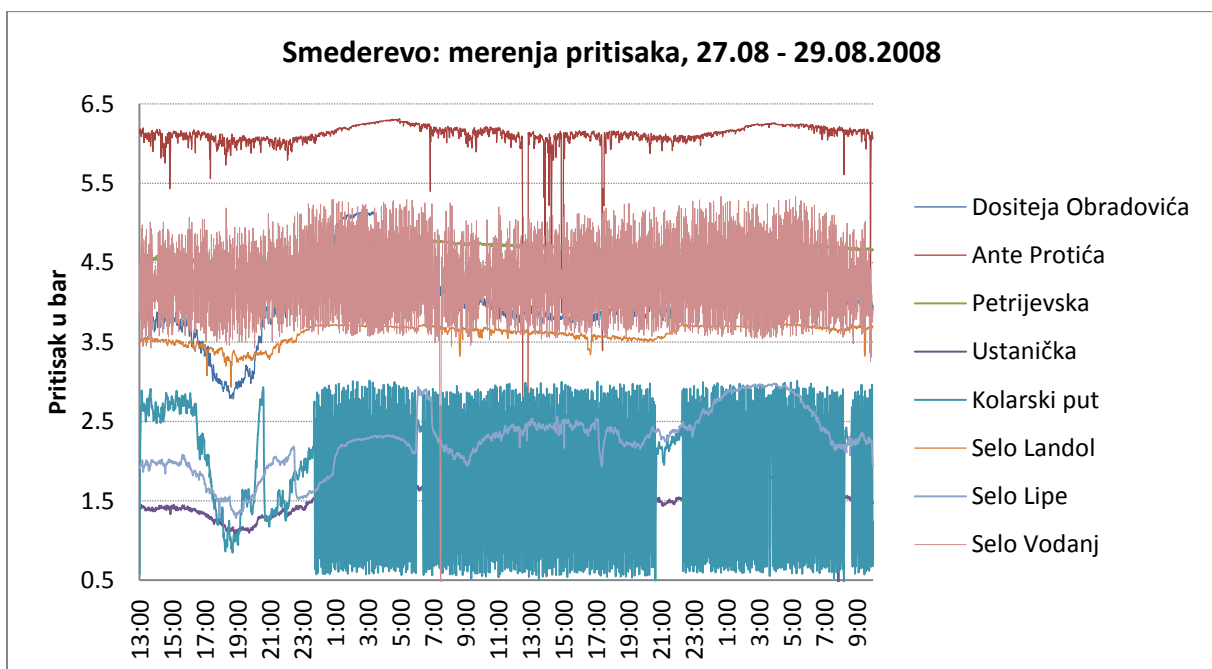
Merenja protoka i pritiska su paralelno vršena na sledećim lokacijama, kako je prikazano na sledećoj slici.



Slika 71 Merenja protoka i pritiska u mreži

Merenja pritiska

Ova merenja su vršena paralelno sa merenjima protoka, kako bi se dobile opšte informacije. Vršena su tokom dva dana, na osam lokacija. Lokacije su označene na prethodnoj slici.



Slika 72 Rezultati merenja pritiska u mreži

Prethodna slika daje prikaz stanja pritiska u mreži vodovodnog sistema u Smederevu. Iz nje se može zaključiti da je u svim delovima grada pritisak zadovoljavajući, dok je u pojedinim centralnim delovima i povišen. Pojedini delovi sistema se nalaze na višim nadmorskim visinama i snabdevaju se direktno iz pumpnih stanica, pa pritisak konstantno varira.

4.1.5.2 Očitavanje i baždarenje vodomera

Očitavanje vodomera

Ukupno je proverena funkcionalnost 74 vodomera, u Ulici Prote Mateje, u kojoj se nalaze porodične kuće sa dvorištima, i koja dobro reprezentuje celu mrežu (takođe i Pilot zona). Od ovog broja, 30 vodomera (41%) nije moglo biti očitano, iz dva razloga:

- Vodomer ne funkcioniše (pokretni mehanizam se ne okreće pri otvorenoj slavini iza vodomera).
- Staklo na vodomeru zamućeno do te mere da je nemoguće očitati stanje. Može se očekivati da se kod ovakvih slučajeva u dugom periodu nije vršilo očitavanje).
- Nije bilo moguće pristupiti lokaciji.

Očitavanja su vršena između 27.8. i 28.8.2008, odnosno u letnjem periodu, sa temperaturama od oko 35 stepeni.

Prosečna potrošnja koja je očitana u ovom periodu je bila 328 litara dnevno po potrošaču. Od preduzeća je dobijena vrednost fakturisane vode od 8.828.096 m³ za 2008, što odgovara 183 litara dnevno po potrošaču tokom cele godine. Za mesec avgust, preduzeće je izmerilo potrošnju od 367 litara dnevno po potrošaču, što je oko 20% više od očitane vrednosti.

Baždarenje vodomera

U cilju određivanja prividnih gubitaka koji nastaju usled netačnosti vodomera, ukupno je od preduzeća preuzeto 10 vodomera na baždarenje. Ovi vodomeri su predstavljali reprezentativni uzorak što se tiče starosti, prečnika i tipa vodomera, ugrađenih u mreži. Rezultati baždarenja pokazuju da je prosečan neregistrovani protok za Q_{min} 66%, za Q_t je 8,6% a za Q_n je 7,7%. Koristeći srednju dnevnu fakturisanu potrošnju za 2008 (14.675 m³/d), dolazi se do podatka da se dnevno potroši 2.102 m³ vode koja se ne registruje preko vodomera (što predstavlja 8,7% proizvedene vode). Zaključak je da su netačnosti u merenjima potrošene vode van prihvatljivog opsega.

Vodomer	Qmin 60 l/h Odstupanje %	Qt 150 l/h Odstupanje %	Qn 1.500 l/h Odstupanje %
1	-45.00	-9.50	-6.60
2	-97.00	-3.50	-2.10
3	-95.00	-12.50	-4.00
4	-82.00	-9.00	-5.20
5	-100.00	-18.00	-5.80
6	1.00	2.50	-2.60
7	-18.00	1.50	-4.90
8	-24.00	-7.50	-17.80
9	-100.00	-43.00	-38.20
10	-100.00	13.50	10.40

Tabela 18 Rezultati baždarenja vodomera**4.1.5.3 Minimalni noćni protok**

Obzirom da većina potrošača noću ne koristi vodu, minimalni noćni protok predstavlja količinu vode koju koriste industrijski i institucionalni potrošači, vodu koju koriste individualni potrošači koji ne spavaju i, što je najvažnije, gubitke. Sledeća tabela prikazuje izmerenu minimalnu noćnu potrošnju za ceo sistem.

	Potrošači	Priklučci	Minimalni noćni protok	
			m ³ /h	l/priključak/h
Cela mreža	80.100	18.678	734	39,30

Tabela 19 Minimalni noćni protok**4.1.5.4 Minimalna noćna potrošnja**

U nedostatku detaljnih informacija o noćnoj potrošnji industrijskih i institucionalnih potrošača, minimalna noćna potrošnja je proračunata oduzimanjem nefakturisane vode od minimalnog noćnog protoka. Pošto nisu postojali dugoročni podaci o pojedinim zonama, minimalna noćna potrošnja je proračunata na bazi podataka za ceo sistem (izvor: JKP, godina 2008):

Prosečna dnevna proizvodnja:	24.187 m ³
Postojeći kućni priključci:	18.678 komada
Prosečna dnevna fakturisana potrošnja:	14.675 m ³
Nefakturisana voda dnevno:	9.512 m ³ (396 m ³ /h)
Izmeren minimalni noćni protok:	734 m ³ /h

Izračunata minimalna noćna potrošnja (razlika između minimalnog noćnog protoka i nefakturisane vode) je 338 m³/h odnosno 18,1 l/priključak/h.

4.1.5.5 Vodni bilans prema IWA terminologiji**Proizvedena voda**

Pouzdanost i tačnost postojećih informacija o proizvodnji vode su potvrđene merenjima, opisanim u Poglavlju 4.1.5.1. Korišćena je prosečna dnevna proizvodnja iz 2008, dobijena od strane preduzeća, koja je 24.187m³.

Legalna potrošnja

Ukupna količina legalne potrošnje, koja sadrži fakturisane i nefakturisane legalne potrošnje, iznosila je 15.845 m³ (65,5%).

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Proverom vodomera, opisanom u Poglavlju 4.1.5.2, zaključeno je da su očitavanja od strane preduzeća pouzdana. Prosečna dnevna fakturisana potrošnja je bila 14.675 m³ (60,7%), kolika je i visina fakturisane vode.

Izmerena fakturisana potrošnja

Visina izmerene fakturisane potrošnje je 14.675 m³ (60,7%), a ova vrednost sadrži u sebi i potrošače koji se fakturišu paušalno.

Neizmerena fakturisana potrošnja

U podacima preduzeća postoje potrošači koji se mere paušalno, ali zbog nedostataka u softveru, nije bilo moguće isfiltrirati ih, tako da su oni pridodati prethodnoj grupi. Iz tog razloga, vrednost neizmerene fakturisane potrošnje je nula.

Nefakturisana legalna potrošnja

Zbrajanjem izmerene i neizmerene nefakturisane potrošnje došlo se do dnevne prosečne vrednosti od 1.170 m³ (4,8%).

Izmerena nefakturisana potrošnja

Svakom potrošaču koji se meri se takođe izdaje račun, tako da je za ovu kategoriju ukupna dnevna količina 0 m³.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Određivanje vrednosti neizmerene nefakturisane vode je vrlo teško, jer zavisi od vremena. Osim za javne česme, ova voda se koristi i za zalivanje javnih zelenih površina i pranje ulica tokom leta. Iz praktičnog iskustva usvojeno je da je dnevna količina oko 2% proizvedene vode, odnosno 481 m³.

Osim toga, u Smederevu postoji oko 1.000 neregistrovanih objekata koji su snabdeveni vodom, ali im se ta voda, iz pravnih razloga, ne fakturiše. Procenjeno je da je njihova potrošnja 2,8% ili 250.463 m³/godišnje.

Zaključak je da je ukupna vrednost neizmerene nefakturisane potrošnje 4,8% (1.170 m³/d).

Gubici vode

Gubici vode su zbir komercijalnih i fizičkih gubitaka, odnosno razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje. Dnevna visina gubitaka je 25,4% (8.342 m³).

Komercijalni gubici

Ukupna dnevna visina komercijalnih gubitaka je zbir ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera, i iznosila je 3.069 m³ (12,7%).

Ilegalna potrošnja

Pretpostavka, usaglašena sa podacima preduzeća, je da je visina ilegalne dnevne potrošnje 967 m³ (4%).

Netačnosti vodomera

Netačnosti vodomera su utvrđeni u Poglavlju 4.1.5.2 i na dnevnom nivou su iznosili 8,7% (2.102 m³).

Fizički gubici

Ukupna dnevna vrednost fizičkih gubitaka je bila 5.273 m³ (21,8%).

Gubici na glavnim cevovodima

Statistički podaci o pojavama curenja i popravkama, kao i o vrsti materijala i starosti cevovoda ne postoje. Visina dnevnih gubitaka na glavnim cevovodima od 3.480 m³ (14,4%) je dobijena oduzimanjem gubitaka na kućnim priključcima od fizičkih gubitaka.

Gubici i prelivi na rezervoarima

Tokom merenja i istraživanja nisu pronađena nikakva curenja ili preliivanja na rezervoarima, to jest njihova dnevna vrednost je 0 m³.

Gubici na kućnim priključcima

Istraživanja u Pilot zoni su pokazala da je većina kućnih priključaka izgrađena od PE cevi. Obzirom da je ovaj materijal u Srbiji počeo da se koristi tek pred kraj prošlog veka, pretpostavka je da su gubici na tim priključcima vrlo niski. Za preostale priključke, izgrađene od čelika, procenjeni su mnogo veći dnevni gubici od 7,4% (1.793 m³) za celu mrežu.

Nefakturisana voda

U cilju procene visine nefakturisane vode za celu mrežu, korišćen je najčešći način, a to je da se izmeri ukupan ulaz vode u sistem za određen vremenski period, a da se zatim od njega oduzme količina vode koja se fakturiše.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 24.187 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 15.845 m ³ /d (65,5%)	Fakturisana legalna potrošnja 14.675 m ³ /d (60,7%)	Izmerena fakturisana potrošnja 14.675 m ³ /d (60,7%)	Fakturisana voda 14.675 m ³ /d (60,7%)	
			Neizmerena fakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)		
			Nefakturisana legalna potrošnja 1.170 m ³ /d (4,8%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 9.512 m ³ /d (39,3%)
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 1.170 m ³ /d (4,8%)	
	Gubici vode 8.342 m ³ /d (34,5%)	Komercijalni gubici 3.069 m ³ /d (12,7%)	Ilegalna potrošnja 967 m ³ /d (4%)		
			Netačnosti vodomera 2.102 m ³ /d (8,7%)		
		Fizički gubici 5.273 m ³ /d (21,8%)	Gubici na glavnim cevovodima 3.480 m ³ /d (14,4%)		
				Gubici i prelivi na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)	
		Gubici na kućnim priključcima 1.793 m ³ /d (7,4%)			

Slika 73 Smederevo: Vodni bilans prema IWA terminologiji

Interpretacija rezultata:

Prikazani rezultati velikog broja merenja protoka i pritiska, kao i naknadnih analiza i proračuna, pokazuju da je ukupna vrednost nefakturisane vode 39,3% (2008) za celu mrežu, koja se grubo računa na bazi godišnjih vrednosti proizvedene i fakturisane vode. Detaljnu analizu svake komponente NFV je potrebno sprovesti na Pilot zoni, kako je to predviđeno i Smernicama IWA, o kojima je pisano u Poglavlju 2.2.

4.1.5.6 Pilot zona

U cilju što boljeg upoznavanja sa stanjem vodovodne mreže u sistemu, kao i o komponentama NFV, u okviru istraživanja je odabrana Pilot zona, tako da što više odgovara smernicama IWA, opisanim u Poglavlju 2.2, a takođe i da zadovolji ograničenja samog sistema.

Sledeća slika pokazuje lokaciju Pilot zone:



Slika 74 Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Smedereva

Opšti podaci

Za Pilot zonu je odabrana ulica Prote Mateje, u zapadnom delu grada. Razlog za odabir je taj što je ovu zonu bilo moguće izolovati od ostatka sistema, postoji dovoljan broj ventila i hidranata u cilju detekcije curenja, a i zona odražava karakteristike celog sistema vodosnabdevanja. Od pripremnih radova, bilo je potrebno izvršiti jedan iskop za privremeno montiranje mobilnog merača protoka. Većina potrošača živi u prizemnim porodičnim kućama sa dvorištom, srednjih finansijskih primanja. Zona se snabdeva iz jedne tačke.

Podaci o potrošačima

Ukupan broj priključaka	74
Ukupan broj instaliranih vodomera	74
Kućni vodomeri	72
Industrijski vodomeri	2
Ukupan broj potrošača	144
Prosečna dnevna potrošnja po potrošaču	328 l

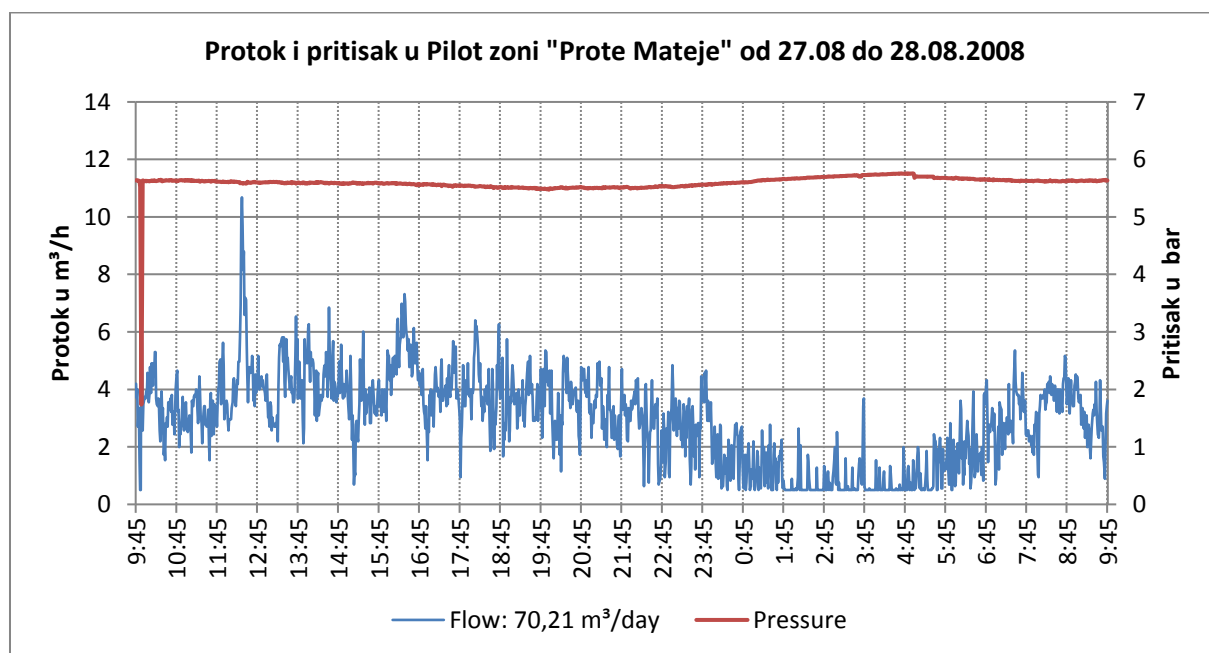
Podaci o mreži

Ovi podaci su očitani sa mapa, dok je za prosečnu dužinu kućnog priključka uzeto 10 m.

Ukupna dužina dovodnog cevovoda	420 m
Ukupna dužina cevi za kućne priključke	740 m
Ukupna dužina cevi u zoni	1.160 m
Broj priključaka po km dovodnog cevovoda	176 komada

Merenja protoka i pritiska

Merenja su vršena od 27.8. do 28.8.2008. Ova merenja su bila osnova za dobijanje pouzdanih podataka o ulazu u zonu. Merenja protoka su kombinovana sa merenjima pritiska i očitavanjima potrošnje. Sledeći grafik prikazuje rezultate merenja:



Slika 75 Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu

Rezultati merenja:

Dnevni ulaz vode u Pilot zonu	70,21 m ³ /d
Dnevni ulaz vode u zonu po priključku	0,95 m ³ /Pr/d
Dnevni ulaz vode u zonu po potrošaču	488 l/Pot/d
Minimalni noćni protok	0,5 m ³ /h

Merenje pritiska je pokazalo da je pritisak praktično bio konstantan.

Takođe, potrebno je navesti da su podaci o potrošnji, dobijeni od JKP-a, izmereni pomoću vodomera čije je vreme baždarenja isteklo, tako da se iz iskustva može pretpostaviti da pokazuju nešto manje od stvarne potrošnje.

Minimalni noćni protok, noćna potrošnja, fizički gubici

Osnova za procenu minimalnog noćnog protoka u Pilot zoni je uzeta iz Pravilnika W 392 nemačkog udruženja za snabdevanje vodom i gasom, kao što je navedeno u poglavlju 2.1.1.2. Noćna potrošnja je procenjena na 0,8 m³/h po 1.000 potrošača na bazi Smernica DVGW i u

razgovoru sa JKP-om. To znači da bi teoretski 144 potrošača konzumiralo maksimalno 0,12 m³/h u noćnom periodu.

Ova minimalna noćna potrošnja od 0,12 m³/h se oduzima od minimalnog noćnog protoka koji je 0,5 m³/h, što dovodi do gubitaka od 0,38 m³/h, odnosno 9,12 m³/d.

Tokom kampanje na detekciji curenja, pronađena su dva curenja na kućnim priključcima, na brojevima 5 i 35, koji predstavljaju gubitke od 0,38 m³/h.

Bilans vode u Pilot zoni

Proizvedena voda

Merenjima je utvrđeno 70,21 m³/d (100%)

Legalna potrošnja

Legalna potrošnja iznosi 48,26 m³/d (68,7%)

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Ukupna fakturisana legalna potrošnja od 48,26 m³/d (68,7%) se dobija zbrajanjem izmerene i neizmerene fakturisane potrošnje.

Izmerena fakturisana potrošnja

Prosečna dnevna fakturisana potrošnja od 183 litara dnevno po potrošaču nije korišćena za Pilot zonu, zbog velike razlike te vrednosti i 328 litara dnevno po potrošaču, koja je bila očitana. Potrošnja koja je dobijena sa 44 funkcionalna vodomera je 41,7 m³/d (59,4%)

Neizmerena fakturisana potrošnja

Prosečna izmerena potrošnja od 328 litara dnevno po potrošaču, dobijena preko vodomera u funkciji, je korišćena za procenu količine neizmerene fakturisane potrošnje. Na 30 kućnih priključaka (20 potrošača) vodomeri su bili van funkcije, njihova potrošnja: 6,56 m³/d (9,3%)

Nefakturisana legalna potrošnja

Ne postoji.

Izmerena nefakturisana potrošnja

Ne postoji.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Ne postoji.

Gubici vode

Ukupna količina fizičkih i komercijalnih gubitaka je 21,95 m³/d (31,3%)

Komercijalni gubici

Suma ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera je 12,83 m³/d (18,3%)

Ilegalna potrošnja

Ukupno 30 od 74 vodomera se ne mogu očitati, a takođe nema nikakvih naznaka da ih preduzeće uopšte očitava. Zbog toga je za ovu kategoriju uzeta količina od 6,73 m³/d (9,6%).

Dobijena je kad se od ukupno proizvedene vode oduzme legalna potrošnja, fizički gubici i netačnosti vodomera.

Netačnosti vodomera

Vrednost je dobijena baždarenjem vodomera (poglavlje 4.1.5.2): 6,1 m³/d (8,7%)

Fizički gubici

Fizički gubici (zbir naredne tri komponente) su 9,12 m³/d (13%)

Gubici na glavnim cevovodima

Nisu pronađeni.

Gubici i prelivi na rezervoarima

Ne postoje rezervoari u Pilot zoni.

Gubici na kućnim priključcima

Dva curenja su pronađena, a njihova tačna količina nije mogla biti određena jer nisu bila sanirana na vreme. Preko minimalnog noćnog protoka, izračunata je količina od 9,12 m³/d (13%)

Nefakturisana voda

Procenat nefakturisane vode od 31,3 % (21,95 m³/d) je oko 8% manji nego za celu mrežu. Jedan od mogućih razloga za ovu razliku je i mala veličina Pilot zone.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 70,21 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 48,26 m ³ /d (68,7%)	Fakturisana legalna potrošnja 48,26 m ³ /d (68,7%)	Izmerena fakturisana potrošnja 41,7 m ³ /d (59,4%)	Fakturisana voda 48,26 m ³ /d (68,7%)	
			Neizmerena fakturisana potrošnja 6,56 m ³ /d (9,3%)		
			Nefakturisana legalna potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 21,95 m ³ /d (31,3%)
			0 m ³ /d (0%)	Neizmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	
	Gubici vode 21,95 m ³ /d (31,3%)	Komercijalni gubici 12,83 m ³ /d (18,3%)	Ilegalna potrošnja 6,73 m ³ /d (9,6%)		
			Netačnosti vodomera 6,1 m ³ /d (8,7%)		
		Fizički gubici 9,12 m ³ /d (13%)	Gubici na glavnim cevovodima 0 m ³ /d (0%)		
			Gubici i prelivi na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)		
	Gubici na kućnim priključcima 9,12 m ³ /d (13%)				

Slika 76 Vodni bilans prema IWA terminologiji u Pilot zoni u Smederevu

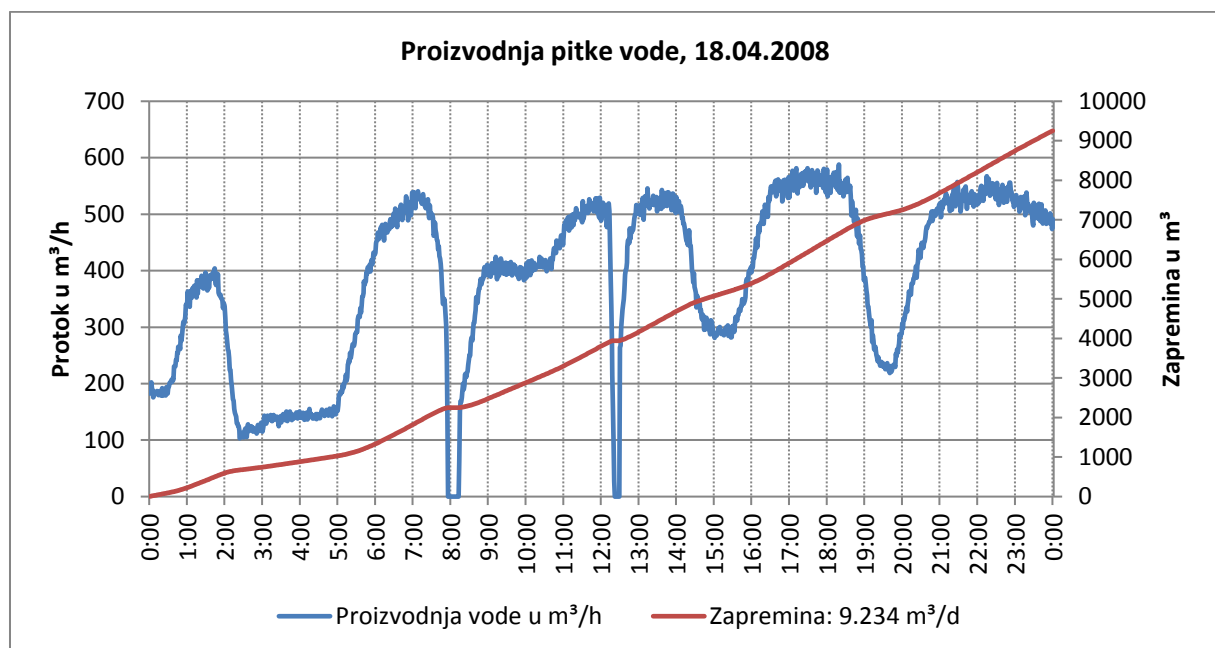
4.1.6 Sombor

4.1.6.1 Merenja protoka i pritiska

Merenja protoka i pritiska su izvedena na izvorštima, postrojenju za pripremu vode, pumpnim stanicama, rezervoarima i strateškim tačkama u mreži. U nastavku su detaljno prikazana najvažnija merenja.

Izvorište Jaroš

Merenje proizvodnje pitke vode je vršeno na izlazu iz postrojenja, od 18. do 20. aprila 2008, pomoću ultrazvučnog merača protoka. U zavisnosti od broja uključenih pumpi na bunarskom polju izvorišta Jaroš, protok je značajno varirao. Detalji su prikazani na sledećem dijagramu i tabeli. Dva pada pritiska koji se mogu uočiti na dijagramu pokazuju periode ispiranja filtera.



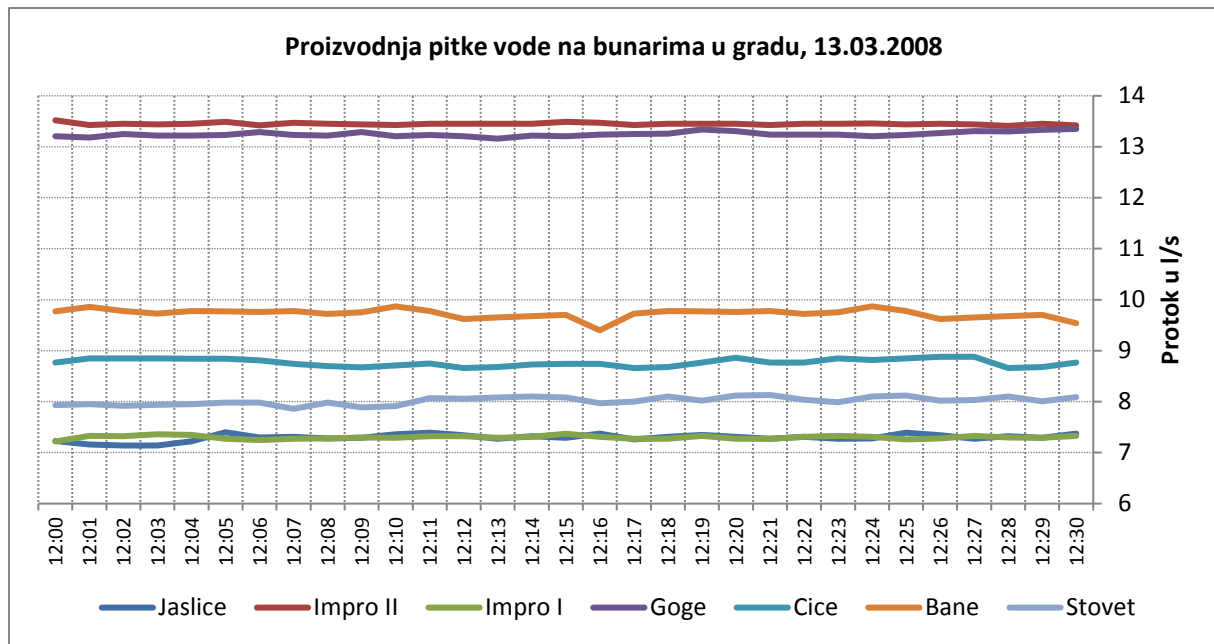
Slika 77 Proizvodnja pitke vode na postrojenju Jaroš

Prethodna slika prikazuje merenje proizvodnje pitke vode. Periodi ispiranja filtera se primećuju po dva pada pritiska uočljivim na dijagramu. Ukupno proizvedena voda je bila 9.234 m³/d.

Ovo merenje je takođe potvrdilo da su podaci preduzeća o proizvedenoj vodi merodavni, pošto je prosečna razlika između merenja JKP-a i merenja tokom istraživanja bila ispod 4%.

Bunari u gradu

Postoji sedam bunara u gradu, koji ne rade neprestano već se uključuju po potrebi. Tokom leta, ovi bunari se koriste otprilike 30% više nego zimi. Sedam merenja protoka je potvrdilo pouzdane podatke preduzeća o proizvedenoj vodi. Merenja su vršena od 17. do 19. aprila 2008. Voda se dezinfikuje na licu mesta i šalje u mrežu direktno.



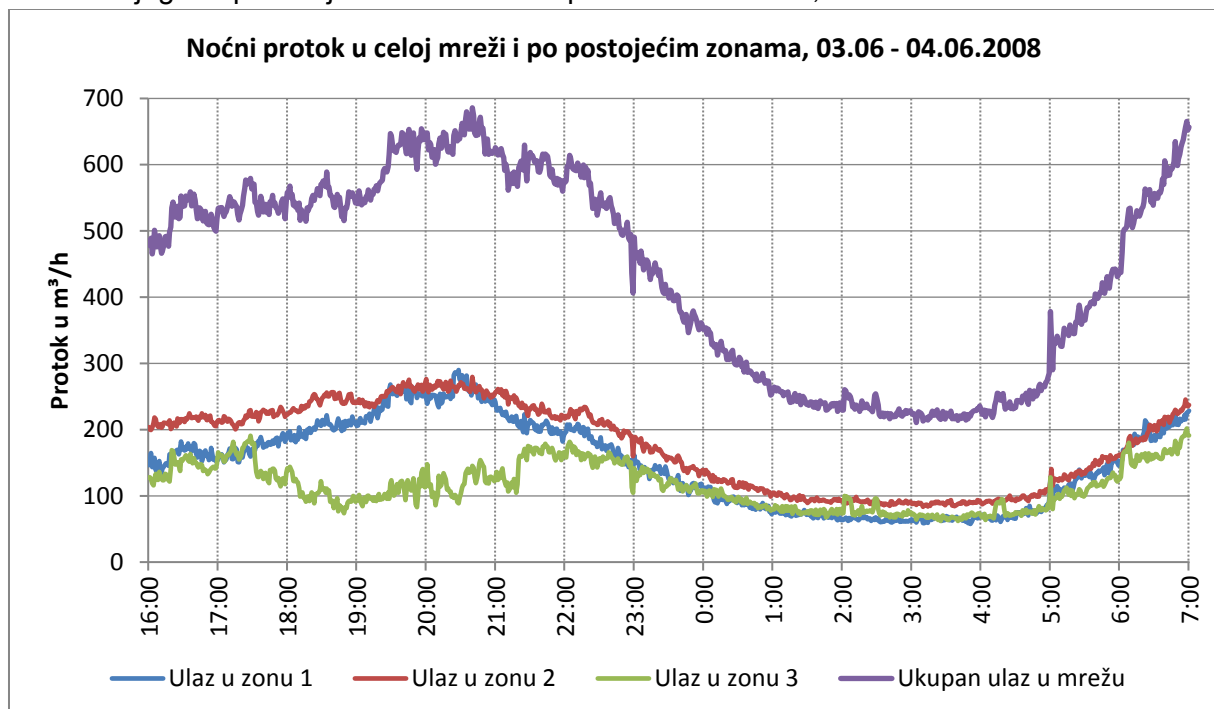
Slika 78 Proizvodnja vode na bunarima u gradu

Samo jedan bunar je opremljen meračem protoka, dok se za ostale protok procenjuje na osnovu kapaciteta pumpi, utroška električne energije i broja sati rada pumpi. Ukupno proizvedena voda, na osnovu petodnevnih posmatranja, je oko 1.640 m³/d.

Ukupna proizvedena voda

Dnevna proizvodnja vode se sastoji od vode sa izvorišta Jaroš, i sa bunara iz grada. Ona zavisi od broja uključenih pumpi, kao i od doba godine. Zbog toga je teško odrediti pouzdan podatak za proračun NRW.

Sledeći dijagram pokazuje minimalni noćni protok od 225 m³/h, izmeren između 03:00 i 04:00.



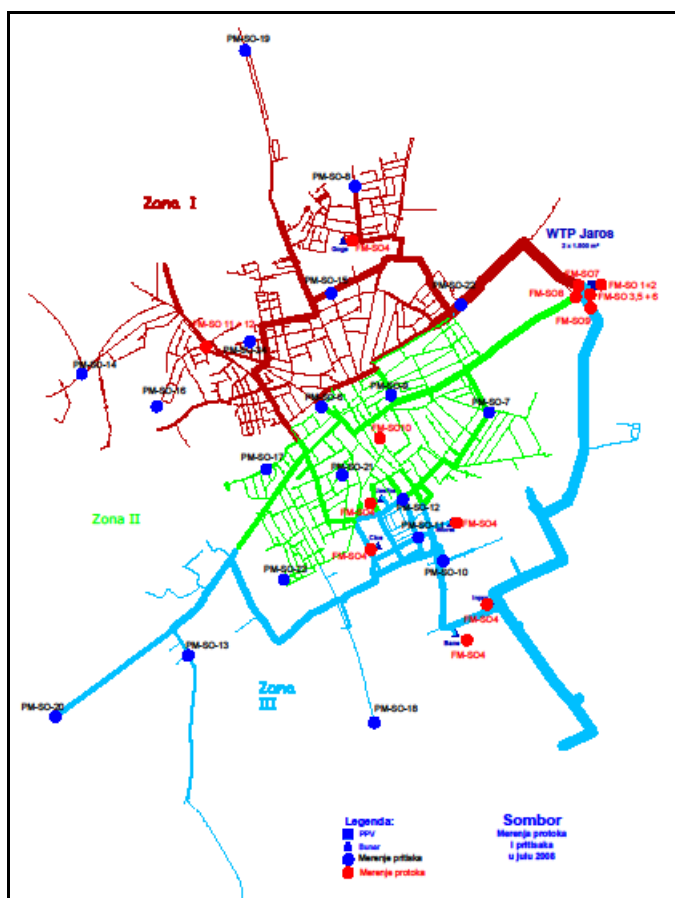
Slika 79 Noćni protok u celoj mreži i po postojećim zonama Sombora

Iz prethodnog dijagrama se može zaključiti da je minimalni noćni protok 225 m³/h.

Ukupan broj potrošača: 48.300
 Broj priključaka: 14.111
 Izmeren minimalni noćni protok: 225 m³/h

Cela mreža:

Merenja protoka i pritisaka su paralelno vršena na sledećim lokacijama, kako je prikazano na sledećoj slici. Različitim bojama su prikazane zone koje je identifikovalo preduzeće.

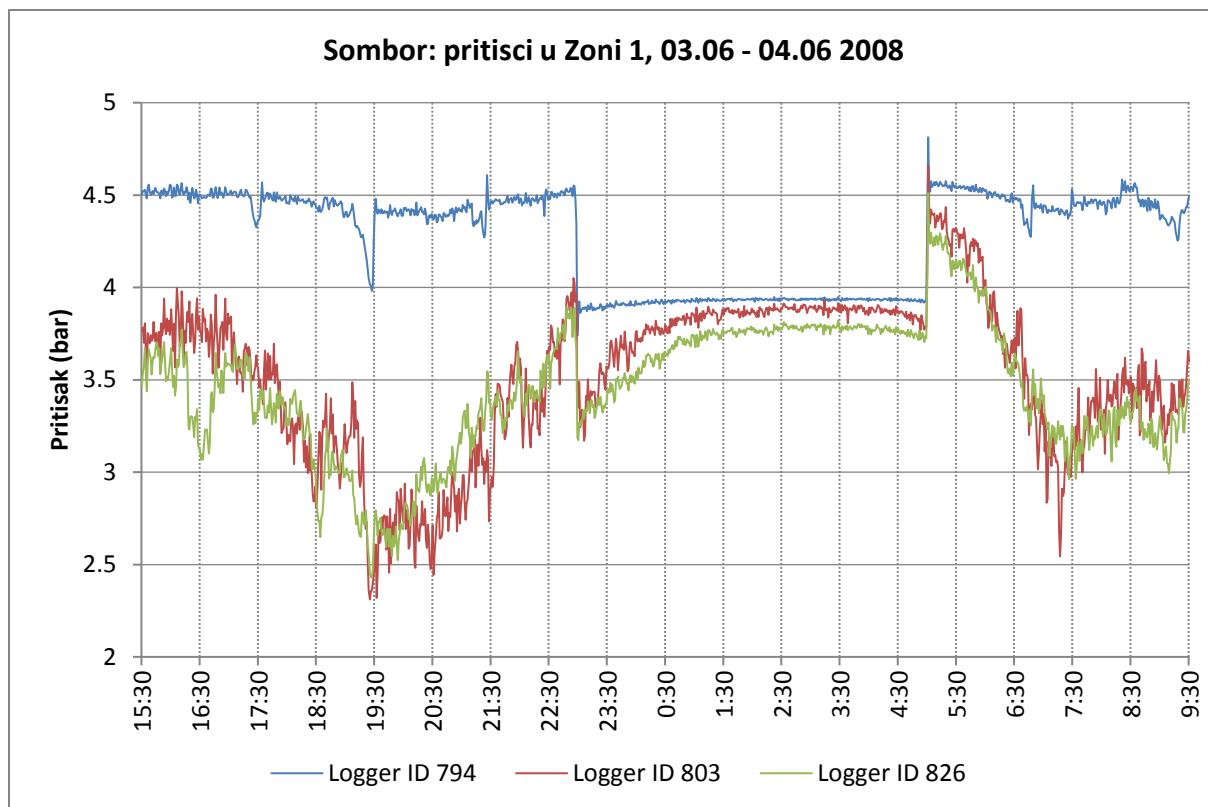


Slika 80 Merenja protoka i pritiska u mreži.

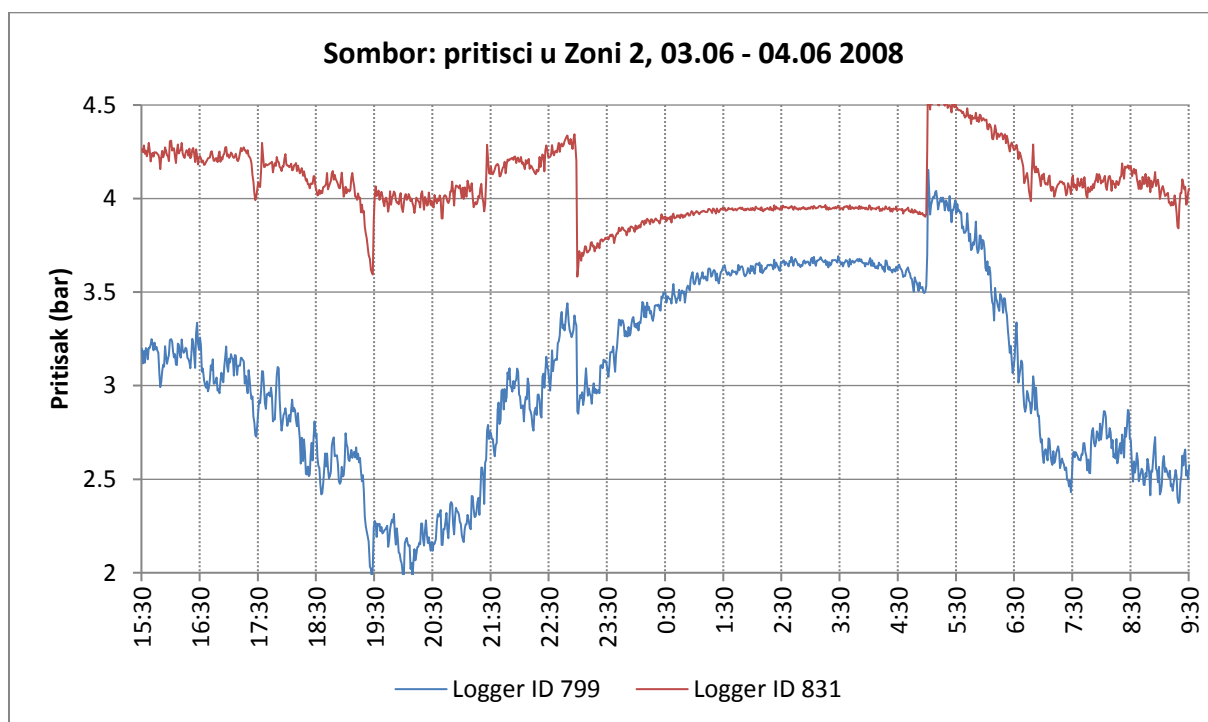
Merenja pritiska

Ova merenja su vršena na 19 lokacija u dva maha (prvo tokom tri dana, zatim tokom dva dana) od 2. do 4. aprila 2008, paralelno sa merenjima protoka, kako bi se dobile opšte informacije (na primer da li je sistem pod pritiskom, koji je uticaj pritiska u mreži na ulaz u mrežu i slično), a zatim od 3. do 6. jula 2008.

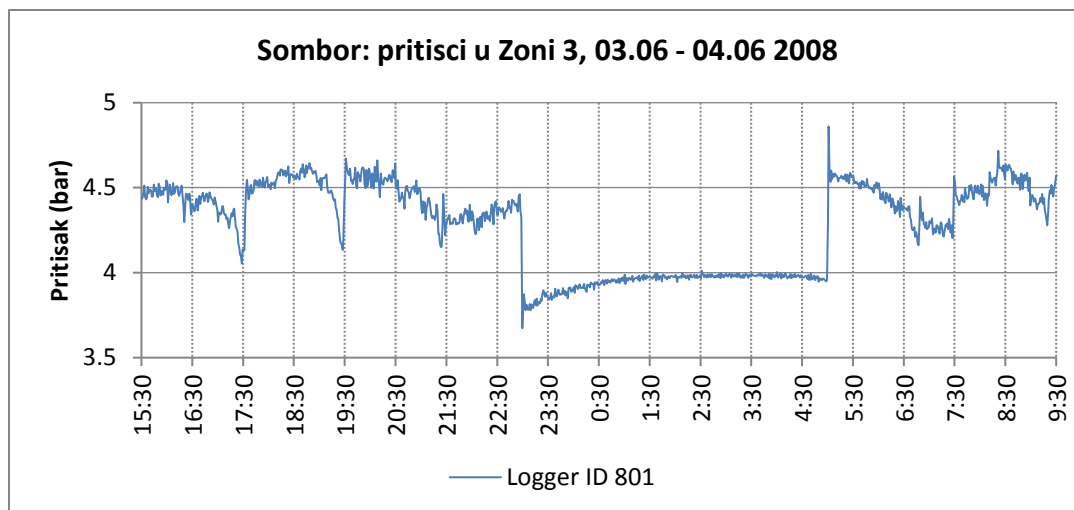
Praćenje nivoa pritiska je bilo važno kako bi se dobio uvid u sistem vodosnabdevanja, kao i o mogućnostima za smanjenjem gubitaka kontrolom pritiska tokom noćnih časova. Nivo pritiska u celoj mreži je zadovoljavajući, a lokacije merenja su prikazane na prethodnoj slici.



Slika 81 Rezultati merenja pritiska u Zoni 1 koju je identifikovalo preduzeće



Slika 82 Rezultati merenja pritiska u Zoni 2 koju je identifikovalo preduzeće



Slika 83 Rezultati merenja pritiska u Zoni 3 koju je identifikovalo preduzeće

Prethodne slike daju prikaz stanja pritiska u mreži vodovodnog sistema u Somboru. Iz njih se može zaključiti da je u svim delovima grada pritisak zadovoljavajući. U svim zonama vrši se noćna redukcija pritiska.

4.1.6.2 Očitavanje i baždarenje vodomera

Provera očitavanja vodomera od strane preduzeća:

Ukupno je proverena funkcionalnost 17 vodomera instaliranih u višespratnicama. Očitavanje je vršeno između 12. i 14. marta 2008, a zatim su rezultati upoređeni sa očitavanjima od strane preduzeća u januaru i februaru iste godine. Pojedinačni stanovi nemaju ugrađene vodomere. Upoređenjem se došlo do zaključka da su očitavanja vršena tokom istraživanja odgovarala vrednostima dobijenim od strane preduzeća (3 do 5% manje nego što preduzeće očitava). Detalji su dati u sledećoj tabeli.

Adresa	Potrošača	Potrošnja (JKP)		Prvo očitavanje 12.03.08 u 08:20	Drugo očitavanje 14.03.08 u 08:20	Izmerena potrošnja	
		l/p/d (Jan)	l/p/d (Feb)			m ³ /48 sati	l/p/d
A-1-1 Skupština Zgrade	31	149,46	134,79	423,985	431,734	7,749	124,98
A-1-2 Skupština Zgrade	31	194,62	237,33	9701,459	9715,031	13,572	218,90
A-2 Skupština Zgrade	59	142,94	182,20	6330,851	6346,334	15,483	131,21
A-3 Skupština Zgrade	55	173,94	165,58	9388,694	9404,132	15,438	140,35
A-4 Skupština Zgrade	52	201,28	212,91	4660,759	4681,766	21,007	201,99
A-5 Skupština Zgrade	55	233,33	204,55	8000,758	8023,469	22,711	206,46
A-6 Skupština Zgrade	49	140,14	182,22	6159,788	6176,358	16,57	169,08
A-7 Skupština Zgrade	46	175,36	193,32	9001,341	9017,675	16,334	177,54
A-8 Skupština Zgrade	49	218,37	210,64	9871,113	9890,877	19,764	201,67
A-9 Skupština Zgrade	25	129,33	124,29	2271,511	2277,882	6,371	127,42
A-10-2 Skupština Zgrade	43	144,96	160,30	40597	40608	11	127,91
A-12-1 Skupština Zgrade	62	110,75	103,69	13031	13044,4	13,4	108,06
A-12-2 Skupština Zgrade	58	104,60	98,52	6672,1	6681,3	9,2	79,31
A-15 Skupština Zgrade	120	201,39	181,55	20500,250/ 2468,596	20533,490/ 2476,277	40,904	170,43
A-18-1 Skupština Zgrade *)	39	319,66	347,99	5965,46	5996,68	31,22	400,26
A-18-2 Skupština Zgrade	48	206,94	199,40	9988,072	10007,275	19,203	200,03
A-17 Skupština Zgrade	108	270,06	243,72	1147,949/ 485,764	1198,666/ 486,673	51,626	239,01
Total	930	3.117,14	3.182,99			331,552	
Prosečno u l/p/d		183,36	187,23				177,92

*)...Veliki noćni protok je izmeren ultrazvučnim meračem protoka

Tabela 20 Rezultati provere očitavanja vodomera

Baždarenje vodomera

U cilju procene dela prividnih gubitaka koja nastaju kao posledica netačnosti vodomera, ukupno 11 vodomera je preuzeto od preduzeća u cilju baždarenja. Što se tiče starosti, prečnika i tipa vodomera, može se smatrati da su ovi vodomeri reprezentativni za celu mrežu.

Rezultati baždarenja su pokazali da je prosečna starost vodomera od 5 do 15 godina i da imaju loše performanse za niske protoke. Rezultati su takođe pokazali da se pri Q_{min} prosečno ne registruje 4,8% protoka, pri Q_t se ne registruje 1,3%, a pri Q_n se ne registruje 1,8%. Korišćenjem prosečne dnevne fakturisane potrošnje iz 2008 od 9.233 m³, količina vode koja se registruje pri Q_{min} je 923 m³, pri Q_t je 1.847 m³ a pri Q_n je 6.463 m³.

Kombinujući ove vrednosti sa netačnostima u merenjima, proizilazi da je količina neregistrovane vode pri Q_{min} 44 m³/d, pri Q_t 24 m³/d a pri Q_n je 117 m³/d. Ukupno se količina od 185 m³/d potroši u sistemu vodosnabdevanja u Somboru, a da se ne registruje preko vodomera.

Detalji o baždarenju vodomera su dati u sledećoj tabeli.

Vodomer	Q_{min} 100 l/h Odstupanje %	Q_t 250 l/h Odstupanje %	Q_n 2.500 l/h Odstupanje %	Q_{max} 5.000 l/h Odstupanje %
1	10.60	1.50	1.20	0.40
2	-15.50	-2.40	-2.00	-2.50
3	-2.40	-3.80	-7.80	-8.00
4	-2.50	2.80	-4.90	-8.00
5	4.10	-1.10	-2.00	-2.50
6	4.10	3.50	-1.10	-5.10
7	36.60	1.50	2.50	-1.60
8	-61.00	-7.70	-3.00	-3.50
9	-15.40	-9.70	-1.50	-0.90
10	4.00	0.20	-1.10	-1.30
11	-15.40	0.90	-0.10	0.10

Tabela 21 Rezultati baždarenja vodomera

4.1.6.3 Minimalni noćni protok

Obzirom da većina potrošača noću ne koristi vodu, minimalni noćni protok predstavlja količinu vode koju koriste industrijski i institucionalni potrošači, vodu koju koriste individualni potrošači koji ne spavaju i, što je najvažnije, gubitke. Sledeća tabela prikazuje izmerenu minimalnu noćnu potrošnju za ceo sistem.

	Potrošači	Priključci	Minimalni noćni protok	
			m ³ /h	l/priključak/h
Cela mreža	48.300	14.111	225,0	15,95

Tabela 22 Minimalni noćni protok

4.1.6.4 Minimalna noćna potrošnja

U nedostatku detaljnih informacija o noćnoj potrošnji industrijskih i institucionalnih potrošača, minimalna noćna potrošnja je proračunata oduzimanjem nefakturisane vode od minimalnog noćnog protoka. Pošto nisu postojali dugoročni podaci o pojedinim zonama, minimalna noćna potrošnja je proračunata na bazi podataka za ceo sistem (izvor: JKP, godina 2008):

Prosečna dnevna proizvodnja (JKP, 2008):	12.710 m ³
Postojeći kućni priključci (JKP, 2008):	14.111 komada
Prosečna dnevna fakturisana potrošnja (JKP, 2008):	9.233 m ³
Nefakturisana voda dnevno:	3.477 m ³ (145 m ³ /h)
Izmeren minimalni noćni protok:	225 m ³ /h

Izračunata minimalna noćna potrošnja (razlika između minimalnog noćnog protoka i nefakturisane vode) je 80 m³/h odnosno 5,67 l/priključak/h.

4.1.6.5 Vodni bilans prema IWA terminologiji

Proizvedena voda

Pouzdanost i tačnost postojećih informacija o proizvodnji vode su potvrđene merenjima, opisanim u Poglavlju 4.1.6.1. Korišćena je prosečna dnevna proizvodnja iz 2008, dobijena od strane preduzeća, koja je 12.710 m³/dan.

Legalna potrošnja

Ukupna količina legalne potrošnje, koja sadrži fakturisane i nefakturisane legalne potrošnje, iznosila je 9.487 m³ (74,6%).

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Korišćene su vrednosti godišnje legalne potrošnje od strane preduzeća. Prosečna dnevna fakturisana potrošnja je bila 9.233 m³ (72,6%), a deli se na izmerenu i neizmerenu fakturisane potrošnje.

Izmerena fakturisana potrošnja

Visina izmerene fakturisane potrošnje je 9.233 m³ (72,6%) i dobijena je zbrajanjem izdatih računa za potrošenu vodu. Ova vrednost ne sadrži eventualne potrošače sa neispravnim vodomerima, jer preduzeće tvrdi da takvi slučajevi ne postoje.

Neizmerena fakturisana potrošnja

Potrošačima sa neispravnim vodomerima, po tvrdnjama preduzeća vodomeri bivaju zamenjeni u roku od dve nedelje, zbog čega je ovaj deo potrošnje ravan nuli.

Nefakturisana legalna potrošnja

Zbrajanjem izmerene i neizmerene nefakturisane potrošnje došlo se do dnevne prosečne vrednosti od 254 m³ (2%).

Izmerena nefakturisana potrošnja

Svakom potrošaču koji se meri se takođe izdaje račun, tako da je za ovu kategoriju ukupna dnevna količina 0 m³.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Određivanje vrednosti neizmerene nefakturisane vode je vrlo teško, jer zavisi od vremena. Osim za javne česme, ova voda se koristi i za zalivanje javnih zelenih površina i pranje ulica tokom leta. Iz praktičnog iskustva usvojeno je da je dnevna količina oko 2% proizvedene vode.

Gubici vode

Gubici vode su zbir komercijalnih i fizičkih gubitaka, odnosno razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje. Dnevna visina gubitaka je 25,4% (3.223 m³).

Komercijalni gubici

Ukupna dnevna visina komercijalnih gubitaka je zbir ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera, i iznosila je 556 m³ (4,5%).

Ilegalna potrošnja

Pretpostavka je da je visina ilegalne dnevne potrošnje 381 m³ (3%), što je prosečna vrednost, obzirom da je pronađeno nekoliko objekata bez upotrebne dozvole, kojima se isporučuje voda iako se ne naplaćuje.

Netačnosti vodomera

Netačnosti su utvrđene u Poglavlju 4.1.6.2 i na dnevnom nivou su iznosili 1,5% (185 m³).

Fizički gubici

Ukupna dnevna vrednost fizičkih gubitaka je bila 2.657 m³ (20,9%).

Gubici na glavnim cevovodima

Statistički podaci o pojavama curenja i popravkama, kao i o vrsti materijala i starosti cevovoda ne postoje. Visina dnevnih gubitaka na glavnim cevovodima od 1.993 m³ (20,9%) je dobijena oduzimanjem gubitaka na kućnim priključcima od fizičkih gubitaka.

Gubici i prelive na rezervoarima

Tokom merenja i istraživanja nisu pronađena su curenja i preliivanja na rezervoarima, pa je stoga vrednost 0 m³ (0%).

Gubici na kućnim priključcima

Istraživanja u Pilot zoni su pokazala da je većina kućnih priključaka napravljena od PE, i da na njima nema curenja. Za preostale kućne priključke, napravljene od pocinkovanog lima, procenjeno da su dnevni gubici 5,2% (664 m³) za celu mrežu.

Nefakturisana voda

U cilju procene visine nefakturisane vode za celu mrežu, korišćen je najčešći način, a to je da se izmeri ukupan ulaz vode u sistem za određen vremenski period, a da se zatim od njega oduzme količina vode koja se fakturiše.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 12.710 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 9.487 m ³ /d (74,6%)	Fakturisana legalna potrošnja 9.233 m ³ /d (72,6%)	Izmerena fakturisana potrošnja 9.233 m ³ /d (72,6%)	Fakturisana voda 9.233 m ³ /d (72,6%)	
			Neizmerena fakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)		
			Nefakturisana legalna potrošnja 254 m ³ /d (2%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 3.477 m ³ /d (27,4%)
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 254 m ³ /d (2%)	
	Gubici vode 3.223 m ³ /d (25,4%)	Komercijalni gubici 556 m ³ /d (4,5%)	Ilegalna potrošnja 381 m ³ /d (3%)		
			Netačnosti vodomera 185 m ³ /d (1,5%)		
		Fizički gubici 2.657 m ³ /d (20,9%)	Gubici na glavnim cevovodima 1.993 m ³ /d (15,7%)		
			Gubici i prelive na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)		
	Gubici na kućnim priključcima 664 m ³ /d (5,2%)				

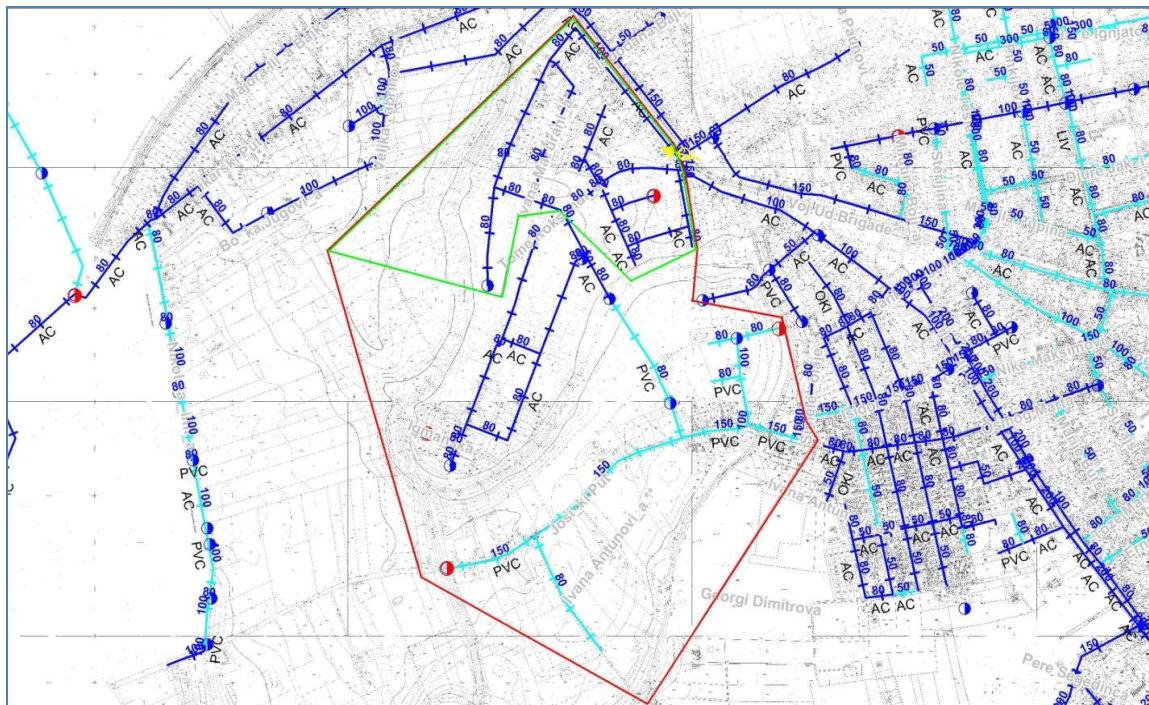
Slika 84 Sombor: Vodni bilans prema IWA terminologiji

Interpretacija rezultata:

Prikazani rezultati velikog broja merenja protoka i pritisaka, kao i naknadnih analiza i proračuna, pokazuju da je ukupna vrednost nefakturisane vode 27,4% (2008) za celu mrežu. Detaljnu analizu svake komponente NFV je potrebno sprovesti na Pilot zoni, kako je to predviđeno i Smernicama IWA, o kojima je pisano u Poglavlju 2.2 „Merne zone“.

4.1.6.6 Pilot zona

U cilju što boljeg upoznavanja sa stanjem vodovodne mreže u sistemu, kao i o komponentama NFV, u okviru istraživanja je odabrana Pilot zona, tako da što više odgovara smernicama IWA, opisanim u Poglavlju 2.2, a takođe i da zadovolji ograničenja samog sistema. Sledeća slika pokazuje lokaciju Pilot zone:



Slika 85 Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Sombora

Opšti podaci

U dogovoru sa preduzećem, za Pilot zonu je odabrana zona u severozapadnom delu grada. Razlozi su bili ti što je ovu zonu bilo moguće izolovati od ostatka mreže, i vršiti merenja uz samo jedno prethodno iskopavanje cevi za mobilni merač protoka. Osim toga, ova zona je karakteristična za ceo sistem vodosnabdevanja. U njoj žive potrošači srednjih primanja, a većina objekata su prizemne kuće sa baštama. Ne postoje industrijski ili komercijalni potrošači. Merenja su vršena od 17. do 21. aprila 2008. Zona se snabdeva iz jedne tačke.

Podaci o potrošačima

Ukupan broj priključaka	610
Ukupan broj instaliranih vodomera	610
Kućni vodomeri	610
Industrijski vodomeri	0
Ukupan broj potrošača	1.737
Prosečna dnevna potrošnja po potrošaču	140 l

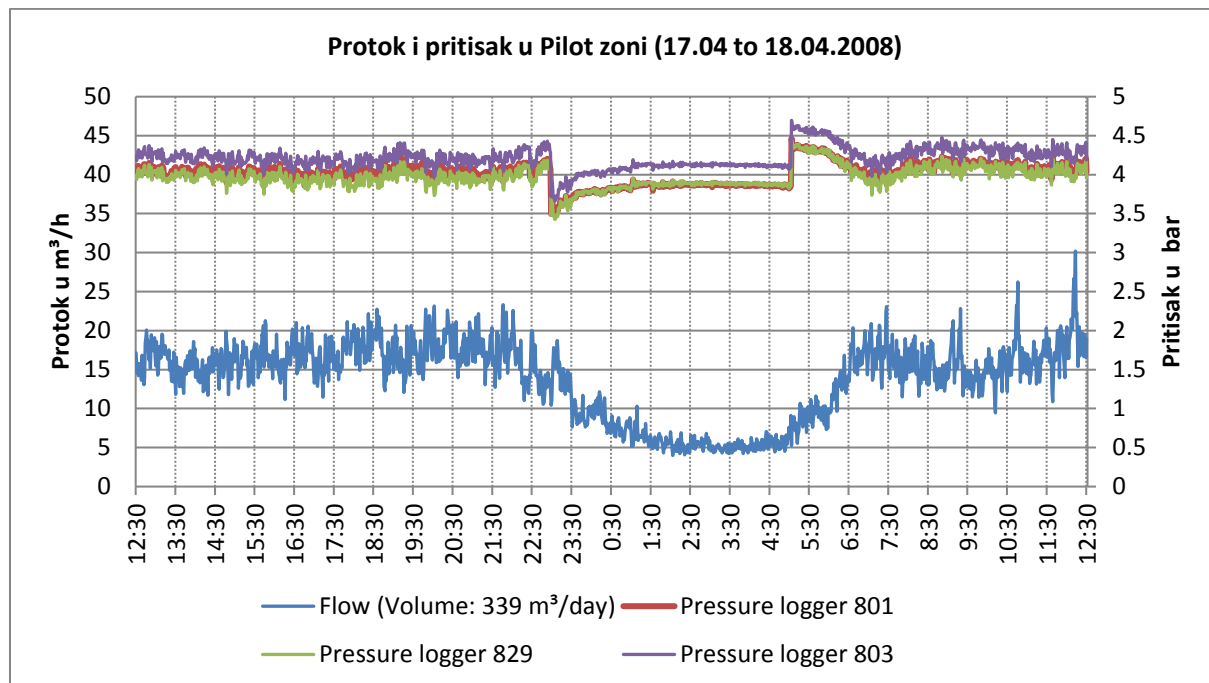
Podaci o mreži

Ovi podaci su očitani sa mapa, dok je za prosečnu dužinu kućnog priključka uzeto 10 m.

Ukupna dužina dovodnog cevovoda	6.103 m
Ukupna dužina cevi za kućne priključke	6.100 m
Ukupna dužina cevi u zoni	12.203 m
Broj priključaka po km dovodnog cevovoda	100 komada

Merenja protoka i pritiska

Ova merenja su bila osnova za dobijanje pouzdanih podataka o ulazu u zonu. Merenja protoka su kombinovana sa merenjima pritiska i očitavanjima potrošnje. Sledeći grafik prikazuje prve rezultate merenja, vidljiv je jasan pad potrošnje tokom noći:



Slika 86 Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu

Rezultati merenja:

Dnevni ulaz vode u Pilot zonu	339 m ³ /d
Dnevni ulaz vode u zonu po priključku	0,55 m ³ /Pr/d
Dnevni ulaz vode u zonu po potrošaču	195 l/Pot/d
Minimalni noćni protok	4,7 m ³ /h

Merenje pritiska je pokazalo da je pritisak bio uglavnom konstantan na oko 4 bara. Noću je pritisak spuštan za oko 1 bar.

Minimalni noćni protok, noćna potrošnja, fizički gubici

Osnova za procenu minimalnog noćnog protoka u Pilot zoni je uzeta iz Pravilnika W 392 nemačkog udruženja za snabdevanje vodom i gasom, kao što je navedeno u poglavlju 2.1.1.2. Noćna potrošnja je procenjena na 0,8 m³/h po 1.000 potrošača na bazi Smernica DVGW i u razgovoru sa JKP-om. To znači da bi teoretski 1.737 potrošača konzumiralo maksimalno 1,39 m³/h u noćnom periodu.

Izmereni minimalni noćni protok je bio 4,7 m³/h. Kada se od ove vrednosti oduzme minimalna noćna potrošnja od 1,39 m³/h, dobija se količina od 3,31 m³/h ili 79 m³/d gubitaka (23,2 %).

Bilans vode u Pilot zoni

Proizvedena voda

Merenjima je utvrđeno 339 m³/d (100%)

Legalna potrošnja

Legalna potrošnja iznosi 250 m³/d (73,8%)

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Prosečna mesečna fakturisana legalna potrošnja od 243 m³/d (71,7%) je dobijena iz Sektora za obračun i naplatu.

Izmerena fakturisana potrošnja

Ukupna količina je 243 m³/d (71,7%) jer ne postoji neizmerena fakturisana potrošnja.

Neizmerena fakturisana potrošnja

Po informacijama iz JKP-a, svim potrošačima se meri potrošnja, i nije bilo neispravnih vodomera: 0 m³/d (0%)

Nefakturisana legalna potrošnja

Sastoji se iz izmerenog i neizmerenog dela. Nije pronađena u Pilot zoni.

Izmerena nefakturisana potrošnja

Situacija je ista kao i za celu mrežu. Svaki potrošač sa vodomrom se fakturiše, i zbog toga ne postoji izmerena nefakturisana potrošnja.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Pilot zona je relativno velika. Zbog toga je količina uzeta iz podatka za celu mrežu: 7 m³/h (2,1%).

Gubici vode

Ukupna količina fizičkih i komercijalnih gubitaka je 89 m³/d (26,2%)

Komercijalni gubici

Suma ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera je 10 m³/d (3%)

Ilegalna potrošnja

Količina od 5 m³/d (1,5%) je dobijena iz ostalih IWA komponenti. Nije pronađen nikakav trag ilegalne potrošnje u Pilot zoni.

Netačnosti vodomera

Vrednost dobijena za celu mrežu je korišćena i za Pilot zonu: 5 m³/d (1,5%)

Fizički gubici

Fizički gubici su određeni oduzimanjem minimalne noćne potrošnje od minimalnog noćnog protoka. Količina fizičkih gubitaka je 79 m³/d (23,2%)

Gubici na glavnim cevovodima

Jedno curenje je pronađeno na glavnoj cevi DN 80 AC. Nije ustanovljena količina jer je saniranje izvršeno nakon što su završene aktivnosti u Somboru. Odlučeno je da se veći deo izračunatih fizičkih gubitaka od 59 m³/d (17,3%) pripiše ovoj grupi.

Gubici i prelivi na rezervoarima
Ne postoje rezervoari u Pilot zoni.

Gubici na kućnim priključcima
Nisu pronađeni gubici na kućnim priključcima, međutim obzirom na materijale kućnih priključaka i iskustvo, manji deo fizičkih gubitaka od 20 m³/d (5,9%) je pripisano ovoj grupi.

Nefakturisana voda
Procenat nefakturisane vode od 28,3 % (96 m³/d) je manje od 1% veći nego za celu mrežu.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 339 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 250 m ³ /d (73,8%)	Fakturisana legalna potrošnja 243 m ³ /d (71,7%)	Izmerena fakturisana potrošnja 243 m ³ /d (71,7%)	Fakturisana voda 243 m ³ /d (71,7%)	
			Neizmerena fakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)		
		Gubici vode 89 m ³ /d (26,2%)	Nefakturisana legalna potrošnja 7 m ³ /d (2,1%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 96 m ³ /d (28,3%)
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 7 m ³ /d (2,1%)	
	Fizički gubici 79 m ³ /d (23,2%)	Komercijalni gubici 10 m ³ /d (3%)	Ilegalna potrošnja 5 m ³ /d (1,5%)		
			Netačnosti vodomera 5 m ³ /d (1,5%)		
			Gubici na glavnim cevovodima 59 m ³ /d (17,3%)		
			Gubici i prelivi na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)		
		Gubici na kućnim priključcima 20 m ³ /d (5,9%)			

Slika 87 Vodni bilans prema IWA terminologiji u Pilot zoni u Somboru

4.1.7 Vršac

4.1.7.1 Merenja protoka i pritiska

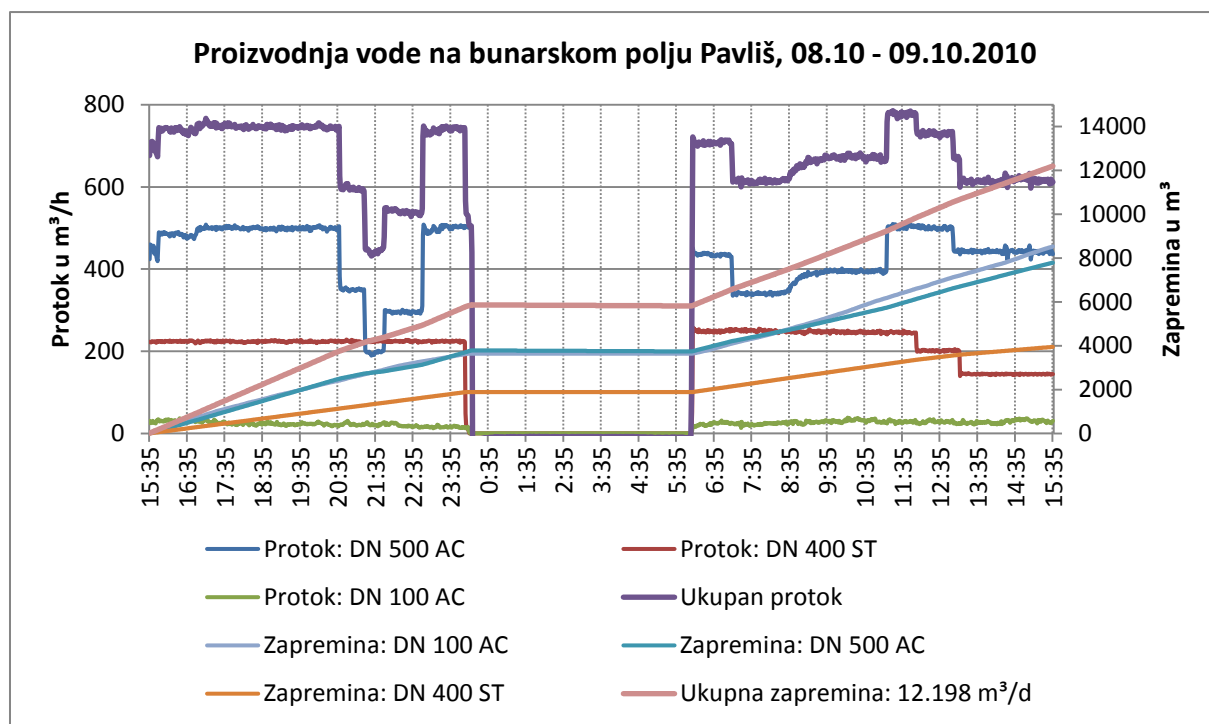
Merenja protoka i pritiska su izvedena na izvorištu, postrojenju za hlorisanje, pumpnim stanicama, rezervoarima i strateškim tačkama u mreži. U nastavku su detaljno prikazana najvažnija merenja.

Izvorište Pavliš

Merenje proizvodnje vode je vršeno na izlaznim cevovodima prema gradu (DN 500 AC, DN 400 ST, DN 100 AC), od 8. do 9. oktobra 2008, pomoću ultrazvučnog merača protoka. Preduzeće preračunava proizvodnju vode prema karakteristikama i broju radnih sati pumpi na bunarima.

Najveća proizvodnja je izmerena u prepodnevnom časovima, 778 m³/h. Nakon ponoći, pumpe se isključuju i grad se snabdeva gravitaciono, iz rezervoara. Najmanja proizvodnja je izmerena u večernjim časovima, 449 m³/h.

Ukupno proizvedena izmerena voda za ovaj period je bila 12.198 m³.

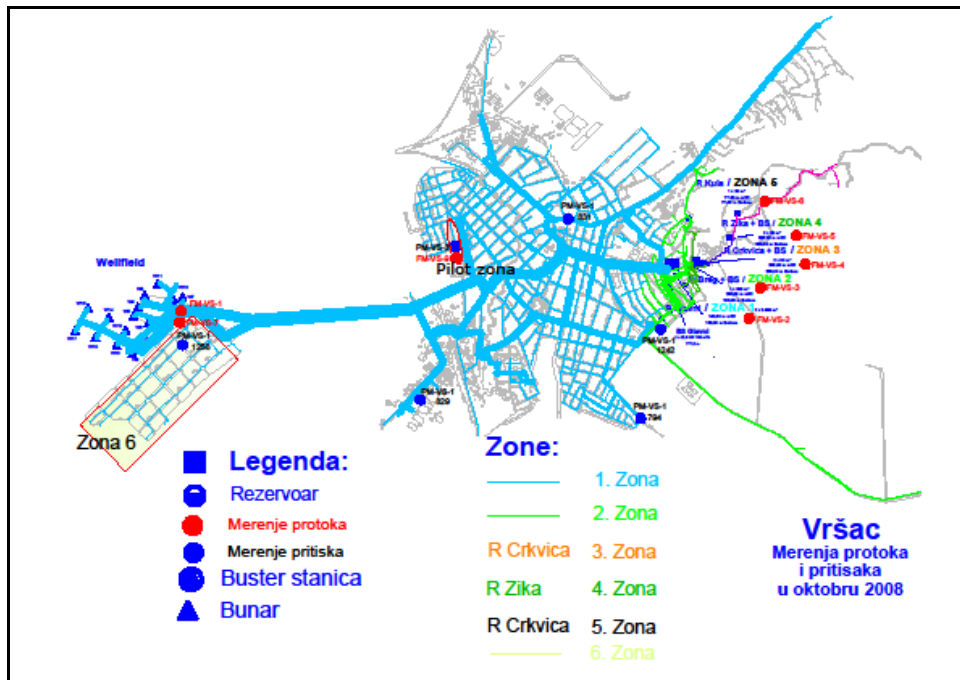


Slika 88 Vršac: Proizvodnja pitke vode na izvorištu Pavliš

Prethodni dijagram prikazuje dnevnu proizvedenu vodu u Vršcu. Ova merenja su takođe služila da potvrde merodavnost podataka preduzeća. Primećuje se da je noću proizvodnja obustavljena, to jest grad se za to vreme snabdeva iz rezervoara.

Merenja u mreži:

Sistem vodosnabdevanja Vršca je podeljen na pet zona pritiska, kao što je dato na sledećoj slici, gde se vide i lokacije merenja protoka i pritiska.



Slika 89 Merenja protoka i pritiska u mreži

Minimalni noćni protok je meren za svaku zonu pojedinačno, dok je ukupna vrednost dobijena sabiranjem pojedinačnih vrednosti. Obzirom da oko 85% potrošača živi u prvoj visinskoj zoni, u nastavku se daje prikaz minimalnog noćnog protoka za ovu zonu, koji je iznosio $210 \text{ m}^3/\text{h}$. Za celu mrežu on je iznosio $228 \text{ m}^3/\text{h}$.



Slika 90 Minimalni noćni protok u prvoj visinskoj zoni Vršca

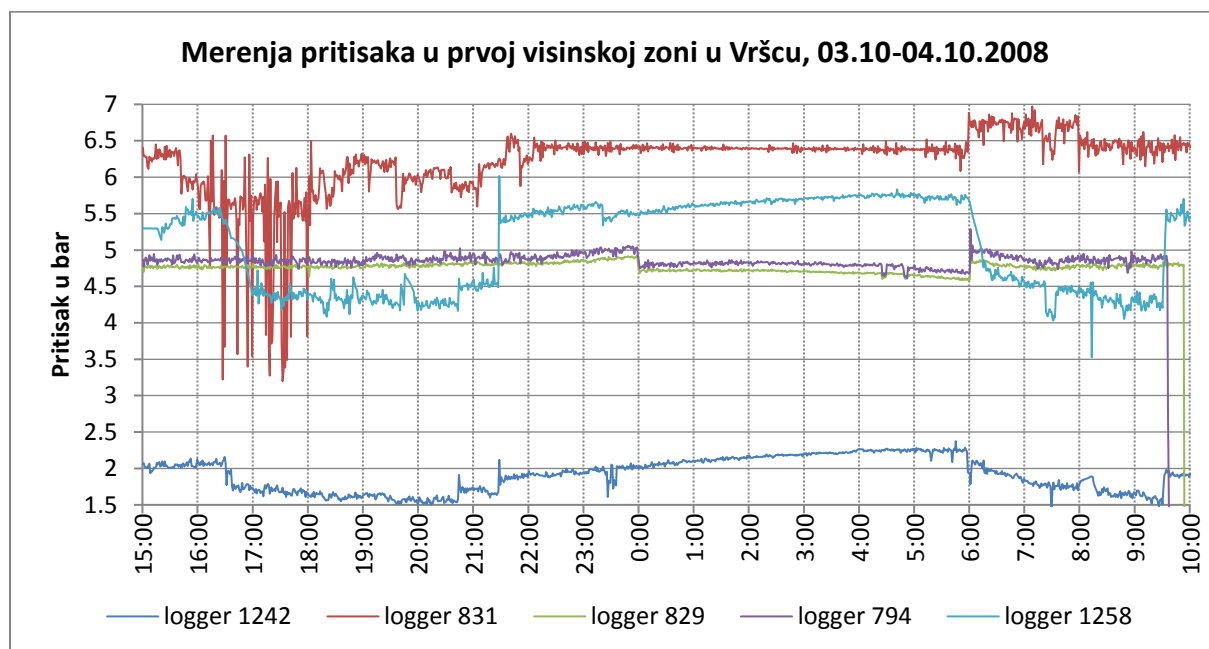
Merenja pritiska

Ova merenja su u prvoj visinskoj zoni (najveći deo sistema, u kojem se nalazi 85% korisnika) vršena na pet lokacija od 3. do 4. oktobra 2008, paralelno sa merenjima protoka, kako bi se

dobile opšte informacije (na primer da li je sistem pod pritiskom, koji je uticaj pritiska u mreži na ulaz u mrežu i slično).

Praćenje nivoa pritisaka je bilo važno kako bi se dobio uvid u sistem vodosnabdevanja, kao i o mogućnostima za smanjenjem gubitaka kontrolom pritisaka tokom noćnih časova.

Rezultati ovih merenja su prikazani na sledećem dijagramu.



Slika 91 Merenja pritisaka prvoj visinskoj zoni u Vršcu

Prethodna slika daje prikaz stanja pritisaka u prvoj visinskoj zoni vodovodnog sistema u Vršcu. Iz nje se može zaključiti da je u centralnom delu grada pritisak povišen (deo grada koji je sniman meračem 831), dok je na rubnom delu zone prema Vršačkom bregu najniži (deo grada koji je sniman meračem 1242). Pritisci su takođe posmatrani i u ostalim visinskim zonama, koje se nalaze na Vršakom bregu, i zaključeno je da su i tamo pritisci zadovoljavajući.

4.1.7.2 Očitavanje i baždarenje vodomera

Očitavanje vodomera

Ukupno je proverena funkcionalnost 40 vodomera. Provera je vršena na vodomerima u reprezentativnom delu grada, sa privatnim kućama i dvorištima. Od ovog broja, jedan potrošač nije imao ugrađen vodomer, a 3 vodomera (7%) nije moglo biti očitano, jer je staklo na vodomeru zamučeno do te mere da je nemoguće očitati stanje. Može se očekivati da se kod ovakvih slučajeva u dugom periodu nije vršilo očitavanje.

Očitavanje je vršeno između 20. i 21. novembra 2008, dakle početkom zime i pri niskim temperaturama. Nažalost, očitavanja dobijena od strane preduzeća nisu pokazivala datume, tako da nije bilo moguće napraviti ozbiljno poređenje očitanih vrednosti.

U ovom periodu je prosečna potrošnja dobijena očitavanjem bila 187 litara dnevno po potrošaču. Po podacima preduzeća, tokom novembra 2008 ovi vodomeri su očitali prosečnu potrošnju od 130 litara dnevno po potrošaču, što je oko 30% niže, tako da se došlo do zaključka da se ove vrednosti prilično razlikuju.

Očitavanje vodomera je prikazano na sledećoj tabeli.

Očitavanja vodomera u Vršcu, Ulica Vladimira Stojšina, 20,11, - 21,11,2008							
		Prosečna potrošnja (preduzeće)		Prvo očitavanje	Drugo očitavanje	Potrošnja	
Adresa	Potrošača	m ³ /mesec	l/p/d	20,11,2008	21,11,2008	m ³ /d	l/p/d
1	3	13	144,44	899,854	900,232	0,378	126,00
1a	5	27	180,00	205,442	206,221	0,779	155,80
2	3	7	77,78	1414,706	1414,96	0,254	84,67
3							napušteno
4							napušteno
5	5	26	173,33	3655,045	3655,709	0,664	132,80
5	4	7	58,33	2117,123	2117,21	0,087	21,75
5	2	5	83,33	123,171	123,255	0,084	42,00
6	7	21	100,00	1411,208	1412,835	1,627	232,43
7							napušteno
8	1	20	666,67	1368,178	1368,232	0,054	54,00
9	2	3	50,00	227,345	227,691	0,346	173,00
10	3	11	122,22	296,392	296,743	0,351	117,00
11							napušteno
12							napušteno
13	3	40	444,44	2045,278	2047,184	1,906	635,33
15	5	9	60,00	1651,813	1652,265	0,452	90,40
16	4	11	91,67	2729,915	2730,465	0,550	137,50
17	4	16	133,33	2801,305	2802,814	1,509	377,25
18	4	12	100,00	879,26	880,642	1,382	345,50
19	1			232,275	232,304	0,029	29,00
20	3	15	166,67	925,826	926,597	0,771	257,00
22	4	12	100,00	2454,924	2455,393	0,469	117,25
23	3	18	200,00	1535,82	1536,415	0,595	198,33
24	4	10	83,33	2630,117	2630,319	0,202	50,50
25							napušteno
26	2			1565,287	1565,814	0,527	263,50
26a	3	11	122,22	1173,251	1174,708	1,457	485,67
27	5			4375,186	4375,615	0,429	85,80
28	3						bez pristupa
29	0						napušteno
30	3						bez pristupa
31	1	2	66,67	1096,136	1096,141	0,005	5,00
32							napušteno
32a	4	11	91,67	1598,493	1599,032	0,539	134,75
33	1			1016,718	1016,835	0,117	117,00
34	3						Neispravan vodomera
35	0			2,604	2,604	0,000	napušteno
36	0			1546,9	1546,9	0,000	napušteno
38	4	10	83,33	797,253	798,543	1,290	322,50
Total	99		*) 130			16,853	***) 187

*)...prosek (23 vodomera koji snabdevaju 81 potrošača)

***)... prosek (27 vodomera koji snabdevaju 90 potrošača)

Tabela 23 Rezultati verifikacije očitavanja vodomera

Baždarenje vodomera

U cilju procene dela prividnih gubitaka koja nastaju kao posledica netačnosti vodomera, ukupno 10 vodomera je preuzeto od preduzeća u cilju baždarenja. Što se tiče starosti, prečnika i tipa vodomera, može se smatrati da su ovi vodomeri reprezentativni za celu mrežu.

Rezultati baždarenja su pokazali da je prosečna starost vodomera od 5 do 15 godina i da imaju loše performanse za niske protoke. Rezultati su takođe pokazali da se pri Q_{min} prosečno ne registruje 29,2% protoka, pri Q_t se ne registruje 6,5%, a pri Q_n se ne registruje 3,4%.

Kombinujući ove vrednosti sa prosečnom dnevnom fakturisanom potrošnjom (9.408 m³/d), proizilazi da se ukupno količina od 624 m³/d potroši u sistemu vodosnabdevanja u Vršcu, a da se ne registruje preko vodomera.

Detalji o baždarenju vodomera su dati u sledećoj tabeli.

Meter Number	Q_{min} 60 l/h Deviation %	Q_t 150 l/h Deviation %	Q_n 1500 l/h Deviation %
1	7.00	5.00	2.00
2	-100.00	-25.00	-0.10
3	-20.00	-20.50	-1.40
4	4.00	4.00	1.00
5	10.00	9.50	5.40
6	-98.00	-11.50	-0.20
7	7.00	7.50	6.00
8	-100.00	-44.50	-57.10
9	-10.00	5.00	5.00
10	8.00	5.00	5.00

Tabela 24 Rezultati baždarenja vodomera

4.1.7.3 Minimalni noćni protok

Obzirom da većina potrošača noću ne koristi vodu, minimalni noćni protok predstavlja količinu vode koju koriste industrijski i institucionalni potrošači, vodu koju koriste individualni potrošači koji ne spavaju i, što je najvažnije, gubitke. Sledeća tabela prikazuje izmerenu minimalnu noćnu potrošnju za ceo sistem.

	Potrošači	Priključci	Minimalni noćni protok	
			m ³ /h	l/priključak/h
Cela mreža	38.000	11.900	228	19,16

Tabela 25 Minimalni noćni protok

4.1.7.4 Minimalna noćna potrošnja

U nedostatku detaljnih informacija o noćnoj potrošnji industrijskih i institucionalnih potrošača, minimalna noćna potrošnja je proračunata oduzimanjem nefakturisane vode od minimalnog

noćnog protoka. Pošto nisu postojali dugoročni podaci o pojedinim zonama, minimalna noćna potrošnja je proračunata na bazi podataka za ceo sistem (izvor: JKP, godina 2008):

Prosečna dnevna proizvodnja (JKP, 2008):	14.785 m ³
Postojeći kućni priključci (JKP, 2008):	11.900 komada
Prosečna dnevna fakturisana potrošnja (JKP, 2008):	9.408 m ³
Nefakturisana voda dnevno:	5.377 m ³ (224 m ³ /h)
Izmeren minimalni noćni protok:	228 m ³ /h

Izračunata minimalna noćna potrošnja (razlika između minimalnog noćnog protoka i nefakturisane vode) je 4 m³/h odnosno 0,34 l/priključak/h.

4.1.7.5 Vodni bilans prema IWA terminologiji

Proizvedena voda

Pouzdanost i tačnost postojećih informacija o proizvodnji vode su potvrđene merenjima, opisanim u Poglavlju 4.1.7.1. Korišćena je prosečna dnevna proizvodnja iz 2008, dobijena od strane preduzeća, koja je 14.785 m³/dan.

Legalna potrošnja

Ukupna količina legalne potrošnje, koja sadrži fakturisanu i nefakturisanu legalnu potrošnju, iznosila je 9.704 m³ (65,6%).

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Proverom očitavanja vodomera u zgradi, opisanim ranije, utvrđeno je da ona nisu pouzdana, ali u nedostatku boljih informacija, korišćene su vrednosti godišnje legalne potrošnje od strane preduzeća. Prosečna dnevna fakturisana potrošnja je bila 9.408 m³ (63,6%), a deli se na izmerenu i neizmerenu fakturisanu potrošnju.

Izmerena fakturisana potrošnja

Visina izmerene fakturisane potrošnje je 9.408 m³ (63,6%), i dobijena je zbrajanjem izdatih računa za potrošenu vodu. Ova vrednost sadrži i potrošače sa neispravnim vodomerima, jer ih preduzeće ne vodi zasebno. Ovi potrošači se fakturišu paušalno.

Neizmerena fakturisana potrošnja

Potrošači sa neispravnim vodomerima su uključeni u prethodnu grupu, zbog čega je ovaj deo potrošnje ravan nuli.

Nefakturisana legalna potrošnja

Zbrajanjem izmerene i neizmerene nefakturisane potrošnje došlo se do dnevne prosečne vrednosti od 296 m³ (2%).

Izmerena nefakturisana potrošnja

Svakom potrošaču koji se meri se takođe izdaje račun, tako da je za ovu kategoriju ukupna dnevna količina 0 m³.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

Određivanje vrednosti neizmerene nefakturisane vode je vrlo teško, jer zavisi od vremena. Osim za javne česme, ova voda se koristi i za zalivanje javnih zelenih površina i pranje ulica tokom leta. Iz praktičnog iskustva usvojeno je da je dnevna količina oko 2% proizvedene vode, odnosno 1.359 m³/d.

Gubici vode

Gubici vode su zbir komercijalnih i fizičkih gubitaka, odnosno razlika između proizvedene vode i legalne potrošnje. Dnevna visina gubitaka je 34,4% (5.081 m³).

Komercijalni gubici

Ukupna dnevna visina komercijalnih gubitaka je zbir ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera, i iznosila je 1.068 m³ (7,2%).

Ilegalna potrošnja

Pretpostavka je da je visina ilegalne dnevne potrošnje 444 m³ (3%), što je prosečna vrednost. Nažalost, nije bilo moguće detaljnije se posvetiti ovom problemu, obzirom na ograničeno vreme.

Netačnosti vodomera

Netačnosti su utvrđene u Poglavlju 4.1.7.2 i na dnevnom nivou su iznosili 4,2% (624 m³).

Fizički gubici

Ukupna dnevna vrednost fizičkih gubitaka je bila 4.013 m³ (27,2%).

Gubici na glavnim cevovodima

Statistički podaci o pojavama curenja i popravkama, kao i o vrsti materijala i starosti cevovoda ne postoje. Visina dnevnih gubitaka na glavnim cevovodima od 2.648 m³ (18%) je dobijena oduzimanjem gubitaka na kućnim priključcima od fizičkih gubitaka.

Gubici i prelive na rezervoarima

Tokom merenja i istraživanja nisu pronađena curenja i prelivanja na rezervoarima, pa je vrednost 0 m³ (0%).

Gubici na kućnim priključcima

Istraživanja u Pilot zoni su pokazala da su kućni priključci uglavnom napravljeni od PE. Ovaj materijal se počeo koristiti u Srbiji relativno skoro pa je pretpostavka da su gubici na ovom delu mreže niski. Za ostatak kućnih priključaka, napravljen od pocinkovanog lima, procenjeno je da su dnevni gubici 9,2% (1.365 m³) za celu mrežu.

Nefakturisana voda

U cilju procene visine nefakturisane vode za celu mrežu, korišćen je najčešći način, a to je da se izmeri ukupan ulaz vode u sistem za određen vremenski period, a da se zatim od njega oduzme količina vode koja se fakturiše.

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 14.785 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 9.704 m ³ /d (65,6%)	Fakturisana legalna potrošnja 9.408 m ³ /d (63,6%)	Izmerena fakturisana potrošnja 9.408 m ³ /d (63,6%)	Fakturisana voda 9.408 m ³ /d (63,6%)	
			Neizmerena fakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)		
		Gubici vode 5.081 m ³ /d (34,4%)	Nefakturisana legalna potrošnja 296 m ³ /d (2%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 5.377 m ³ /d (36,4%)
				Neizmerena nefakturisana potrošnja 296 m ³ /d (2%)	
	Fizički gubici 16.553m ³ /d (56%)	Komercijalni gubici 1.068 m ³ /d (7,2%)	Ilegalna potrošnja 444 m ³ /d (3%)		
			Netačnosti vodomera 624 m ³ /d (4,2%)		
		Gubici na glavnim cevovodima 2.648 m ³ /d (18%)			
		Gubici i prelive na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)			
		Gubici na kućnim priključcima 1.365 m ³ /d (9,2%)			

Slika 92 Vršac: Vodni bilans prema IWA terminologiji

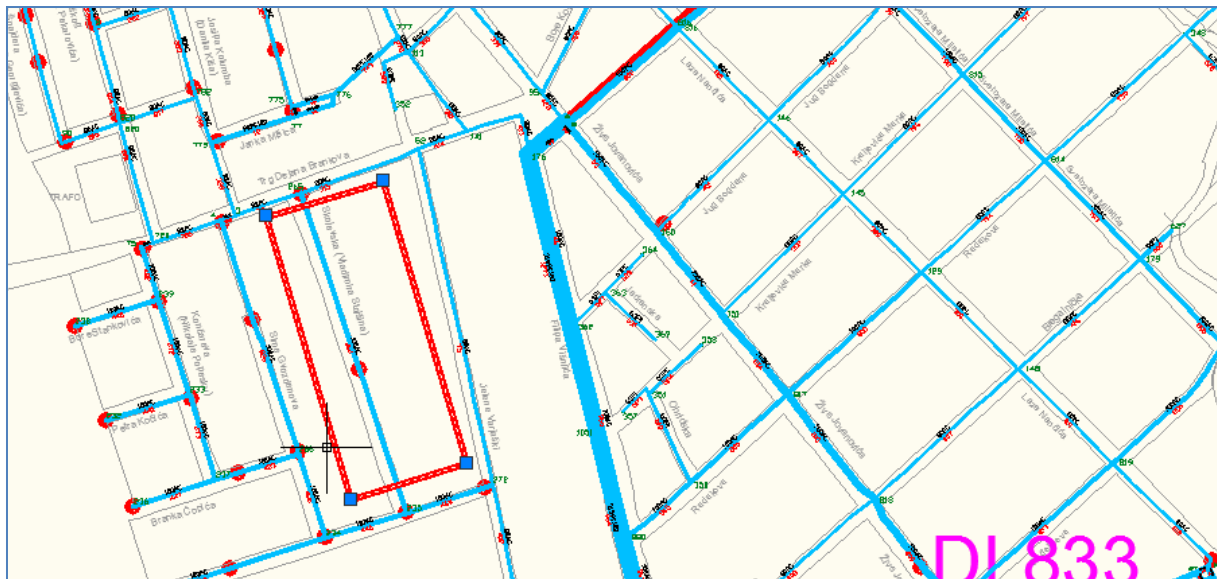
Interpretacija rezultata:

Prikazani rezultati velikog broja merenja protoka i pritisaka, kao i naknadnih analiza i proračuna, pokazuju da je ukupna vrednost nefakturisane vode 36,4% (2008). Detaljnu analizu svake komponente NFV je potrebno sprovesti na Pilot zoni, kako je to predviđeno i Smernicama IWA, o kojima je pisano u Poglavlju 2.2 „Merne zone“.

4.1.7.6 Pilot zona

U cilju što boljeg upoznavanja sa stanjem vodovodne mreže u sistemu, kao i o komponentama NFV, u okviru istraživanja je odabrana Pilot zona, tako da što više odgovara smernicama IWA, opisanim u Poglavlju 2.2 „Merne zone“, a takođe i da zadovolji ograničenja samog sistema.

Sledeća slika pokazuje lokaciju Pilot zone:



Slika 93 Lokacija Pilot zone u sistemu vodosnabdevanja Vršca

Opšti podaci

U dogovoru sa preduzećem, za Pilot zonu je odabrana zona u centru grada. Razlozi su bili ti što je ovu zonu bilo moguće izolovati od ostatka mreže, i vršiti merenja bez prethodnih iskopavanja cevi. Osim toga, ova zona je karakteristična za ceo sistem vodosnabdevanja. U njoj žive potrošači srednjih primanja, a većina objekata su prizemne kuće sa baštama. Ne postoje industrijski ili komercijalni potrošači. Merenja su vršena od 21. do 22. novembra 2008. Merenjem je ustanovljen manji ulaz u zonu od potrošnje, očitane na vodomerima. To je ukazivalo na postojanje drugog, nepoznatog ulaza u zonu. Pošto je vreme bilo ograničeno i nije se moglo preći na izbor druge Pilot zone, izmeren ulaz nije korišćen nego se radilo na bazi proračuna ulaza u zonu.

Podaci o potrošačima

Ukupan broj priključaka	40
Ukupan broj instaliranih vodomera	40
Kućni vodomeri	40
Industrijski vodomeri	0
Napuštene kuće	10
Ukupan broj potrošača	99
Prosečna dnevna potrošnja po potrošaču	187 l

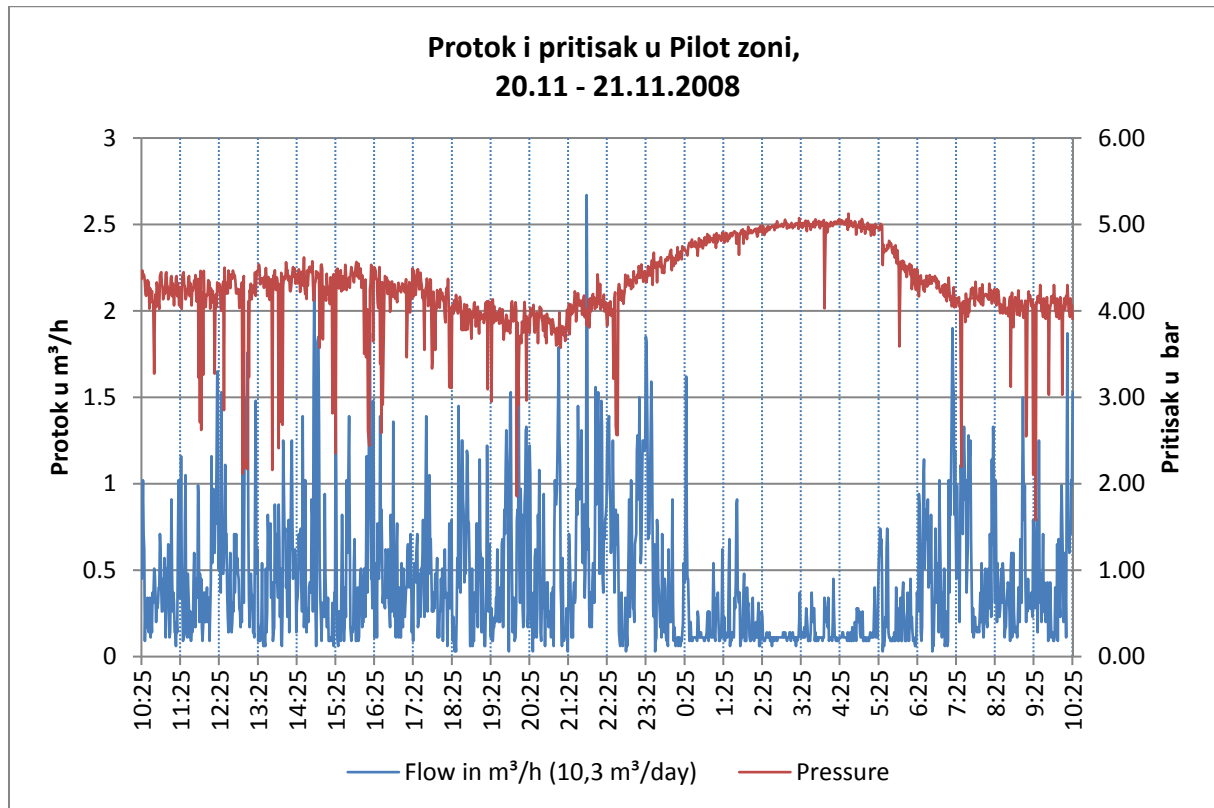
Podaci o mreži

Ovi podaci su očitani sa mapa, dok je za prosečnu dužinu kućnog priključka uzeto 10 m.

Ukupna dužina dovodnog cevovoda	220 m
Ukupna dužina cevi za kućne priključke	400 m
Ukupna dužina cevi u zoni	620 m
Broj priključaka po km dovodnog cevovoda	181 komada

Merenja protoka i pritiska

Ova merenja su bila osnova za dobijanje pouzdanih podataka o ulazu u zonu. Merenja protoka su kombinovana sa merenjima pritiska i očitavanjima potrošnje. Sledeći grafik prikazuje rezultate merenja:



Slika 94 Protok i pritisak na ulasku u Pilot zonu

Rezultati merenja:

Dnevni ulaz vode u Pilot zonu	10,33 m ³ /d
Dnevni ulaz vode u zonu po priključku	0,26 m ³ /Pr/d
Dnevni ulaz vode u zonu po potrošaču	104 l/Pot/d
Minimalni noćni protok	0,1 m ³ /h

Merenje pritiska je pokazalo da je pritisak bio uglavnom konstantan na 5 bara. Noću je pritisak rastao za oko 1 bar.

Minimalni noćni protok, noćna potrošnja, fizički gubici

Osnova za procenu minimalnog noćnog protoka u Pilot zoni je uzeta iz Pravilnika W 392 nemačkog udruženja za snabdevanje vodom i gasom, kao što je navedeno u poglavlju 2.1.1.2. Noćna potrošnja je procenjena na 0,8 m³/h po 1.000 potrošača na bazi Smernica DVGW i u razgovoru sa JKP-om. To znači da bi teoretski 99 potrošača konzumiralo maksimalno 0,08 m³/h u noćnom periodu. Izmereni minimalni noćni protok je bio 0,1 m³/h, što znači da su gubici 0,02 m³/h odnosno 0,48 m³/d.

Detekcijom nisu otkrivena curenja na kućnim priključcima.

Bilans vode u Pilot zoni

Proizvedena voda

Merenjima je utvrđeno 10,33 m³/d, ali je ova vrednost zamenjena proračunatom vrednošću od 19,85 m³/d (100%). Proračun je urađen preko zbira komponenata iz IWA balansa vode, uzimajući da je ilegalna potrošnja ravna nuli. Ovo znači da 9,55 m³/d ulazi u zonu iz nepoznatog izvora.

Legalna potrošnja

Legalna potrošnja iznosi 18,53 m³/d (93,4%).

Fakturisana legalna potrošnja i Fakturisana voda

Ukupna količina od 18,53 m³/d (93,4%) je dobijena zbrajanjem Izmerene i Neizmerene fakturisane potrošnje.

Izmerena fakturisana potrošnja

Prosečna dnevna potrošnja od 130 l/potrošač/d nije korišćena u Pilot zoni, jer je razlika između ove vrednosti i očitavanja od 187 l/potrošač/d prevelika. Potrošnja dobijena preko 27 vodomera u funkciji je 16,85 m³/d (84,9%).

Neizmerena fakturisana potrošnja

Prosečna izmerena potrošnja od 187 litara dnevno po potrošaču, dobijena preko vodomera u funkciji, je korišćena za procenu količine neizmerene fakturisane potrošnje. Na tri kućnih priključaka (9 potrošača) vodomeri su bili van funkcije, njihova potrošnja: 1,68 m³/d (8,5%)

Nefakturisana legalna potrošnja

Sastoji se iz izmerenog i neizmerenog dela. U ovom slučaju ne postoji.

Izmerena nefakturisana potrošnja

Situacija je ista kao i za celu mrežu. Svaki potrošač sa vodomrom se fakturiše, i zbog toga ne postoji izmerena nefakturisana potrošnja.

Neizmerena nefakturisana potrošnja

U Pilot zoni ne postoje javne česme ili parkovi. Zbog ovoga i male veličine zone, uzima se da je ova potrošnja ravna nuli.

Gubici vode

Ukupna količina fizičkih i komercijalnih gubitaka je 1,32 m³/d (6,6%)

Komercijalni gubici

Suma ilegalne potrošnje i netačnosti vodomera je 0,84 m³/d (4,2%)

Ilegalna potrošnja

Iako je ukupan ulaz u zonu nepoznat, uzeta je pretpostavka da je ova komponenta ravna nuli, da bi se mogao napraviti IWA balans vode za Pilot zonu.

Netačnosti vodomera

Vrednost dobijena za celu mrežu je korišćena i za Pilot zonu: 0,84 m³/d (4,2%)

Fizički gubici

Fizički gubici su određeni oduzimanjem minimalne noćne potrošnje (0,08 m³/h) od minimalnog noćnog protoka (0,1 m³/h). Količina fizičkih gubitaka je 0,48 m³/d (2,4%)

Gubici na glavnim cevovodima

Nisu pronađeni. Pošto detaljnim ispitivanjima nisu ustanovljeni gubici na kućnim priključcima, vrednost fizičkih gubitaka od 0,48 m³/d (2,4%) je dodeljena ovoj grupi.

Gubici i prelive na rezervoarima

Ne postoje rezervoari u Pilot zoni.

Gubici na kućnim priključcima

Nisu pronađena curenja: 0 m³/d (0%)

Nefakturisana voda

Procenat nefakturisane vode od 6,6 % (1,32 m³/d).

Iz svega gore navedenog, Vodni bilans prema IWA terminologiji je sledeći:

Proizvedena voda 19,85 m ³ /d (100%)	Legalna potrošnja 18,53 m ³ /d (93,4%)	Fakturisana legalna potrošnja 18,53 m ³ /d (93,4%)	Izmerena fakturisana potrošnja 16,85 m ³ /d (84,9%)	Fakturisana voda 18,53 m ³ /d (93,4%)
			Neizmerena fakturisana potrošnja 1,68 m ³ /d (8,5%)	
		Nefakturisana legalna potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Izmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	Nefakturisana voda 1,32 m ³ /d (6,6%)
			Neizmerena nefakturisana potrošnja 0 m ³ /d (0%)	
	Gubici vode 1,32 m ³ /d (6,6%)	Komercijalni gubici 0,84 m ³ /d (4,2%)	Ilegalna potrošnja 0 m ³ /d (0%)	
			Netačnosti vodomera 0,84 m ³ /d (4,2%)	
		Fizički gubici 0,48 m ³ /d (2,4%)	Gubici na glavnim cevovodima 0,48 m ³ /d (2,4%)	
			Gubici i prelive na rezervoarima 0 m ³ /d (0%)	
	Gubici na kućnim priključcima 0 m ³ /d (0%)			

Slika 95 Pilot zona u Vršcu: Vodni bilans prema IWA terminologiji

4.1.8 Uporedni prikaz rezultata vodnih bilansa

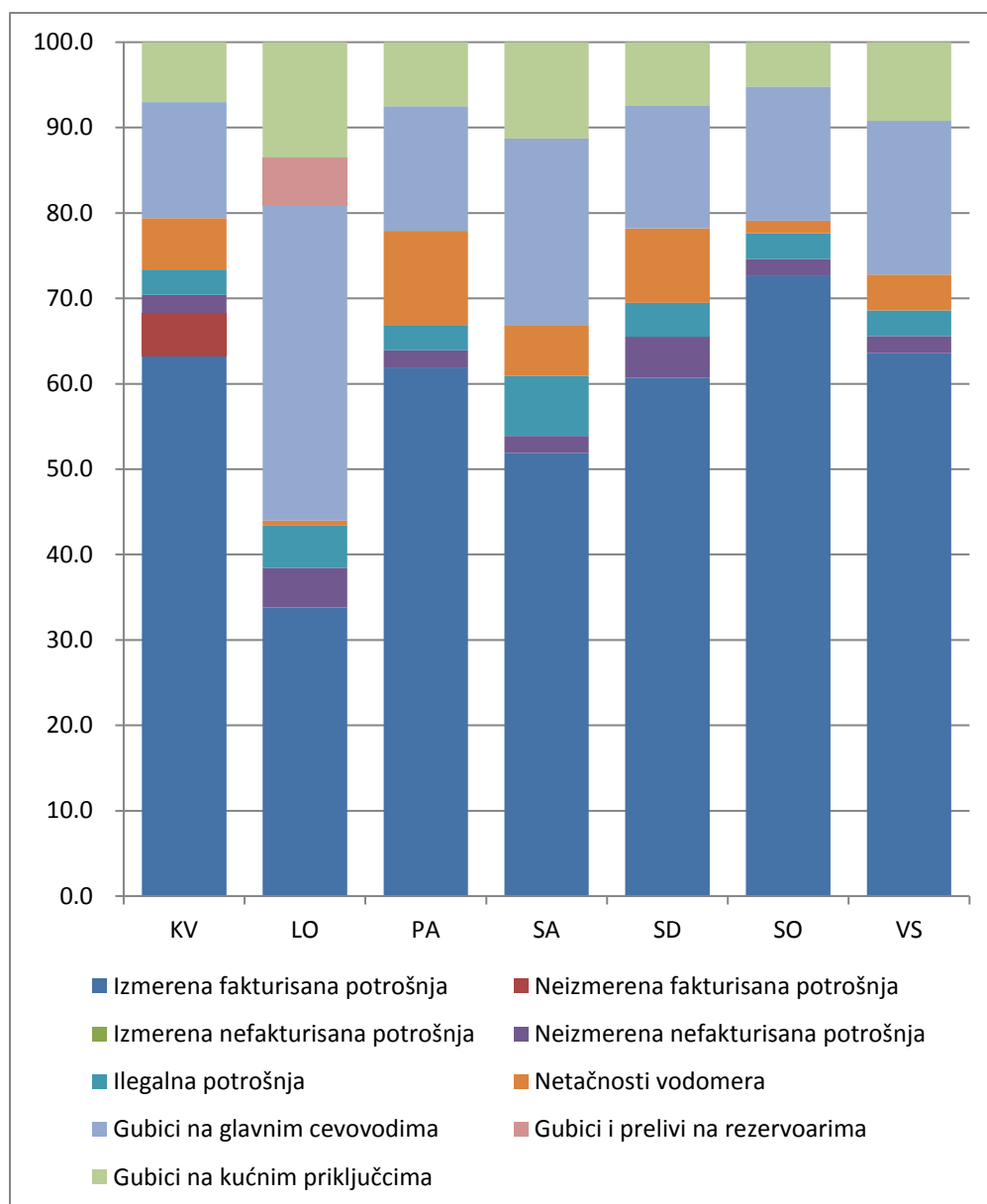
Sledeća tabela i dijagram daju uporedni prikaz rezultata vodnih bilansa za sedam gradova, u kojima je rađeno istraživanje.

Vodni bilans prema IWA terminologiji za sedam gradova	KV %	LO %	PA %	SA %	SD %	SO %	VS %
Izmerena fakturisana potrošnja	63.3	33.8	61.9	51.9	60.7	72.6	63.6
Neizmerena fakturisana potrošnja	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Izmerena nefakturisana potrošnja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Neizmerena nefakturisana potrošnja	2.1	4.6	2.0	2.0	4.8	2.0	2.0
Ilegalna potrošnja	3.0	5.0	3.0	7.0	4.0	3.0	3.0
Netačnosti vodomera	6.0	0.6	11.0	6.0	8.7	1.5	4.2
Gubici na glavnim cevovodima	13.6	36.9	14.6	21.8	14.4	15.7	18.0
Gubici i prelive na rezervoarima	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gubici na kućnim priključcima	7.0	13.5	7.5	11.3	7.4	5.2	9.2
Fakturisana voda	68.3	33.8	61.9	51.9	60.7	72.6	63.6
Nefakturisana voda	31.7	66.2	38.1	48.1	39.3	27.4	36.4
Legalna potrošnja	70.4	38.4	63.9	53.9	65.5	74.6	65.6
Gubici vode	29.6	61.6	36.1	46.1	34.5	25.4	34.4
Fakturisana legalna potrošnja	68.3	33.8	61.9	51.9	60.7	72.6	63.6
Nefakturisana legalna potrošnja	2.1	4.6	2.0	2.0	4.8	2.0	2.0
Komercijalni gubici	9.0	5.6	14.0	13.0	12.7	4.5	7.2
Fizički gubici	20.6	56.0	22.1	33.1	21.8	20.9	27.2

Tabela 26 Uporedni prikaz rezultata vodnih bilansa za sve gradove

Iz prethodne tabele može se zaključiti da se NFV u gradovima, u kojima je vršeno istraživanje, na početku istraživanja (2008) kretala između 27,4% (Sombor) i 66,2% (Loznica). Lako se može zaključiti da se ogromne količine vode proizvedu a ne nađu na računima, što direktno dovodi do velikih gubitaka za preduzeća.

U svim posmatranim sistemima vodosnabdevanja, fizički gubici dominiraju u odnosu na komercijalne. Zbog toga, neophodno je više ljudskih i materijalnih sredstava uložiti u otklanjanje fizičkih gubitaka. Sa druge strane, u nekoliko preduzeća je visok procenat netačnosti vodomera i ilegalne potrošnje, pa se i na ove komponente mora obratiti posebna pažnja.



Slika 96 Grafički prikaz rezultata vodnih bilansa za sve gradove

Aktivnosti koje su rađene u cilju smanjenja nivoa nefakturisane vode se prikazuju u sledećim poglavljima.

4.2 Aktivnosti na primeni sektorizacije vodovodnih sistema

Ovo poglavlje se bavi aktivnostima, koje su opisivane u poglavlju 2.2. „Pregled literature: Merne zone“. Ovde se isključivo daje pregled mernih zona, stvorenih tokom istraživanja, dok su dalje aktivnosti u njima opisane u poglavlju 4.4 „Aktivnosti prilikom aktivne kontrole curenja“.

Sistematska detekcija curenja u osnovi počinje sa uspostavljenjem privremenih mernih zona. To su zone koje se mogu izolovati zatvaranjem graničnih ventila i određivanjem ograničenog broja ulaznih tačaka nakojima se ugrađuju prenosivi merači protoka.

Prvi korak je bio definisanje ovih zona u kancelariji pomoću tačne mape mreže. Iz tog razloga su prethodno urađene sledeći aktivnosti:

- Sve postojeće mape vodovodnih sistema su ažurirane i digitalizovane
- Napravljen je hidraulički model svake od vodovodnih mreža
- Na terenu su verifikovane lokacije graničnih ventila, merača protoka i logera pritiska.

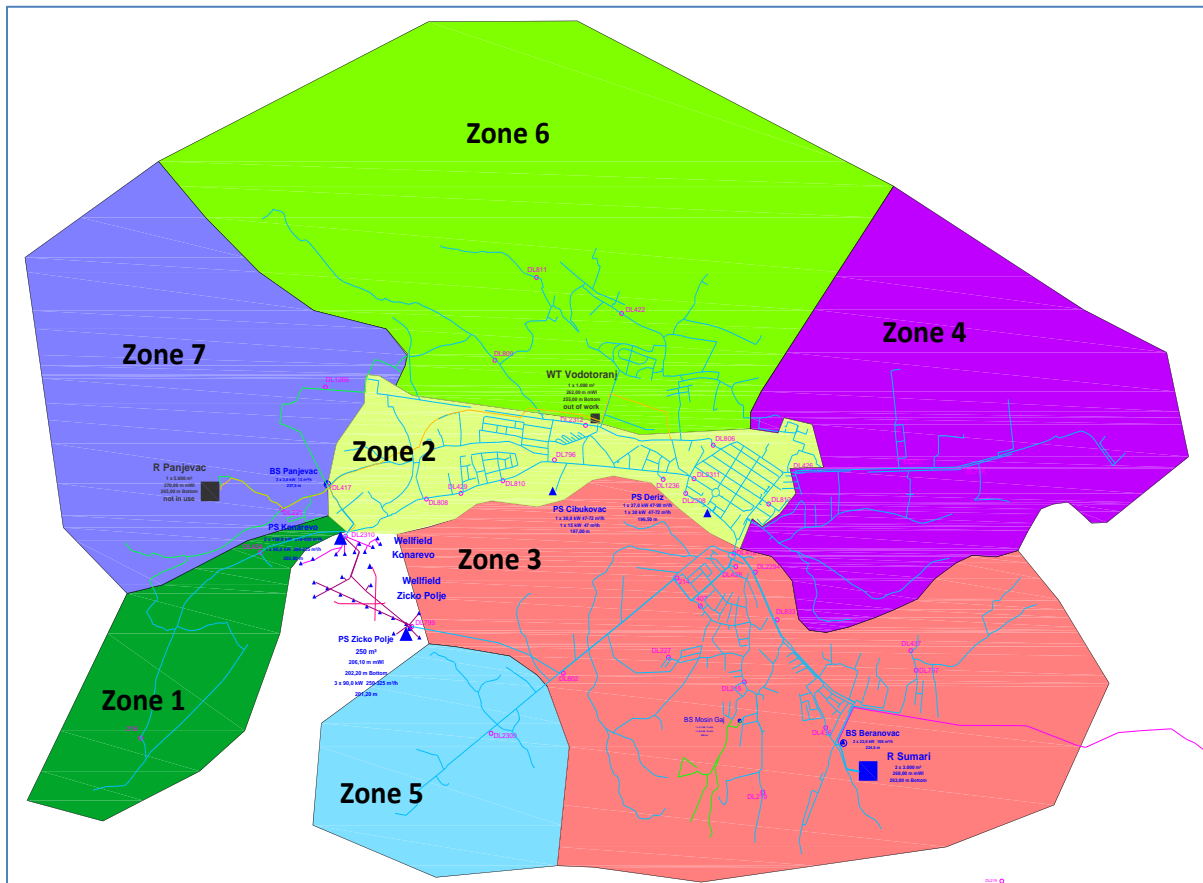
Kada zaposleni koji određuju privremene merne zone nisu bili sigurni da li su one nepropusne, predlagano je da se ugrade logeri pritiska i da se vodosnabdevanje tokom noći nakratko prekine za tu zonu. Ukoliko je pritisak pao na nulu, voda nije ulazila u zonu, a definisana privremena merna zona je bila ispravno izolovana.

Sve privremene merne zone su određivane na bazi međunarodno priznatih obrazaca, koji su opisani u Poglavlju 2.2, uz poštovanje različitih ograničenja na terenu.

U nastavku se opisuju aktivnosti na sektorizaciji vodovodnih sistema za svaki vodovod.

4.2.1 Kraljevo

Tokom trajanja istraživanja, sistem vodosnabdevanja Kraljeva je podeljen na ukupno 7 zona. One su prikazane na sledećoj slici.

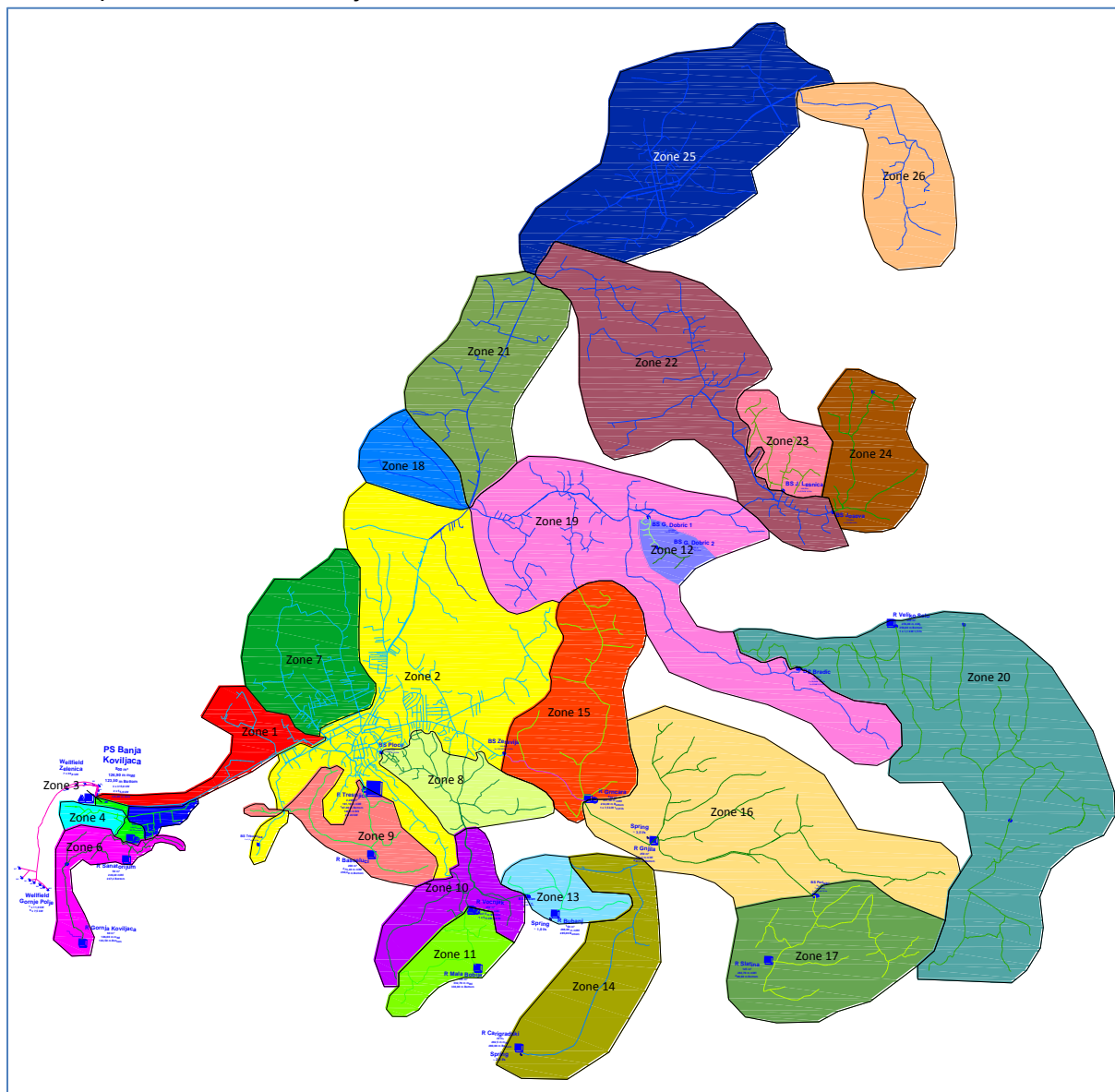


Slika 97 Kraljevo: Merne zone, utvrđene u julu 2011. godine

Sistem vodosnabdevanja Kraljeva je veoma složen, sa više izvorišta, regulacionih ventila i rezervoara u sistemu. Da bi se izbegli problemi u vodosnabdevanju, kao i opsežni i skupi zahvati, tokom trajanja istraživanja sistem je bilo moguće podeliti na ukupno sedam zona. Usled složenosti priključaka zone 2 sa ostalim zonama u sistemu, minimalni noćni protok u Zoni 2 može se samo izračunati, a ne direktno izmeriti.

4.2.2 Loznica

Tokom trajanja istraživanja, sistem vodosnabdevanja Loznice je podeljen na ukupno 26 zona. One su prikazane na sledećoj slici.



Slika 98 Loznica: Merne zone utvrđene u julu i avgustu 2011. godine

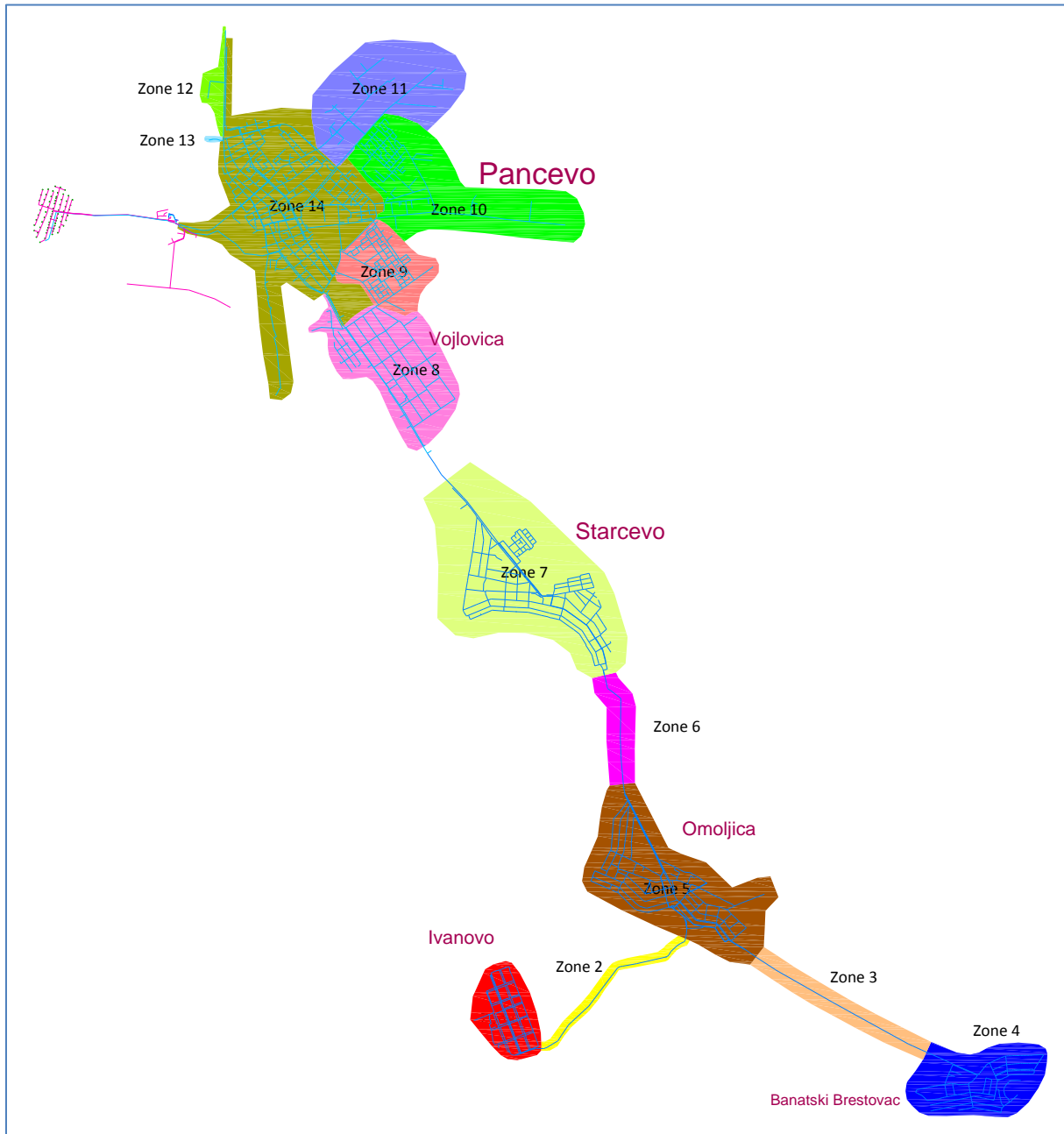
Preduzeće pijaćom vodom sa jedne pumpne stanice snabdeva Loznicu (grad), Banju Koviljaču i okolna sela do Lešnice na severu. Reznike u nadmorskim visinama između područja snabdevanja zahtevale su izgradnju nekoliko buster stanica i rezervoara.

S obzirom da je u Loznici SCADA sistem implementiran, nije potrebno da tim za detekciju curenja vrši merenja u svim zonama. Zone obuhvaćene SCADA sistemom mogu se analizirati pomoću registrovanih podataka.

U ovom sistemu je definisano najviše zona od svih gradova, što bi trebalo da pomogne smanjivanju NFV koja je takođe najveća od svih gradova obuhvaćenih istraživanjem. Treba takođe istaći da se radi i o najvećoj vodovodnoj mreži (vodovodna mreža je dugačka oko 553 km).

4.2.3 Pančevo

Tokom trajanja istraživanja, sistem vodosnabdevanja Pančeva je podeljen na ukupno 14 zona. One su prikazane na sledećoj slici.

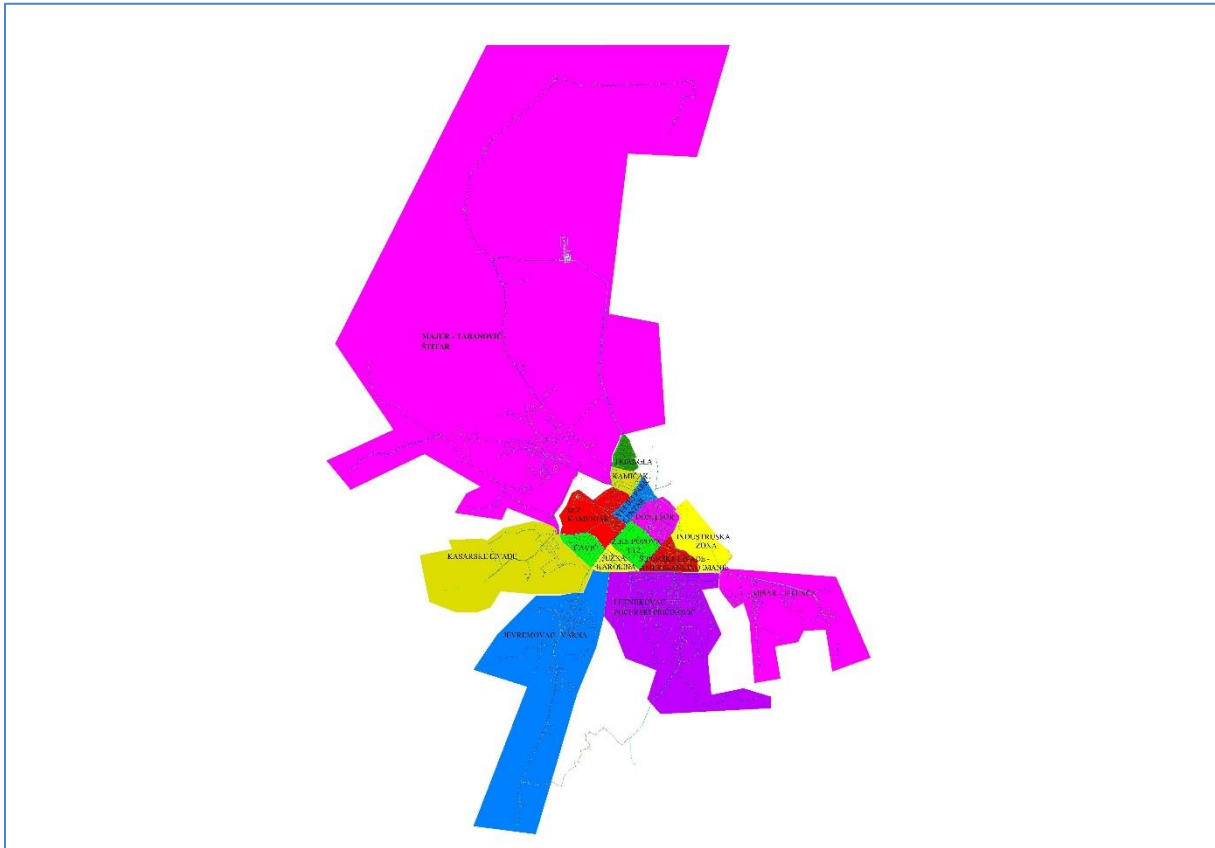


Slika 99 Pančevo: Merne zone utvrđene u julu i avgustu 2011. godine

Od svih utvrđenih zona, jedino u zoni 14 nije moguće izmeriti NFV nego se mora dobiti proračunom, pošto bi se zatvaranjem graničnih ventila izazvao prekid u snabdevanju okolnih područja, a verovatno i izazvala dodatna oštećenja u mreži. Zona 14 predstavlja centar Pančeva, i ovde je sistem toliko isprepletan, da ga nije bilo moguće podeliti na više delova. Preko ove zone se vodom snabdevaju ostali delovi Pančeva, kao i sela Starčevo, Omoljica, Ivanovo i Banatski Brestovac.

4.2.4 Šabac

Tokom trajanja istraživanja, sistem vodosnabdevanja Šapca je podeljen na ukupno 15 zona. One su prikazane na sledećoj slici.



Slika 100 Šabac: Merne zone utvrđene u 2011. godine

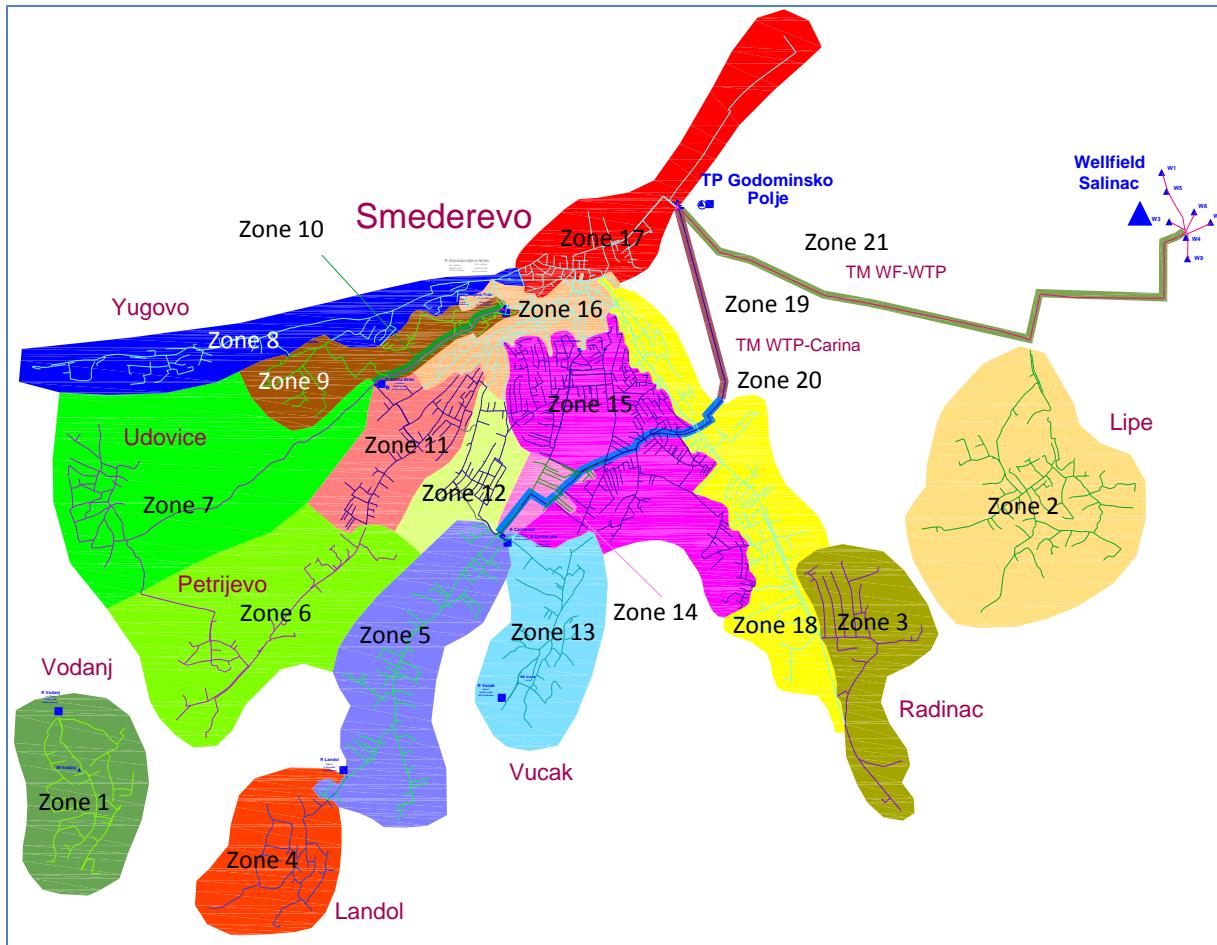
Preduzeće sa dve pumpne stanice vodom snabdeva Šabac (grad), i prigradska naselja Jevremovac i Letnjikovac. Različite nadmorske visine između zona snabdevanja zahtevale su izgradnju još jedne dodatne buster stanice i jednog glavnog rezervoara.

Utvrđene zone u sistemu vodosnabdevanja Šapca su (od severa ka jugu):

Majur – Tabanović – Štitar, Triangla, Kamičak, Veliki park centar, MZ Kamenjak, Donji Šor, Kasarske livade, Čavić, Žike Popovića 1 i 2, Industrijska zona, Južna Karolina, Šipurske livade – Amerikankino imanje, Jevremovac – Varna, Letnjikovac – Pocerski Pričinović, i Mišar – Jelenča.

4.2.5 Smederevo

Tokom trajanja istraživanja, sistem vodosnabdevanja Smedereva je podeljen na ukupno 21 zonu. One su prikazane na sledećoj slici.



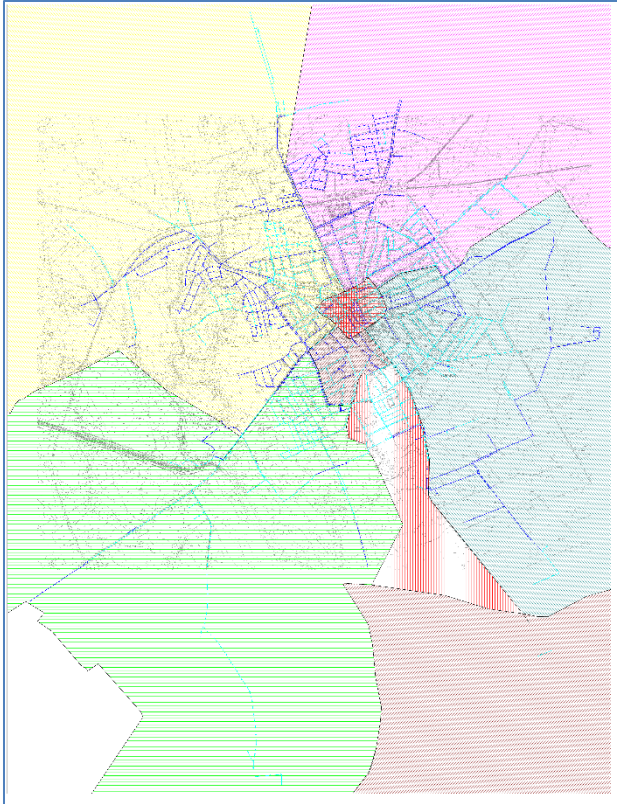
Slika 101 Smederevo: Merne zone utvrđene u julu i avgustu 2011. godine

Preduzeće isporučuje pijaću vodu sa jedne pumpne stanice u Smederevo (grad), prigradska naselja Jugovo i Carinu i okolna sela: Udovice, Petrijevo, Vučak i Landol. Razlike u kotama ovih zona snabdevanja zahtevaju izgradnju nekoliko buster stanica i rezervoara.

Od 21 identifikovane zone, gubici u zoni 17 moraju se odrediti proračunima, jer bi zatvaranje granica dovelo do prekida snabdevanja za okolna područja, a verovatno bi bila izazvana i dodatna oštećenja u mreži. Utvrđivanje gubitaka u zonama 20 i 21 zahteva merenja sa 2 prenosiva merača protoka.

4.2.6 Sombor

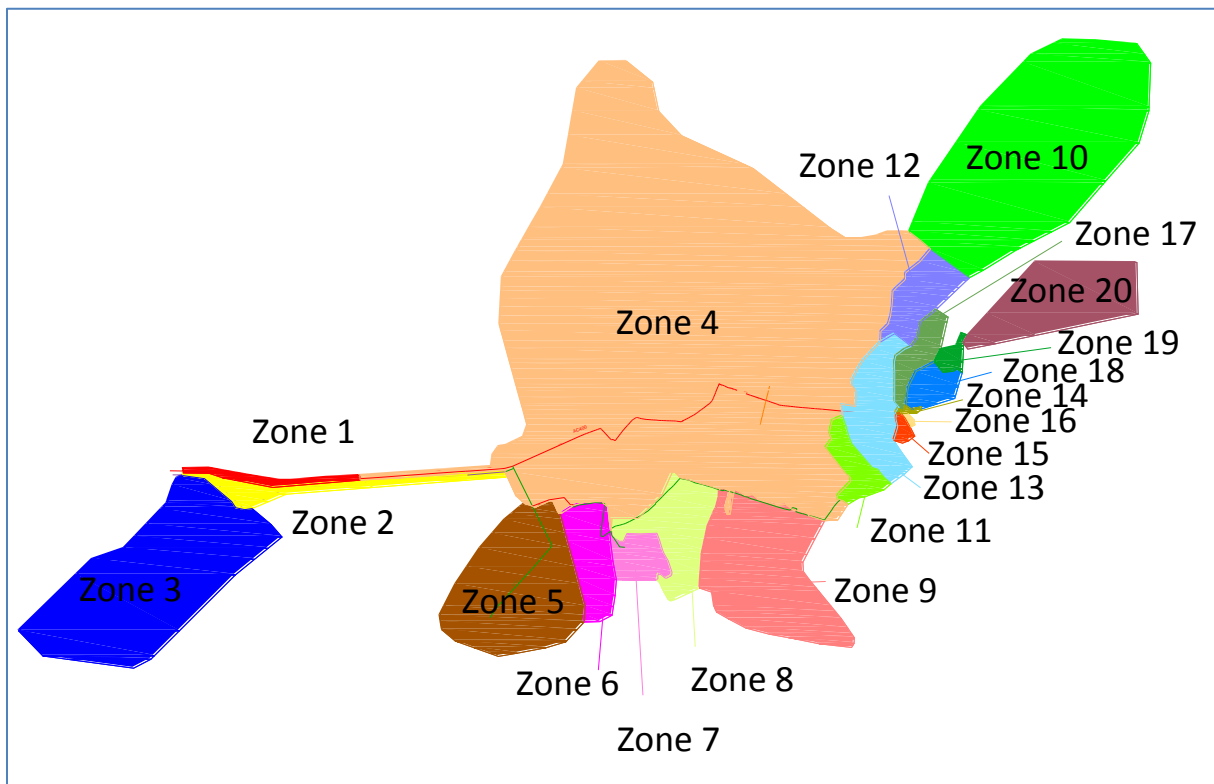
Tokom trajanja istraživanja, početne tri zone su utvrđene prilikom proračuna IWA bilansa vode. Preduzeće je u tom trenutku već imalo organizovan tim i sopstvene razvijene procedure za aktivnu detekciju curenja, tako da, u dogovoru sa preduzećem, u okviru istraživanja nije vršena dodatna podela sistema na veći broj zona, kao što je to bio slučaj u ostalim gradovima. U diskusijama sa predstavnicima preduzeća, jedino se došlo do grube podele na zone, kao što je prikazano na sledećoj slici.



Slika 102 Sombor: Merne zone koje je preduzeće identifikovalo

4.2.7 Vršac

Tokom trajanja istraživanja, sistem vodosnabdevanja Vršca je podeljen na ukupno 20 zona. One su prikazane na sledećoj slici.



Slika 103 Vršac: Merne zone utvrđene u maju 2012 godine

Svaka od postojećih zona pritiska je podeljena na nekoliko mernih zona:

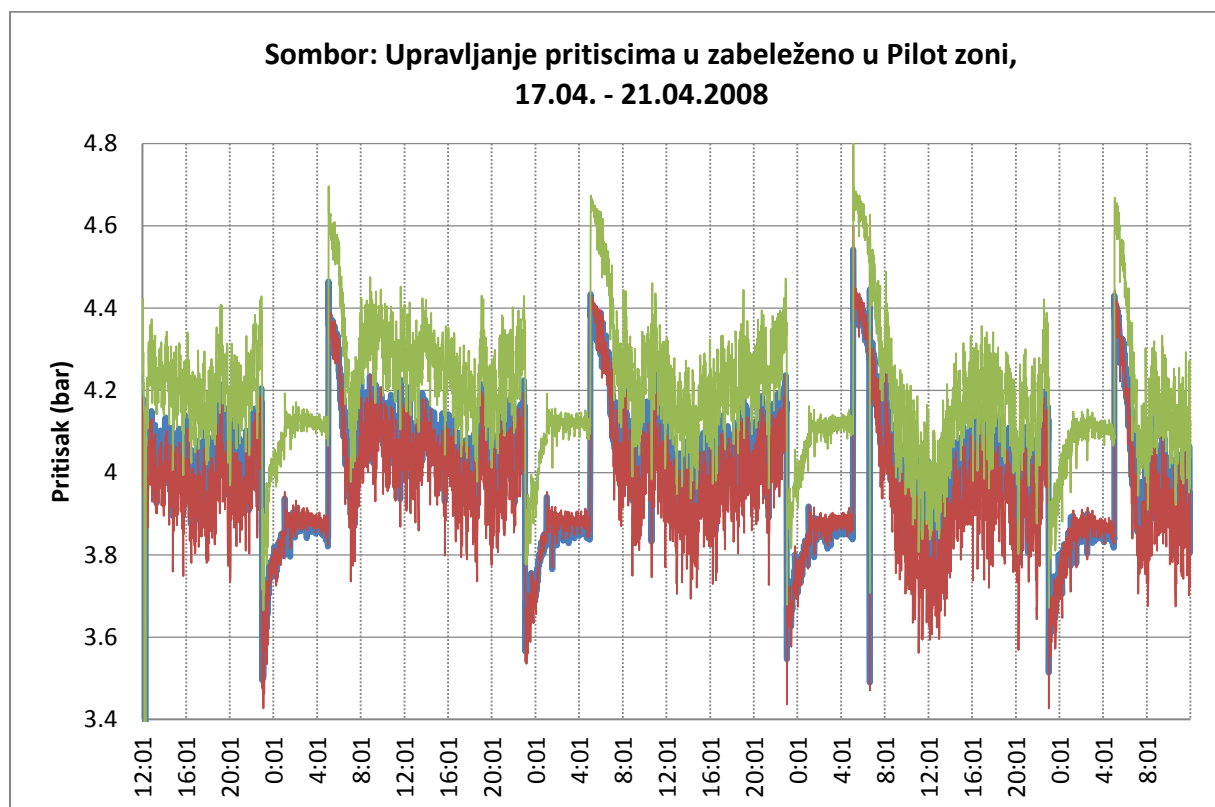
- Prva zona pritiska: 10 mernih zona (zone 1 do 10)
- Druga zona pritiska: 3 merne zone (zone 11 do 13)
- Treća zona pritiska: 4 merne zone (zone 13 do 17)
- Četvrta zona pritiska: 1 merna zona (zona 18)
- Peta zona pritiska: 2 merne zone (zone 19 i 20)

Zona 4 predstavlja centar Vršca, i ovde je sistem toliko isprepletan, da ga nije bilo moguće podeliti na više delova bez opasnosti od izazvanja prekida u snabdevanju okolnih područja zatvaranjem graničnih ventila, a verovatno i izazvanja dodatnih oštećenja u mreži.

4.3 Aktivnosti na upravljanju i kontroli pritiska u vodovodnim sistemima

Kao što je u Poglavlju 2.3.1.1 objašnjeno, količina curenja zavisi od pritiska u mreži. Zbog toga je potrebno upravljati pritiscima u mreži što je više moguće, uz zadržavanje neprekidnosti isporuke, i minimalnog propisanog pritiska za gašenje požara.

Većina preduzeća standardno obaraju pritisak u noćnim časovima, kad je potrošnja niža, što je i standardna praksa, a što je dokumentovano i u Poglavljima 4.1.1 – 4.1.7, na graficima 24-časovnih merenja protoka i pritiska. Ova praksa je potvrđena brojnim merenjima pritiska, a u nastavku se daje grafički primer upravljanja pritiscima u noćnim časovima, u Pilot zoni u Somboru.



Slika 104 Sombor: Upravljanje pritiscima u Pilot zoni, zabeleženo pomoću tri logera pritiska

Prethodni dijagram prikazuje upravljanje pritiscima u sistemu vodosnabdevanja Sombora, i to pomoću merenja na tri logera pritiska, koji su bili ugrađeni u Pilot zoni. Primetan je pad pritiska u noćnim časovima.

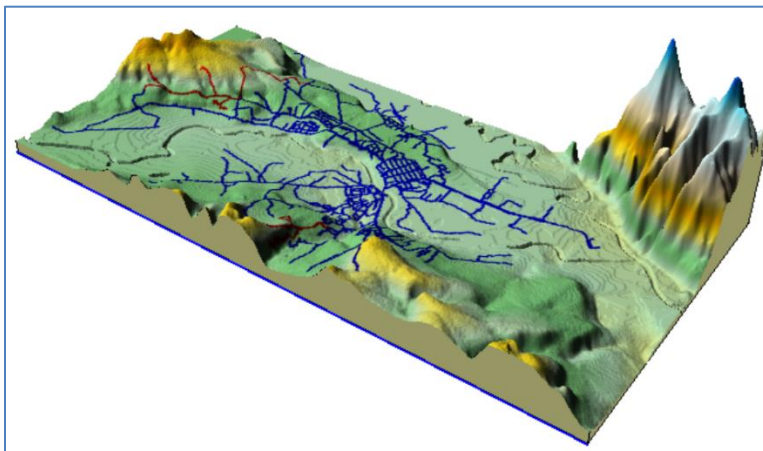
Dodatne aktivnosti, koje su sprovedene na istraživanju, su bile upravljanje pritiscima u gradskim mrežama u Kraljevu i Loznici. Ovo su vrlo kompleksne aktivnosti, jer zahtevaju obimne zahvate na mreži (podelu sistema na zone zatvaranjem postojećih, ili otvaranjem novih veza u mreži, ugradnju merača protoka i pritiska u mreži, razvijanje SCADA sistema za upravljanje i nadzor elementima u mreži i slično).

U nastavku sledi prikaz aktivnosti na sistemima vodosnabdevanja u Kraljevu i Loznici.

4.3.1 KRALJEVO

Na sledećem primeru će prvo biti prikazane sve aktivnosti koje su bile potrebne u cilju obezbeđivanja preduslova za upravljanje pritiscima u sistemu vodosnabdevanja u Kraljevu. Ovo uključuje digitalizaciju mreže, razvoj hidrauličkog modela, podelu sistema na zone ugrađivanjem potrebne opreme, i povezivanje na SCADA sistem. Na ovom primeru se može zaključiti koliko su različite aktivnosti na smanjenju gubitaka međusobno povezane.

Zatim će biti pokazano koliko je bilo moguće smanjiti pritiske u mreži, a posledično i gubitke, kao što se objašnjava u Poglavlju 2.3.1.1 „Uticaj upravljanja i kontrole pritiska u vodovodnim sistemima u cilju smanjenja gubitaka“.



Slika 105 Sistem vodosnabdevanja Kraljeva, prema hidrauličkom modelu

4.3.1.1 Digitalizacija mreže

Kvalitet osnovnih podataka, kao što su tačna mapa mreže vodosnabdevanja i tačan visinski model, imaju najveći uticaj na kvalitet rezultata hidrauličkog modela. Podaci o mreži su dobijeni od strane preduzeća na samom početku istraživanja. Preduzeće je koristilo GIS sistem „WATERGIS“. Ovim sistemom podaci se čuvaju u bazi podataka ACCESS, i u AutoCAD crtežima.

Otpriblike 134 km, ili 70% mreže vodosnabdevanja je bilo već digitalizovano, dok je ostatak digitalizovan tokom istraživanja. Postojeći i novi podaci su ponovo proveravani, ažurirani i na kraju kompletirani, što je iziskivalo dosta rada na terenu, prevashodno vezano za materijale i prečnike. Konačni proizvod je bila mapa koja je sadržala sve informacije o svakom čvorištu, promeni prečnika ili promeni materijala.

Svaka ova karakteristična tačka je dobila svoj jedinstveni kod. Jedinstveni kod je takođe dodeljen i svakom segmentu cevovoda između dve tačke. Struktura mreže je zatim prebačena u bazu podataka, a informacije o materijalu i prečniku su zatim dodeljivane svakom segmentu.

Informacije potrebne za bazne mape u hidrauličkom modelu skenirane su sa topografskih i vektorskih katastarskih mapa.

4.3.1.2 Podaci o visinama

Tačni podaci o visinama na tačkama čvorišta u modelu predstavljaju osnovu za prihvatljivi nivo tačnosti. Prema standardima koji su primenjeni u radnom listu GW 303 organizacije „DVGW”, kote hidrauličkih čvorišta kreću se u rasponu od ± 1 m za obične čvorove i ± 0.1 m za čvorove koji ulaze u razmatranja za upravljanje pritiskom.

Isprva je pokušano korišćenje SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) podataka, ali je ustanovljeno da oni ne daju dovoljnu tačnost o visinama, tako da se prešlo na podatke o visinama sistema LANDINFO, koji su nabavljeni tokom istraživanja, i dodatno poboljšani određenim merenjima od strane preduzeća. Ponekad su, za rezervoare i pumpne stanice, relevantne visine minimalnih i maksimalnih nivoa vode, ulaza i izlaza cevi i osovina pumpi korišćeni podaci iz crteža izvedenog stanja, ukoliko su bili na raspolaganju.

4.3.1.3 Podaci o potrošnji

Osnovu su činili podaci preduzeća o potrošnji iz 2008. Fakturisana količina vode iznosila je 5.983.800 m³/godišnje. Potrošači su klasifikovani po ulicama, utvrđena je potrošnja za svaku ulicu, a zatim raspoređena proporcionalno po hidrauličkim čvorovima u modelu.

U stvarnosti se opterećenja nalaze duž cevi. U skladu sa dobro utemeljenom praskom, potrošnja je raspoređena na najbliže čvorove primarnog distributivnog sistema. Ovaj postupak naziva se “distribucija/raspodela potrošnje u vodi”. Generalno su uzimani geografski najbliži čvorovi.

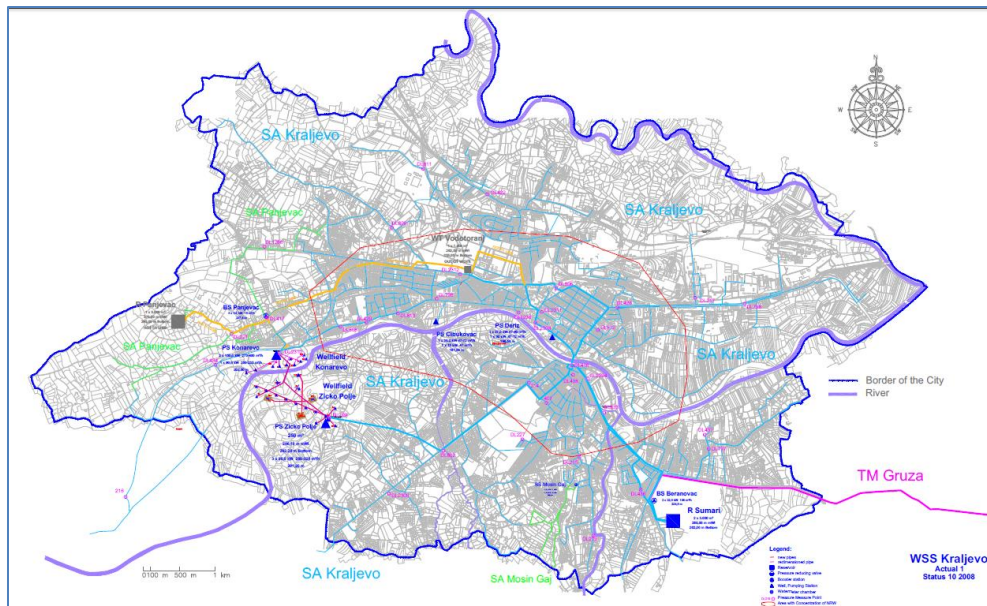
4.3.1.4 Kalibraciona merenja

4.3.1.4.1 Opšte

Kalibraciona merenja su najvažnija za ispravno funkcionisanje hidrauličkog modela, jer omogućuju proveru tačnosti cevni veza, cevni prečnika, cevni materijala, specifičnih koeficijenata hrapavosti i korišćenih kota. Izvršena su merenja protoka, nivoa vode i pritisaka.

Merenja protoka, pritisaka i nivoa za potrebe prikupljanja podataka za glavnu zonu snabdevanja u Kraljevu izvršena su krajem oktobra 2008. godine.

Na sledećoj slici se prikazuju lokacije svih izvršenih merenja.



Slika 106 Lokacije svih merenja prilikom izrade hidrauličkog modela u Kraljevu

4.3.1.4.2 Merenja protoka

Ulaz u sistem je meren ultrazvučnim meračima protoka na glavnim pumpnim stanicama Žičko Polje i Konarevo, na buster stanicama Beranovac i Panjevac, kao i ispred rezervoara Šumari. Manje pumpne stanice Čibukovac i Đeriz su bile isključene.

4.3.1.4.3 Merenja nivoa vode

Merenjem periodične promene nivoa vode u rezervoarima, ako je poznata površina, može se izračunati brzina punjenja ili pražnjenja rezervoara. U posebnim slučajevima, kad je ulaz jednak nuli, može se izračunati protok iz rezervoara u sistem, i obrnuto, kad je izlaz jednak nuli, može se izračunati protok iz sistema u rezervoar. U obe komore rezervoara Šumari, kao i u rezervoaru Žičko Polje, ugrađeni su dodatni senzori pritiska, kojima je sniman nivo vode.

4.3.1.4.4 Merenja pritiska

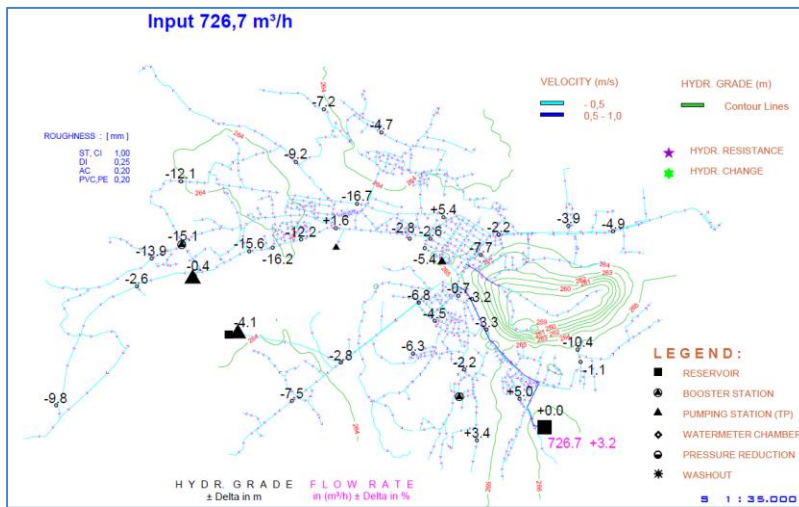
Logeri pritiska su korišćeni radi snimanja stanja pritiska u mreži. Oni su bili montirani na hidrante, ili kućne priključke koji su blizu glavnih cevi. Ukupno je montirano 36 logera pritiska, što je u skladu sa preporukama iz radnog lista GW 303 organizacije „DVGW”, gde se predlaže 40 logera za sisteme sa 150 km glavnih cevi.

4.3.1.5 Opis merodavnih slučajeva korišćenih za merenja i kalibraciju

4.3.1.5.1 Prvi merodavni slučaj

Glavni razlog za sprovođenje prvog merodavnog slučaja bio je da se proveriti tačnost i ispravnost visinskih podataka korišćenih u modelu. Može se koristiti samo u u situaciji sa minimalnim protokom kada su brzine protoka i gubici usled trenja niski, što je obično tokom noći, u zavisnosti od karakteristika potrošača u zoni snabdevanja. Za ovaj slučaj sa minimalnom potražnjom tokom noći isključene su sve pumpne stanice, a ceo sistem je snabdevan samo iz rezervoara Šumari. Sve buster stanice, osim Beranovca, su takođe bile uključene.

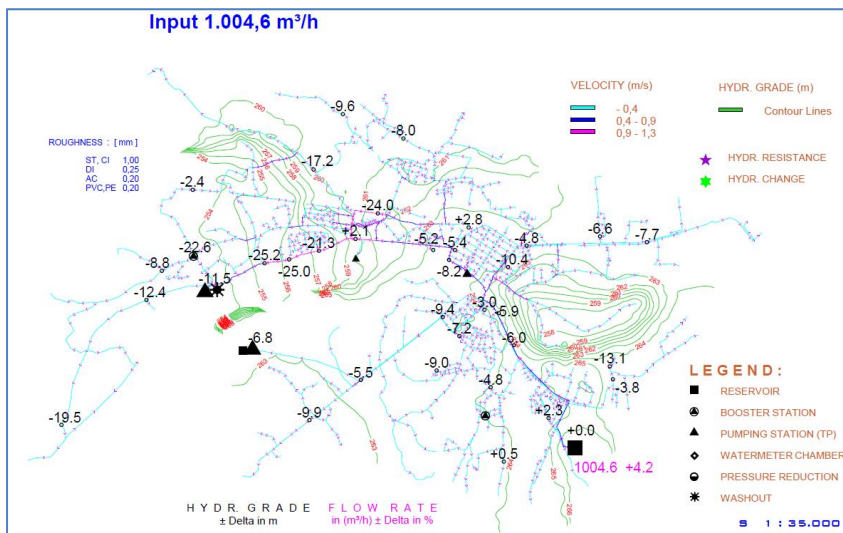
Sledeća slika pokazuje razlike između izmerenih i izračunatih pritisaka, i izračunate brzine.



Slika 107 Prvi merodavni slučaj: razlike između izmerenih i izračunatih pritisaka, i izračunate brzine

4.3.1.5.2 Drugi merodavni slučaj

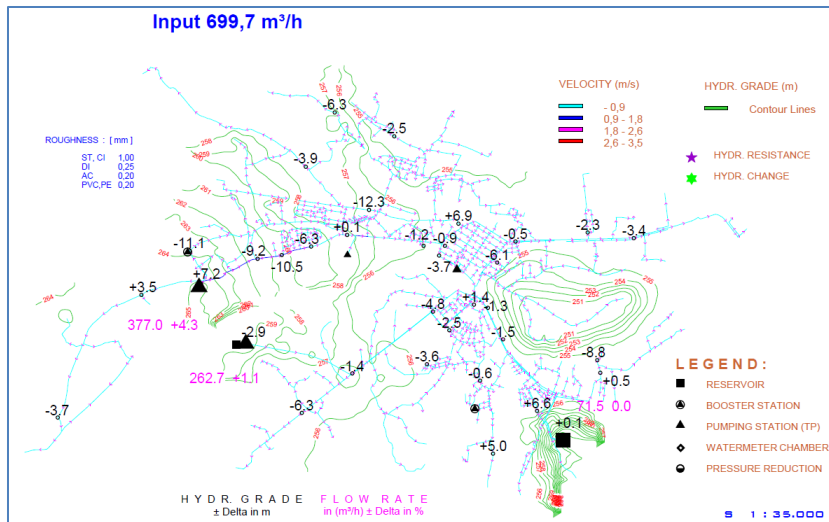
Drugi merodavni slučaj ima za cilj proveru tačnosti hidrauličkog modela u vezi sa cevnim presecima, prečnicima i materijalima, kao i da se uskladi specifična hrapavost cevi. Morala je biti stvorena situacija sa ekstremnom potrošnjom, otvaranjem ispusta na glavnom dovodniku DN500, ispred pumpne stanice Konarevo, koja je daleko od ulaza u sistem, kako bi se stvorio velik protok kroz sve bitne cevi.



Slika 108 Drugi merodavni slučaj: razlike između izmerenih i izračunatih pritisaka, i izračunate brzine

4.3.1.5.3 Treći merodavni slučaj

Trećim merodavnim slučajem su proveravane karakteristike pumpi i podaci o proizvodnji vode. Sve pumpne stanice su bile uključene, buster stanica Beranovac je punila rezervoar Šumari, a ispusti i hidranti su bili zatvoreni.

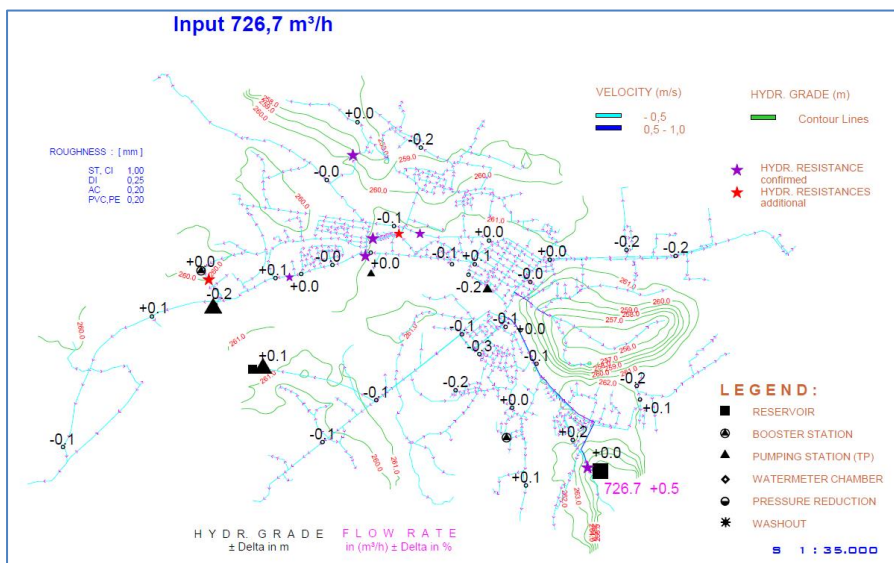


Slika 109 Treći merodavni slučaj: razlike između izmerenih i izračunatih pritisaka, i izračunate brzine

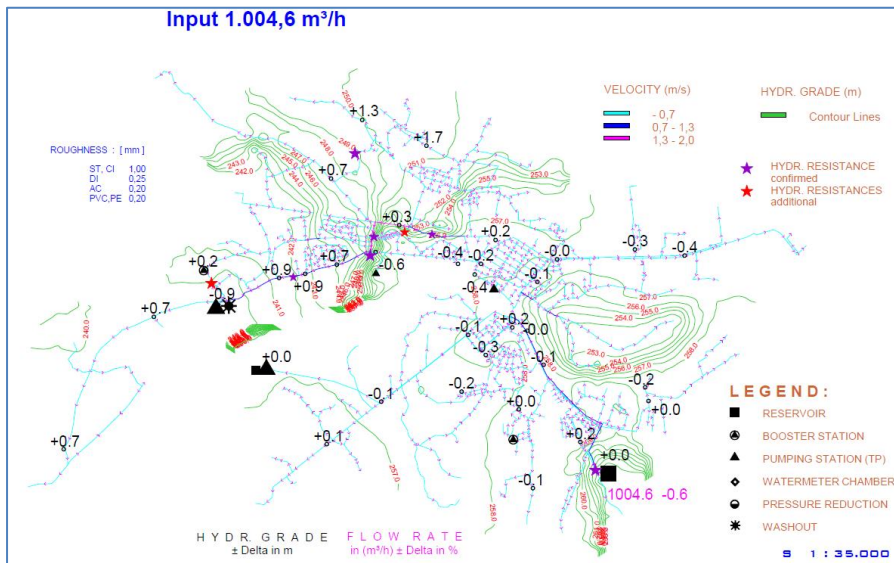
4.3.1.6 Kalibracija hidrauličkog modela

Provera ispravnosti hidrauličkog modela je izvršena upoređivanjem izmerenih i izračunatih pritisaka za svaki merodavni slučaj. Razlike mogu biti posledica ili sistemskih grešaka, ili nasumičnih grešaka. Sistematske greške nisu od značaja za uspešnost hidrauličkog modela, jer svi protoci zavise od razlika u pritisku samo između hidrauličkih čvorova. Dakle, apsolutni pritisak na referentnom čvoru može se odabrati kao proizvoljna konstanta u rešenju sistema matematičkih jednačina. Uočena sistematska greška ukazuje samo na to da je na primer neizmereni nivo vode u rezervoaru pogrešno procenjen. Ova greška nestaje nakon što se izvrši odgovarajuća korekcija referentnog pritiska. Za kvalitet hidrauličkog modela relevantne su samo nasumične greške. Ukoliko razlike u pojedinačnim čvorovima premašuju opseg od ± 1 m, prema standardima organizacije „DVGW”, potrebno je utvrditi uzroke ovih grešaka. Nakon utvrđivanja uzroka greški, ispravne vrednosti su unošene u svaki merodavni slučaj.

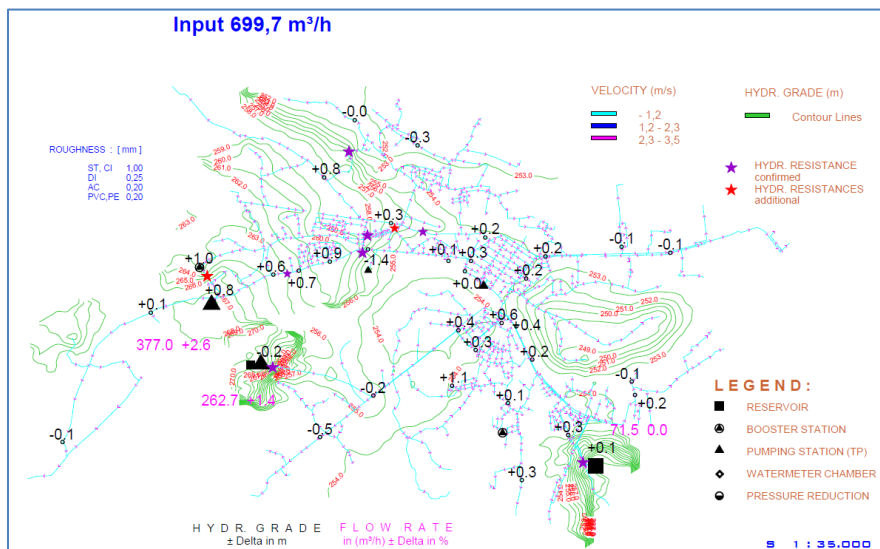
U nastavku se daje prikaz tri merodavna slučaja, nakon kalibracije.



Slika 110 Prvi merodavni slučaj, nakon kalibracije



Slika 111 Drugi merodavni slučaj, nakon kalibracije



Slika 112 Treći merodavni slučaj, nakon kalibracije

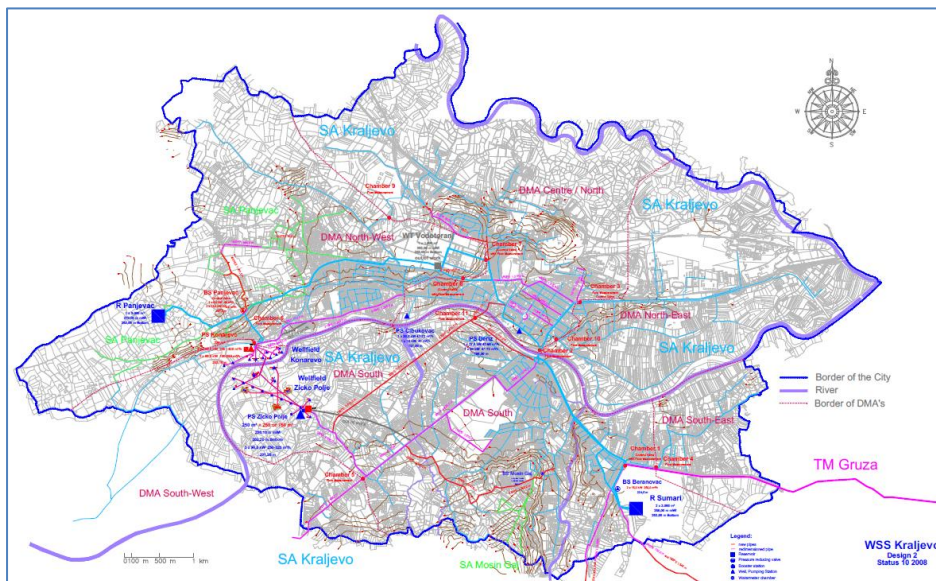
4.3.1.7 Hidrauličke simulacije

Za poređenje različitih mogućih situacija, u hidrauličkom modelu primenjeni su različiti scenariji. Osnovu čini utvrđena baza podataka za hidraulički model koja je već usaglašena na osnovu kalibracije koja se sprovedla na osnovu merenja sa terena. Za svaki scenario koristi se kalibrisani hidraulički model koji se proširuje promenom specifičnih činjenica relevantnih za taj scenario (postojeći stvarni uslovi – projektovana buduća potrošnja).

4.3.1.8 Rezultati hidrauličkog modela i preporuke

Hidraulički model je ukazao na nekoliko nedostataka u sistemu vodosnabdevanja Kraljeva, kao što su nedovoljni kapaciteti glavnog dovodnika, neiskorišćenost jednog vodotornja blizu centra grada, nedovoljni prečnici nekih od sekundarnih cevovoda, nepriključenost više

objekata na centralni SCADA sistem i slično. Vezano za ovo istraživanje, hidraulički model je izneo preporuku o podeli sistema vodosnabdevanja na šest mernih zona, i to izgradnjom 11 mernih šahtova, od kojih bi tri služila i za regulisanje pritiska u mreži.



Slika 113 Preporuka iz hidrauličkog modela Kraljevo o podeli na šest mernih zona

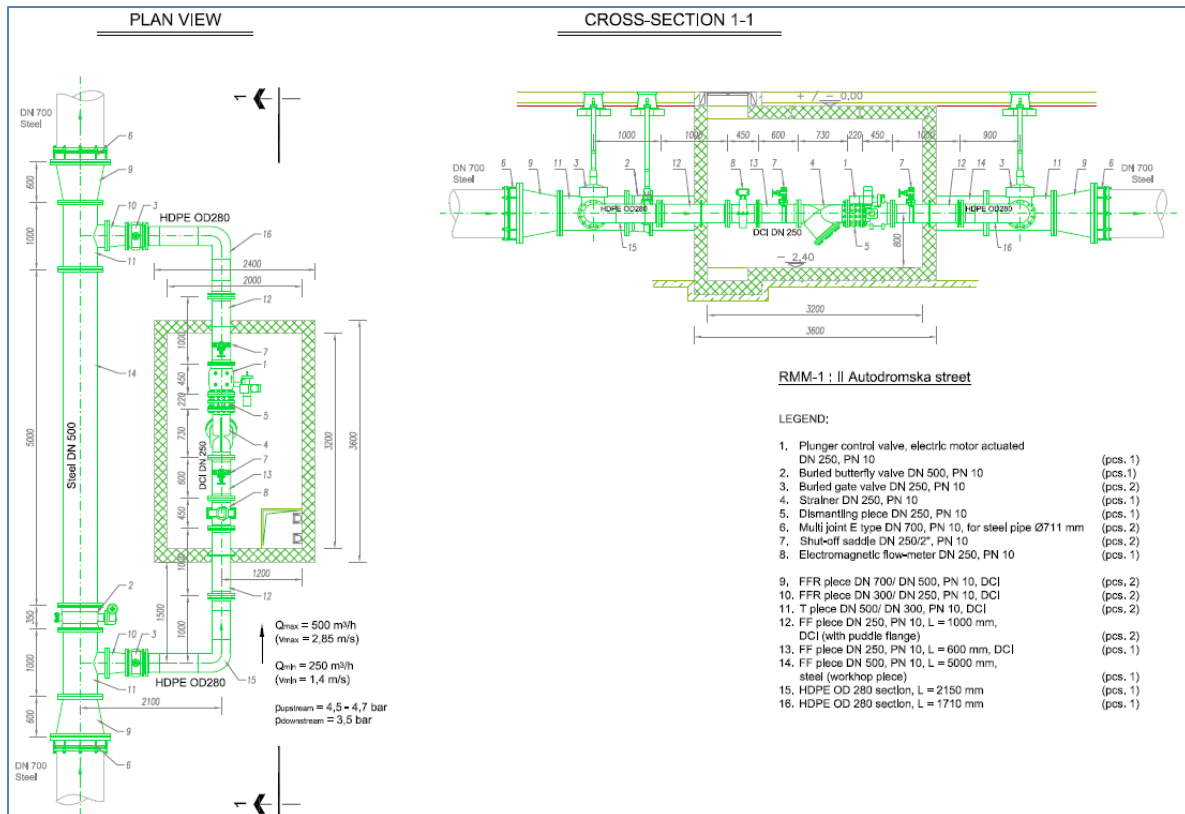
4.3.1.9 Aktivnosti na terenu

Na osnovu preporuka hidrauličkog modela, prvo se pristupilo projektovanju merno-regulacionih šahtova. Pojedini šahtovi su bili predviđeni za prepravku, odnosno ubacivanje dodatne opreme, dok su drugi bili novi šahtovi.

Detaljnijom analizom hidrauličkog modela, odlučeno je da sledeći šahtovi sadrže regulacionu opremu, i to sa karakteristikama datim u nastavku. Ostalih osam šahtova su bili predviđeni samo za mernu opremu, kako bi se stvorile i održavale stalne merne zone.

4.3.1.9.1 Merno-regulacioni šaht 1

Tip ventila:	Igličasti ventil za kontrolu pritiska sa električnim pogonom
Lokacija:	II Autodromska ulica – ulaz u mernu zonu 3 „Jug“
Maksimalni protok:	oko 500 m ³ /h
Maksimalan ulazni pritisak:	5,0 bar
Minimalan ulazni pritisak:	4,5 bar
Konstantan izlazni pritisak:	3,5 bar



Slika 114 Šema merno-regulacionog šahta 1

4.3.1.9.2 Merno-regulacioni šahat 3

Tip ventila:

Igličasti ventil za kontrolu pritiska sa električnim pogonom

Lokacija:

Dositejeva ulica – ulaz u zonu 4 „Severoistok“

Maksimalni protok:

oko 145 m³/h

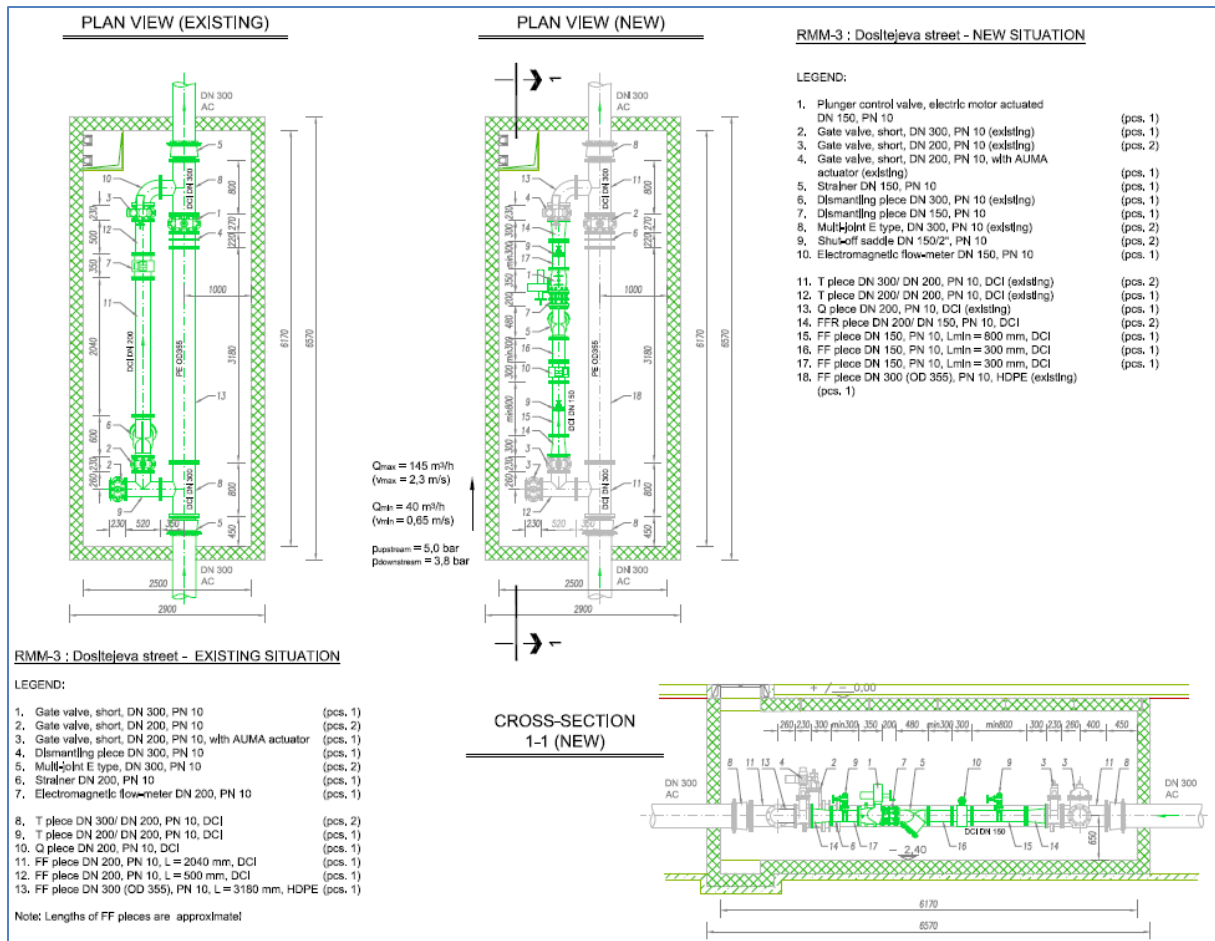
Maksimalan ulazni pritisak:

5,0 bar

Minimalan ulazni pritisak:

4,5 bar

Konstantan izlazni pritisak:**3,8 bar**



Slika 115 Šema merno-regulacionog šahta 3

4.3.1.9.3 Merno-regulacioni šaht 7

Tip ventila:

Igličasti ventil za kontrolu pritiska sa električnim pogonom

Lokacija:

Industrijska ulica – ulaz u zonu 6 „Sever“

Maksimalni protok:

oko 220 m³/h

Maksimalan ulazni pritisak:

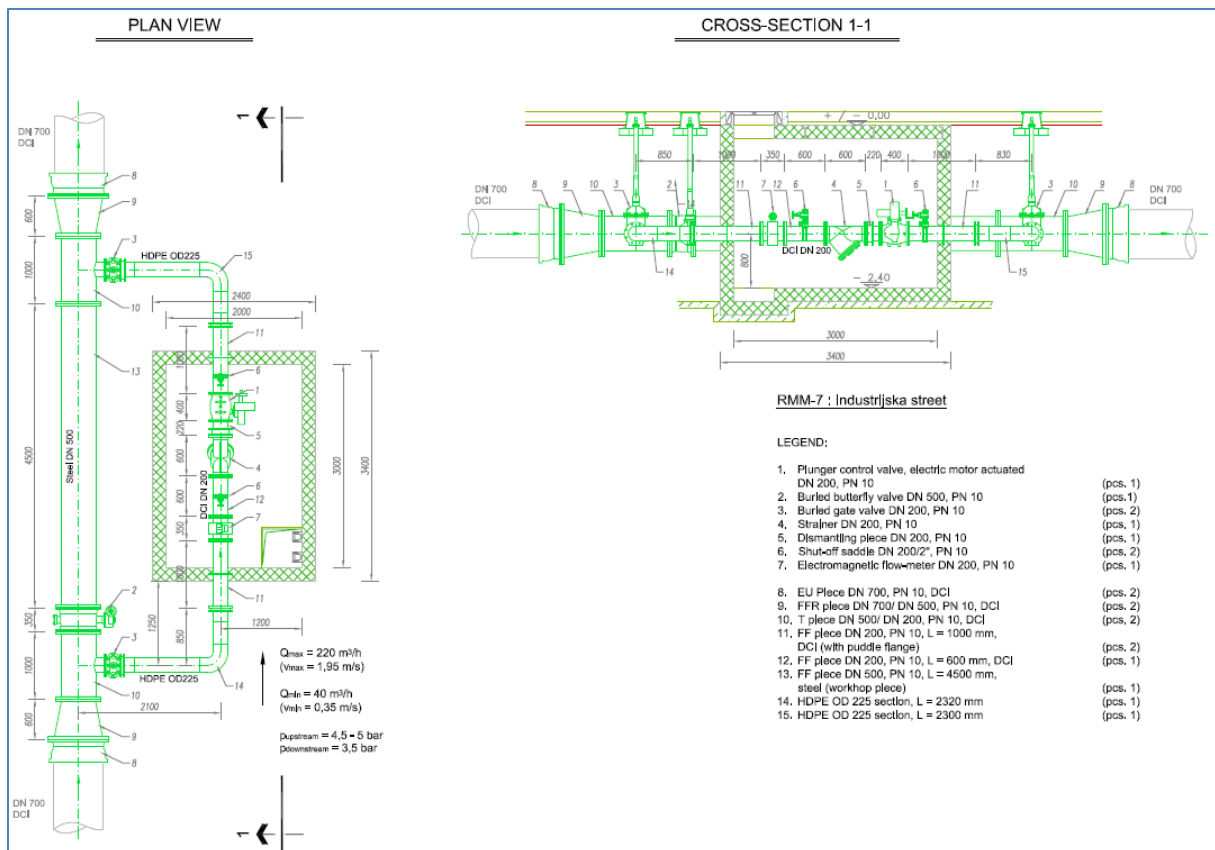
5,0 bar

Minimalan ulazni pritisak:

4,5 bar

Konstantan izlazni pritisak:

3,5 bar



Slika 116 Šema merno-regulacionog šahata 7

4.3.1.10 Interpretacija rezultata

Slika 8 „Uticaj pritiska u mreži na količinu curenja“ u Poglavlju 2.3.1.1 „Uticaj upravljanja i kontrole pritiska u vodovodnim sistemima u cilju smanjenja gubitaka“, pokazuje zavisnost intenziteta curenja od pritiska u mreži. Tokom istraživanja, urađene su pripremne aktivnosti na obaranju pritiska u mreži, međutim, do kraja 2014. godine, do kad su prikupljeni podaci o gubicima u mrežama, nije došlo do faze implementacije. Tek tokom 2016. godine su ugrađena i puštena u funkciju tri igličasta ventila za kontrolu pritiska sa električnim pogonom, sa namenom da ulazni pritisak u pojedine delove mreže obore za do 30%. Iz tog razloga, u radu se ne može kvantifikovati koliki je efekat obaranja pritiska na smanjenje gubitaka u Kraljevu, a Poglavlje 6.1.2 „Promena nivoa nefakturisane vode, posebno po gradovima“ ne prikazuje efekat ove aktivnosti.

Bez obzira na to, oslanjajući se na brojnu stručnu literaturu iz ove oblasti, može se zaključiti da će ova aktivnost doneti rezultate, koji će biti vidljivi od 2017. godine.

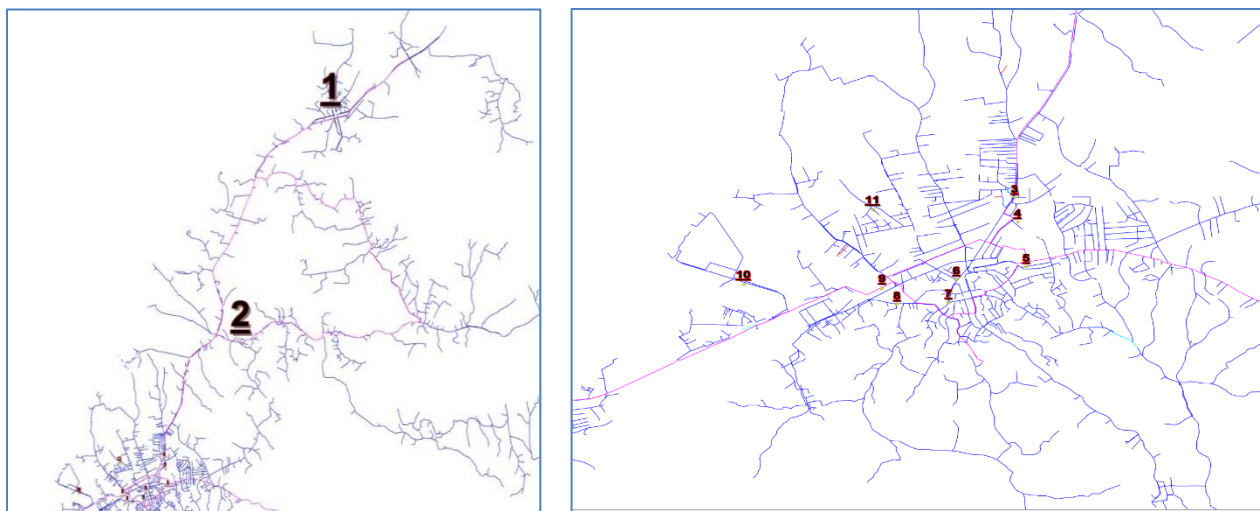
4.3.2 LOZNICA

Pritisci u Loznici su bili izuzetno visoki, zbog konfiguracije terena i potrebe da se voda sa izvora sprovede u kontra rezervoar, čija je kota znatno iznad kote terena gradskog jezgra. Zbog toga je, na samom početku istraživanja, izvršeno merenje pritiska na nekoliko tačaka u gradu, kao što je prikazano na sledećoj slici i tabeli.

RB	Mesto/Ulica	Mesto postavljanja	Prosečan pritisak	Prosečan noćni pritisak	MAX
1	OŠ "Petar Tasić" Lešnica	Hidrant	7,1	7,7	7,8
2	DOM Lipnički Šor	Kućna konekcija	6,5	6,8	7,1
3	Šabački put (Filipa Kljajića 60)	Hidrant	6,1	6,2	6,4
4	Sportski centar	Hidrant	6,3	6,4	6,6
5	Lagator (Cerska 7)	Kućna konekcija	4,4	4,4	4,6
6	Centar (Svetog Save)	Hidrant	6,1	6,2	6,4
7	Opština (Jovana Cvijića)	Hidrant	5,7	5,7	5,9
8	Banjski put (DIS)	Kućna konekcija	5,9	6,0	6,4
9	Mladost	Hidrant	6,6	6,7	6,9
10	Lozničko polje	Kućna konekcija	6,7	6,8	7,2
11	Šepački put	Kućna konekcija	6,7	6,7	7,3
	Devijacija pritiska*		0,4	0,5	0,6

*Bez (Lagator Cerska)

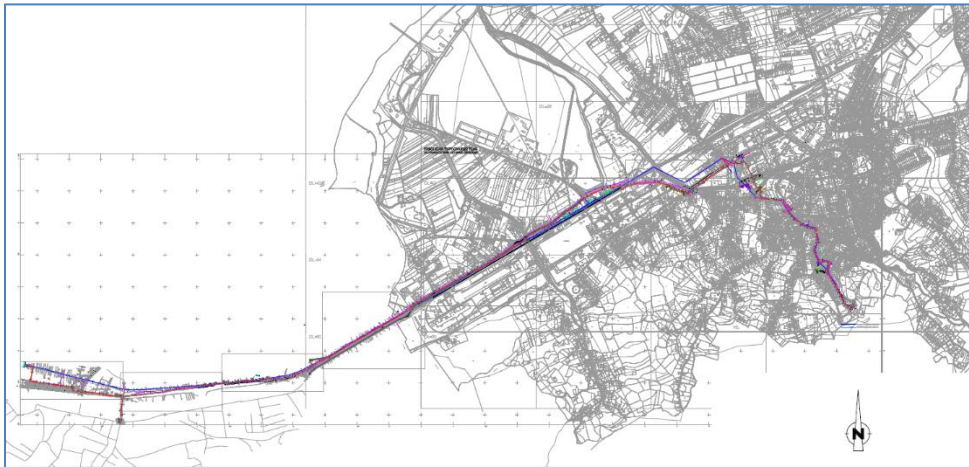
Tabela 27 Loznica: Lokacije merenja pritiska



Slika 117 Grafički prikaz lokacija merenja pritiska u mreži

Upravljanje pritiscima je izvršeno u više faza. Najpre je rekonstruisan glavni dovodnik DN 600, pomoću kojeg se puni kontra rezervoar iznad grada. Tom prilikom su neke postojeće veze zatvorene, i instalirane nove. Tokom ovih radova, ugrađeni su merači protoka i pritiska, opremljeni mogućnošću daljinskog upravljanja. Nakon toga, ovi elementi su priključeni na novi SCADA sistem. Tokom ove rekonstrukcije, bilo je potrebno izgraditi dve buster stanice, kako

bi udaljeni delovi gradske mreže bili snabdeveni vodom, nakon obaranja pritiska u gradskoj zoni.



Slika 118 Projekat rekonstrukcije glavnog dovodnika DN 600 u Loznici

Ukupno je ugrađeno četiri ventila za kontrolu pritiska, sa karakteristikama opisanim u nastavku.

4.3.2.1 Igljasti ventil za kontrolu pritiska sa elektičnim pogonom

Zadatak ovog ventila je da održava konstantan zadati izlazni pritisak.

Maksimalni protok:	oko 660 m ³ /h
Minimalni protok:	oko 260 m ³ /h
Maksimalan ulazni pritisak:	7,5 bar
Minimalan ulazni pritisak:	5,5 bar
Maksimalan zadat izlazni pritisak:	5,0 bar
Minimalan zadat izlazni pritisak:	3,7 bar

4.3.2.2 Ventili za redukciju pritiska

Ukupno je ugrađeno tri ovakva ventila, za čije funkcionisanje nije potreban spoljni pogon, nego se uključuju samostalno, u zavisnosti od razlike ulaznog i izlaznog pritiska.

Očekivani protok:	0 – 60 m ³ /h
Maksimalan ulazni pritisak:	7,5 bar
Minimalan ulazni pritisak:	5,5 bar
Maksimalan zadat izlazni pritisak:	5,0 bar
Minimalan zadat izlazni pritisak:	4,5 bar

4.3.2.3 Interpretacija rezultata

Slično kao i u Poglavlju 4.3.1.10 na primeru Kraljeva, i u Loznici su tokom istraživanja urađene pripremne aktivnosti na obaranju pritiska u mreži, međutim, do kraja 2014. godine, do kad su prikupljeni podaci o gubicima u mrežama, nije došlo do faze implementacije. Tek naknadno su

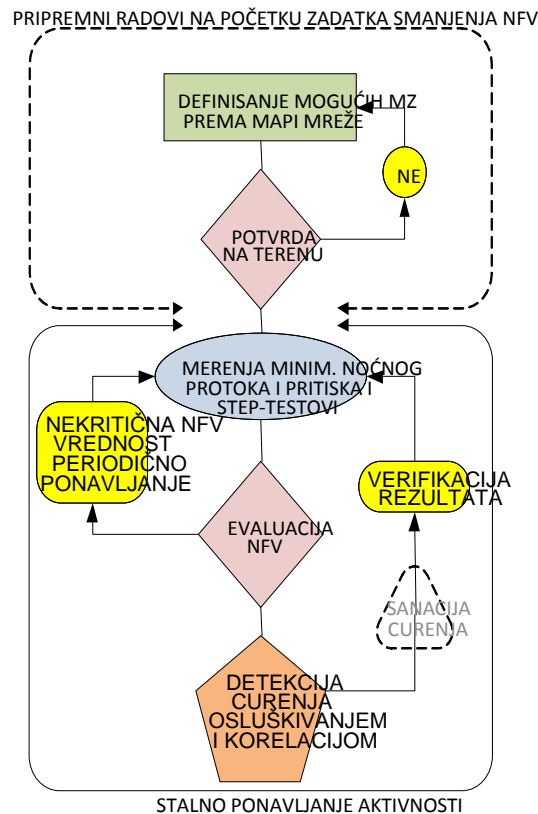
ugrađena i puštena u funkciju četiri ventila za kontrolu pritiska, sa namenom da ulazni pritisak u pojedine delove mreže obore čak za do 50%. Puštanje u pogon dve buster stanice, kako bi udaljeni delovi gradske mreže bili snabdeveni vodom, nakon obaranja pritiska u gradskoj zoni, još uvek nije izvršeno zbog određenih problema sa napajanjem električne energije. Iz tog razloga, u radu se ne može kvantifikovati koliki je efekat obaranja pritiska na smanjenje gubitaka u Loznici, a Poglavlje 6.1.2 „Promena nivoa nefakturisane vode, posebno po gradovima“ ne prikazuje efekat ove aktivnosti.

Bez obzira na to, oslanjajući se na brojnu stručnu literaturu iz ove oblasti, može se zaključiti da će ova aktivnost doneti rezultate, koji će biti vidljivi od 2017. godine.

4.4 Aktivnosti prilikom primene aktivnih kontrola curenja

Ovo poglavlje opisuje aktivnosti, koje su prethodno prikazane kroz pregled literature, u Poglavlju 2.3.1.2.

Aktivnosti na aktivnoj kontroli curenja su prikazane na sledećoj šemi.



Slika 119 Metodologija sistematske (aktivne) kontrole curenja

Pripremni radovi:

Aktivna (sistematska) detekcija curenja u osnovi počinje sa uspostavljenjem privremenih mernih zona. To su zone koje se mogu izolovati zatvaranjem graničnih ventila i određivanjem ograničenog broja ulaznih tačaka nakojima se ugrađuju prenosivi merači protoka. Ove aktivnosti su detaljno prikazane u Poglavljima 4.2.1 – 4.2.7, pojedinačno za svaki grad.

Stalno ponavljane aktivnosti:

4.4.1 Merenja minimalnog noćnog protoka i pritiska i step-testovi

Nakon uspostavljanja privremenih MZ u sistemima vodosnabdevanja, sledeći korak je bio merenje ulaznog protoka i pritiska u zonama tokom noći. Pomoću ovih merenja mogli su se dobiti uslovi pritiska i minimalni noćni protok za izolovano područje.

Merenja ulaza u privremeno uspostavljene MZ su trajala najmanje jednu noć, od 2 do 4 sata ujutru, a, ukoliko je bilo izvodljivo, čak i više od 24 sata, no, tako nešto nije uvek bilo moguće, jer je zatvaranje graničnih ventila direktno uticalo na hidrauličku situaciju u mreži, i moglo je da

izazove problem u snabdevanju tokom dana. Merenje minimalnog noćnog protoka je bilo važno jer fizički gubici znatno utiču na merene vrednosti protoka, pošto je potrošnja na najnižem nivou. Tokom dana nije moguće utvrditi fizičke gubitke zbog dve nepoznate promenljive, potrošnje i fizičkih gubitaka. Način za definisanje problematičnih područja u okviru privremene MZ je vršenje step-testova. Ovi testovi omogućuju dalju podelu merne zone bez promene graničnih ventila, merača protoka i logera pritiska. Jedino je bilo potrebno da postoje ventili na ograncima i deonicama (ne na svim, samo na određenim). Ventili su zatvarani jedan po jedan, počev od najdalje tačke ventila. Merač protoka je beležio pad protoka svaki put kada se ventil zatvori, a od veličine pada pretpostavljala su se curenja u tom području. Logeri pritiska su pokazivali kada su određeni ogranci u potpunosti isključeni od ostatka područja. Dešavalo se i da postoje nepoznate međuveze, pa su dodatni ventili morali biti zatvarani, kako bi se taj ogranak isključio.

Minimalni noćni protok i izračunata dozvoljena minimalna noćna potrošnja koristili su se za izračunavanje vrednosti NFV u privremenoj MZ. U zavisnosti od rezultata, nekad je bilo potrebno da se sa detaljnom detekcijom curenja počne baš u tom području. U tim slučajevima, Služba održavanja je dobijala zadatak da što pre sanira otkrivena curenja, a kada su sva otkrivena curenja sanirana, ponavljana su merenja, a novi rezultati upoređivani sa ranijim merenjima, kao na prethodnoj šemi.

Fizički gubici kroz curenja proporcionalni su pritisku u cevi; stoga je bilo važno da se zna pritisak u sistemu. Obično se pritisak tokom noći povećavao, jer se potrošnja značajno smanjivala, osim ako preduzeće nije sprovodilo aktivnosti upravljanja pritiskom. Još jedan koristan rezultat merenja pritiska je bila hidraulička situacija u mreži, kao na primer u slučajevima kada se zaboravilo da se otvori ventil nakon što su završeni radovi na sanaciji.

4.4.2 Sistematska detekcija curenja

Nakon što su se merenjima noćnog protoka i step-testovima locirala kritična područja sa velikim gubicima, tim za detekciju curenja je rangirao područja prema prioritetima (količini gubitaka) i određivao raspored za sistematsku detekciju curenja.

Detekcija curenja vršila se na već definisani način objašnjen u prethodnim Poglavljima, a generalno se sastojala od sledećih aktivnosti:

- Grubo lociranje curenja pomoću hidrofona na ventilima, ugradbenim garniturama, hidrantima i kućnim priključcima
- Dalje preciznije lociranje pomoću geofona
- Ukoliko pozicija curenja i dalje nije jasno definisana, primenjivao bi se korelator

4.4.3 Ispitivanje ventila i hidranata

Vrlo je važno da ventili, hidranti i vazdušni ventili ne cure, da su funkcionalni i da kasnije mogu raditi bez oštećenja. Naročito su ventili važni, jer su neophodni za rad mreže odnosno za popravke, za određivanje privremenih i stalnih zona i step-testove. Hidranti su obično manje važni, jer se retko koriste, pošto se za ispiranje uglavnom koriste ugrađeni ispusti.

Provera ventila, vazdušnih ventila i hidranata vršila se u koordinaciji sa službom održavanja kako bi se osiguralo da ima rezervnih delova za eventualne neispravne ventile i da su popravke u okviru budžeta za održavanje. No, najviše pažnje se posvećivalo ispitivanju ventila i

hidranata, a slučajevima kada ventili i hidranti nisu bili previše oštećeni i nisu cureli, neposredna sanacija je bila nižeg prioriteta i nije ometala proces ispitivanja ventila i hidranata. Zajedno sa službom održavanja pripreman je mesečni raspored u kojem su navođeni čvorovi, datum i količina, dimenzija i tip ventila, vazdušni ventili i hidranti za proveru.

Osim provere ispravnosti ventila i hidranata, tim za detekciju curenja je vršio i vizuelnu i fizičku proveru armature. Bilo je potrebno snimati fotografije i izrađivati crteže za sve lokacije.

4.4.4 Ažuriranje informacija o vodovodnoj mreži

Tim za detekciju curenja činilo je osoblje preduzeća, koje najveći deo svog radnog vremena provodi u čitavoj mreži. Stoga, ovaj tim je beležio postojeće stanje mreže na terenu gde god da se nalazio. Za ovu svrhu koristili su se GPS telefoni sa kamerom i GPS kamera koji su prethodno obezbeđeni, kao i table za izradu skica.

Tim je fotografisao vodovodnu infrastrukturu sa kojom radi i registrovao lokaciju iste crtanjem skica sa okolnim objektima, koje je zatim čuvao kao fotografije bez vršenja iskopavanja. Po potrebi se sprejom u boji markiralo tlo i fotografisalo.

Ovo prikupljanje podataka za ažuriranje mape vodovodne mreže vršilo se tokom izvođenja ostalih gorenavedenih zadataka.

U narednoj tabeli prikazane su informacije koje se beleže tokom gore navedenih aktivnosti.

Merenja protoka i pritiska	<ul style="list-style-type: none"> • Vrsta merenja (raspored merenja po zonama ili ostalih merenja) • Ko je ugradio uređaj • Zakazani datum i vreme skidanja uređaja • U slučaju redovnog merenja, navodi se zona koja će se meriti • Nisu potrebna merenja razdaljine, osim ukoliko se fotografije koriste i za zadatak ažuriranja vodovodne mreže.
Detekcija curenja	<ul style="list-style-type: none"> • Ko detektuje curenje (ime zaposlenog) • Uređaji koji se koriste za detekciju • Prioritet i približna veličina curenja
Ispitivanje ventila i hidranata	<ul style="list-style-type: none"> • Adresa ili putni prelaz i broj čvora, ukoliko su poznati; kada je ventil na zelenoj površini, opisuje se lokacija • Broj za svaki ventil na skici situacije • Na posebnoj tabli upisuju se broj ventila, dimenzije – ako je moguće utvrditi ih (broje se obrtaji navoja) i status (ispravan ili ne) • Kada je ventil u zatvaračnici, fotografije pokazuju situaciju u zatvaračnici • Takođe je potrebno proveriti i vazdušne ventile, ventile za smanjenje pritiska i ventile za kontrolu protoka
Ažuriranje mreže	<ul style="list-style-type: none"> • Obično informacije prikupljene u gornjim zadacima takođe sadrže i informacije o mreži i čuvaju se u okviru pripadajućih zadataka • U slučajevima kada se rade posebna ispitivanja za trase vodovoda ili podzemne ventile i zatvaračnice, podaci se čuvaju u posebnom direktorijumu za ispitivanja

Tabela 28 Lista posebnih informacija koje su prikupljane za svaki zadatak

4.4.5 Oprema za merenje i detekciju curenja

U početnoj fazi istraživanja, osoblja preduzeća su neprestano obučavana za rad na uređajima za merenja protoka i pritisaka, kao i na uređajima za detekciju curenja.

Naknadno je, za potrebe aktivne kontrole curenja, nabavljena sledeća oprema.

OPREMA ZA MERENJE I DETEKCIJU CURENJA	KV	LO	PA	ŠA	SD	SO	VŠ
Mini akustični lokator curenja	2	2	2	2	1	2	1
Akustični lokator curenja	2	1		1	1	2	1
Digitalni korelator za lociranje curenja u cevi		1		1	1	1	1
Prenosivi ultrazvučni merač protoka	1	2	1	2	1	1	1
Ultrazvučni merač protoka za kanalizaciju						0	1
Logeri pritisaka	12	12	6	6	6	6	6
Loger podataka o protocima i pritiscima	3	2	2	2	2	2	2
Lokator vretena ventila	2	1	1		1	1	1
Lokator metalnih cevi i kablova	1	1	1		1	1	1
Laptop	2	1	1	1	1	1	1
Štampač	1	1	1	1	1	1	1
Alat za tim za detekciju curenja	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 29 Oprema za merenja protoka i pritisaka i za detekciju curenja

Prethodna tabela pokazuje tip opreme koja je nabavljena preduzećima u okviru istraživanja. Zaposleni su obučeni za rad na datoj opremi, i formirani su timovi koji su ih koristili kako tokom istraživanja, tako i samostalno, nakon završetka istraživanja.

4.4.6 Akcioni plan smanjenja NFV-a, i Kvartalni izveštaji tima za detekciju curenja

U cilju što efikasnijeg rada na aktivnoj kontroli curenja, u saradnji sa preduzećima izrađeni su Akcioni planovi smanjenja NFV, pojedinačno za svako preduzeće.

Akcioni plan je predstavljao sledeće:

- Predstavlja osnovu za realizaciju aktivnosti na sistemskoj detekciji curenja, koja će biti osnova za dalje smanjenje NFV, aktivnostima vezanim za rad i održavanje.
- Plan bliže navodi program rada koji treba pratiti
- Plan pruža smernice za dalje aktivnosti na smanjenju NFV
- Plan informiše rukovodstvo o važnosti i potrebi za stalnom sistemskom detekcijom curenja
- Plan obezbeđuje pokazatelje poslovanja

Akcioni plan je predvideo kvartalno izveštavanje službe za detekciju curenja pri preduzećima, na bazi kojih su praćeni rad na detekciji curenja, i određivane dalje smernice.

U svojim kvartalnim izveštajima, tokom istraživanja, preduzeća su izveštavala o sledećim aktivnostima:

- Aktivnosti tokom prethodnog perioda izveštavanja
- Izvršena merenja protoka i pritiska i step-testovi
- Aktivnosti sistematske detekcije curenja
- Ispitani ventili i hidranti
- Delovi sistema vodosnabdevanja dodatno ispitani i ažurirani (ako ih ima)
- Dodatne aktivnosti koje nisu deo Akcionog plana
- Konačno uspostavljene privremene merne zone
- Analiza prikupljenih podataka i evaluacija rezultata
- Kritična područja sa visokim procentom NFV utvrđenim merenjem protoka i pritiska
- Analiza aktivnosti na detekciji curenja
- Analiza ispitivanja ventila i hidranata
- Aktivnosti predviđene za naredni period izveštavanja
- Merenja protoka i pritiska
- Detekcija curenja
- Ispitivanja ventila i hidranata
- Otkriveni problemi i predložena rešenja

ANEKSI

- Dnevници
- Fotografije
- Program rada i zapisnici sa sastanaka
- Ostali zapisnici sa sastanaka
- Eventualna relevantna dokumentacija

U zavisnosti od veličine mreže, kao i broja zaposlenih u preduzećima, koji su bili zaduženi za aktivnu kontrolu curenja, Akcioni plan je predvideo minimalne aktivnosti koje je potrebno izvršiti u tromesečnom periodu, kao što je sumarno prikazano u sledećoj tabeli (napomena: u prvom kvartalu nije bilo aktivnosti). Merenja pritiska nisu posebno navedena jer su vršena zajedno sa merenjima protoka. Sva preduzeća su se pridržavala dogovorenih aktivnosti iz Akcionog plana, osim Pančeva i Sombora, gde su ubrzo nakon početka prestale ove aktivnosti od strane preduzeća. U Vršcu su ove aktivnosti krenule nešto kasnije od ostalih gradova.

Preduzeće	Aktivnost	Ukupo evidentirano u sistemu	Predviđeno po kvartalu	Ispunjenost zahteva u svakom kvartalnom periodu, u procentima									Ukupni uspeh u %
				2	3	4	5	6	7	8	9		
Kraljevo	Merenje protoka (kom)		21	0	52	67	100	100	100	110	114	80	
	Detekcija curenja (km)	180	66	168	173	491	165	152	173	237	167	216	
	Ispitani ventili (kom)	557	141	34	51	71	53	53	66	74	46	56	
	Ispitani hidranti (kom)	109	30	0	0	0	0	0	-	-	-	0	
Loznica	Merenje protoka (kom)		18	28	28	17	56	0	61	11	28	29	
	Detekcija curenja (km)	553	66	76	100	95	62	52	0	67	17	59	
	Ispitani ventili (kom)	917	231	0	20	29	29	22	14	17	13	18	
	Ispitani hidranti (kom)	106	30	120	53	23	23	130	40	37	17	55	
Pančevo	Merenje protoka (kom)		18	21	4	13	0	-	-	-	-	-	
	Detekcija curenja (km)	308	66	0	0	0	0	-	-	-	-	-	
	Ispitani ventili (kom)	850	213	0	0	21	12	-	-	-	-	-	
	Ispitani hidranti (kom)	1160	291	0	0	1	0	-	-	-	-	-	
Šabac	Merenje protoka (kom)			27	27	7	40	13	0	0	7	15	
	Detekcija curenja (km)	224	66	14	67	35	88	61	55	63	53	55	
	Ispitani ventili (kom)	1242	312	2	38	10	46	31	25	38	27	27	
	Ispitani hidranti (kom)	728	183	6	9	0	75	65	9	27	9	25	
Smederevo	Merenje protoka (kom)		18	50	67	133	117	39	72	28	28	67	
	Detekcija curenja (km)	303	66	205	88	142	127	152	155	120	73	133	
	Ispitani ventili (kom)	386	99	33	32	221	87	59	9	2	53	62	
	Ispitani hidranti (kom)	166	42	26	21	112	29	14	5	5	43	32	
Sombor	Merenje protoka (kom)		18	6	6	6	0	-	-	-	-	-	
	Detekcija curenja (km)	175	66	55	17	61	17	-	-	-	-	-	
	Ispitani ventili (kom)	1547	390	57	29	26	1	-	-	-	-	-	
	Ispitani hidranti (kom)	282	72	61	43	51	3	-	-	-	-	-	
Vršac	Merenje protoka (kom)			-	21	25	21	8	17	17	17	18	
	Detekcija curenja (km)	156		-	0	74	116	66	76	50	77	71	
	Ispitani ventili (kom)	47		-	45	63	56	48	15	63	48	54	
	Ispitani hidranti (kom)	166		-	58	100	76	69	76	100	69	78	

Tabela 30 Pregled izvršenih aktivnosti na smanjenju gubitaka

Prethodna tabela pokazuje obim dogovorenih aktivnosti timova za detekciju curenja, kao i stepen ispunjenosti ovih zadataka, posebno za svaku vrstu aktivnosti i svaki grad.

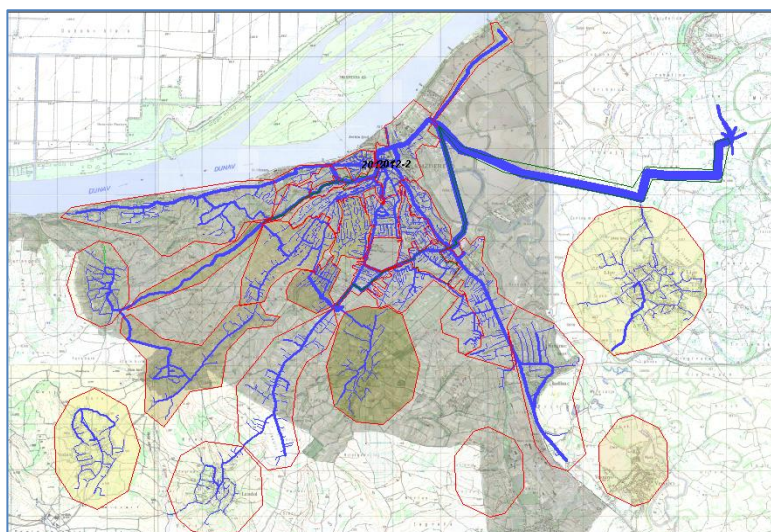
Tim za detekciju curenja je redovno izveštavao Službu za održavanje mreže o svim pronađenim curenjima i kvarovima, koji su zatim bili sanirani, kao što je to prikazano u Poglavlju 4.5 „Aktivnosti na upravljanju infrastrukturom“.

4.4.7 Primeri prethodno opisanih aktivnosti

Prethodno opisane aktivnosti će u nastavku biti ilustrovane primerima iz Smedereva, koji su sastavni deo jednog standardnog kvartalnog izveštaja o aktivnostima preduzeća na aktivnoj kontroli curenja, konkretno, za period februar – april 2013.

1 Merne zone u kojima su vršene aktivnosti

- Zona 2-Lipe
- Zona 22 - Vranovo
- Zona 13 – Vučak
- Zona 4 – Landol
- Zona 13- Vučak (step test)
- Zona 1 – Vodanj
- Zona 8A - Jugovo
- Zona 9B – Karađorđevo brdo
- Zona 6,7- Petrijevo , Udovice
- Zona 11 – Petrijevska
- Zona 12A – Kovačićevo
- Zona 17B – Kovinski most
- Zona 17B – Kovinski most (step test)
- Zona 12B – Rimski bunar (step test)



Slika 120 Smederevo: Merne zone u kojima su vršene aktivnosti na aktivnoj kontroli curenja, februar - april 2013

Datum montiranja uređaja:	Datum i mesto skidanja uređaja:	Uređaj:	Mesto, lokacija:
5.02.2013	7.02.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zona: 2 Lipe
7.02.2013	8.02.2012	Merač protoka Logeri pritiska	Zona: 22 Vranovo
13.02.2013	14.02.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zona: 13 Vučak
19.02.2013	20.02.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zona: 4 Landol
22.02.2013	23.02.2013	Merač protoka Logeri pritiska	S.T. Zone: 13 Vučak
26.02.2013	27.02.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zona:1 Vodanj
28.02.2013	1.03.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zona: 8A Jugovo
5.03.2013	7.03.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zona: 9B Karađorđevo brdo
12.03.2013	13.03.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zone: Petrijevo i Udovice
22.03.2013	23.03.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zona: 11 Petrijevska GD
2.04.2012	3.04.2013	Merač protoka Logeri pritiska	Zona: 12A Kovačićevo
9.04.2013	10.04.2013	Merač protoka	Zona: 17B Kovinski most
17.04.2013	18.04.2013	Merač protoka Logeri pritiska	S.T. Zone: 17B Kovinski most
29.04.2013	30.04.2013	Merač protoka Logeri pritiska	S.T. Zone: 12B Rimski bunar

Tabela 31 Pregled vršenih aktivnosti na aktivnoj kontroli curenja, februar - april 2013

2 Pregled merenja

U izmerenim zonama su izvršene preliminarne procene noćne potrošnje, prema kriterijumu po kojem je tolerancija oko 2 m³/h na 1.000 stanovnika u predmetnoj zoni. Zaključci su donošeni na osnovu analize minimalne noćne potrošnje i broja stanovnika.

3 Lociranje kvarova

Datum	Lokacija	Aktivnost	Uređaj
11.02.2013	Kralja Petra I i Trg Republike	Daljinsko čitanje	ADO reader
12.02.2013	Bolnica "Sveti Iuka"	Lociranje kvara	Geofon
18.02.2013	"NIS" Instalacije Smederevo	Merenje protoka	U.Z. Merač
18.02.2013	Karađorđev dud 2	Lociranje kvara	Geofon
19.02.2013	Miloša Velikog – Vučak	Popravka kvara	Ručno
6.03.2013	Raška	Lociranje kvara	Geofon
6.03.2013	Kralja Petra i	Otklanjanje kvara	Ado modem i PDA - HP
12.03.2013	Smederevska tvrđava Ø400	Lociranje kvara	Geofon
13.03.2013	Kotorska 37	Lociranje kvara	Geofon
20.03.2013	Kralja Petra i	Otklanjanje kvara	Ado modem i PDA - HP
25.03.2013	Partizanska 25	Lociranje kvara	Geofon
25.03.2013	Lukijana Mušickog 63	Merenje pritiska	Logeri pritiska
26.03.2013	Jordana Jovanovića 25	Lociranje kvara	Geofon
1.04.2013	Prerada vode – Vodovod SD	Lociranje instalacije	Lokator linija
2.04.2013	Paje Smederevca 2	Lociranje kvara	Geofon
4.04.2013	Bratstva i Jedinstva 8	Lociranje kvara	Geofon
5.04.2013	Vučak - Buster	Merenje protoka	U.Z. Merač
12.04.2013	Radosava Mirkovića 1	Lociranje kvara	Geofon
15.04.2013	Despota Đurđa 3	Lociranje kvara	Geofon
18.04.2013	Šalinačka bb	Lociranje kvara	Geofon
22.04.2013	Kralja Petra i Trg Republike	Daljinsko čitanje	ADO reader
25.04.2013	Svetomira Nastasijevića 20/1	Merenje pritiska	Logeri pritiska
26.04.2013	Trg Republike	Provera stanja	Daljinski čitač
26.04.2013	Ralja – R.O. Pansirovina	Merenje protoka	U.Z. Merač
29.04.2013	Irene Zeković 50 Smederevo	Lociranje kvara	Geofon
29.04.2013	Milunke Savić bb	Lociranje kvara	Geofon

Tabela 32 Pregled lociranja kvarova, februar - april 2013

Prilikom lociranja, kvarovi su ponekad istovremeno i otklonjeni, ukoliko je bilo moguće.

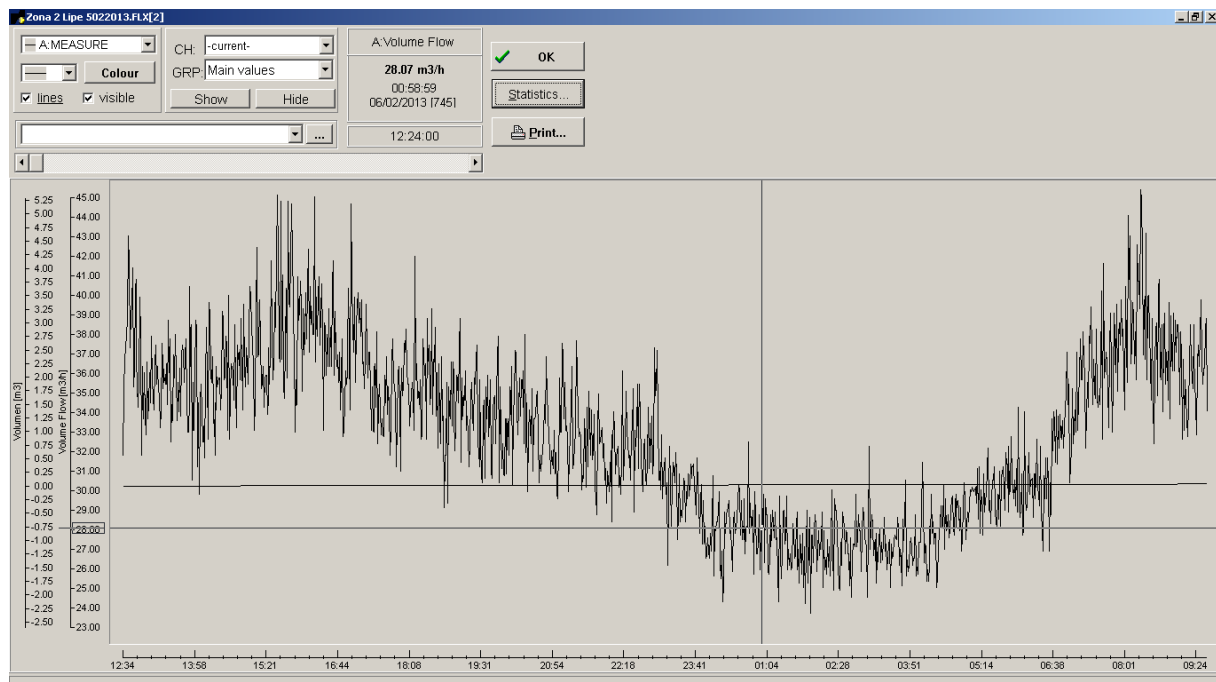
4 Ispitivanje ventila i hidranata

Datum	Lokacija	Broj ventila	Broj hidranata	Neispravnih
20.02.2013	Provera ventila u ulici Đure Daničića sa ostalim ulicama	37	3	
7.03.2013	Provera ventila u ulicama: Gorička, Radnička, Tanaska Rajića, Vojvode Mladena, Nevesinjska i sve do Krsta	21	3	
	SUMA:	58	6	

Tabela 33 Pregled ispitanih ventila i hidranata, februar - april 2013

5 Analiza merenja (primeri dve merene zone)

Zona 2– Lipe:



Slika 121 Analiza merenja: Merenje potrošnje na ulazu u Zonu 2 (selo Lipe u Smederevu)

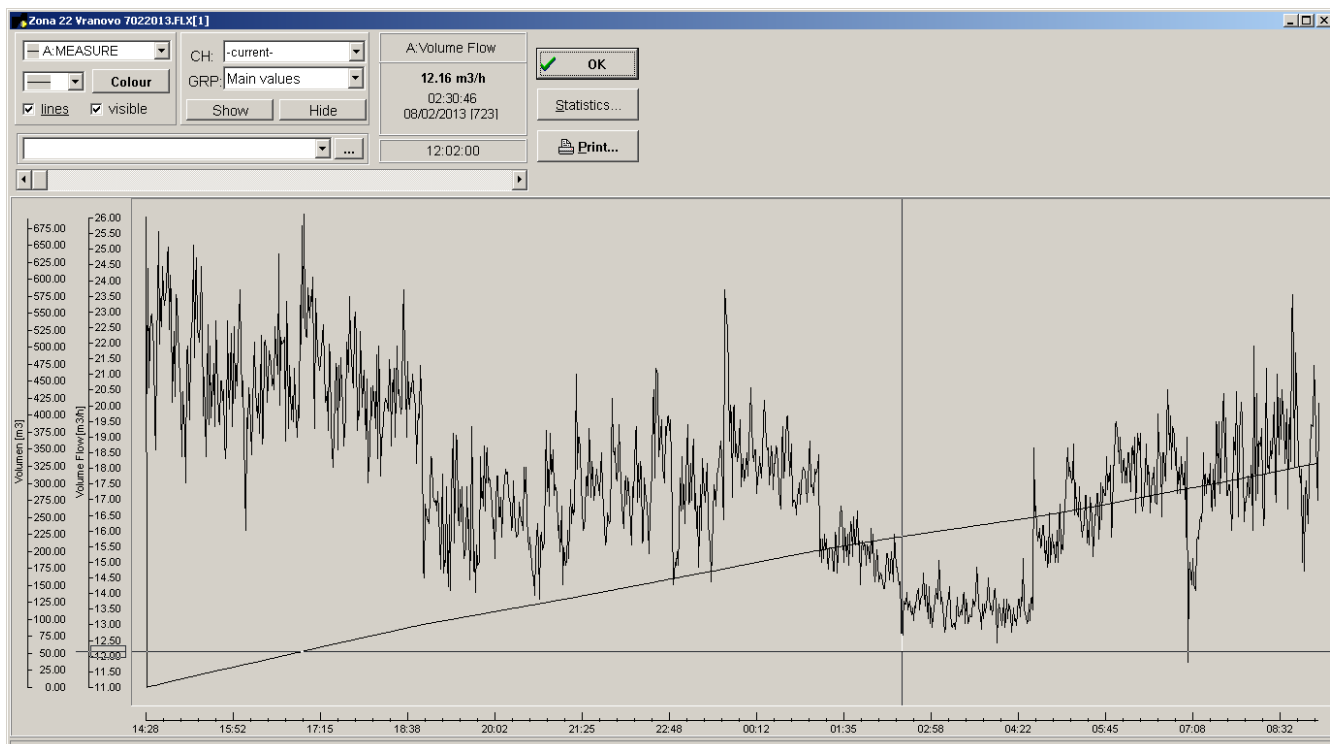
Prethodni dijagram pokazuje da je minimalna noćna potrošnja 5.02.2013 iznosila 24 m³/h, odnosno 7,19 m³/h/1000 stanovnika što je znatno više od usvojenog kriterijuma po kojem je tolerancija oko 2 m³/h/1.000 stanovnika.

Broj vodomera: 828 stambenih i 12 poslovnih = 840 vodomera

Broj stanovnika: prema popisu 3.338 stanovnika

Zaključak tima: I u prethodnom periodu postojala je procena da je situacija u ovoj zoni loša, sa tendencijom da se pogoršava. Radilo se prevashodno o tome da je mreža prilično dugačka, a priključci potrošača na mreži udaljeni i bez uličnih kapa ventila na priključcima na ulici. Zbog toga se mreži moglo prići radi osluškivanja samo iz vodomernih šaftova, iz dvorišta potrošača koji su, kako je već spomenuto, prilično udaljeni međusobno. Nije postojala ni precizna karta mreže, tako da i nije bilo jasno čak ni sa koje strane puta se mreža nalazi. Stoga je situacija bila da i pored pretrage terena i najsumnjivijih pravaca nakon izvedenih "Step test"-ova nije otkriven nijedan kvar, sa opremom koju je preduzeće posedovalo. Situacija je posle ovih merenja i dalje ostala vrlo problematična. Sa druge strane, jasno je da ako se situacija ostavi ovakva, dovodi se u pitanje normalno funkcionisanje vodovodnog sistema koji snabdeva vodom ovo selo.

Zona 22– Vranovo:



Slika 122 Analiza merenja: Merenje potrošnje na ulazu u Zonu 22 (selo Vranovo u Smederevu)

Prethodni dijagram pokazuje da je minimalna noćna potrošnja 7.02.2013 iznosila 12 m³/h, odnosno 4,2 m³/h/1000 stanovnika, što je više od usvojenog kriterijuma po kojem je tolerancija oko 2 m³/h/1.000 stanovnika.

Broj vodomera: 653 stambena, 20 poslovna =673 vodomera

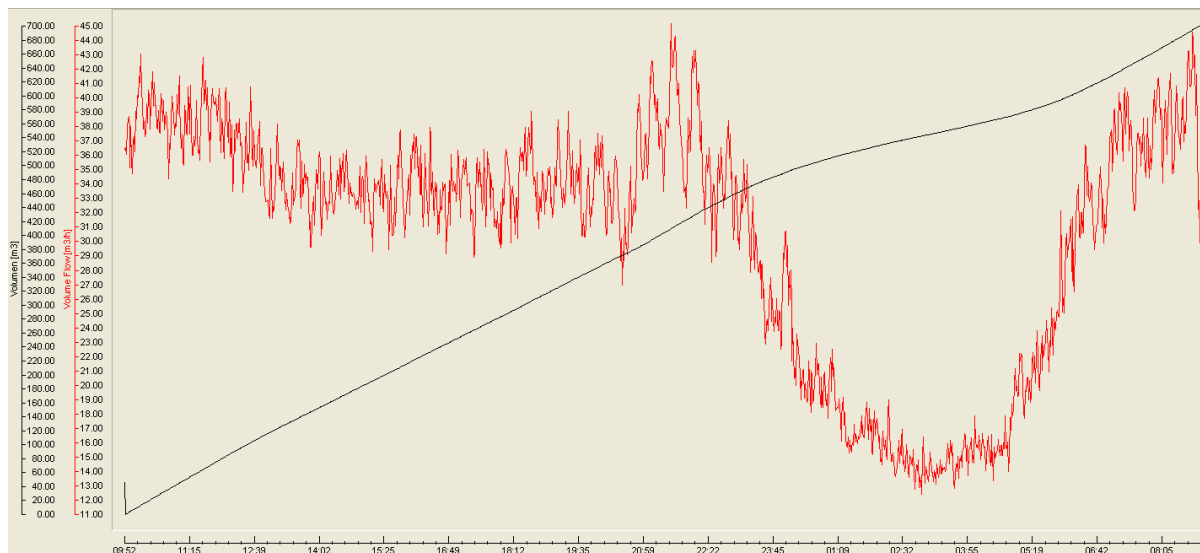
Broj stanovnika: prema popisu 2840 stanovnika

Zaključak tima: Situacija je u ovom slučaju bila bolja nego u selu Lipe, ali daleko od dobre. Za razliku od Lipe ovde nisu postojali ni ventili za manipulaciju kojima bi mogli biti vršeni testovi na mreži. Mreža ima delove spojene u prsten, tako da kada se vrši popravka usled kvara, isključuje se vodosnabdevanje celog sela, a ne pravca ili kraka mreže na kome je kvar. Isto kao u selu Lipe nijedan kućni priključak nema izvedenu uličnu kapu. Gledajući u odnosu na Lipe, stanje je manje kritično, ali takođe zahteva pažnju u narednom periodu.

6 Step-test

U nastavku sledi primer izvršenog merenja minimalnog noćnog protoka, i naknadno step-testa, u delu mreže vodosnabdevanja u Smederevu, konkretno Pod-zona 12-b

Merenje minimalnog noćnog protoka:



Slika 123 Step-test u Pod-zoni 12-b u Smederevu: Merenje minimalnog noćnog protoka

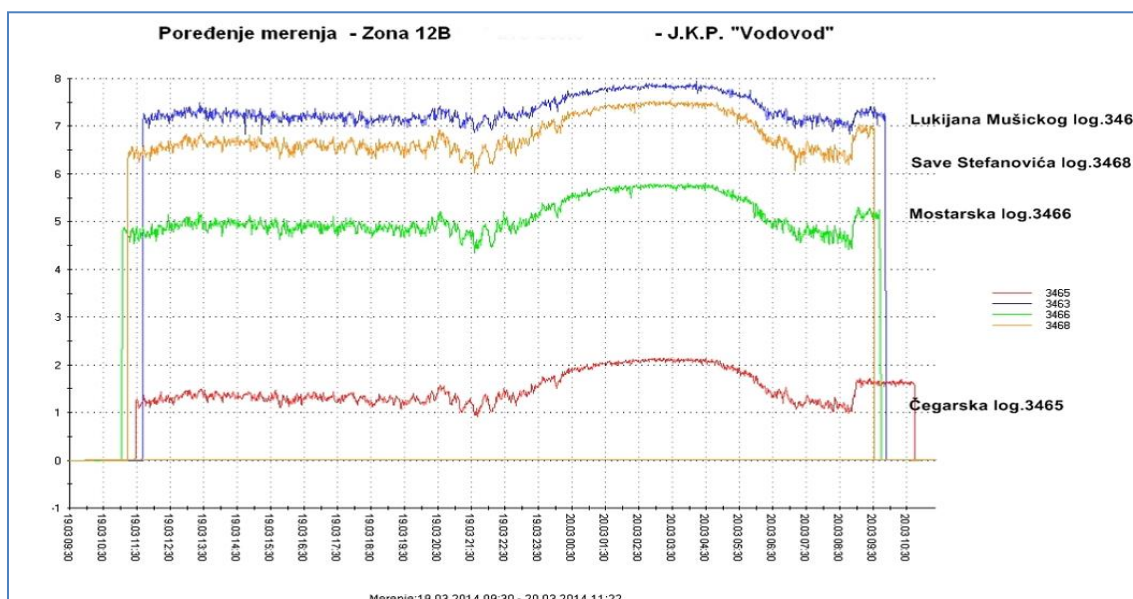
Broj vodomera: 1.350 stambenih + 68 poslovnih = 1.418 vodomera

Broj stanovnika prema proceni službe za obračun i naplatu: 4.254 stanovnika

Izmerena minimalna noćna potrošnja 20.03.2014. u 02:55:21h iznosi 12.42 m³/h

Prosečna minimalna noćna potrošnja na 1000 stanovnika: 2,92 m³/h/1000 stanovnika.

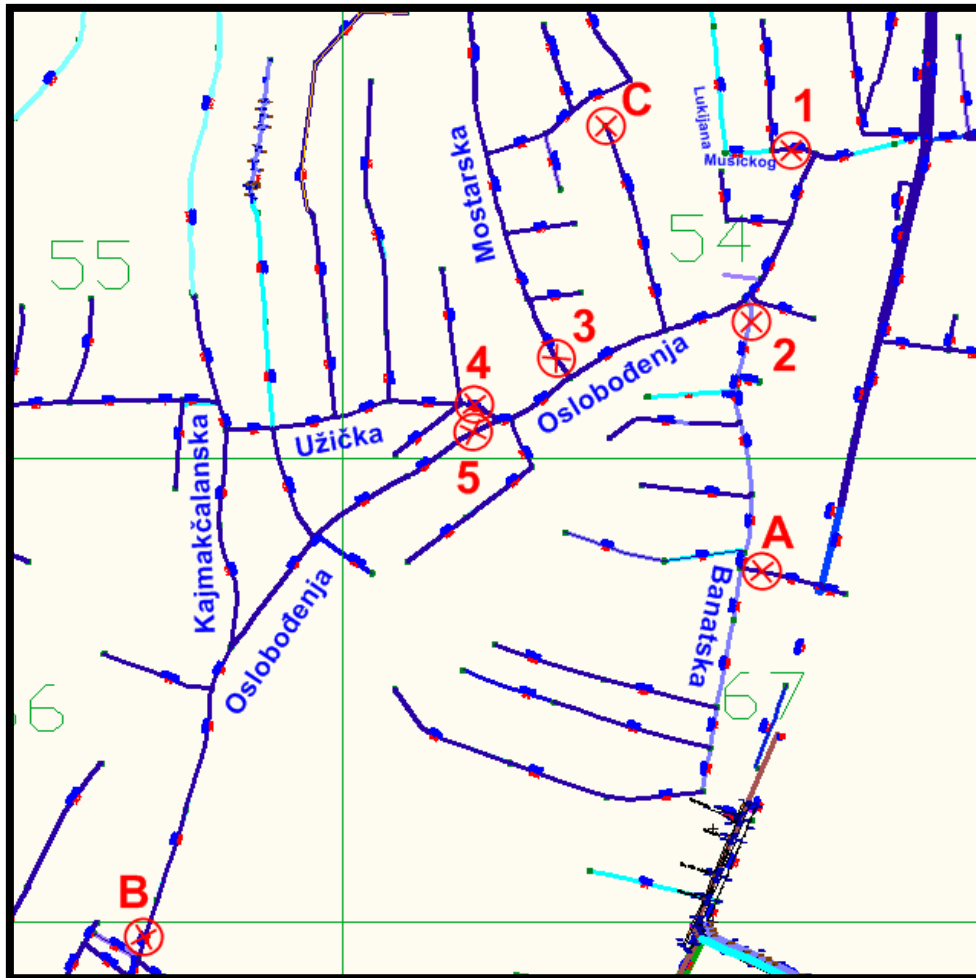
Merenje pritiska:



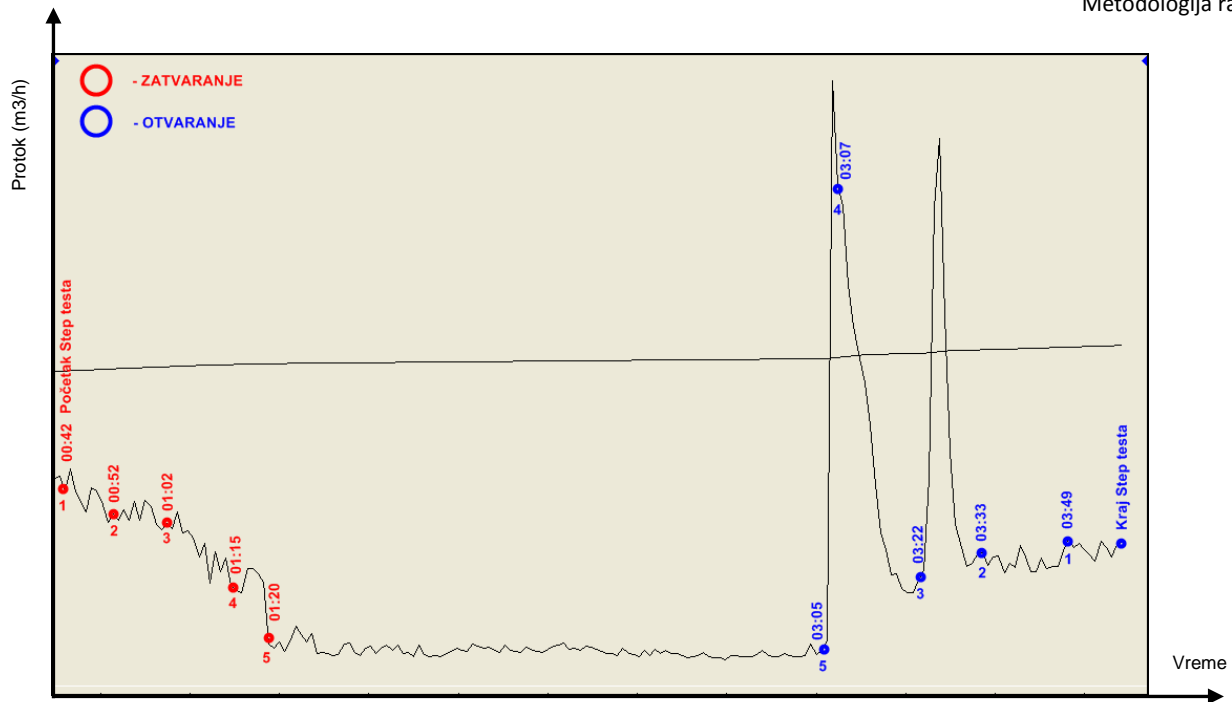
Slika 124 Step-test u Pod-zoni 12-b u Smederevu: Merenje pritiska

STEP TEST u Zoni 12-b:

Na karti mreže vodovoda u Zoni 12-b, prikazani su položaji i redosled zatvaranja ventila (1 – 5) i položaji ventila kojima je zona izolovana (A, B i C).



Slika 125 Pod-zona 12-b, sa unešenim ventilima i redosledom zatvaranja



Slika 126 Tok step-testa u Pod-zoni 12-b

Prethodni dijagram prikazuje tok step-testa u Pod-zoni 12-b. Levi deo prikazuje redosled zatvaranja ventila (prvo je u 00:42 zatvoren ventil broj 1), kao i rezultujuću promenu protoka. Desni deo dijagrama prikazuje redosled otvaranja ventila (prvo je u 03:05 otvoren ventil broj 5, koji je poslednji bio zatvoren), kao i rezultujuću promenu protoka.

Zatvaranje ventila se vrši od najdaljeg ka najbližem ulazu u zonu. Zatvaranjem ventila, smanjuje se i protok (manje potrošača), i obrnuto. Sa leve strane dijagrama, primetni su veći padovi protoka nakon zatvaranja ventila 3 i 4, nego što je to slučaj nakon zatvaranja prvog i drugog ventila. Ovo sugeriše na veću potrošnju vode u oblastima koje se izoluju ventilima 3 i 4. Primetno je, takođe, odsustvo povećanja protoka nakon otvaranja ventila broj 4, koji je izolovao Užičku ulicu sa poprečnim ulicama. Ovo se najverovatnije desilo zbog prebrzog otvaranja ventila 4 (svoga dva minuta nakon otvaranja ventila 5). Analizom dobijenih rezultata došlo se do zaključka da su kritični delovi ogranci koji obuhvataju potrošače u ulicama Kajmakčalanskoj i Užičkoj sa poprečnim ulicama. Predlog je bio da u narednom periodu treba uraditi nove step testove u kritičnim granama.

Poželjno je Step-testove izvoditi periodično kako bi se stekao bolji uvid u stanje. U nastavku se daje uporedna analiza četiri merenja Pod-zone 12-b, koji pokrivaju period od oko dve godine.

PARAMETRI MERENE ZONE			
Broj stanovnika u merenoj zoni	Broj priključaka u merenoj zoni	Tolerisana minimalna noćna potrošnja u merenoj zoni (m³/h)	Tolerisana minimalna noćna potrošnja-preporuka (m³/h/1000 stanovnika)
4.254	1.418	8,51	2

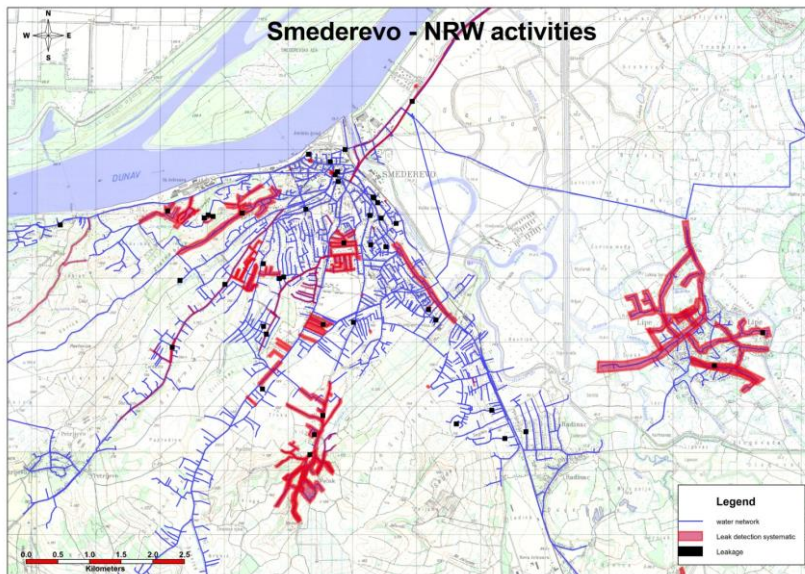
Tabela 34 Parametri merene zone

REZULTATI MERENJA PROTOKA U ZONI						
br. merenja	Početak merenja	Kraj merenja	Minimalni protok (m ³ /h)	Maksimalni protok (m ³ /h)	Prosečan ukupan protok po satu (m ³ /h)	Prosečan ukupan dnevni protok (m ³ /d)
1.	06.06.2012.	07.06.2012.	14.56	52.80	35.48	851.52
2.	07.11.2012.	08.11.2012.	20.00	53.15	35.47	851.28
3.	25.04.2013.	26.04.2013.	15.32	39.23	26.02	624.48
4.	19.03.2014.	20.03.2014.	12.42	45.19	30.36	728.64

Tabela 35 Rezultati merenja protoka u zoni

ANALIZA GUBITAKA VODE				
br. merenja	Količina fizičkih gubitaka vode (m ³ /d)	Gubitak vode po glavi stanovnika (lit/d/cap)	Gubitak vode po priključku (lit/d/con)	Procenat fizičkih gubitaka vode (%)
1.	145.25	34.14	102.43	17.06
2.	275.81	64.83	194.50	32.40
3.	163.49	38.43	115.29	26.18
4.	93.89	22.07	66.21	12.89

Tabela 36 Analiza gubitaka vode

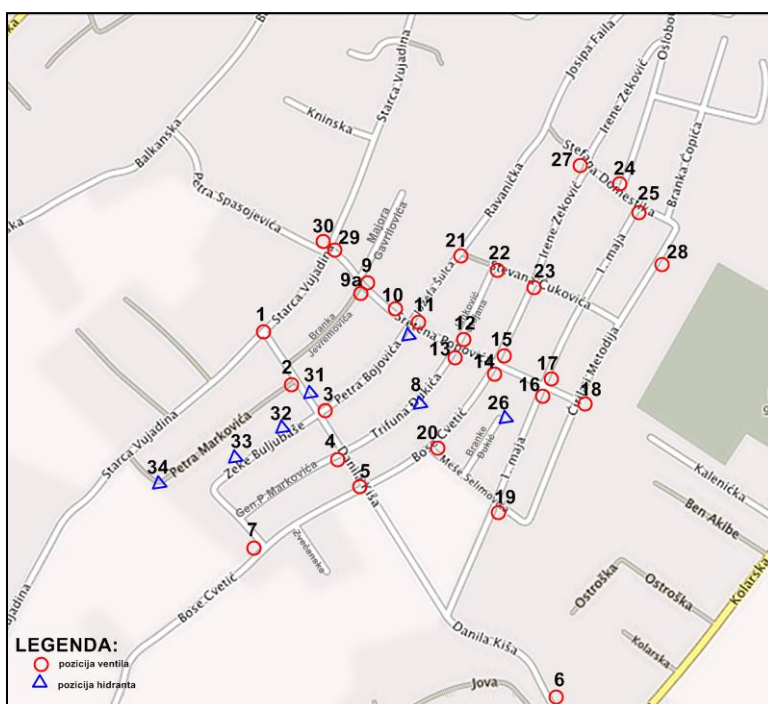
Smederevo:Izveštavanje o izvršenoj detekciji curenja:

Slika 129 Primer izveštavanja o izvršenoj detekciji curenja u Smederevu (kraj 2013 – početak 2014)

Crvenom bojom su označene deonice na kojima je izvršena detekcija curenja u određenom periodu, a crnim tačkama su pokazana detektovana curenja.

Izveštavanje o ispitanim ventilima i hidrantima u jednoj zoni:

Polozije proverenih ventila i hidranata u Smederevu, u Zoni 12A – naselje Kovačićevo:



Slika 130 Izveštavanje o proverenim ventilima i hidrantima u Smederevu, u Zoni 12A – naselje Kovačićevo

4.5 Aktivnosti na upravljanju infrastrukturom

Na početku ovog Poglavlja, prikazuje se postojeće stanje, procedure, kojih su se preduzeća zadužena za vodosnabdevanje pridržavala, kao i komunikacija unutar preduzeća.

U nastavku se opisuju aktivnosti, koje su preduzete u preduzećima, a u cilju poboljšanja postojećih programa upravljanja i održavanja. Uobičen je bio standardni tok rada na upravljanju i održavanju, koji je zatim i implementiran u preduzećima, izradom elektronskih alata za tokove rada. Ovi alati su bili instalirani i u funkciji u svim vodovodima, i predstavljali su neophodnu bazu za kvalitetno upravljanje i održavanje infrastrukture, od samog početka, odnosno prijave i otvaranja posla, do kraja procesa, odnosno evidencije o izvršenom poslu.

Na kraju ovog Poglavlja, prikazano je nekoliko primera uspostavljenih novih procedura, iz kojih se jasno može zaključiti koliko korist donose preduzeću, u smislu smanjivanja gubitaka u sistemima vodosnabdevanja.

Osim toga, daje se pregled implementirane preventivne rekonstrukcije vodovodnih mreža.

4.5.1 Postojeće stanje

Opšte

Ova grupa aktivnosti je vršena objedinjeno na nivou svih preduzeća, tako da su i rezultati prezentovani grupno.

U cilju ocenjivanja postojećeg stanja, na samom početku istraživanja, prikupljane su sledeće informacije:

- Steći utisak o opštem stanju
- Proveriti da li postoje procesi odnosno tokovi rada
- Da li se vodi dokumentacija o radu i o procedurama za rad
- Proces planiranja za UiO, naročito za redovno održavanje
- Kako se procenjuje potreban budžet
- Upotreba radnih naloga
- Dokumentacija o obavljenim poslovima
- Evaluacija poslovanja i izveštavanje

Izveštaji o postojećem stanju su izrađeni, a zatim dostavljani vodovodima. Postojeće stanje, uprosečeno za sve vodovode, je izgledalo ovako:

U vodovodima – učesnicima istraživanja se na upravljanju i održavanju infrastrukture radi po procedurama koje nisu dokumentovane u pisanoj formi, već su vremenom uspostavljene i pokazale su dobre u ostvarivanju jednog od potrebnih rezultata, odnosno, u neprekidnom snabdevanju čistom i ispravnom vodom. Procedure za UiO jesu uspostavljene, ali nisu dokumentovane u pisanoj formi. One se praktično zasnivaju na iskustvima iz prošlosti. Vršiti se srednjeročno, petogodišnje planiranje, koje predstavlja osnovu za godišnje planiranje. No, samo godišnje planiranje se generalno bazira na prošlogodišnjem budžetu uz povećanje za iznos inflacije i eventualnih potreba za većim investicijama. Što se tiče proizvodnje vode i elektro-mašinskog održavanja, ova dva aspekta funkcionišu na prihvatljivom nivou generalno

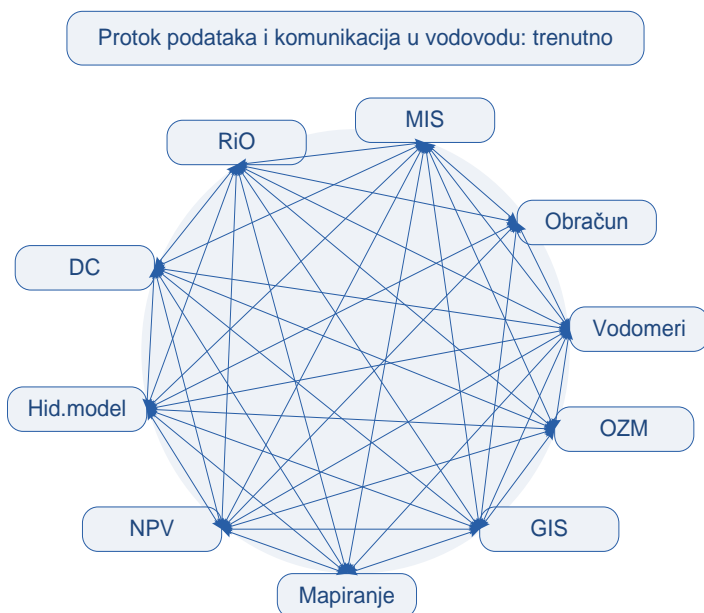
posmatrano. Preventivno održavanje se u malom obimu vrši za vodovodne mreže, a ovakva situacija još je izraženija za elektro-mašinske poslove i proizvodnju vode. Postoje procedure za UiO ustanovljene na osnovu dugogodišnjeg iskustva, koje se prenose svim novim zaposlenima tokom prvih meseci rada, odnosno, koje oni treba da upamte. One nisu pisano dokumentovane, ali ipak funkcionišu.

Komunikacija unutar preduzeća

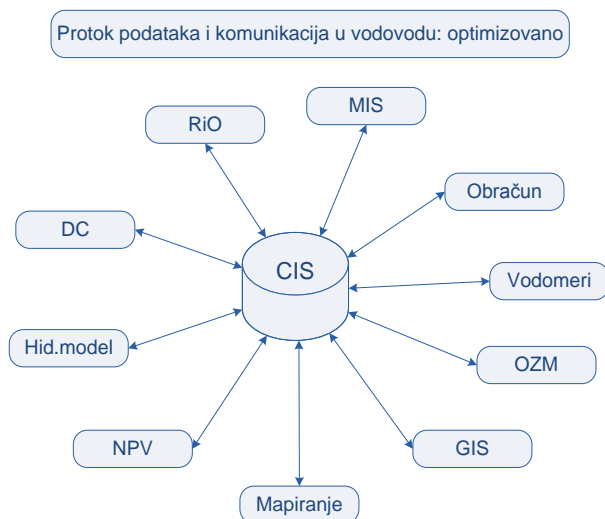
Ne postoje u svim slučajevima ustanovljeni tokovi rada između sektora i službi, tako da međusobna saradnja i komunikacija uglavnom funkcionišu na neformalnom i pojedinačnom nivou. Radne naloge može da izdaje jedan sektor (ili služba), odnosno, da traži sprovođenje određenih aktivnosti koje vrše drugi sektor ili služba. Povratno izveštavanje postoji u slučajevima kada se takvi nalozi izdaju. Pisana dokumentacija često ne sadrži dovoljno detalja vezanih za procedure, kao što je uostalom i generalno slučaj. No, bitnije je to što uglavnom ne postoji dokumentacija o izvršenim poslovima. Čak i kada postoji, ova evidencija je najčešće u formatu koji nije pogodan za evaluaciju, kao što je na primer popunjena papirna dokumentacija i excel fajlovi koji zapravo predstavljaju papirni format. Još uvek ne postoji shvatanje da je jedna takva centralna stanica od najveće važnosti za sve organizacione jedinice preduzeća, odnosno, da se podaci iz organizacione jedinice koja se bavi održavanjem koriste i čuvaju na jednom, centralnom mestu, u GIS sistemu.

Na sledeće dve slike prikazani su slučajevi kada protok informacija nije koordinisan, odnosno kada postoji centralna baza podataka. Zajedničko svim preduzećima iz istraživanja je da informacije nisu svima dostupne i često se ne govori dovoljno o važnim merama. Još drastičniji primer (u barem jednom od preduzeća) je to što se ne vrši detaljna evidencija izgrađenih objekata ili sanacija.

Veoma je važno da planiranje, izgradnja, rad i održavanje i evidencija (GIS) blisko sarađuju, da svako od njih dokumentuje svoje mere koji bi zatim bile dostupne svima bez posebne „neformalne“ saradnje.



Slika 131 Šema neorganizovanog protoka podataka



Slika 132 Šema koordinisanog upravljanja podacima

Ograničenja

Postoji značajan broj ostalih faktora koji onemogućavaju da preduzeća posluju po međunarodnim standardima.

- Nedovoljna kontrola od strane opština,
- Veoma snažan politički uticaj,
- Rukovodstvo samih vodovoda ne kontroliše poslovanje u dovoljnoj meri,
- Male plate smanjuju identifikaciju zaposlenih sa poslovima kojima se bave,
- Nema dovoljno sredstava da se promovišu dobri radnici,
- Nema dovoljno sredstava za upravljanje i održavanje, i reinvesticije.

Tokovi rada na upravljanju i održavanju infrastrukture

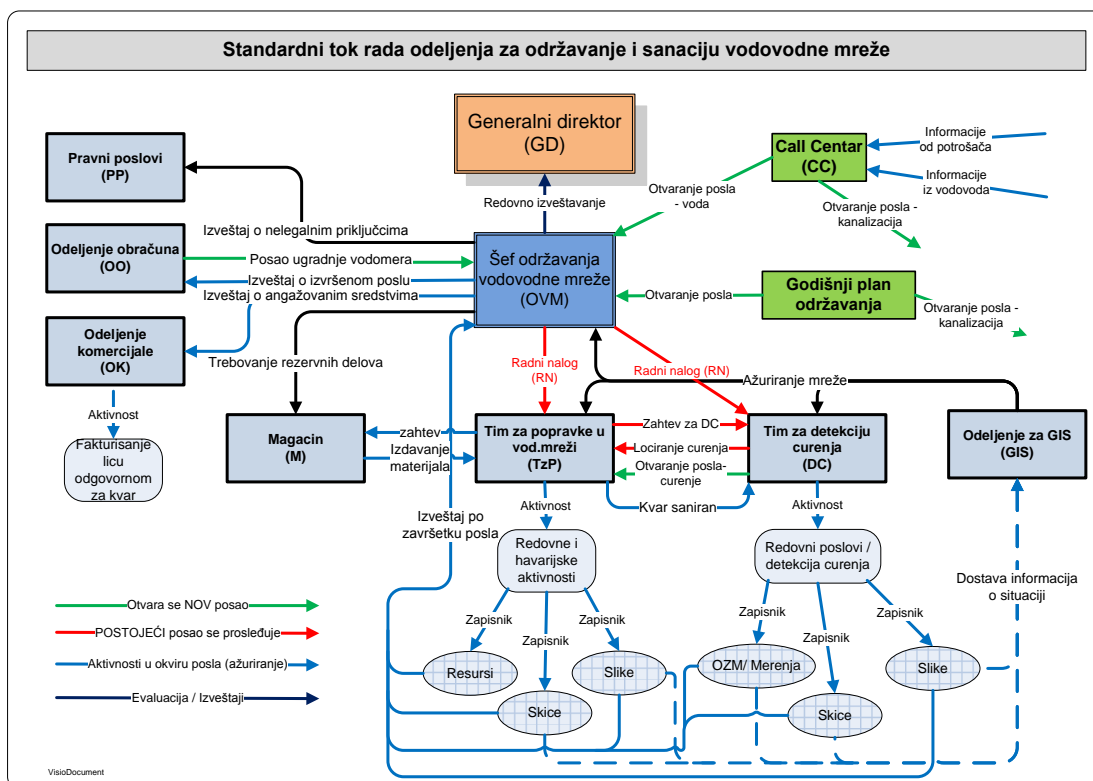
Tokovi rada jesu uspostavljeni u preduzećima, ali se ne dokumentuju kao procedure. U svim preduzećima obuhvaćenim istraživanjem, prati se u osnovi sličan sistem:

- i.) Otvara se pojedinačan posao (ili intervencija) (prijavom kvara, na zahtev drugog odeljenja, u okviru redovnog održavanja, itd.);
- ii.) Prosleđuje se šefu službe, koji ili prosleđuje nalog direktno timu za održavanje na realizaciju ili ispituje slučaj kako bi se prikupile dodatne informacije pre delegiranja zaduženja. U većini slučajeva izdaje se radni nalog, ili se informacije usmeno prenose i nezvanično evidentiraju u sveskama;
- iii.) Odeljenje ili tim realizuju potrebne mere, uz eventualno trebovanje dodatnih resursa ili pomoći, ili se dešava da je potrebno i nekoliko zasebnih intervencija. Vreme angažovanja, kao i korišćeni resursi se evidentiraju u različitom obimu;
- iv.) Mogu biti potrebni i određeni dodatni koraci (naročito za kanalizaciju) kako bi se dokumentovao uzrok i odgovornost za štetu i proces javne nabavke za popravku;
- v.) Izveštaj o završenom poslu se vraća šefu službe, a obim informacija u ovakvom izveštaju varira od preduzeća do preduzeća;

- vi.) Šef službe distribuira informacije po potrebi i sastavlja redovne izveštaje;
- vii.) Evidencija o izvršenim poslovima se arhivira, ili u papirnom formatu ili se kopira u radne listove;
- viii.) Samo u nekim preduzećima se relevantne informacije prosleđuju službi koja se bavi evidencijom o mreži.

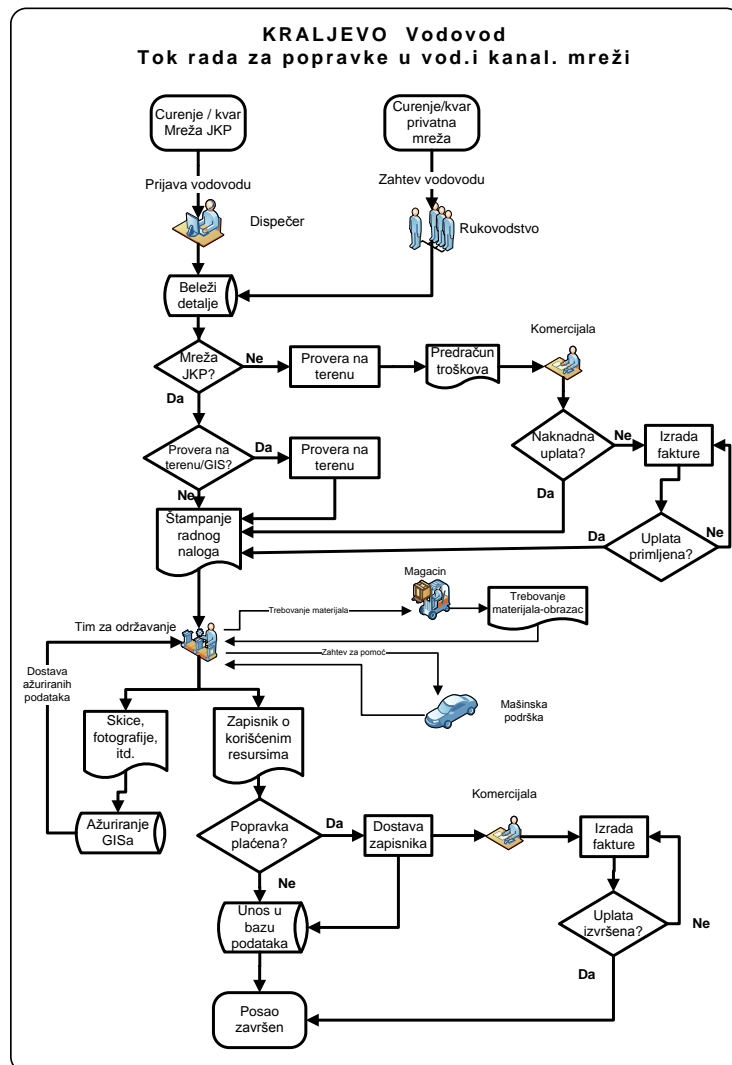
Način dokumentovanja kreće se od kompletne papirne dokumentacije preko korišćenja verbalne komunikacije za određenu bazu podataka i radnih naloga koji se izdaju kompjuterski.

Na narednoj slici data je jedna opšta organizacija aktivnosti na radu i održavanju, kao i saradnja između različitih sektora u preduzeću.



Slika 133 Šema opšte organizacije aktivnosti na radu i održavanju

Na sledeće dve slike su prikazani standardni tokovi rada na popravkama u vodovodnoj (i kanalizacionoj) mreži, i na izradi novih priključaka i zameni vodomera, na primeru Kraljeva, dok je u ostalim preduzećima obuhvaćenim istraživanjem situacija vrlo slična:



Slika 134 Kraljevo: Tok rada za popravke u vodovodnoj i kanalizacionoj mreži

- Novi priključci za potrošače (za vodu i za kanalizaciju) i zamena vodomera
- Održavanje i popravke u kanalizacionoj mreži i preradi otpadnih voda
- Elektro i mašinski poslovi.

Prve tri aktivnosti imaju slične tokove rada, no, i tok rada za elektro-mašinsko održavanje i popravke umnogome prate generalni opšti tok rada.

Na osnovu postojećih procedura, izrađena su dva standardna toka rada koji pokrivaju rad i održavanje u sledećim oblastima:

- Vodovodne i kanizacione mreže i
- Elektro-mašinski radovi

Tok rada može se grupisati u 4 faze:

- Prijava i planiranje
- Ispitivanja
- Realizacija
- Dokumentacija i evaluacija

Jedan od zahteva preduzeća obuhvaćenih istraživanjem je bio, a to se i poštovalo prilikom uobličavanja standardnog toka rada, da tok rada treba da ostane što je više bliži postojećoj praksi u preduzeću.

Dokumentacija i prosleđivanje posla se vrše na sledeći način:

- Da zahtevaju što manje pisanja
- Da se sve potrebne informacije prikupe na način koji je lako ažurirati po potrebi
- Da se omogući klasifikacija i šifriranje vrste i uzroka događaja
- Da se radni nalozi izdaju bez potrebe da se informacije ručno kopiraju
- Da se angažovani resursi evidentiraju tako da je moguće evaluirati količine i troškove
- Da bude lakše ispravno čuvati relevantne informacije kao što su skice ili fotografije
- Da se uključe podsetnici da se informacije proslede ostalima, npr. GIS-u za ažuriranje podataka
- Da se beleži istorijat i vreme raznih aktivnosti
- Da se omogući baza za statističku evaluaciju aktivnosti
- Da se obezbede obrasci za izveštavanje
- Da se obezbedi kontrola poslovanja tako što će se pratiti glavni pokazatelji.

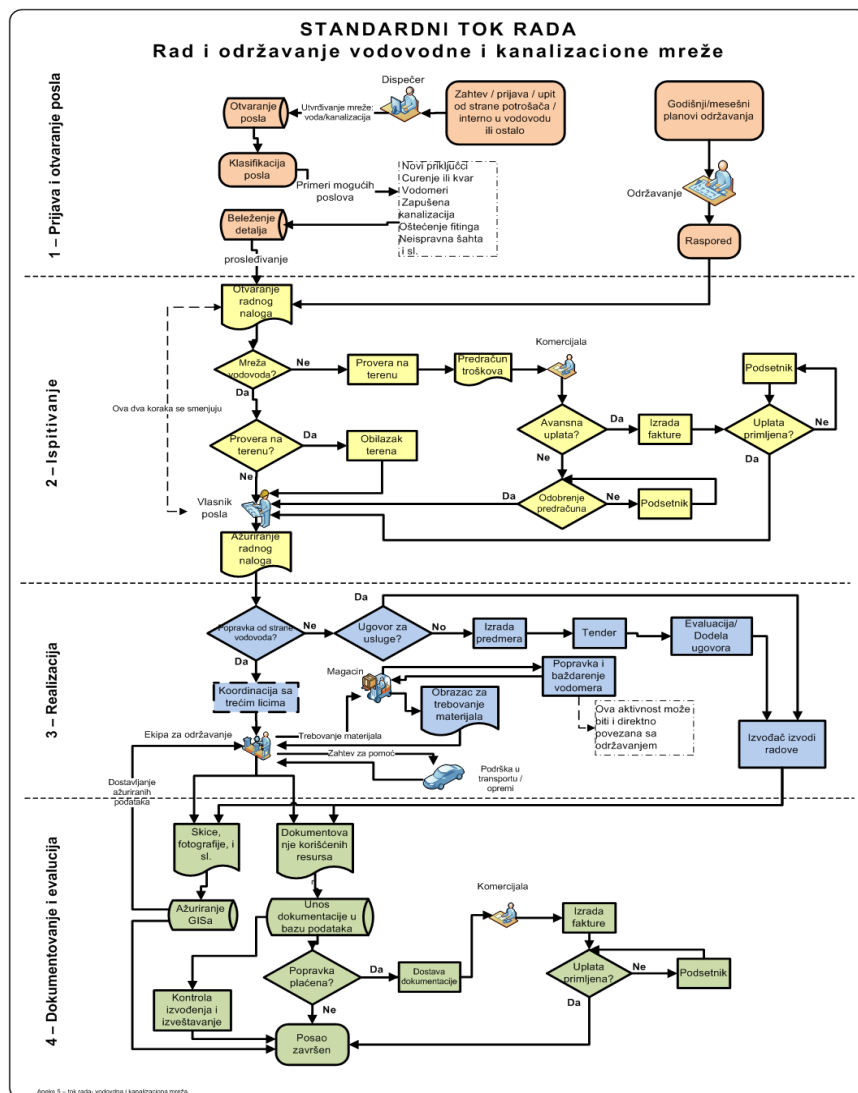
Ovaj spisak zahteva najbolje se može ispuniti korišćenjem elektronskog sistema. No, moguće je i da se koristi papirni format. Podrobna evaluacija uvek zahteva neku vrstu elektronskog čuvanja osnovnih informacija.

Takođe, u sklopu ovih aktivnosti su izrađeni elektronski alati za oba toka rada:

- Alat za administraciju poslova (JAT) za mreže i
- Alat za elektro-mašinsko održavanje (EMMAT).

Ovi alati su instalirani i u funkciji u svim preduzećima, i predstavljaju neophodnu bazu za kvalitetno upravljanje i održavanje infrastrukture.

Tok rada i održavanja za mreže prikazan je na narednoj slici:



Slika 136 Predlog standardnog toka rada i održavanja za mreže

Faza 1 – Prijava i otvaranje posla

Planirano preventivno i rutinsko održavanje realizuje se izdavanjem radnih naloga preko nadležnog zaposlenog, uglavnom je to šef službe održavanja.

Prijave problema i kvarova od strane potrošača i ostalih lica upućuju se dispečeru ili u kol-centar. Za to bi trebalo da postoji poseban broj dostupan 24 časa dnevno, 7 dana u nedelji. Evidentiraju se sve raspoložive informacije, npr.:

- Ime i adresa pozivaoca
- Vrsta kvara ili havarije
- Lokacija
- Da li je uzrok tome treće lice
- Svi ostali detalji koji se mogu prikupiti

U zavisnosti od hitnosti, dispečer ili prosleđuje posao elektronski u sistem ili direktno poziva zadužene da krenu u rešavanje problema, što zavisi od vremena u kom je prijavljena havarija. Tokom redovnog radnog vremena, nadležni zaposleni se mogu direktno pozvati da preuzmu posao. Nakon radnog vremena i tokom vikenda, informacije se šalju vođi tima koji je na dužnosti i on odlučuje o koracima koji se preduzimaju: da li se čeka dnevna smena, da li popravka vrši odmah ili se zove šef službe održavanja za eventualni savet i pomoć.

Da li će radni nalozi biti unapred odštampani ili će postajati samo elektronski format je nešto o čemu odlučuju sami vodovodi.

Neka preduzeća prihvataju i pozive trećih lica da intervenišu u njihovim vodovodnim ili kanalizacionim mrežama. Takvi slučajevi često se iniciraju preko rukovodstva preduzeća, koji razmatra slučaj. U svakom slučaju, u takvim situacijama bi nakon toga trebalo da se zove dispečer i da se prođe standardna procedura.

Faza 2 – Ispitivanja

U okviru ovog posla postoje, u osnovi, 2 etape:

- Direktna realizacija posla (bez prethodne provere na terenu)
- Zahtev da se izvrši ispitivanje na terenu.

U prvom slučaju procedura je jednostavna i prelazi se na Fazu 3 bez izlaska na teren.

U drugom slučaju opet postoje dve opcije, kada je posao ili za delove mreže koji pripadaju vodovodu ili za treća lica.

Kada je posao u privatnoj mreži, obavezan je izlazak na teren radi procene situacije i kao osnova za izradu predračuna za realizaciju potrebnih radova. Takav jedan predračun se prosleđuje u službu komercijale na proveru, obradu i odluku o načinu plaćanja, odnosno, da li je potrebna avansna uplata ili će preduzeće izdati fakturu nakon završetka posla. Zavisno od rezultata, treće lice potvrđuje predračun, odnosno, vrši avansnu uplatu. Nakon prijema uplate ili ugovora, radni nalog se može ažurirati, ako je potrebno, i proslediti timu za održavanje na realizaciju.

Posao koji je u nadležnosti preduzeća može da zahteva ispitivanje na terenu kako bi se potvrdio prioritet, obim oštećenja ili pomoć drugih službi ili drugih odeljenja koja je potrebna. Jedan važan faktor koji treba evidentirati je i mogućnost naknade troškove u slučajevima kada su treća lica izazvala havariju.

Još jednu vrstu ispitivanja predstavlja konsultacija GIS sistema za podatke o mreži, odnosno, detaljima potrebnim za pripremu rezervnih delova i ostalih resursa.

Nakon terenskih i ostalih ispitivanja, radni nalog se ažurira i prosleđuje timu za održavanje koji počinje sa radom.

Faza 3 – Realizacija

Posao realizuje nadležna ekipa za popravke ili održavanje. Radni nalog se štampa i predaje timu/ekipi.

U zavisnosti od obima posla i same lokacije (put sa gustim saobraćajem, itd.) može biti potrebno da se aktivnosti koordiniraju sa trećim licima, kao što su policija, lokalna samouprava, osiguranje itd.

U posebnim slučajevima može biti potrebno da se angažuje izvođač za sanaciju kvara. Tada se ili izdaje nalog u okviru godišnjeg ugovora za pomoć u održavanju, ili se za svaki poseban slučaj raspisuje javna nabavka.

Ekipa/tim mogu da zatraže podršku ostalih odeljenja kada je u pitanju radna snaga, transport, građevinska oprema ili drugo. Neki posebni materijali se povlače sa lagera na osnovu potpunog trebovanja. Pre početka realizacije posla na samom terenu, može biti potrebno da se tim podseti određenih detalja iz GIS sistema koji se stalno ažurira.

Što se tiče popravke i baždarenja vodomera, to zavisi od samog preduzeća, odnosno, od toga da li postoje resursi za ove poslove u preduzeću ili se angažuju izvođači. Preduzeće odlučuje i o tome da li se vodomeri provlače kroz sistem magacinskog poslovanja, ili ekipe na održavanju rade direktno sa službom za popravke.

Aktivnosti iz faze 4, odnosno, dokumentovanje, zapravo su u velikoj meri paralelne sa ovom fazom.

Faza 4 – Dokumentovanje i evaluacija

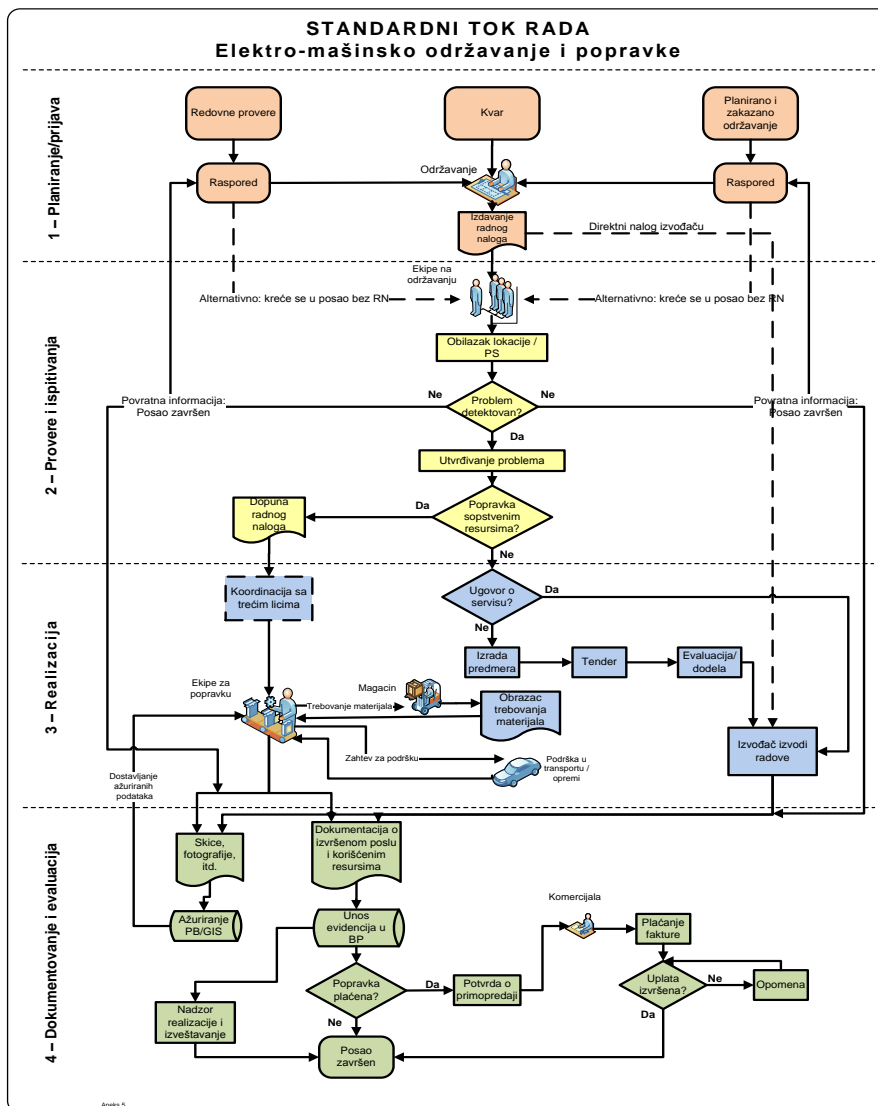
Ovo je veoma važan aspekt čitavog procesa, dokumentacija treba da bude dovoljna količinski i u smislu detalja da se evidentira čitav posao, ažuriraju podaci o mreži, izradi statistika i obezbedi kontrola i praćenje troškova.

Radni nalog treba da bude na raspolaganju ekipama za održavanje/popravke u štampanom formatu. Obrazac treba da omogući unošenje podataka o radnoj snazi, materijalima i opemi na najjednostavniji mogući način, sa poljima za štikliranje i spiskovima o angažovanim količinama. JAT alat koristi bilo koju razvijenu formu radnog naloga koja postoji ili je razvijena.

Ekipe na terenu treba da dokumentuju sva odstupanja od onoga što je navedeno u dokumentaciji. Takve informacije treba dostaviti GIS-u kako bi se ažurirala dokumentacija o izvedenom stanju. Takođe je potrebno evidentirati sve novo što je ugrađeno i prijaviti. Veoma je značajno da se zapiše lokacija posla. Ovo se može učiniti pomoću GPS koordinata zajedno sa referencama ka određenim fiksnim tačkama, odnosno, orijentirima. Dokumentacija može da obuhvata skice i detalje zabeležene na belim tablama i fotografije lokacija koje pokazuju referentne tačke.

Evidentiraju se i prijavljuju uzroci problema. Sve informacije prikupljene na terenu potrebno je prebaci u elektronski format nakon povratka sa terena. Evidencija se zatim prosleđuje na papiru u GIS koji ažurira mape i u komercijalnu službu koji izrađuje fakture i vrši ostale potrebne evidencije. U slučajevima kada postoji elektronski tok rada, informacije o poslu moraju biti dostupne svima za dalju obradu.

Tok rada za elektro-mašinsko održavanje prikazan je na narednoj slici:



Slika 137 Predlog standardnog toka rada za elektro i mašinsko održavanje

Faza 1 – Planiranje i prijave

Postoje tri aspekta održavanja:

- Redovne provjere, koje su uglavnom svakodnevne
- Planirano i redovno održavanje, na osnovu sati rada i
- Nepredviđeni kvarovi.

Mogu se pripremiti rasporedi kojim bi se definisale rutinske provjere i obezbedilo više detalja o planu/rasporedu održavanja sa uputstvima koje aktivnosti treba realizovati. Svaka od ovih zakazanih aktivnosti može da rezultira radnim nalogom, ili uz manje birokratije, mogu da je realizuju direktno ekipe na održavanju po rasporedu održavanja.

Prijavljene kvarove popravija direktno izvođač, tamo gde je isti angažovan. U ostalim slučajevima, potrebno je da ekipe na održavanju ispituju situaciju.

Faza 2 – Ispitivanja

Ekipe na održavanju uglavnom su zauzete vršenjem zakazanih redovnih provera i održavanja. Ove aktivnosti je potrebno dokumentovati, i to onako kako se vrše za svaku pojedinačnu stavku na određeni dan i u određeno vreme. Ako je moguće, tokom takvih inspekcija treba evidentirati čak i čitanja brojača i ostale relevantne informacije.

Takve izveštaje treba realizovati u centralnoj bazi za čuvanje podataka, kao što je npr. GIS i u pripadajućim bazama podataka.

Evidentirani problemi se dokumentuju i prijavljuju u cilju preduzimanja daljih mera.

Faza 3 – Realizacija

Samu popravku vrši ili vodovod ili izvođač. U nekim slučajevima postoje servisni ugovori za određene stavke. To, na primer, može biti objekat za proizvodnju gasnog hlora (Smederevo) ili tek neki delovi opreme (površinski rotor za aeraciju otpadnih voda – Sombor).

Važno je dokumentovati sve popravke na svim stavkama, aktivnosti koje su realizovane, kao i datum i vreme realizacije, očitavanja brojača, itd. Evidencija može biti na papiru u određenom formatu za svaki veći deo opreme, ili, još bolje, u elektronskoj formi, kao što je npr. alat koji je razvijen tokom istraživanja, EMMAT.

Tender za popravke uglavnom obuhvata godišnji ugovor za određenu vrstu opreme.

Faza 4 – Evidencija i evaluacija

Važno je da se vodi evidencija o inspekcijama i popravkama. Jednom kada se ispravno započne i uspostavi procedura, dobijaju se vredne informacije o poslovanju za određenu marku opreme u odnosu na neku sličnu. Ova dokumentacija može poslužiti i kao pokazatelj povećanih potreba za održavanjem ili zamene nekog sredstva u skorijoj budućnosti.

Implementacija i nadzor programa upravljanja i održavanja infrastrukture

Razni delovi preduzeća dele mnoge zajedničke podatke, kao na primer:

- adrese (ulice, parcele)
- zaposlene
- spisak inventara (pumpe, motori, transport, oprema)
- vodomeri
- magacinsko poslovanje

Svaka od ovih informacija trebalo bi da se vodi u samo jednoj od baza podataka za koju će biti zadužen jedan zaposleni ili jedno odeljenje. Svi ostali korisnici imaju pristup da koriste ove podatke. GIS predstavlja alat kojim se ove informacije prikazuju u posebnom kontekstu, odnosno, na svojoj lokaciji. U tu svrhu, razvijena su dva elektronska alata koja služe za dokumentovanje aktivnosti, štampanje radnih naloga, izradu izveštaja i rasporeda koji se mogu pozvati prilikom praćenja pokazatelja poslovanja i evaluacije za svaku unetu informaciju.

Izabrano je da se pažnja posveti dvema oblastima:

1. Održavanju i popravkama u mreži
2. Održavanju elektro i mašinske opreme (bez transportne ili građevinske mehanizacije).

Obe baze podataka su zasnovane na zajedničkim tokovima rada koji odlikavaju standardni tok rada o kojem je više reči bilo u ranijim poglavljima.

Prvi alat se zove alat za administraciju poslova, eng. *Job Administration Tool* (JAT) i on je deo interne mreže vodovoda koja radi na serveru kome svi mogu da pristupe i da ga koriste. Drugi alat, alat za administraciju elektro-mašinskog održavanja, eng. *E&M Maintenance Application Tool* (EMMAT) evidentira aktivnosti i daje informacije o planiranim aktivnostima u bliskoj budućnosti. Služi za vođenje evidencije o svim pumpama, motorima ili ostalim bitnijim delovima opreme.

Nije se moglo očekivati da se u jednom koraku uvede ovakvo jedno rešenje. Potrebna IT struktura jednostavno nije bila svuda dostupna i nije se mogla brzo instalirati.

Iz tog razloga je ravijen fleksibilan alat, koji omogućava korišćenje papirnih obrazaca u različitom obimu, uz unos relevantnih podataka u alat kao finalni korak pri zatvaranju posla. Takođe, omogućena je izrada radnih naloga što sličnijih postojećem obrascu. Struktura alata je jednostavna i koristi uobičajene baze podataka kako bi se obezbedio servis i eventualne izmene u samom vodovodu ili putem daljinske podrške. Alatu je moguć pristup drugim bazama podataka u vodovodu, ali i pristup sopstvenim podacima koji se dele sa drugim aplikacijama.

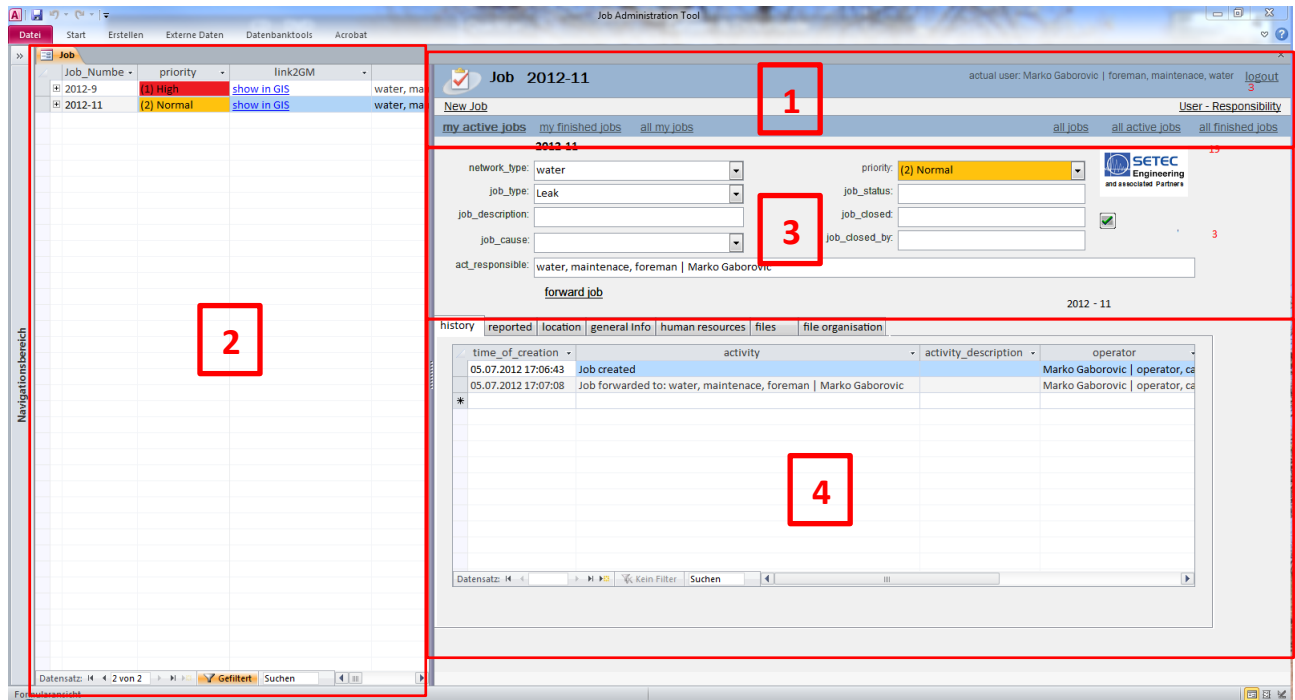
Odabran je *MS Access* program za baze podataka uz opciju prebacivanja na SQL-server u budućnosti, ukoliko bude potrebno. Programiran je kao aplikacija sa više korisnika.

U nastavku se daje kratak opis ova dva alata.

JAT–Job Administration Tool-alat za administraciju poslova

Korišćena je unapred definisana, jednostavna struktura podataka kako bi se dobila jedinstvena sredina za čuvanje podataka koja se automatski generiše prilikom stvaranja posla. Struktura je fleksibilna, čime se omogućuje čuvanje svih relevantnih podataka. Sistem može da prikuplja sve podatke tokom perioda kada je posao otvoren, odnosno, postoje razni pojedinačni koraci potrebni za konačno rešavanje neke havarije. Kada se posao otvori i unesu osnovni podaci, može se štampati radni nalog koji se rukom popunjava na terenu. Ovi podaci se po povratku sa terena unose u bazu podataka. Evaluacija podataka i pretrage se mogu odštampati i uključiti u izveštaje.

U okviru baze podataka može se koristiti i GIS. Time se omogućuje prikazivanje lokacije posla na mapi koja nije u JAT-u i to klikom na dugme za link. Prilikom rada u GIS sistemu, može se pristupi JAT-u odabirom objekta lokacije na mapi, a zatim se kline dugme u bazi podataka na paleti sa alatkama.



Slika 138 Glavni ekran JAT

- Deo 1: statusna i glavna razvodna tabla/obrazac
 Deo 2: tabla sa spiskom poslova (spisak svih poslova za status odabran pod 1)
 Deo 3: tabla sa detaljima (za odabrani posao: opis i detalji)
 Deo 4: tabla sa aktivnostima za odabrani posao (prikazuje istoriju posla, omogućuje dalji unos i štampanje radnih naloga)

Posao se može otvoriti, ažurirati i proslediti u bilo koje vreme sve dok se ne označi kao 'završen posao'. Prikazani su trenutni status posla i vlasnik posla (trenutno zaduženi za određenu aktivnost) i to je vidljivo svima.

Pomoću ovih glavnih informacija mogu se pozvati svi relevantni podaci za određeni posao, vreme itd. pretragom podataka o poslu.

EMMAT – E&M Maintenance Application Tool-alat za elektro-mašinsko održavanje

Kako bi se vodovodima pomoglo u planiranju, realizaciji i dokumentovanju elektro i mašinskog održavanja shodno predlogu standardnog toka rada iz ovog Poglavlja, razvijen je alat za administraciju elektro-mašinskog održavanja, eng. Electrical-Mechanical Maintenance Application Tool – EMMAT. Odabran je *Microsoft Access* kao najprikladniji alat za baze podataka s obzirom da je veoma uobičajen i uglavnom postoji u vodovodima. Takođe će biti moguć prenos na server koji se zasniva na SQL bazi podataka i pristup za više korisnika u budućnosti.

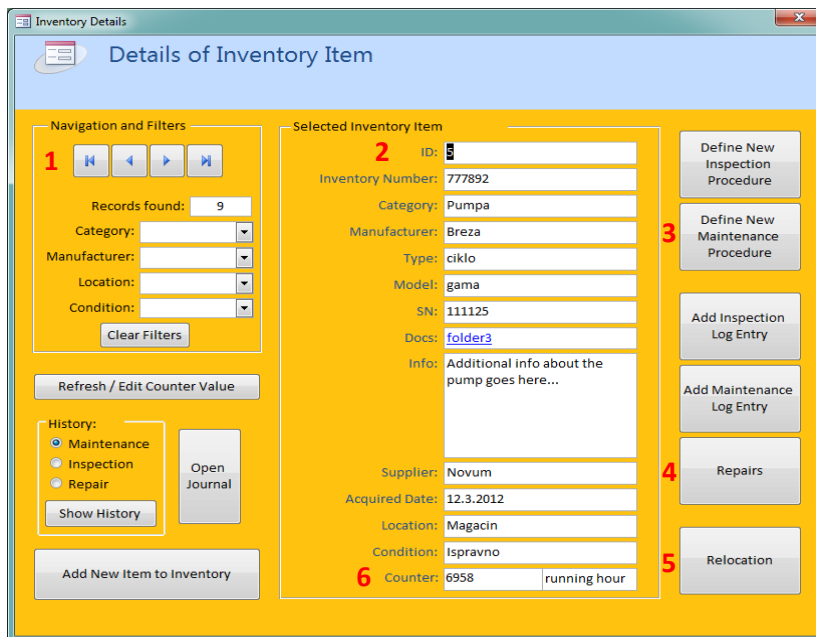
Kako bi se vodila dokumentacija o radu, održavanju i popravkama, potreban je spisak sve opreme i stavki za koje je potrebno voditi dokumentaciju, koji obično postoji u inventaru sredstava. U takvim slučajevima, EMMAT se može modifikovati uz pomoć linka ka relevantnim informacijama u takvoj jednoj bazi podataka o inventaru za opremu za koju će se voditi dokumentacija.

No, kako jedna takva inventar lista često ne postoji, razvijen je alat EMMAT koji treba da obuhvati i vodi bazu podataka o inventaru.

Otvoreni ekrani često pokazuju opšte podatke iz neke odabrane dokumentacije, čak i kada nisu direktno potrebni za neku aktivnost. Ovakva filozofija omogućuje da se na ekranu prikaže što je više moguće informacija kada god je to potrebno, bez potrebe da se radi u bazi podataka.

Pomoću ovog alata dobijaju se podaci o željenom delu opreme. Za svaki deo opreme čuvaju se relevantne informacije, kao što su proizvođač, tip, serijski broj, dobavljač i kontak podaci istog, priručnici za rad i popravku, karakteristične krive, crteži, istorija mesta ugradnje, istorija popravki i održavanja, fotografije, itd.

Na sledećoj slici prikazan je ekran ovog alata.



Slika 139 Detalji iz ekrana sa inventarom u EMMAT-u

Pomoću glavnog ekrana se:

- 1 – vrše pretrage i traži dokumentacija pomoću filtera
- 2 – prikazuju detalji o traženim stavkama
- 3 – definišu nove procedure za provere i održavanje
- 4 – vodi evidencija o proverama, održavanju i popravkama
- 5 – vodi evidencija o lokacijama nekog delog oprema
- 6 –evidentiraju sati rada za neku aktivnost

4.5.3 Primeri vođenja evidencije o upravljanju infrastrukturom

4.5.3.1 Vođenje evidencije o popravkama kvarova, pronađenih aktivnom kontrolom curenja

Timovi za detekciju curenja u mreži su redovno izveštavali o pronađenim curenjima i kvarovima, koja su zatim bila sanirana od strane Službi za održavanje vodovodnih mreža (više o ovim rezultatima je navedeno u Poglavlju 4.4).

Nakon dobijenih informacija od strane Timova za detekciju curenja, Službe za održavanje vodovodnih mreža bi otvarale naloge za intervencije, i započinjale intervencije na vodovodnim mrežama. Izveštaj o izvedenoj intervenciji, sa svim definisanim priložima, bi se naknadno prosleđivao Timovima zaduženim za upravljanje infrastrukturom preduzeća.

Kako je navedeno u Poglavlju 2.3.1.2, brzina odziva na izveštaj o curenju direktno utiče na ukupnu količinu curenja, tako da je bilo potrebno da se uspostavi dobra komunikacija između Timova za detekciju curenja i Službi za održavanje vodovodnih mreža. Često su zaposleni iz oba sektora zajednički bili na terenu, što je bilo i optimalno rešenje. Ukoliko ovo nije bio slučaj, preduzeća su imala ustaljene procedure izveštavanja.

Službe za održavanje vodovodnih mreža su takođe vodile računa da se dovoljno standardne opreme za hitne popravke nalazi u magacinima. Godišnjim planom budžeta, preduzeća procenjuju koliko opreme će biti potrebno, što se uglavnom vrši iskustveno. Međutim, uvođenjem aktivne kontrole curenja, i praćenjem statističkih parametara o naknadnim intervencijama, može se doći do pouzdane procene o obimu ovih nabavki.

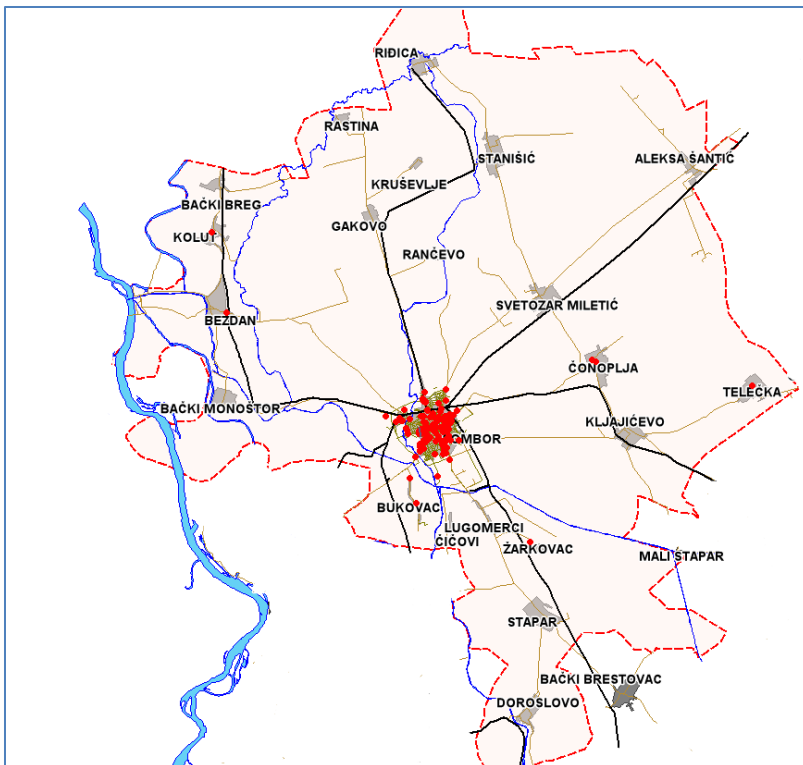
Obzirom na visok nivo gubitaka u mreži u većini preduzeća obuhvaćenih istraživanjem, brza i kvalitetna popravka pronađenih curenja je bila način da se u kratkom roku dođe do smanjenja gubitaka i poboljšanja celokupnog vodosnabdevanja u gradovima. Zbog toga su preduzeća vrlo ozbiljno shvatila značaj kako aktivne kontrole curenja, tako i brzine popravki. Službe za održavanje mreža su takođe izveštavale na tromesečnom nivou o svojim aktivnostima i rezultatima.

Grafički prikaz izveštaja o tromesečnim aktivnostima na popravkama u mreži je prikazan u nastavku. Izvor: softver JAT, razvijen za potrebe istraživanja, implementiran u preduzećima.

Primer Sombora:

1. Opština Sombor

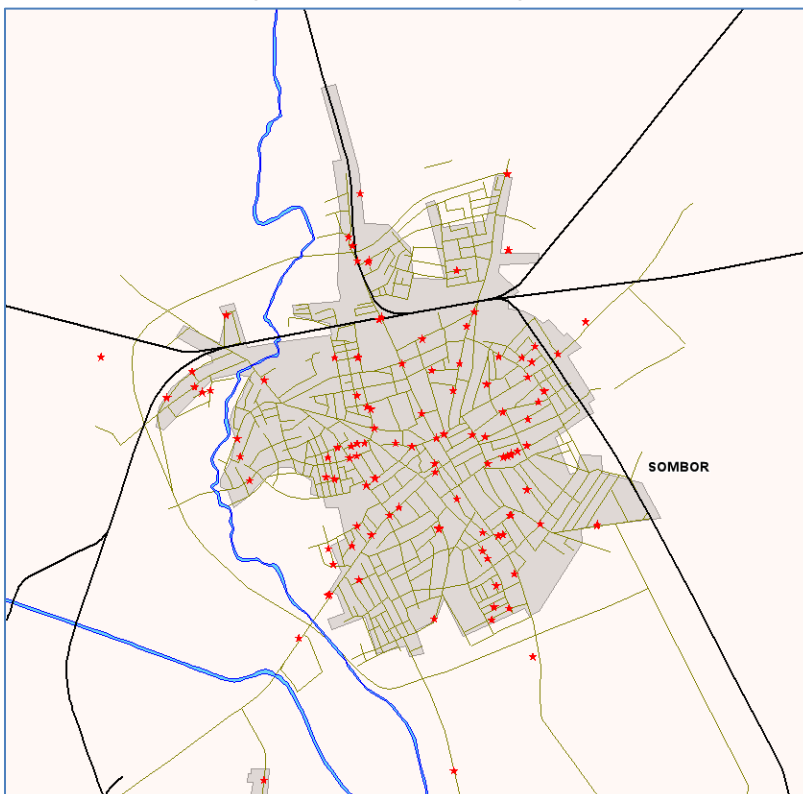
Crvene tačke predstavljaju 127 aktivnosti iz oblasti upravljanja i održavanja tokom poslednjeg kvartala 2013



Slika 140 Prikaz aktivnosti iz oblasti upravljanja mrežom u opštini Sombor

2. Grad Sombor

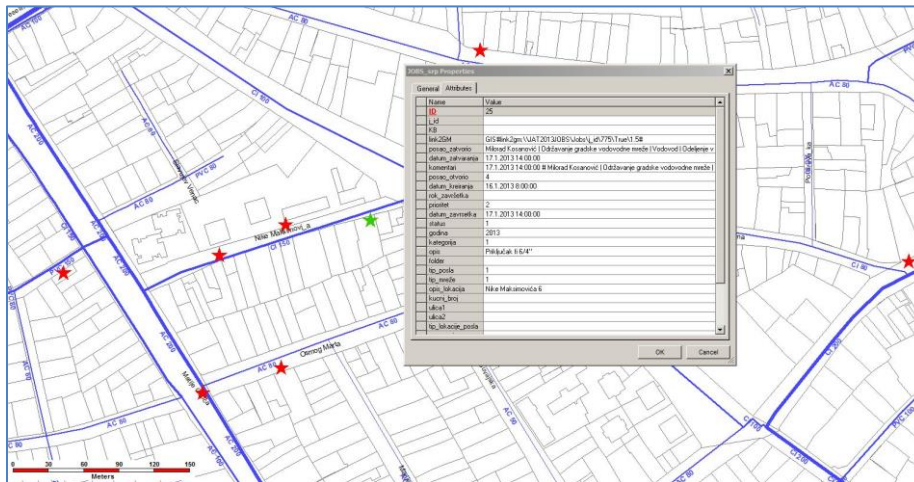
Zumirano, da bi se prikazale aktivnosti, prikazane kao crvene zvezdice ★



Slika 141 Prikaz aktivnosti iz oblasti upravljanja mrežom u gradu Sombor, uvećano

3. Informacioni prozor (nakon što se još više zumira na mapi)

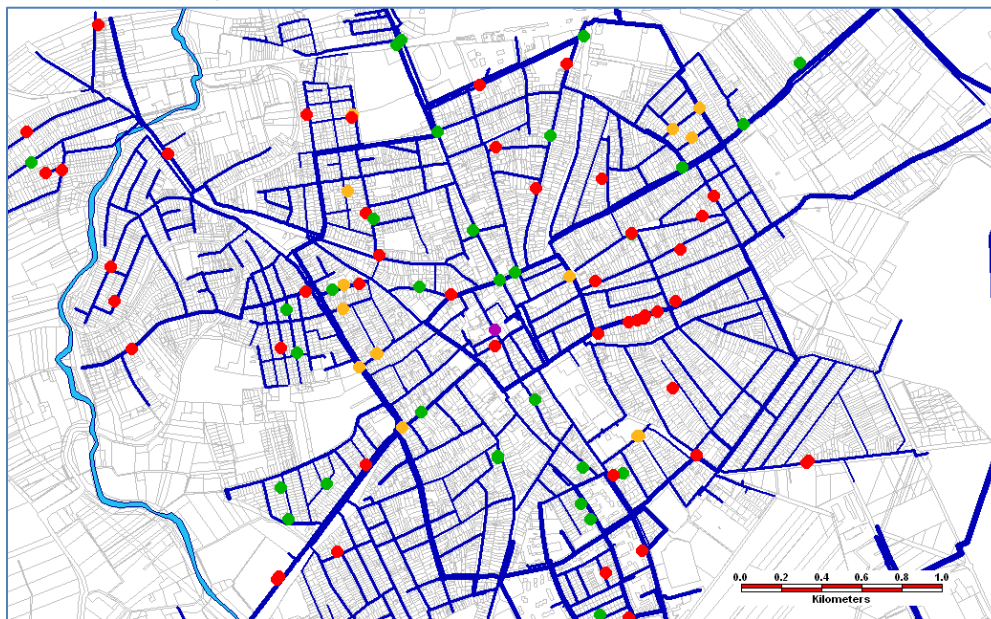
Izborom konkretne aktivnosti, otvara se prozor sa podacima o aktivnosti, snimljenim u JAT-u. Moguće je pročitati podatke o intervenciji, šta je urađeno, ko je bio zadužen i slično.



	aktivnosti na upravljanju i održavanju
	izabrana aktivnost i njen informacioni prozor

Slika 142 Prikaz aktivnosti iz oblasti upravljanja mrežom u gradu Sombor, informacioni prozor

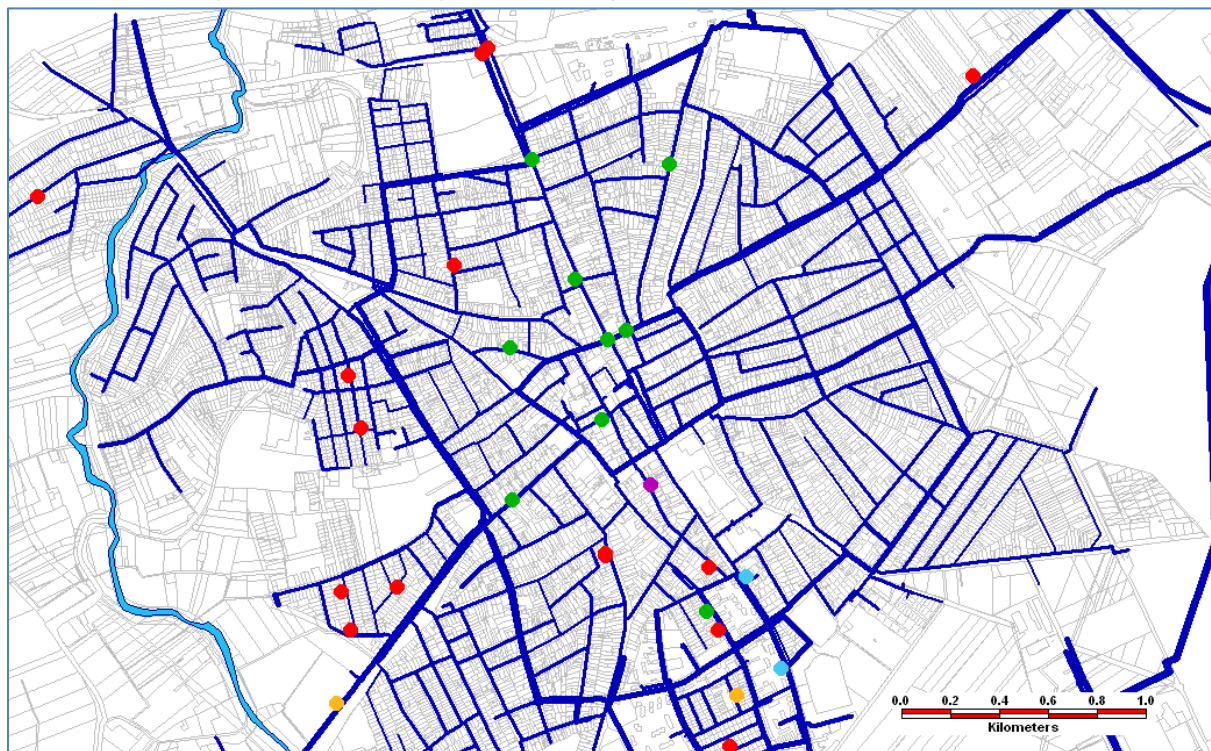
4. Tematska mapa 1 – Aktivnosti prema tipu elemenata u mreži



	Vrsta intervencije	Ukupno za tri meseca:
	Intervencije na kućnim priključcima	60 (0.005 od svih priključaka)
	Intervencije na mreži	39 (0.22 po kilometru mreže)
	Intervencije na ventilima	16
	Intervencije na hidrantima	2

Slika 143 Sombor: Tematska mapa 1 – Aktivnosti prema tipu elemenata u mreži

5. Tematska mapa 2 – Aktivnosti prema materijalu cevi



	suma	Φ40	Φ 50	Φ 80	Φ 100	Φ 150	Φ 200	Po km1
● AC cev	19		3	10	3		3	0.1
● CI cev	9			3	4	1		0.04
● PVC	5		1	3			1	0.03
● Pocinkovana	2	2						0.02
● HDPE/PE	4	1	3					0.03
	39	3	7	16	7	1	4	0.22

Slika 144 Sombor: Tematska mapa 2 – Aktivnosti prema materijalu cevi

Primeri iz Kraljeva:

U nastavku je prikazan standardni radni nalog o izvršenoj intervenciji po izveštaju Tima za detekciju curenja, kao i prikaz celog sistema vodosnabdevanja, sa ucrtanim intervencijama u određenom periodu.

ВОДОВОД 27. марта бр. 2, 36000 Краљево
тел. 036/207-200 факс 036/334-464
Datum i vreme štampa: 11.03.2014 @ 15:11:50

Radni nalog 2014-133/121
Vodovod | Curenje | Intervencija | Ulična mreža

Poreklo prijave: Fizičko lice Datum prijave: 11-mar-14
Metod prijave: Telefonom Prijavu primio: Nebojša Radičević
Stranka: Petar Petrović Odgovoran: Slobodan Filipović
Adresa stranke: KARADORDEVA 260, KRALJEVO, KRALJEVO Razrešiti do: 12-mar-14
Telefon stranke: 036/555-333 Prioritet: Hitno
Napomena: Nema nikakve veze sa Njegovom...

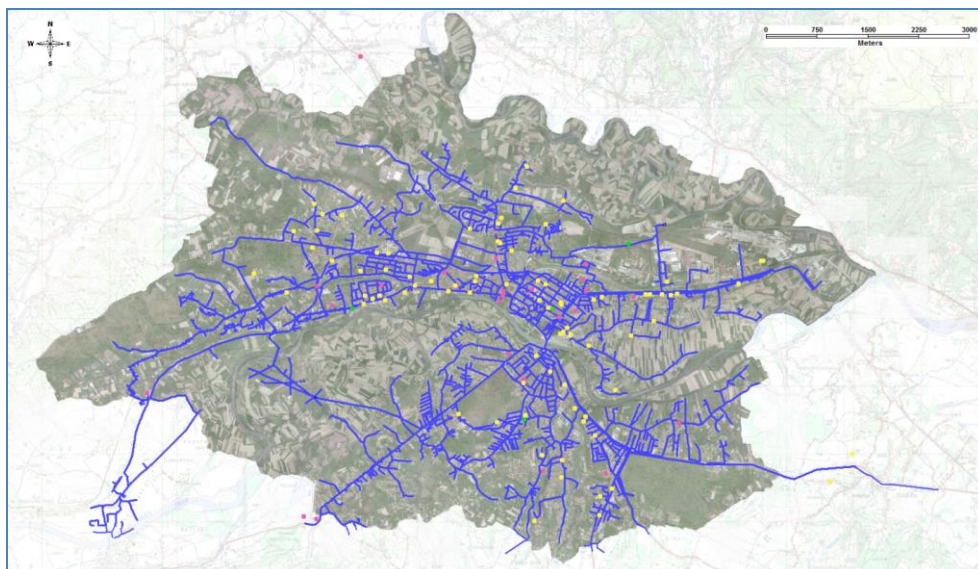
Lokacija posla: Adresa: KARADORDEVA (KRALJEVO) br. 260 Opis posla: Curi voda po ulici: locirati, ispitati i sanirati curenje
Opis Lokacije: Voda izliva iz predn kućnog broja 260

SKICA POSLA	Specifikacija potreba materijala i angažovanih sredstava rada	Jed. mere	Količina	CENA
	1. SKICA	kom	1	
	2. SEPAR. VENTIL 411	kom	1	
	3. IZVADAKA GOR. SEK. 1	kom	1	
	4.			
	5.			
	6.			
	7.			
	8.			
	9.			
	10.			
1. Izdati dokumentacije				
2. Trošak materijala				
3. Povrat materijala				
4. Beležje zahvata				
UKUPNA VREDNOST:				

Prezime i ime radnika angažovanih na izvršenju posla	Datum rada	Utrošeno vreme za izvršenje	Plansko	Razlika
1. PETIC	11.03.14	16:30	17:30	2:30
2. RADIĆ	11			
3. RADIĆ	11			
4.				
5.				
6.				
Obracun izvršenog rada:				
1.	1 SEK. 17	2 us		
2.				
3.				
4.				
5.				
NAPOMENA: Curi na oduku, saniranjem oduke i servisom ventil.				

Ispostavo nalog, Obracunao nalog, Radove izvršio, Odgovorno lice za izvršenje posla.
(danas radnog naloga) (obračunski radnik) (poslovođa ili šef) (rukovodilac)

Slika 145 Kraljevo: Radni nalog iz JKP-a „Vodovod“

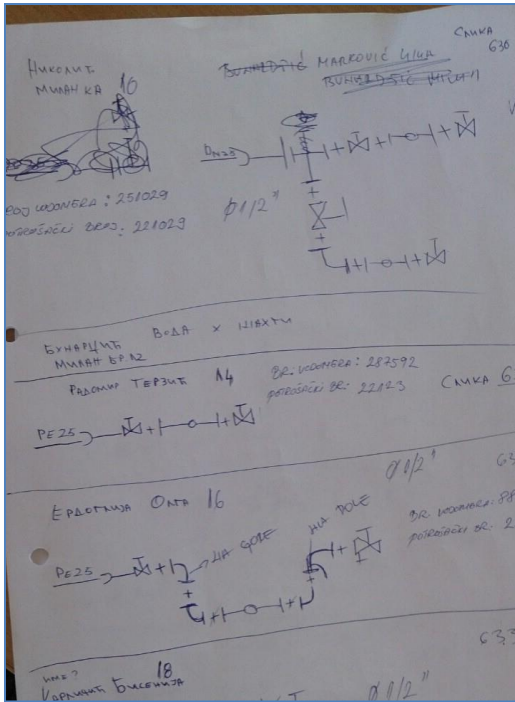


Slika 146 Kraljevo: Lokacije intervencija na mreži

Žutim tačkama označene su intervencije na vodovodnoj mreži, a ružičastim na kanalizacionoj mreži.

4.5.3.2 Vođenje evidencije o sistemskom snimanju kućnih priključaka

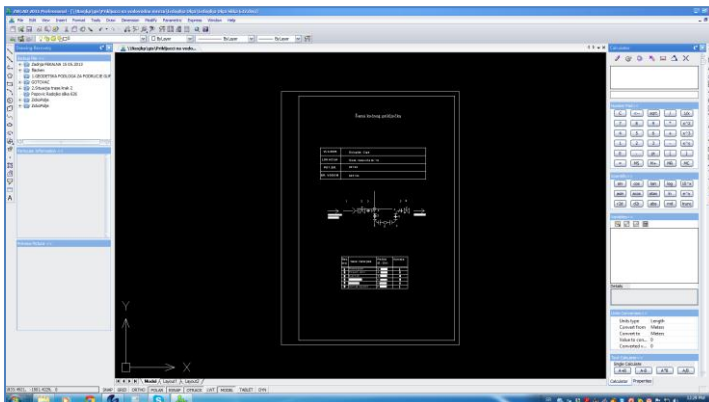
Sledi primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS, kao i sakupljanje i čuvanje skica, tehničkih crteža i foto dokumentacije. Primer je iz Kraljeva.



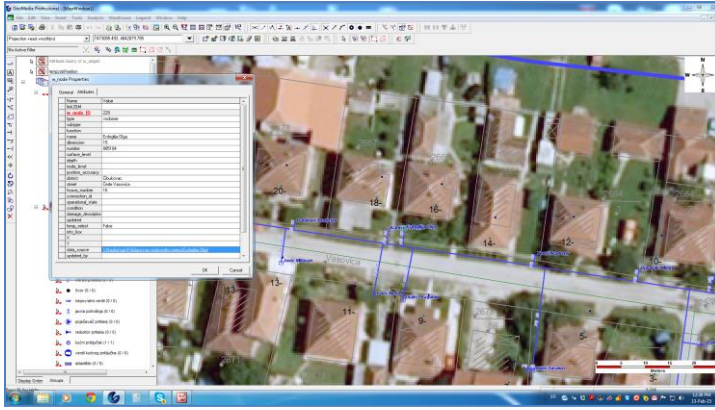
Slika 147 Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – skica sa terena



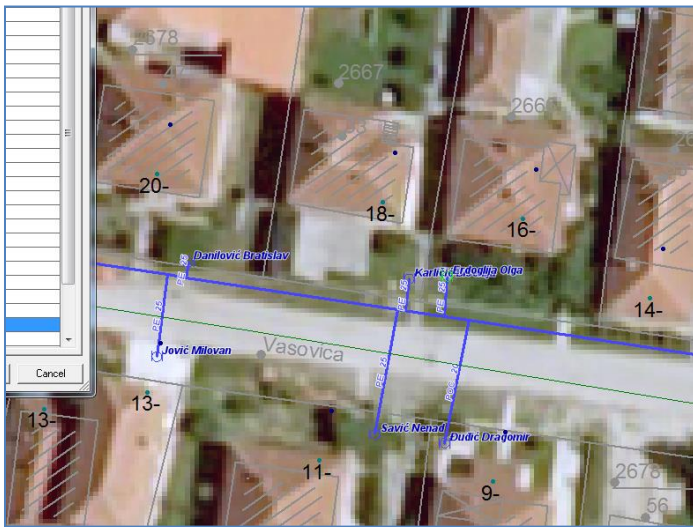
Slika 148 Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – fotografija vodomernog šahta sa detaljima kućnog priključka



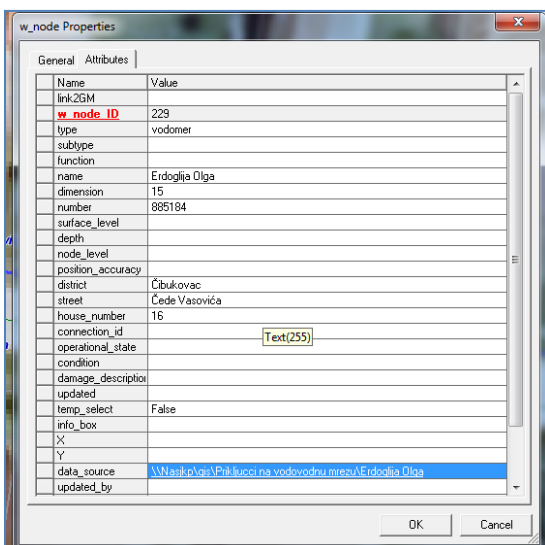
Slika 149 Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – priprema tehničkog crteža u kancelariji



Slika 150 Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – prikaz kućnog priključka, unešenog u GIS



Slika 151 Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – prikaz kućnog priključka, unešenog u GIS, uvećano sa prikazom svih detalja

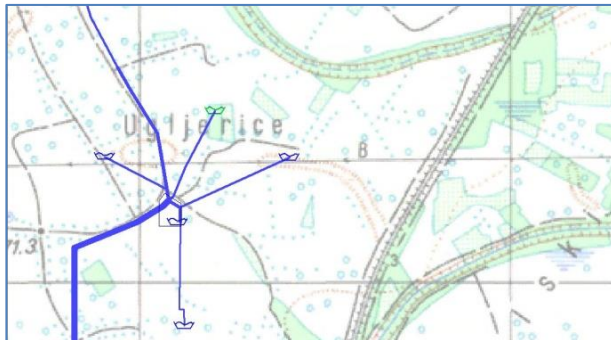


Slika 152 Primer sistemskog snimanja kućnih priključaka i unošenja podataka u GIS – tabela sa podacima o ovoj tački

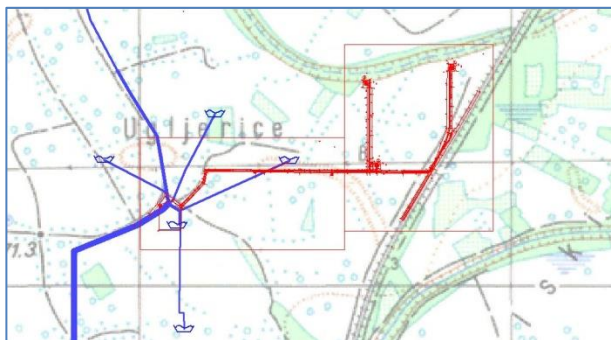
Plavim je označena putanja do foldera u kojem se nalaze svi korišćeni podaci.

4.5.3.3 Vođenje evidencije o projektima izvedenog stanja

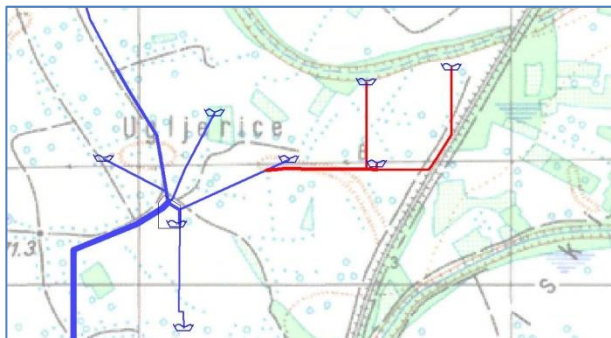
U sistem je takođe bilo moguće unositi i podatke iz projekata izvedenog stanja. Sledi detaljan primer iz Smedereva, a zatim i iz ostalih gradova.



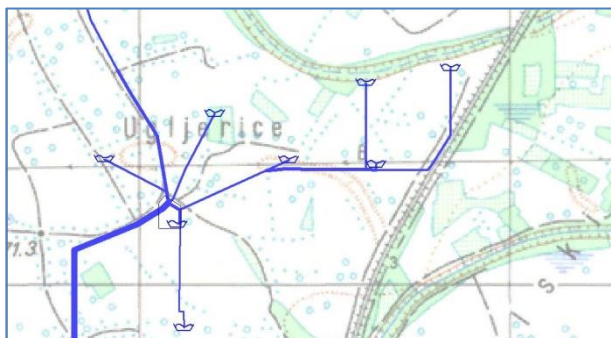
Postojeće stanje, pre unosa podataka



Geo-referencirani projekt izvedenog stanja, u formatu DWG je unešen



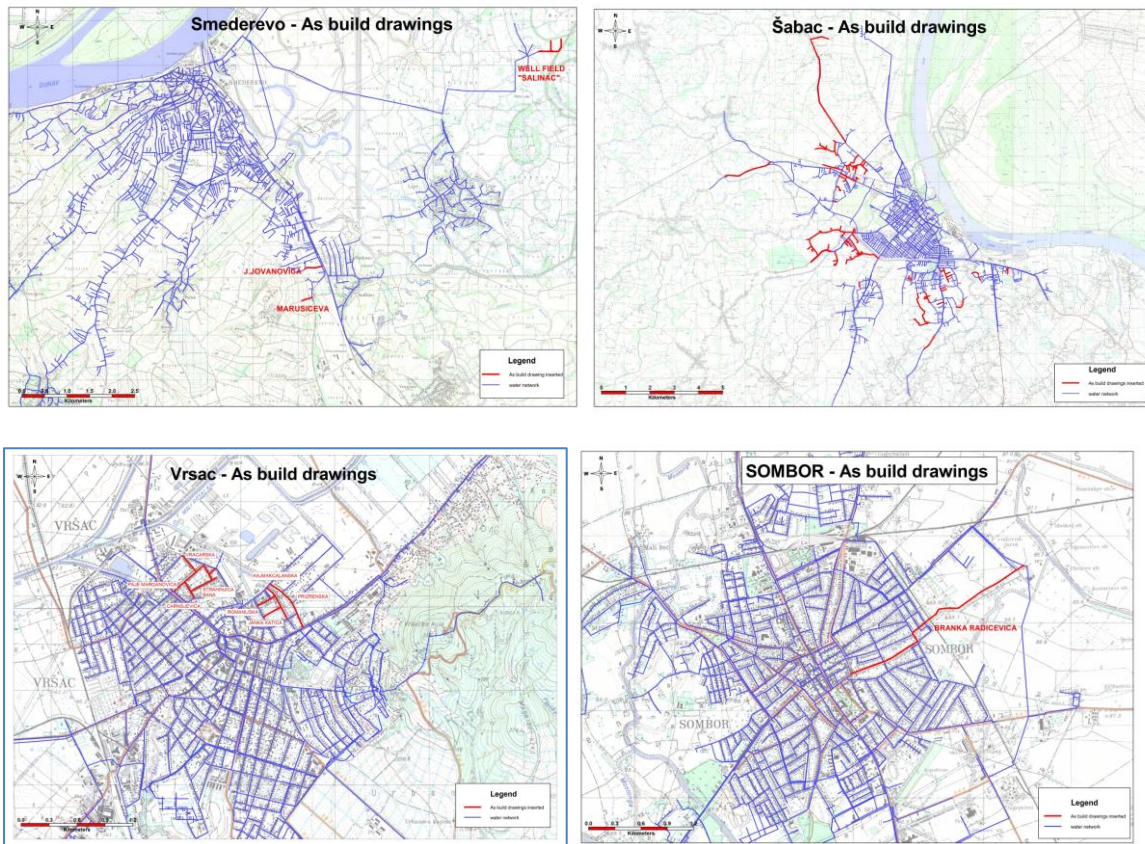
Koristeći softver, podaci se transformišu u GIS



Nakon unosa, baza podataka GIS sadrži i podatke o novoj aktivnosti

Slika 153 Smederevo: unošenje podataka iz projekata izvedenog stanja - koraci

Podaci iz projekata izvedenog stanja, koji su rađeni tokom trajanja istraživanja, su unešeni u GIS. Slede primeri.



Slika 154 Unošenje podataka iz projekata izvedenog stanja, koji su rađeni tokom trajanja istraživanja, u GIS

4.6 Brzina i kvalitet popravki i preventivna rekonstrukcija vodovodnih mreža

U poglavlju 2.3.1.2 napominje se da havarijska curenja na glavnim cevovodima, sa velikim protocima, ne proizvode najveći deo ukupnih gubitaka usled curenja, s obzirom da je vreme ključni parametar, a ne intenzitet isticanja. Analize pokazuju da je udeo ovakvih curenja maksimalno 10% od ukupnih gubitaka usled curenja, a da najveći udeo imaju pozadinska curenja i neprijavljena havarijska curenja.

O aktivnostima na popravci curenja dosta je rečeno u prethodnim poglavljima. U Poglavlju 4.4.6 „Akcioni plan smanjenja nefakturisane vode“ data je pregledna tabela izvršenih pripremnih aktivnosti od strane timova za aktivnu kontrolu curenja, u koje su spadala merenja protoka, detekcije curenja, ispitavanja ventila i ispitavanja hidranata. Službe za održavanje mreže su od timova za detekciju curenja redovno dobijali izveštaje o svim pronađenim curenjima i kvarovima, koji su zatim brzo i kvalitetno bili sanirani, što je naknadno bilo dokumentovano, kao što je prikazano u prethodnom poglavlju.

Osim aktivnosti kojima se poboljšavala efikasnost službi za upravljanje i održavanje infrastrukture, a koje su prikazane u prethodnim Poglavljima, pristupilo se i preventivnoj rekonstrukciji mreža. Već tokom početne faze istraživanja, prilikom upoznavanja za stanjem vodovodnih sistema, zaključeno je da su njihova zajednička karakteristika curenja na sekundarnoj mreži i kućnim priključcima. Ovo je posledica starosti mreže, materijala (uglavnom azbest cementne ili pocinkovane cevi), nepostojanja preventivnog održavanja i drugih faktora. Zbog toga je odlučeno da se tokom celog trajanja istraživanja pristupi rekonstrukciji mreža.

Osnovni parametar za izbor delova mreže koji će se rekonstruisati je bila statistika o curenjima i sanacijama. Logično je zaključiti da na delovima sistema, gde su prijavljeni česti kvarovi, ima još neprijavljenih, pozadinskih curenja. Međutim, ponekad su birani i delovi mreža u kojima su druga komunalna preduzeća vršila svoje radove, kako bi se iskoristila mogućnost kompletne rekonstrukcije infrastrukture u određenoj ulici. S druge strane, ukoliko su rezultati hidrauličkih modela pokazivali potrebu za promenom prečnika određene cevi, ona je takođe ulazila u program rekonstrukcije. U svakom slučaju, gde god se sekundarni cevovod rekonstruisao, to je podrazumevalo i zamenu svih kućnih priključaka. Rekonstrukcija vodovodne mreže je rađena tokom celog trajanja istraživanja.

Sledeća tabela daje pregled aktivnosti u okviru preventivne rekonstrukcije vodovodnih mreža, po gradovima (ukupno: 90.948 m cevovoda sa 3.810 priključaka i 523 hidranta).

GRAD	Cevovodi Projektovano	Cevovodi Ugrađeno	Kućni priklj. Projektovano	Kućni priklj Ugrađeno	Hidranti Projektovano	Hidranti Ugrađeno
Kraljevo	37.708	33.744	501	459	177	136
Loznica	38.228	26.095	1.688	1.419	174	154
Pančevo	5.123	3.913	260	88	45	5
Šabac	21.204	18.336	1.640	1.157	201	177
Smederevo	640	674	24	19	6	6
Sombor	3.834	3.465	111	111	8	2
Vršac	4.814	4.721	549	557	45	43

Tabela 37 Pregled aktivnosti na rekonstrukciji vodovodne mreže - rezultati ovih aktivnosti, zbirno za sve gradove

Iz prethodne tabele može se zaključiti da su pojedina preduzeća prepoznala značaj preventivne rekonstrukcije vodovodnih mreža, pogotovo u Kraljevu, Loznici i Šapcu. Stari delovi mreže, izgrađeni od pocinkovanih cevi, azbest-cementa i sličnih materijala, zamenjeni su novom mrežom, uglavnom od polietilena visoke gustine. U skladu sa preporukama datim u Poglavlju 4.5 „Aktivnosti na upravljanju infrastrukturom“, sve ove aktivnosti su evidentirane u GIS sistemima preduzeća, radi stvaranja što tačnije informacije o stanju vodovodnih sistema.

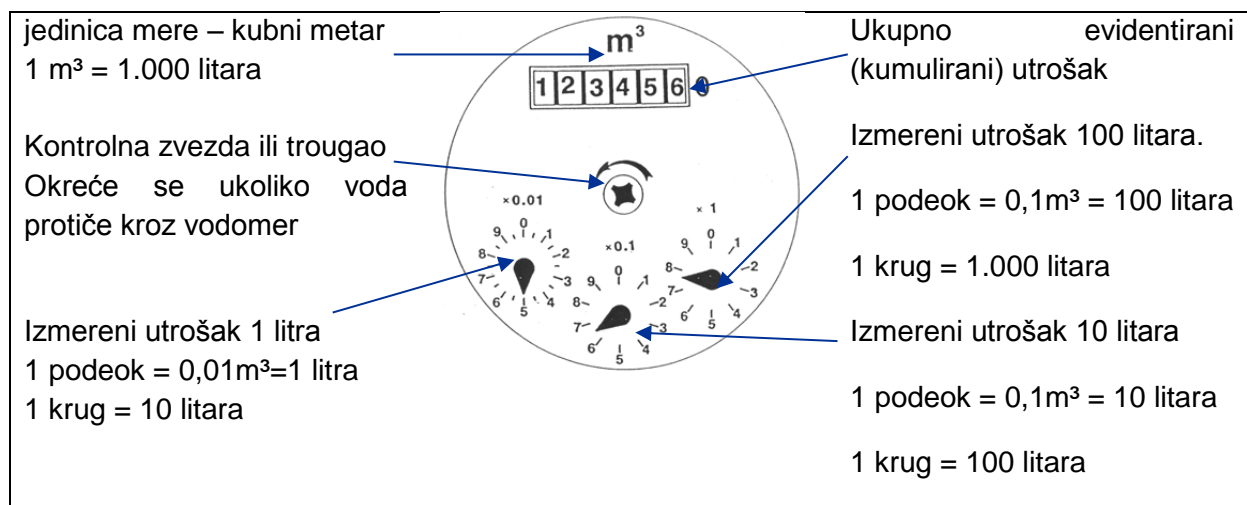
4.7 Aktivnosti na proračunavanju uticaja različitih faktora na prividne gubitke u sistemima

U ovom poglavlju opisuju se aktivnosti tokom istraživanja, vršene u cilju smanjivanja prividnih gubitaka u vodovodnim sistemima. Kako je i u Poglavlju 2.3.2 „Suzbijanje prividnih gubitaka“ navedeno, prema IWA terminologiji, postoje četiri komponente, koje utiču na nivo prividnih gubitaka, a to su:

- Greške u merenju vode: Netačnost vodomera – vodomeri ne mere deo vode koja prođe kroz njih
- Ilegalna porošnja: Krađa vode – nelegalni priključci
- Greške u prebacivanju podataka: Netačnosti prilikom prebacivanja podataka iz sistema za merenje u sistem za obračun i naplatu
- Analiza podataka: Analiziranje podataka iz arhive i podataka, koji se koriste za obračun i naplatu, i za kreiranje vodnog bilansa

4.7.1 Greške u merenju vode

Sledeća slika prikazuje primer standardnog kućnog vodomera, i podatke koji se sa njega očitavaju.



Slika 155 Šema standardnog kućnog vodomera

Kako je navedeno u Poglavlju 2.3.2, velik deo prividnih gubitaka nastaje zbog grešaka u merenju vode (netačnost vodomera – vodomeri ne mere deo vode koja prođe kroz njih), a ovo je i potvrđeno analizom postojećeg stanja vodomera na terenu na samom početku istraživanja.

Važeće regulative propisuju način održavanja i baždarenja vodomera:

Zakon o metrologiji, objavljen u Službenom Glasniku Republike Srbije broj 30/2010, u svom Članu 23, navodi sledeće:

Redovnom overavanju podležu merila koja su u upotrebi. Redovno overavanje merila sprovodi se periodično, u propisanim vremenskim intervalima za određenu vrstu merila. Merilo na redovno overavanje podnosi vlasnik, odnosno korisnik merila. Za redovno overavanje brojila

električne energije, mernih transformatora, uklopnih časovnika, vodomera, gasomera i merila koja koriguju zapreminu tečnosti odnosno gasa, korektora i merila toplotne energije odgovorna su lica koja prodaju vodu, odnosno lica odgovorna za merenje električne i toplotne energije i prirodnog gasa, u skladu sa propisima kojima se uređuje oblast energetike.

Pravilnik o vrstama merila za koja je obavezno overavanje i vremenskim intervalima njihovog periodičnog overavanja (Službeni Glasnik Republike Srbije broj 49/2010), u Članu 2 navodi merila za koja je obavezno overavanje, kao i vremenski intervali u kojima se vrši periodično overavanje tih merila. Između ostalog, navode se vodomeri i vremenski interval od pet godina.

Opštinske odluke o radu Vodovoda, koje se objavljuju u Službenim listovima gradova, ove poslove predaju Javnom komunalnom preduzeću.

Ovo praktično znači da su preduzeća u obavezi da svaki vodomer zamene i pošalju na baždarenje u roku od pet godina. U preduzećima – učesnicima istraživanja, ovo nije uvek moglo biti poštovano, iz više razloga: finansijski problemi, nedostatak ljudstva, nemogućnost pristupa vodomerima i slično.

Stanje vodomera u gradovima, na početku istraživanja:

Realno stanje na terenu je snimljeno na samom početku istraživanja, tokom aktivnosti na izradi vodnih bilansa. Tada je u svakom gradu definisana Pilot zona, u kojoj su vršena detaljna merenja, uključujući i ispitivanja tačnosti vodomera. Detalji su, pojedinačno za svaki grad, dati u Poglavljima 4.1.1.2 – 4.1.7.2 „Očitavanje i baždarenje vodomera“, i tamo su prikazani rezultati ispitivanja vodomera, pojedinačno za svaki grad. U nastavku, daje se stanje ispitivanih vodomera, objedinjeno za sve gradove.

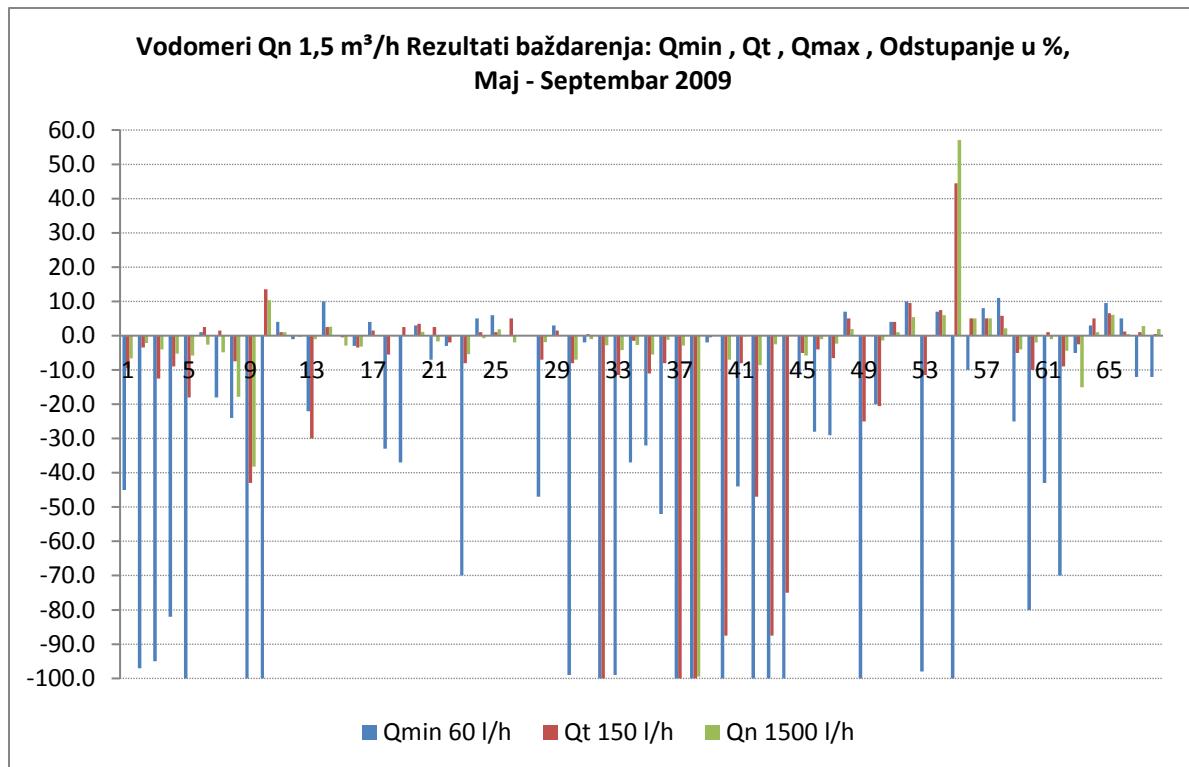
Vodomeri Q_n 1.5 m³/h su baždareni korišćenjem sledećih protoka:

- Q_{min} 60 l/h
- Q_t 150 l/h
- Q_{max} 1500 l/h

Ukupno 68 komada vodomera Q_n 1.5 m³/h je bilo testirano.

Broj vodomera koji su prikazivali protoke van dozvoljenog opsega:

- Q_{min}: 50 komada, odnosno 74% (od +11% do -100%)
- Q_t: 51 komada, odnosno 75% (od +44% do -100%)
- Q_{max}: 39 komada, odnosno 55%



Slika 156 Rezultati baždarenja za vodomere Q_n 1,5 m³/h, zbirno za sve gradove

Iz prethodne slike zaključuje se da je većina ispitanih vodomera pokazivala protoke van dozvoljenog opsega. S obzirom na velik broj ispitanih vodomera, može se zaključiti da je situacija sa ostalim vodomerima, koji su u funkciji na terenu, slična.

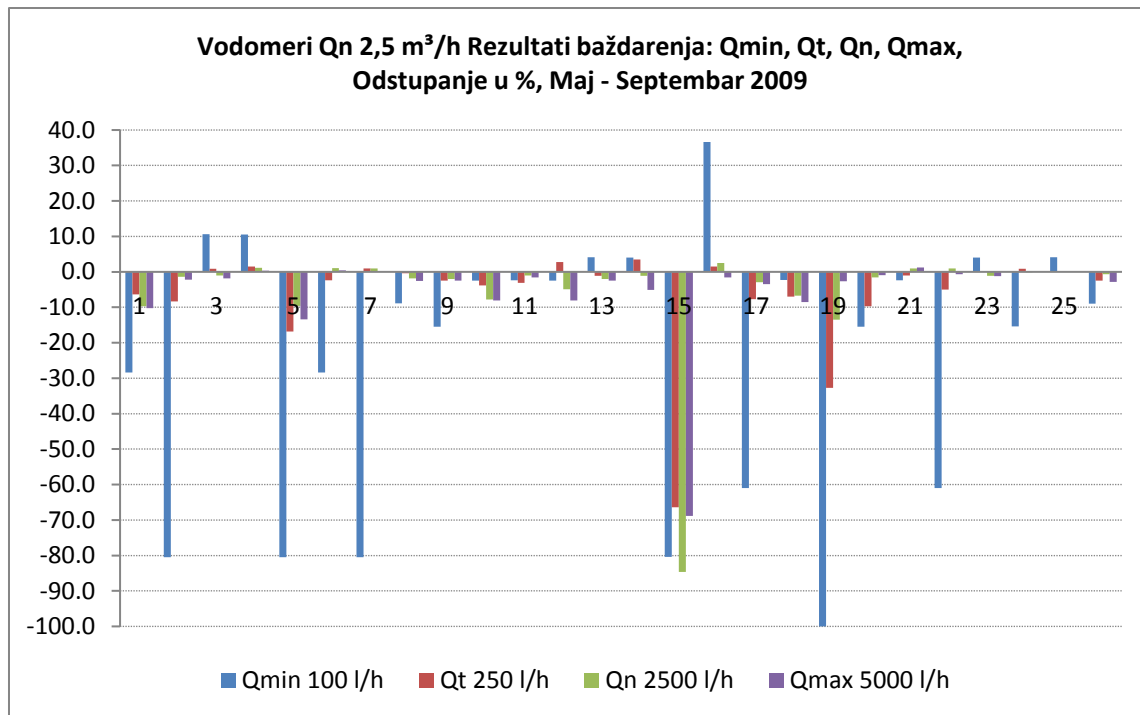
Vodomeri Q_n 2,5 m³/h su baždareni korišćenjem sledećih protoka:

- Q_{min} 100 l/h
- Q_t 250 l/h
- Q_n 2500 l/h
- Q_{max} 5000 l/h

Ukupno 26 vodomera je bilo testirano.

Broj vodomera koji su prikazivali protoke van dozvoljenog opsega:

- Q_{min}: 17 komada, odnosno 65% (od +36.6% do -100%)
- Q_t: 16 komada, odnosno 62% (od +3.5% do -66.4%)
- Q_n: 10 komada, odnosno 38% (od +2.5% do -84.6%)
- Q_{max}: 14 komada, odnosno 54% (od -2.2% do -68.9%)



Slika 157 Rezultati baždarenja za vodomere Qn 2,5 m³/h, zbirno za sve gradove

Iz prethodne slike zaključuje se da je većina ispitanih vodomera pokazivala protoke van dozvoljenog opsega. S obzirom na velik broj ispitanih vodomera, može se zaključiti da je situacija sa ostalim vodomerima, koji su u funkciji na terenu, slična.

Nabavka i ugradnja vodomera u gradovima koji su bili predmet istraživanja:

Zbog svih prethodno navedenih razloga, odlučeno je da se investira u nabavku vodomera, koji bi bili na raspolaganju preduzećima za potrebe redovne zamene i baždarenja. Zajedno sa preduzećima, detaljno su specificirane količine, tipovi i prečnici vodomera. U određenim slučajevima, gde su za to postojali uslovi, posećena je i baždarnica. Osim Kraljeva, gde nije bilo potrebe za nabavkom vodomera, sva preduzeća su se odlučila sa klasu B i tip suvog vodomera. Neka preduzeća (prvenstveno Šabac) su u svoju nabavku uključila i vodomere sa mogućnošću daljinskog očitavanja. U slučaju Pančeva, preduzeće je odlučilo da nabavi samo mehanizme za vodomere a ne i kućišta, pošto ovo preduzeće poseduje baždarnicu. Osim kućnih vodomera, svakom preduzeću je nabavljena i određena količina kombinovanih vodomera, koji se u praksi pokazuju kao najbolje rešenje za zajednički tip stanovanja u velikim zgradama ili za industriju. Pošto u sebi sadrže dva mehanizma različitog prečnika, u stanju su da očitavaju i vrlo mali protok, iako su projektovani za velike protoke. U slučaju Vršca, nabavljeni su i veći merači protoka za bunarska polja.

Međunarodni otvoreni tender je objavljen u avgustu 2008, a ugradnja je otpočela na proleće 2009. Ugradnja vodomera je delimično pratila radove na rekonstrukciji vodovodnih mreža u gradovima (dato u Poglavlju 4.5), a preduzeća su takođe oformila više timova koji su menjali vodomere zbog potreba za baždarenjem na celoj vodovodnoj mreži.

Ukupno je ugrađeno preko 20.000 kućnih i kombinovanih vodomera. U sledećoj tabeli se daje detaljan pregled nabavljenih količina različitih tipova vodomera za svako preduzeće.

Loznica		
Nabavka vodomera za kućne priključke: DN 15 - DN 40	kom	4.540
Nabavka vodomera za kućne priključke sa mogućnošću opremanja daljinskim očitavanjem: DN 15 - DN 20	kom	1.620
Nabavka vodomera za industrijske priključke: DN 50 - DN 200	kom	257
Nabavka mehanizama za vodomere za kućne priključke	kom	4.000
Pančevo		
Nabavka mehanizama za vodomere za kućne priključke sa mogućnošću opremanja daljinskim očitavanjem: DN 15 - DN 20	kom	7.000
Nabavka vodomera za industrijske priključke: DN 50	kom	145
Šabac		
Nabavka vodomera za kućne priključke: DN 20	kom	4.500
Nabavka vodomera za kućne priključke sa mogućnošću opremanja daljinskim očitavanjem: DN 20	kom	1.500
Nabavka vodomera za industrijske priključke: DN 50	kom	20
Oprema za daljinsko očitavanje	kom	1.500
Nabavka velikih merača protoka	kom	1
Smederevo		
Nabavka vodomera za kućne priključke: DN 20	kom	3.000
Nabavka vodomera za industrijske priključke: DN 50 - DN 80	kom	20
Sombor		
Nabavka vodomera za kućne priključke: DN 20 i DN 40	kom	2.530
Nabavka vodomera za industrijske priključke: DN 50 - DN 80	kom	70
Nabavka velikih merača protoka	kom	10
Vršac		
Nabavka vodomera za kućne priključke sa mogućnošću opremanja daljinskim očitavanjem: DN 15 - DN 20	kom	625
Nabavka vodomera za industrijske priključke: DN 50 - DN 150	kom	140
Oprema za daljinsko očitavanje	kom	675
Nabavka velikih merača protoka	kom	16

Tabela 38 Pregled nabavljenih količina različitih tipova vodomera, pojedinačno za svako preduzeće

Direktan efekat ovih aktivnosti na smanjenje prividnih gubitaka je teško kvantifikovati, jer su rađena paralelno sa svim ostalim aktivnostima, opisanim u radu. Međutim, ono što je svakako činjenica je da je zamena vodomera podstakla preduzeća da se striktno pridržavaju Pravilnika o vrstama merila za koja je obavezno overavanje i vremenskim intervalima njihovog periodičnog overavanja ([35] (Službeni Glasnik RS 49/2010)), a efekti na smanjenje procenta nefakturisane vode su se osetili već u ranoj fazi istraživanja (od 2009).

4.7.2 Ilegalna potrošnja, greške pri prebacivanju podataka, analiza podataka

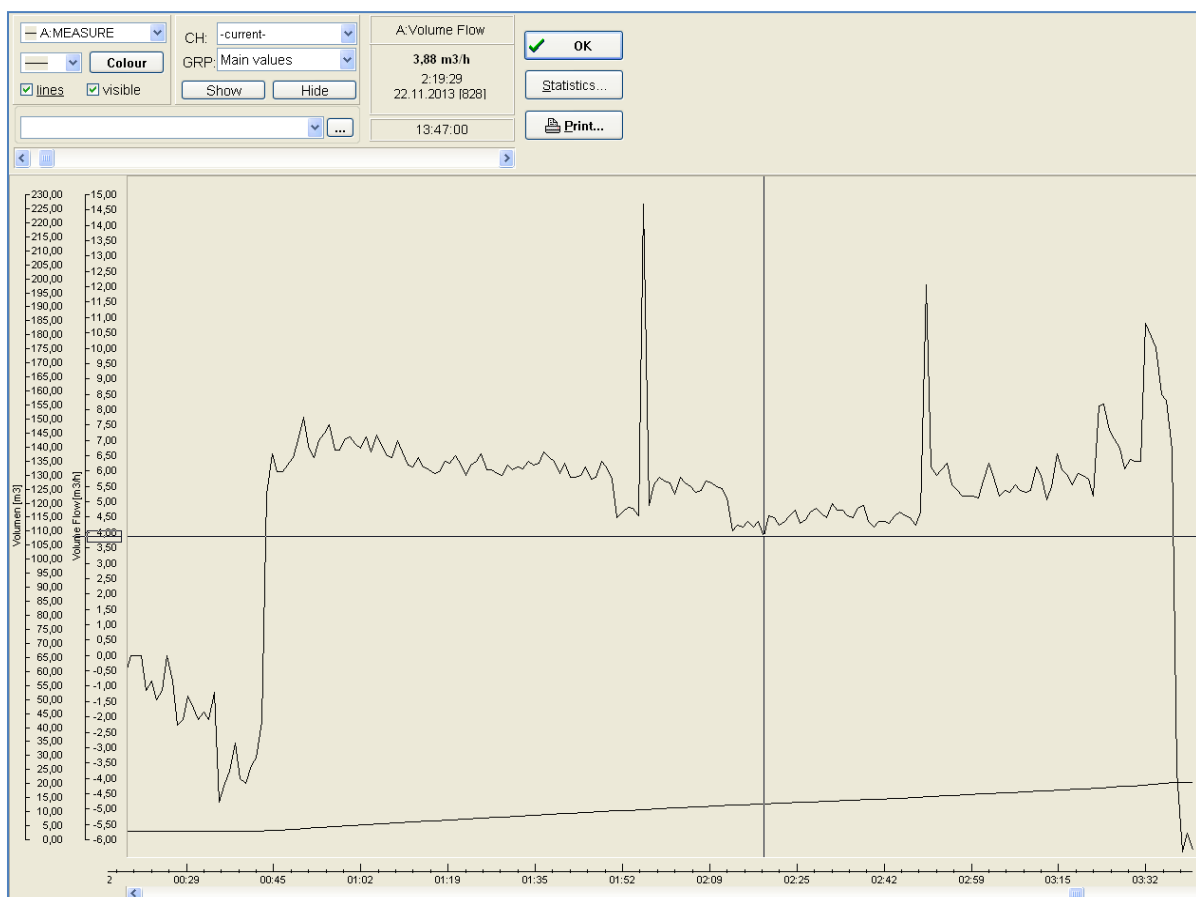
Tokom trajanja istraživanja razvijen je, i od strane preduzeća usvojen, Standardni priručnik o komercijalnim poslovima. Preko njega se definišu komercijalne procedure, čiji je jedan od ciljeva smanjenje gubitaka u mreži, kako direktno (evidencijom ilegalne potrošnje), tako i indirektno (poboljšavanjem komercijalnih procedura povećava se procenat naplate, a samim se stvaraju uslovi za bolje upravljanje i održavanje vodovodne mreže).

U praksi ovo znači da, ukoliko Komercijalna služba na terenu otkrije priključak za koji se u postupku provere konstatuje da nije izgrađen kroz legalnu proceduru, priključak se privremeno isključuje, a korisnik upućuje u proceduru naknadnog podnošenja Zahteva za priključenje na tehnički sistem vodosnabdevanja/kanalizacije. Po sprovedenoj proceduri tehnički sektor dostavlja prijavu na osnovu koje Komercijalna služba registruje korisnika/priključak.

Potrebno je napomenuti da je broj ilegalnih priključaka u svim gradovima – učesnicima istraživanja bio izuzetno nizak, tako da je i procenat nefakturisane vode iz ove kategorije bio srazmerno mali.

U nastavku se daje primer otkrivanja ilegalnih priključaka od strane Tima za detekciju curenja, u Smederevu.

Prilikom redovnih aktivnosti na aktivnoj kontroli curenja (kako je opisano u Poglavlju 4.4), u zoni 13 (Vučak), odnosno njenoj Pod-zoni 13-2, ustanovljena je povišena vrednost minimalnog noćnog protoka. Step-testovima (izolovanjem zone, i odsecanjem njenih krakova zatvaranjem ventila, a zatim merenjem protoka i upoređivanjem sa brojem korisnika, dobijenim od strane službe za obračun i naplatu), izolovan je kritični deo Pod-zone, na kojem su naknadno vršena osluškivanja mreže, kojima je otkriveno više ilegalnih priključaka.



Slika 158 Step-test u Smederevu, Zona 13 Vučak, Pod-zona 13-2

Nagli skok protoka u 01:55 (za oko 10 m³/h), nakon otvaranja ventila ukazivao je na kritično područje u delu Pod-zone koji je odvojen tim ventilom. Slična situacija se ponovila u 02:50, kad je protok naglo porastao za oko 8 m³/h. Daljom analizom broja priključaka i procenjenog

broja stanovnika u ulicama koje pripadaju ovim delovima Pod-zona, i naknadnim preslušavanjem cevovoda, pronađeni su brojni ilegalni priključci. Ova informacija je prosleđena odgovarajućim službama u preduzeću, koje su započele procedure prevođenja ovih priključaka u legalne priključke.

Drugi bitan deo komercijalnih procedura je bio stalno ažuriranje baza podataka o korisnicima. U tu svrhu, podaci su prikupljeni na više načina:

Tokom procesa očitavanja vodomera

Tokom procesa očitavanja vodomera zaposleni koji obavljaju predmetnu aktivnost imaju obavezu da prikupe na terenu sve podatke i informacije od značaja za uspešan obračun i naplatu. Sprovođenje promena u bazi podataka, osim statusnih (vlasništvo nad priključkom/objektom) je obaveza zaposlenih koji rade na ažuriranju podataka u bazi podataka o vodomerima, priključcima i korisnicima. Sprovođenje statusnih promena (vlasništvo nad priključkom/objektom) u bazi podataka vrši se samo uz relevantnu dokumentaciju kojom korisnik dokazuje nastalu promenu.

Redovni kontakt sa korisnicima

Tokom kontakata sa korisnicima koji dođu u preduzeće po bilo kom osnovu (po informaciju, po reklamaciji...) zaposleni koji su u kontaktu sa korisnikom obavezni su da provere podatke u bazi podataka i dopune ih ukoliko su nepotpuni ili koriguju ih ukoliko su netačni.

Korisnički ugovori

Zaključenje Korisničkih ugovora je trajni interes preduzeća zbog precizno definisanih prava i obaveza i olakšanih aktivnosti na fakturisanju i naplati iskorištene usluge. Podaci o korisniku u bazi podataka treba da odgovaraju podacima o korisniku iz Korisničkog ugovora zbog čega odmah nakon potpisivanja ugovora od strane korisnika zaposleni u komercijalnom sektoru unose i/ili koriguju podatke u bazi podataka.

Obraćanje Institucijama koje poseduju sopstvene baze podataka

U slučajevima kada se proceni da je celishodno, komercijalna služba se obraća institucijama koje poseduju sopstvene baze podataka u kojima se očekuje da se nalaze i korisnici usluga preduzeća (Poreska uprava, Katastar, Fond za PIO i sl.). Promene podataka u bazi podataka o korisnicima vrše se u skladu sa dobijenim zvaničnim podacima od nadležnih institucija.

Ažuriranje baze podataka o korisnicima omogućavalo je ispravno fakturisanje i slanje računa potrošačima, a u kombinaciji sa ostalim komercijalnim procedurama, koje su bile implementirane (odnos sa potrošačima, rešavanje reklamacija, tužbe...) doprinelo je povećanju stepena naplate, što je omogućilo finansijske preduslove za redovno održavanje mreže.

5 REZULTATI

U ovom poglavlju se navode rezultati, postignuti u toku ovog rada. Rezultati su prezentovani istim redosledom kao i same aktivnosti, opisane u poglavlju 4 „Metodologija rada“.

5.1 Vodni bilans

Na samom početku rada, u poglavlju 2.1 „Vodni bilans“, navodi se da je prva aktivnost prilikom razvijanja strategije smanjenja NFV izrada vodnog bilansa. Takođe, opisane su i tehnike pripreme vodnog bilansa, čijim kombinovanjem se može sa velikom pouzdanošću odrediti vrednost svake komponente vodnog bilansa.

U početnoj fazi istraživanja, za svako preduzeće je pripremljen vodni bilans, i to kako za ceo sistem vodosnabdevanja, tako i za reprezentativnu Pilot zonu. Ova aktivnost je bila vrlo bitna, kako bi se za svaki pojedinačni sistem vodosnabdevanja mogle definisati aktivnosti, koje će tokom istraživanja dovesti do najvećeg smanjenja NFV. Vodni bilans će takođe preduzećima biti od koristi i u budućnosti, jer će se stanje u vodovodnom sistemu moći upoređivati sa postojećim vodnim bilansom.

U cilju pripreme vodnog bilansa, u svakom sistemu vodosnabdevanja su vršena opsežna istraživanja i merenja, a vodni bilansi za svaki sistem su dati u poglavljima 4.1.1 – 4.1.7.

Uporedni prikaz rezultata vodnih bilansa za svih sedam gradova, u kojima je rađeno istraživanje, se daje u poglavlju 4.1.8.

5.2 Sektorizacija vodovodnih sistema

Brojna stručna literatura iz oblasti smanjenja NFV, saglasna je u tome da je neophodno izvršiti sektorizaciju sistema vodosnabdevanja kako bi se efikasno moglo ustanoviti postojanje curenja, proračunati pouzdano ukupno curenje, održavati ceo sistem na optimalnom pritisku i slično. Ova problematika je opisana u poglavlju 2.2, a rezultati su sledeći:

Svi sistemi vodosnabdevanja, koji su bili predmet istraživanja, su bili podeljeni za različit broj mernih zona, u zavisnosti od uslova na terenu. Da bi ovo bilo moguće, prethodno su urađene sledeći aktivnosti, koje takođe spadaju u rezultate istraživanja:

- Sve postojeće mape vodovodnih sistema su ažurirane i digitalizovane
- Napravljen je hidraulički model svake od vodovodnih mreža
- Na terenu su verifikovane lokacije graničnih ventila, merača protoka i logera pritiska

U sledećoj tabeli se daje pregled sistema vodosnabdevanja, i broj definisanih mernih zona.

Sistem vodosnabdevanja	Broj definisanih mernih zona
Kraljevo	7
Loznica	26
Pančevo	14
Šabac	15
Smederevo	21
Sombor	3
Vršac	20

Tabela 39 Broj definisanih mernih zona u sistemima vodosnabdevanja

Ove merne zone će i u budućnosti imati velik značaj za smanjenje NFV, pošto će ih preduzeća moći nastaviti nadgledati, i na bazi dobijenih rezultata odabirati odgovarajuću tehniku suzbijanja NFV.

5.3 Upravljanje i kontrola pritisa

Kao što je navedeno u poglavlju 4.3, na početku istraživanja je potvrđena standardna praksa većine preduzeća, da obaraju pritiske u sistemima vodosnabdevanja u noćnim časovima. Ova praksa dovodi do smanjenja količine curenja, jer je ono zavisno od pritisa.

Osim toga, na sistemima vodosnabdevanja u Kraljevu i Loznici su izvršeni opsežni zahvati, sa ciljem da se omogući upravljanje i kontrola pritisa.

Kraljevo

Kako je u Poglavlju 4.3.1 prikazano, tokom istraživanja su izvršene opsežne pripremne radnje, potrebne za omogućavanje uslova za upravljanje i kontrolu pritisa. U ovo spada: digitalizacija mreže, izrada i kalibracija hidrauličkog modela, projektovanje i izvođenje merno-regulacionih mesta i njihovo povezivanje na centralni SCADA sistem. Nažalost, tek tokom 2016. godine su ova mesta puštena u funkciju. Iz tog razloga, u radu se ne može kvantifikovati koliki je efekat obaranja pritisa na smanjenje gubitaka u Kraljevu, a Poglavlje 6.1.2 „Promena nivoa nefakturisane vode, posebno po gradovima“ ne prikazuje efekat ove aktivnosti. Bez obzira na to, oslanjajući se na brojnu stručnu literaturu iz ove oblasti, može se zaključiti da će ova aktivnost doneti rezultate, koji će biti vidljivi od 2017. godine.

Loznica

Slično kao i u Kraljevu, tek tokom 2016. godine su završene sve pripremne aktivnosti, neophodne za puštanje u rad opreme koja će se koristiti za upravljanje i kontrolu pritisa u mreži. Sve ove aktivnosti su detaljno opisane u Poglavlju 4.3.2. Stoga se u radu ne može kvantifikovati efekat obaranja pritisa na smanjenje gubitaka u Loznici, a Poglavlje 6.1.2 „Promena nivoa nefakturisane vode, posebno po gradovima“ ne prikazuje efekat ove aktivnosti. Bez obzira na to, oslanjajući se na brojnu stručnu literaturu iz ove oblasti, može se zaključiti da će ova aktivnost doneti rezultate, koji će biti vidljivi od 2017. godine.

5.4 Primena aktivne kontrole curenja

U ovom poglavlju se daje pregled rezultata koji su ostvareni kroz aktivnosti, opisane u poglavlju 4.4 „Aktivnosti prilikom primene aktivnih kontrola curenja“. Izvršene aktivnosti se mogu podeliti na pripremne radove (uspostavljanje mernih zona, nabavka opreme za merenje i detekciju curenja, priprema akcionog plana za smanjenje NFV), i stalno ponavljane aktivnosti:

- Merenja minimalnog noćnog protoka i pritiska i step-testovi
- Sistematska detekcija curenja
- Ispitivanje ventila i hidranata
- Ažuriranje informacija o vodovodnoj mreži
- Kvartalni izveštaji tima za detekciju curenja

Rezultati ovih aktivnosti su date u tabeli 29 „Pregled izvršenih aktivnosti na smanjenju gubitaka“ u poglavlju 4.4.6. „Akcioni plan smanjenja NFV-a, i Kvartalni izveštaji tima za detekciju curenja“.

Akcioni plan smanjenja NFV, koji je pojedinačno razvijen za svako preduzeće, može biti korišćen u budućnosti samostalno od strane svakog preduzeća, jer su zaposleni prošli obuku, nabavljena je oprema za merenje i detekciju, i postoji već obilje podataka koji mogu služiti kao osnova za buduća upoređivanja stanja i analizu.

5.5 Upravljanje infrastrukturom

Kako je navedeno u poglavlju 4.5 „Aktivnosti na upravljanju infrastrukturom“, tokom istraživanja su postignuti sledeći značajni rezultati iz ove oblasti:

- Snimljeni su postojeće stanje i procedure, kojih su se preduzeća zadužena za vodosnabdevanje pridržavala, kao i komunikacija unutar preduzeća
- Uobičen je standardni tok rada na upravljanju i održavanju vodovodne i kanizacione mreže
- Uobičen je standardni tok rada za elektro i mašinsko održavanje i popravke
- Izrađeni su elektronski alati za oba toka rada, i instalirani u svim preduzećima:
 - Alat za administraciju poslova (JAT) za mreže i
 - Alat za elektro-mašinsko održavanje (EMMAT)
- Rađena je preventivna rekonstrukcija vodovodnih mreža u svim vodovodnim sistemima i to ukupno: 90.948 m cevovoda sa 3.810 priključaka i 523 hidranta (detalji su dati u Poglavlju „Preventivna rekonstrukcija vodovodnih mreža“).

5.6 Prividni gubici u sistemima vodosnabdevanja

Kako je opisano u poglavlju 4.6 „Aktivnosti na proračunavanju uticaja različitih faktora na prividne gubitke u sistemima“, u okviru istraživanja je testirano:

- 68 komada vodomera Q_n 1.5 m³/h
- 26 komada vodomera Q_n 2.5 m³/h

Rezultati su prikazani u poglavlju 4.6.1 a služili su kako za pripremu bilansa vode, tako i za odabir kućnih i kombinovanih vodomera koji su bili nabavljeni svakom preduzeću.

U toku istraživanja, ukupno je ugrađeno preko 20.000 kućnih i kombinovanih vodomera.

Takođe, kao što je opisano u poglavlju 4.6.2 „Ilegalna potrošnja, greške pri prebacivanju podataka, analiza podataka“, tokom trajanja istraživanja razvijen je, i od strane preduzeća usvojen, Standardni priručnik o komercijalnim poslovima. Njime su definisane komercijalne procedure čiji je jedan od ciljeva smanjenje gubitaka u mreži, i to:

- Direktno (evidencijom ilegalne potrošnje)
- Indirektno (poboljšavanjem komercijalnih procedura povećava se procenat naplate, a samim se stvaraju uslovi za bolje upravljanje i održavanje vodovodne mreže)

Drugi bitan deo komercijalnih procedura je bio stalno ažuriranje baza podataka o korisnicima:

- Tokom procesa očitavanja vodomera
- Redovni kontakt sa korisnicima
- Korisnički ugovori
- Obraćanje Institucijama koje poseduju sopstvene baze podataka

6 DISKUSIJA REZULTATA I ZAKLJUČCI

U ovom poglavlju se izlaže diskusija rezultata i daju zaključci. S jedne strane, rezultati se mere upoređivanjem situacije sa početka istraživanja, sa situacijom na kraju istraživanja. S druge strane, rezultati postignuti u pojedinačnim gradovima se međusobno upoređuju.

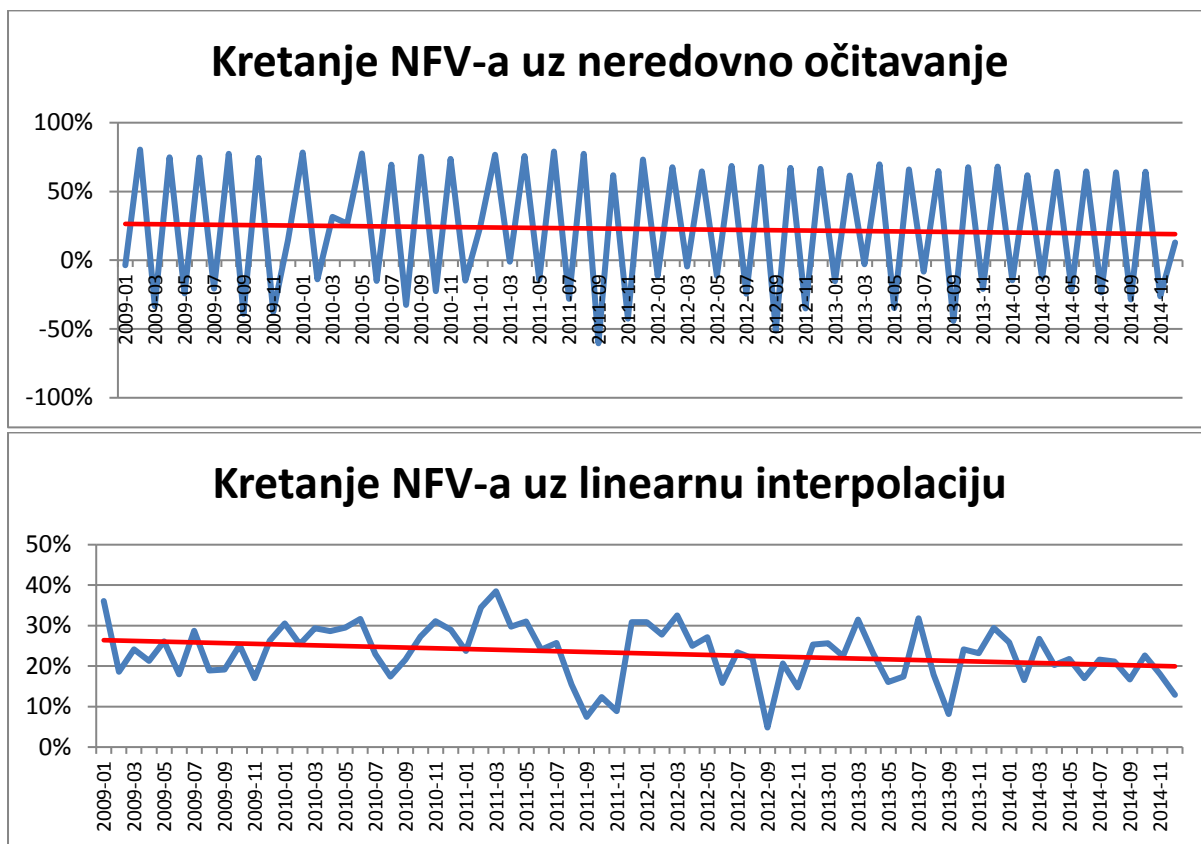
Nakon toga, diskutuju se osnovna hipoteza data u radu, kao i posebne hipoteze.

Osim toga, daje se prikaz promena ostalih ključnih indikatora poslovanja, koji su u određenoj meri povezani sa nivoom nefakturisane vode.

6.1 Ograničenja prilikom istraživanja

1. Istraživanje je vršeno tokom nekoliko godina, na sistemu koji je sve vreme morao ispravno funkcionisati. Ovo je u praksi značilo da su postojala ograničenja vezano za prekidanje isporuke vode ili smanjivanja pritiska, radove na izolaciji pojedinih zona ili pilot zone, i slično.
2. Trajanja svih aktivnosti opisanih u radu su se preklapala, odnosno aktivnosti tokom istraživanja su vršene paralelno. Iz ovog razloga, postoji problem sa preciznim kvantifikovanjem efekata pojedinačnih aktivnosti. Nije bilo moguće pojedinačno primeniti svaku aktivnost i meriti njen efekat, kako zbog ograničenog trajanja istraživanja, tako i zbog prirodnih povezanosti pojedinačnih aktivnosti (na primer: preventivna zamena cevovoda i zamena vodomera).
3. Očitavanja vodomera, odnosno proračun fakturisane vode, shodno ustaljenoj praksi u Srbiji, uglavnom nije vršen na mesečnom nivou od strane preduzeća. U praksi, najzastupljeniji vid očitavanja je bio na tromesečnom nivou, pri čemu se potrošačima dva meseca ispostavljaju fakture na paušalne količine potrošene vode, dok se računom za treći mesec obračuna stvarna potrošnja u tromesečnom periodu. Ovo kao posledicu ima neprecizne podatke o nefakturisanoj vodi na mesečnom nivou. Nefakturisana voda u takvim slučajevima može biti i negativna. Iz tog razloga, tokom istraživanja, primenjena je linearna interpolacija vrednosti u svim slučajevima, gde je očitavanje vršeno tromesečno.

Na sledećem primeru se može videti kretanje nivoa nefakturisane vode na bazi podataka iz preduzeća, kao i na bazi rezultata dobijenih linearnom interpolacijom.



Slika 159 Nivo NFV kao posledica neredovnog očitavanja, i naknadna linearna interpolacija

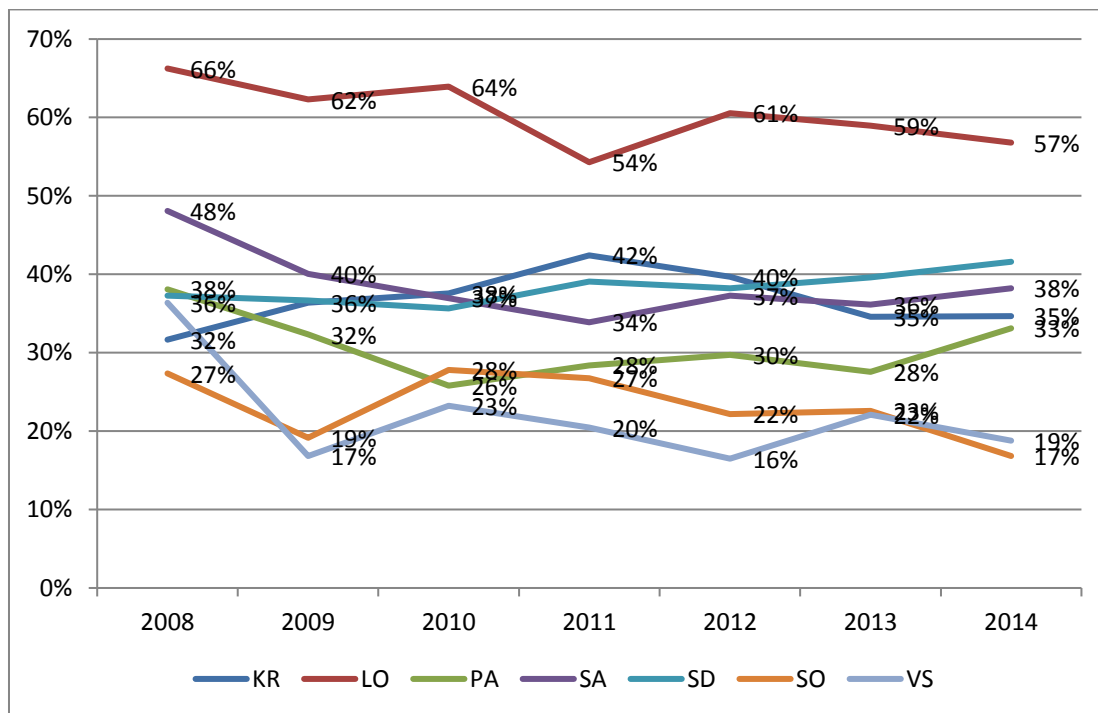
4. Interna ograničenja u preduzećima. Koordinisanje rada pojedinih službi preduzeća na terenu nije uvek funkcionisalo, tako da su se dešavale situacije u kojima tim za detekciju curenja ne želi da manipuliše ventilima iz straha da bi ovi mogli biti polomljeni ili zakočeni, što bi izazvalo probleme u vodosnabdevanju, koje bi morao da rešava drugi tim (za održavanje mreže). Takođe, tokom istraživanja se u svim preduzećima menjala upravljačka struktura, ponekad i više puta, što je otežavalo primenu postojećih planova.

Takođe, treba napomenuti da su prvi efekti implementiranih aktivnosti bili vidljivi tek nakon više od godinu dana od početka istraživanja, s obzirom da su u tom periodu rađene uglavnom pripremne aktivnosti, kao što su ažuriranje i digitalizacija mapa, priprema hidrauličkih modela, upoznavanje sa strukturom preduzeća i slično.

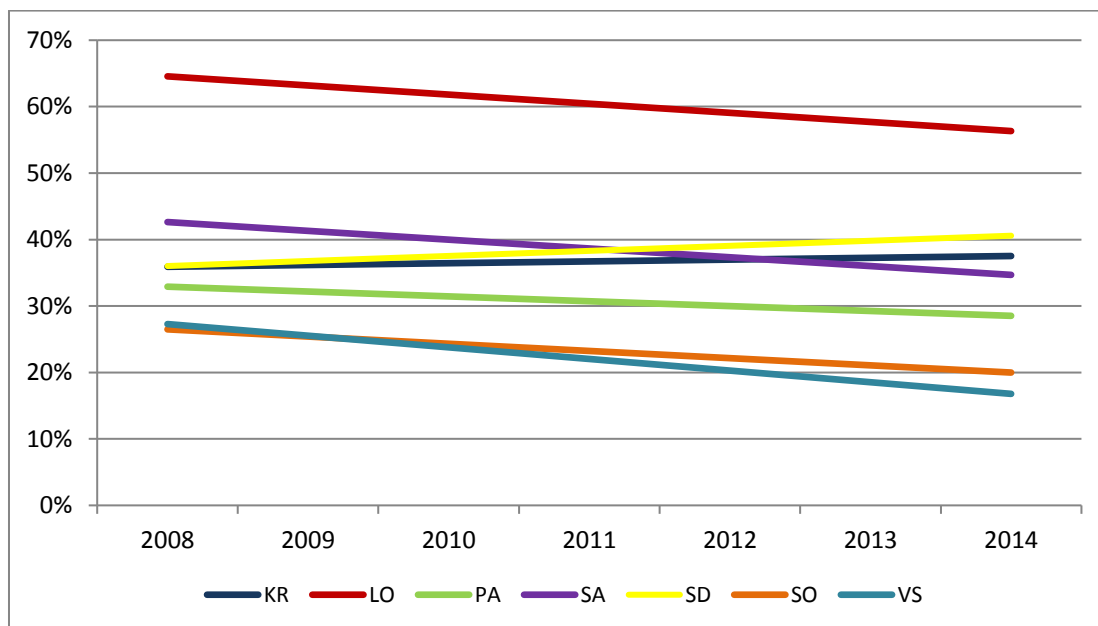
6.2 Procenat nefakturisane vode, poređenje stanja na početku aktivnosti (2008) i stanja na kraju 2014

6.2.1 Promena nivoa nefakturisane vode, zbirno za sve gradove:

Na sledećem grafiku prikazano je kretanje procenta nefakturisane vode od 2008. do 2014. godine, kao i trend linije. Počevši sa 2009. godinom, može se reći da rezultati odražavaju promene u visini nefakturisane vode kao posledicu aktivnosti na istraživanju, sa obzirom da tokom 2008. godine posledice tih aktivnosti još nisu mogle biti vidljive.



Slika 160 Promena nivoa nefakturisane vode, za sve gradove, period 2008 – 2014



Slika 161 Trend promene nivoa nefakturisane vode, za sve gradove, 2008 – 2014

Iz ovih grafika se može zaključiti sledeće:

- Zatečena stanja u preduzećima su međusobno vrlo različita. Procenat nefakturisane vode je 2008. godine varirao od 66% u Loznici do 27% u Somboru. Ovo takođe upućuje na zaključak da su i ostali javni sistemi vodosnabdevanja u Srbiji u pogledu visine nefakturisane vode međusobno vrlo različiti.

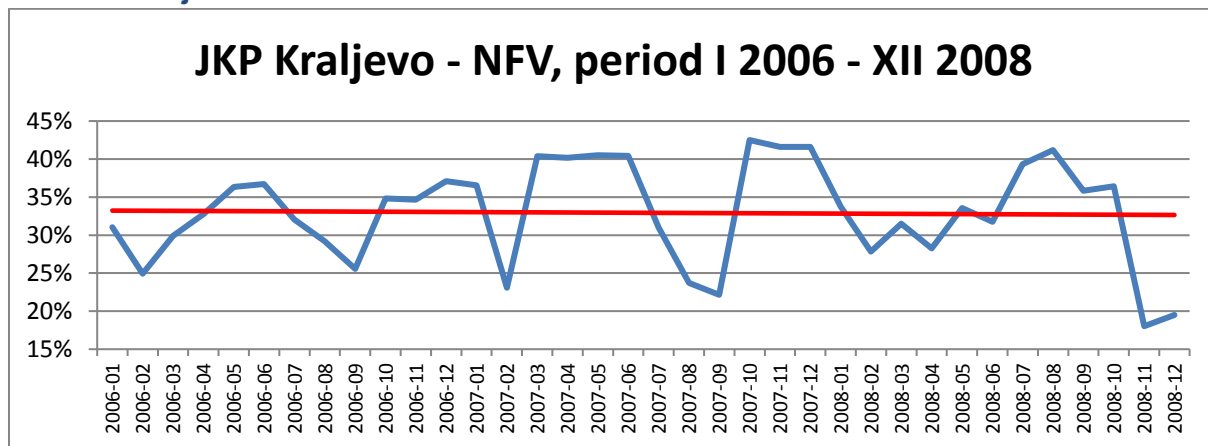
- Uspešnost implementiranih aktivnosti na istraživanju nije uvek donosila očekivane rezultate. Iako je u skoro svim preduzećima zabeležen pad procenta nefakturisane vode, njegove apsolutne i relativne vrednosti variraju u zavisnosti od preduzeća. U Smederevu je čak zabeležen porast procenta nefakturisane vode, uprkos brojnim implementiranim aktivnostima. Ovo takođe upućuje na zaključak da se i kod ostalih javnih sistema vodosnabdevanja u Srbiji može očekivati različit stepen uspešnosti primene ovih aktivnosti.

Više detalja se daje u nastavku poglavlja, kada se prikazuje promena nivoa nefakturisane vode, posebno po gradovima.

6.2.2 Promena nivoa nefakturisane vode, posebno po gradovima

U poglavlju 3 „Prikaz stanja predmeta istraživanja“ dat je procenat nefakturisane vode na početku istraživanja (2008), kao i za prethodne godine, iz čega se može zaključiti kako bi se taj procenat menjao, da nisu implementirane mere, opisane u radu. Radi boljeg upoređivanja, na ovom mestu se ta informacija daje ponovo, praćena stvarnim kretanjem NFV tokom trajanja istraživanja:

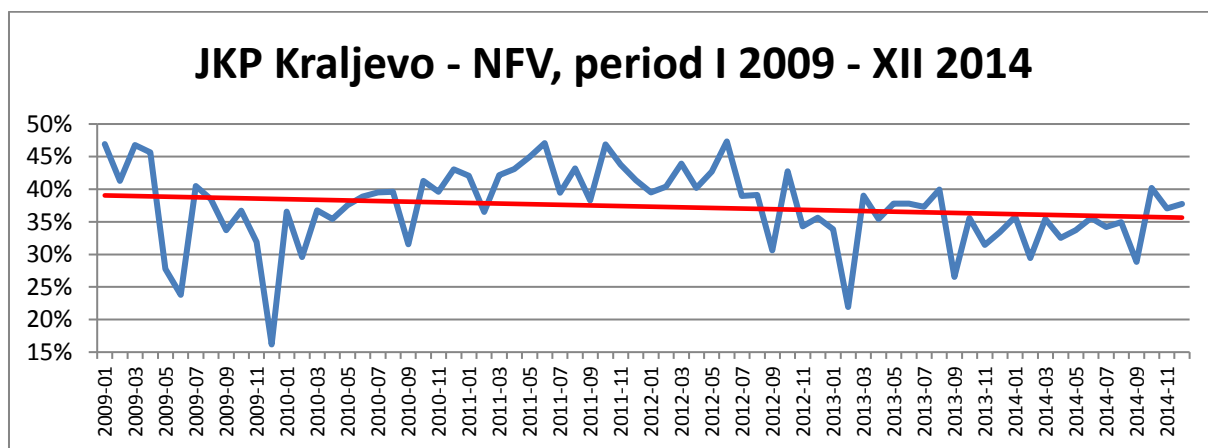
6.2.2.1 Kraljevo:



Slika 162 Kraljevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008

NFV je stagnirao u periodu pre istraživanja, na oko 32%. Obzirom na loše finansijsko stanje u javnom sektoru, kao i nepostojanje preventivnog održavanja mreže, pretpostavka je da bi se ovaj trend nastavio, ili pogoršavao u narednom periodu.

U periodu 2009-2014, NFV je prvo porastao na 36%, rastao čak i do 44%, da bi se u 2014 spustio na 34%, kao što se vidi i na sledećem grafiku:

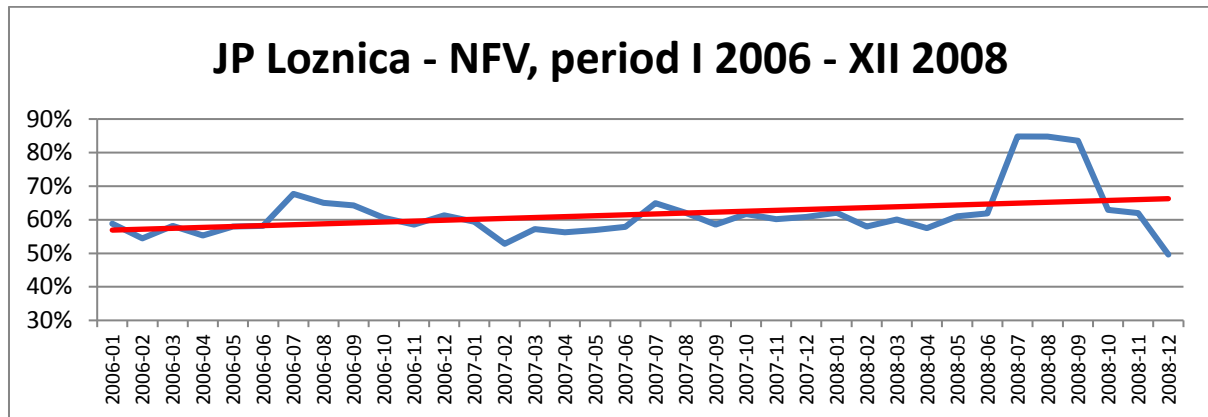


Slika 163 Kraljevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014

Zaključak:

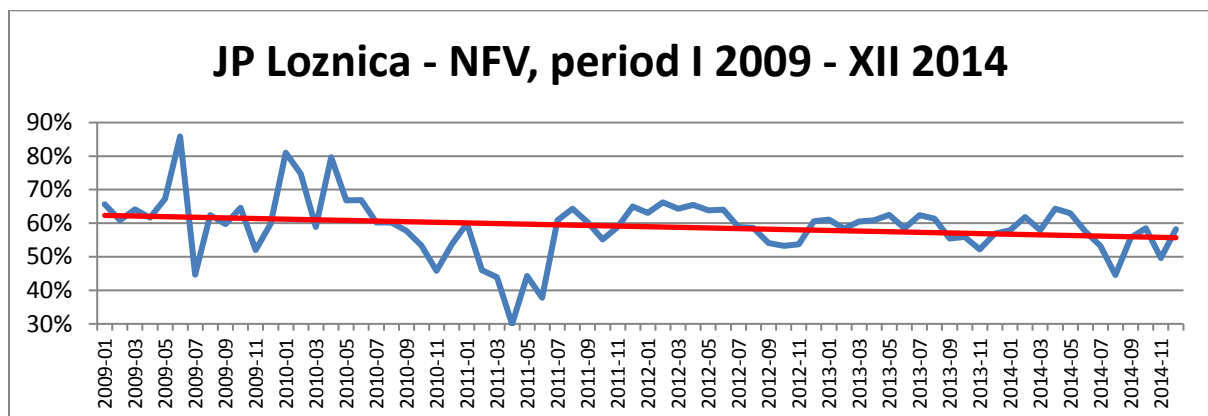
Analizom prikazanih rezultata može se ustanoviti da implementirane aktivnosti nisu dovele do smanjenja procenta nefakturisane vode u sistemu vodosnabdevanja Kraljeva.

Jedno objašnjenje za ovakvu situaciju bi bili visoki pritisci u mreži, kao što je opisano u Poglavlju 4.3.1. Zbog međusobne povezanosti različitih mera, aktivnosti na kontroli pritisaka nisu mogle biti implementirane ranije. Očekuje se da će se značajan pad NFV ustanoviti tek u 2017. godini, kad svi preduslovi za kontrolu pritisaka budu ispunjeni.

6.2.2.2 Loznica:**Slika 164 Loznica: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008**

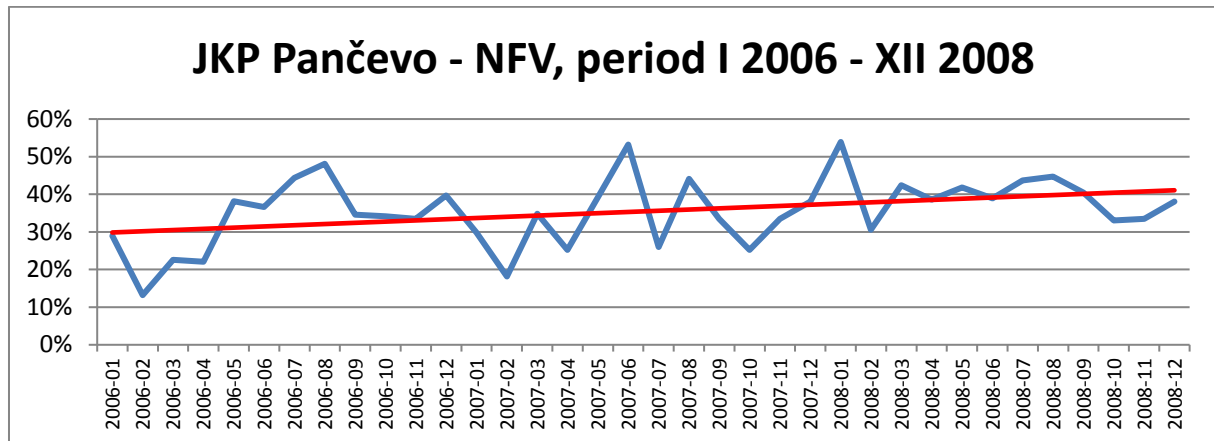
Izuzetno nepovoljna situacija sa NFV je imala čak i trend pogoršanja, tako da je sa 60% u 2006 porastao na 66% u 2008. Obzirom na loše finansijsko stanje u javnom sektoru, kao i nepostojanje preventivnog održavanja mreže, pretpostavka je da bi se ovaj trend nastavio i u narednom periodu.

Aktivnosti na istraživanju su uticale da se ovaj trend zaustavi, tako da imamo situaciju da se u periodu 2009-2014, NFV spustio sa 60% na 57%, kao što se vidi i na sledećem grafiku:

**Slika 165 Loznica: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014****Zaključak:**

Iako su aktivnosti na istraživanju doprinele da se obuzda rast NFV iz perioda pre početka istraživanja, nivo NFV na kraju perioda je i dalje neprihvatljivo visok. Jedino objašnjenje za ovakvu situaciju su izuzetno visoki pritisci u mreži, kao što je opisano u Poglavlju 4.3.2. Zbog međusobne povezanosti različitih mera, aktivnosti na kontroli pritisaka nisu mogle biti implementirane ranije. Očekuje se da će se značajan pad NFV ustanoviti tek u 2017. godini, kad svi preduslovi za kontrolu pritisaka budu ispunjeni.

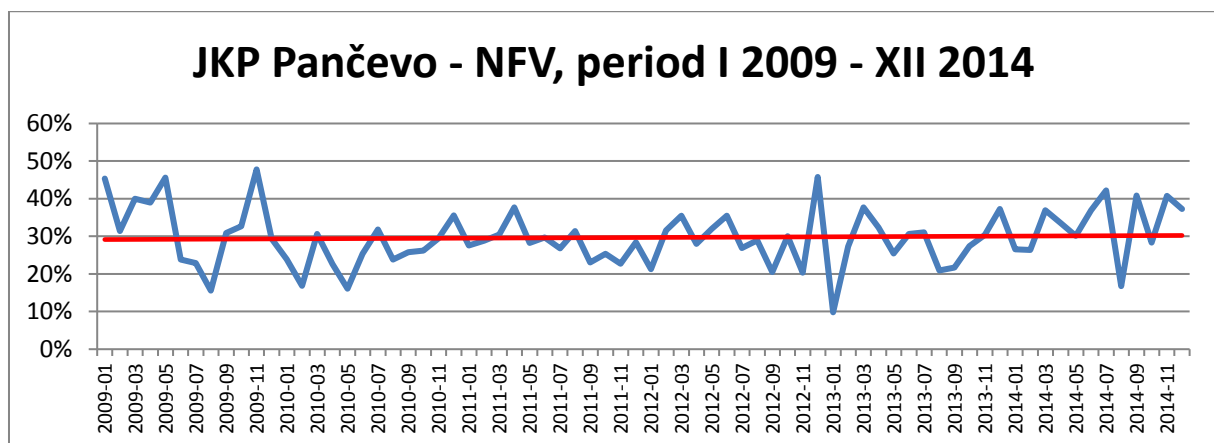
6.2.2.3 Pančevo:



Slika 166 Pančevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008

NFV se pogoršavao u periodu pre istraživanja, tako da je sa 33% u 2006 porastao na 38% u 2008. Obzirom na loše finansijsko stanje u javnom sektoru, kao i nepostojanje preventivnog održavanja mreže, pretpostavka je da bi se ovaj trend nastavio i u narednom periodu.

Umesto toga, imamo situaciju da se u periodu 2009-2014, NFV spustio sa 38% nazad na 33%, kao što se vidi i na sledećem grafiku:

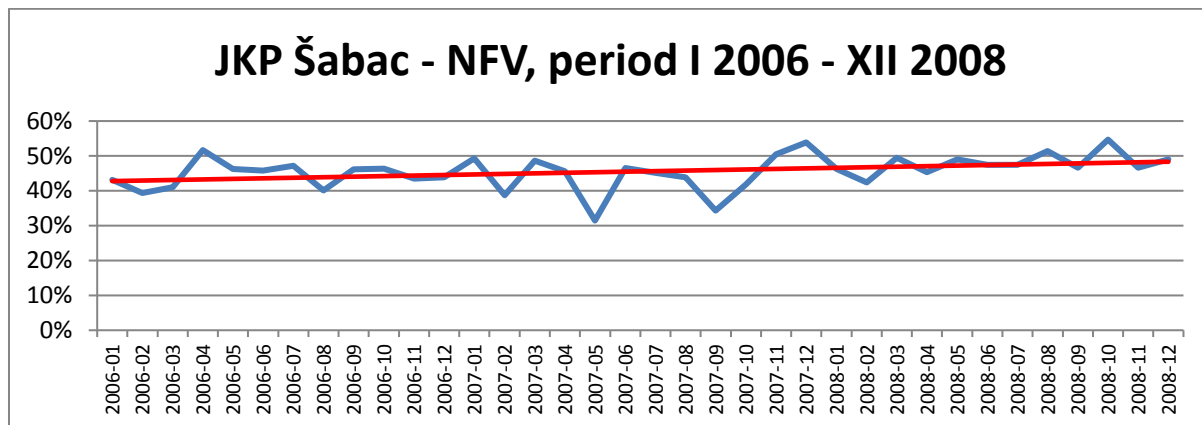


Slika 167 Pančevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014

Zaključak:

Analizom prikazanih rezultata može se ustanoviti da su implementirane aktivnosti dovele do zaustavljanja rasta, a zatim i do blagog smanjenja procenta nefakturisane vode u sistemu vodosnabdevanja Pančeva. Nivo NFV je i dalje previsok i na tom problemu se mora neprestano raditi. Treba uzeti u obzir činjenicu da se preduzeće nije priključilo aktivnostima iz akcionog plana suzbijanja NFV preko aktivne kontrole curenja.

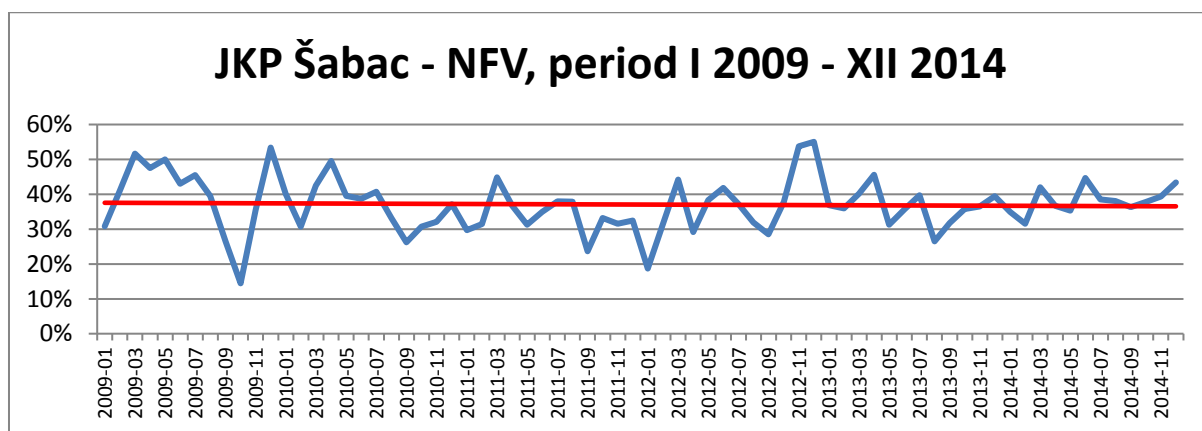
6.2.2.4 Šabac:



Slika 168 Šabac: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008

NFV se pogoršavao u periodu pre istraživanja, tako da je sa 45% u 2006 porastao na 48% u 2008. Obzirom na loše finansijsko stanje u javnom sektoru, kao i nepostojanje preventivnog održavanja mreže, pretpostavka je da bi se ovaj trend nastavio i u narednom periodu.

Umesto toga, imamo situaciju da se u periodu 2009-2014, NFV spustio sa 48% na 38%, kao što se vidi i na sledećem grafiku:

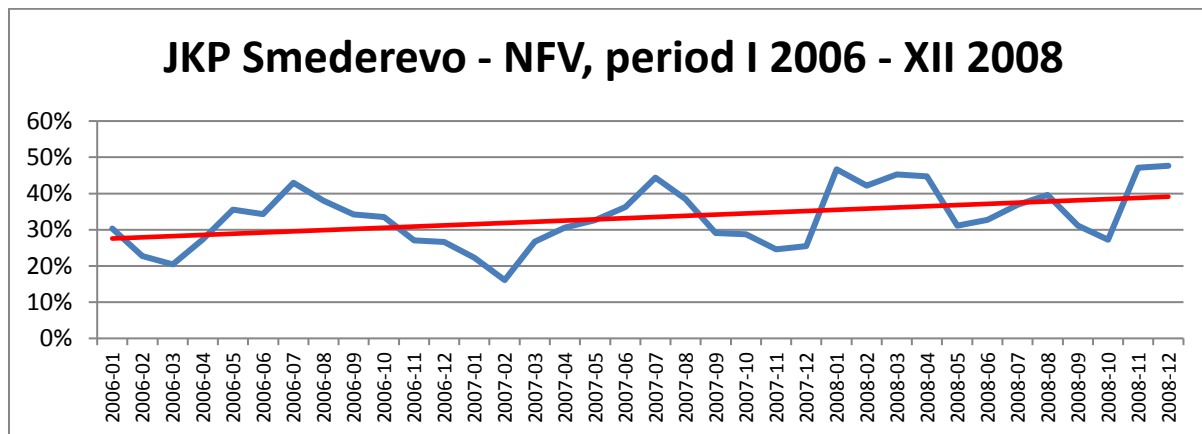


Slika 169 Šabac: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014

Zaključak:

Analizom prikazanih rezultata može se ustanoviti da su implementirane aktivnosti dovele do zaustavljanja rasta, a zatim i do značajnog smanjenja procenta nefakturisane vode u sistemu vodosnabdevanja Šapca. Nivo NFV je i dalje previsok i na tom problemu se mora neprestano raditi.

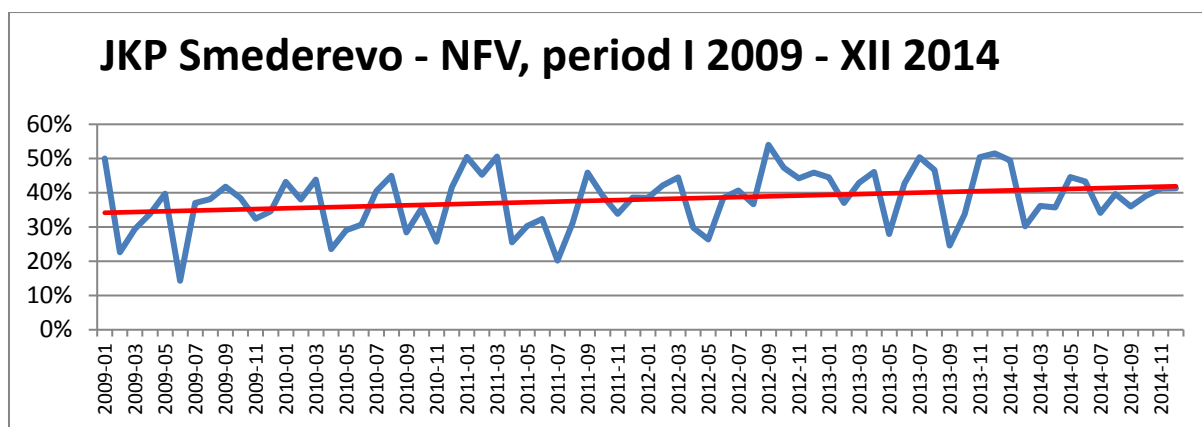
6.2.2.5 Smederevo:



Slika 170 Smederevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008

NFV se pogoršavao u periodu pre istraživanja, tako da je sa 32% u 2006 porastao na 37% u 2008. Obzirom na loše finansijsko stanje u javnom sektoru, kao i nepostojanje preventivnog održavanja mreže, pretpostavka je da bi se ovaj trend nastavio i u narednom periodu.

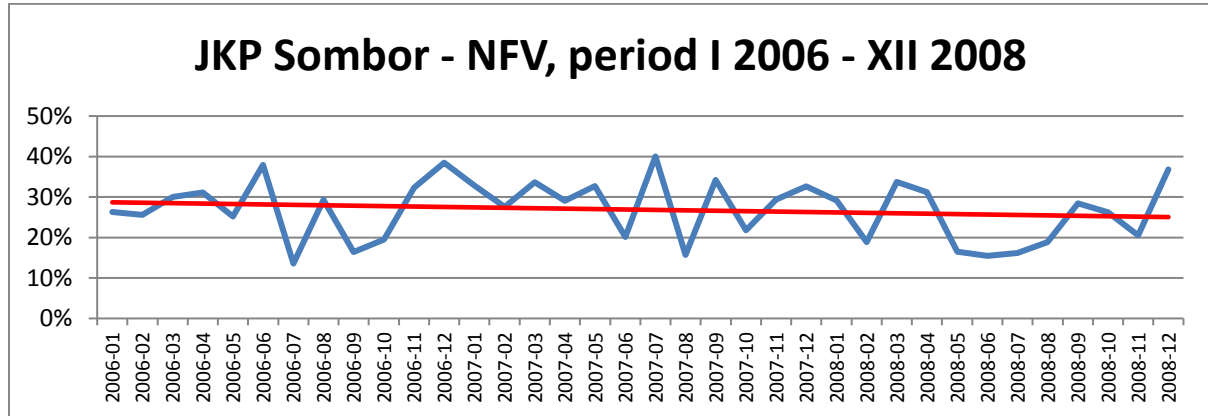
Ovaj trend je nastavljen i tokom istraživanja, bez obzira na sve preduzete mere. Iako su u Smederevu zamenjeni brojni neispravni vodomeri, vršena temeljna detekcija curenja, zamenjeni pojedini cevovodi i kućni priključci, pa čak i otkriveni ilegalni potrošači, nivo NFV je tokom celog istraživanja bio blizu 40% da bi se u 2014 popeo na 42%, kao što je prikazano na sledećem dijagramu:



Slika 171 Smederevo: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014

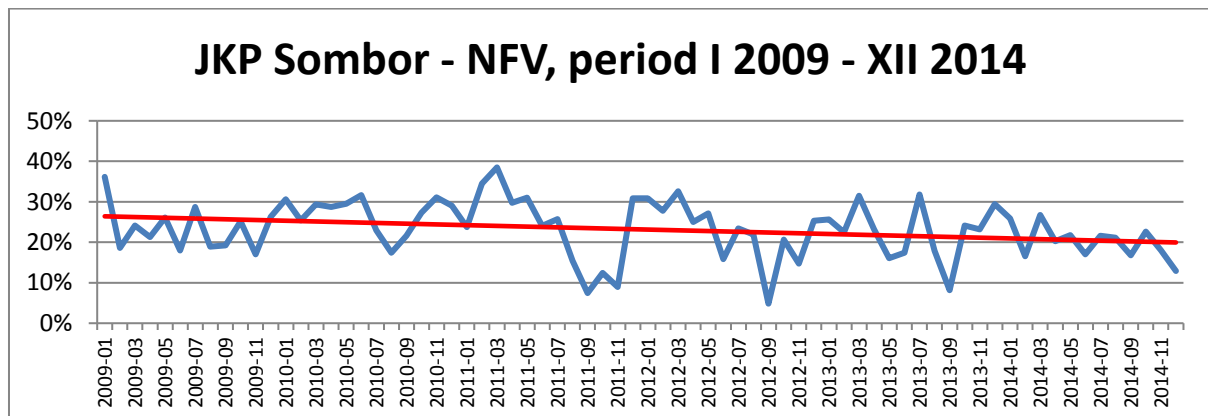
Zaključak:

Analizom prikazanih rezultata može se ustanoviti da implementirane aktivnosti nisu dovele do smanjenja procenta nefakturisane vode u sistemu vodosnabdevanja Smedereva. Pretpostavka je da ima velik broj pozadinskog curenja na starim cevima u gradskoj mreži, koje treba sistematski menjati novim. To je dugotrajan i skup proces i zahteva posebnu analizu troškova i dobiti. Potrebno je nastaviti sa aktivnom detekcijom curenja i sanacijom svih pronađenih curenja. Paralelno je potrebno nastaviti sa otkrivanjem eventualnih ilegalnih priključaka. U svakom slučaju, nivo NFV je previsok i na tom problemu se mora neprestano raditi.

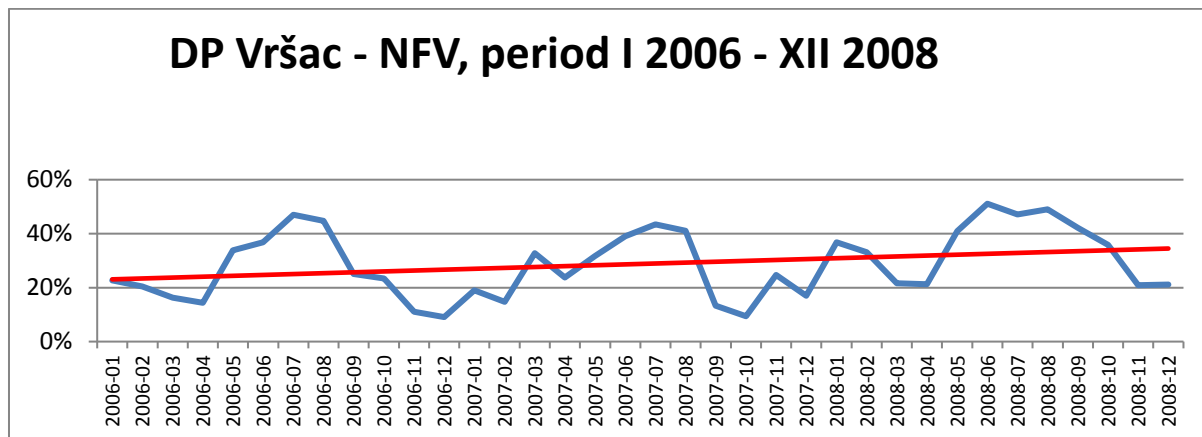
6.2.2.6 Sombor:**Slika 172 Sombor: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008**

NFV je stagnirao u periodu pre istraživanja, tako da je i 2006 i 2008 bio 27%. U odnosu na većinu gradova iz istraživanja, ovo je bio vrlo dobro početno stanje, i postavljalo se pitanje da li je moguće, bez velikih dodatnih investicija, dodatno popraviti stanje.

Upravo to se i dogodilo tokom istraživanja, tako da imamo situaciju da se u periodu 2009-2014, NFV spustio sa 27% na 17%, kao što se vidi i na sledećem grafiku:

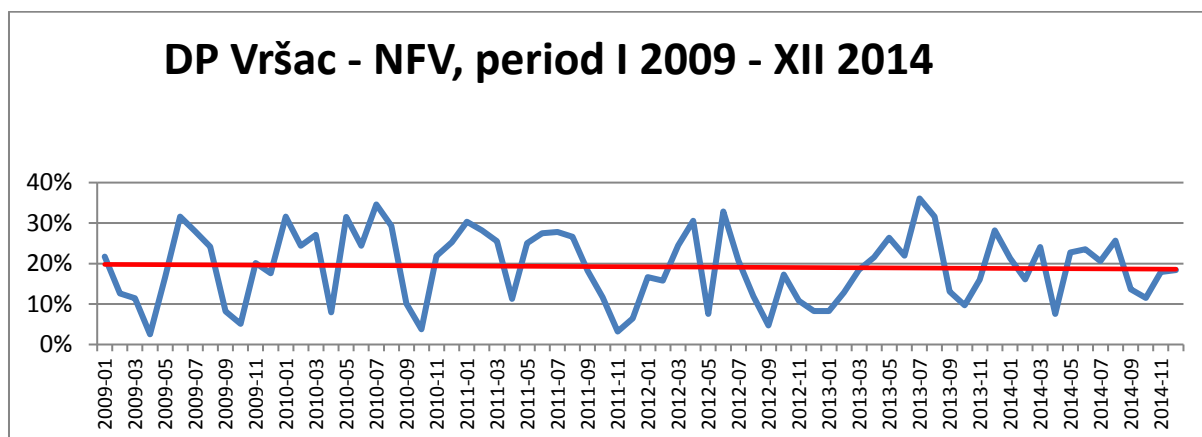
**Slika 173 Sombor: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014****Zaključak:**

Analizom prikazanih rezultata može se ustanoviti da su implementirane aktivnosti dovele do smanjenja procenta nefakturisane vode u sistemu vodosnabdevanja Sombora. Još važniji zaključak je da se ionako relativno dobro početno stanje može popraviti bez velikih ulaganja. U preduzeću JKP „Vodokanal“ u Somboru primetno je dobro upravljanje i dugoročno planiranje, što se posebno ogleda u redovnoj zameni vodomera, aktivnoj kontroli curenja, kao i u svim drugim aktivnostima koje za posledicu imaju smanjivanje NFV.

6.2.2.7 Vršac:**Slika 174 Vršac: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2006 – 2008**

NFV se pogoršavao u periodu pre istraživanja, tako da je sa 27% u 2006 porastao na 36% u 2008. Obzirom na loše finansijsko stanje u javnom sektoru, kao i nepostojanje preventivnog održavanja mreže, pretpostavka je da bi se ovaj trend nastavio i u narednom periodu.

Umesto toga, imamo situaciju da se u periodu 2009-2014, NFV spustio sa 36% na 19%, kao što se vidi i na sledećem grafiku:

**Slika 175 Vršac: Kretanje nivoa nefakturisane vode, u periodu 2009 – 2014****Zaključak:**

Analizom prikazanih rezultata može se ustanoviti da su implementirane aktivnosti dovele do smanjenja procenta nefakturisane vode u sistemu vodosnabdevanja Vršca. U preduzeću je приметно dobro upravljanje i dugoročno planiranje, pa se može očekivati nizak nivo NFV i u periodu nakon završetka istraživanja.

6.3 Diskusija osnovne hipoteze i posebnih hipoteza

Osnovna hipoteza od koje se polazi u ovom istraživanju:

Moguće je unaprediti sisteme upravljanja gubicima vode u procesima vodosnabdevanja, odnosno smanjiti procenat nefakturisane vode, implementacijom međunarodno priznatih preporuka i standarda.

Istraživanje opisano u ovom radu se baziralo na aktivnostima, definisanim od strane IWA (The International Water Association, telo osnovano od strane Ujedinjenih Nacija), koje je formiralo ogranak nazvan Water Loss Task Force (WLTF, tim za gubitke vode), sa sledećim zadacima:

- standardizacija vodnog bilansa korišćenjem međunarodne terminologije
- razvijanje strategije za suzbijanje NFV

U Poglavlju 2 „Pregled literature“, detaljno se objašnjava standardizacija vodnog bilansa, kao i aktivnosti, koje su deo strategije za suzbijanje NFV. U Poglavlju 4 „Metodologija rada“ detaljno se prikazuju sve aktivnosti tokom ovog istraživanja, koje su bazirane na smernicama IWA. Konačno, u Poglavljima 5 „Rezultati“, i 6 „Diskusija rezultata“, prikazuju se rezultati istraživanja za svako preduzeće.

Sve međunarodno priznate aktivnosti na smanjenju nefakturisane vode su implementirane u posmatranim preduzećima, iako se mora naglasiti sledeće:

- Nisu sve aktivnosti implementirane jednakim intenzitetom. Na primer, upravljanje pritiscima je implementirano samo u Kraljevu i Loznici, i to u periodu nakon 2014. godine iz tehničkih razloga, tako da se ne može diskutovati o efikasnosti ove mere u smislu smanjenja NFV. S druge strane, rezultati koji su prikazani nedvosmisleno govore u prilog potrebi upravljanja pritiscima u vodovodnim sistemima.
- Većina ovih aktivnosti je vršena tokom celog trajanja istraživanja, odnosno paralelno jedne s drugima. Ovo nažalost isključuje mogućnost detaljnog kvantifikovanja efekta svake aktivnosti ponaosob, nego jedino može govoriti u prilog potrebi implementiranja svih ovih aktivnosti u javnim vodovodnim sistemima.
- Aktivnosti koje su implementirane su morale biti koordinisane sa preduzećem tako da ne proizvedu negativne efekte u smislu prekida vodosnabdevanja, eventualnih havarija zbog stanja mreže i slično, tako da verovatno nisu dovele do maksimalno mogućeg smanjenja NFV (na primer izbor merne zone, aktivnosti na aktivnoj kontroli curenja, tempo zamene kućnih priključaka i slično).

I pored ovih ograničenja tokom trajanja istraživanja, **rezultati istraživanja potvrđuju osnovnu hipotezu, iznetu u radu, da je moguće unaprediti sisteme upravljanja gubicima vode u procesima vodosnabdevanja, odnosno smanjiti procenat nefakturisane vode, implementacijom međunarodno priznatih preporuka i standarda.**

Posebne hipoteze, koje se oslanjaju na ovu osnovnu, a koje su iznete u uvodu ovog rada, se diskutuju u nastavku.

1. Pravilno određivanje svih komponenti vodnog bilansa u sistemu je preduslov za izbor aktivnosti na smanjenju gubitaka u sistemu:

Tokom istraživanja na ovom radu ustanovljeno je da je svaku komponentu vodnog bilansa teško precizno utvrditi, pa čak i informaciju o ukupno proizvedenoj vodi. Nepohodno je kombinovati tri metode proračunavanja (top-down, bottom-up, i component analysis, kao što je navedeno u Poglavlju 2 „Pregled literature“). Potrebno je vršiti merenja na strateškim tačkama u sistemu, a takođe i vršiti detaljna ispitivanja u pilot zoni. Kombinovanjem dobijenih informacija sa podacima, dobijenim iz preduzeća (prvenstveno o ukupno fakturisanjoj vodi, ali i o ilegalnim potrošačima i drugo), mogu se odrediti sve komponente vodnog bilansa u sistemu. Iako ove podatke treba uvek uzeti sa rezervom, oni ipak daju važne informacije o komponentama nefakturisane vode. Analizom vodnog bilansa, može se doneti odluka o pravcu daljeg delovanja, koji će za najkraće vreme doneti do najvećeg smanjenja NFV. Analizom vodnog bilansa, preduzeće može da se odluči na program zamene vodomera, aktivnosti na detekciji i saniranju curenja, izmeni cevnog materijala, investicijama u oblasti upravljanja pritiscima i slično. Iz ovog razloga, koji je potvrđen u istraživanju, **potvrđuje se ova posebna hipoteza.**

2. Putem analize rezultata, dobijenih u javnim sistemima obuhvaćenim ovim istraživanjem, moguće je dobiti osnovu za uvid u stanje u svakom javnom sistemu u Srbiji, i izabrati aktivnosti na smanjenju gubitaka.

Iz Poglavlja 3 „Zatečeno stanje“ mogu se primetiti sve međusobne razlike u javnim sistemima, obuhvaćenim ovim istraživanjem. U nekima postoje postrojenja za tretman vode, dok se u drugim voda tretira samo hlorom pre unošenja u sistem. U nekima je procenat nefakturisane vode na početku istraživanja bio oko 20%, dok je u drugim bio čak preko 60%. Neki su bili podeljeni na više zona pritisaka, dok je u drugim postojala samo jedna zona.

Sa druge strane, u svim ovim sistemima se može zapaziti i velik broj sličnosti. Ovo se najviše ogleda u prečnicima, materijalima i starosti vodovodne mreže, u stanju vodomera, nepostojanju preventivnog održavanja mreže, procedurama u finansijskim i knjigovodstvenim sektorima preduzeća i slično.

Iz gore navedenog se može zaključiti da **preduzeća, odabrana za ovo istraživanje, predstavljaju reprezentativni uzorak za teritoriju Srbije, tako da ovo istraživanje može da služi kao dobra osnova za uvid u stanje u ostalim javnim sistemima u Srbiji.** Naravno da je i u tim slučajevima neophodno pratiti međunarodno priznate standarde, opisane u istraživanju, ali se bar u početnom periodu, za kratko vreme mogu napraviti određeni bitni koraci, kao što su: kompletna digitalizacija mapa, priprema hidrauličkog modela, oformljavanje i obuka tima za detekciju curenja, nabavka neophodne opreme za merenje i detekciju, kao i materijala za sanaciju curenja, uvid u finansijske i knjigovodstvene procedure preduzeća i slično.

3. Putem detaljnog snimanja stanja pojedinih delova vodovodnog sistema, moguće je dobiti pouzdan uvid u stanje kompletnog sistema.

Ova hipoteza se odnosi na značaj informacija, dobijenih u pilot zoni. U istraživanju, koje je predmet ovog rada, pilot zone su imale veliki značaj. Najpre je bilo neophodno izabrati zonu

koja će reprezentovati celu mrežu. Ovo je u praksi bilo komplikovano, zbog datih ograničenja vezano za broj ulaza u mrežu, broj potrošača, i nenarušavanje standardnog nivoa isporuke vode. Ipak, tokom trajanja istraživanja, u svakom sistemu je odabrana pogodna zona, u kojoj su vršena detaljna merenja i ispitivanja. Informacije, dobijene u pilot zonama, su kasnije korišćene za aproksimacije za ceo sistem. Te informacije se odnose na tačnost vodomera koji su iz pilot zona bili odnošeni na baždarenje, stanje vodovodne mreže na cevima i posebno na kućnim priključcima, proračunavanje minimalnog noćnog protoka i gubitaka i slično. **Analiza stanja u pilot zoni je nezaobilazni deo proračunavanja vodnog bilansa, i neophodan je korak ka dobijanju pouzdanog uvida u stanje kompletnog sistema.**

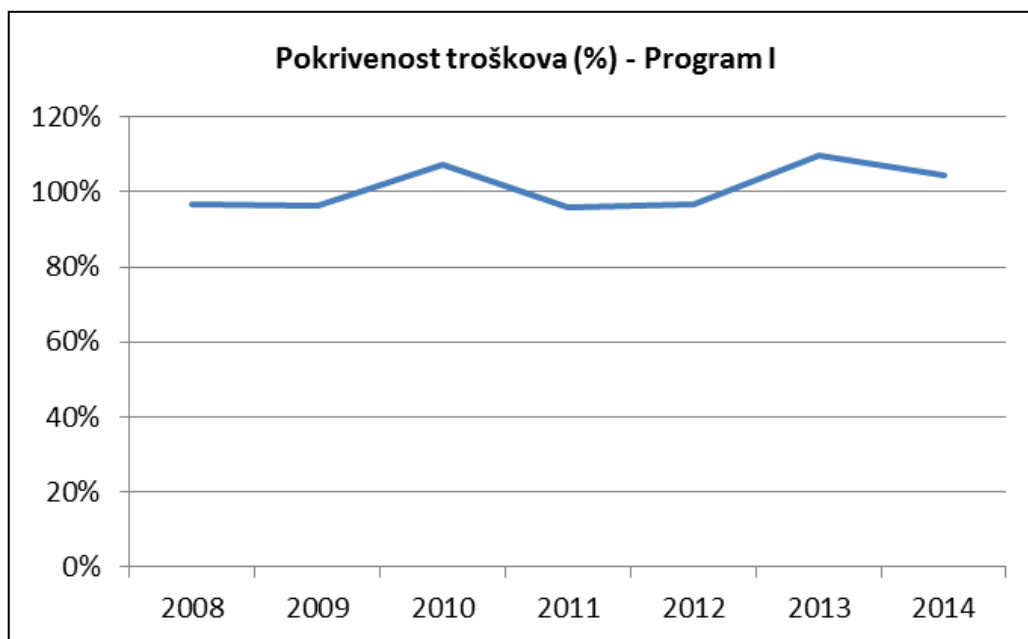
6.4 Ostali indikatori poslovanja, praćeni tokom istraživanja

Tokom trajanja istraživanja, za potrebe menadžmenta preduzeća, razvijen je i implementiran MIS (menadžment informacioni sistem), koji je služio za grupisanje svih važnih informacija, i za pomoć u slučaju potrebe za brzim donošenjem odluka vezano za upravljanje preduzećima. MIS je služio za konstantno nadgledanje više indikatora poslovanja. Osim praćenja NFV, što je i tema ovog istraživanja, i sledeći povezani parametri su bili nadgledani:

Pokrivenost troškova:

Ovaj indikator obezbeđuje uvid u finansijske performanse preduzeća. Pokazuje da li su prihodi preduzeća dovoljni da pokriju troškove. Ovaj je indikator uobičajeno kredibilan samo za punu finansijsku godinu ili određeni knjigovodstveni period kada su sva usklađivanja konta završena.

Ovaj indikator uzima u obzir ukupne rashode preduzeća i poredi ih sa ukupnim prihodima tokom određenog vremenskog perioda. Osnov za kalkulaciju je bilans uspeha koji sadrži analizu svih prihoda i troškova.



Slika 176 Kretanje indikatora „Pokrivenost troškova“ tokom istraživanja

Prethodna slika pokazuje kretanje indikatora „pokrivenost troškova“, objedinjeno za sva preduzeća obuhvaćena istraživanjem. Vidi se blagi rast, što pokazuje poboljšanje finansijskih performansi preduzeća.

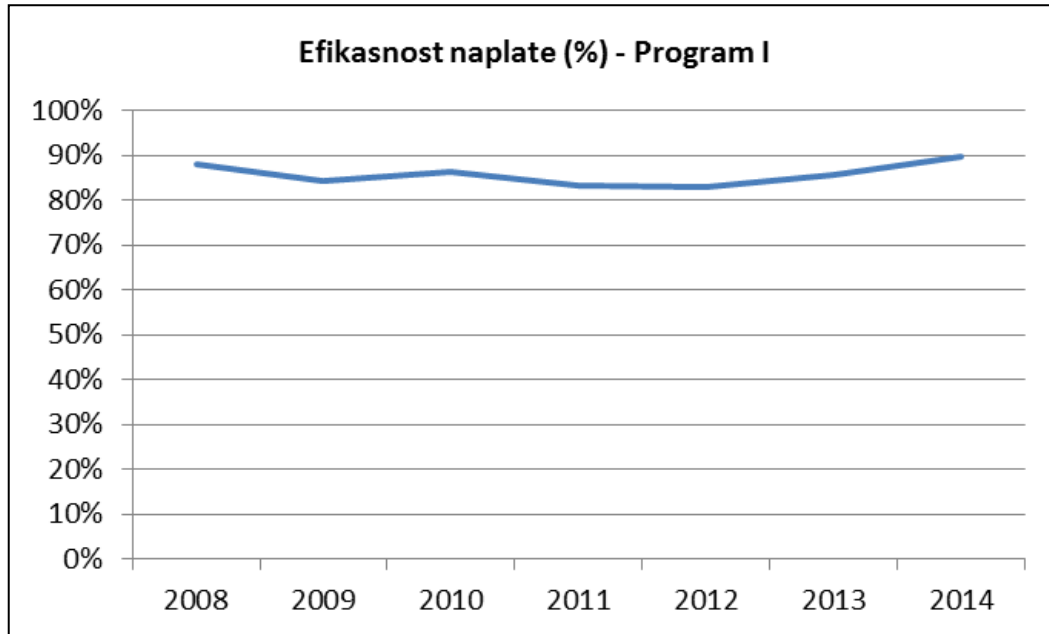
Efikasnost naplate:

Ovaj indikator obezbeđuje uvid u performanse vezano za naplatu potraživanja od potrošača. Može se računati za sve potrošače ukupno, ili pojedinačno za određene grupe potrošača kao što su:

- Domaćinstva
- Javne institucije
- Pravna lica (privreda)

Ovaj indikator se prikazuje i meri na tri različita načina:

- Kao indikator performansi tokom tekuće finansijske godine. Radi se o ukupnoj naplati tokom tekuće godine kao procentu od ukupno fakturisanog tokom tekuće godine a za dati broj meseci.
- U cilju poređenja ovog indikatora tokom tekuće godine sa indikatorom za isti period prethodne godine.
- U cilju poređenja ovog indikatora tokom tekuće godine sa planiranim indikatorom za isti period.

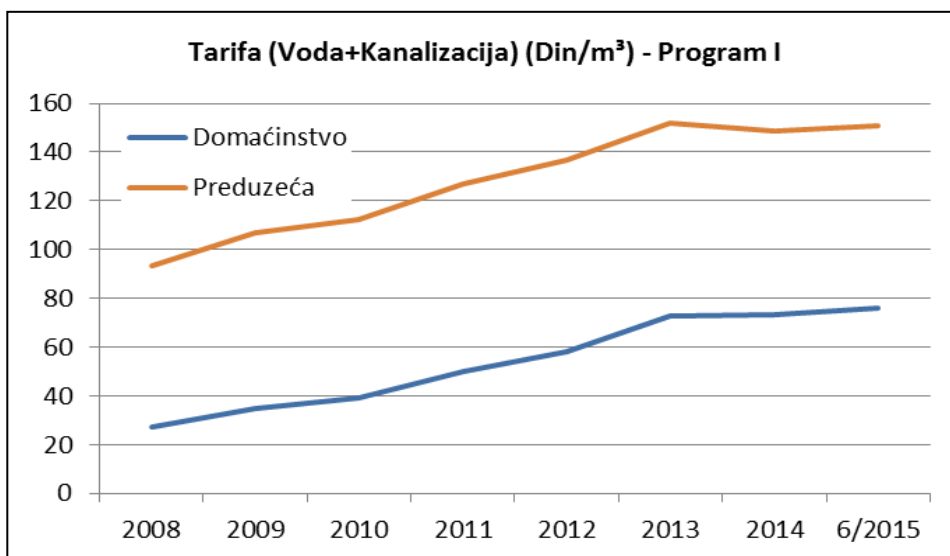


Slika 177 Kretanje indikatora “Efikasnost naplate” tokom istraživanja

Prethodna slika pokazuje kretanje indikatora „efikasnost naplate“, objedinjeno za sva preduzeća obuhvaćena istraživanjem. Vidi se da je naplata potraživanja od potrošača na kraju istraživanja bila u rangu naplate s početka istraživanja.

Tarifa (voda i kanalizacija):

Ovaj indikator pokazuje cenu po kojoj se krajnjem korisniku naplaćuje 1 m³ (jedinica mere) pružene usluge (isporuka vode i odvođenje otpadne vode).

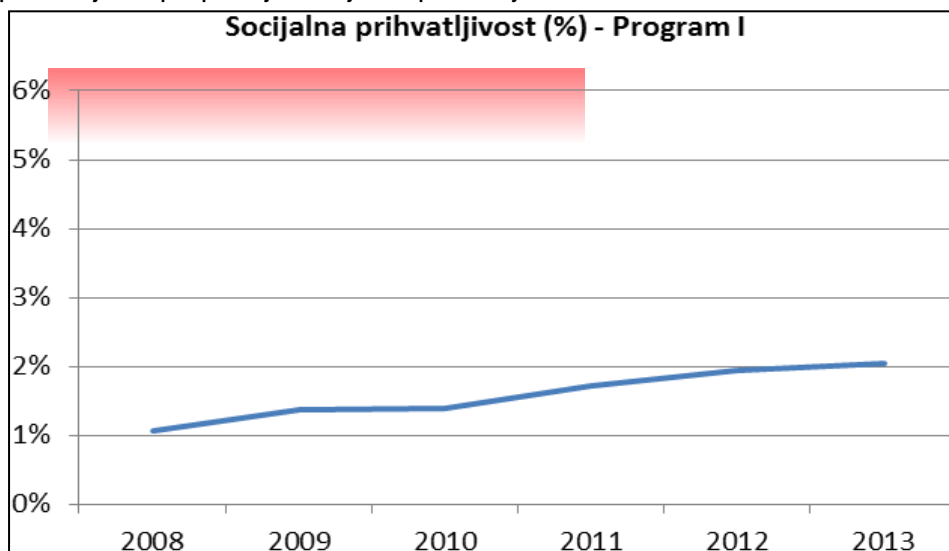


Slika 178 Kretanje indikatora “Tarifa (voda i kanalizacija)” tokom istraživanja

Prethodna slika pokazuje kretanje indikatora „tarifa“, objedinjeno za sva preduzeća obuhvaćena istraživanjem. Vidi se da je cena za pruženu uslugu rasla tokom perioda istraživanja, što u svakom slučaju doprinosi postizanju održivog rada preduzeća.

Socijalna prihvatljivost:

Ovaj indikator pokazuje koliko je učešće prosečnog računa za domaćinstva iskazanog kao procenat prosečnog prihoda domaćinstva. Ujedno daje poređenje sa Evropskim standardom koji iznosi od 3% do 5% prosečnog prihoda domaćinstva, i koji se smatra prihvatljivim po pitanju socijalne prihvatljivosti tarifa.



Slika 179 Kretanje indikatora „Socijalna prihvatljivost“ tokom istraživanja

Prethodna slika pokazuje kretanje indikatora „socijalna prihvatljivost“, objedinjeno za sva preduzeća obuhvaćena istraživanjem. Vidi se da je indikator rastao tokom perioda istraživanja, ali da je i dalje ispod standarda Evropske Unije.

7 LITERATURA I KORIŠĆENI IZVORI

- [1] Alegre H. et al., 2000 Performance Indicators for Water Supply Services, IWA Manual of Best Practice, ISBN 900222272
- [2] American Water Works Association, Water Loss Control: Apparent and Real Losses, 2012
- [3] Arregui de la Cruz, F., 2016 Customer metering inaccuracies
- [4] Brothers, K., 2003 - Water21- magazine of the International Water Association, June 2003, Issue 5.3 – Assessing Non-Revenue Water and its Components: A Practical Approach, ISSN Print: 1561-9508, ISSN Online: 2219-1534
- [5] Charalambous, B., 2005 Effective pressure management of district metered areas
- [6] Davis, S.E., 2005 Residential Water Meter Replacement Economics, Leakage 2005 - Conference Proceedings, 2005
- [7] DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. - Nemačko udruženje sektora gasa i voda 2003: W 392 – Inspekcija mreže i gubici vode: aktivnosti, procedure i procenijvanje
- [8] DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. - Nemačko udruženje sektora gasa i voda 2000: W 1010 – Smernice za izradu priručnika za rad za vodovode
- [9] Farley, M.R., 1985 District Metering: Part 1: System Design and Installation
- [10] Farley, M., Trow, S. 2003 Losses in Water Distribution Networks: A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control, IWA Publishing, 2003, ISBN 1-90022-211-6
- [11] Farley, M. et al., 2008 The Manager's Non-Revenue Water Handbook, A Guide to Understanding Water Losses
- [12] Hovanj, L., 2013 Tačnost merenja baždarenih proticaja vode vodomerom, Vodoprivreda
- [13] Koelbl, J., Gschleiner, R., 2009 Austria's new guideline for water losses, WATER 21
- [14] Kovač, J., 2006 Case studies in applying the IWA WLTF approach in the West Balkan region: Pressure management
- [15] Kovač, J., 2007 Kontrola gubitaka vode kontrolom tlaka (Skup: Gubici vode u vodoopskrbi i odvodnji, Poreč, Hrvatska, 2007
- [16] Lambert, A., 2003 The IWA water loss task force, Water 21 - Article No 2: Assessing Non-Revenue Water and its Components: A Practical Approach
- [17] Lambert, A.O. et al., 2002: Water Losses Management and Techniques, Water Science and Technology: Water Supply 2(4), August 2002
- [18] Lambert, A.O., 2001 What do we know about pressure: Leakage relationships in distributing systems
- [19] Liemberger, R., 2005 The New German Water Loss Regulations in context with other international applications of the IWA water balance and real loss performance indicators
- [20] Liemberger, R., McKenzie, R., 2003 Aqualibre – a new innovative water balance software.
- [21] Liemberger, R. et al., 2007 Water Loss Performance Indicators, IWA International Specialised Conference 'Water Loss 2007', Bucharest, September 2007, Conference Proceedings (3 vols) ISBN 978-973-7681-24-9; Session B2 of Volume 1
- [22] Mckenzie, R.S., Wegelin, W., 2005 Sebokeng/Evaton Pressure/Leakage reduction: public private partnership
- [23] Morrison, J. at al., 2007 District metered areas – guidance notes (International water association, specialist group efficient operation and management)
- [24] Mutikanga H., et al., 2011 Decision support tool for optimal water meter replacement

- [25] Organization of Legal Metrology, 2006 International recommendation OIML R 49-1 (Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water – Part 1: Metrological and technical requirements)
- [26] Pilcher, R., 2007 Leak location and repair – guidance notes (International water association, specialist group efficient operation and management)
- [27] Pilcher, R., 2003: IWA Water Loss Task Force, Water 21 – Article No. 4 – Leak Detection Practices & Techniques – A Practical Approach
- [28] Puleo, V et al., 2013 Definition of water meter substitution plans based on a composite indicator
- [29] Republički zavod za statistiku Srbije, 2011 Eko-bilten: Zahvaćene, isporučene vode za piće i gubici iz javnog vodovoda, str. 26
- [30] Republički zavod za statistiku, 2010. Snabdevanje pitkom vodom, 2007-2009, (<http://webrzs.stat.gov.rs>)
- [31] Rimeika, M., Albrektiene, R., 2014 Analysis of Apparent Water Losses, Case Study
- [32] Ristovski, B., Spirovska, S., 2007 Active leakage control project; the particular DMA's in the city of Skopje, Macedonia
- [33] Rizzo, A., 2003 IWA Water Loss Task Force, Water 21 – Article No. 7 – Apparent Water Loss Control
- [34] Rizzo, A. et al., 2007 Apparent Water Loss Control: The Way Forward, Water 21, avgust 2007
- [35] Službeni Glasnik RS 49/2010 Pravilnik o vrstama merila za koja je obavezno overavanje i vremenskim intervalima njihovog periodičnog overavanja
- [36] Službeni Glasnik RS 30/2010 Zakon o metrologiji
- [37] Službeni glasnik RS, 33/2012 Vlada Republike Srbije 2012. Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara Republike Srbije
- [38] Službeni Glasnik 37/2011 Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine – Agencija za zaštitu životne sredine. Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine (<http://indicator.sepa.gov.rs/>)
- [39] Stipić, M., 2008. Analiza uticaja protivpožarnih potreba za vodom na tehničke i ekonomske parametre javnih vodovodnih sistema
- [40] Thornton, J. et al., 2005 How low can you go ? A practical approach to pressure control in low pressure systems
- [41] Thornton, J., Lambert, A. 2005 Progress in practical prediction of leakage: leakage, pressure:burst frequency and pressure:consumption relationships
- [42] Thornton, J., 2003 IWA Water Loss Task Force, Water 21 – Article No. 3 – Managing Leakage by Managing Pressure – A Practical Approach
- [43] UK Water Authorities Association, Technical Working Group on Waste of Water 1985. Leakage Control Policy and Practice, ISBN 094561 95 X
- [44] UK Water Authorities Association, 1980 Report 26 leakage control policy & practice
- [45] United States environment protection agency, 2013 Water audit and water loss control for public water systems
- [46] Vermersch, M., Rizzo, A., 2008 Designing an action plan to control non-revenue water, Water21 magazine, April 2008
- [47] Vermersch, M. et al., 2016 Guidance notes on apparent losses and water reduction planning
- [48] Vermersch, M., Carteado, F., 2016 Non-revenue water and errors throughout the data acquisition process