



UNIVERZITET U NIŠU



GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET

Mr Dragan Radivojević

**TEHNIČKI POKAZATELJI ZA OCENU STANJA I
PREDLOG MERA ZA UNAPREĐENJE USPEŠNOSTI
FUNKCIONISANJA MANJIH VODOVODNIH
SISTEMA U REPUBLICI SRBIJI**

- Doktorska disertacija -

Niš, 2013. godine

UNIVERZITET U NIŠU
GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET

Mr Dragan Radivojević

**TEHNIČKI POKAZATELJI ZA OCENU STANJA I
PREDLOG MERA ZA UNAPREĐENJE USPEŠNOSTI
FUNKCIONISANJA MANJIH VODOVODNIH
SISTEMA U REPUBLICI SRBIJI**

- Doktorska disertacija -

MENTORI

Dr Dragan Arandelović, red.prof.

Dr Marko Ivetić, red.prof.

Niš, 2013. godine

UNIVERZITET U NIŠU
GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET

Naučna oblast UDK: 69.01:628.148

Mr Dragan Radivojević

**TEHNIČKI POKAZATELJI ZA OCENU STANJA I
PREDLOG MERA ZA UNAPREĐENJE USPEŠNOSTI
FUNKCIONISANJA MANJIH VODOVODNIH
SISTEMA U REPUBLICI SRBIJI**

Doktorska disertacija

**TECHNICAL PERFORMANCE INDICATORS IN
WATER SUPPLY SYSTEM & DEVELOPMENT OF
TECHNICAL MEASURES FOR PERFORMANCE
IMPROVEMENT IN SMALL WATER SUPPLY
SYSTEM IN SERBIA**

PhD Thesis

MENTORI (MENTHORS)

Dr Dragan Arandelović, red.prof.

Dr Marko Ivetić, red.prof.

Univerzitet u Nišu

Naučno-stručno veće za tehničko-tehnološke nauke

Odluka broj 8/20-01-001/08-005

Datum odobrenja teme: 04.02.2008

Niš, 2013. godine

Zahvalnost

Odbrana teze predstavlja krunu jednog rada i jedan se stepenik prelazi za sva vremena. Čovek je društveno biće, i poseban kvalitet jednog dela jeste ako je plod tima u kome je jedan lider, i ako u njegovom timu nema mesta tajni, već zadovoljstvu onih koji ga prate. U ovom delu, autor je imao punu podršku svih svojih prijatelja, a oni koji su aktivno saradivali, imali su priliku da pored autora, i sami nešto nauče o veoma aktuelnoj problematici optimizacije korišćenja pitke vode.

Zahvaljujem na nesebičnoj podršci i ohrabrenjima pre svega Prof. dr Draganu Arandeloviću i Prof. dr Marku Ivetiću, svojim mentorima, koji su moj rad i posvećenost tezi usmerili u pravom trenutku na pravu stranu.

Zahvaljujem se i svojim kolegama sa GAF Niš i GRF Beograd, JKP Naissus Niš i JP Vodovod i kanalizacija Pirot, iz Beoinženjeringa 2000 i JP Zavod za urbanizam Niš, sa kojima je druženje i saradnja, merenja, analize, prikaz dobijenih rezultata i zajedničko učešće na tematskim skupovima odavno preraslo u iskreno prijateljstvo.

Želeo bih da se iskreno zahvalim svim onim ljudima koji su učinili da ova teza postane moguća. Puno je prijatelja koji nisu iz struke, ali su me svojim životnim iskustvom savetovali i pružali ohrabrenje da završim započeto. Njima i svojoj porodici pišem ovu posvetu, u ime vremena koje sam od njih ukrao kako bih zaokružio ovaj rad.

Mr Dragan Radivojević

Sadržaj

Rezime

Summary

1	Uvod	1
1.1	<i>Predmet i cilj istraživanja</i>	2
1.2	<i>Zadaci istraživanja</i>	3
1.3	<i>Rezultati istraživanja</i>	3
1.4	<i>Motivacija</i>	4
1.5	<i>Praktična primena rezultata istraživanja</i>	4
1.6	<i>Organizacija teze</i>	5
2	Metodologija određivanja IWA tehničkih pokazatelja uspešnosti funcionisanja vodovodnih sistema	7
2.1	<i>Uvod</i>	7
2.2	<i>Gubici vode u vodovodnim sistemima</i>	7
2.3	<i>Posvećenost problematici u drugim državama</i>	8
2.3.1	Preporuke Međunarodne asocijacije za vode (IWA)	9
2.3.2	Značaj pouzdanih merenja	9
2.3.3	Međunarodna iskustva	10
2.3.3.1	Engleska i Vels	10
2.3.3.2	Nemačka	10
2.3.3.3	Portugalija	11
2.3.3.4	Australija	11
2.3.3.5	USA	11
2.3.4	Opšte o gubicima vode	11
2.3.5	Gubici i stvarni gubici vode	12
2.3.5.1	Šta su procurivanja?	12
2.3.5.2	Faktori koji utiču na procurivanja	12
2.3.5.3	Posledice procurivanja	13
2.3.5.3.1	Posledice po potrošače	14
2.3.5.3.2	Finansijski gubici	14
2.3.5.3.3	Rizici po zdravlje	14
2.3.5.4	Faktori koji utiču na procurivanja	14
2.3.5.4.1	Pritisci u distributivnoj mreži	15
2.3.5.4.2	Vrsta, starost i kvalitet ugradnje i održavanja mreže	15
2.3.5.4.3	Kvalitet vode	15
2.3.5.4.4	Pomeranja tla	15
2.3.5.4.5	Saobraćajno opterećenje	16
2.3.5.4.6	Metoda kontrole procurivanja	16
2.3.6	Terminologija	16
2.4	<i>Standardni pokazatelji u međunarodnoj upotrebi</i>	16
2.4.1	Struktura fizičkih gubitaka	20
2.4.2	Finansijski pokazatelji	21

2.5	<i>Pokazatelji stvarnih gubitaka</i>	21
2.5.1	Tradicionalni pokazatelji stvarnih gubitaka	21
2.5.2	Tehnički pokazatelj stvarnih gubitaka (TIRL)	23
2.5.3	Koncept neizbežnih godišnjih stvarnih gubitaka (UARL)	24
2.5.3.1	Definicija BABE	25
2.5.3.1.1	Gubici na delu mreže koja pripada korisniku i kućnim instalacijama	26
2.5.3.1.2	Prijavljeni i neprijavljeni gubici	26
2.5.3.2	Sračunavanje komponenti Neizbežnih godišnjih stvarnih gubitaka UARL	27
2.5.3.3	Provera ispravnosti UARL procene - Upoređenje procene UARL sa opsegom "Neizbežnih gubitaka"	30
2.5.3.4	Šta nam pokazatelj UARL kazuje o tradicionalnim pokazateljima efikasnosti?	31
2.5.3.5	Situacije u kojima se UARL ne može prihvatiti kao dovoljno pouzdan	31
2.5.4	ILI - infrastrukturni indeks gubitaka	31
2.5.4.1	Stanje vodovodnih sistema (ILI) u svetu	32
2.5.4.2	Upoređenje vrednosti ILI sa procentima	40
3	Razvoj strategije za upravljanje gubicima	41
3.1	<i>Izrada strategije</i>	42
3.1.1	Pasivna i aktivna kontrola gubitaka	42
3.1.2	FAZA PRIPREME: Proučavanje gubitaka vode – IWA međunarodni standard	42
3.1.3	Prepoznavanje faktora uticaja i postavljanje vremenskih okvira	44
3.1.4	Utvrđivanje potrebnih sredstava za sprovođenje strategije	44
3.1.5	Prilagođavanje organizacione strukture preduzeća programu smanjenja gubitaka vode	45
3.1.6	Postavljanje ciljeva	45
3.1.6.1	Aktivna kontrola gubitaka	47
3.1.6.2	Kontrola pritiska	47
3.1.6.3	Podela sistema na merne zone	48
3.1.6.4	Održavanje infrastrukture - Rekonstrukcija cevovoda	48
3.1.6.5	Brzina popravke	48
3.1.6.6	Prirodni porast gubitaka vode	49
3.2	<i>Ekonomski dopustiv nivo gubitaka (ELL)</i>	51
3.2.1	Kratkoročni ELL	52
3.2.2	Dugoročni ELL	52
3.3	<i>Preliminarni planovi smanjenja stepena gubitaka</i>	54
3.3.1	Uspostavljanje procedura za prikupljanje podataka	56
3.3.2	Uspostavljanje probnih - pilot zona	57
3.3.3	Značaj specifičnih podataka o sistemu	57
3.3.4	Sprovođenje strategije	58
3.3.5	Nabavke i upravljanje	59
3.3.5.1	Aktivna kontrola gubitaka (ALC – Active Leakage Control)	59
3.3.5.2	Test noćne potrošnje	64
3.3.5.3	Metod korelacije	72
3.3.6	Upravljanje radnim pritiskom	74
3.3.6.1	Zavisnost stvarnih gubitaka vode i pritiska	74
3.3.6.2	Određivanje prosečnog pritiska	75
3.3.6.3	Određivanje zavisnosti stvarnih gubitaka od veličine srednjeg pritiska	75
3.3.6.4	Kontrola pritiska	76
3.3.6.5	Koristi od kontrole pritiska	77
3.3.6.6	Održavanje infrastrukture – zamena cevovoda	78
3.3.7	Sistem praćenja, održavanja i povećanja efikasnosti	80
3.3.7.1	Strateško osmatranje	81
3.3.7.2	Monitoring i održavanje opreme i uređaja	81
3.3.7.3	Operativno osmatranje	81
3.3.7.4	Uvođenje nove tehnologije i procedura	82
3.3.7.5	Godišnji izveštaji o efikasnosti strategije	82

4	Razvoj prototipa programskog sistema za integralno upravljanje sistemom za vodosnabdevanje	83
4.1	<i>Definicija prototipa programskog sistema</i>	83
4.1.1	Potreba za uvođenjem integralnog programskog sistema	83
4.1.2	Komponente programskog sistema	84
4.2	<i>Razvoj sistema podrške odlučivanju</i>	87
4.2.1	Metodologija razvoja sistema podrške odlučivanju	87
4.2.2	Faze razvoja sistema podrške odlučivanju	88
4.3	<i>Definicija problema</i>	90
4.3.1	Identifikacija problema, ciljeva i mera	90
4.3.1.1	Poboljšanje društveno-ekonomskog korišćenja resursa za vodosnabdevanje (upravljanje poslovanjem)	92
4.3.1.2	Program unapređenja upravljanja vodovodnom mrežom	93
4.3.1.3	Program upravljanja potrošnjom	94
4.3.2	Vrste i uloga korisnika sistema podrške odlučivanju	96
4.4	<i>Definisanje zahteva</i>	96
4.5	<i>Dizajniranje sistema podrške odlučivanju</i>	98
4.5.1	Izbor tipa sistema podrške odlučivanju	98
4.5.2	Osobine sistema podrške odlučivanju	99
4.6	<i>Arhitektura sistema podrške odlučivanju</i>	100
4.6.1	Komponente prostornog DSS-a	100
4.6.2	Komponenta za upravljanje i vizuelizaciju prostornih podataka	101
4.6.3	Komponenta za upravljanje bazama podataka	103
4.6.4	Komponenta upravljanja modelima	104
4.6.5	Komponenta upravljanja znanjem	104
4.6.6	Komponenta upravljanja dijalogom	105
4.6.7	Komponenta za upravljanje interesnim grupama	106
4.7	<i>Inicijalni prototip softvera sistema podrške odlučivanju</i>	107
4.7.1	Modularna arhitektura prototipa softvera	107
4.7.1.1	Korisnički interfejs	108
4.7.1.2	Integracija alata	109
4.7.1.3	Baze podataka i integracija podataka	110
4.7.1.4	Vizuelizacija podataka i informacija	111
4.7.1.4.1	GIS sloj i integracija GIS funkcija	111
4.7.1.4.2	CAD sloj	111
4.7.1.4.3	Sloj modela	112
4.7.1.5	Komunikacije	112
4.7.1.6	Sistemska analiza	112
4.7.2	Integracija komponenti prototipa softvera DSS	114
4.7.2.1	Integracija modula	114
4.7.2.2	Integracija domena modela	114
4.7.2.3	Tehnologije integracija	115
4.7.2.4	Tehnologije za razvoj prototipa softvera DSS-a	115
4.7.3	Prikupljanje, sistematizacija, obrada i čuvanje podataka	116
4.7.4	GIS Integracija	118
4.7.5	Rad sa telemetrijom i SCADA	118
4.7.6	IT u funkciji efikasnog upravljanja sistemom	120
4.7.6.1	Efikasno upravljanje poslovanjem	120
4.7.6.2	Efikasno upravljanje mrežom	121
4.7.6.3	Efikasno upravljanje potrošnjom	121
4.7.6.4	IT u procesu podizanja efikasnosti funkcionisanja sistema	121

5	Primenljivost metodologije IWA određivanja tehničkih pokazatelja u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji	123
5.1	<i>Opšte stanje vodovodnih sistema</i>	126
5.1.1	Pregled i analiza raspoloživih podataka	126
5.1.2	Očekivane koristi od programa za preduzeća vodovoda i kanalizacije	128
5.2	<i>Ocena stanja u republici</i>	129
5.2.1	Podela analiziranih sistema na grupe	129
5.2.2	Bilans zahvaćene, proizvedene i potrošene vode	129
5.2.3	Proizvodnja i potrošnja vode	132
5.2.4	Karakteristike potrošnje vode	136
5.3	<i>IWA metodologija procene pokazatelja efikasnosti funkcionisanja vodovodnih sistema u Srbiji</i>	138
5.4	<i>Pirotski vodovodni sistem – studija slučaja</i>	140
5.4.1	Postojeća izvorišta	142
5.4.2	Postojeće stanje snabdevanja vodom opštine i grada Pirota	142
5.4.3	Organizaciona celina kojom upravlja JP VIK Pirot	143
5.4.4	Vodovodni sistem gradskog područja	144
5.5	<i>Pirotski sistem – hidrauličke analize</i>	152
5.6	<i>Uticaj smanjenja pritiska na tehničke pokazatelje</i>	157
6	Zaključna razmatranja i pravci daljih aktivnosti	159
6.1	<i>Problem gubitaka vode</i>	159
6.2	<i>Doslednost primene IWA metodologije i pokazatelja</i>	160
6.3	<i>Uloga strukturiranih informacionih sistema</i>	161
6.3.1	Korak 1: Institucionalni okvir	164
6.3.2	Korak 2: Unapređenje upravljanja poslovanjem	164
6.3.3	Korak 3: Program upravljanja vodovodnom mrežom	164
6.3.4	Korak 4: Program upravljanja potrošnjom	164
6.4	<i>Poslovno udruženje preduzeća vodovoda i kanalizacije Srbije i institucionalni okvir</i>	164
6.5	<i>Zaključne napomene o tehničkim pokazateljima</i>	165
6.6	<i>Očekivane koristi istraživanja za preduzeća koja se bave vodosnabdevanjem</i>	167
7	Reference	171

Spisak slika

Slika 2.1 Shematski prikaz vodosnabdevanja.....	17
Slika 2.2 Struktura fizičkih gubitaka vode	21
Slika 2.3 Međunarodni izveštaj (Neizbežni godišnji stvarni gubici po gustini priključaka, vodomeri smešteni na granici parcele korisnika).....	29
Slika 2.4 Sedam vodovodnih sistema u severnoj Americi, prema IWA standardu.....	34
Slika 2.5 Deset Australijskih gradskih sistema, prema IWA standardu.....	35
Slika 2.6. Dvadesetšest Južnoafričkih sistema	35
Slika 2.7 Vrednosti ILI za 22 sistema iz Engleske i Velsa.....	37
Slika 2.8 Vrednosti ILI za 20 vodovodnih sistema iz SAD i Kanade	38
Slika 2.9 Vrednosti ILI za 20 sistema u Australiji	38
Slika 2.10 Vrednosti ILI za 27 sistema iz Južne Afrike	39
Slika 2.11 Vrednosti ILI za 27 sistema iz 20 država	39
Slika 2.12 Veza ILI i stvarnih gubitaka izraženih u procentima	40
Slika 3.1 Struktura pristupa upravljanju gubicima	41
Slika 3.2 Uopštena strategija upravljanja gubicima vode	43
Slika 3.3 Efekat povećanja potreba i mogućnosti vodosnabdevanja u odnosu na raspoložive rezerve u vodnim resursima	46
Slika 3.4 Četiri oslonca strategije upravljanja gubicima	47
Slika 3.5 Gubitak efektivnosti sprovođenja mera za smanjenje gubitaka	49
Slika 3.6 Prirodni porast neprijavljenih gubitaka vode	50
Slika 3.7 Generalni uprošćen oblik stepena porasta neprijavljenih procurivanja tokom vremena.....	50
Slika 3.8 Generalizovana relacija između troškova i stepena gubitaka.....	51
Slika 3.9 Pristup upravljanju stvarnim gubicima programom sa četiri upravljačke komponente.....	53
Slika 3.10 Faktori koji utiču na postavljanje ciljanog stepena procurivanja i gubitaka	55
Slika 3.11 Korišćenje specifičnih podataka da se koriguju pretpostavljene početne vrednosti i pretpostavke	58
Slika 3.12 Uspostavljanje merne zone za osmatranje gubitaka.....	61

Slika 3.13 Osnovne komponente minimalnog noćnog protoka.....	65
Slika 3.14 Metodologija inicijalnog proračuna „viška“ noćnog protoka	71
Slika 3.15 Metod korelacije.....	72
Slika 3.16 Veza između pritiska i intenziteta procurivanja za različite “N ₁ ” vrednosti.....	76
Slika 3.17 Veza između Srednjeg noćnog pritiska u zoni (AZNP) i učestalosti pojave havarija za podatke prikupljene u jednom sistemu u UK	77
Slika 4.1 Komponente sistema integralnog upravljanja sistemima za vodosnabdevanje.....	85
Slika 4.2 Informacioni sistem za podršku integralnom upravljanju sistemima za vodosnabdevanje	86
Slika 4.3 Generalni prikaz procesa razvoja prostornog DSS.....	88
Slika 4.4 Identifikacija problema, ciljeva i mera.....	90
Slika 4.5 Proces upravljanja sistemom za vodosnabdevanje.....	91
Slika 4.6 Međupovezanost komponenti integralnog upravljanja vodovodnim sistemom.....	92
Slika 4.7 Upravljanje poslovanjem sistema za vodosnabdevanje – shematski prikaz	92
Slika 4.8 Upravljanje vodovodnom mrežom – shematski prikaz.....	93
Slika 4.9 Upravljanje potrošnjom – shematski prikaz.....	94
Slika 4.10 Karakteristike prostornog DSS.....	99
Slika 4.11 Komponente prostornog DSS.....	101
Slika 4.12 Modularna arhitektura prototipa softvera prostornog DSS	108
Slika 4.13 Dizajn modela upravljanja sistemom za vodosnabdevanje – slojevitost podataka	116
Slika 4.14 Povezivanje sređenih podataka, modeliranje i vrednovanje upravljačkih akcija na sistemu za vodosnabdevanje	119
Slika 4.15 Razvijeni prikaz tri komponente integralnog upravljanja sistemima za vodosnabdevanje – uloga GIS.....	120
Slika 4.16 Upravljanje potrošnjom i optimizacija funkcionisanja vodovodne mreže uz neophodnu podršku informacionih tehnologija	122
Slika 5.1 Republika Srbija – proizvedena količina vode za piće u 2004. godini za 142 opštine	132
Slika 5.2 Republika Srbija – fakturisana vode za piće u 2004. godini za 142 opštine.....	133
Slika 5.3 Republika Srbija – Broj stanovnika priključenih na javni vodovod	134
Slika 5.4 Republika Srbija – Priključenost stanovništva (%) na javne vodovode u 148 opština	134
Slika 5.5 Specifična potrošnja u Republici Srbiji po grupama gradova.....	135
Slika 5.6 Gubici vode – procenat od isporučene vode (%)	135
Slika 5.7 Ukupna specifična potrošnja vode – bruto – sa uračunatim gubicima (l/stan/dan).....	136
Slika 5.8 Ukupna specifična potrošnja vode – neto – bez uračunatih gubitaka (l/stan/dan)	137
Slika 5.9 Konfiguracija vodovodnog sistema Pirot sa planom uvođenja zona za kontrolu pritiska.....	146
Slika 5.10 Srednji mesečni proticaj sa CS Kavak i Berilovac (1)	148

Slika 5.11 Srednji mesečni proticaj sa CS Kavak i Berilovac (2).....	149
Slika 5.12 Dnevni koeficijenti neravnomernosti potrošnje u pirotskom vodovodu, April '06	153
Slika 5.13. Časovni koeficijenti neravnomernosti potrošnje u pirotskom sistemu – Ukupno uneta voda u sistem i registrovana potrošnja	154
Slika 5.14. Učešće registrovane potrošnje i gubitaka u srednjoj dnevnoj potrošnji.....	155
Slika 5.15 Prognozirane uštede vode u sistemu uz primenu PRV ventila (ventila sa konstantnim izlaznim pritiskom)	156
Slika 5.16. Bruto potrošnja vode, Registrovana potrošnja i Stvarni gubici vode bez i sa uvedenom simulacijom smanjenja pritiska u mreži.....	157
Slika 6.1 Struktuiran informacioni sistem upravljanja za smanjenje gubitaka vode.....	162
Slika 6.2 Put ka održivom unapređenju funkcionisanja vodovodnih sistema	163

Spisak tabela

Tabela 2.1 Preporuka IWA za sračunavanje bilansa vode	18
Tabela 2.2 IWA standardni postupak bilansiranja vode sa granicama poverenja 95%	20
Tabela 2.3 Da li tradicionalni tehnički pokazatelji stvarnih gubitaka uzimaju u obzir lokalne uslove?	23
Tabela 2.4 Parametri potrebni za sračunavanje UARL – BABE koncept.....	27
Tabela 2.5 Vrednosti parametri za sračunavanje Neizbežnih godišnjih stvarnih gubitaka UARL	28
Tabela 2.6 Sračunate komponente neizbežnih stvarnih godišnjih gubitaka UARL	28
Tabela 2.7 UARL vrednosti u l/priključak/dan iza vodomera na strani korisnika, postavljenih na regulacionoj liniji	30
Tabela 2.8 Kriterijumi efikasnosti za razvijene i zemlje u razvoju	32
Tabela 2.9 Upporedni prikaz stanja „proučenih“ vodovodnih sistema u svetu.....	36
Tabela 3.1 Korekcionni faktor zavisani od visine prosečnog radnog pritiska.....	66
Tabela 3.2 Procenjene prosečne vrednosti komponenti noćnog protoka, pri visini pritiska od 50 m.v.s.	67
Tabela 3.3 Vrednosti komponenti procurivanja na pojedinim delovima mreže.....	68
Tabela 3.4 Neto noćni protok u l/priklj/čas pri prosečnoj visini pritiska od 50 m.v.s.	69
Tabela 3.5 Primer proračuna za procenu minimalnog noćnog protoka u posmatranoj zoni	70
Tabela 5.1 Statistički demografski podaci u Republici Srbiji	124
Tabela 5.2 Statistički podaci o zahvaćenim količinama vode u Republici Srbiji.....	124
Tabela 5.3 Isporučene količine vode iz javnog vodovoda	125
Tabela 5.4 Podela naselja na grupe	129
Tabela 5.5 Zahvaćena voda i potrošnja vode u periodu 1998. – 2000.	130
Tabela 5.6 Zahvaćena i isporučena voda i potrošnja za 2004. godinu	130
Tabela 5.7 Zahvaćena, proizvedena, fakturisana voda i ukupni gubici.....	131
Tabela 5.8 Osnovni pokazatelji korišćenja vode za piće u Republici Srbiji	137
Tabela 5.9 Broj stanovnika u sistemima kojima upravlja JP Vodovod i kanalizacija Pirot, prema popisu iz 2002.....	144
Tabela 5.10 Zastupljenost dužina cevi, u zavisnosti od veličine prečnika i materijala od koga su izrađene.	147
Tabela 5.11 Bilans vode vodosnabdevanja stanovništva u Pirotu - 2005/06	149
Tabela 5.12 Bilans vode u pirotskom vodovodu po IWA metodologiji.....	151
Tabela 5.13 Procenjene vrednosti tehničkih pokazatelja u pirotskom sistemu vodosnabdevanja 2005-06	152
Tabela 5.14 Tehnički pokazatelji za stvarno i simulirano stanje sistema.....	158

Rezime

U vremenu kada je više nego jasno da su izvori vode ograničeni i iscrpljivi, nameće se potreba za stalnim praćenjem i aktivnim upravljanjem vodnim resursima. Čak ni najbolji sistemi vodosnabdevanja ne mogu eliminisati pojavu gubitaka vode, ali se zato gubicima može upravljati, kako pasivnim, tako i aktivnim merama u realnom vremenu.

Na uspešnost funkcionisanja nekog sistema za vodosnabdevanje utiče mnogo činilaca, među kojima su i dostupnost izvora vode, društvena svest, obrazovanost kadrova, oprema, cene i naplativost resursa i mnogi drugi. Vrlo često se stvara privid uspešnog funkcionisanja sistema prikazivanjem rezultata poslovanja i parametara na način da oni daju lepu sliku o nekom sistemu i njegovom menadžmentu. Da bi se mogla objektivno oceniti uspešnost nekog sistema, prenositi pozitivna iskustva, da bi se sistemi mogli rangirati po uspešnosti, potrebno je uvesti nepristrasne pokazatelje, u nameri da se vredni resursi racionalno koriste.

Istraživanja u ovoj oblasti imaju za cilj da ovu složenu problematiku približe kako ekspertima, tako i operaterima i svima koji učestvuju posredno ili neposredno u procesu donošenja odluka o načinu upravljanja sistemima za vodosnabdevanje. Cilj je da se kroz optimalno zacrtane rokove izvrši prepoznavanje sistema i svih njegovih prednosti i nedostataka, da se postave realni i ostvarivi ciljevi i da se pređe u fazu aktivnog upravljanja vodovodom i gubicima i njihovim programiranjem i održavanjem na ekonomski isplativom nivou.

U istraživanjima sprovedenim u ovom radu pojašnjena je primena IWA metodologije utvrđivanja vodnog bilansa i tehničkih pokazatelja. Analizirana su iskustva sakupljena u svetu, kako iz tehnološki razvijenih i dobro opremljenih vodovodnih sistema, organizovanih u merne zone, sa uvedenim merama upravljanja, tako i iskustva iz zemalja u razvoju, koje su se aktivno uključile u primenu nepristrasnih tehničkih pokazatelja po IWA metodologiji.

Za uspešnu primenu tehničkih pokazatelja funkcionisanja, potrebno je imati na raspolaganju kvalitetne podatke o sistemu i njegovim specifičnostima, izraditi odgovarajuće strategije i planove, nabaviti mernu i IT opremu, odgovarajuće softvere za prikupljanje, obradu čuvanje i korišćenje podataka, izvršiti istraživanje gubitaka i popravke na sistemu.

Jednako važan zadatak je i obezbediti institucionalni okvir u preduzećima, obezbediti podršku u javnosti, korisnika i osnivača, obučiti kadrove, dosledno sprovoditi zacrtane planove i vršiti unapređenje kako sistema za vodosnabdevanje, tako i informacionog i institucionalnog istema upravljanja. Ovi kompleksni zadaci, sa početnom idejom da se smanjenjem gubitaka u sistemu dođe do ušteda materijalnih resursa a time poboljša pouzdanost i kvalitet usluge korisnicima, mogu se ostvariti jedino aktivnim integralnim pristupom problemu i prelaskom sa reaktivnog na aktivni način upravljanja sistemom, potrošnjom i gubicima.

U radu je prikazan inicijani prototip podrške odlučivanju, koji je u stalnom razvoju, sa opisom svih zadataka i ciljevima koje treba da ispuni. Prikazane su njegove komponente i važnost svake od njih. Cilj je prerastanje prototipa u jedinstven sistem upravljanja bazama podataka, znanjem, simuliranjem rada sistema i prikazom rezultata, koristeći GIS tehnologije, sa ciljem provere efekata planiranih akcija pre njihove primene na samom sistemu.

Analize stanja u vodovodnim sistemima u Srbiji su pokazale primenljivost IWA metodologije i preporučuje se njeno usvajanje i rad na modernizaciji sistema i uvođenju aktivnog upravljanja. Stanje srpskih vodovoda je nezadovoljavajuće, veoma teško i rešavanje tog problema treba da bude jedan od prioriternih društvenih zadataka.

U radu je, na studiji slučaja vodovoda u Pirotu dokazana nepristrasnost tehničkih pokazatelja po IWA metodologiji. Na dobro kalibrisanom hidrauličkom modelu je simuliran efekat zoniranja sistema i uvođenja kontrole pritiska, dokazujući da se mogu ostvariti značajne uštede i bez skupih rekonstrukcija. Otvarena ušteda se može dalje ulagati u razvoj svih komponenti programa za integralno upravljanje sistemom, naplatom, gubicima i potrošnjom.

Prikazani rezultati i iskustva mogu biti dragocena osnova i podrška vodovodnim sistemima u Srbiji, naročito manjim, koji pored malih budžeta najčešće imaju i probleme sa izraženim gubicima vode, nedostatkom kadrova i razumevanja problema izvan preduzeća.

Ključne reči: gubici vode, IWA metodologija, svetska iskustva, stanje u Srbiji, sistemi podrške odlučivanju, GIS

Summary

Nowdays it is more than clear that water resources are limited and exhaustive, the need for constant monitoring and active management of water resources is recognized. Even the best water supply system can not eliminate the occurrence of water loss, but the losses can be managed with passive and active measures in real time.

Success of the operation of a water supply system is influenced by many factors, including the availability of water resources, social awareness, education of personnel, equipment, pricing and recoverability of resources and many others. Very often an opinion of successful functioning of the system is created by showing the results of operations and parameters in such a way that they give a nice image of a system and its management. To be able to objectively evaluate the performance of a system, transmit a positive experience, to range water supplz systems by their performances, it is necessary to introduce unbiased technical indicators. The final goal is valuable water resources are being used rationally.

Research in this field should approach this complex problem to both experts and operators and everyone involved directly or indirectly in making decisions about how to manage water systems. The goal is to get through the set deadlines, make optimal system recognition and all of its advantages and disadvantages, to set realistic and achievable goals and to shift to the phase of active management vodovodom and losses and their programming and maintenance of economically feasible level.

Survey conducted in this study explains application IWA methodology for determining the water balance and technical indicators. The experience gathered in the world is presented, both in developed and technologically well-equipped water supply systems, organized in the measurement zone, with implemented active system management, as well as experience in developing countries, who actively involved in the implementation of performance indicators.

For a successful implementation of unbiased indicators of functioning, it is necessary to have access to quality information about the system and its specific features, develop appropriate strategies and plans, get site measured data, provide IT equipment and appropriate software for the collection, processing, storage and use of data, and carry out a survey of losses and rehabilitation on the water supply system.

Equally important task is to provide an institutional framework for enterprises to provide support by the public, users and founders, trained staff, consistently implementing its plans and make improvement to the water supply system and the system for managing the water supply network, billing and demand. These complex tasks, with the initial idea of reducing system losses, saving water and material resources and thus improving the reliability and quality of service to users, can be achieved only by the active and integrated approach to the problem, moving from a reactive to an active way of managing the system, consumption and losses.

In this study the initial prototype of decision support system is presented, which is in permanent development, with a description of the tasks and objectives to be met. Its components and importance of each are shown. The goal is the transformation of the prototype into a integral system to deal with data base system, the knowledge base, with the numerical simulation of the system and display the results using GIS technology, with the aim of testing the effects of planned actions prior to implementation of the system.

Perfomance analysis of water supply systems in Serbia have shown the applicability of the IWA methodology and its adoption is recommended, and systematic work to modernize water supply systems and the introduction of active management. The performances of Serbian water supply systems are unsatisfactory, this problem is very difficult and should be one of the priority tasks of national development programs.

There is a case study of water supply in Pirot performances; results presented have proven IWA methodology technical indicators impartiality. Well calibrated hydraulic model has been used to simulate the effect of system zoning and the introduction of pressure control, proving that significant cost savings can be achieved without costly reconstruction. Achieved financial savings can be further used to continue to invest in the development of all components of the program for the integrated management system, billing, losses and consumption.

Results and experience presented can be a valuable basis and support for water supply systems in Serbia, especially smaller ones, which in addition to small budgets often have problems with excessive loss of water, lack of compentent staff and understanding of issues outside the company.

Keywords: water losses, IWA methodology, the global experience, the situation in Serbia, Decision Support Systems, GIS

Akronimi

A	-	Awarenes Time (vreme opažanja i prijavljivanja)
AI	-	Artificial Intelligence (veštačka inteligencija)
ALC	-	Active Leakage Control
ANN	-	Artificial Neural Networks (veštačke neuronske mreže)
AP	-	Prividni gubici (Apparent Losses)
API	-	Application Programming Interfaces
AZNP	-	Srednji noćni pritisak u zoni
BABE	-	Bursts and Background Estimates (Procena skrivenih i gubitaka na oštećenjima)
BAT	-	Best Available Technology (Najbolje raspoložive tehnologije)
BAC	-	Naplaćena registrovana potrošnja (Billed Authorised Consumption)
Benchmarking	-	Eksterna evaluacija performansi
BAWP	-	Best Available World Practice
BIT	-	Business Improvement Toolbox
BWS	-	Board of Water Supply (Honolulu, Hawaii)
CAD	-	Computer-Aided Design
CORBA	-	Common Object Request Broker Architecture
CAGR	-	Compound Annual Growth Rate (Zbirna godišnja stopa rasta)
CLIPS	-	C Language Interface Production System
COM	-	Component Object Model
DBMC	-	Database Management Component (Komponenta za upravljanje bazama podataka)
DBMS	-	Database Management System
DCOM	-	Distributed Component Object Model
DDE	-	Dynamic Data Exchange
DEM	-	Digital elevation model (Digitalni model terena)
DLL	-	Dynamic Link Library
DMC	-	Dialog Management Component (Komponenta za upravljanja dijalogom)
DMA	-	District Metering Area (Merna zona)
DPSIR	-	Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Responses (Vodeća sila-Pritisak- Status-Uticaj-Odgovor)

DSS	- Decision Support System (Sistem podrške odlučivanju)
DVGW	- Nemačko poslovno udruženje vodovoda
GA	- Genetic algorithms
GAT	- Generally Achievable Technology (Generalno ostvarive tehnologije)
GADS	- Geo-data analysis and display system
GDAL	- Geospatial Data Abstraction Library
GIS	- Geographic Information Systems (Geografski informacioni sistem)
GML	- Geography Markup Language
GPS	- Global Positioning Systems
GRASS	- Geographic Resource Analysis Support Systems
GUI	- Graphical User Interface
EAR	- European Agency for Reconstruction
ELL	- Economic Leakage Level (Ekonomski dopustiv nivo gubitaka)
ES	- Ekvivalentni stanovnik
EU	- Evropska unija
ES	- Expert system
ESRI	- Environmental Systems Research Institute
FAVAD	- Fixed and Variable Area Discharges
FEMA	- Federal Emergency Management Agency
HSPF	- Hydrological Simulation Program-Fortran
ILI	- Infrastructure Leakage Index
ILWIS	- Integrated Land and Water Information System
IT	- Information Technology (Informacioni sistemi)
IWA	- International Water Assotiation (Međunarodno udruženje za vode)
KC	- Knowledge Management (Komponenta za upravljanje znanjem)
k.s.p.	- kada je sistem pod pritiskom
L	- Location time (Vreme lociranja)
MCS	- Međunarodna Mercalli-Cancani-Sieberg skala intenziteta potresa
MMC	- Model Management Component (Komponenta za upravljanja modelima)
NDF	- Nigt-Day Factor (noć-dan faktor)
NRV	- Non Revenue Water (Nenaplaćena voda)
OFWAT	- Office of Water Services
OGC	- Open Geospatial Consortium
OLE	- Object Linking and Embedding
O&M	- Operation & Management (Operacije i održavanja)

PI	- Performance Indicator
PM	- Performance Measures (Izbor relevantnih pokazatelja uspešnosti)
PRAM	- Modeliranje redukcije i upravljanje pritiscima
PD	- Process documentation (Utvrđivanje stanja, ažuriranje tehničke dokumentacije)
QGIS	- Quantum GIS
R	- Repair time (vreme popravke)
RW	- Revenue Water (Voda koja donosi prihod)
RQP	- Regulisanjem pritiska po protoku
RTC	- Real-time control (Kontrola u realnom vremenu)
SAGA	- System for Automated Geoscientific Analyses
SBC	- Single-board computer
SC	- Stakeholders Component (Komponenta za upravljanje interesnim grupama)
SCADA	- Supervision, Control, Data Acquisition and Data Analysis System
SDMC	- Spatial Data Management Component (Komponenta za upravljanje i vizuelizaciju prostornih podataka)
SEBAL	- The Surface Energy Balance Algorithm for Land
SA	- Self Assessment (Interna evaluacija performansi)
SWAT	- Soil and Water Assessment Tool
TF	- Task Force (Radna grupa)
TIRL	- Technical Indicator of Real Losses (Tehnički pokazatelj stvarnih gubitaka)
UARL	- Unavoidable Real Losses (Neizbežni godišnji stvarni gubitak)
UAC	- Nenaplaćena registrovana potrošnja (Unbilled Authorised Consumption)
VOS	- Vodoprivredna osnova Srbije
WL	- Gubici vode (Water Losses)
WFD	- Water Framework Directive (Okvirna direktiva o vodama)
WSAA	- Water Services Association of Australia
XML	- Extensible Markup Language (Proširivi (meta) jezik za označavanje tekstualnih dokumenata)

1 UVOD

Nagli tehnološki i industrijski razvoj, buran demografski rast i brza urbanizacija, u nekoliko poslednjih decenija, suočili su čovečanstvo sa ogromnim problemima oko obezbeđenja dovoljnih količina kvalitetne vode za potrebe stanovništva, industrije i poljoprivrede. Kritične situacije oko snabdevanja vodom, iz dana u dan, su sve složenije, s obzirom da stalno i naglo rastu potrebe za neophodnom kvalitetnom vodom. Resursi pitke vode u svetu, pa tako i u Srbiji su sve ograničeniji, kvalitativno i količinski, zbog njihove prostorne i vremenske neravnomerne raspoređenosti, ali i zbog sve intenzivnijeg zagađivanja.

Broj stanovnika na zemljinoj kugli je u stalnom porastu, čime se stalno uvećavaju potrebe za pitkom vodom. Brz industrijski razvoj takođe nameće potrebe za povećanjem količina vode. Pored toga, u celom svetu je prisutan trend uvećanja urbanih centara i stvaranja megalopolisa, tako da dolazi i do prostorne koncentracije potreba za vodom i potrošnje, pa se voda mora dovoditi sa sve većih udaljenosti.

S druge strane, ograničeni resursi vode su ugroženi procesima zagađenja. Pored toga, globalno zagrevanje izaziva sve jače suše i neravnomernu izdašnost izvorišta tokom godine, tako da često postoji nedostatak vode onda kada su najveće potrebe za njom. Stručnjaci upozoravaju da će sredinom 21. veka jedan od najvećih problema u Evropi biti nedostatak vode za piće. Slična situacija se može očekivati i u Srbiji.

U vremenu kada se shvata značaj racionalnog korišćenja svih prirodnih resursa, kada je više nego jasno da su izvori vode ograničeni i iscrpljivi, nameće se i potreba za stalnim praćenjem i aktivnim upravljanjem vodnim resursima. Određene procene u svetu kazuju da investiciona ulaganja u racionalno vodosnabdevanje i smanjivanje gubitaka vode iz sistema, samim time i specifične potrošnje po stanovniku, mogu biti višestruko manja od troškova angažovanja novih vodnih resursa za vodosnabdevanje.

Sistemi vodosnabdevanja u svetu su iz različitih razloga podložni gubicima vode, podrazumevajući pod time količinu vode koja je uneta u sistem ali nije isporučena korisniku ili nije iskorišćena na ispravan način. Čak ni najbolji sistemi vodosnabdevanja ne mogu eliminisati pojavu gubitaka vode, ali se zato gubicima može upravljati, kako pasivnim, tako i aktivnim merama u realnom vremenu. U razvijenim državama problemu racionalizacije funkcionisanja komunalnih sistema se pridaje puno pažnje i ulažu se naponi da se gubici smanje na razumnu meru, stalnim osmatranjem sistema i uvođenjem novih tehničkih mera i upravljačkih procedura, kao i raznih institucionalnih mera [31].

Na uspešnost funkcionisanja nekog sistema za vodosnabdevanje utiče mnogo činilaca, među kojima su i dostupnost izvora vode, društvena svest, obrazovanost kadrova, opreme, cene i naplativost resursa i mnogi drugi. Vrlo često se stvara privid uspešnog funkcionisanja sistema, tako što se resursi kojih naoko ima u izobilju, isto tako koriste, prikazujući rezultate poslovanja i parametre na način da oni daju lepu sliku o nekom sistemu i njegovom menadžmentu. Sve naravno zavisi, od zacrtanih ciljeva, mogućnosti i sposobnosti da se oni ostvare.

Da bi se ocenila uspešnost nekog sistema, kao i da bi se mogla prenositi pozitivna iskustva, kao i da bi se sistemi rangirali po uspešnosti njihovog funkcionisanja, potrebno je uvesti nepristrasne pokazatelje, koji se u određenim situacijama mogu prilagoditi specifičnim uslovima na određenim područjima, ali je potrebno da budu postavljeni u nameri da se vredni resursi racionalno koriste [2].

U Srbiji je do skoro primenjivan princip da je društvena zajednica obezbeđivala funkcionisanje javnih vodovoda i propisivala neekonomske cene vode, držeći se načela da je voda pre svega društveno bogatstvo i da se zbog toga nikome ne sme uskratiti pravo na pitku vodu. Diktirana vrlo niska cena vode, naročito tokom teške ekonomske krize, čijom naplatom često nije bilo moguće obezbediti fondove ni za osnovno održavanje, nije stvarala interes niti omogućavala održivi razvoj komunalnih sistema. Tako izgrađen odnos doveo je do toga da se razvoju sistema nije posvećivalo dovoljno pažnje, već se održavanje uglavnom svodilo na dogradnju sistema. U današnjoj situaciji, veliki deo vodovodnih sistema u Srbiji je jako star i u velikoj meri ima puno nepoznanica i problema u funkcionisanju.

Za ocenu uspešnosti funkcionisanja vodovodnih sistema najčešće je korišćen procenat količine vode isporučene korisniku u odnosu na zahvaćenu, ili procenat naplaćene potrošnje, koji u principu često biva različito tumačen i sračunat na osnovu paušalnih tj. neizmerenih podataka. Pri tome se ne uzimaju mnogi drugi faktori koji realno utiču na funkcionisanje sistema i stepen njegove efikasnosti.

1.1 Predmet i cilj istraživanja

Predmet ovog naučnog istraživanja je provera primenljivosti pokazatelja uspešnosti rada sistema predloženih od strane Međunarodnog udruženja za vodu IWA (International Water Association) za ocenu stanja vodovodnih sistema u Srbiji sa posebnim akcentom na manje sisteme i eventualno predlaganje novih objektivnih pokazatelja uspešnosti kako bi sistemi mogli prepoznati svoje karakteristike, uspešnost u funkcionisanju i bili uporedivi sa drugim sistemima iz okruženja ili drugih država, ili još bolje, uporedivi sa sobom tokom vremena.

Istraživanja u ovoj oblasti imaju za cilj da ovu složenu problematiku približe kako ekspertima, tako i operaterima i svima koji učestvuju posredno ili neposredno u procesu donošenja odluka o načinu upravljanja sistemima za vodosnabdevanje. Cilj je da se kroz optimalno zacrtane rokove izvrši prepoznavanje sistema i svih njegovih prednosti i nedostataka, da se postave realni i ostvarivi ciljevi i da se pređe u aktivnu fazu upravljanja i gubicima i njihovim programiranjem i održavanjem na ekonomski isplativom nivou. Gubici ne spavaju, a dok mi spavamo, oni lagano ali sigurno rastu [32].

U svetu su danas u razvoju metodologije za procenu uspešnosti rada vodovodnih sistema (Perfomanse Indicators), ali i metodologije za upoređivanje uspešnosti rada između različitih vodovodnih sistema sistema (tzv. Benčmarking) [2]. Međunarodno udruženje za vodu IWA (International Water Assotiation) je dalo preporuke za primenu pokazatelja uspešnosti i veliki broj razvijenih država je tu metodologiju prihvatio kao standard, dok zemlje u razvoju vrše obnavljanje svojih sistema i prilagođavaju ih standardima koji važe u razvijenim zemljama.

Primenljivost metodologije predložene od strane IWA trebalo bi proveriti na primeru ocene uspešnosti rada srpskih sistema vodosnabdevanja i predložiti njeno prihvatanje u celosti, ili eventualno predložiti njeno privremeno ili trajno prilagođavanje uslovima u kojima rade naši sistemi, kako bi naši sistemi mogli samostalno proveravati sopstvenu efikasnost, ali i uporediti svoj učinak sa drugim sistemima u Srbiji i razvijenim evropskim i svetskim državama [35].

1.2 Zadaci istraživanja

Zadaci ovog istraživanja podrazumevaju sledeće:

- Definisane probleme;
- Analizu postojećih tehničkih pokazatelja uspešnosti vodovodnih sistema i analizu iskustava iz razvijenih i zemalja u razvoju, u cilju provere njihove primene u Srbiji;
- Sistematizaciju neophodnih informacija o funkcionisanju vodovodnih sistema u Srbiji, koristeći pre svega prikupljene podatke tokom 2004-05 u neposrednom kontaktu sa vodovodima, određivanje i sistematski prikaz pokazatelja uspešnosti i upoređenje sa sistemima u razvijenim državama;
- Predlaganje eventualnog prilagođavanja pokazatelja uspešnosti preporučenih od strane IWA;
- Prikaz i predlog prioriteta tehničkih mera za popravljavanje uspešnosti funkcionisanja naših vodovodnih sistema, sa posebnim osvrtom na sisteme u manjim naseljima;
- Provera efekata uspešnosti pojedinih tehničkih mera za popravljavanje hidrauličkih uslova tečenja na numeričkom modelu demo sistema u Srbiji sa izraženim problemima u funkcionisanju i provera kako se poboljšanje hidrauličkih uslova odražava na vrednosti pokazatelja uspešnosti;
- Diskusija dobijenih rezultata i analiza upotrebljivosti IWA preporučenih pokazatelja u našim uslovima;
- Izvođenje zaključaka i preporuka.

1.3 Rezultati istraživanja

Pretpostavlja se da postoje dovoljno objektivni kriterijumi za vrednovanje uspešnosti tehničkog funkcionisanja poslovnih sistema, uključujući i komunalne. Da bi se ocenila uspešnost funkcionisanja potrebno je uspostaviti određene kriterijume i na osnovu njih stvoriti osnov za planiranje i realizaciju i prelazak sa reaktivnog načina održavanja sistema na proaktivni [31].

Matematički modeli mogu poslužiti kao alat za modeliranje ponašanja sistema i uspešno se iskoristiti u funkciji ne samo analize, već i aktivnog upravljanja sistemima. Mogućnost prelaska sa nivoa prepoznavanja i otkrivanja gubitaka vode iz vodovodnih sistema na nivo upravljanja gubicima vode u smislu njihovog svođenja na neizbežni nivo, što treba da rezultuje podizanjem kvaliteta usluga i smanjenjem troškova.

Glavni rezultat ove disertacije biće provera primenljivosti IWA metodologije za prikazivanje parametara uspešnosti funkcionisanja vodovodnih sistema u Srbiji, kao i prototip integrisanog softverskog sistema, koji uključuje GIS alate, baze podataka, simulacione i optimizacione modele i sisteme za podršku odlučivanju, koji treba da omogući menadžerima i donosiocima odluka da, na osnovu stvarnih podataka o sistemu vodosnabdevanja i naučnih predviđanja uticaja mogućih akcija, donesu optimalne odluke i približe se optimalnom iskorišćenju vodnih i energetskih resursa, uz istovremeno obezbeđenje očuvanja kvalitetnog snabdevanja potrošača kvalitetnom pijaćom vodom i minimiziranje troškova eksploatacije sistema. Prototip programskog sistema biće testiran na primeru optimizacije rada sistema vodosnabdevanja u Pirotu.

1.4 Motivacija

Sistem menadžeri moraju biti u stanju da identifikuju problematične oblasti koje zahtevaju intervenciju u sektorima za koje su odgovorni, da odrede prioritete u rešavanju identifikovanih problema i da predlože najpovoljnija rešenja za te probleme, obzirom na, pre svega, budžetska ograničenja koja se nameću donosiocima odluka.

Informatički alati koji omogućavaju jednostavnije definisanje problema i izbor najpovoljnijih i najpouzdanijih modela za njihovo rešavanje, sa jedne strane i analizu i određivanje prioriteta problema kvaliteta vode, sa druge strane, danas su neizostavni kao pomoć kako bi se odredilo najbolje moguće korišćenje raspoloživih sredstava za kontrolu rada sistema i aktivno upravljanje gubicima. U ovoj oblasti u poslednjih nekoliko godina je objavljeno mnogo knjiga, radova i studija, ali se oni bave ovom problematikom uglavnom teorijski, dok je praktično malo učinjeno na razvoju sveobuhvatnog, upotrebljivog mehanizma za podršku odlučivanju za pomoć menadžerima u procesu donošenja odluka.

Problem koji ovaj istraživački rad pokušava da obradi je kako da se prošire i poboljšaju mogućnosti primene raspoloživih simulacionih i optimizacionih modela, da se poboljša kvalitet donošenja odluka primenom informatičkih tehnologija i celokupni proces kontrole očuvanja kvaliteta vode, aktivnog upravljanja gubicima vode i smanjenja potrošnje energije sa aspekta definisanja kvalitetnijih i ekonomičnijih rešenja, čime se može usporiti starenje elemenata sistema vodosnabdevanja i odložiti ulaganja u zamenu postojećih cevi i crpnih agregata uz smanjenje potrošnje energije.

1.5 Praktična primena rezultata istraživanja

Dosadašnja primena pokazatelja uspešnosti ukazuje na mogućnost dobijanja nejasnih, aproksimativnih i ponekad neusaglašenih ocena. Zbog toga su neophodna dodatna istraživanja lokalnih uslova i tehničkih specifičnosti u kojima funkcionišu vodovodi u Srbiji, naročito oni u manjim mestima, koji imaju manje kadrovske i finansijske kapacitete, relativno nizak stepen prihoda i otežan pristup budžetima domaćih i stranih institucija za kapitalne intervencije, pa se reorganizacija sistema mora sprovoditi planski i postepeno, korak po korak.

Tehnički pokazatelji uspešnosti daju ocenu stanja vodovodnih sistema, ali ne ukazuju na metodologije kojima se postiže poboljšanje stanja.

Praktična primena rezultata istraživanja podrazumeva [35]:

- Pomoć vodovodnim sistemima, naročito manjim, da na objektivan način provere sopstvenu efikasnost;
- Mogućnost upoređivanja uspešnosti funkcionisanja sopstvenog sa drugim sistemima;
- Poboljšanje funkcionalnosti i kvaliteta usluga koje pružaju sistemi za vodosnabdevanje, primenom tehničkih mera za pasivno i aktivno upravljanje funkcionisanjem vodovodnih sistema;
- Utvrđivanje prioriteta za sprovođenje tehničkih mera za popravljavanje stanja i rekonstrukciju, naročito u manjim mestima, gde uglavnom postoji nedostatak stručnih kadrova i sredstava za kapitalne intervencije na sistemima;
- Prelazak na principe održivog razvoja vodovodnih sistema;
- Određivanje realnih cena usluga koje sistemi pružaju.

1.6 Organizacija teze

Rezultati istraživanja, koja su sprovedena u poslednjih nekoliko godina na realizaciji teze, prezentovani su kroz šest poglavlja i to:

- Poglavlje 1 je uvodno poglavlje u kome se definiše predmet, ciljevi i motivacija za izradu teze, metodologija istraživanja i obrazloženje strukture disertacije;
- U Poglavlju 2 su prikazani generalni principi, metodologija i analitički okvir za implementaciju IWA metodologije za određivanje tehničkih pokazatelja efikasnosti sistema vodosnabdevanja, uz njihov detaljan opis i prikazivanje svetskih iskustava u njihovoj dosadašnjoj primeni;
- U Poglavlju 3 je obrađena strategija za upravljanje gubicima; naime, iz pozicije pasivne uloge, tj. osmatranja i interventnog delovanja, obzirom da najveći resursi za povećanje količina vode leže upravo u izgubljenoj vodi, a ne u pronalaženju i priključivanju novih izvorišta sa sve većih daljina, treba preći u poziciju aktivnog upravljanja gubicima, koji su neizbežna pojava; oni jesu nepoželjni, a ako su neizbežni, treba ih kvantifikovati, držati pod kontrolom i sprečavati njihovo uvećanje preko neke normalne mere. Borba za potpuno eliminisanje gubitaka je unapred izgubljena i preskupa, pa tako treba pronaći stepen gubitaka koji ima ekonomsko opravdanje u odnosu na ulaganja u borbu protiv gubitaka, koja jednog momenta mogu postati previsoka u odnosu na efekte koji se mogu postići;
- U Poglavlju 4 dat je prototip programskog sistema za podršku integralnom upravljanju sistemom za vodosnabdevanje, sa prikazom svih komponenti i njihove uloge u procesu IT upoznavanja karakteristika sistema i njegovih delova, prepoznavanju prednosti i problemima u radu, integrisanju iskustava, kako iz samog sistema, tako i iz baza znanja o sličnim sistemima, sračunavanju tehničkih i komercijalnih pokazatelja uspešnosti funkcionisanja, potrebe za uvođenjem merenja, kontrolnih uređaja za upravljanje sistemom, prikupljanje parametara za izradu kratkoročne i dugoročne strategije upravljanja sistemom, potrošnjom i gubicima. Sistem ne može bezuslovno funkcionisati, već na samom početku se nameće potreba uvođenja IT tehnologija, nabavke merne opreme, telemetrije, softvera, organizacije merenja i sistematizacija baza podataka, za šta je potrebna institucionalna i finansijska podrška, da bi se u razumnim vremenskim okvirima promenio način upravljanja sistemom, a integralni sistem upravljanja koristio kao sredstvo u sagledavanju unapred mogućih scenarija i donosiocima odluka pomogao da aktivno u realnom vremenu i unapred programirano upravljaju radom i razvojem sistema u cilju dostizanja zacrtanih ciljeva. Razrađen je koncept sistema i faze njegovog razvoja, definisana je arhitektura, komponente, razvoj softvera i način korišćenja, kao i inicijalni prototip softvera sistema podrške odlučivanju;
- U Poglavlju 5 je prikazano stanje vodovodnih sistema u Srbiji, na osnovu sprovedene ankete u javnim preduzećima u Srbiji i odabrana 36 sistema, koja su imala dovoljno podataka da se može primeniti IWA metodologija i izvršeno upoređenje dobijenih pokazatelja sa sistemima u svetu. Izvršena su merenja, kalibracija vodovodnog sistema u Pirotu, čiji se sistem pokazao kao reprezentativan za stanje u Srbiji, gde je opet na osnovu niza prikupljenih podataka izvršen izbor i analiza niza podataka reprezentativnih za poslednjih desetak godina. Sistem je zoniran na hidrauličkom modelu i izvršene simulacije sa uvedenim merama redukcije pritiska koje su pokazale da se gubici mogu smanjiti, ali da infrastrukturni indeks gubitak praktično ne menja svoju vrednost, što ukazuje na loše infrastrukturno stanje sistema i da je neophodno načiniti integralni plan

za smanjenje i kontrolu gubitaka, ali i rekonstrukciju sistema, kao neophodnu meru za smanjenje neizbežnih gubitaka;

- U Poglavlju 6 su analizirani najvažniji rezultati, naučni i stručni doprinos disertacije i dat je opšti zaključak, preporuke i pravci budućih istraživanja u ovoj oblasti. Iako se često čini da se uvođenje novih, efikasnijih načina upravljanja dešava sporo “i da je to potrebno nekom drugom”, podaci o stanju naših sistema za vodosnabdevanje treba da izazovu zabrinutost društvene zajednice, koja je sada prisutna kod eksperata i ljudi koji se direktno bave izradom i sprovođenjem planova proizvodnje i distribucije vode. Stanje infrastrukture naših sistema daleko je od zadovoljavajućeg nivoa i mora se pažljivo pristupiti njihovoj rekonstrukciji i modernizaciji monitoringa upravljanja. U nekim manjim i siromašnim državama, koje su tehnološki bile daleko slabije razvijene od naše, preduzeti su odlučni koraci na uvođenju mera za unapređenje rada vodovodnih sistema po uzoru na lidere u ovoj oblasti (V. Britanija, Nemačka, Austrija, SAD, Australija, J.Afrika itd) [37].

2 METODOLOGIJA ODREĐIVANJA IWA TEHNIČKIH POKAZATELJA USPEŠNOSTI FUNCIONISANJA VODOVODNIH SISTEMA

2.1 Uvod

Zahtevi održivosti, energetske efikasnosti, ekonomičnosti i zaštite životne sredine, pretpostavljaju da se i rad vodovodnih sistema proveri na objektivan način, da bi se sredstva, koja su bez obzira na ekonomsku snagu društvene zajednice ograničena, a nekada i jako skromna, mogla promišljeno iskoristiti. U centru pažnje su najčešće gubici vode, sagledani i kroz tehničke i finansijske aspekte. To posebno važi u situacijama kada se uvode ograničenja u korišćenju vodovodnih sistema, a neki potrošači ostaju bez snabdevanja.

Probleme u razumevanju i upoređivanju karakteristika različitih sistema neminovno unose i različiti načini sračunavanja i izražavanja gubitaka. Gubici su samo jedan od pokazatelja uspešnosti i efikasnosti rada jednog vodovodnog sistema. Zbog mnoštva zainteresovanih strana (korisnici, operateri, javnost, političari, lokalna i centralna vlast itd.), postoji dosta različitih i ponekad oprečnih pokazatelja poslovanja odnosno pokazatelja uspešnosti (PI – Performance Indicator). Iako se podrazumeva da su jasno definisani, lako razumljivi i laki za upotrebu, objektivni itd. izbor pokazatelja nije jednostavan.

U zavisnosti od situacije i potrebe, izborom načina prikazivanja može se uticati na sliku stanja nekog vodovodnog sistema. Po definiciji [31], pokazatelj uspešnosti je kvantitativna ocena nekog posebnog poduhvata, ili kvaliteta usluge, koji značajno pojednostavljuje jedan kompleksan posao kao što su monitoring i ocena efikasnosti jednog sistema.

2.2 Gubici vode u vodovodnim sistemima

Gubici vode se javljaju u svim distributivnim sistemima, samo se razlikuju količine izgubljene vode. Stepem gubitaka zavisi od karakteristika cevovoda i drugih lokalnih faktora, odnosa komunalnog preduzeća prema ovom problemu, kao i nivoa tehničke opremljenosti, znanja i spremnosti da se uvede aktivna politika borbe i gubici stave pod kontrolu. Stepem gubitaka iz sistema vodosnabdevanja se veoma razlikuje od države do države, kao i u različitim regionima jedne iste države. Komponente gubitaka vode i značaj koji im se pridaje takođe se razlikuje od države do države. Jedan od oslonaca strategije za borbu protiv gubitaka vode jeste da se shvati značaj svake pojedinačne komponente gubitaka i obezbedi da se svaka izmeri što je moguće tačnije, tako da se prioriteti mogu definisati kroz specifične akcione planove za aktivno upravljanje gubicima vode.

Stvarnim gubicima se smatraju curenja iz cevi, spojeva i fazonerije, procurivanja kroz zidove i dna rezervoara, kao i prelivanja iz rezervoara [2]. Stvarni gubici mogu biti neprimetni (tj. ne mogu se direktno registrovati instrumentima za detekciju) i mogu se odvijati mesecima, pa čak i godinama. Količine izgubljene vode u velikoj meri zavise od karakteristika cevi i politike otkrivanja i popravljanja procurivanja koju sprovodi komunalno preduzeće, tj:

- visine pritiska u mreži;
- učestalosti pojave havarija i karakterističnih količina vode koja se tom prilikom gubi kao i učestalosti pojave i intenziteta procurivanja;
- procenat novonastalih procurivanja koji se registruje i prijavi;
- „vreme opažanja i prijavljivanja” („Awareness Time” (A)) tj. koliko obično vremena prođe dok se gubitak vode primeti;
- „vreme lociranja” („Location Time” (L)) tj. kojom brzinom se svaki novi gubitak locira;
- „vreme popravke” („Repair Time” (R)) vremenski period potreban za otklanjanje kvara ili za zatvaranje dovoda vode do mesta oštećenja);
- stepen neprimetnih gubitaka (mali gubici koji se ne mogu otkriti standardnim tehnikama detekcije).

2.3 Posvećenost problematici u drugim državama

Dokle su stigli oni koji su ranije krenuli, koja su njihova dobra, a koja loša iskustva? Jedan od osnovnih zadataka ovih istraživanja je podizanje profesionalnog nivoa u ovoj oblasti i podsticanje upotrebe jedne efikasne, robusne, dobro zamišljene metodologije, koja je zasnovana na objektivnim pokazateljima, poznatim kao pokazatelji efikasnosti (PI-Performance Indicators). Treba navesti korisnike - operatere vodovodnih sistema, da ove pokazatelje koriste u svakodnevnoj praksi za objektivno donošenje odluka. Ovo je već standardna praksa u Zapadnoj Evropi, Severnoj Americi, Australiji, Japanu, a tim putem idu i mnoge druge zemlje, kao što su Trinidad i Tobago, Južna Koreja i ostale. Gledano šire u okviru vodovoda, određivanje gubitaka je u funkciji unapređenja poslovanja sistema. To je uobičajen postupak u ekonomiji, sportu, biznisu, pa zašto ne bi bio primenjen i u vodovodima. Andersen u svojoj knjizi Business Improvement Toolbox, daje osnovne korake da se unapredi poslovanje organizacije:

- Utvrđivanje stanja, ažuriranje tehničke dokumentacije (Process Documentation)
- Izbor relevantnih pokazatelja uspešnosti (Performance Measures)
- Interna (Self assessment) i eksterna (Benchmarking) evaluacija performansi
- Planiranje unapređenja sistema, preporuke za unapređenje stanja
- Implementacija plana za unapređenje stanja

Ima nekoliko pristupa, od kojih se svakako izdvajaju, pristup koji se koristi u Velikoj Britaniji, tačnije u Engleskoj i Velsu, nametnut od strane OFWAT-a (Office of Water Services), i onaj koji se trenutno sprovodi u Portugaliji i Nemačkoj. Engleski pristup je bio najradikalniji, i kako su oni dugo godina bili vodeći, ljudi su mogli da nauče mnogo od njih, kako dobre stvari, tako i kako blagovremeno sprečiti rđave stvari do kojih bi moglo doći.

2.3.1 Preporuke Međunarodne asocijacije za vode (IWA)

Godine 1996. Komitet za upravljanje i održavanje vodovodnih mreža, Međunarodne Asocijacije za Vode, IWA, formira Radnu grupu (Task Force) sa dva glavna cilja:

- da pripremi standardnu terminologiju za računanje stvarnih i prividnih gubitaka, i
- da pregleda postojeće pokazatelje efikasnosti i preporuči one koji se mogu koristiti nezavisno od lokalnih prilika u jednoj sredini.

Rezultati rada radne grupe objavljeni su u obliku Priručnika [2], a izvod u obliku članka, poznatog kao „Blue Pages“ [70].

2.3.2 Značaj pouzdanih merenja

Uporedo sa namerom da se procenjuju gubici treba da ide i uvođenje pouzdanog merenja, jer bez merenja nema pravog upravljanja sistemom, nema pravog bilansiranja, a ne mogu se odrediti ni gubici. U našem okruženju bili su česti slučajevi davanja procena rada sistema, uključujući i procene gubitaka, a da se ne sprovode skoro nikakva merenja. Veliki trud je uložen u ovoj studiji da se prikupe podaci na osnovu dobro osmišljenog upitnika i interaktivne komunikacije sa najvećim delom vodovoda, urađena je osnovna analiza kvaliteta odgovora, ali treba biti svestan da pre otpočinjanja bilo kog konkretnog posla u nekom gradu sledi još jedan veoma značajan korak – još jedna provera kvaliteta podataka koji su dostavljeni.

Najvažniji podatak je količina vode koja ulazi u mrežu, a treba meriti i količine vode koje se zahvataju i količine koje isporučuju postrojenja za pripremu vode.

Analizom i reorganizacijom mreže (podela na zone potrošnje) doći će se do novih mesta gde treba meriti količine vode, da bi se mogao zatvoriti bilans za delove mreže. U borbi protiv gubitaka veliki značaj ima merenje noćne potrošnje, posebno za izdvojene zone potrošnje. Proizvoljno postavljanje merača protoka, bilo da nisu ispunjeni hidraulički uslovi za ugradnju, bilo da je nejasno razgraničena zona potrošnje, predstavlja veću štetu od koristi.

Vodomeri koji su instalirani kod potrošača prvenstveno su u funkciji naplate utrošene vode. Treba imati na umu da taj podatak ima značajno manju pouzdanost od već navedenih merenja, čak i u zemljama gde se tačnosti i ispravnosti vodomera poklanja daleko veća pažnja nego kod nas. Radna grupa takođe predlaže da se prema pouzdanosti i tačnosti izmerenog ili procenjenog podatka, podatku pridruži i odgovarajući interval poverenja. Za početak, treba raditi bilansiranje na godišnjem nivou, a sve količine vode izražavati kao zapreminu. Sledeći korak Radne grupe je bio utvrđivanje terminologije koja bi se jedinstveno koristila. Predloženi termini preuzeti su iz prakse zemalja koje su već imale definisane svoje procedure i metodologije za borbu protiv gubitaka.

U periodu posle objavljivanja preporuka do sada, mnoge zemlje su prihvatile predloženi način obračunavanja gubitaka, sa manjim ili nikakvim dopunama, a mnoge zemlje su započele akcije uvođenja reda u svoje sistema (Trinidad i Tobago, Južna Koreja) i dale svoja iskustva u primeni. Pojavio se i softver koji postupak obračunavanja gubitaka maksimalno olakšava [80], a postoji i mogućnost i zadavanja neizvesnosti koje prate određene ulazne podatke. Takođe, posebno je povećana baza podataka o UARL (za nas su to definitivno podaci koji su dobijeni u Nemačkoj.)

Kod poređenja efikasnosti sistema iz različitih zemalja, potrebno je proračunati neke elemente bilansa, a za zemlje koje nemaju definisanu nacionalnu metodologiju, preporučuje se da se

primene kriterijumi IWA, kao osnova, i eventualno, dopune svojim, koji mogu biti bolje prilagođeni lokalnim uslovima. U preporukama se daju komentari o tradicionalnim tehničkim pokazateljima. Tako, na primer, najčešće korišćeni pokazatelj, procenat izgubljene vode u odnosu na količinu vode koja se unosi u sistem, nije pogodan da ukaže ni na uzrok, ni na efikasnost upravljanja i održavanja, jer ne uzima u obzir neke pokazatelje mreže za koje je dokazano da imaju direktnu vezu sa gubicima (broj priključaka, dužina cevi, srednji pritisak, stanje cevi, učestalost pucanja cevi itd). Bolji parametar za prikazivanje gubitaka je odnos prema dužini mreže - po km cevi, ili prema gustini mreže - po priključku. Svetsko iskustvo ukazuje da se zapravo najviše gubitaka javlja na korisničkim priključcima.

IWA preporučuje TIRL (Technical Indicator of Real Losses) [82], koji se izražava kao stvarni gubitak u litrima po servisnom priključku na dan. TIRL se poredi sa UARL (Unavoidable Real Losses - Neizbežni srednji stvarni gubitak), a oba su faktori do kojih se dolazi statističkom analizom. Najčešće korišćeni indikator za ocenu stanja sistema, gubitaka i ocenu kvaliteta upravljanja je odnos ova dva pokazatelja, ILI (Infrastructure Leakage Index).

2.3.3 Međunarodna iskustva

2.3.3.1 Engleska i Vels

U Engleskoj i Velsu ustanovljeno je regulatorno telo, OFWAT (The Office of Water Services), koje postavlja dosta ozbiljne ciljeve u smislu efikasnosti poslovanja, za vodovodne kompanije, koje su po pravilu jako velike. OFWAT odobrava cenu vode, a vodovodne kompanije su obavezne da OFWAT-u dostavljaju određen broj indikatora. Vodovodne kompanije su privatizovane, a uloga OFWAT je da pomiri dva oprečna zahteva: obezbediti kvalitet usluge, ali takođe obezbediti profit deoničarima, što od vodovoda zahteva da posluje ekonomično. Posle dosta lomova i trzavica, koji su doveli do značajnih reorganizacija vodovoda, može se reći da se sistem ustalio. Ima dosta rešenja, koja se mogu iskoristiti i kod drugih sistema, ali u drugim zemljama nema mnogo zainteresovanih da krenu tim putem [86].

2.3.3.2 Nemačka

Nemački vodovodi i asocijacija kojoj oni pripadaju, DVGW, tradicionalno su dobro organizovani i imaju veliki uticaj i značaj u javnosti. Uvođenje regulatora van njihove strukture, kao što je to bio slučaj sa Engleskom i Velsom, bilo bi jako teško. Oni smatraju da, zbog izuzetnog značaja vodovodnih sistema i objektivno visokog tehnološkog nivoa nemačkih vodovoda, ne treba preduzimati rizične korake, kao što je rađeno u Engleskoj. Sa svoje strane, vodovodi i asocijacija DVGW, preduzimaju široke akcije na utvrđivanju stanja sistema, faktora koji direktno utiču na stvarne gubitke vode u nemačkim vodovodima, kao i preporuke za korišćenje indikatora koji to uvažavaju. Konstatovano je da se indikatori IWA u načelu prihvataju, ali je pripremljen i priručnik sa preporučenim setom indikatora i preporukama kako te indikatore unaprediti, opet prilagođeno nemačkim prilikama i njihovoj organizaciji vodovoda. DVGW je prikupio obimnu bazu podataka o kvarovima u kojima se nalaze podaci dobijeni od oko 500 članica asocijacije. Time se pomaže vodovodima da usmere svoje napore ka široko poznatim slabim tačkama vodovoda, kao i da lakše definišu granice do kojih se objektivno može doći u popravljanju stanja. Za vodovode su pripremljena i uputstva sa preporukama za aktivnu borbu za smanjenje gubitaka, sa procenom troškova. Daje se tabelarno broj kvarova po kilometru, razbijeno po tipu cevi, za fazoneriju, kao i za servisne priključke. Daju se i preporuke, šta se smatra niskim, srednjim i visokim gubicima [38]. Ovaj izveštaj je jedan od najkvalitetnijih.

2.3.3.3 Portugalija

Formirano je regulatorno telo "Institut za regulaciju u oblasti voda i čvrstog otpada", čiji je prvi zadatak bio da na bazi lokalnih uslova pripremi Pravilnik i uputstvo za uvođenje pokazatelja za praćenje kvaliteta usluga. Za svaku oblast, voda za piće, otpadne vode i čvrsti otpad, izabrano je po dvadeset pokazatelja i definisani su principi njihove primene. Ideja je da se obezbedi dobar kvalitet usluga na način koji je održiv i za operatora i za životnu sredinu. Takođe, važno je da je sve to primenljivo na sisteme različitih veličina, stepena razvoja, klimatskih, demografskih i drugih karakteristika, koji se javljaju u Portugaliji. Direktor Instituta, J. Baptista, jedan je od koautora knjige o pokazateljima efikasnosti IWA [2], što bi trebalo da znači da se iz ovog iskustva može nešto korisno izvući.

2.3.3.4 Australija

U organizaciji WSAA (Water Services Association of Australia), svake godine objavljuje se knjiga o poslovanju vodovodnih sistema. Vodovodi dostavljaju podatke i oni odgovaraju za verodostojnost [7]. Tokom 2003. godine sprovedena je ozbiljna revizija. Oni su se odlučili za ILI (Infrastructure Leakage Index), i organizovali su workshop-ove da se unapredi način utvrđivanja i prikazivanja ovog indikatora. Takođe, WSAA, obezbeđuje softver za računanje ovog indeksa [140]. U tome se uspelo, a tamo gde je to trebalo, ranije određeni indikatori su ponovo određeni i objavljeni. Za budućnost se planiraju slične aktivnosti i za ostale indikatore.

2.3.3.5 USA

U godišnjem izveštaju za Teksas, za 2004. godinu, kaže se da je zacrtana norma gubitaka 10%, i čim norma pređe tu granicu, borba protiv gubitaka mora da dobije ozbiljnije razmere. Dok je 510 vodovoda prijavilo da ima gubitke manje od norme, dotle njih 710 prelazi dozvoljenu vrednost. Pored njih, još 2,400 vodovoda, nije uopšte dostavilo podatke o gubicima, iako je to po zakonu obavezno. Neki od ovih vodovoda su jako mali, ali neki i nisu.

Takođe, upoređeni su podaci o gubicima dostavljeni dvema institucijama, i konstatovano je dosta odstupanja u podacima od strane istog vodovoda. U 65% slučajeva razlika između dva podatka je bila veća od 5%, a od toga, u 32% slučajeva, veća od 10%. Konstatovano je da je veliki problem to što ne postoje pouzdani podaci o gubicima, a uveliko se planira i govori o milijardama dolara koje treba uložiti u poboljšanje vodosnabdevanja. U zaključku se navodi da od operatera vodovodnog sistema treba tražiti da gubitke spusti do prihvatljive granice pre traženja finansijske pomoći za proširenje sistema ili za proširenje vodnih prava [4].

2.3.4 Opšte o gubicima vode

Poznato je da se gubici vode iz sistema za snabdevanje ne mogu potpuno eliminisati, ali se mogu kontrolisati tako da budu u ekonomski isplativim granicama. Spisak problema koje donose gubici vode je dugačak:

- Visoki stvarni gubici zahtevaju da se zahvata, prerađuje i transportuje više vode nego što su to potrebe korisnika – potrošača;
- Dodatna energija koja se troši za prečišćavanje i transport opterećuje postrojenja za proizvodnju energije, koja su često zavisna od korišćenja velikih količina vode;

- Curenja, isticanja i preliivanja često uzrokuju veće štete i povećanu odgovornost isporučioaca vode;
- Gubici često nađu put do kanalizacije pa se dešava da povećavaju količine vode koja se prečišćava na postrojenju za otpadne vode;
- Visoki gubici vode koji uzrokuju nedostatak i restrikcije u snabdevanju vodom, mogu biti ograničavajući faktor razvoja regiona.

Navedenim se ne iscrpljuje lista negativnih uticaja gubitaka vode, ali je jasno da je ekonomisanje gubicima izuzetno važno. Pre svega treba razjasniti termine koji se uobičajeno koriste.

2.3.5 Gubici i stvarni gubici vode

2.3.5.1 Šta su procurivanja?

Gubici vode su prisutni u svim distribucionim sistemima, pri čemu intenzitet gubitaka varira u veoma širokom opsegu od zemlje do zemlje, i po regionima u istoj zemlji. Važno je napraviti razliku između ukupnih gubitaka vode (ukupna količina izgubljene vode) i stvarnih gubitaka – isticanja i procurivanja. Ukupni gubici vode čine razliku između proizvodnje/plasmana vode i količine vode koja je fakturisana potrošačima. Stvarni gubici su samo jedna komponenta ukupnih gubitaka i uključuju fizičke gubitke na cevima, spojevima i fazonskim komadima, a takođe i prelive na distribucionim rezervoarima, tj. isticanja i procurivanja. Isticanje (većeg intenziteta) obično potiče od pucanja cevi, ili iznenadnog pucanja na spojnicama, dok se procurivanja niskog intenziteta obično dešavaju u dužem vremenskom periodu ali pri malim protocima na spojnicama, cevima, fazonskim komadima i priključcima. Izgubljena zapremina vode u velikoj meri zavisi od radnih pritisaka u sistemu, vremena otkrivanja i popravke kvara. Ovo često zavisi od tipa tla (odnosno da li je kvar vidljiv na površini terena), kao i od politike pojedinačnog preduzeća za vodosnabdevanje prema detekciji i popravci kvarova [35].

Druga komponenta ukupnih gubitaka vode su takozvani prividni gubici, na primer greške pri merenju potrošnje, potrošnja na nelegalnim priključcima ili druga nedefinisana potrošnja. Isticanja vode iz sistema se obično lakše uočavaju i saniraju, pa donose relativno manju štetu od dugotrajnih procurivanja. Dalje će se u ovom delu teksta pažnja posvetiti procurivanju vode iz sistema.

2.3.5.2 Faktori koji utiču na procurivanja

Nivo procurivanja u pojedinom sistemu najdirektnije zavisi od politike preduzeća za vodosnabdevanje, a faktori koji utiču na procurivanja mogu se svrstati u četiri kategorije politike:

- Resursi: finansijski – ljudski – voda
- Stanje infrastrukture: materijali – politika obnavljanja – pritisak
- Institucionalno stanje: struktura – propisi – politika
- Politika kontrole procurivanja: aktivnost – shvatanje – tehnička ekspertiza

Raspoloživost resursa je od ključnog značaja za veličinu procurivanja. U slučaju da je na raspolaganju velika količina vode za vodosnabdevanje stav prema curenjima obično je potpuno drugačiji nego u slučaju da su izvorišta vode oskudna. Finansijski i ljudski resursi takođe predstavljaju veoma značajne činioce.

Stanje infrastrukture i politika rekonstrukcije i rehabilitacije je možda jedan od glavnih razloga za postojanje različitih stepena procurivanja. Izbor i kvalitet materijala i tehnike polaganja cevi, posebno u agresivnom tlu utiču na eksploatacioni vek mreže. Iako starost mreže po sebi ne mora biti odlučujući faktor, u kombinaciji sa drugim činiocima uticaj starosti mreže je veoma značajan. Pored ovoga i konfiguracija sistema značajno utiče na procurivanja vode. Vodovodni distribucionni sistem koji se sastoji od velikog broja relativno kratkih deonica povezanih u čvorištima, sa velikim brojem zatvarača, hidranata, priključaka, vodomera ima prirodnu sklonost ka pojavi kvarova i procurivanja.

Institucionalna politika u velikoj meri usmerava shvatanje i stavove prema procurivanjima. Ovo dalje utiče na investicije i ljudske resurse koji će biti angažovani za kontrolu procurivanja. Stav republičke ili lokalne vlade, agencija i opštine utiču na organizaciju i rad vodovodnog sistema. Politički uticaji mogu biti od velikog značaja – „služiti zajednici“ razvojem novog izvorišta ili gradnjom novog postrojenja za prečišćavanje vode za piće svakako donosi veći publicitet od iniciranja politike smanjenja gubitaka vode.

Politika kontrole gubitaka definiše nivo aktivnosti i time nivo procurivanja u mreži. Politika može varirati od one sa veoma niskim nivoom aktivnosti i popravkom samo vidljivih kvarova, do one gde se prate proticaji u odvojenim zonama da bi se odredile zone sa visokim procurivanjima.

Značaj i shvatanje procurivanja – Značaj procurivanja je relativan, zavisno od toga da li se radi o oblasti sa dovoljnim količinama vode za snabdevanje ili o oblastima sa nedostatkom izvorišta. Procurivanje se shvata na različite načine od strane:

- Izvršne vlasti i drugih organa koji su podložni političkim uticajima, lokalnim izborima, i slično;
- Inženjera i menadžera koji se bave problematikom vodosnabdevanja, koji obično daju prioritet kapitalnim investicijama u odnosu na gubitke.

Razumevanje problema od strane javnosti i potrošača raste pri pojavi nestašica vode i suše, kao i uz pomoć sredstava informisanja. Postoji jasna veza upravljanja potrebama u vodi i zaštite vodnih resursa i programa edukacije javnosti.

2.3.5.3 Posledice procurivanja

Važno je prvo ispitati posledice procurivanja i gubitaka, koje su dobro dokumentovane [33]:

- Pogoršan nivo usluge potrošačima – nedovoljan pritisak na priključcima i u unutrašnjim instalacijama;
- Oštećenja infrastrukture, koja mogu dalje voditi oštećenju saobraćajnica i stambenih i drugih objekata;
- Povećani troškovi – proizvodnje i distribucije vode, za popravke infrastrukture, i drugo;
- Povećano opterećenje kanizacionog sistema usled infiltracije;
- Prodiranje vazduha u vodovodnu mrežu, ako se u snabdevanju javljaju prekidi, tako da se vodomerima pogrešno meri potrošnja vode;
- Pojava rizika po zdravlje u sistemima sa niskim pritiscima, ili gde dolazi do prekida u snabdevanju, tako da se omogućava prodor zagađenja iz spoljne sredine.

Prema tome, posledice procurivanja se mogu grupisati na sledeći način:

- Oštećenja infrastrukture;
- Problemi u snabdevanju potrošača;
- Finansijski gubici;
- Zdravstveni rizici;
- Oštećenja saobraćajnica, kanalizacione mreže i drugih instalacija usled stvaranja šupljina i sleganja

Iako programi kontrole procurivanja ne mogu u većoj meri uticati na sprečavanje velikih kvarova/pucanja cevovoda, koji se javljaju povremeno, i uzrokuju velika oštećenja na putevima i podzemnoj infrastrukturi, procurivanja niskog intenziteta u dužem vremenskom periodu mogu imati slične posledice.

Ova procurivanja mogu trajati neotkrivena tokom dužeg vremenskog perioda, i na kraju izazvati sleganje i ulegnuće dela saobraćajnice. Sistematska politika detekcije gubitaka može doprineti kontroli procurivanja niskog intenziteta i sprečiti pojavu većih oštećenja.

2.3.5.3.1 Posledice po potrošače

Najčešća posledica procurivanja na potrošače je prekid u snabdevanju, ili pritisak postaje neprihvatljivo nizak. Ovo vodi reklamacijama potrošača – što je obično prva indikacija procurivanja iz sistema. Pritisak može biti umanjen ili jednak nuli u pojedinim delovima mreže. Unutrašnje vodovodne instalacije i uređaji neće dobro funkcionisati. Uz to, procurivanja mogu oštetiti i stambene objekte i dovesti do slabljenja temelja ili pucanja zidova.

2.3.5.3.2 Finansijski gubici

Osim finansijskih efekata pri zameni i popravkama oštećene infrastrukture, kao i plaćanjima raznih nadoknada, postoje i direktni troškovi uzrokovani procurivanjima. Ovo uključuje veće troškove energije, i nepotrebne dodatne investicije u nova izvorišta i transportni sistem. Očigledne su uštede koje se ovde mogu ostvariti kontrolom procurivanja. Treba uzeti u obzir i troškove administrativne obrade velikog broja reklamacija potrošača i narušavanje ugleda preduzeća za vodosnabdevanje.

2.3.5.3.3 Rizici po zdravlje

U sistemima gde su pritisci veoma niski a snabdevanje sa prekidima, postoji visok rizik zagađenja vode u sistemu prodiranjem nečistoća iz spoljne sredine (kanalizacije i slično) kroz oštećene cevi, spojeve i fazonske komade.

2.3.5.4 Faktori koji utiču na procurivanja

U nastavku je dat prikaz faktora koji utiču na procurivanja:

- Pritisak;
- Vrsta, starost i kvalitet ugradnje i održavanja mreže;
- Kvalitet vode;
- Pomeranje tla;
- Saobraćajno opterećenje;
- Metoda kontrole procurivanja.

2.3.5.4.1 Pritisaci u distributivnoj mreži

Pritisak može uticati na gubitke u sistemu na više načina:

- Intenzitet curenja iz oštećenih cevi i spojeva će porasti sa porastom pritiska;
- Na sličan način, posebno u starijim sistemima, povećanje pritiska od svega nekoliko metara može rezultovati u velikom broju kvarova/pucanja cevi u kratkom vremenskom intervalu;
- Povećan pritisak doprinosi povećanju intenziteta curenja, te stoga može indirektno pomoći identifikaciji kvara na površini terena, ili kod akustičke detekcije povećati intenzitet šuma.

2.3.5.4.2 Vrsta, starost i kvalitet ugradnje i održavanja mreže

- Starost – mnogi od gore opisanih faktora zavise od starosti – odnosno njihov efekat se pojačava sa starošću. Prema tome, starost cevovoda može biti značajan faktor koji utiče na verovatnoću pojave procurivanja, ali posmatrano odvojeno, starost može ali i ne mora biti značajan faktor;
- Loš kvalitet materijala, fazonskih komada i ugradnje – veća pažnja sada se posvećuje unutrašnjoj i spoljašnjoj zaštiti cevi (unutrašnji i spoljašnji zaštitni slojevi cevi), obavljaju se istraživanja eksploatacionog veka PVC i PE cevi. Postoje velike razlike u podobnosti materijala koji se koriste, uključujući pocinkovane, bakarne, PE i druge cevi. Sve navedene cevi mogu u različitoj meri biti ugrožene korozijom, zamorom materijala, hemijskim uticajima, pogrešnom ugradnjom, drugim instalacijama. Izbor materijala uglavnom zavisi od lokalnih uslova, na primer mogućnost lokalne proizvodnje, kao i od finansijske politike preduzeća;
- Karakteristike tla spadaju u važne činioce, budući da utiču na vreme za koje se kvar može uočiti na površini terena. U nekim vrstama tla (glinovita) procurivanje se na površini terena može pojaviti vrlo brzo, dok slično procurivanje u peskovitom tlu može dugo ostati neotkriveno.

2.3.5.4.3 Kvalitet vode

Stanje cevi – najozbiljniji problem u ovoj kategoriji predstavlja korozija metalnih cevi. Unutrašnja korozija je obično izražena u vodama niske tvrdoće. Smanjuje se debljina zida cevi, tako da cev ne može da podnese nominalni pritisak, što vodi prodiranju vode kroz zid cevi i jasno, procurivanjima.

Spoljna korozija može nastati iz više razloga – agresivno tlo može izazvati oštećenja zbog različitog nivoa rastvorenih soli, kiseonika, vlage, pH i aktivnosti bakterija usled čega se javljaju korozione struje u metalu. Azbest-cementne i betonske cevi mogu korodirati usled visokog nivoa sulfata u tlu ili vodi.

2.3.5.4.4 Pomeranja tla

Pomeranja tla mogu izazvati pucanje cevi, pomeranje spojeva, ili izazvati lokalno povećanje napona pri čemu opet dolazi do oštećenja cevi. Pomeranje tla može biti izazvano:

- Promenama vlažnosti, posebno u glinovitom tlu, što izaziva skupljanje/bubrenje a može imati za posledicu oštećenja cevi;

- Promenama temperature;
- Mrazom;
- Propadanjem usled iskopa ili zemljotresa.

2.3.5.4.5 Saobraćajno opterećenje

Uticaj vibracija i opterećenja teškog saobraćaja se u velikoj meri prenosi na vodovodnu mrežu, što uzrokuje pojavu oštećenja na cevima.

2.3.5.4.6 Metoda kontrole procurivanja

Izabrana metoda kontrole procurivanja, bilo pasivna ili aktivna određuje nivo gubitaka u sistemu, a ovo je pod značajnim uticajem samog vodovodnog preduzeća.

2.3.6 Terminologija

U ovoj disertaciji će se koristiti termini i preporuke koje je donela IWA – Međunarodno udruženje za vodu [135]. Gubici vode će se kvantifikovati prema IWA metodologiji i proveriti njihova primenljivost na sisteme u Srbiji. Rezultati istraživanja će se takođe prikazati preko pokazatelja, koje preporučuje IWA.

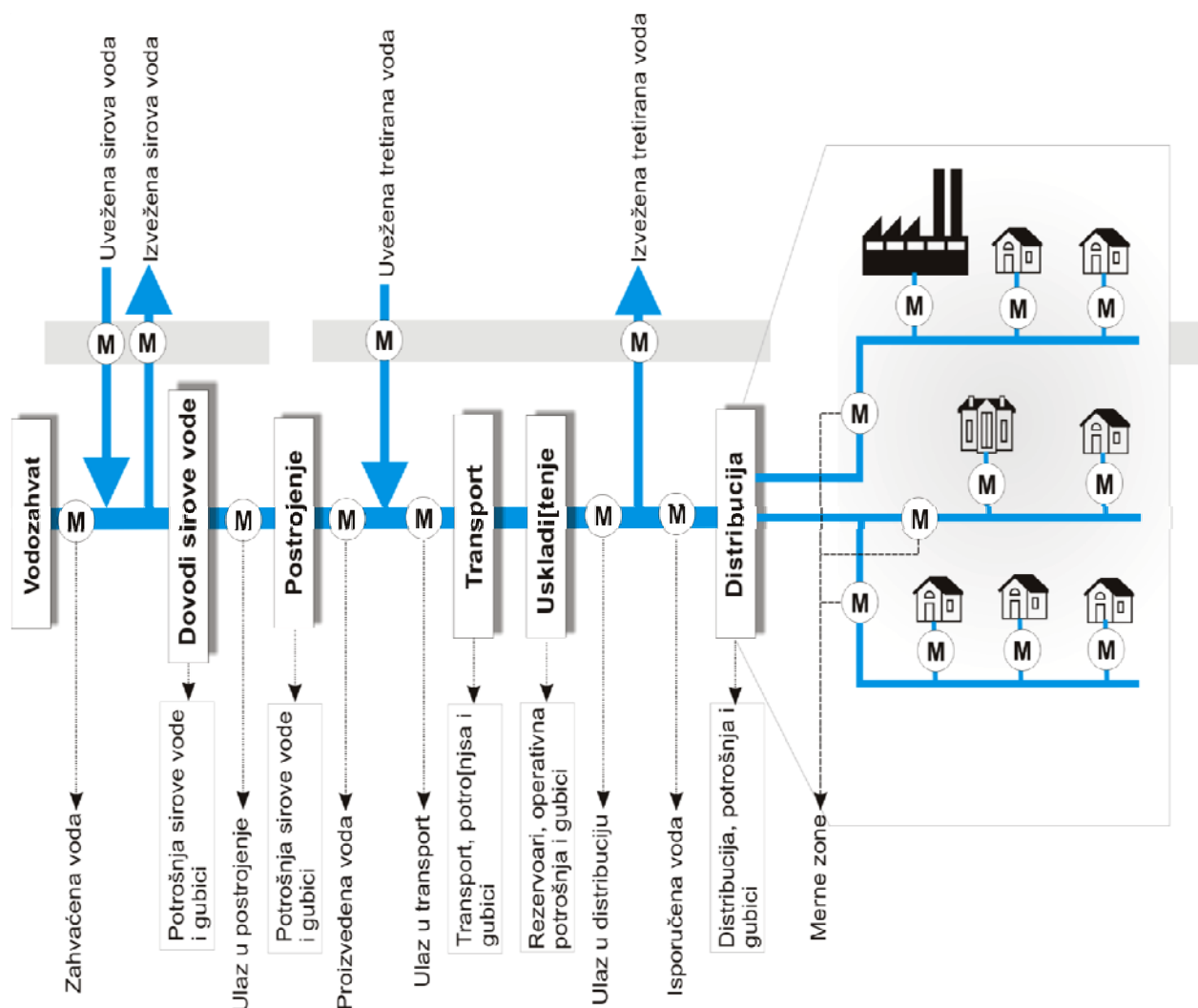
U nastavku se daju izvodi iz IWA publikacije "Blue pages", kako bi se objasnili osnovni korišćeni termini i osnovne preporuke, a detalji se mogu naći u literaturi. Pre početka rada na analizi gubitaka vode navedene su tri vrste problema:

- **Tehnički:** do potrošača ne stiže celokupna količina vode isporučena u sistem;
- **Finansijski:** voda koja se isporučuje ne naplaćuje se u celosti;
- **Terminološki:** nepostojanje standardnih definicija za gubitke vode i prihoda.

2.4 Standardni pokazatelji u međunarodnoj upotrebi

Pre svake diskusije o gubicima treba jasno definisati komponente vodnog bilansa, kao i potrebne dodatne podatke o sistemu vodosnabdevanja. Pojmovi se definišu jedinstvenim terminima. Sve analize se rade na godišnjem nivou (m^3/god). Godišnji obim gubitaka vode sastoji se od dva odvojena tipa gubitaka – stvarni (fizički) i prividni (nefizički) gubici.

Prilikom izrade programa smanjenja gubitaka tj. programa upravljanja gubicima, mora se uraditi pažljiva analiza svih uticaja na proizvodnu i prodajnu cenu vode, tj. na njihov odnos. Bilansiranje vode je vrlo važno za formiranje strategije vodovodnih preduzeća u borbi za smanjenje gubitaka.



Slika 2.1 Shematski prikaz vodosnabdevanja

Kod vodovoda kod kojih postoje povremene nestašice vode, veoma je važno sprovođenje aktivne kontrole stvarnih gubitaka i njihovo brzo smanjivanje u cilju urednog snabdevanja korisnika vodom. To je u većini slučajeva racionalnije rešenje u odnosu na rešenje sa dovođenjem novih količina vode. Aktivnosti na smanjenju druge komponente ukupnih gubitaka – prividnih gubitaka, rezultiraće povećanjem prihoda od vode, ali retko mogu bitno uticati na poboljšanje urednosti snabdevanja vodom.

Obzirom da postoji veliki broj različitih metodologija u različitim državama za sračunavanje bilansa vode, postojala je hitna potreba za uvođenje standardizovane međunarodne terminologije. Na osnovu pozitivne prakse iz većeg broja država, Radna grupa IWA za gubitke vode i pokazatelje uspešnosti preporučila je kao međunarodni standard tabelu za sračunavanje bilansa vode u Tabeli 2.1, kao ključnu postavku praktičnijeg proračuna gubitaka vode.

A Ukupno uneta voda u sistem	B1 Registrovana potrošnja	C1 Naplaćena registrovana potrošnja	D1 Naplaćena izmerena potrošnja	E1 Naplaćena voda
			D2 Naplaćena neizmerena potrošnja	
		C2 Nenaplaćena registrovana potrošnja	D3 Nenaplaćena izmerena potrošnja	E2 Nenaplaćena voda
			D4 Nenaplaćena neizmerena potrošnja	
	B2 Gubici vode	C3 Prividni gubici	D5 Neovlašćena potrošnja	
			D6 Gubici usled neispravnosti mernih uređaja	
		C4 Stvarni gubici	D7 Gubici na glavnim dovodima	
			D8 Gubici i prelivanja u rezervoarima i pumpnim stanicama	
			D9 Gubici na priključcima kod korisnika	

Tabela 2.1 Preporuka IWA za sračunavanje bilansa vode [2]

Preporuka IWA za sračunavanje bilansa vode je u svetu sve više prihvaćena ili se promoviše u izvornom ili nešto izmenjenom obliku u Nemačkoj, Australiji, Malti, Južnoj Africi, Novom Zelandu, Kanadi, SAD, Austriji, Brazilu, Kipru, ali u nizu zemalja u razvoju napr. Gani, Jordanu, Kazahstanu, Maleziji, Omanu, Palestini, Saudi Arabiji, Uzbekistanu i drugim.

Sve analize se rade na godišnjem nivou (m^3/god). Godišnji obim gubitaka vode sastoji se od dva odvojena tipa gubitaka – stvarni (fizički) i prividni (nefizički) gubici. Objasnjenje glavnih komponenti bilansa vode po IWA metodologiji:

(A) Ukupna zapremina vode unete u sistem – (System Input Volume) – podrazumeva godišnju zapreminu prečišćene vode upućene ka potrošačima sa svih izvorišta količina vode u određeni deo ili ceo sistem vodosnabdevanja;

(B1) Registrovana potrošnja vode – (Authorised Consumption) – predstavlja svu merenu i neizmerenu zapreminu preuzetu od ovlašćenih korisnika za domaću, komunalnu, javnu i industrijsku potrošnju, uključujući i protivpožarnu zaštitu, ispiranje vodovodnih cevovoda i kanalizacije, pranje ulica i drugih javnih površina, zalivanje javnih parkova, javne fontane i drugo za šta se voda, ovlašćeno koristi, bez obzira da li se

takvo korišćenje naplaćuje ili ne naplaćuje. Ova komponenta uključuje i gubitke ili preliivanja i isticanja koja se događaju iza potrošačkih vodomera;

(B2) Gubici vode – (Water Losses) – je razlika ukupno unete zapremine vode i registrovane (ovlašćene – legalne) potrošnje, koja se ogleda u prividnim gubicima i stvarnim gubicima;

(C1) Naplaćena registrovana potrošnja – (Billed Authorised Consumption) – je ukupno naplaćena fakturisana voda, a koju čine izmerena naplaćena potrošnja **D1** (sa korisničkih vodomera) i neizmerena (paušalna) naplaćena potrošnja **D2**, iskazana kao zapremina u m³. IWA preporučuje da se radi urednog bilansa paušalna neizmerena naplaćena potrošnja kontroliše povremenim merenjima dovoljnog broja reprezentativnih korisnika različitih kategorija, ili merenjem ulazne količine u zonu u kojoj su ovakvi potrošači brojnije zastupljeni;

(E1) Voda koja donosi prihod – (Revenue Water) - je zbir (**D1**) naplaćene izmerene i (**D2**) naplaćene neizmerene potrošnje;

(E2) Voda koja ne donosi prihod – (Non Revenue Water) – je razlika unete zapremine vode i naplaćene vode;

(C2) Nenaplaćena registrovana potrošnja – (Unbilled Authorised Consumption) je ukupna nenaplaćena (**D3**) izmerena i (**D4**) neizmerena potrošnja, fakturisana ili ne. Ovde treba smestiti razliku u fakturisanju i naplaćenju vodi, nepoznatu u drugim zemljama, zbog koje bi kod nas moglo doći do određenih zabuna. Veličina nenaplaćene neizmerene potrošnje (**D4**) je praktično najbolja moguća procena veličine potrošnje vode koju ovlašćeni korisnici (gradska služba čistoće, zelenila, protivpožarna zaštita...) troše bez naknade i bez merenja. Ova stavka obuhvata i potrošnju na pražnjenje, dezinfekciju i ispiranje cevovoda kod popravki kvarova, ispiranje kanalizacije, pražnjenje i pranje rezervoara;

(C3) Prividni gubici – (Apparent Losses) – su uglavnom "papirni" gubici tj. to je voda koja je došla do potrošača, ali nije izmerena zbog netačnosti merenja (korisnički vodomeri ne mogu da registruju male protoke - curenja kod korisnika, pa se to prenosi kao gubitak distributivnog sistema), loše procene nemerene potrošene vode, ili neovlašćene potrošnje. To je zbir (**D5**) neregistrovane (neovlašćene, nedozvoljene, ilegalne) potrošnje i (**D6**) gubitaka nastalih kao posledica netačnosti svih mernih uređaja, sistemskih merača protoka na ulazu u sistem i vodomera korisnika (Unauthorised Consumption + Metering Inaccuracies). Nelegalnu potrošnju čine svi bespravni (ilegalni) priključci, kao i sva neovlašćeno korišćena voda iz vodovodnog sistema (zalivanje bašti i njiva iz uličnih hidranata i ispusta na cevnoj mreži i drugo...), a količina se definiše najboljom mogućom procenom na bazi poznavanja lokalnih uslova;

(C4) Stvarni gubici – (Real Losses) – su razlika ukupnih i prividnih gubitaka, voda koja se izgubi iz sistema pre nego što stigne do korisnika, sa komponentama: (**D7**) gubici u dovodnim i distributivnim cevovodima, (**D8**) gubici i preliivanje u rezervoarima i pumpnim stanicama, i (**D9**) gubici na priključcima. Raspored stvarnih gubitaka na njene komponente treba praviti prema broju kvarova na mreži i priključcima i njihovom učešću u veličini gubitaka. Zbog toga je neophodno uspostavljanje baze podataka o kvarovima, kao što je to na primer napravilo poslovno udruženje vodovoda DVGW u Nemačkoj.

Važan aspekt bilansiranja i procene gubitaka je neizvesnost pojedinih elemenata bilansa. Postoji nekoliko pokušaja da se to posebno istakne, a ovde se pominje jedan [70], ne zbog toga da se to koristi kao šablon, nego da se priča ilustruje. Prvi problem gubitaka je da bi oni morali da se iskazuju iz pouzdanih merenja, a izvori podataka su neizbežno sa većom ili manjom količinom neizvesnosti. Iz ovoga sledi i drugi problem, jer to znači da pored vrednosti treba dati i nekakvu integralnu meru neizvesnosti koju sadrži podatak o gubicima.

Komponente IWA standarda bilansiranja vode	Megalitara/ godišnje	95% Interval poverenja	Standardna Devijacija	Varijansa
Ukupna zapremina vode unete u sistem	6,117	+/- 2%	61	3,721
Naplaćena registrovana potrošnja	5,200	+/- 1%	26	676
Voda koja ne donosi prihod	917	+/- 15%	69	4,397
Nenaplaćena registrovana potrošnja	80	+/- 50%	20	400
Gubici vode	837	+/- 17%	71	4,997
Prividni gubici	111	+/- 50%	23	529
Stvarni gubici	726	+/- 20%	74	5,526

Unete vrednosti

Izvedene vrednosti

Tabela 2.2 IWA standardni postupak bilansiranja vode sa granicama poverenja 95% [55]

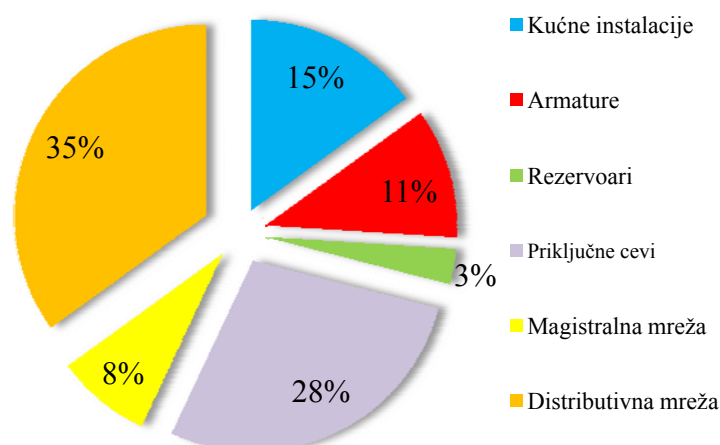
U Tabeli 2.2 je prikazan jedan primer gde se pored vrednosti stvarnih gubitaka na godišnjem nivou, daje i standardna devijacija. Do toga se došlo procenom ulaznih elemenata bilansa. O stanju naših vodovodnih sistema može se dati sud tek posle detaljne procene kvaliteta podataka koji su prikupljeni. Koliko mi možemo porediti naše sisteme sa Best Available World Practice?

2.4.1 Struktura fizičkih gubitaka

Sledeći iskustva u svetu, fizički gubici vode usled havarija i procurivanja se mogu kategorisati kao na Slici 2.2.

Pored razlike u fizičkom značenju prividnih i stvarnih gubitaka, među njima postoji još jedna značajna razlika – ekonomska:

- Stvarni gubici se obično obračunavaju po ceni proizvodnje vode;
- Vidljivi gubici, koji se pojavljuju na lokaciji potrošača, opterećuju isporučioaca vode; punom prodajnom cenom, dok prividni gubici predstavljaju nenaplaćen utrošak vode koji isporučioaca opterećuje takođe punom prodajnom cenom vode.



Slika 2.2 Struktura fizičkih gubitaka vode

2.4.2 Finansijski pokazatelji

Po količinama: količina vode unete u vodovod se deli na komponente “naplaćene vode” i “nenaplaćene vode”. Međutim, pokazatelji finansijskog poslovanja su uglavnom obuhvatali komponentu vode koja donosi prihod. Analiza druge komponente je takođe vrlo važna za definisanje efikasnosti vodovodnog sistema.

Po troškovima: pokazatelj finansijskog učinka može se izračunati ubacivanjem odgovarajuće novčane vrednosti, u lokalnoj valuti po kubnom metru, za godišnje količine nenaplaćene odobrene – legalne potrošnje, prividnih gubitaka i stvarnih gubitaka, bilansiranih na godišnjem nivou u prvom koraku ove analize.

Svaka od ovih vrednosti, i njihov zbir, može se tada jednostavno izraziti kao procenat godišnjih tekućih troškova snabdevanja vodom. To omogućava svakom preduzeću za vodosnabdevanje da proceni koji deo godišnjih troškova odlazi na:

- Nenaplaćenu registrovanu potrošnju vode;
- Prividne gubitke – usled netačnog očitavanja ili nelegalne potrošnje;
- Stvarne gubitke;
- Ukupno nenaplaćenu vodu.

2.5 Pokazatelji stvarnih gubitaka

2.5.1 Tradicionalni pokazatelji stvarnih gubitaka

U upotrebi su sledeća 4 tradicionalna tehnička pokazatelja gubitaka:

- Gubici vode i stvarni gubici izraženi u procentima vode unete u sistem;
- Gubici vode i stvarni gubici po domaćinstvu na dan;
- Gubici vode i stvarni gubici po km cevovoda na dan;
- Gubici vode i stvarni gubici po priključku na dan.

Gubici vode izraženi u procentima vode unete u sistem relativno lako se sračunavaju i najčešće su korišćeni kao pokazatelj, iako očigledno ne postoji fizička veza između ove dve veličine. Upotrebljavaju se različite definicije gubitaka vode. U zemljama u razvoju najčešće se kao pokazatelj koristi procenat nenaplaćene vode. Tako korišćen pokazatelj iz puno razloga ne pokazuje pravo stanje, uglavnom zato što se velike količine vode neovlašćeno koriste (tzv. neovlašćeni priključci). Po IWA metodologiji preporučuje se da se takav način prikazivanja gubitaka koristi samo kao finansijski pokazatelj i smatra se da je on u potpunosti nepodoban za prikazivanje efikasnosti upravljanja sistemom za distribuciju vode.

Prikazivanje stvarnih gubitaka procentualno u odnosu na količinu vode unetu u sistem takođe ima dosta manjkavosti, naročito u slučaju značajnih varijacija u potrošnji i eventualnih prekida u vodosnabdevanju. Na primer, sistem koji ima vodosnabdevanje 12 časova dnevno, može imati samo 20% stvarnih gubitaka, ali ukoliko bi imao neprekidno snabdevanje tokom 24 časa, na svim mestima procurivanja voda bi se gubila tokom celog dana i neizvesno je da li njena količina bila duplo veća. Način upoređenja različitih vodovodnih sistema prema procentu gubitaka vode može potpuno pogrešan i u slučaju kontinualnog snabdevanja vodom, jer on favorizuje sisteme sa većom potrošnjom, tj. sisteme u visoko urbanim sredinama.

Komunalni sistem sa 8% gubitaka i specifičnom potrošnjom 700 l/dan po stanovniku izgleda kao da je u znatno boljem stanju nego sistem sa 20% gubitaka i specifičnom potrošnjom 90 l/dan po stanovniku. U stvari, u prvom slučaju, gubici vode iznose 56 l/dan po stanovniku, dok je u drugom slučaju to svega 18 l/dan/stan. Gubitak po kilometru mreže je u prvom slučaju 6.7 m³/dan, dok je u drugom 2.1 m³/dan [92]. Ove činjenice deluju vrlo zbunjujuće.

Izražavanje gubitaka u procentima je još manje primenljivo ako se primeni na različitim sekcijama sistema. Šta bi mogao biti razlog da gubici u blizini fabrike ili hotela budu količinski stotinama puta veći nego u blizini priključaka za stambene blokove? Definitivno razlog ne može biti sama po sebi količina potrošene vode. Veličina protoka u cevi sama po sebi ne uzrokuje procurivanja. Jasno je da su gubici vode i procurivanja nezavisni od potrošnje i da se stoga moraju nezavisno procenjivati.

Iskazivanje stvarnih gubitaka po domaćinstvu (ili korisniku) treba odbaciti, jer je neprikladan pokazatelj. Na primer, stambena zgrada se može obračunati kao 50 domaćinstava, iako ona obično ima samo jedan priključak, na kome bi se mogla javiti procurivanja. Ostaje otvoreno pitanje koji od preostala dva tehnička pokazatelja bolje prikazuje realno stanje. Analize bilansa procurivanja iz vodovodnih sistema u svetu su pokazala da se proporcionalno najveći deo stvarnih gubitaka javlja na priključcima, naročito korisničkim. Ovo se odnosi na sisteme kod kojih gustina priključaka nije manja od 20 po kilometru vodovodnog sistema. Obično samo razdušeni seoski sistemi imaju manju gustinu korisničkih priključaka od navedene.

U Tabeli 2.3 se vidi da stvarni gubici izraženi u procentima zahvaćene vode ne uzimaju u obzir bilo koji od ključnih lokalnih faktora; u uslovima neprekidnog vodosnabdevanja, specifična potrošnja ima ogroman uticaj na sračunatu vrednost gubitaka. Ako bi stvarni gubici bili 100 l/priključak/dan za sistem sa srednjim vrednostima pritiska i gustine priključaka – onda bi stvarni gubici izraženi u procentima imali vrednosti:

- 29% za potrošnju 250 litara/priključak/dan (napr. Malteška ostrva)
- 17% za potrošnju 500 litara/priključak/dan (napr. UK, Holandija)
- 9% za potrošnju 1,000 litara/priključak/dan (napr. Nemački gradovi)
- 2% za potrošnju 5,000 litara/priključak/dan (napr. Skandinavski gradovi)
- 1% za potrošnju 8,000 litara/priključak/dan (napr. Singapore)

*Izvor: IWA/AQUA Corrected Final Version dated 26.01.2000

Osnovni tradicionalni pokazatelji stvarnih gubitaka	Neprekidnost u snabdevanju	Dužina vodovodne mreže	Broj korisničkih priključaka	Položaj korisničkih priključaka u odnosu na uličnu mrežu	Srednja vrednost radnog pritiska
% vode unete u sistem	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
Lit/domaćinst./dan	Ne	Ne	samo ako svako domaćinst. ima poseban priključak	Ne	Ne
Lit/korisničkom priključku na dan	Ne	Ne	Da	Ne	Ne
m ³ /km glavnog voda/dan	Ne	Da	Ne	Ne	Ne
m ³ /km sistema na dan	Ne	Da	Moguće	Da	Ne

Tabela 2.3 Da li tradicionalni tehnički pokazatelji stvarnih gubitaka uzimaju u obzir lokalne uslove?

2.5.2 Tehnički pokazatelj stvarnih gubitaka (TIRL)

Radna grupa IWA je preporučila da se osnovni tehnički pokazatelj, sa najširim opsegom primene za stvarne gubitke, nazove 'Tehnički pokazatelj stvarnih gubitaka' (TIRL) koji se izražava u sledećem obliku

$$\text{TIRL} = \text{Zapremina stvarnih gubitaka/Priključak/Dan (k.s.p)} \quad (2.1)$$

TIRL je najbolji od svih tradicionalnih pokazatelja, ali ga uvek treba sračunavati uzimajući u obzir period 'k.s.p' – kada je sistem pod pritiskom, kako bi se omogućilo upoređenje između sistema koji nemaju vodosnabdevanje u kontinuitetu. Međutim, ovaj pokazatelj još uvek ne uzima u obzir radni pritisak, što može biti ozbiljna manjkavost. Radna grupa je u daljoj analizi predložila da se sračunate vrednosti TIRL uporede sa procenjenom vrednošću sračunatih neizbežnih gubitaka (UARL), do koje se dolazi korišćenjem metodologije koja uzima u obzir lokalne faktore kao što su gustina priključaka, udaljenost korisničkih vodomera od priključaka, kao i vrednost srednjeg radnog pritiska u mreži.

2.5.3 Koncept neizbežnih godišnjih stvarnih gubitaka (UARL)

U vodovodnim sistemima je nemoguće sprečiti pojavu stvarnih gubitaka, ali uvek postoji neki nivo "neizbežnih godišnjih stvarnih gubitaka" (UARL) koji se može ostvariti pri radnim pritiscima koji vladaju u sistemu. Oni se mogu izraziti u obliku:

$$UARL = (18 \times L_m + 0.80 N_c + 25 \times L_p) \times P \quad (\text{k.s.p.}) \quad (2.2)$$

gde je:

- L_m dužina distributivne vodovodne mreže u km;
- N_c je broj korisničkih priključaka;
- L_p je ukupna dužina priključnih veza od ulične mreže do korisničkih vodomera u km;
- P srednji radni pritisak izražen u m.v.s.

Vrednost UARL se može izraziti u litrima na dan. Ova relacija predstavlja najpouzdaniji način za procenu na kom se nivou mogu smanjiti stvarni gubici u sistemima koji imaju više od 5,000 korisničkih priključaka, veću gustinu priključaka od 20 po kilometru i radni pritisak veći od 25 m.

Tokom 1993, korišćenjem podataka iz većeg broja država, razvijen je koncept BABE (Bursts and Background Estimates – Procena skrivenih i gubitaka na oštećenjima) za sračunavanje komponenti stvarnih gubitaka u zavisnosti od parametara koji utiču na njihovu pojavu. Koncept BABE, uspešno korišćen u većem broju studija u različitim državama (uključujući i projekte Svetske banke), klasifikuje realne gubitke u tri kategorije za potrebe modeliranja i sračunavanja:

- Neprimetni (skriveni) gubici na mestima koja se ne mogu otkriti (tipično male količine isticanja u dužem vremenskom periodu);
- Gubici iz primećenih i prijavljenih oštećenja ili tokom havarija (tipično velike količine isticanja u kraćem periodu);
- Gubici iz neprimećenih, tj. neprijavljenih oštećenja (tipično srednje količine procurivanja, ali trajanje zavisi od metoda i politike aktivne kontrole gubitaka).

Radom na razvoju koncepta BABE za prognozu fizičkih gubitaka je rukovodio Allan Lambert, viši konsultant BWS, početkom 1992. Smisao koncepta je da korišćenjem kombinacije sistematizovanih logičkih pojedinačnih pretpostavki uz primenu odgovarajućih softverskih alata bude primenljiv u različitim državama i regionima i da se može prilagoditi bilo kom distributivnom sistemu vodosnabdevanja i njegovim fizičkim karakteristikama koje utiču na nivo procurivanja. Koncept BABE predstavlja prvi model koji se koristi za objektivnu procenu fizičkih gubitaka umesto empirijske, stvarajući na taj način pretpostavku za racionalno planiranje strategije za njihovo smanjenje. Ovaj koncept je poslužio kao osnova za razvoj planova i tehnika za kontrolu i upravljanje gubicima. 1995. kocept koji je korišćen za modeliranje redukcije i upravljanje pritiscima (PRAM) [75] je značajno unapređen i nastao je koncept FAVAD [68]. Dalja poboljšanja su rezultirala iz testiranja i primene koncepta u većem broju država i izrade različitih softverskih alatki prilagođenih krajnjem korisniku, koji su zasnovani na zavisnosti procurivanja od veličine pritiska. BABE i PRAM koncept, kao i softver koji je razvijen za njihovu primenu, su vredni alati koji mogu poslužiti preduzećima za

vodosnabdevanje da unaprede svoje tehničko i finansijsko poslovanje, sprovođenjem strateških akcija na istraživanju, eliminaciji i upravljanju gubicima:

- Na operativnom planu - da se planiraju akcije na otkrivanju i osmatranju gubitaka, kao i da se izrade programi za lociranje i popravke neprijavljenih curenja i oštećenja;
- Na nivou naprednog planiranja, projektovanja i operativnog funkcionisanja – da se upravlja radnim pritiscima na optimalnom nivou;
- Na strateškom planu – da se izdvoje komponente vodnog bilansa i da se utvrde nivo gubitaka koji je ekonomski isplativo eliminisati, tj. utvrditi ekonomski dopustiv nivo gubitaka;
- Na nivou planiranja – da se izrade fazni planovi za restrukturiranje i popravku vodovodne mreže;
- Na nivou upravljanja – da se ustanove kriterijumi uspešnosti preduzeća za distribuciju vode na planu eliminisanja gubitaka.

Koncepti i programi su prvo kalibrisani u Engleskoj i Velsu, i u širokoj su upotrebi među skoro svim privatizovanim vodovodima. Takođe se uspešno primenjuju i u mnogim drugim državama.

Neki od osnovnih faktora na osnovu kojih su zasnovani principi i softver su niže opisani, uključujući:

- definiciju oštećenja i prikrivenih gubitaka;
- prijavljene i neprijavljene gubitke;
- pasivnu i aktivnu kontrolu gubitaka;
- vremenski period prepoznavanja, lociranja i popravke;
- intenzitet curenja na oštećenjima;
- presudan značaj kontrole pritiska na upravljanje gubicima;
- faktor dan-noć;
- korišćenje pogonskih troškova u ekonomskim analizama.

2.5.3.1 Definicija BABE

Koncept BABE [69] se može koristiti za sračunavanje, po prvobitnoj postavci, do 18 komponenti gubitaka u različitim delovima distributivnog sistema i na delu mreže koja pripada korisniku. Smatra se da se sistem sastoji od:

- Tranzitnih vodova (obično većih od 300 mm);
- Korisničkih rezervoara;
- Distributivne mreže;
- Priključaka od distributivne mreže do korisničkog vodomera, ili, u odsustvu vodomera, do tačke odakle korisnik preuzima odgovornost za održavanje mreže, uobičajeno na granici korisnikove parcele.

2.5.3.1.1 Gubici na delu mreže koja pripada korisniku i kućnim instalacijama

Gubici se karakterišu kao:

- Oštećenja, prijavljena ili neprijavljena, kod kojih je intenzitet procurivanja veći od 0.5 m³/čas pri pritisku od 5 bara;
- Prikriveni gubici, oni kod kojih je gubitak usled procurivanja manji od 0.5 m³/čas pri pritisku od 5 bara.

Da bi smo ilustrovali veličinu proticaja od 0.5 m³/čas, može se navesti kao tipičan primer isticanje iz baštenskog creva pri niskom pritisku, pri čemu bi se tipična kofa od 9 litara napunila za 1 min.

Ova kategorizacija je generalno zasnovana na prihvaćenom minimalnom procurivanju koje može biti otkriveno opremom za prisluškivanje – što je opet uslovljeno dubinom ukopavanja cevi, materijala od kojeg je cev napravljena i temperature vode. Smatra se da se intenzitet procurivanja od 500 l/čas može otkriti na metalnim cevima kada su zakopane 1 m ispod kote terena. Prikriveni gubici su pojedinačni slučajevi procurivanja koji će i nakon aktivne kampanje otkrivanja gubitaka ostati neotkriveni, osim ako se slučajno ne otkriju ili ukoliko se stanje postepeno ne pogorša do nivoa kada oni mogu biti otkriveni.

2.5.3.1.2 Prijavljeni i neprijavljeni gubici

Dalja kategorizacija ovih pojava se odnosi na to da li je slučaj procurivanja prijavljen ili nije:

- Prijavljena oštećenja (procurivanja) su događaji koji su obično primećeni i prijavljeni od strane javnosti ili operative preduzeća. Oštećenje, ili procurivanje, koje je u urbanim uslovima vidljivo na površini terena će uobičajeno biti prijavljeno komunalnom preduzeću, bez obzira da li izaziva plavljenje ulica ili manje tokove;
- Neprijavljena oštećenja su ona koja se uobičajeno mogu otkriti od strane ekipa za otkrivanje gubitaka tokom njihovih uobičajenih aktivnosti. Ova oštećenja ostaju nezapažena sve dok se ne sprovede neka akcija na njihovom otkrivanju.

Skriveni gubici, u BABE analizi [69], sastoje se od dva elementa: neotkrivena procurivanja i gubitaka nerazjašnjenog uzroka.

Ukoliko se ne uoče, skriveni gubici se tokom vremena razvijaju usled povećanja oštećenja. U zavisnosti od vodopropusnosti i tipa zemljišta u koji je položena cev, procurela voda može dospeti u podzemne vode ili se infiltrirati u drenažni sistem. Uvek će postojati neki skriveni gubici i neće biti moguće u jednom naletu otkriti sva oštećenja i procurivanja, tako da je broj preostalih neotkrivenih procurivanja u funkciji intenziteta i uspeha aktivne kontrole gubitaka. Procurivanja iz neotkrivenih oštećenja napokon mogu vreme postati vidljiva i na površini i prijavljena.

Iako BABE analize omogućavaju dobru procenu veličine različitih elemenata vodnog bilansa, uvek će biti nekog nerazjašnjenog gubitka vode. Bolje upoznavanje sa različitim komponentama u ovakvim situacijama će voditi postepenom smanjenju gubitaka iz nerazjašnjenih razloga. Ukupan gubitak iz neotkrivenih oštećenja i skrivenih gubitaka je značajno veći od prijavljenih oštećenja jer se oni po definiciji razvijaju tokom dužeg perioda – u najmanjoj meri do momenta kada postanu otkriveni. Oštećenja koja se pokažu na površini terena se obično brzo prijavljuju i otkrivaju.

2.5.3.2 Sračunavanje komponenti Neizbežnih godišnjih stvarnih gubitaka UARL

Korišćenjem BABE koncepta moguće je za svaki pojedinačni sistem sa dovoljnom tačnošću predvideti srednju vrednost neizbežnih godišnjih stvarnih gubitaka (UARL). Izabrane su pojednostavljene infrastrukturne komponente da bi se mogao sprovesti proračun za uslove u različitim sistemima i državama. Parametri potrebni za sračunavanje BABE koncepta su prikazani u Tabeli 2.4. Smatra se da su gubici na rezervoarima ili preliivanja ili na cevovima postavljenim iznad kote terena nedopustivi u obračunu količina neizbežnih stvarnih gubitaka vode.

Infrastrukturna komponenta	Skriveni (neprimetni) gubici	Prijavljena oštećenja	Neprijavljena oštećenja
Glavni vodovi	Dužina	Broj oštećenja tokom godinu dana	Broj oštećenja za godinu dana
	Pritisak	Pritisak	Pritisak
	Min gubitak/km*	Srednja vrednost procurivanja*	Srednja vrednost procurivanja*
		Prosečno trajanje	Prosečno trajanje
Distributivni sistem	Broj	Broj/godišnje	Broj/godišnje
	Pritisak	Pritisak	Pritisak
	Min gubitak /priključku	Srednja vrednost procurivanja*	Srednja vrednost procurivanja*
		Prosečno trajanje	Prosečno trajanje
Dužina priključka od ulične mreže do korisničkog vodomera	Dužina	Broj/godišnje	Broj/godišnje
	Pritisak	Pritisak	Pritisak
	Min gubitak /km*	Srednja vrednost procurivanja*	Srednja vrednost procurivanja*
		Prosečno trajanje	Prosečno trajanje

**sva procurivanja se računaju za radni pritisak od 50 m*

Tabela 2.4 Parametri potrebni za sračunavanje UARL – BABE koncept

Vrednosti parametara koje se koriste u Tabeli 2.4 za sračunavanje komponenti UARL za različite delove infrastrukture su zasnovane na statističkoj analizi podataka iz većeg broja država (prikazano u Tabeli 2.5), za minimum skrivenih procurivanja, tipične učestalosti i vrednosti oštećenja za infrastrukturu u dobrom stanju. Pretpostavljeni srednji period trajanja neprijavljenih oštećenja je zasnovan na intenzivnoj aktivnoj kontroli gubitaka, pre svega analizom noćne potrošnje (ili bilansa vode) jednom mesečno na distributivnoj mreži podeljenoj na jako veliki broj sektora.

Infrastruktorna komponenta	Skriveni (neprimetni) gubici	Prijavljena oštećenja	Neprijavljena oštećenja
Glavni vodovi	20 litara/km/čas*	0.124 oštećenja/km/godišnje sa 12 m ³ /čas* <i>trajanje 3 dana</i>	0.006 oštećenja/km/godišnje sa 6 m ³ /čas* <i>trajanje 50 dana</i>
Distributivni sistem	1.25 litara/priključku/čas*	2.25/1000 priklj./god. sa 1.6 m ³ /čas* <i>trajanje 8 dana</i>	0.75/1000 priklj./god. sa 1.6 m ³ /čas* <i>trajanje 100 dana</i>
Dužina priključka od ulične mreže do korisničkog vodomera (za 15 m srednje dužine)	0.5 litara/priključku/čas*	1.5/ 1000 priklj./god. 1.6 m ³ /čas* <i>trajanje 9 dana</i>	0.50/1000 priklj./god. sa 1.6 m ³ /čas* <i>trajanje 101 dan</i>

* *sva procurivanja se računaju za radni pritisak od 50 m*

Tabela 2.5 Vrednosti parametri za sračunavanje Neizbežnih godišnjih stvarnih gubitaka UARL

Sračunate vrednosti UARL za svaku infrastrukturnu komponentu, koristeći vrednosti iz Tabele 2.5, prikazane su u Tabeli 2.6. Primer postupka proračuna, za srednje godišnje gubitke iz Prijavljenih oštećenja na glavnim vodovima je sledeći [81]:

$$\begin{aligned}
 \text{UARL Komponenta} &= \text{Učestalost oštećenja} \times \text{Srednja vrednost isticanja} \times \text{Osrednjeno trajanje} \\
 &= 0.124 \text{ oštećenja/km/godišnje} \times (12 \times 24 \text{ časa}) \text{ m}^3/\text{dan} \times 3 \text{ dana} \\
 &= 107 \text{ m}^3/\text{godišnje po km glavnog voda pri pritisku 50 m} \\
 &= 293 \text{ litara/km/dan pri pritisku 50 m} \\
 &= 5.8 \text{ litara/km/dan/m pritiska}
 \end{aligned}$$

Naravno, može se reći da neće svi sistemi u dobrom infrastrukturnom stanju imati istu učestalost oštećenja i iste srednje vrednosti procurivanja kao što je prikazano u Tabeli 2.5. Međutim, prikriveni (neprimetni) gubici imaju najveći uticaj na sračunate vrednosti i analiza osetljivosti pokazuje da razlike u pretpostavkama za parametre korišćene za komponente “oštećenja” imaju relativno mali uticaj na vrednosti UARL (peta kolona u Tabeli 2.6).

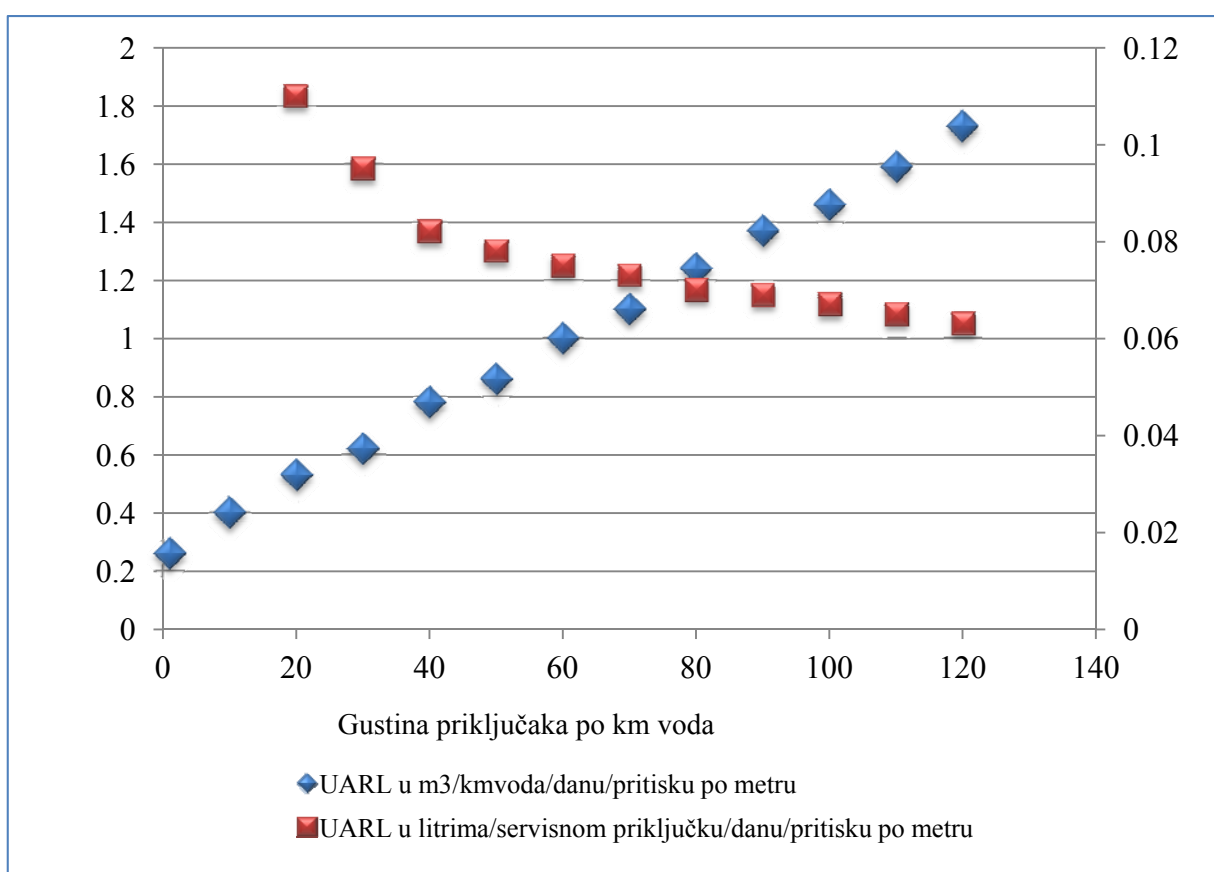
Infrastruktorna komponenta	Neprimetni gubitak	Prijavljena oštećenja	Neprijavljena oštećenja	UARL ukupno	Jedinica
Glavni vodovi	9.6	5.8	2.6	18	Litara/km voda/ Dan/metar pritiska
Korisnički priključci, vodomera odmah do ulice	0.60	0.04	0.16	0.80	Litara/Priključak/ dan/metar pritiska
Podzemne cevi od priključka do korisničkog vodomera	16.0	1.9	7.1	25	Litara/km podz.cevi/Dan/metar pritiska

Tabela 2.6 Sračunate komponente Neizbežnih stvarnih godišnjih gubitaka UARL

Vrednosti ukupnih UARL, prikazani u jedinicama kao u Tabeli 2.6 predstavljaju fleksibilnu osnovu za procenu UARL vrednosti za širok opseg različitih vodovodnih sistema, uzimajući u obzir kontinuitet u snabdevanju, dužinu mreže, položaj vodomera i srednju vrednost radnog pritiska. Na osnovu tabele se može prikazati jednačinama različitog oblika, preglednih tabela, dijagrama ili tabela u različitim mernim jedinicama. U osnovnoj formi, formula za računanje UARL u litrima na dan može se prikazati u obliku:

$$\text{UARL} = (18 \times L_m + 0.80 \times N_c + 25 \times L_p) \times P \quad (2.3)$$

gde je L_m dužina mreže u km, N_c je broj korisničkih priključaka, L_p je ukupna dužina cevi od mesta priključka do korisničkog vodomera, a P je srednja vrednost pritiska izražena u m.v.s.



Slika 2.3 Međunarodni izveštaj (Neizbežni godišnji stvarni gubici po gustini priključaka, vodomeri smešteni na granici parcele korisnika)[136]

Gustina priključaka (po km voda)	Srednja vrednost radnog pritiska u metrima				
	20	40	60	80	100
20	34	68	112	146	170
40	25	50	75	100	125
60	22	44	66	88	110
80	21	41	62	82	103
100	20	39	59	78	98
Dodatna vrednost, za svaki metar cevi (po priključku) između regulacione linije i korisničkog vodomera	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

Tabela 2.7 UARL vrednosti u l/priključak/dan iza vodomera na strani korisnika, postavljenih na granici parcele

UARL vrednosti za svaki individualni sistem mogu se pročitati ili dobiti interpolacijom iz Tabele 2.7. ‘Add-on’- dodatne vrednosti za podzemne cevi, udaljenja od regulacione linije ulice su prikazane u donjem delu tabele.

Na primer, sistem sa gustinom priključaka 40 po km voda, sa 60 m radnog pritiska ima UARL vrednost od:

- 75 l/priključak/dan kada su korisnički vodomeri locirani na regulacionoj liniji ulice;
- 90 (=75+1.5 x 10) l/priključak/dan kada su korisnički vodomeri locirani 10 m od regulacione linije ulice.

Tabela 2.6 vrlo jasno prikazuje da je nemoguće definisati jedinstvenu pouzdanu vrednost za neizbežne stvarne gubitke, zbog različitih ključnih faktora od države do države (sistema do sistema), čak i u slučaju kada su korišćeni najbolji tradicionalni pokazatelji uspešnosti (PI).

2.5.3.3 Provera ispravnosti UARL procene - Upoređenje procene UARL sa opsegom “Neizbežnih gubitaka”

Primeri objavljenih vrednosti “neizbežnih gubitaka” su [96]:

- SAD, 2.4 do 7.1 m³/km/dan (1,000 to 3,000 US Gallons/mile/day);
- Nemačka, 1 do 5 m³/km/dan u zavisnosti od tipa zemljišta, za gustinu priključaka u opsegu 35 do 50 po km;
- Francuska, od 1.5 do 7 m³/km/dan sa graničnim vrednostima za ‘seoska’ i ‘urbana’ naselja.

Ove veličine i specifičnosti sistema u navedenim državama su ograničili njihovu primenu na lokalne uslove. U skupu podataka, prikupljenom za veći broj sistema iz različitih država, gustina priključaka se kretala u opsegu 24/km do 114/km. Gustina priključaka u gradskim naseljima u Nemačkoj (oko 45/km) je duplo veća nego u Skandinavskim zemljama, ali duplo manja nego u Japanskim, Brazilskim i Britanskim gradovima, ali slična vrednostima u ruralnim područjima Engleske i Velsa.

U Srbiji je gustina priključaka u opsegu 24 do 138 po km, sa jednom ekstremnom vrednošću 213. UARL se kreće 2.0 do 5.8 m³/km/dan. Sistem sa ekstremnom vrednošću ima 70% gubitaka, i postoji nešto vrlo specifično vezano za ovaj sistem, a to je da verovatno mnoge kuće imaju po više od jednog priključka.

2.5.3.4 Šta nam pokazatelj UARL kazuje o tradicionalnim pokazateljima efikasnosti?

Oblik linije na Slici 2.3 kazuje da u širokom opsegu vrednosti gustine priključaka (od 30 do preko 100), UARL u lit/priklj./dan/m pritiska varira u opsegu +/- 15% od srednje gustine 47 priklj./km za skup obrađivanih vodovodnih sistema. Razlog ovome je što pri gustini priključaka većoj od 20/km, preko 50% UARL se javlja na korisničkim priključcima, pa zato UARL u lit/km/dan/m pritiska (Slika 2.3) puno varira u zavisnosti od gustine priključaka.

2.5.3.5 Situacije u kojima se UARL ne može prihvatiti kao dovoljno pouzdan

Osnovna pretpostavka koja se koristi u proceni UARL se može pokazati nepouzdanom kada nije moguće, ili nije potrebno, sprovesti aktivnu kontrolu neprijavljenih procurivanja. Na primer, u situacijama gde su pritisci manji od 20 m, zvučna detekcija skrivenih procurivanja može biti nesprovodljiva na nekim dubinama ukopavanja i na nekim cevima, u zavisnosti od materijala od koga su izrađene.

U nekim tipovima tla, gde veća procurivanja i oštećenja vrlo brzo postanu vidljiva na površini terena, korišćenje vrednosti iz Tabele 2.6 bi preцениlo vrednosti UARL, ukoliko je infrastruktura u dobrom stanju i postoji brza i dobro organizovana služba otklanjanja svih vidljivih procurivanja i oštećenja. Na primer, prema nemačkim DVGW [38] tehničkim preporukama, tereni sa dosta peska imaju najniži “donji limit” za gubitke.

2.5.4 ILI - infrastrukturni indeks gubitaka

Odnos tehničkog pokazatelja stvarnih gubitaka TIRL i neizbežnih godišnjih gubitaka UARL može se predstaviti kao bezdimenzionalni infrastrukturni indeks gubitaka ILI bez obzira na uticaj radnog pritiska u mreži. ILI je tehnički pokazatelj koji pokazuje u kojoj meri se distributivnim sistemom dobro gazduje.

Vrednost ILI predstavlja odnos godišnje zapremine stvarnih gubitaka CARL i godišnje zapremine neizbežnih gubitaka:

$$ILI = CARL/UARL \quad (2.4)$$

Distributivni sistem koji je u odličnom stanju ima vrednost ILI blisku 1, dok se sistem sa vrednošću ILI bliskoj 10 smatra loše održavanim. Liemberger [93] je dao predlog kriterijuma za ocenu tehničke efikasnosti vodovodnih sistema u sledećem obliku:

Kategorija efikasnosti		ILI	Litar/Priključak/Dan kada se sistem nalazi pod radnim pritiskom od:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Razvijene države	A	1-2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2-4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8		>200	>300	>400	>500
Zemlje u razvoju	A	1-4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000

Tabela 2.8 Kriterijumi efikasnosti za razvijene i zemlje u razvoju

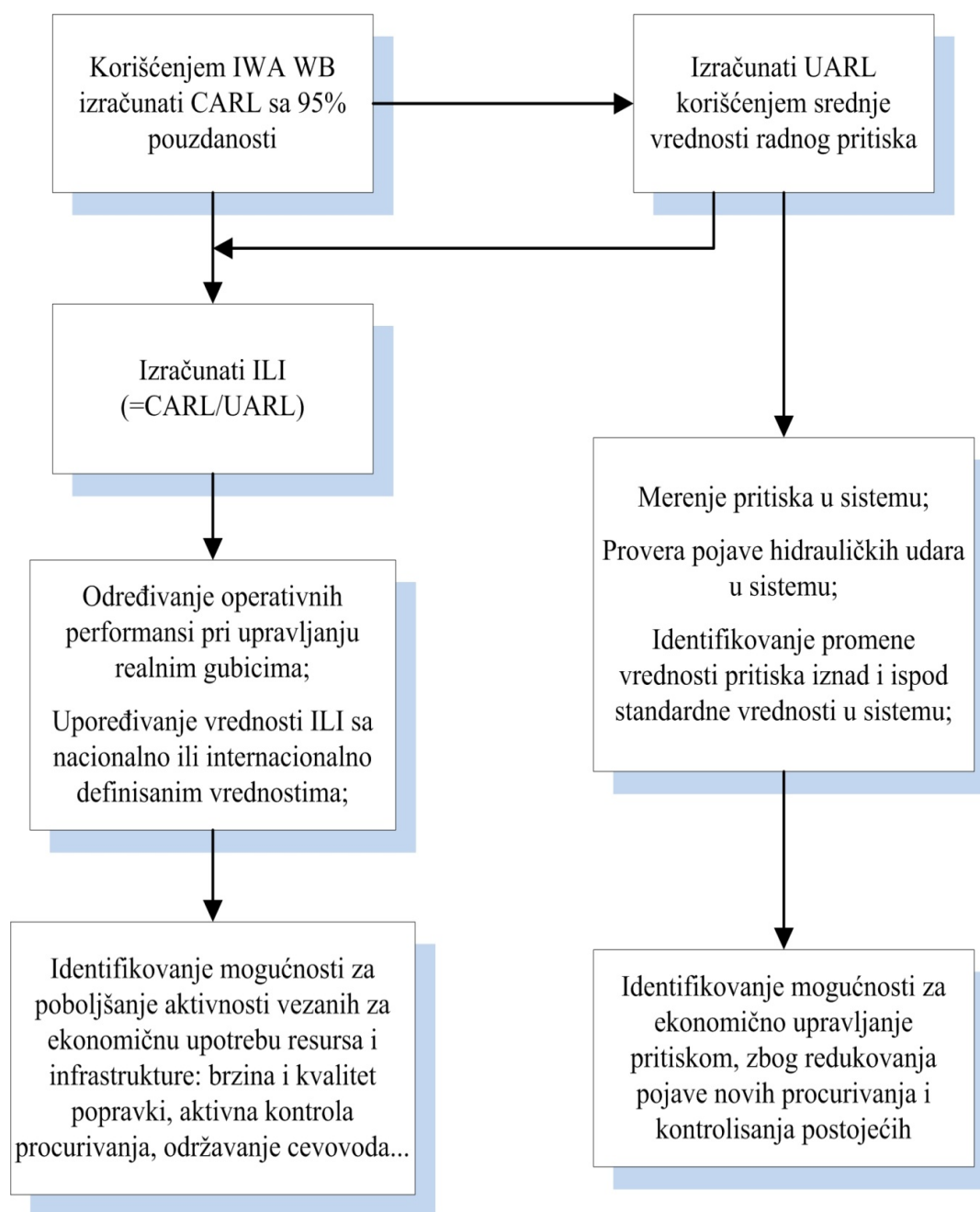
Obzirom da velika većina vodovodnih sistema u zemljama u razvoju ima ILI koji prelazi gornju granicu indeksa infrastrukturnog gubitka sistema u razvijenim zemljama, prioritet treba da bude interventno svođenje ovog indeksa na što je moguće nižu meru. Što pre ovi sistemi započnu uvođenje politike aktivne kontrole gubitaka, uvedu merenje protoka i pritiska i započnu prikupljanje podataka sa zadovoljavajućim stepenom tačnosti, vrednost ILI će se drastično smanjiti. Često smanjenje gubitaka može voditi poboljšanjima u vodosnabdevanju i povećanju pritiska, što će voditi ka tačnijem sračunavanju UARL.

2.5.4.1 Stanje vodovodnih sistema (ILI) u svetu

ILI je do sada sračunat za više stotina vodovodnih sistema širom sveta i obično je u opsegu od blizu 1.0 do 15 ili više [93], iako su zabeleženi i slučajevi veličina preko 100. Manje od 20 vodovodnih sistema u svetu je do sada iskazalo vrenosti ILI u opsegu između 1.0 i 1.5. Ekonomski nivo ILI u Engleskoj i Velsu se kreće između 1 i 3 [55].

Kuriozitet: U analizi rada austrijskih vodovoda, pojavila su se dva slučaja, u kojima je vrednost ILI procenjena na 0.8-0.9 [112], tj. manje od 1, što se može smatrati visokim tehničkim standardom upravljanja gubicima! Ovo kazuje da i pored svoje korisnosti i primenljivosti metodologije, ipak se mogu pojaviti greške, prvenstveno u analizi i sračunavanju komponenti stvarno izgubljene vode, jer je apsurd da stvarno izgubljene količine (CARL) vode budu 20% manje od procenjeno neizbežnih (UARL). U svakom slučaju, kolegama iz Austrije treba odati priznanje za impozantne rezultate!

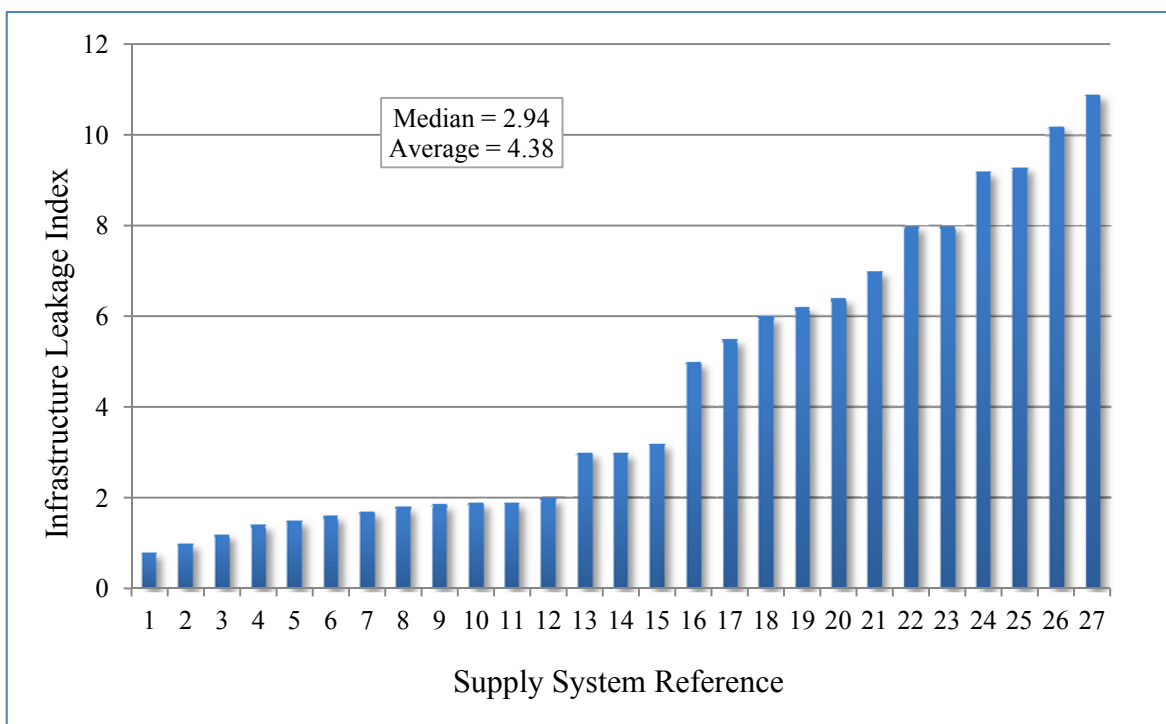
Kod manjih sistema, neizbežni stvarni gubici (UARL) mogu se izračunati (čak i kada funkcionišu pod nižim pritiscima sa manjim gustinama priključaka) analizom noćnog protoka. Mogućnost proračuna UARL za većinu srednjih i velikih sistema i UARL za definisane zone i manje sisteme je značajno povećana analitičkim alatima dostupnim u procesu pronalazjenja procurivanja.



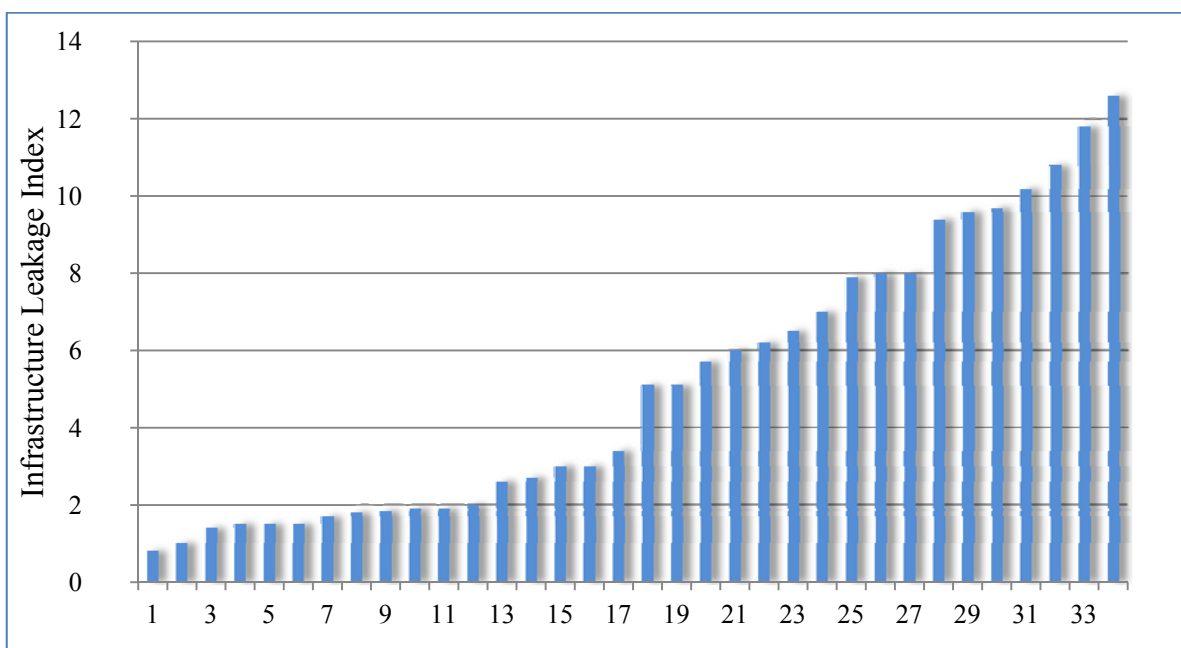
Slika 2.4 Dvostruki pristup upravljanja, određivanja i kontrole procurivanja [32]

IWA Water Losses Task Force [83] je obradila skup podataka za 27 različitih distributivnih sistema u 20 zemalja, kao što je prikazano na Slici 2.5 ILI vrednosti se kreću u rasponu od 0.7 do 10.8, sa prosečnom vrednošću od 4.38.

Važno je primetiti da svi sistemi prikazani na Slici 2.5 imaju pouzdane podatke i aktivne politike (u većoj ili manjoj meri) za upravljanje stvarnim gubicima. Od 1999, ILI vrednosti su proračunate za sisteme u više od 40 zemalja. ILI vrednosti veće od prikazanih na Slici 2.5 – nekoliko prelazi 50, a manji broj vrednost od 100 – identifikovanih od strane konsultanata [94] za individualne loše održavane sisteme. U nastavku se prikazuju ILI vrednosti sistema u Severnoj Americi [81], Australiji [137] i Južnoj Africi [119].

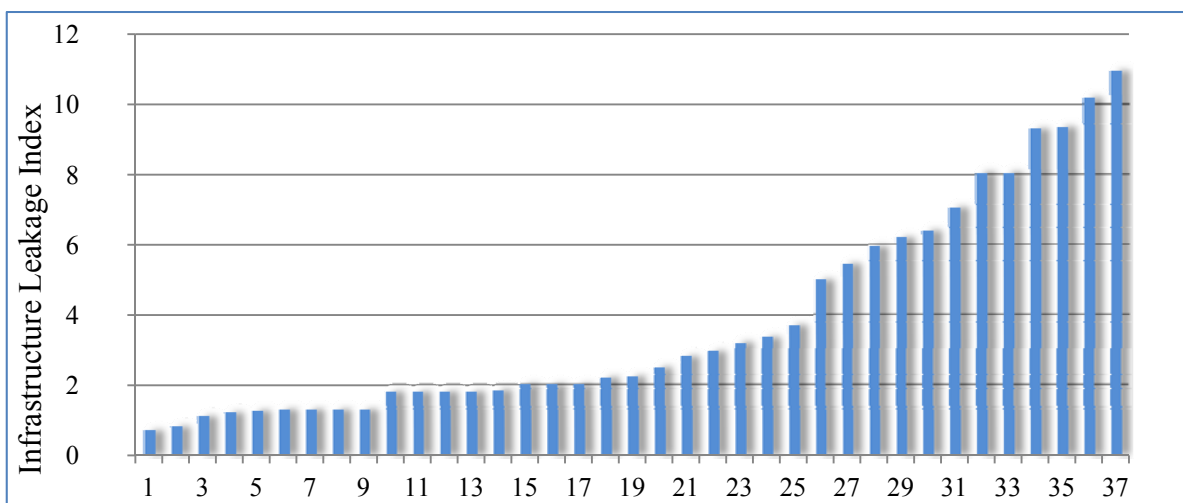


Slika 2.5 ILI vrednosti za 27 sistema za snabdevanje u 20 zemalja



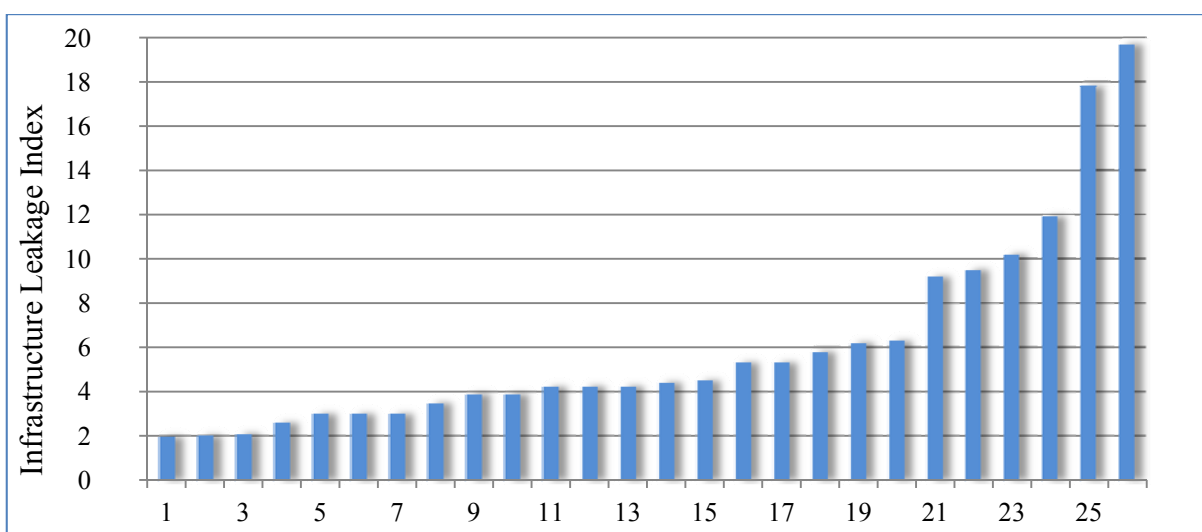
Slika 2.4 Sedam vodovodnih sistema u severnoj Americi, prema IWA standardu [81]

- * Infrastruktturni indeks gubitaka ILI 2.7 to 12.7 (srednja vrednost 7.4)
- * Gustina priključaka 25 to 91/km distributivnog voda (srednja vrednost 54 priključka/km)
- * Dužina korisničkog priključka 0 to 8 metara (srednja vrednost 4 metra)
- * Radni pritisak 39 to 60 metara (srednja vrednost 50 metara)
- * Nenaplaćena voda 15.3 to 33.5% (u proseku 24%)



Slika 2.5 Deset Australijskih gradskih sistema, prema IWA standardu [135]

- * Infrastrukturni indeks gubitaka ILI 0.9 do 3.7 (prosečni 2.1)
- * Gustina priključaka 28 to 69/km distributivnog voda (srednja vrednost 47/km of mains)
- * Dužina korisničkog priključka (srednja vrednost 0 metara)
- * Radni pritisak 32 to 72 metara (srednja vrednost 49 metara)
- * Nenaplaćena voda 9.5 do 22% (prosečno 14%)



Slika 2.6. Dvadesetšest Južnoafričkih sistema [121]

- * Infrastrukturni indeks gubitaka ILI 1.9 to 19.8 (srednja vrednost 6.0)
- * Gustina priključaka 22 do 111/km distributivnog voda (sred. vrednost 53 priključka/km)
- * Udaljenost korisničkog vodometra od regulacione linije (srednja vrednost LP = 0 metara)
- * Radni pritisak 30 do 75 metara (srednja vrednost 48.4 metara)
- * Nenaplaćena voda 8 do 52% (u proseku 24.2%)

Napomena: Sistemi sa manjim brojem od 5,000 korisničkih priključaka, ili manjom gustinom od 2 po km, ili sa radnim pritiskom manjim od 25 m nisu uzimani u obzir kada su rađene analize vodovoda u Africi.

Poglavlje 2. Metodologija određivanja IWA tehničkih pokazatelja uspešnosti u vodovodnim sistemima

Sistem, država i godina	Gustina priključaka po km distribut. voda	Dužina korisničkog priključka	Srednja vrednost pritiska	UARL	CARL	ILI = CARL /UARL	NRW % vode unete u sistem
		metar	metar	l/priklj/d	l/priklj/d		
WML, Netherlands, 1997	55.5	3	35	42	29	0.7	5.3
Ecowater, New Zealand, 2000/01	46.5	0	54	64	60	0.94	11
Central Area Halifax, Canada, 2001/02	50.6	7.5	54.9	73.7	75	1.01	8
Yarra Valley Water, Australia, 2000/01	62	0	72	78.5	87	1.1	12.8
South-East Water, Australia, 2000/01	53.9	0	54.3	61.6	69	1.11	9.9
JWU West Bank, Palestine, 1996	27.9	0	86	124	146	1.17	22.7
Singapore, 1997	38.0	10	40	61	74	1.21	4.9
Wide Bay Water, Australia, 2000/01	27.1	0	65	95.1	116	1.22	14
South-West Water, England, Distribution Losses, 2001/02	48.4	0*	58	67.5	90.8	1.34	21.1
Southern Water, England, Distribution Losses, 2001/02	72.2	0*	46.2	48.5	72.3	1.49	13.8

* Postoje i gubici na delu do korisničkog priključka; postoje i procene stvarnih gubitaka stvarnih gubitaka na privatnim cevima iza mesta priključenja, zasnovane na merenjima (Office of Water Services, 2001)

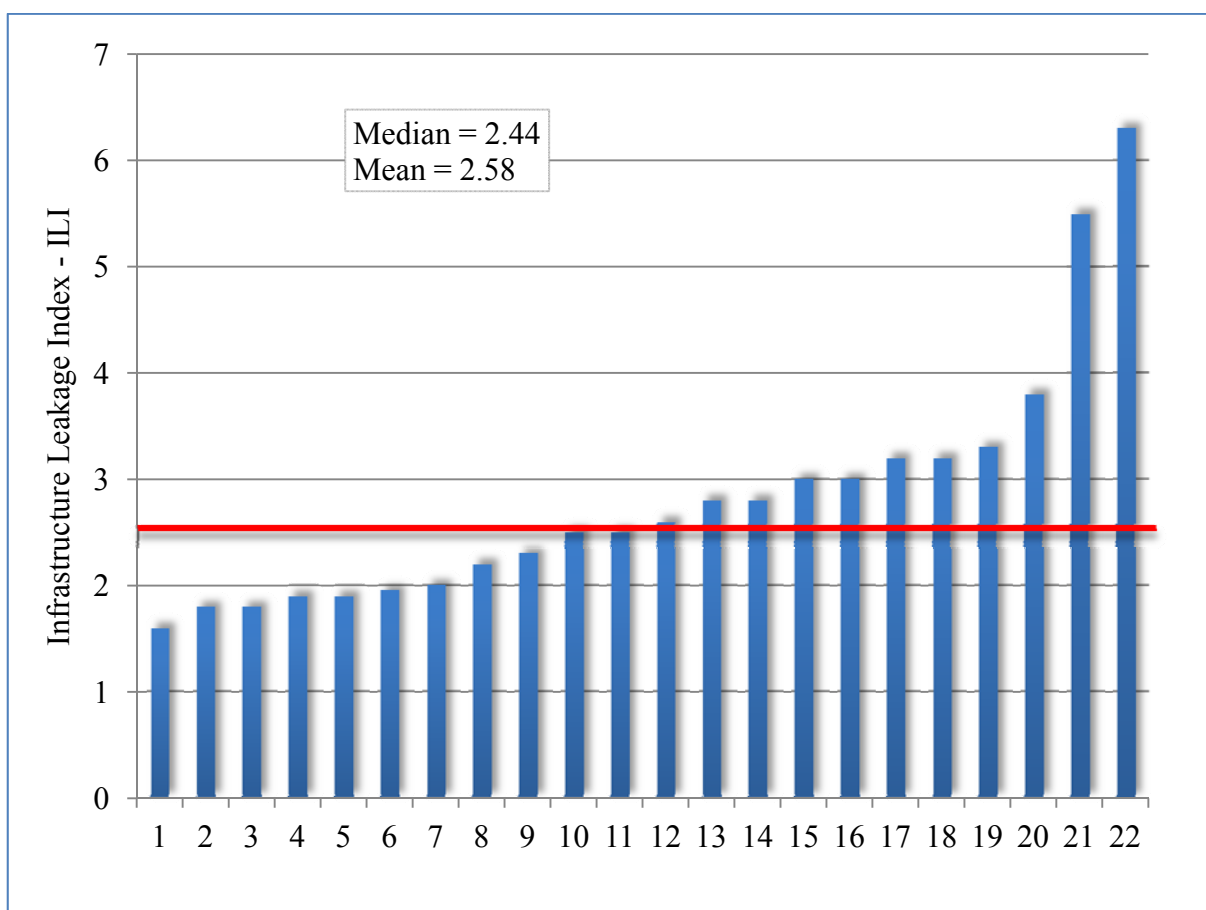
Tabela 2.9 Uporedni prikaz stanja „proučenih“ vodovodnih sistema u svetu

***Napomena:**

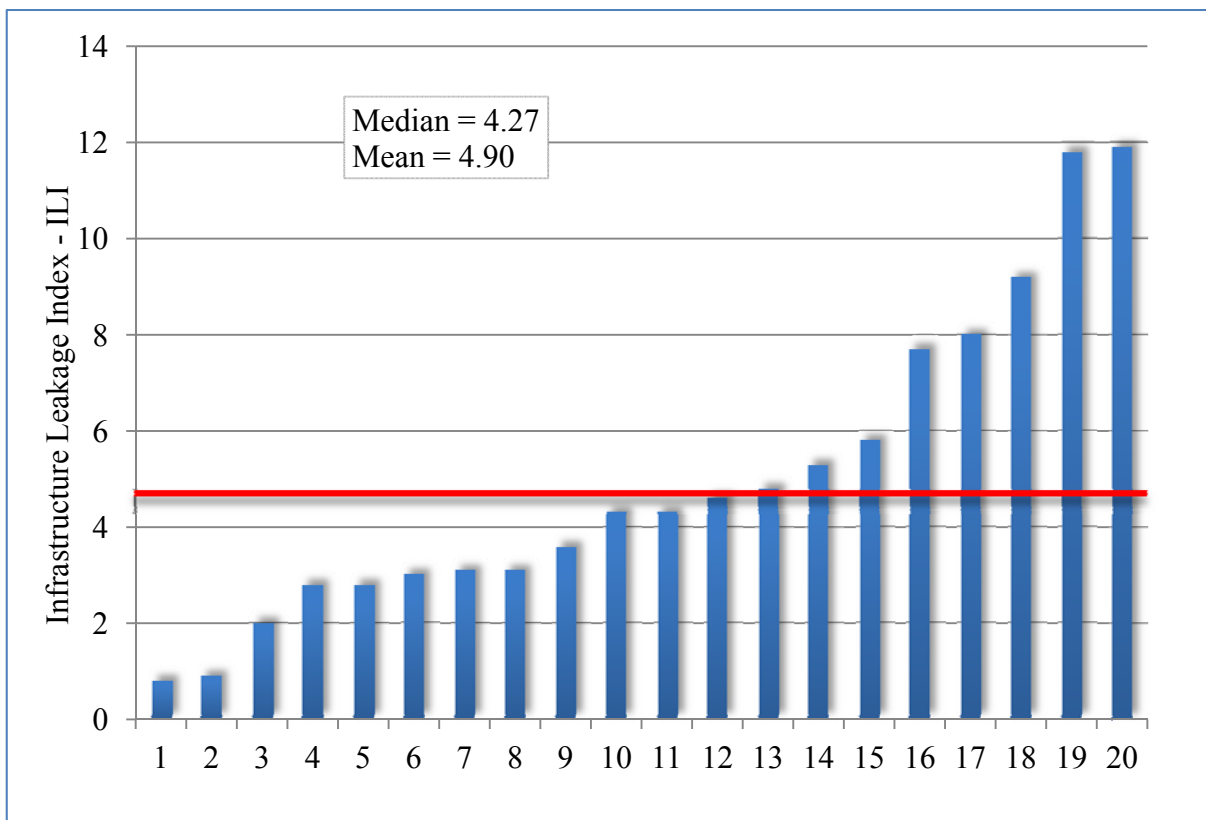
Podaci su preuzeti od preduzeća koja imaju izvršeno kvalitetno sektorisanje vodovodne mreže, koji se kontinualno osmatraju SCADA sistemima i stalno postavljenim data loggerima. Sistemi gde svi korisnici imaju krovne rezervoare tipično imaju znatno veće vrednosti prividnih gubitaka, zbog poznate inertnosti vodomera koji registruju manju količinu vode nego kod sistema koji rade pod direktnim pritiskom iz mreže.

IWA „BEST PRACTISE” komponentu Nenaplaćena voda (NRW) izraženu u % kao jednostavan finasijski pokazatelj (Financial Performance Indicator) – ne smatra pouzdanim pokazateljem efikasnosti upravljanja stvarnim gubicima iz distributivnih sistema [55].

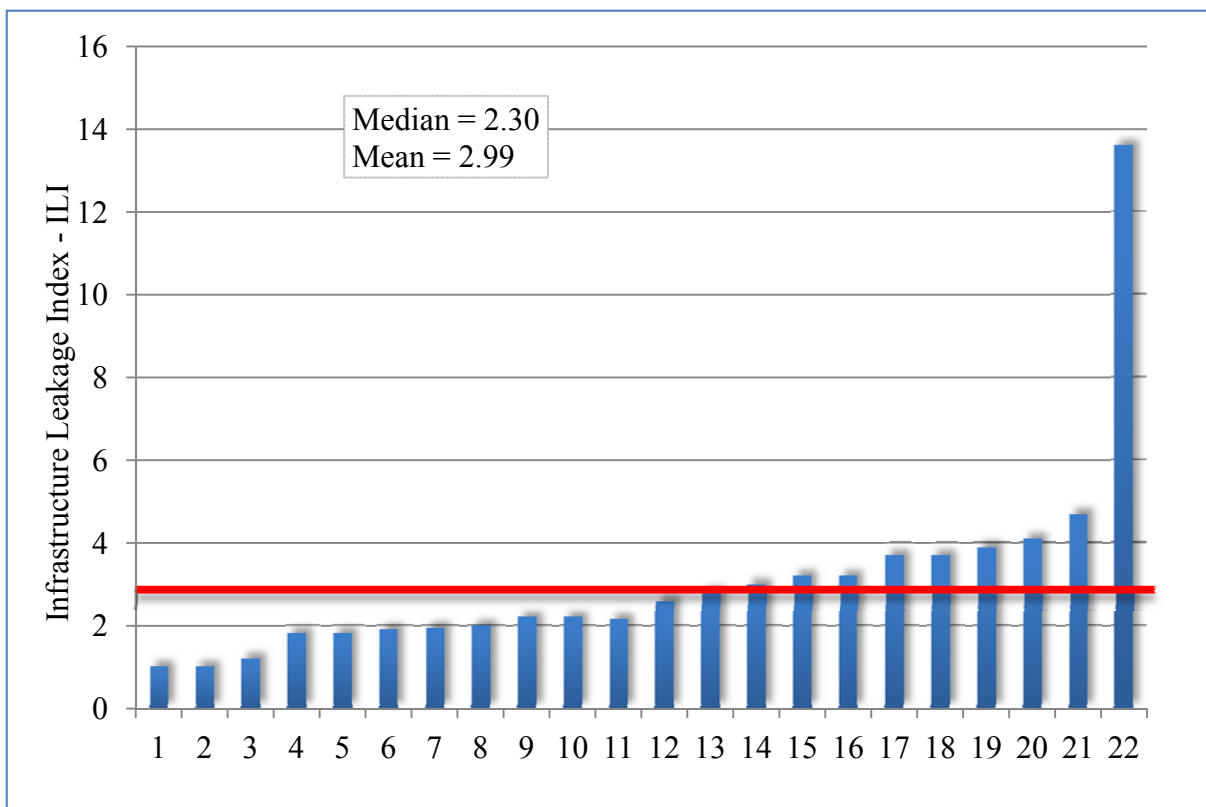
Koeficijent korelacije između ILI i % NRW u originalnom setu podataka (1999) AQUA je imao vrednost svega 0.17 [55].



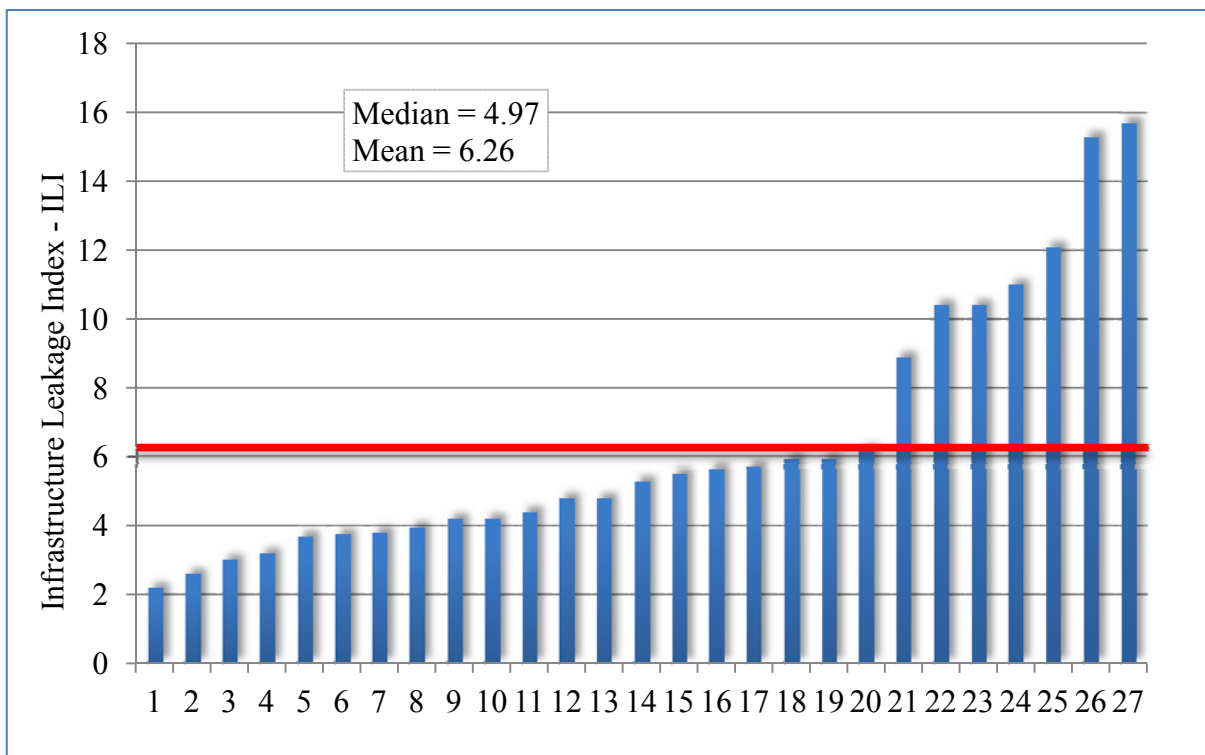
Slika 2.7 Vrednosti ILI za 22 sistema iz Engleske i Velsa [114]



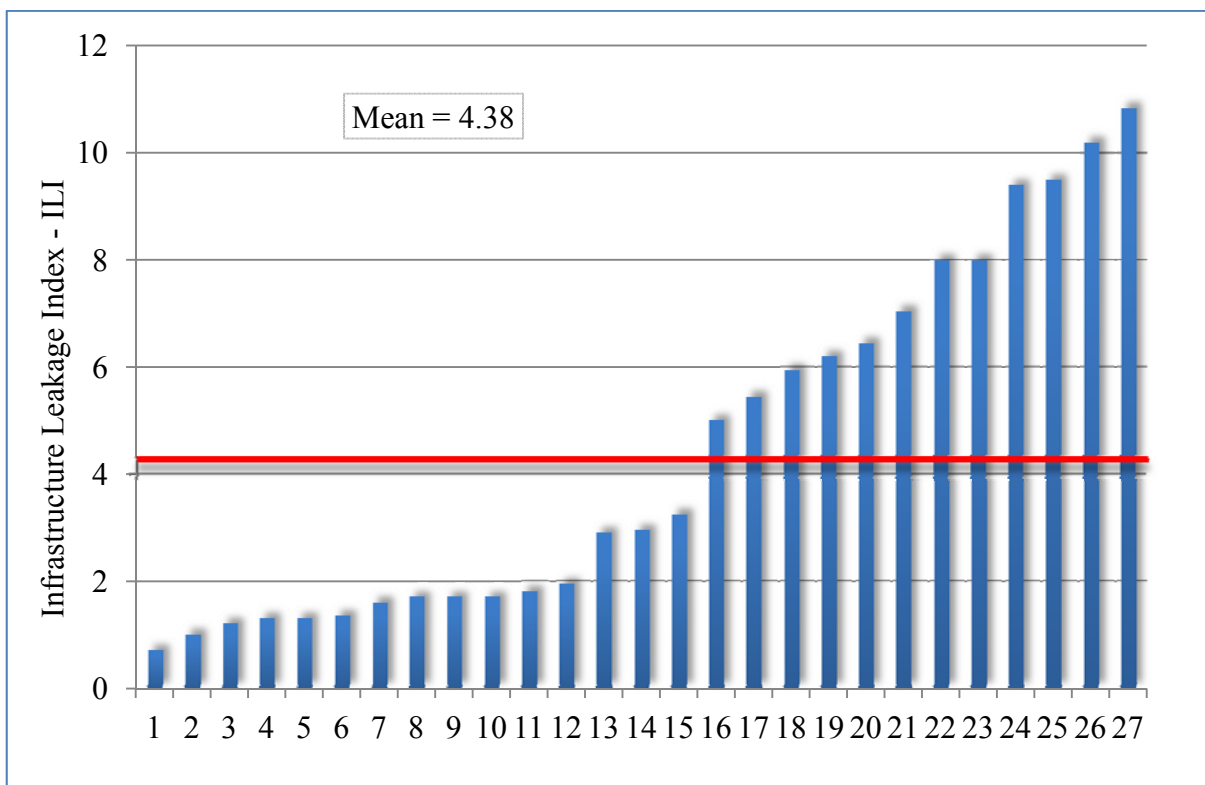
Slika 2.8 Vrednosti ILI za 20 vodovodnih sistema iz SAD i Kanade [136]



Slika 2.9 Vrednosti ILI za 20 sistema u Australiji [137]

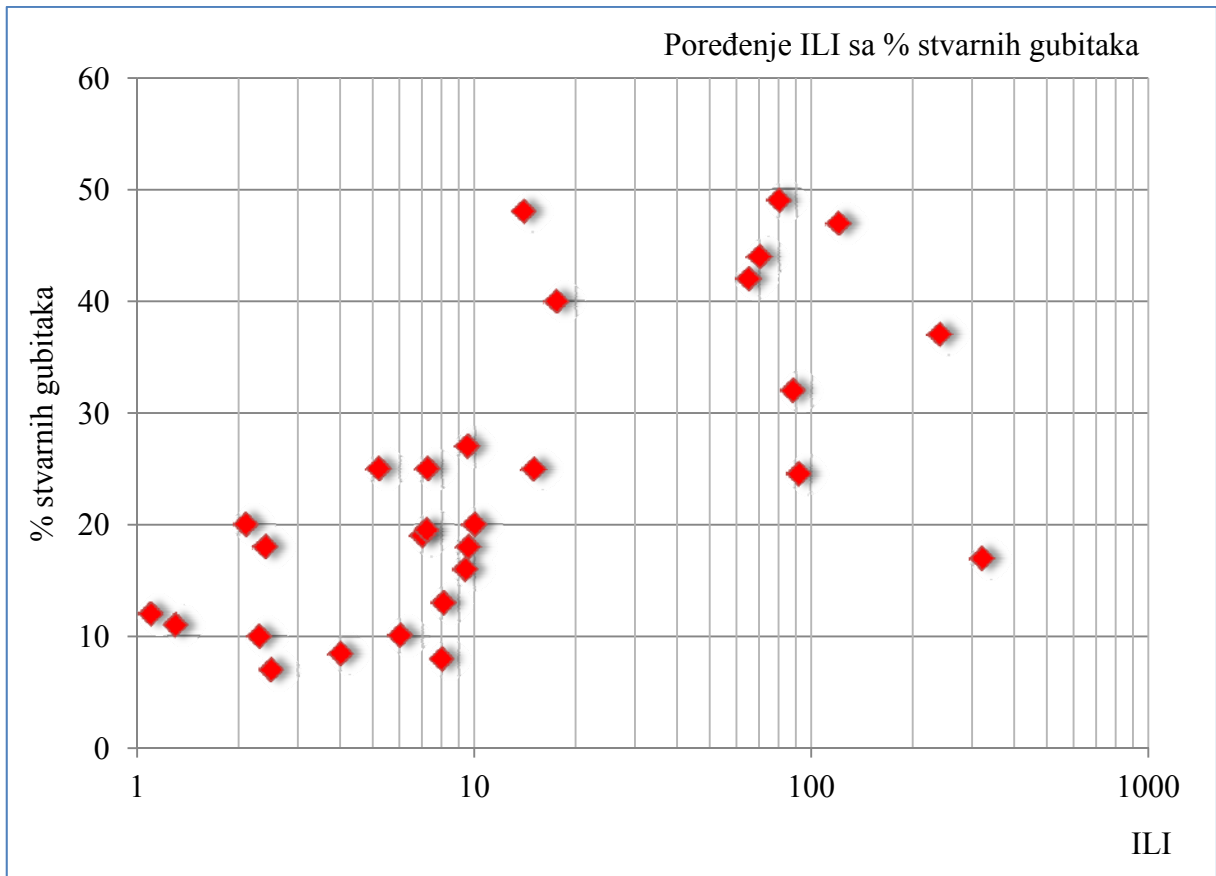


Slika 2.10 Vrednosti ILI za 27 sistema iz Južne Afrike [121]
(Podaci dobijeni ljubaznošću South African Water Research Commission)



Slika 2.11 Vrednosti ILI za 27 sistema iz 20 država [86]
(Podaci dobijeni ljubaznošću Allan Lambert and IWDC Ltd)

2.5.4.2 Upoređenje vrednosti ILI sa procentima

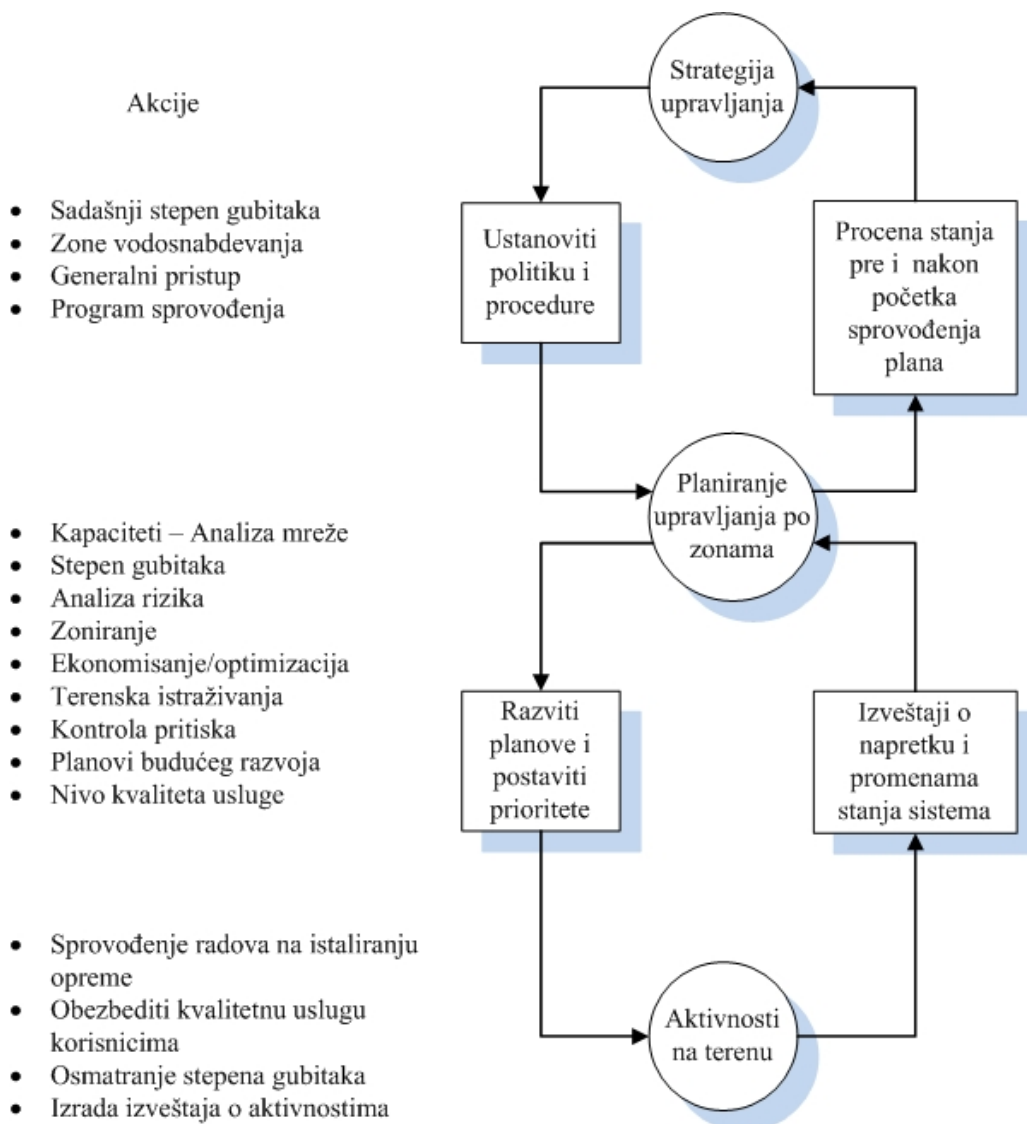


Slika 2.12 Veza ILI i stvarnih gubitaka izraženih u procentima [91]

Na Slici 2.14 su prikazani pokazatelji efikasnosti za 30 vodovodnih sistema u svetu korišćenjem ILI i odgovarajućeg stepena gubitka izraženog u procentima, gde se jasno vidi da nema povezanosti ova dva pokazatelja. Za stepen od 50% stvarnih gubitaka jedan sistem ima vrednost ILI 12 dok drugi sistem ima vrednost čak 114! Dva sistema koja imaju više od 10% gubitaka imaju vrednost ILI blisku 1, trećerangirani sistem ima 20%, dok jedan sistem sa 6% ima vrednost ILI 2 i veću mogućnost smanjenja gubitaka nego kod već pomenutih!

3 RAZVOJ STRATEGIJE ZA UPRAVLJANJE GUBICIMA

Puno je materijala napisano o ekonomskim aspektima procurivanja vode i strategijama za upravljanje gubicima. Onima koji treba da sprovode politiku upravljanja gubicima treba ukazati na neke ključne teorijske postavke, kao i na praktične probleme koje moraju uzeti u obzir kada razvijaju odgovarajuće planove i procedure. Zadaci koji se postavljaju i rešenja koja treba doneti su prikazani na Slici 3.1.



Slika 3.1 Struktura pristupa upravljanju gubicima, Radivojević [30]

Najvažniji aspekt svake strategije za upravljanje gubicima su postavljeni ciljevi: koji nivo gubitaka na procurivanje je zacrtan kao cilj koji treba postići i koji nivo gubitaka treba održavati u dužem vremenskom periodu. U idealnim uslovima, svako preduzeće koje se bavi vodosnabdevanjem bi volelo da u potpunosti eliminiše procurivanja iz svog sistema. Međutim, u praksi, obzirom da su gubici na procurivanje neizbežna pojava, postoji nivo gubitaka koji se može tolerisati i koji se mora održavati.

Ovo poglavlje daje prikaz osnova tehnike za upravljanje gubicima, koja ima svoje uporište na četiri svoja načina delovanja. Svaki od njih praktično predstavlja investicije u sistem, koje će se povratiti uštedom vode na račun smanjenja gubitaka. Razmatraju se aspekti svakog od četiri oslonca, zajedno sa koracima potrebnim za sračunavanje ekonomski dopustivog nivoa gubitaka.

3.1 Izdrada strategije

Teško je standardno propisati metodologiju koju treba sprovoditi za postavljanja ciljeva pojedinog komunalnog preduzeća, kao i izvođenje odgovarajuće strategije za upravljanje gubicima. Naredne sekcije prikazuju generalne korake koje treba slediti, bez obzira na način organizacije preduzeća za vodosnabdevanje. Slika 3.2 prikazuje uopštenu strategiju upravljanja gubicima vode [30].

3.1.1 Pasivna i aktivna kontrola gubitaka

Pasivnom (reaktivnom) kontrolom se smatra akcija kada komunalno preduzeće reaguje na incidentna oštećenja, havarije i curenja vidljiva na površini terena, što je najčešća politika komunalnih preduzeća u svetu. Za prijavljena oštećenja, ključni faktor za smanjenje gubitaka jeste vreme potrebno da se kvar sanira kao i obučenost osoblja i materijala korišćenih za popravke.

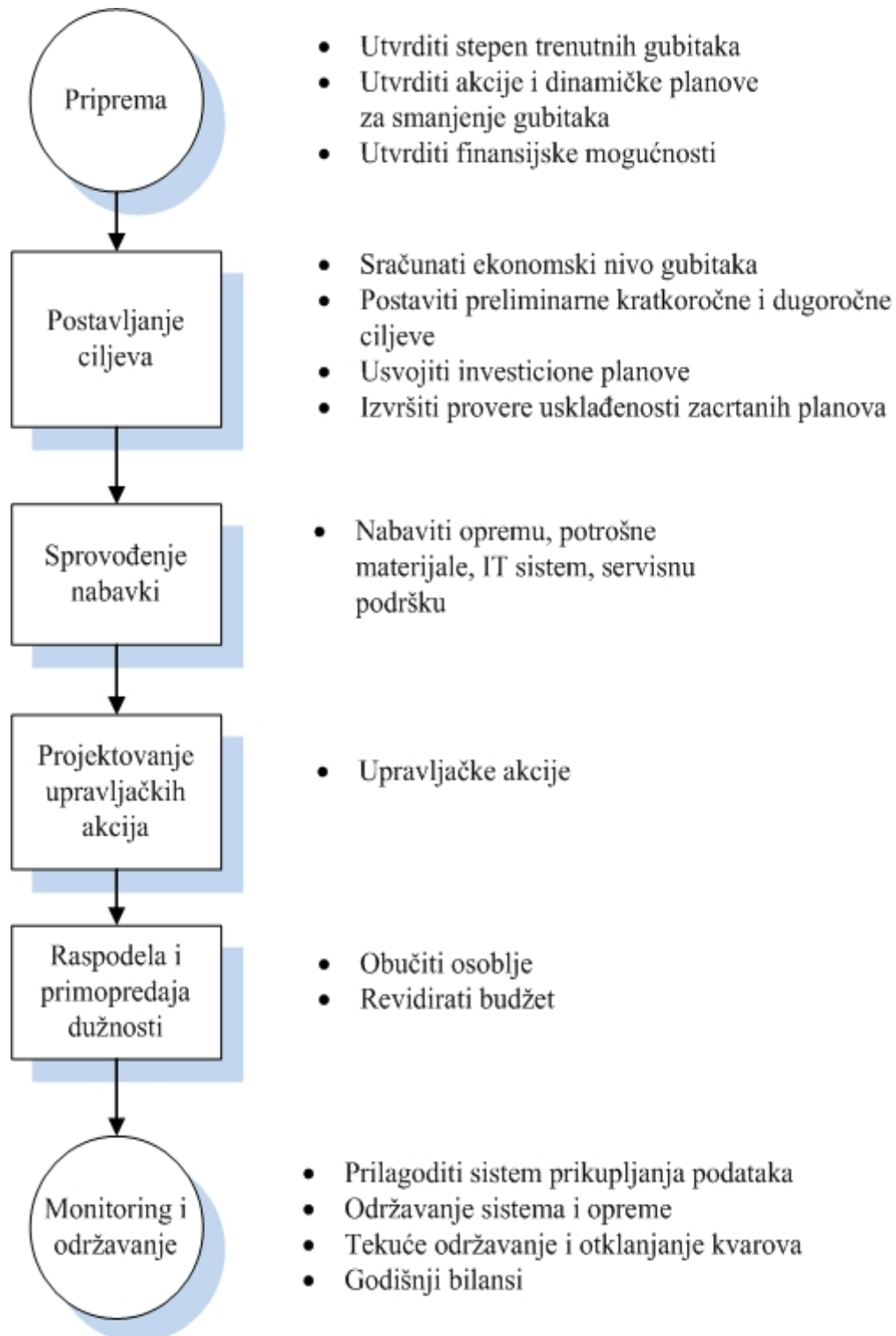
Aktivna kontrola gubitaka: da bi se locirala neprijavljena oštećenja, potrebno je koristiti tehnike za otkrivanje procurivanja i u kontinuitetu sprovoditi osmatranja na mreži i detekciju novonastalih gubitaka. Jedna od glavnih prednosti BABE koncepta je što on može pomoći menadžmentu komunalnih preduzeća kod planiranja optimalnog, tj. ekonomski opravdanog obima izvršenja akcija na otkrivanju i otklanjanju gubitaka (jer i te akcije dosta koštaju!)

3.1.2 FAZA PRIPREME: Proučavanje gubitaka vode – IWA međunarodni standard

Komponente vodnog bilansa treba uvek sračunavati pre bilo kakvog pokušaja da se sračunaju pokazatelji uspešnosti. Uvek treba izvršiti pokušaj da se količina nenaplaćene vode što tačnije razdvoji na komponente – Nenaplaćena ovlašćena potrošnja, Prividni gubici i Stvarni gubici.

Prilikom izrade programa smanjenja gubitaka tj. programa optimizacije gubitaka, mora se uraditi pažljiva analiza svih uticaja na proizvodnu i prodajnu cenu vode, tj. na njihov odnos. Bilansiranje vode je vrlo važno za formiranje strategije vodovodnih preduzeća u borbi za smanjenje gubitaka. Kod vodovoda kod kojih postoje povremene nestašice vode, veoma je važno sprovođenje aktivne kontrole stvarnih gubitaka i njihovo brzo smanjivanje u cilju urednog snabdevanja korisnika vodom. To je u većini slučajeva racionalnije rešenje u odnosu na rešenje sa dovođenjem novih količina vode.

Aktivnosti na smanjenju druge komponente ukupnih gubitaka – prividnih gubitaka, rezultiraće povećanjem prihoda od vode, ali retko mogu bitno uticati na poboljšanje urednosti snabdevanja vodom.



Slika 3.2 Uopštena strategija upravljanja gubicima vode [30]

3.1.3 Prepoznavanje faktora uticaja i postavljanje vremenskih okvira

Sve komponente vodnog bilansa, kao i pokazatelji uspešnosti koji se sračunavaju na osnovu njih jesu podložni greškama koje sadrže prikupljeni podaci. Ključ uspeha u razvoju strategije upravljanja gubicima vode jeste što bolje upoznavanje uzroka gubitaka i faktora koji utiču na njihov nastanak. Tek tada se mogu razvijati tehnike i procedure u skladu sa karakteristikama distributivne mreže i lokalnih faktora, kako bi se uspostavio način borbe protiv svakog uzroka gubitaka i ustanovio njihov prioritet. Uprkos tome što ne postoji brz i lak odgovor kako smanjiti gubitke, mnogo se može naučiti iz prakse vodovodnih preduzeća u Engleskoj i Velsu. Uslovljeni od strane regulatornog tela OFWAT da razviju “čvršće” procedure za analiziranje i kontrolu gubitaka, snabdevači vodom sada imaju oprobane tehnike za osmatranje, prepoznavanje i merenje gubitaka vode iz distributivne mreže. Najveći broj preduzeća je uveo i programe koji stimulišu potrošače da troše manje vode.

- Dijagnostički pristup, na osnovu koga se daju praktične preporuke za realna i ostvarljiva rešenja pojedinačnih problema, u svetu može sprovesti svako preduzeće koje se bavi vodosnabdevanjem kako bi razvilo strategiju za upravljanje gubicima. Prvi korak u razvoju strategije je nalaženje odgovora za neka pitanja o karakteristikama mreže i načinu upravljanja, kako bi se izabrala odgovarajuća rešenja i formulisala strategija. Karakteristična pitanja (sa strateškim odgovorima) su:
 - **Koliko se vode gubi? *Sračunajte bilans vode***
 - **Gde se gubi voda? *Sprovedite pregled mreže***
 - **Zašto se gubi voda? *Proverite način funkcionisanja i procedure***
 - **Koje strategije treba uvesti da se smanje gubici i popravi efikasnost? *Razvijte odgovarajuću strategiju***
 - **Kako se može sprovesti strategija i održati nivo dostignute efikasnosti? *Sprovedite obuku i operativne procedure***

3.1.4 Utvrđivanje potrebnih sredstava za sprovođenje strategije

Odgovarajući plan za smanjenje gubitaka se može realno izraditi samo ako se uzimaju u obzir potrebna sredstva za finansiranje sprovođenja programa. Čak i ako se dokaže da su postavljeni ciljevi smanjenja gubitaka ekonomski isplativi, moraju se unapred uložiti sredstva koja će se posredno, preko uštede vratiti u nekom dužem vremenskom periodu, u nekim slučajevima preko 20 godina. Finansiranje se može obezbediti povećanjem cene vode, iz državnog budžeta, međunarodnih donacija i kredita ili planiranjem smanjenja zarade tokom sprovođenja radova na smanjenju gubitaka vode. Za sponzore programa za smanjenje gubitaka vode je važno da se finansijski menadžment preduzeća za vodosnabdevanje uključi još u samom početku, obzirom da rešavanje problema finansiranja može zahtevati truda i vremena koliko i tehnički aspekti izrade strategije.

3.1.5 Prilagođavanje organizacione strukture preduzeća programu smanjenja gubitaka vode

Prilikom planiranja sprovođenja politike upravljanja gubicima, mora se izvršiti revizija organizacione strukture preduzeća kako bi se obezbedilo efikasno sprovođenje novih zahteva koji se tom prilikom postavljaju. Osoba zadužena za sprovođenje strategije treba da ima jasna ovlašćenja i podršku direktora za efikasno sprovođenje zacrtane politike smanjenja gubitaka. Ta osoba, koja treba da bude posvećena ovom zadatku, postaje centralna figura za sprovođenje programa i treba da bude u stanju da koordinira raznovrsne aspekte programa.

Neizbežno, pojaviće se periodi kada se program neće odvijati po zacrtanom planu. Tokom takvih perioda veoma je važno da se napravi razlika između dva stepena upravljanja gubicima:

- Smanjenje gubitaka na planirani nivo u skladu sa zacrtanim ciljevima. Ovaj stadijum treba spovesti kao projekat koji uključuje kapitalne radove i druge investicione troškove, koji se može sprovoditi na sličan način kao i projekat izgradnje novih delova sistema. Projektom treba da rukovodi neko ko poseduje dobre menadžerske sposobnosti, pri čemu ne mora biti ekspert za upravljanje gubicima vode iz sistema. Međutim, potrebno je da u ekipu uvrsti i eksperte za upravljanje gubicima, bilo iz preduzeća ili spoljnog konsultanta, kao i da uključi osoblje koje će biti zaduženo za održavanje smanjenog stepena gubitaka nakon dostizanja postavljenih ciljeva;
- Održavanje stepena gubitaka na planiranom nivou. U ovom stadijumu plan upravljanja gubicima treba da bude deo redovnih obaveza upravljanja sistemom i preduzećem, npr. na sličan način kao što je to prečišćavanje tj. tretman vode. U ovakvom režimu upravljanja manje su potrebe za postavljanjem direktora ili menadžera koji će se baviti isključivo pitanjima gubitaka, ali ako je organizaciona struktura preduzeća dovoljno velika, potrebno je postaviti koordinatora koji će voditi računa da se u svim delovima sistema strategija primenjuje na istovetan način.

Ova dva stadijuma se mogu odvijati paralelno u istoj organizaciji, ako se sistem podeli na zone i podsisteme, tako da operativna grupa nakon sprovođenja prvog stadijuma predaje zonu menadžmentu na dalje upravljanje, tj. održavanje dostignutog nivoa gubitaka. Različite zone bi u tom slučaju bile u različitim stadijumima, sve dok se u celom sistemu ne završi prva faza.

3.1.6 Postavljanje ciljeva

Najvažniji aspekt bilo koje strategije upravljanja gubicima je postavljanje ciljane vrednosti gubitaka vode. Kom stepenu gubitaka treba težiti, a koji nivo treba održavati u dužem vremenskom periodu? Gubitak je praktično sinonim za neracionalan utrošak. U tom smislu, preduzeće koje troši proizvod namenjen isporuci i snabdevanju, mora jednom da se zapita šta i kako još gubi pored isurelih količina vode, na primer, prihod od nenaplaćene potrošnje. Neracionalni gubici bi mogli stimulisati preduzeće da podiže cene svojih usluga zbog povećanih troškova po jedinici isporučenog proizvoda, ali se postavlja pitanje do koje mere i koliko je takav pristup razuman i racionalan.

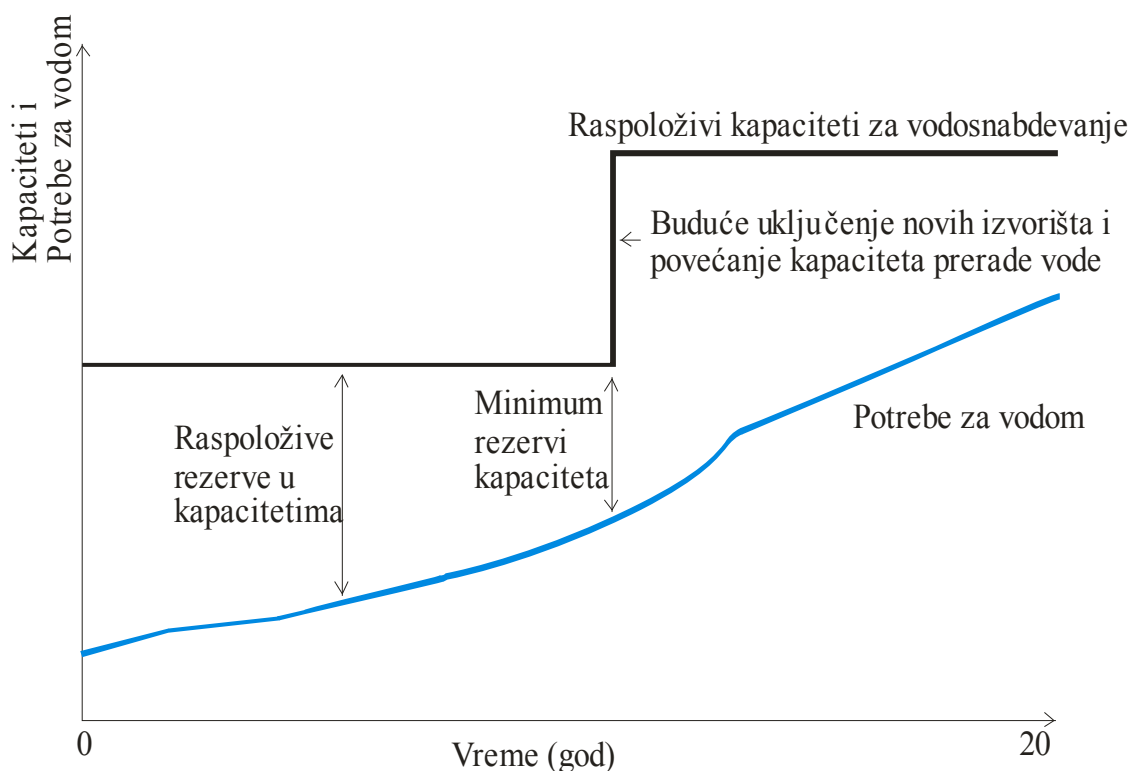
Svako preduzeće koje se bavi vodosnabdevanjem bi volelo da u potpunosti eliminiše gubitke vode i procurivanja iz svog sistema. Gubici vode stvaraju posredne troškove, tj. povećavaju troškove funkcionisanja sistema. Gubici i procurivanja podižu cenu proizvodnje i distribucije vode, podižu zahteve za kapacitetima rezervoara, sistema za prečišćavanje i veličine

distributivne mreže. Međutim, na žalost preduzeća za vodosnabdevanje, gubici i procurivanja vode su neizbežna pojava, koja se ne može u potpunosti eliminisati. Uvek će postojati neki stepen gubitaka koji se mora tolerisati i koji se može održavati.

Kada se razmatraju alternative za prevazilaženje razlike između potrebnih količina vode u budućem planiranom vremenskom periodu i trenutno raspoloživih količina, postoje dva osnovna metoda:

- Povećanje količina za vodosnabdevanje, što može značiti izgradnju dodatnih rezervoara ili podizanje kapaciteta crpnih stanica, podizanje kapaciteta sistema za prečišćavanje, dovođenje vode iz udaljenih područja;
- Smanjenje budućih potreba za vodom smanjivanjem gubitaka i procurivanja i upravljanjem potrošnjom.

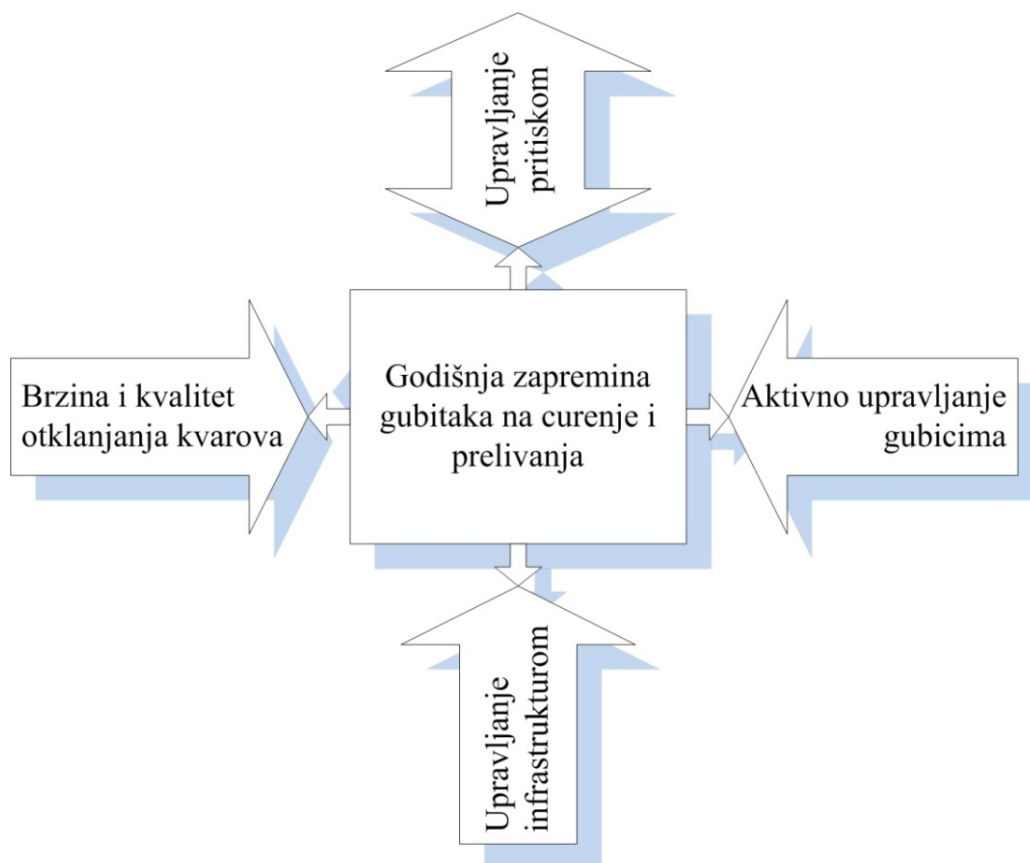
Svaka od ovih metoda će povećati raspoložive rezerve, tj. razliku između raspoloživih resursa za vodosnabdevanje i projektovanih potreba i stoga smanjiti rizik da vodosnabdevanje ne može da pokrije potrebe potrošača



Slika 3.3 Efekat povećanja potreba i mogućnosti vodosnabdevanja u odnosu na raspoložive rezerve u vodnim resursima

Smanjenje gubitaka stvara troškove. Međutim, za razliku od ulaganja u povećanje količina za vodosnabdevanje, povećanje ulaganja u smanjenje gubitaka preko neke optimalne mere ima negativan trend, tj. daljim povećanjem ulaganja ne postižu se dalji bitan napredak i pozitivni efekti, već se smanjuje efekat primenjenih mera po jedinici ostvarenih količina uštede vode.

Slika 3.4 prikazuje osnovne tehnike za upravljanje gubicima, koje se mogu nazvati četiri oslonca strategije. Za svaki od njih važi slično pravilo smanjenja efikasnosti, tj. smanjenja povraćaja ukoliko se neplanski (tj. neselektivno, previše ili prebrzo ulaže).



Slika 3.4 Četiri oslonca strategije upravljanja gubicima

3.1.6.1 Aktivna kontrola gubitaka

Kada se po prvi put primenjuje tehnika otkrivanja procurivanja i izvrše popravke, procurivanja i gubici se relativno lako pronalaze. Ovo se lako može objasniti nedovoljnim angažovanjem i investiranjem u održavanje mreže u prethodnim godinama, što rezultuje pronalaženjem i popravljanjem većeg broja oštećenja nego li što je uobičajen broj pojave oštećenja tokom jedne kalendarske godine. Međutim, kada se veća oštećenja relativno lako pronađu, nadalje bi bilo potrebno uložiti znatno veće napore kako bi se gubici dodatno smanjili za slične vrednosti.

3.1.6.2 Kontrola pritiska

Najefikasniji metodi upravljanja su oni koji pokrivaju veće površine i koji imaju značajan uticaj na srednje vrednosti pritiska. Primer bi bio instalacija ventila za smanjenje pritiska na ogranku magistralnog voda koji pokriva ceo manji grad ili naselje. Kada se jednom uspostavi

način upravljanja, sledeći korak može biti postavljanje ventila za smanjenje pritiska po manjim oblastima. U nekim ekstremnim slučajevima, preduzeća za vodosnabdevanje su postavila ventile za smanjenje pritiska u oblastima sa manje od 200 domaćinstava, ili čak na individualnim gazdinstvima. *U takvim slučajevima cena primenjenog metoda može prevazići uštede koje se ostvaruju u datoj oblasti, pa se onda on može smatrati neracionalnim.*

3.1.6.3 Podela sistema na merne zone

Kada se sistem deli na merne zone, postoji tendencija da se favorizuju delovi sistema gde se mogu sprovesti merenja bez neophodnog izvođenja većih dodatnih građevinskih radova na vodovodnom sistemu. Granice mernih zona se uglavnom postavljaju duž postojećih prekida vodovodne mreže, duž glavnih saobraćajnica, reka i kanala i preko nekultivisanih zemljanih površina.

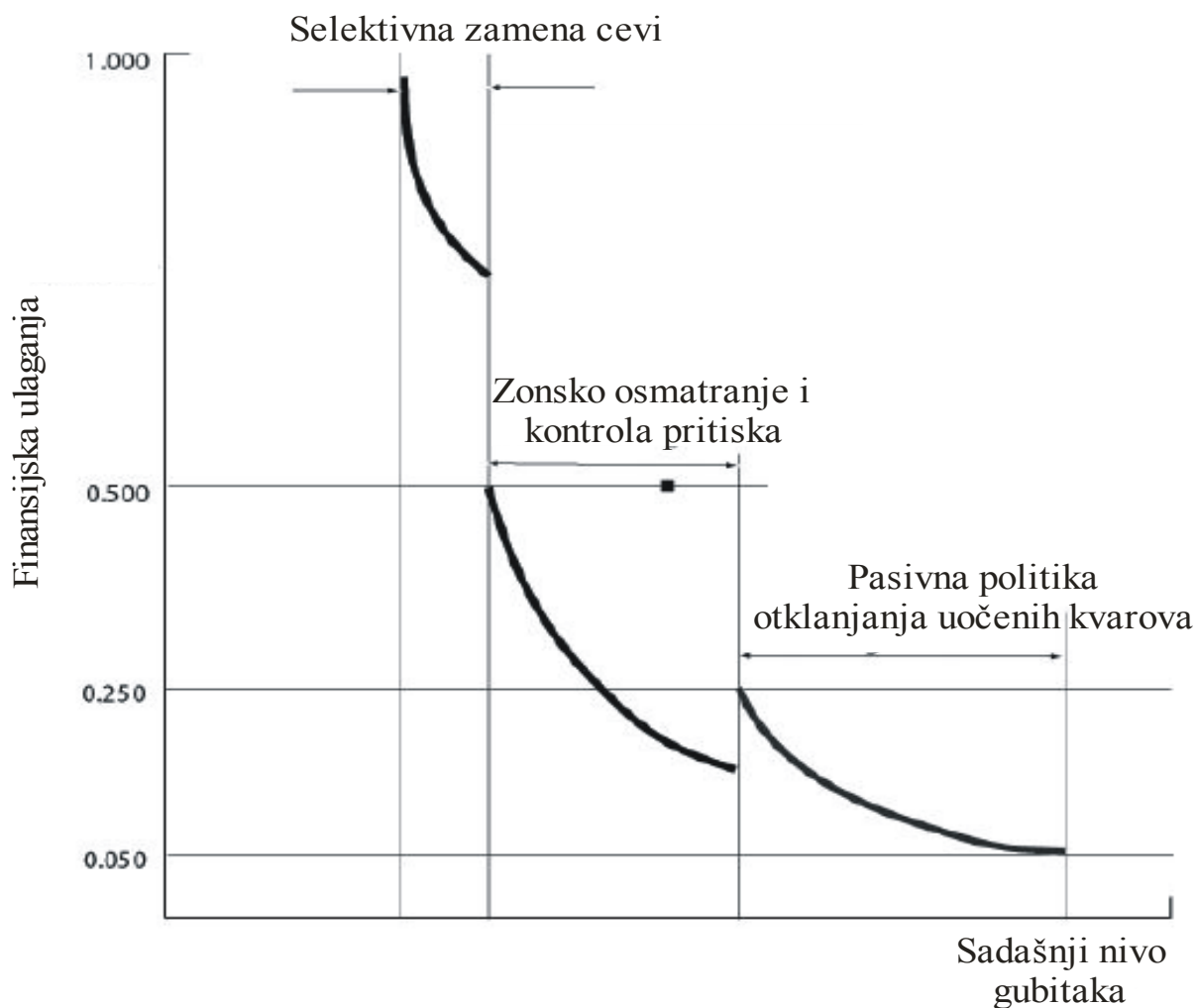
Cilj je da se obezbedi jedinstveno napajanje merne zone (DMA), tako da se količina vode koja dotiče može meriti samo jednim uređajem za merenje. Time se minimizira broj ventila koji se moraju zatvoriti kako bi se ograničila diskretna zona. Broj zona koje se mogu kreirati na ovaj način zavisi od konfiguracije vodovodne mreže. Rast troškova i koristi je sličan. Sa povećanjem broja domaćinstava u mernoj zoni, dolazi se do tačke na kojoj dalje povećanje broja domaćinstava izaziva povećanje jediničnih troškova ugradnje merača i osmatranja. Isplativim se smatra postavljanje merača protoka na cevovodima do 200 mm, zato što za veće prečnike cena merača znatno skače.

3.1.6.4 Održavanje infrastrukture - Rekonstrukcija cevovoda

Zamena starih vodovodnih cevi novim instalacijama će smanjiti curenja iz sistema. Ako se cevi menjaju iz nekog drugog razloga, na primer zbog problema sa kvalitetom vode, onda se moraju u obzir uzeti i efekti smanjenja gubitaka vode usled procurivanja. Ako se zamena cevi vrši prvenstveno zbog kontrole gubitaka, treba izraditi odgovarajuće studije koji delovi sistema i koje cevi u tim delovima imaju najučestalije pojave havarija (godišnji broj oštećenja po kilometru) i koji delovi imaju najveći stepen neprimetnih gubitaka. Ako se studije pažljivo obave i postavljeni ciljevi realizuju, postaje nevažno što se u prvom stadijumu postižu bolji finansijski efekti nego u kasnijim. Naravno, kod planiranja zamene cevi treba voditi računa o periodu povraćaja investicije, kao i o periodu starenja cevovoda i ponovnog javljanja gubitaka na procurivanje.

3.1.6.5 Brzina popravke

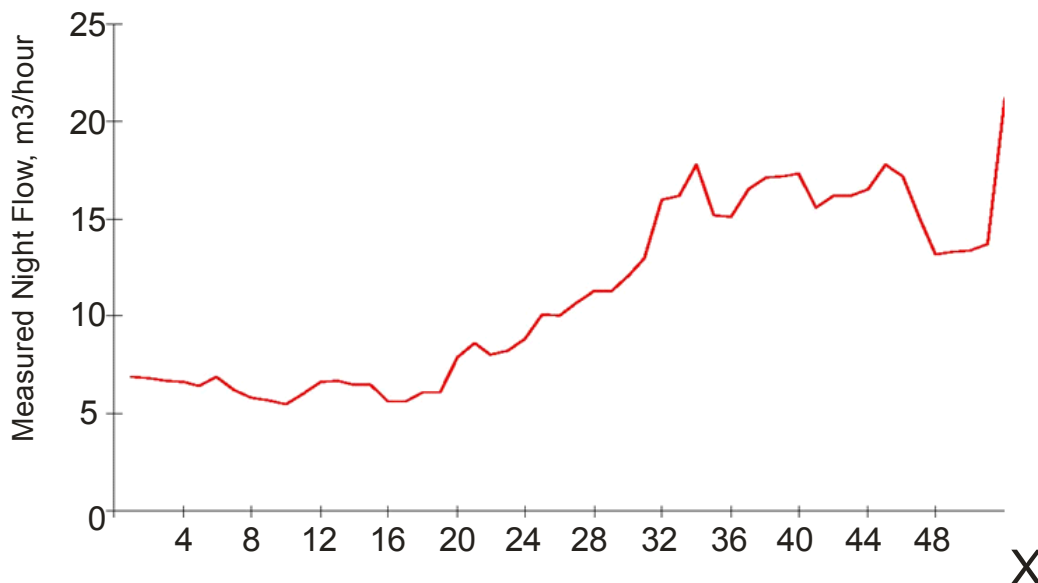
Skraćenje vremena potrebnog za popravku kvarova i procurivanja svakako smanjuje količine izgubljene vode. Međutim, kad se vreme popravke previše skрати usled podizanja kapaciteta preduzeća da brzo odgovori zahtevu, pojavljuje se tendencija porasta troškova zbog održavanja ekipe i opreme u stanju pripravnosti, troškova prekovremenog i noćnog rada ili dodatna plaćanja spoljnim partnerima da oforme posebne timove za hitne intervencije.



Slika 3.5 Gubitak efektivnosti sprovođenja mera za smanjenje gubitaka [30]

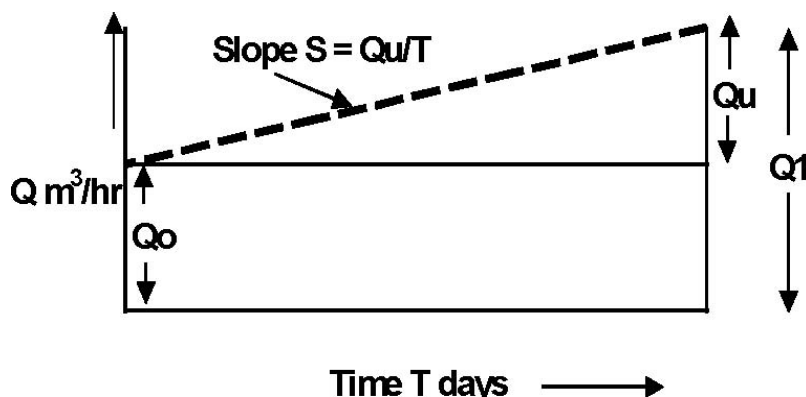
3.1.6.6 Prirodni porast gubitaka vode

Slika 3.6 [15] iz Velike Britanije prikazuje kako noćna potrošnja u delu distributivne mreže može vremenom postepeno da raste, usled postojanja 'neprijavljenih' procurivanja i oštećenja, iako se sva 'prijavljena' procurivanja i oštećenja odmah popravljaju. Popravljanje neprijavljenih procurivanja otkriveno tokom redovne kontrole završeno je u sedmici broj 16. Poređenje stvarne noćne potrošnje sa procenjenom korisničkom potrošnjom i neotkrivenim gubicima se vrši da bi se utvrdilo (ne)postojanje značajnih oštećenja na vodovodnoj mreži. Prosečan stepen porasta neotkrivenih gubitaka i oštećenja koji se pojavljuje ne pokazuje pravilnost i zavisi od specifičnosti sistema, tj. na njega utiče jedan broj lokalnih faktora; ipak, prosečan stepen rasta oštećenja i gubitaka se može ustanoviti na osnovu osmatranja noćne potrošnje, u periodima kada se voda minimalno koristi za navodnjavanje i industrijske potrebe.



Slika 3.6 Prirodni porast neprijavljenih gubitaka vode

Slika 3.7 prikazuje istu situaciju u uopštenijoj formi. Tokom T dana, noćna potrošnja poraste od Q_0 na Q_1 , tj. ostvari porast za Q_u . Ako se prosečni noćni pritisak P_0 kada se meri Q_0 , i P_1 kada se meri Q_1 , značajno razlikuju, potrebno je korigovati Q_0 (pomnožiti Q_0 sa P_1/P_0) pre nastavka daljeg proračuna. Takođe, noćni gubici u $m^3/\text{čas}$ se moraju pomnožiti odgovarajućim noć-dan faktorom (NDF), koji upoređuje gubitke tokom noći sa prosečnim dnevnim gubicima, uzimajući u obzir 24-časovne promene pritiska.



Slika 3.7 Generalni uprošćen oblik stepena porasta neprijavljenih procurivanja tokom vremena [15]

Kada se izvrši korekcija Q_0 zbog uticaja pritiska (ako je potrebno), i ako se Q_u prevedu u m^3/dan primenom NDF, prosečan porast neprimetnih gubitaka se može sračunati kao

$$S(m^3/\text{dan}/\text{dan}) = Q_u \times \text{NDF}/T \quad (3.1)$$

Nakon vremenskog perioda osmatranja T, zapremina unutar trougla predstavlja neprimećene gubitke

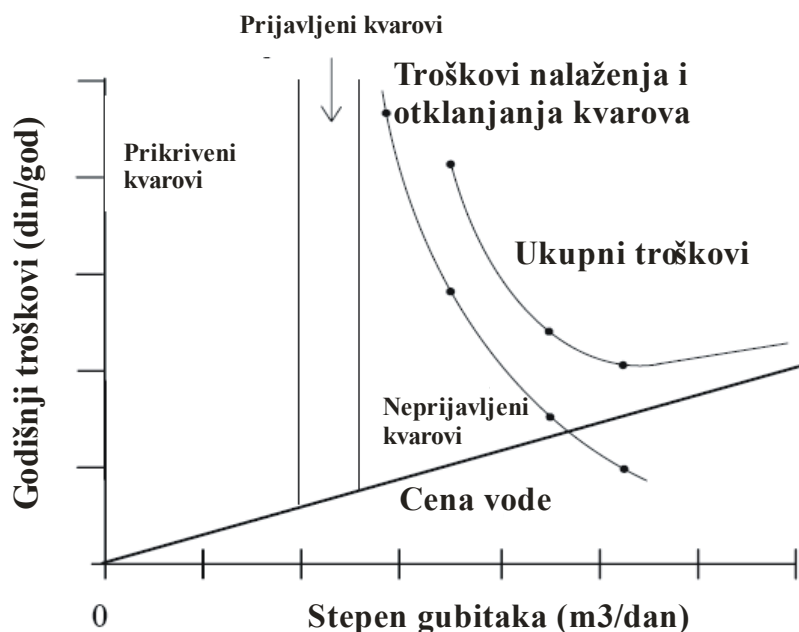
$$V \text{ (m}^3\text{)} = 0.5 \times T \times ST = 0.5 \times S \times T^2 \quad (3.2)$$

Ako je cena proizvodnje vode MAC Euro/m³, vrednost zapremine neprimećenih gubitaka V tokom vremena T će iznositi

$$MAC \times V = MAC \times 0.5 \times S \times T^2 \quad (3.3)$$

3.2 Ekonomski dopustiv nivo gubitaka (ELL)

U svakom sistemu postoji određeni stepen gubitaka ispod koga više ekonomski nije isplativo vršiti dalja ulaganja, ili koristiti dodatne resurse, kako bi se dodatno smanjivali gubici. Drugim rečima, troškovi ulaganja bili bi veći od ekonomske vrednosti ostvarene uštede količina vode. Ova granična vrednost se naziva ekonomski dopustiv nivo procurivanja (ELL). Postavljanje ciljeva strategije upravljanja gubicima se mora bazirati na ovoj kategoriji, uzimajući u obzir njen dinamički karakter, tj. moguće promene nakon izvršenja određenih akcija.



Slika 3.8 Generalizovana relacija između troškova i stepena gubitaka [30]

Na Slici 3.8 je prikazana generalizovana relacija između operativnih troškova na otklanjanju gubitaka i jedinične cene proizvodnje vode u funkciji stepena gubitaka. Ključ uspeha strategije je sakupljanje dovoljno podataka kako bi se ova relacija mogla kvalitetno razraditi za svaku pojedinačnu zonu vodosnabdevanja i odrediti tačka minimuma krive ukupnih troškova, koja daje ekonomski dopustiv stepen gubitaka.

Kako bi se izvršila procena ELL, potrebno je postaviti jasno način kako se vrednuje voda i kako se određuje cena. Kriterijumi se mogu razlikovati od regiona do regiona, kao i u pojedinim oblastima istog regiona.

3.2.1 Kratkoročni ELL

Postoji određen broj ključnih parametara koji određuju aktuelni nivo gubitaka. Ovi se parametri mogu svesti na sledeće kategorije:

- Prosečna veličina pritiska u sistemu
- Stanje distributivne mreže i priključaka
- Razvijenost sistema za osmatranje i prikupljanje podataka (merenja u mernim zonama i telemetrija)

To praktično znači da jedini parameter koji ima uticaj na stepen gubitaka koji se može brzo promeniti jeste broj radnika zaduženih za otkrivanje procurivanja i popravke. Lociranje i popravljavanje mesta procurivanja se često naziva aktivna kontrola gubitaka (ALC). Postoji ravnotežna situacija, u kojoj su pogonski troškovi aktivne kontrole gubitaka jednaki prodajnoj pogonskim troškovima zapremine vode koja se tom prilikom uštedi.

3.2.2 Dugoročni ELL

Na duže staze, investicije u opremu i sisteme, kao što su merne zone, telemetrija, merenje pritiska i rekonstrukcije cevovoda će imati uticaj na ELL koji se može postići u kraćem periodu. Smanjenje gubitaka tokom kampanje na dostizanju kratkoročnog ELL, kao i ostvareni troškovi i uštede, mogu se uporediti sa investicionim troškovima uvođenja promena u načinu funkcionisanja sistema. Investicioni troškovi se često nazivaju troškovima prelaza iz jednog stanja upravljanja u drugo, naprednije stanje.

Kratkoročni ELL se zasniva na ekonomskim analizama kojima se procenjuje optimalno angažovanje na aktivnoj kontroli gubitaka, uzimajući u obzir troškove na dostizanju postavljenog cilja i aktuelnu cenu i koristi od uštede vode.

Dugoročni ELL se zasniva na ozbiljnijim investicionim analizama, uzimajući u obzir sledeća pitanja:

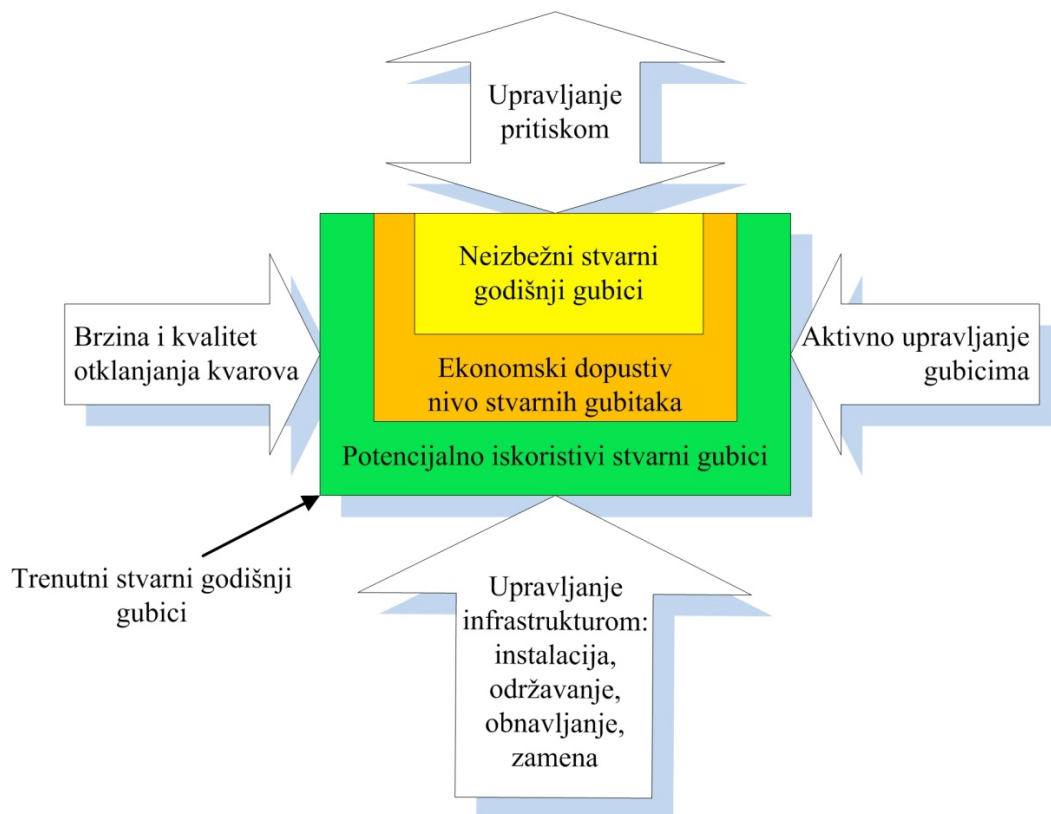
- Koji je trenutni nivo gubitaka?
- Koja je vrednost kratkoročnog ELL?
- Koja je vrednost ulaganja u potrebna sredstva i programe?
- Da li će se i koliko promeniti kratkoročni ELL nakon ulaganja u planirana sredstva i programe?
- Koliko će se ulaganjima u planirana sredstva i programe smanjiti gubici vode, i koliko će se popraviti resursi za aktivnu kontrolu gubitaka u odnosu na trenutno stanje?
- Koliki je period povraćaja investicije?

Odgovori na ova pitanja će u velikoj meri pomoći preduzeću za vodosnabdevanje da se opredeli za kriterijume po kojima će izraditi politiku investiranja.

Najniži nivo tehnički ostvarljivih stvarnih gubitaka, pri pritisku koji je ostvaren u datim uslovima u mreži jeste Unavoidable Annual Real Losses (UARL). Neizbežni nivo godišnjih

stvarnih gubitaka, prikazan je malim pravougaonikom. Ovaj nivo se može sračunati primenom formule i uslova koju je preporučila IWA [3].

Ekonomski nije isplativo postavljati za cilj da se dostigne UARL, osim ako postoji izražena nestašica vode ili je ona veoma skupa. Economic Level of Real Losses - Ekonomski nivo stvarnih gubitaka se nalazi negde između CARL i UARL (vrlo je malo sistema u svetu koji su dostigli ekonomski isplativ nivo stvarnih gubitaka).



Slika 3.9 Pristup upravljanju stvarnim gubicima programom sa četiri upravljačke komponente

Upravljanje stvarnim gubicima je u praksi kontinualna borba da se ograniči porast CARL tokom vremena, korišćenjem odgovarajuće kombinacije sve četiri upravljačke komponente.

Ekonomski dopustiv nivo gubitaka se takođe može proceniti korišćenjem BABE metodologije. Potrebno je sračunati nekoliko komponenti stvarnih gubitaka:

- procurivanja iz malih nevidljivih oštećenja;
- gubici iz prijavljenih curenja i oštećenja;
- gubici iz neprijavljenih curenja i oštećenja, otkrivenih periodičnim pregledima i intervencijama.

Model za analizu komponenti razvijen za velike sisteme u Velikoj Britaniji zahteva poznavanje prosečnog broja i tipova svih neprijavljenih procurivanja i oštećenja koja se pojavljuju na godišnjem nivou. Obzirom da izvan Velike Britanije vrlo mali broj sistema preduzima mere aktivnog upravljanja gubicima, informacija o tipičnom broju neprijavljenih oštećenja nije poznata osim za sisteme u Velikoj Britaniji.

Potreban je jednostavniji pristup koji bi ohrabrio veći broj sistema da pokrenu aktivnu politiku upravljanja gubicima i da dostignu:

- za male sisteme, ekonomski optimalnu učestalost akcija na otkrivanju i otklanjanju neprijavljenih procurivanja i oštećenja;
- za veće sisteme, ekonomski optimalan procenat dela sistema koji bi trebalo pregledati svake godine;
- odgovarajuću stavku u planu budžeta za ovu vrstu aktivnosti;
- ekonomski dopustiv nivo neprijavljenih gubitaka, koji odgovara optimalnoj učestalosti akcija na otkrivanju i otklanjanju.

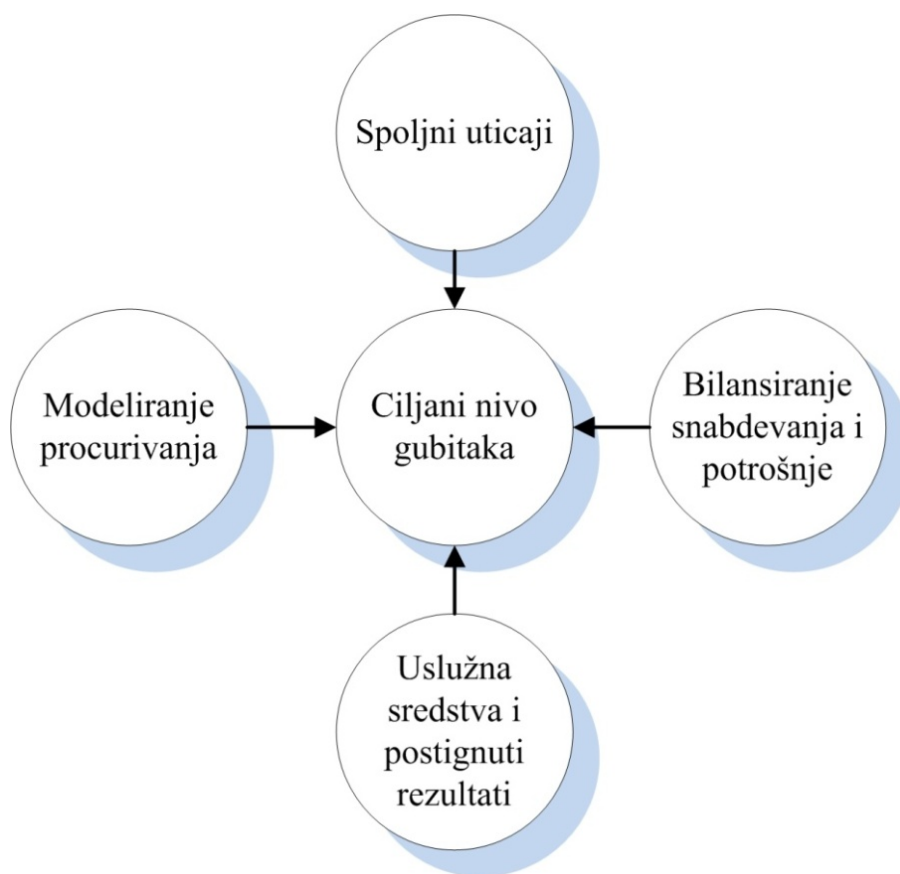
3.3 Preliminarni planovi smanjenja stepena gubitaka

Postavljanje ciljane vrednosti gubitaka je praktično jedan korak u procesu sračunavanja ELL. Vrednosti se moraju postavljati za pojedine zone, i globalna ciljana vrednost praktično predstavlja zbir ciljanih vrednosti po svim zonama. U zavisnosti od specifičnih uslova u svakoj zoni, mogu se primenjivati različiti metodi i kriterijumi za postavljanje vrednosti ekonomski dopustivih gubitaka u različitim zonama. Poseban problem predstavljaju spoljni uticaji, koji mogu znatno uticati na donosiocima odluka prilikom postavljanja ciljeva politike upravljanja gubicima i utvrđivanja stepena dopustivih gubitaka:

- Upoređenje sa sličnim vodovodnim sistemima, pri čemu nije nebitno da li će preduzeća za vodosnabdevanje upoređivati svoje stepene gubitaka i ciljane ekonomski dopustive nivoe gubitaka sa sistemima iz iste države, ili iz istog geografskog okruženja;
- Upoređenje sa sistemima iz drugih država;
- Politički uticaji: stvarne vrednosti ELL za preduzeća sa obilnim vodnim resursima i lošom infrastrukturom mogu sebi dopustiti visok stepen gubitaka, na primer 35% od ukupne potrošnje. Međutim, preduzeće može doći na udar javnosti i trpeti pritisak od strane potrošača i političara da se gubici smanje jer postoji razvijen osećaj u javnosti da su oni nepotrebno visoki.

Najbitniji spoljni faktor koji utiče na kreiranje politike upravljanja gubicima jeste uticaj regulative i propisa na preduzeća za vodosnabdevanje. Regulative se donose na državnom nivou, uzimajući u obzir način gazdovanja i vlasništva nad sistemima za vodosnabdevanje i očekivanja zainteresovanih strana:

- Potrošači očekuju adekvatnu kontrolu cena za utrošenu vodu;
- Vladine agencije očekuju da se odobrena investiciona sredstva racionalno troše;
- Deoničari (u našem slučaju osnivači, obično lokalna samouprava) očekuju da se sistemom efikasno upravlja i da se ostvaruju koristi od uloženi sredstava;
- Agencije i organizacije za zaštitu životne sredine protestuju i aktivno se bore protiv povećanja zahvatanja sirove vode koje narušava kvalitet vode i života u jezerima i rekama i protestuju protiv izgradnje novih brana i akumulacija;
- Vodoprivredni i sanitarni inspektori štite vodne resurse i potrošače i traže da se uvede kontrola nad svim radovima i pojavama koji mogu imati negativan efekat na kvalitet vode;
- Državne vlade zahtevaju da se vodnim resursima upravlja tako da se obezbede dovoljne količine kako za javno zdravlje, tako i za adekvatan ekonomski razvoj.



Slika 3.10 Faktori koji utiču na postavljanje ciljanog stepena procurivanja i gubitaka [30]

Iako postavljanje ciljeva upravljanja gubicima ne mora biti obavezno, može se postaviti zahtev za dostavljanje podataka o gubicima vode na godišnjem nivou ili nekom drugom periodičnom intervalu. Ako se ciljevi postavljaju unutar preduzeća, bez spoljnog uticaja, postoji potreba da se objasni zašto se ovi ciljevi uopšte postavljaju:

- Da li postoje globalne nestašice vode, ili se one javljaju u pojedinim regionima, ili se mogu očekivati nestašice u dolazećem periodu?
- Da li su ciljevi postavljeni realno, kako bi se vodovodni sistem doveo u rang efikasnosti sa drugim naprednijim sistemima, da li postoji zabrinutost na državnom nivou zbog visokog stepena gubitaka?

Kada se postavljaju ciljevi, bilo pod unutrašnjim ili spoljnim uticajem, moraju se precizirati vremenski rokovi. Može se postaviti kao cilj smanjenje gubitaka za 20% u roku od 5 godina, ili se može postaviti kao cilj smanjenje dnevnih gubitaka po domaćinstvu na planiranu vrednost do nekog vremenskog trenutka, kada treba preći na neke druge važne zadatke ili nivo upravljanja. Vremenski rokovi se moraju realno planirati.

Ne postoji lako rešenje za kontrolu gubitaka, čak i ako se jednokratno odobre značajna finansijska sredstva koja treba realizovati za ograničen vremenski period. Upravljanje gubicima je dugotrajan i težak proces, i uobičajeno je da ambiciozni projekti kojima se pokušavaju uvesti značajna smanjenja gubitaka za vrlo kratko vreme, obično na duže staze ne ostvaruju uspeh. Pokušaji da se ostvari uspeh na brzinu obično nisu dovoljno efikasni. Postoji optimalni vremenski period za sprovođenje plana za smanjenje stepena gubitaka, koji se može razlikovati u različitim sistemima, u zavisnosti od većeg broja različitih parametara.

Kada ne postoji neki poseban unutrašnji ili spoljni pritisak, već jednostavno generalno postoji želja da se smanje gubici na ekonomski dopustiv nivo, preporučljivo je da se postavi preliminarni dugoročni cilj koji treba ostvariti. Ciljeve treba postaviti ambiciozno, ali nikako nerealno na način da se ne mogu ostvariti. Kratkoročne ciljeve treba postaviti u skladu sa zacrtanim dugoročnim ciljevima. Razuman pristup bi bio da se aktuelne količine izgubljene vode smanje za 50-80% u dugoročnom periodu, recimo za 5 godina. Ovaj rok se smatra razumnim u smislu nabavke potrebnih sredstava, ugovaranja i izvođenja potrebnih građevinskih i terenskih aktivnosti i obavljanja inicijalnih radova. Rok između 4 i 7 godina je takođe adekvatan; kraći rokovi su preambiciozni, a duži će teško biti ekonomski isplativi. Iako se troškovi nabavke i instaliranja opreme mogu smatrati fiksnim, period previsokih i nepotrebnih gubitaka vode se znatno produžava i smanjuje isplativost programa [30].

Grafički prikaz smanjenja gubitaka tokom vremena prati oblik slova "S". Početni troškovi uvođenja kontrole gubitaka mogu pokazati slab povraćaj investicije i postoji rizik od razočarenja uprave i osoblja. Međutim, ako se rad na uvođenju kontrole gubitaka uporno sprovodi, obično nakon godinu ili dve gubici počinju naglo da se smanjuju i značajne uštede se ostvaruju u trećoj i četvrtoj godini. U završnoj fazi, smanjenje gubitaka će biti manje, sa približavanjem ekonomski dopustivoj vrednosti gubitaka, gde na osnovu već objašnjenih relacija dalja ulaganja u smanjenje gubitaka postaju ekonomski manje isplativa.

3.3.1 Uspostavljanje procedura za prikupljanje podataka

Pre nego što se utroše bilo kakva sredstva za smanjenje gubitaka, veoma je važno da se uspostave procedure za prikupljanje odgovarajućih podataka. Prikupljanje podataka treba organizovati na hijerarhijskom principu, tako da se podaci prikupljaju po mernim zonama, kako bi se mogli prostorno analizirati i ustanoviti srednje vrednosti. Na osnovu ovih vrednosti se mogu odrediti i srednje vrednosti i efikasnost na nivou preduzeća. U nekim slučajevima potrebno je uspostaviti merne zone čak i bez instaliranja merne opreme, za koje postoji dovoljno relevantnih podataka (npr. broj domaćinstava i dužina distributivne mreže) kako bi se na neki drugi način izvršila procena stepena gubitaka.

Za uspostavljanje sistema upravljanja gubicima potrebno je obezbediti puno podataka, tako da investicije u potreban softver i kadrove mogu biti značajne. Međutim, bez takvih sistema, postoji opasnost da se investicije u smanjenje gubitaka i popravke ne sprovedu efikasno.

Stoga, iako troškovi uspostavljanja dobrog sistema upravljanja predstavljaju značajan početni izdatak, u dužem vremenskom periodu ta investicija se isplati.

3.3.2 Uspostavljanje probnih - pilot zona

Uvek kada je moguće, treba uspostaviti probne zone na kojima se mogu isprobati i uvežbavati tehnike i takođe sagledati rani pozitivni efekti programa za smanjenje gubitaka. Probe i uvežbavanje tehnika treba da budu u skladu sa generalno prihvaćenim merama programa za upravljanje gubicima, kao integralni deo programa i treba da ih sprovodi ista ekipa koja će izneti glavni teret sprovođenja programa.

Pilot zone se mogu uspostavljati sa akcentom na pojedine aspekte programa za kontrolu gubitaka, npr. kontrola pritiska ili se na njima može testirati globalna strategija u jednoj ograničenoj oblasti sistema, kako bi se izvukla generalna iskustva.

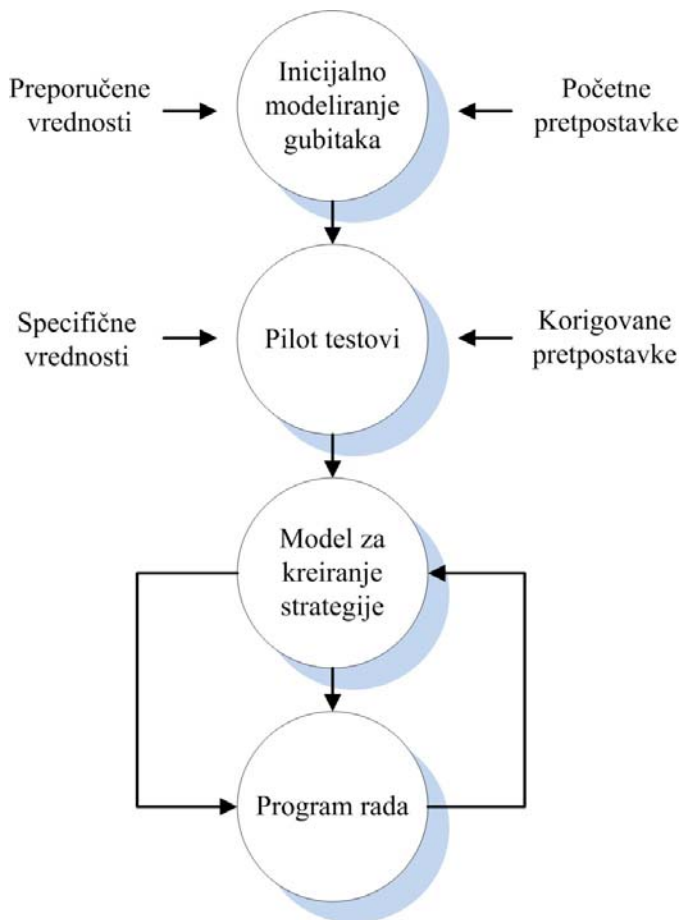
3.3.3 Značaj specifičnih podataka o sistemu

Koji god model da se koristi za modeliranje gubitaka, ili za razradu strategije, strategija će biti uspešnije izrađena ukoliko se oslanja na kvalitetne podatke sa terena, naročito prikupljene tokom proba na delovima sistema. Dobro osmišljena i pouzdana strategija i plan investiranja na osnovu kvalitetnih podataka imaju velike šanse za uspeh i garancija su da će se uložena sredstva vratiti kroz ostvarene uštede. Međutim, ukoliko se ne obezbede podaci u dovoljnom obimu, ili ih uopšte nema, onda se moraju pretpostavljati vrednosti na osnovu iskustava iz drugih sistema i uvoditi pretpostavke koje će uzrokovati da rezultati sa modela imaju manji stepen pouzdanosti.

Modeliranje gubitaka se sprovodi već niz godina unazad. U nekim zemljama se koristi BABE koncept (analiza gubitaka tokom havarije i neprimetna procurivanja), u veoma različitim uslovima funkcionisanja sistema, različitim normativima i pravilnicima, različitim nivoima usluge i različitim konfiguracijama distributivnih mreža. U početku su korišćeni podaci sakupljeni u Engleskoj i Velsu, ali je primenom modela u različitim državama vremenom došlo do obogaćivanja iskustava i prikupljanja dragocenih podataka.

Rešenje je u postepenoj izradi strategije, korak po korak, koristeći prikupljene podatke iz svakog koraka, kako bi se unosile promene u model i strategiju na osnovu stečenih iskustava. Skoro da je nemoguće sastaviti efikasan plan smanjenja gubitaka ukoliko se stečena iskustva iz svakog koraka ne ugrađuju u strategiju i koriguju početne pretpostavke i zacrtani ciljevi.

3.3.4 Sprovođenje strategije



Slika 3.11 Korišćenje specifičnih podataka da se koriguju pretpostavljene početne vrednosti i pretpostavke [30]

Verovatno najvažniji aspekt strategije upravljanja gubicima je njeno razumevanje i podrška u preduzeću za vodosnabdevanje. Potrebno je uspostaviti dogovore i saradnju osoblja iz različitih radnih grupacija. Za efikasno upravljanje gubicima potrebna je uključenost i posvećenost personala različitog obrazovanog profila, na različitim radnim mestima, i ukoliko nisu dovoljno posvećeni, sprovođenje programa neće biti efikasno, i kasnije, nakon smanjenja gubitaka za određeni stepen, može biti vrlo teško održati pozitivne rezultate programa.

Kao integralni deo strategije, pažljivo se moraju razmotriti i sprovesti sledeći koraci:

- Početak sprovođenja programa treba najaviti kao posebno važan događaj, održavanjem skupa ili seminara u preduzeću;
- Obrazovanje i obuka svog osoblja, a ne samo onog koje će direktno sprovoditi strategiju;
- Pristup „štapa i šargarepe” se pokazao uspešnim. Osoblje odgovorno za tekuće funkcionisanje sistema za vodosnabdevanje, treba nagraditi za dosledno sprovođenje programa upravljanja gubicima, dok disciplinske mere treba preduzeti protiv onih koji svesno zanemaruju obaveze i ne osećaju potrebu da povedu računa o infrastrukturi i programu za upravljanje gubicima;
- Odnosi sa javnošću.

3.3.5 Nabavke i upravljanje

Smanjenje gubitaka se oslanja na četiri već pomenuta oslonca politike upravljanja:

3.3.5.1 Aktivna kontrola gubitaka (ALC – Active Leakage Control)

Upravljanje gubicima se može klasifikovati u dve grupe:

- Pasivno (reaktivno) upravljanje gubicima. Pasivna kontrola je reakcija na prijavljena oštećenja i havarije ili pad pritiska, obično dojavljenih od strane potrošača ili primećeni od strane osoblja preduzeća za vodosnabdevanje. Ovaj metod može imati opravdanja u oblastima sa obilnim vodnim resursima i niskom cenom proizvodnje pitke vode. Obično se praktikuje u zemljama u razvoju gde je manje razvijena svest o postojanju procurivanja ispod terena i predstavlja prvi korak u poboljšanju efikasnosti sistema (da se barem svi vidljivi gubici eliminišu);
- Aktivna kontrola gubitaka (ALC). Glavni metodi ALC su:
 - redovni pregledi vodovodnog sistema;
 - osmatranje gubitaka.

Redovan pregled je metod koji započinje od jednog kraja distributivnog sistema i sprovodi se ka drugom, korišćenjem neke od sledećih tehnika:

- upotreba prislušne opreme za otkrivanje procurivanja na cevima, spojevima i fazoneriji;
- očitavanje izmerenih protoka u privremeno uspostavljenim zonama kako bi se eventualno identifikovala visoka noćna potrošnja;
- korišćenje logera za detekciju šumova koji nastaju prilikom procurivanja.

Osmatranje gubitaka je praćenje veličine dotoka vode u merne zone, kako bi se izmerile vrednosti gubitaka i napravio prioritet otkrivanja i otklanjanja mesta procurivanja. Ovo je postala jedna od finansijski najefikasnijih aktivnosti (i jedna od najčešće primenjivanih) za upravljanje gubicima.

Najprikladnija politika upravljanja gubicima je uslovljena karakteristikama distributivne mreže i lokalnim uslovima, među kojima mogu biti i finansijska ograničenja za nabavku opreme i drugi resursi. Kadrovski resursi su veoma važni, obzirom da se u slučaju jeftine radne snage može uspostaviti politika intenzivnog angažovanja radnika. Međutim, kada se dođe do situacije da više nema procurivanja iz sistema vidljivih na površini terena, potrebno je pokrenuti politiku osmatranja gubitaka na višem tehničkom nivou.

Opređeljujući faktor za izbor politike upravljanja gubicima u principu jeste vrednost tj. cena vode, na osnovu koje se procenjuje da li će pojedine metodologije biti finansijski isplative, tj. da li će i koliko ekonomski efekti biti pozitivni. Metodologija sa niskim stepenom aktivnosti, kao što je popravka samo vidljivih oštećenja, može biti finansijski efikasna u oblastima bogatim vodom, gde su niski troškovi proizvodnje vode. S druge strane, u državama u kojima su troškovi proizvodnje i distribucije pitke vode visoki, kao u Persijskom zalivu, vrlo je opravdano i isplativo preduzimati znatno viši stepen aktivnosti, kao što je kontinualno merenje protoka u mernim zonama, uvođenje telemetrijskih sistema ili nekih drugih mera, kako bi se što pre ustanovila pojava havarije ili procurivanja.

U većini država u razvoju obično se primenjuje pasivan (ALR) metod upravljanja gubicima, ili mali stepen aktivnosti, stavljanjem akcenta na vidljiva procurivanja i sprovođenjem redovnih pregleda distributivne mreže akustičkim i elektronskim aparatima.

Zapremina vode koja se izgubi direktno zavisi od vremena potrebnog da se kvar otkrije i vremena utrošenog da se mesto procurivanja lokalizuje i popravi:

- Vreme otkrivanja kvara – prosečan vremenski interval od nastanka oštećenja do momenta njegovog otkrivanja od strane preduzeća za vodosnabdevanje;
- Vreme lociranja – prosečan vremenski interval potreban da se tačno locira mesto procurivanja;
- Vreme popravke – prosečan vremenski interval da se zatvori dovod i kvar otkloni.

Glavni efekti ALC politike su skraćivanje prosečnog vremena trajanja procurivanja, iako vreme popravke ne zavisi od izbora aktivne ili pasivne politike. Vreme otkrivanja kvara (A-Awareness) je direktno pod uticajem izbora politike upravljanja i načina prikupljanja i obrade podataka:

- Telemetrijsko praćenje protoka – manje od 1 dan;
- Merenja protoka na mesečnom nivou – 14 dana;
- Redovni pregledi – polovina intervala između dva pregleda;

Vreme potrebno za lociranje kvara (L - Location) zavisi od modela sistema za monitoring i njegove intenzivnosti, ali uglavnom od broja raspoloživog osoblja, opreme i tehnologije.

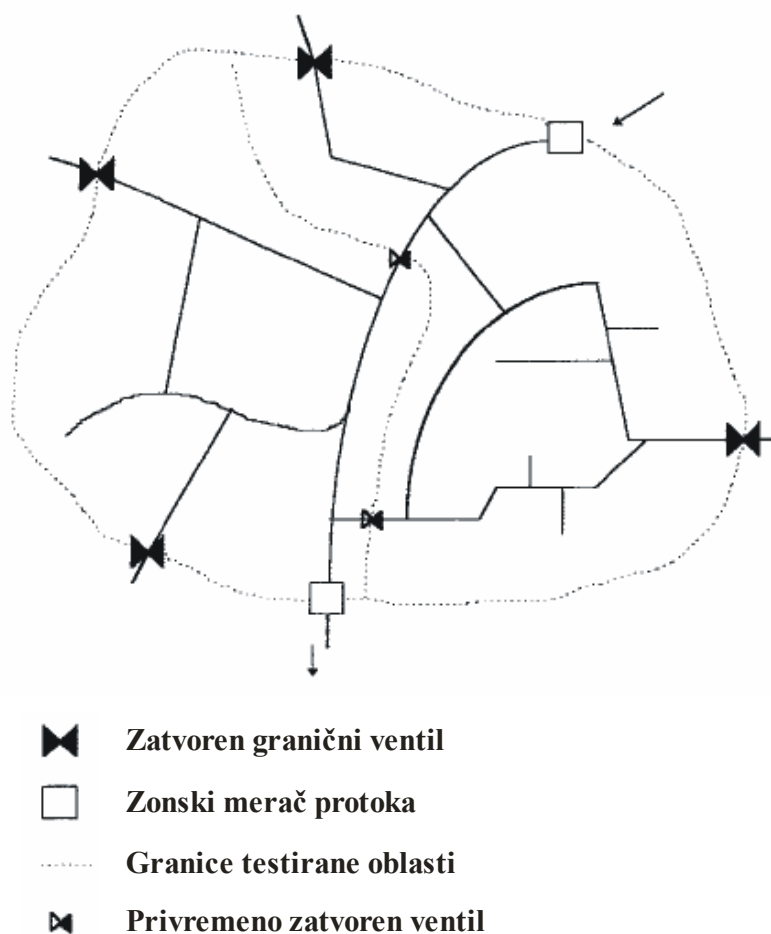
Tehnika osmatranja gubitaka se smatra ključnim faktorom efikasnog sprovođenja i finansijski isplative strategije upravljanja gubicima. Ova metodologija se može primeniti na sve vodovodne sisteme. Čak i u slučajevima sistema koji imaju problema sa vodosnabdevanjem i oskudnija finansijska sredstva, merne zone se mogu postepeno uvoditi. Zone se uvode jedna po jedna, tako što se u jednom vremenskom periodu na njoj otkrivaju i popravljaju procurivanja, a zatim se prelazi na formiranje naredne zone. Na taj način se postepeno popravljaju hidrauličke karakteristike distributivne mreže i kvalitet vodosnabdevanja.

Za osmatranje gubitaka je neophodno postaviti merače protoka na strateškim tačkama u distributivnoj mreži, tako da svaki merač registruje protoke i diskretnu mernu zonu sa jasno definisanim i stalnim granicama.

Treba istaći jasnu razliku između otkrivanja gubitaka i lokacije mesta procurivanja. **Otkrivanje gubitaka** je proces koji se sprovodi "naniže", otkrivajući gubitke na određenoj sekciji distributivne mreže. Aktivnosti na otkrivanju gubitaka se mogu sprovoditi rutinski, globalno osmatrajući celu distributivnu mrežu ili na određenim delovima mreže, analizirajući podatke prikupljene sa pojedinih mernih zona. **Lociranje gubitaka** je određivanje pozicije mesta procurivanja, proces koji treba sprovesti pre vršenja iskopa i popravljanja, iako se ne može garantovati pronalaženje tačne lokacije mesta procurivanja. Akcije lociranja mesta procurivanja mogu se sprovoditi uporedo sa akcijama otkrivanja gubitaka, ali i bez njih [5].

Postoje brojne tehnike da se otkriju mesta gde se javljaju procurivanja u mreži, kao na primer:

- podela mernih zona na manje podzone, privremenim zatvaranjem ventila ili instaliranjem dodatnih merača (Slika 3.12);
- primena različitih vidova tradicionalnog step-testa;
- korišćenje korelatora za lociranje mesta procurivanja;
- upotreba uređaja za prisluškivanje šumova izazvanih procurivanjem.



Slika 3.12 Uspostavljanje merne zone za osmatranje gubitaka

Postavljaju se dva suštinska pitanja:

1. Koliko često treba vršiti periodične preglede mernih zona? Vremenski period između dva pregleda pojedine zone jeste interventni interval. Srednja vrednost interventnog intervala je ključni element čitave strategije. On se može odrediti na bazi ekonomskih analiza i praktično ima najveći uticaj na potreban obim resursa za sprovođenje strategije;
2. Koliko truda treba uložiti u pojedinoj oblasti, pre nego što se krene na drugu oblast? Mnogi aspekti upravljanja gubicima imaju efekat smanjenja efikasnosti sa povećanjem ulaganja preko neke optimalne mere, što je slučaj i kod ovog aspekta. Kada se jednom u početnoj fazi otkriju oštećenja i procurivanja, u narednom periodu što se više vremena provodi u zoni, smanjivaće se efikasnost u smislu broja i veličine otkrivenih kvarova i procurivanja, kao što će se smanjivati i efekat povraćaja sredstava od ušteta vode.

Ako posmatrana zona nije opremljena meračem protoka, mogu se na nju primeniti neka zapažanja sa celog sistema. U većoj zoni je teže identifikovati pojedinačne gubitke, tako da će proces lociranja gubitaka biti otežan. Međutim, mora se uspostaviti balans između investicionih troškova uvođenja mernih zona i tekućih troškova očitavanja i obrade podataka

merenja sa jedne i ušteta koje nastaju usled efikasnijeg poslovanja. Ove oblasti su predmet uspostavljanja politike „redovnog osluškivanja” ili redovnog pregleda merne zone. Učestalost pregleda se utvrđuje na ekonomskoj osnovi a strategijom se predviđa i broj osoblja potrebnog za sprovođenje pregleda. Obzirom da je teško prognozirati veličinu gubitaka koji će se pojaviti u mernim zonama, bolje je preglede organizovati cirkularno nego uspostavljati neku vrstu prioriteta. Ekonomski opravdana učestalost redovnih pregleda generalno varira od par sedmica do par godina.

Kod formiranja novih zona u kojima će se vršiti merenja i redukcija pritiska mora se doneti odluka o veličini i granicama oblasti. Ova odluka mora biti zasnovana na hidrauličkoj analizi i pregledu pritisaka koji se javljaju. Po definisanju oblasti neophodno je zatvoriti sve sektorske zatvarače kojima se posmatrana oblast izoluje od vodovodnog sistema i uraditi test nultog pritiska. Test se obavlja zatvaranjem dovoda vode u posmatranu zonu tokom noći i posmatranjem da li opada pritisak na hidrantu koji se nalazi na najvišoj nadmorskoj visini. Ukoliko se pritisak održava, to znači da postoji još neki nepoznat ulazak vode u posmatranu zonu. Nakon pronalaženja ovog ulaza i njegovog zatvaranja test se ponavlja na isti način.

Nakon formiranja zone, sledeći korak je određivanje neto noćnog protoka. Procedura za određivanje neto noćnog protoka je sledeća:

1. Pripremni radovi:
 - analiza podloga razmatrane oblasti u cilju određivanja granice oblasti u kojoj će se vršiti merenja;
 - lokacije zatvorenih zatvarača;
 - lokacije zatvarača koje treba zatvoriti;
 - definisanje dovoda vode u posmatranu oblast tokom noći, određivanje tačnosti sa kojom će očekivani noćni protoci biti mereni (koristeći postojeće merače protoka ili instrumente za merenje nivoa vode u rezervoaru i dr.).
2. Određivanje broja priključaka u posmatranoj oblasti kod kojih se ne registruje potrošnja vode, tj. određivanje:
 - velikih potrošača vode tokom noći kod kojih se registruje potrošnja; kod njih se tokom testa meri noćna potrošnja vode;
 - potrošača kod kojih se registruje potrošnja vode, ali je malo verovatno da će tokom testa koristiti značajnu količinu vode;
 - kalibrisanje svih merača protoka, provera zatvorenosti zatvarača i omogućavanje pristupa vodomernima.
3. Test noćne potrošnje:
 - Izolovanje posmatrane zone i zatvaranje svih dovoda vode koji se ne koriste u testu;
 - Očitavanje ili registrovanje nivoa vode u rezervoaru i/ili merača protoka u određenim vremenskim intervalima (napr. svakih 15 min), ili kontinualna merenja, počevši od ponoći, kako bi se registrovao minimalni noćni protok.
 - Očitavanje vodomera kod velikih potrošača na svaki sat, dok kod ostalih potrošača kod kojih se registruje potrošnja vode očitavanje može da se vrši i na dva sata;
 - Vratiti osmatranu zonu u stanje normalnog funkcionisanja.

4. Proračuni:

- Neto noćni protok se može izračunati iz jednačine:

$$NNQ = \sum q_d - \sum q_p - g \quad (3.4)$$

gde su NNQ – neto noćni protok, $\sum q_d$ suma svih protoka vode koja ulazi u posmatranu oblast (minimalni noćni protok), $\sum q_p$ - noćna potrošnja svih potrošača kod kojih je registrovana potrošnja, i g – gubici vode iz rezervoara koji se mogu separatno meriti [44].

Ukoliko se preduzimaju merenja za određivanje neobračunate potrošnje vode, može se primeniti jednačina:

$$NQ_p = \sum q_d - (\sum q_p + \bar{q}_{noć} \cdot n) \quad (3.5)$$

gde su: NQ_p – neobračunata noćna potrošnja vode (gubici), $\sum q_d$ i $\sum q_p$ isto kao u prethodnoj jednačini, a $\bar{q}_{noć}$ - prosečna potrošnja vode u domaćinstvima po priključku i n – broj priključaka.

Vrednost $\bar{q}_{noć}$ se ne može direktno izmeriti, ali, kao što je već rečeno, istraživanjima se došlo da ona iznosi oko 1.7 l/prikl./čas.

Za procenu dnevnih procurivanja, a na osnovu merenja noćnih protoka, neophodno je uzeti u obzir varijacije pritiska tokom 24 časa. Da bi se ovo uradilo, potrebno je definisati faktor T tako da ukupni dnevni gubici (G_{dn}) budu:

$$G_{dn} = T \cdot NQ_p \quad (3.6)$$

gde je T faktor kojim se množe gubici vode noću da bi se dobili ukupni dnevni gubici vode i izražava se u časovima. Faktor T zavisi od varijacija pritiska u posmatranoj zoni. Za većinu zona gde varijacije visine pritiska tokom 24 sata nisu veće od 10 m, faktor T ima vrednost između 19 i 21 h, tako da se sa sasvim zadovoljavajućom tačnošću može usvojiti vrednost od 20 časova. Ukoliko je potrebno sračunati faktor T sa većom tačnošću, ili su varijacije pritiska velike onda je procedura proračuna sledeća:

- period od jednog dana se podeli na određeni broj intervala jednakog trajanja (napr. 12 intervala od 2 sata);
- za svaki period se odredi prosečan pritisak u oblasti;
- odredi se indeks gubitaka za svaki prosečan pritisak u određenom vremenskom intervalu;

- saberu se svi indeksi tokom dana i ta suma se podeli sa vrednošću indeksa gubitaka u noćnom periodu i pomnoži sa dužinom vremenskog intervala (u časovima).

Preporuka je da se gubici vode izražavaju u l/čas ili m³/dan, ili zbog mogućnosti poređenja u l/priklj./čas, dok je izražavanje u % veoma nepodesno.

Na osnovu prethodnog i jednačine za indeks gubitaka moguće je:

- predvideti neto promene noćnog protoka i procurivanja usled promene pritiska u posmatranoj zoni;
- proceniti ukupna dnevna procurivanja na osnovu merenja neto noćnog protoka.

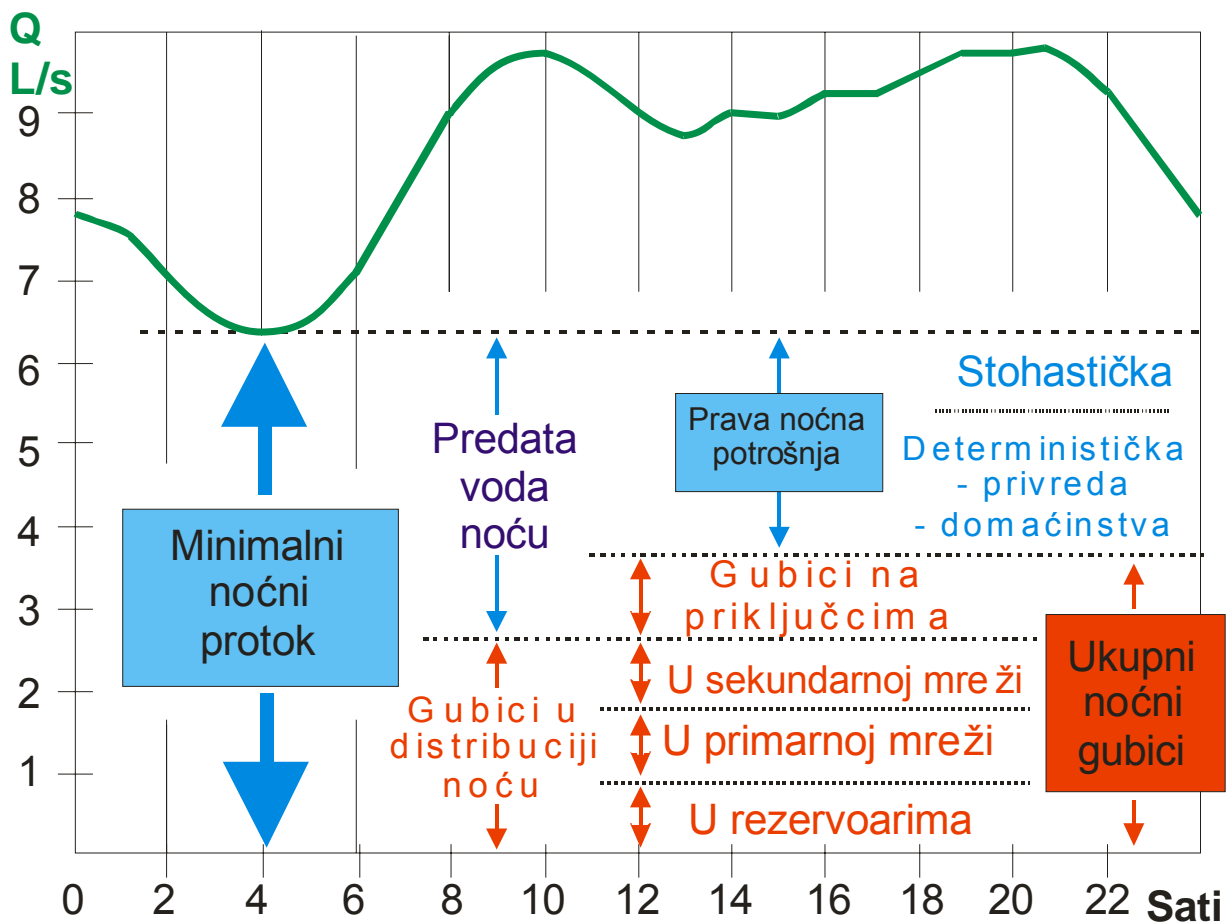
Da bi se predvidela promena noćnog protoka usled promene pritiska potrebno je uraditi sledeće:

- odrediti prosečan noćni pritisak u posmatranoj zoni;
- odrediti indeks gubitaka za redukovani noćni pritisak;
- odrediti faktor koji predstavlja odnos indeksa gubitaka pri redukovanom i originalnom pritisku (IGP_{red}/IGP_{orig});
- pomnožiti registrovani neto noćni protok i prethodno određeni faktor, kako bi se dobio predviđeni novi neto noćni protok.

3.3.5.2 Test noćne potrošnje

Merenje noćnog protoka u mernoj zoni vodovodnog sistema, sa prethodno precizno definisanim granicama je vrlo efikasan eksperiment na osnovu koga je moguće utvrditi postojanje neosmotrivih procurivanja i u skladu sa tim definisati plan i aktivnosti delovanja na njihovom lociranju i popravci. Na Slici 3.13 [44] su prikazane osnovne komponente minimalnog noćnog protoka:

- Minimalni noćni protok – izmerena vrednost noćnog protoka u određenoj tački distributivne mreže tokom minimalnih zahteva za vodom u periodu sprovođenja testa;
- Isporučene količine vode tokom noći – količina vode koja je korisnicima predata tokom perioda sprovođenja testa;
- Gubici vode u distributivnoj mreži – razlika između registrovanog minimalnog noćnog protoka i isporučene količine vode korisnicima tokom noći;
- Ukupni noćni gubici vode – razlika između minimalnog noćnog protoka i količine vode koje su korisnici koristili za svoje potrebe, odnosno obuhvataju gubitke u distributivnoj mreži i procurivanja na priključnim cevima iza vodomera;
- Voda koju korisnici koriste za svoje potrebe je deo vode predate koju su potrošači zaista iskoristili za svoje potrebe;
- Izuzetna noćna potrošnja obuhvata potrošače koji troše više od 500 l/čas.



Slika 3.13 Osnovne komponente minimalnog noćnog protoka [44]

Procenjena noćna potrošnja obuhvata procenjenju potrošnju vode malih potrošača tokom noći (domaćinstava i dr.). Gubici vode na priključnim cevima predstavljaju razliku vode predatu potrošačima i stvarno iskorišćenje vode.

Količine vode koje ističu na mestima procurivanja zavise od veličine otvora i visine radnog pritiska i mogu biti u opsegu 1 l/čas do preko 100,000 l/čas. Radi poređenja, kroz potpuno otvorenu slavinu ističe oko 1,000 l/čas. Za analizu gubitaka moguća je podela mesta isticanja vode u dve kategorije:

- Gubici na oštećenjima (pukotine) – količine vode koja ističe je veća od 500 l/čas pri visini radnog pritiska od 50 m.v.s
- Procurivanja – količine vode koje su manje od 500 l/čas pri visini radnog pritiska od 50 m.v.s.

Gubici na oštećenjima su značajna procurivanja vode različitih vremena trajanja, koja mogu iznositi 1 dan ili kraće, ako su procurivanja vidljiva na površini terena, ili možda duži period izražen u mesecima ili čak godinama, ukoliko nisu vidljiva na površini terena.

Procurivanja su suma vode iscurele na zatvaračima, spojevima, hidrantima i druga, koja retko prelaze vrednosti od 100 l/čas i koja se mogu identifikovati merenjem noćnih protoka po mernim zonama vodovodnog sistema. Deo procurivanja je neizbežan, obzirom na ekonomski aspekt i troškove njihovog otklanjanja.

Noćni protok varira u bilo kojoj oblasti deterministički i slučajno. Determinističke varijacije, sedmične i sezonske, u kombinaciji sa slučajnim fluktuacijama (npr. korišćenje mašina za pranje veša i posuđa u domaćinstvima noću, za vreme niže tarife za električnu energiju) daju noćni protok.

Minimalni noćni protok sadrži različit odnos komponenti noćnog korišćenja vode od strane ograničenog broja korisnika koji su aktivni svake noći i gubitaka u jednom broju tačaka distributivne mreže i priključaka. Može se reći da varijacije noćnog protoka tokom dužeg perioda osmatranja sadrže sledeće komponente:

- Izuzetnu individualnu potrošnju koja prelazi 500 l/čas;
- Procenju noćnu potrošnju domaćinstava i drugih manjih korisnika vodovoda;
- Procurivanja na distributivnoj mreži i priključcima;
- Gubitke na oštećenjima (određenog perioda trajanja) na distributivnoj mreži i priključcima.

Korišćenje vode tokom noći kod domaćinstava i drugih manjih potrošača dešava se samo kod manjeg broja korisnika. Broj ovih korisnika varira u zavisnosti od dana u sedmici, socijalnih navika, ali broj aktivnih korisnika koji koriste značajniju količinu vode tokom noći u oblasti posmatranja je proporcionalno veoma mali u odnosu na ukupan broj korisnika.

Oblasti u kojima se vrše merenja noćnog protoka obično sadrže između 500 i 2,000 priključaka (dužina cevovoda 10-20 km), ali u visoko urbanim sredinama može biti i 10,000 priključaka (preko 100 km cevovoda), dok u seoskim vodovodima može biti i samo 100 priključaka (10-20 km cevovoda). U manjim oblastima značajnija oštećenja imaju veći uticaj na izmereni protok, tako da ih je i lakše identifikovati, dok je u većim oblastima ovaj uticaj manji i teže ga je identifikovati. Da bi se na osnovu podataka o snimljenim noćnim protocima došlo do zaključka kada se desilo novo procurivanje, potrebna je veština i iskustvo, jer npr. jedno crevo za polivanje bašte koje je ostavljeno da curi preko noći povećava noćni protok u sličnom obimu kao i procurivanje na distributivnoj cevi.

Veličina radnog pritiska ima glavni uticaj na intenzitet procurivanja, minimalni noćni protok vode i godišnje gubitke vode. Kao standard za prikazivanje gubitaka vode usvojena je visina pritiska od 50 m.v.s. Ukoliko prosečni radni pritisak ima neku drugu vrednost, potrebno je gubitke vode podeliti odgovarajućim korekcionim faktorom, prikazanim u Tabeli 3.1, kako bi se vrednost gubitaka normalizovala za vrednost radnog pritiska od 50 m.v.s. Korekcioni faktor predstavlja odnos indeksa gubitaka pri registrovanoj visini pritiska u posmatranoj oblasti i indeksa gubitaka pri visini pritiska od 50 m.v.s.

P (m)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
K _f	0.333	0.536	0.762	1.000	1.287	1.586	1.908	2.254	2.625

Tabela 3.1 Korekcioni faktor zavisano od visine prosečnog radnog pritiska [71]

Uobičajeno se noćni protoci prikazuju u l/priključak/čas i oni imaju veću vrednost u seoskim vodovodima nego u gradskim zbog toga što je relativno veća dužina cevovoda u odnosu na broj priključaka, tj. manja gustina priključaka, pa samim tim postoji veća mogućnost za pojavu gubitaka.

Komponenta		Vrednost ili metod procene
Distribuciona mreža		
Primarni cevovodi	Procurivanja*	40 l/km/čas x dužina cevovoda (km)
	Registrovana oštećenja	Broj x protok (u zavisnosti od prečnika)
	Neregistrovana oštećenja	Broj x protok (u zavisnosti od prečnika)
Sekundarna mreža	Procurivanja*	3 l/priklj./čas x broj priključaka
	Registrovana i neregistrovana oštećenja	Broj x 1,6 m ³ /čas
Priključne cevi		
Priključne cevi	Procurivanja*	0.5 l/čas x broj priključaka
	Registrovana i neregistrovana oštećenja	Broj x 1.6 m ³ /čas
Kućne instalacije	Procurivanja*	0.5 l/čas x broj priključaka
Noćna potrošnja		
Domaćinstva	Noćna potrošnja	1.7 l/čas x broj domaćinstava ili 0.6 l/čas x broj stanovnika
Ostali potrošači	Razne kategorije privrednih i drugih potrošača	Karakteristična potrošnja x broj potrošača
Izuzetni potrošači (domaćinstva i ostali)	> 500 l/čas individualno	Suma individualnih potrošača

*Prosečne vrednosti za procurivanja. Razlike mogu biti $\pm 50\%$ zavisno od stanja infrastrukture

Tabela 3.2 Procenjene prosečne vrednosti komponenti noćnog protoka, pri visini pritiska od 50 m.v.s.

Vrednosti noćne potrošnje vode domaćinstava, priložene u prethodnoj tabeli su dobijene na osnovu opsežnih merenja koja su sprovedena u Engleskoj i Nemačkoj: merenja su sprovedena noću, za vreme minimalne noćne potrošnje u malim oblastima koje su podvrgnute aktivnoj kontroli procurivanja. Iz niza merenja koja su sprovedena, statističkom analizom zaključeno je da prosečna noćna potrošnja u domaćinstvima iznosi 1.7 l/priklj/čas (u Engleskoj) ili 0.6 l/stan./čas u Nemačkoj. Ove vrednosti ne uključuju izuzetnu noćnu potrošnju koja je ekvivalentna potpuno otvorenoj slavini. Vrednost prosečne potrošnje vode je osetljiva na male promene u broju domaćinstava koja koriste veš mašine tokom noći. Smatra se da je noćna potrošnja vode u domaćinstvima nezavisna od radnog pritiska, obzirom da se voda noću najviše koristi za toalete i mašine za pranje veša koje koriste fiksnu zapreminu vode.

Količine vode isporučene potrošačima tokom noći obuhvataju sledeće komponente:

- procurivanja na priključnim cevima;
- gubitke vode kroz registrovana i neregistrovana oštećenja na priključnim cevima;
- procurivanja na kućnim instalacijama;
- iskorišćene količine vode u domaćinstvima.

Gubici vode kroz relativno mali broj neregistrovanih oštećenja na priključnim cevima mogu činiti značajnu i veoma promenljivu komponentu noću isporučene vode. Zapremina izgubljene vode kroz jednu pukotinu je proizvod prosečne količine vode koja ističe i vremena trajanja.

Mala procurivanja na distribucionoj mreži se javljaju na zatvaračima, spojevima, hidrantima i dr. U Engleskoj su vršena merenja ovih gubitaka vode tako što je potrošačima u pojedinim oblastima vodosnabdevanja isključivana voda (preko zatvarača na priključcima) i meračima protoka registrovan noćni protok. Ta merenja su dala preporuku da se za procurivanja na distributivnoj mreži, pri visini pritiska 50 m.v.s. usvoje sledeće vrednosti: 3 l/priklj./čas za sekundarnu mrežu i 40 l/km/čas za primarnu mrežu.

Međutim, ove vrednosti mogu da variraju lokalno $\pm 50\%$. Ove vrednosti se mogu prihvatiti samo kao orijentacione, jer je teško generalizovati ove veličine.

Na osnovu iznetog, procurivanja (kada ne postoje oštećenja), u nekom delu distributivne mreže (poznate ukupne dužine cevovoda, broj priključaka i prosečnog radnog pritiska) tokom snimljenog noćnog protoka mogu se odrediti na osnovu jednačine:

$$G_p = [C_1 \cdot L + (C_2 + C_3) \cdot N] \cdot K_p \text{ l/čas} \quad (3.7)$$

gde je K_p – korekcioni faktor zavisan od prosečnog radnog pritiska, dok se vrednosti C_1 , C_2 i C_3 (komponente procurivanja na pojedinim delovima vodovodne mreže) mogu usvojiti iz naredne tabele protoka:

Komponente procurivanja	Jedinica	Mala	Prosečna	Velika
C_1 – primarna mreža	l/km/čas	20	40	60
C_2 – sekundarna mreža	l/priklj/čas	1.5	3.0	4.5
C_3 – priključne cevi	l/priklj/čas	0.5	1.0	1.5

Tabela 3.3 Vrednosti komponenti procurivanja na pojedinim delovima mreže [74]

Neto noćni protok (bez oštećenja i izuzetnih potrošača koji troše više od 500 l/čas) u nekoj oblasti vodovodnog sistema može biti procenjen na osnovu vrednosti iz prethodne tabele za procurivanja, dodavanjem sledećih komponenti za noću predatu količinu vode potrošačima:

- 1.7 l/priklj/čas za normalnu potrošnju vode u domaćinstvima (isključujući individualne potrošnje veće od 500 l/čas);
- količinu vode isporučenu ostalim kategorijama manjih potrošača;

Tabela 3.4 prikazuje prosečne vrednosti neto noćnog protoka, pri visini radnog pritiska od 50 m, za oblasti sa različitim vrednostima L/N i sa pretpostavljenom potrošnjom vode manjih privrednih potrošača od 8 l/priklj/čas.

Mala procurivanja iz cevovoda mogu trajati 365 dana godišnje, dok je period curenja iz oštećenja različit. Gubici vode određeni preko registrovanih noćnih protoka u $m^3/\text{čas}$ se mogu prevesti u dnevne gubitke (m^3/dan) množenjem vremenskim faktorom koji bi bio manji od 24 časa, zbog manjeg radnog pritiska tokom dana, a samim tim i manjih gubitaka vode.

Uobičajeno je da vremenski faktor iznosi 20 časova, s tim što treba znati da greška od 1 čas u ovoj konverziji prouzrokuje grešku od $\pm 5\%$.

Komponente		Prosečne vrednosti	Neto noćni protok u l/priklj/čas			
			Dužina primarnih cevovoda po priključku			
			L/N=10	L/N=20	L/N=50	L/N=100
Gubici u dist. mreži	Primarna	40 l/km/čas	0.4	0.8	2.0	4.0
	Sekundarna	30 l/priklj/čas	3.0	3.0	3.0	3.0
Gubici na priključcima	Priključci + kućne instalacije	1 l/priklj/čas	1.0	1.0	1.0	1.0
Noćna potrošnja	Domaćinstva (90%)	1.7 l/priklj/čas	1.53	1.53	1.53	1.53
	Drugi (10%)	8 l/priklj/čas	0.8	0.8	0.8	0.8
Ukupno za prosečna procurivanja u l/priklj/čas			6.73	7.13	8.33	10.33
Ukupno za velika procurivanja u l/priklj/čas			8.93	9.53	11.33	14.33
Ukupno za mala procurivanja u l/priklj/čas			4.53	4.73	5.33	6.33

Tabela 3.4 Neto noćni protok u l/priklj/čas pri prosečnoj visini pritiska od 50 m.v.s. (uz pretpostavku da nema izuzetnih potrošača koji troše više od 500 l/čas, i da su 10% priključaka privredni potrošači koji noću troše više od 8 l/priklj/čas)

Noćni protoci mogu se odrediti na osnovu povremenih merenja (manje od 20 puta godišnje) ili kontinualno. Svaka merna zona ima svoje karakteristike:

- broj stanovnika;
- broj priključaka;
- dužinu cevovoda;
- dužina cevovoda po priključku (urbani ili seoski vodovod);
- broj i tipovi kategorija potrošača, različite tipične noćne potrošnje;
- broj priključaka sa izuzetnom noćnom potrošnjom vode (većom od 500 l/čas);
- prosečan noćni pritisak;
- stanje cevovoda, tj. stepen procurivanja (nizak, prosečan, visok);
- učestalost pojave oštećenja na cevovodima.

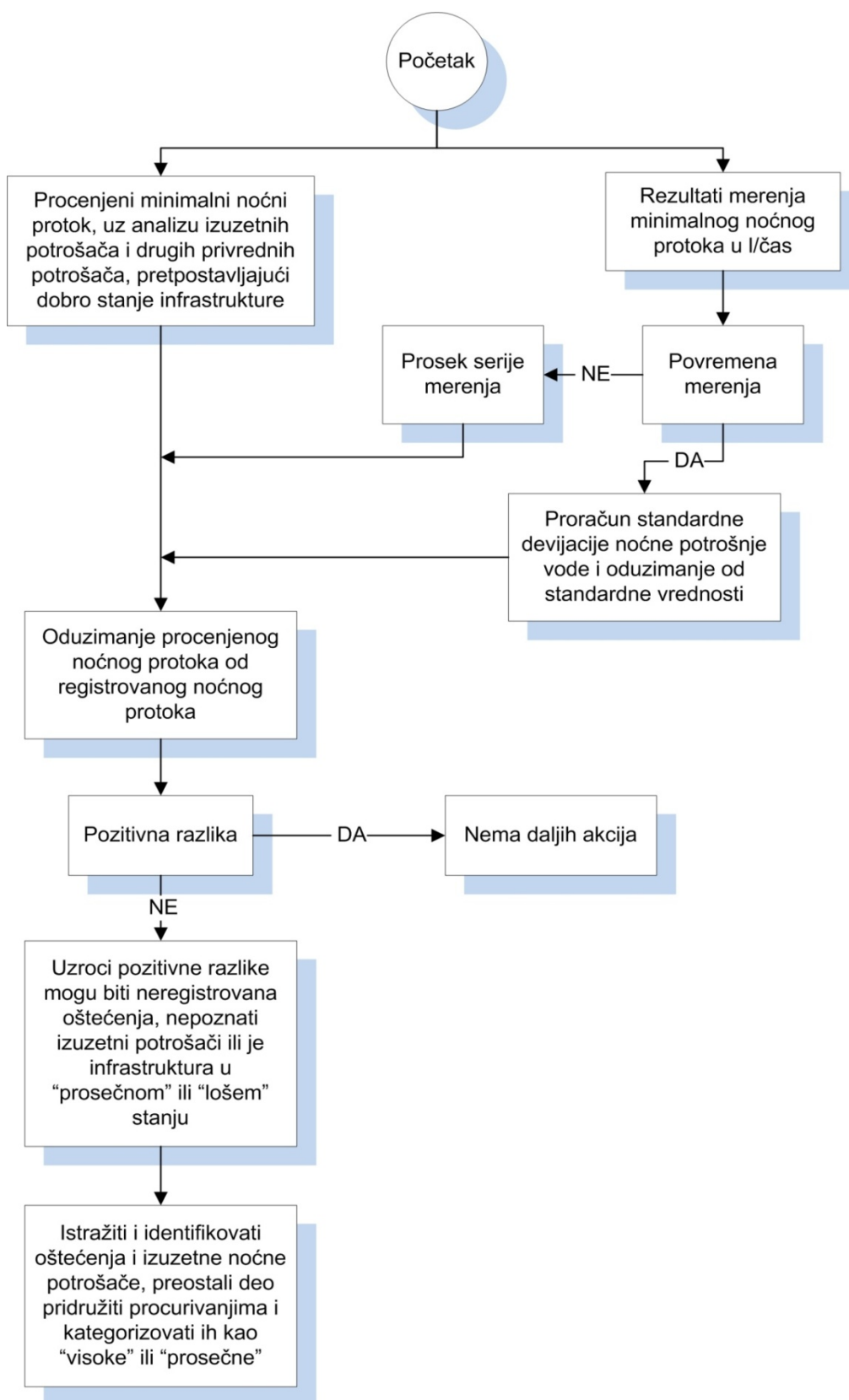
Na osnovu izmerenih podataka treba proceniti u kojoj oblasti vodovodnog sistema je najekonomičnije snižavati gubitke vode. Prioritet intervencija na zonama može biti uspostavljen na osnovu cene izgubljene vode ili nekih drugih parametara.

Metodologija za procenu minimalnog noćnog protoka u zoni je zasnovana na proračunu komponenti minimalnog noćnog protoka. Potrebni podaci i metod proračuna su prikazani u Tabeli 3.5, sa odgovarajućim primerom, s tim što se mora naglasiti da je to samo procena u svrhu preliminarnih proračuna, koji treba da ukažu na zone sa neregistrovanim oštećenjima.

Noćna potrošnja vode		Komponente	Ukupno (l/čas)	
Izuzetni noćni potrošači >500l/čas	domaćinstva	0	1,000	
	ostali	1,000		
Procenjena noćna potrošnja domaćinstava: 1.7 l/priklj/čas x broj priključaka ili 0.6 l/stan/čas x broj stanovnika		1.7 x 900	1,530	
Procenjena noćna potrošnja drugih potrošača: Uprošćeno: 8 l/priklj/čas x broj priključaka Detaljno: Klasifikovati ih u grupe		8 x 100	800	
Ukupno (l/čas)			3,330	
Gubici vode pri visini radnog pritiska od 50 m				
Distributivni cevovodi	Stanje	l/km/čas	Dužina (km)	Ukupno (l/čas)
	Dobro	20	10	200
	Prosečno	40		
	Loše	60		
Sekundarna mreža i priključci	Stanje	l/priklj/čas	Broj priključaka	Ukupno (l/čas)
	Dobro	2,0	1,000	2,000
	Prosečno	4,0		
	Loše	6,0		
Ukupno (l/čas)			2,200	
Prosečni radni pritisak 6 bara 2,200 x 1.27 (korekcionni faktor)			2,794	
Ukupni procenjeni noćni protok u posmatranoj oblasti (l/čas)			6,124	

Tabela 3.5 Primer proračuna za procenu minimalnog noćnog protoka u posmatranoj zoni

Primer u Tabeli 3.5 prikazuje oblast sa 1,000 priključaka, visinom prosečnog radnog pritiska od 60 m, 10 km cevovoda, dobrim stanjem infrastrukture, 90% priključaka pripada individualnim domaćinstvima i izuzetnom noćnom potrošnjom od 1 m³/čas. Procenjeni noćni protok iznosi oko 6,1 m³/čas.



Slika 3.14 Metodologija inicijalnog proračuna „viška“ noćnog protoka [30]

Zone manje veličine su lakše za donošenje zaključaka o postojanju neosmotrivih procurivanja na osnovu rezultata merenja noćnih protoka. Prema iskustvima, 1,000 priključaka je približno gornja granica veličine oblasti za registrovanje jedne neosmotrivne pukotine na priključnoj cevi. Kontinualno merenje noćnih protoka značajno pomaže u smanjenju neizvesnosti, posebno ako izuzetna potrošnja kod privrednih potrošača dosta varira iz noći u noć. U zonama gde broj potrošača varira sezonski (turistička mesta), ili gde broj priključaka nije dobar pokazatelj broj stanovnika (u zonama sa višespratnim zgradama) bolje je koristiti broj stanovnika za procenu prosečne vrednosti i varijacija noćne potrošnje u domaćinstvima.

Nepoznanica u ovim proračunima je opšte stanje infrastrukture i uticaj procurivanja. Metodologija, prikazana na Slici 3.14, omogućava da se inicijalni proračun „viška“ noćnog protoka napravi sa pretpostavkom da su procurivanja mala, i da se tada velike anomalije istraže (korelatorima) zbog identifikacije neregistrovanih pukotina i nesumnjivih izuzetnih potrošača. Preostala odstupanja mogu biti dodeljena stanju infrastrukture.

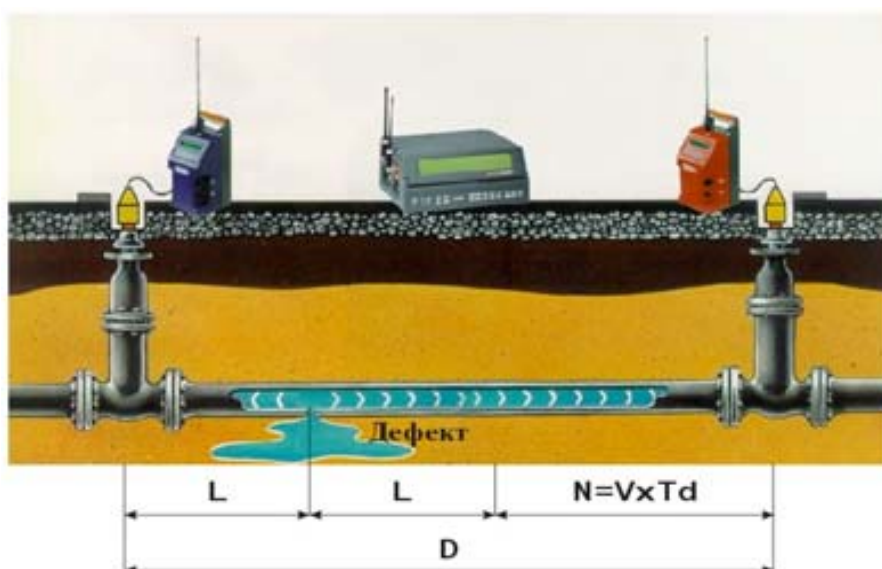
Osnovni parametar za određivanje prioriteta zona i lokacija na kojima treba obaviti otkrivanje neregistrovanih oštećenja je višak zapremine, odnosno količina vode za koju izmereni noćni protok prevazilazi ciljani noćni protok. Ciljani noćni protok se može odrediti na dva načina:

- Način 1: najniži postignuti noćni protok zasnovan na intenzivnom otkrivanju gubitaka i popravkama;
- Način 2: pristup procenjivanja minimalnih noćnih protoka.

U praksi su ova dva načina komplementarna. Primenom drugog načina se dobija da se gubici vode ne mogu izbeći primenom prvog načina, dok je prvi način potreban za proveru uzroka očiglednog prevazilaženja noćnog protoka iz drugog načina.

3.3.5.3 Metod korelacije

Metod korelacije je akustična metoda za lociranje mesta procurivanja vode iz cevovoda koji se bazira na tačnom određivanju vremena koje protekne na putu zvuka od mesta njegovog nastanka, do mesta njegove detekcije, duž poznate trase, vrste i dužine cevovoda.



Slika 3.15 Metod korelacije [119]

Zvuk koji nastaje usled curenja vode putuje duž linije cevovoda od mesta njegovog nastanka, šireći se na obe strane istovremeno. Jasno je da ovaj zvuk ima tačno određenu brzinu koja zavisi od cevnog materijala i prečnika cevovoda. Korelaciona metoda predstavlja u stvari merenje razlike u vremenu putovanja zvuka od mesta procurivanja do mesta detekcije na obe strane cevovoda. Korelator registruje zvuk na dve merne tačke A i B (Slika 3.15). Neka od tačaka, recimo A je bliža mestu procurivanja od druge. Korelator meri vreme koje je potrebno da zvuk pređe put od tačke C do tačke B.

Sa Slike 3.15 se vidi da odnos između dužine D (ukupna udaljenost između mernih tačaka A i B), dužine L (rastojanje od mesta procurivanja do tačke A) i dužine N (rastojanje od tačke C do merne tačke B) može se izraziti relacijom:

$$D=2xL+N \quad (3.8)$$

Ako se brzina zvuka u cevovodu obeleži sa v , a vreme koje je potrebno da zvuk pređe put N sa T_d , poslednja jednačina se može napisati u obliku:

$$D=2xL+(T_d \times v) \quad (3.9)$$

odnosno

$$L = \frac{D - (T_d \cdot v)}{2} \quad (3.10)$$

Može se uočiti sledeće:

- ukupna udaljenost između mernih tačaka se može lako izmeriti;
- brzina prostiranja zvuka procurivanja v je poznata u cevovodu poznatih karakteristika;
- vreme T_d koje je potrebno da zvuk pređe put N se meri pomoću korelatora.

Iz navedenog sledi da je jedina nepoznata veličina L , odnosno rastojanje između mesta procurivanja i merne tačke A. Očigledno je da se ova veličina može jednostavno sračunati, što se može ilustrovati na primeru cevovoda od liveno gvozdene cevi, prečnika 100 mm, na kojem su merne tačke postavljene na rastojanju od 150 m. Ako je brzina prostiranja zvuka u ovoj cevi 1,400 m/s, lokacija mesta procurivanja se može odrediti na osnovu vremena kašnjenja, koje je dobijeno korelatorom. Ako vreme kašnjenja iznosi 0,03571 sekundi:

$$L = \frac{150 - 0.03571 \cdot 1,400}{2} = \frac{150 - 50}{2} = 50m \quad (3.11)$$

Kao rezultat se dakle dobija da je mesto procurivanja udaljeno 50 m od merne tačke A.

3.3.6 Upravljanje radnim pritiskom

3.3.6.1 Zavisnost stvarnih gubitaka vode i pritiska

Uticaoj pritiska na veličinu procurivanja ima direktan efekat na ukupnu zapreminu izgubljene vode. Teorijski, protok kroz male otvore je proporcionalan kvadratnom korenu pritiska. Međutim, serije eksperimenata su pokazale da ta veza ne odražava uticaj pritiska na gubitke u vodovodnom sistemu. IWA preporučuje upotrebu sledeće jednačine [125]:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{N_I} \quad (3.12)$$

gde su: Q_1 – protok curenja iz vodovodne mreže pod pritiskom p_1 , Q_0 – protok curenja iz vodovodne cevi pod pritiskom p_0 .

Eksponent N_I se određuje merenjima na terenu gde se u jednoj zoni potrošnje mere minimalne noćne potrošnje i stvarni gubici vode na procurivanjima pri različitim vrednostima visine pritiska u zoni. Ispitivanja su pokazala da vrednost eksponenta N_I varira u opsegu 0.5 do 1.5, ali i da u pojedinim slučajevima može dostići vrednost od 2.5. Vrednost N_I zavisi od materijala cevi, uslova eksploatacije i tipa oštećenja cevi (pukotine ili male naprsline). Najčešće korišćena vrednost za N_I je 1.15 i ona je dobijena opsežnim merenjima u Japanu i Engleskoj i Velsu, pa je preporučena od strane IWA [127].

To znači da merenja na vodovodnim sistemima pokazuju da gubici vode na procurivanju ne slede teorijsku zavisnost formule za isticanje, tako da se malom redukcijom visokog pritiska mogu ostvariti značajne uštede vode. Razlika između teorijskih i izmerenih zavisnosti nije potpuno razjašnjena, ali je najverovatniji uzrok povećanje površine otvora prilikom povećanja pritiska.

Zbog dobijanja zavisnosti između prosečnog noćnog pritiska i gubitaka vode, sproveden je opsežan eksperiment u Velikoj Britaniji koji se sastojao u sledećem:

- pre početka merenja popravljena su sva mesta vidljivih procurivanja u posmatranoj oblasti;
- izolovani su delovi distribucione mreže, tako da je postojao samo jedan ulaz vode u posmatranu oblast;
- na mestu ulaza vode u oblast je postavljen merač protoka i pritiska, kao i uređaj za regulaciju pritiska;
- registrovanjem minimalnog noćnog protoka i potrošnje vode značajnijih privrednih potrošača određen je neto noćni protok pri nesmanjenom pritisku;
- pritisak je postepeno smanjivan i na isti način su određivani novi neto protoci.

Ovaj eksperiment je izvršen na većem broju oblasti, pri čemu su dobijene različite krive zavisnosti noćnog protoka od visine prosečnog radnog pritiska u oblasti (\overline{NP}). Rezultati su prevedeni na bezdimenzionalni oblik tako što se registrovani neto noćni protok pri redukovanim pritiscima delio sa maksimalnim neto noćnim protokom pri neredukovanom pritisku. Pomenuta bezdimenzionalna veličina je nazvana indeks gubitaka IG. Poređenjem krivih $IG(\overline{NP})$ za različite oblasti, zaključeno je da one imaju sličan oblik. Statističkom

obradom ovih rezultata dobijena je opšta zavisnost između indeksa gubitaka i prosečnog noćnog pritiska u oblasti, prikazana narednom jednačinom:

$$IG = 0.5 \cdot \overline{NP} + 0.0042 \cdot \overline{NP}^2 \quad (3.13)$$

gde je \overline{NP} visina prosečnog noćnog pritiska u oblasti (m).

Dobijena veza može se koristiti za predviđanje novog indeksa gubitaka u odnosu na prethodni usled promene prosečnog noćnog pritiska. Prosečni noćni pritisak se određuje uzimajući u obzir topografiju terena i hidrauličke gubitke duž cevovoda.

Indeks gubitaka je u vezi sa neto noćnim protokom. Neto noćni protok je definisan kao minimalni noćni protok od kojeg je oduzeta registrovana i procenjena potrošnja vode kod industrijskih potrošača. Moguće je od ove vrednosti oduzeti i potrošnju vode u domaćinstvima (1.7 l/priklj/čas ili 0.6 l/stan./dan) da bi se dobili ukupni noćni gubici vode. Međutim, za dobijanje ovakve krive su potrebna dalja istraživanja.

3.3.6.2 Određivanje prosečnog pritiska

Postoji nekoliko načina za određivanje prosečnog pritiska u posmatranoj oblasti, a najtačnije metode bi se bazirale na rezultatima opsežnih merenja na terenu ili na rezultatima kalibrisanog matematičkog modela. Međutim, često se za njegovo određivanje koristi naredna metoda koja se smatra zadovoljavajuće tačnom, a sastoji se u sledećem:

- na osnovu situacije na terenu i saznanja o sistemu se odrede tačke sa najvećim i najnižim pritiskom;
- postave se merači pritiska u blizini ovih tačaka i izmerene vrednosti će dati vrednosti P_{min} i P_{max} ;
- izračuna se srednji pritisak, kao $(P_{min} + P_{max})/2$, za svaki period tokom dana kada je pritisak stabilan;
- proceni se faktor S , na osnovu iskustva i poznavanja sistema, koji procentualno pokazuje veličinu oblasti u kojoj je pritisak veći od prosečnog, za posmatrani period
- odredi se prosečni pritisak P u posmatranoj zoni za svaki period tokom dana preko
$$P = S \cdot P_{max} + (1 - S) \cdot P_{min}$$

Na ovaj način se definiše mesto u sistemu u kojem je moguće postaviti merač pritiska u cilju merenja prosečnog noćnog pritiska u oblasti [128]. Time se stiču mnoge upravljačke pogodnosti, od kojih su najvažnije:

- prosečni noćni pritisak postaje merljiva veličina;
- može se uneti kao čvor u matematički model sistema, za potrebe hidrauličkih proračuna sadašnjeg i budućeg stanja pogodno je za proračune upravljanja regulisanjem pritiska po protoku (RQP), itd.

3.3.6.3 Određivanje zavisnosti stvarnih gubitaka od veličine srednjeg pritiska

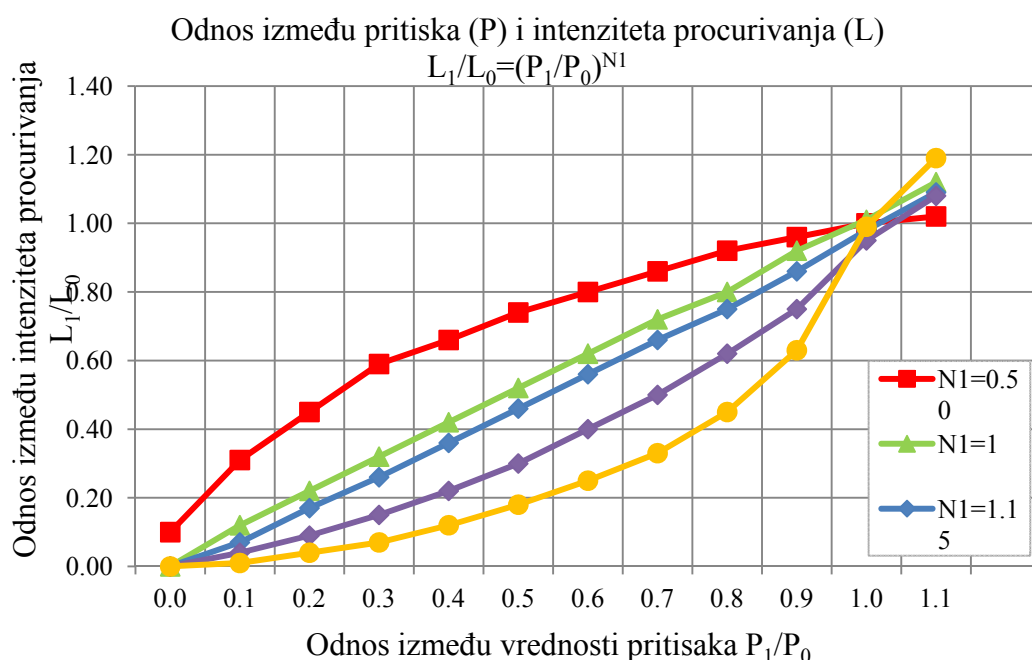
Upravljanje pritiskom je moguće primeniti i na zone vodovodnog sistema u kojima se već vrše merenja, kao i u novoformiranim. Metode proračuna ušteda koje potiču od smanjenja pritiska su iste, ali postoji razlika u preliminarnim akcijama.

3.3.6.4 Kontrola pritiska

Stepen gubitaka na procurivanju u vodovodnim sistemima je funkcija pritiska u mreži, stvorenog pumpama ili gravitacionim snabdevanjem. Postoji fizička veza između intenziteta isticanja i veličine pritiska, koja je dokazana laboratorijskim testovima i eksperimentima na podzemnim instalacijama. Učestalost pojave havarija takođe zavisi između ostalog od veličine pritiska, ali jačina te veze nije dovoljno istražena i kvantifikovana na način kao što je proučena veza pritiska i intenziteta procurivanja. Međutim, postoje jasni dokazi koji ukazuju da je učestalost pojave havarija povezana sa promenama vrednosti pritiska.

Kontrola pritiska je jedan od osnovnih elemenata dobro isplanirane strategije za upravljanje gubicima i treba da bude sastavni deo strategije zato što utiče i na sve druge aspekte strategije:

- Ako se smanji pritisak, smanjuje se intenzitet procurivanja, pa se na taj način smanjuje nivo potrebnih resursa za otkrivanje gubitaka. Intenzitet gubitaka (oštećenja i neprimetni gubici) će se smanjiti na način kako je prikazano na Slici 3.16.



Slika 3.16 Veza između pritiska i intenziteta procurivanja za različite “ N_1 ” vrednosti (N_1 se određuje na osnovu procentualne zastupljenosti odnosa krutih i elastičnih cevi u distributivnom sistemu[130])

- Podatke koji se koriste za postavljanje ciljeva strategije upravljanja gubicima i ekonomski dopustiv nivo gubitaka treba revidovati nakon uvođenja kontrole pritiska;
- Smanjenje pritiska može otežati nalaženje postojećih gubitaka, zato što se stvara manje šumova, ili voda ne prodire do površine;
- Smanjenje pritiska može smanjiti neke vidove potrošnje. Potrošnja sa bilo kojih uređaja koji su direktno povezani na cevovod pod pritiskom će se smanjiti uporedo sa sniženjem pritiska.

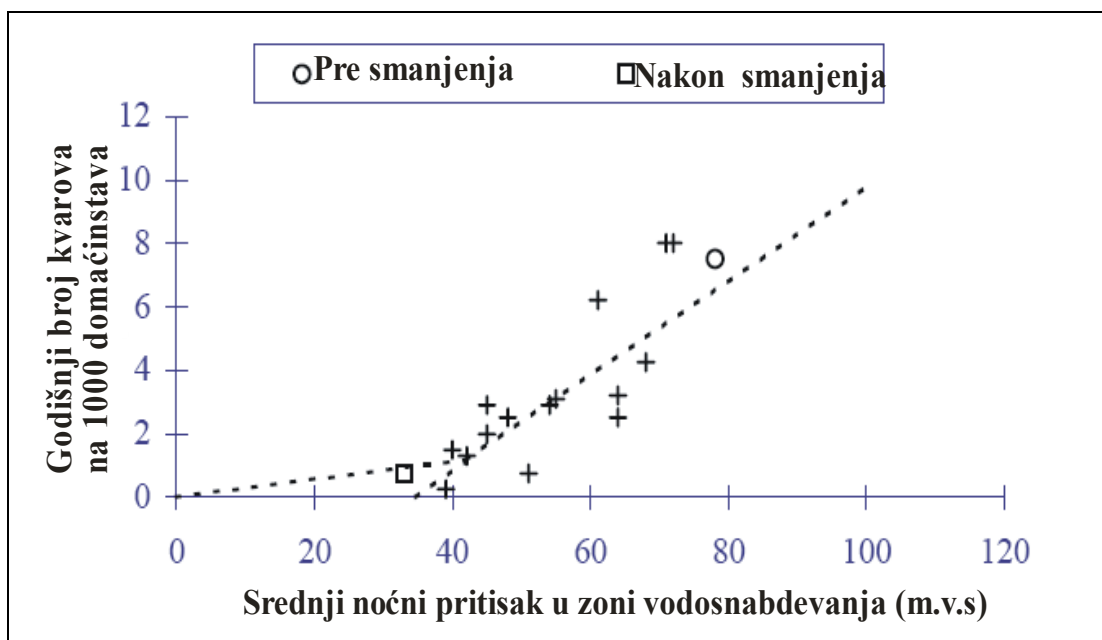
Postoje brojne koristi od kontrole pritiska, i ako se ona isplanira i sprovodi ispravno, postoji vrlo malo ili uopšte nema negativnih efekata.

3.3.6.5 Koristi od kontrole pritiska

- **Smanjenje učestalosti havarija**

Podaci iz jednog sistema iz Engleske i Velsa (Slika 3.16) pokazuje smanjenje učestalosti pojave havarija pre i nakon uvođenja kontrole pritiska. Smanjenjem pritiska sa 80 m na 40 m u proseku je smanjen sa 7 havarija godišnje na 100 domaćinstava na samo jednu. Naravno, postoji i veliki broj drugih faktora koji utiču na učestalost havarija, pa je stoga teško obezbediti kvalitetne podatke da se dokaže jačina ove veze.

Veza pritiska i učestalosti pojave havarija je pouzdanija u većim oblastima, ali na tom nivou je teško napraviti osetne promene u veličini pritiska. Obzirom da je najveći obim podataka dostupan na nivou mernih zona, gde je učestalost havarija teže predvidljiva, ponekad je potrebno par godina da se registruju pravi efekti.



Slika 3.17 Veza između Srednjeg noćnog pritiska u zoni (AZNP) i učestalosti pojave havarija za podatke prikupljene u jednom sistemu u UK [130]

- **Obezbeđenje pouzdanijeg snabdevanja potrošača**

Bez kontrole, veličina pritiska u prostorijama potrošača će biti funkcija pritiska vode na mestu upuštanja u sistem, a u manjoj meri gubitaka pritiska kroz podzemne instalacije. Dobro organizovan režim kontrole pritiska će rezultovati boljim razumevanjem faktora koji utiču na veličinu pritiska na mestu potrošnje i omogućiće da se pritisak održava u unapred zadatim granicama.

- **Povećanje kapaciteta protivpožarne zaštite**

Na sličan način, neuvođenje kontrole pritiska može rezultovati nedovoljnim kapacitetima na protivpožarnim hidrantima. Mnoga preduzeća za vodosnabdevanje izbegavaju kontrolu pritiska smatrajući da time mogu ugroziti kapacitete za protivpožarnu zaštitu zbog čega bi imale nesuglasice sa protivpožarnom policijom.

Međutim, uvođenjem moderne tehnologije i tehnika projektovanja, moguće je smanjiti pritisak (a time i procurivanja) i takođe obezbediti potrebne kapacitete za protivpožarnu zaštitu.

- ***Produženje radnog veka instalacija za vodosnabdevanje***

Dnevne promene pritiska stvaraju napone i deformacije na distributivnoj mreži. Oštećenja se mogu pojaviti na spojevima, fazoneriji i pukotine se mogu pojaviti na cevima. Oštećenja mogu biti posledica kumulativnog efekta promena pritiska tokom dužeg vremenskog perioda. Što su češće i veće promene, veći su izgledi da promene pritiska izazovu oštećenja. Kontrolom pritiska treba ublažiti te promene, što treba da rezultuje manjim stepenom oštećenja distributivne mreže kao i produženjem veka eksploatacije uređaja na mreži.

3.3.6.6 Održavanje infrastrukture – zamena cevovoda

Najznačajniji faktor koji utiče na stepen gubitaka u vodovodnom sistemu jeste generalno stanje cevovoda i korisničkih priključaka, kao i stanje rezervoara. Obično se dolazi do zaključka i da je to pojedinačno gledano, najznačajniji faktor koji utiče na ekonomski dopustiv nivo gubitaka u sistemu.

Stanje infrastrukture je nešto što je nasleđeno od prethodnih generacija i ne može se značajno popraviti bez kapitalnih investicija u obnovu i rekonstrukciju. Pokazalo se da ulaganja u popravljavanje infrastrukture, čak i kad su usmerena na delove sistema kod kojih se ostvaruju najveći gubici ne predstavljaju ekonomski najefikasniji metod upravljanja gubicima. Ako se popravke izvode u druge svrhe, kao što je potreba da se održi kvalitet vode, održi minimalni pritisak u mreži i održi uredno snabdevanje potrošača, onda svakako treba uzeti u obzir uticaj intervencije na smanjenju stepena gubitaka.

Stanje infrastrukture se može ustanoviti na dva načina:

- Sklonost ka pucanju cevi, koja je u funkciji faktora kao što su pritisak, stanje terena, starost, klimatski uslovi kao i stanje cevovoda i kvalitet izrade;
- Sklonost ka pojavi neprimetnih gubitaka, koja je u direktnoj zavisnosti od veličine pritiska.

Na prvi pogled izgleda da postoji veza između ova dva parametra, tj. da su cevovodi u lošem stanju sumnjivi u oba pogleda. Međutim, česta pojava havarija ne znači visok stepen neprimetnih gubitaka i obrnuto, pa se zaključci moraju donositi posebno po ova dva parametra.

Najveći broj preduzeća za vodosnabdevanje redovno izvodi radove na obnovi i rekonstrukciji svojih distributivnih sistema. Ukoliko to ne bi radili, distributivna mreža bi nastavila da stari i propada, što bi znatno podiglo troškove izvođenja popravki da bi sistem mogao da pruža zadovoljavajuć nivo usluga potrošačima. Glavno opravdanje obnove i rekonstrukcije cevovoda se ogleda u sledećem:

- Unutrašnje stanje cevovoda utiče na kvalitet vode koju distribuira. Ovo je obično slučaj sa korozijom livenih ili duktilnih cevi, koje nemaju unutrašnju zaštitu;
- Unutrašnji prečnik cevi se smanjio usled korozije, ili se nagomilala inkrustacija tako da više nema odgovarajuću hidrauličku propustljivost;
- Zidovi cevi su oslabili i više nisu u stanju da izdrže unutrašnji pritisak, ili nisu u stanju da izdrže spoljno opterećenje usled saobraćaja. Ovo je obično slučaj sa azbest cementnim cevima položenim u agresivnom tlu;
- Neki spoljni faktori su usloveli da cevovod nije u stanju da ispuni postavljene zadatke.

Nije uobičajeno da se cevi menjaju isključivo radi smanjenja gubitaka. Glavni razlozi su održanje nivoa usluga prema potrošačima i operativni troškovi. U svakom slučaju, uticaj zamene cevi na smanjenje procurivanja treba proveriti za svaku sekciju, kao dodatno opravdanje za zamenu cevi.

Uticaj zamene cevi na stepen procurivanja zavisiće od toga koliko je stari cevovod učestvovao u ukupnoj količini izgubljene vode, kao i od izabrane tehnike za rekonstrukciju cevovoda. Ako se cevi zamenjuju novim, onda će se značajno smanjiti obim gubitaka, iako se ne može eliminisati u potpunosti. Međutim, ukoliko se korisnički priključci takođe ne obnove, može se u stvarnosti postići negativan efekat, jer se zbog povećanog pritiska u novim cevima (jer su smanjeni gubici pritiska usled procurivanja) gubici na korisničkim priključcima i cevima se mogu znatno intenzivirati.

Obnavljanje starih cevi (relining) može izazvati pojavu još većih gubitaka usled procesa grebanja unutrašnjosti cevi, izazivanjem oštećenja na spojevima, korisničkim priključcima i zidovima cevi. Ako se unutar postojeće ubacuje nova plastična cev, onda se taj problem neće pojaviti, ali ako je unutrašnjost cevi presvučena cementnim malterom ili epoksidnim premazima, onda se može desiti da cev nakon intervencije ima veći stepen gubitaka nego ranije [65].

Sveobuhvatno gledano, iskustva kazuju da ukoliko obnavljanje cevovoda nije prvenstveno usmereno na smanjenje gubitaka, postignuti efekti na smanjenje stepena gubitaka su obično neutralni. Koristi koje su ostvarene jednim projektom, mogu lako biti izgubljene povećanjem curenja usled nekih drugih akcija i u principu statistika pokazuje da mali procenat cevovoda koji se godišnje zameni zaista predstavlja značajan uzrok gubitaka.

Obično se pretpostavlja da cevovodi koji su u lošem stanju, zato što su korodirali iznutra, ili zato što ne omogućavaju potreban kvalitet usluge prema potrošačima jesu primarni razlog gubitaka. Međutim, podaci iz Engleske i Velsa ukazuju da to ne mora biti tačno. Takođe, na osnovu prikupljenih podataka, jasno je utvrđeno da je korelacija između pojave havarija i neprimetnih gubitaka vrlo slaba ili uopšte ne postoji. Delovi sistema sa visokom učestalošću pojave havarija mogu imati vrlo mali stepen neprimetnih procurivanja i obrnuto. Ovaj zaključak može biti posledica činjenice da se havarije češće javljaju na cevovodima manjih prečnika izrađenim za manje pritiske. Neprimetni gubici se uglavnom javljaju na cevovodima većeg prečnika, kao i na korisničkim priključcima. Iz tog razloga, treba proveriti svaki deo sistema, jer postoji opasnost da se strategija zasnovana na generalizovanim pristupima i zaključcima pokaže kao neefikasna i da u suštini ne postigne značajan efekat smanjenja gubitaka.

Ako je rekonstrukcija cevovoda deo strategije upravljanja gubicima, onda se mora pažljivo isplanirati. Cilj je identifikovati one delove cevovoda na kojima se ostvaruju najveći gubici i onda odabrati odgovarajuću tehniku da se oni obnove. Istraživanje sistema i pronalaženje takvih delova iziskuje troškove i stoga se mora pronaći balans između troškova na analiziranju mreže i stvarnih troškova zamene cevi. Ukoliko se u pripremljenoj fazi ne učini dovoljno napora, efekti zamene cevi će biti mali, dok sa druge strane prevelika ulaganja u preglede i istraživanje sistema nepotrebno uvećavaju troškove.

U principu treba sprovesti sledeće korake:

- ***Jasno identifikovati delove sistema koje treba zameniti***

Prvi korak je da se pregledaju podaci o registrovanim havarijama na cevovodu i da se u saradnji sa zaduženim osobljem identifikuju delovi sistema sa učestalim havarijama i procurivanjima, gde se redovno moraju obavljati popravke. U obzir treba uzeti cenu

vode, učestalost havarija, izgubljene zapremine vode tokom havarija, i troškove nastavka iste prakse tj. nastavak krpljenja i popravki cevovoda.

- ***Identifikovati delove sistema sa visokim stepenom gubitaka***

Sledeći korak je identifikovanje delova sistema sa visokim stepenom gubitaka, nakon sprovođenja radova na otkrivanju i popravci. Ovo je najbolje uraditi na nivou mernih zona (DMA), ako su one uspostavljene. Ove zone se mogu poredati po prioritetu u skladu sa stanjem njihove infrastrukture, ili jednostavno uzimajući kao kriterijum neprimetne gubitke u litrima po domaćinstvu na dan ili u m³/km/dan. Svaku zonu treba ispitati kako bi se utvrdili glavni uzroci procurivanja. Obzirom da je svako procurivanje koje se može primetiti uobičajenim metodama otkrivanja gubitaka već otkriveno, treba izvesti neki vid step testa ili merenja unutar manjih delova merne zone. Cilj ovog postupka je da se ustanove gubici na pojedinim sekcijama mreže. U idealnim uslovima, trebalo bi ispitati svaku ulicu, ali ako to nije moguće, ispitivanje treba sprovesti na što je moguće manjim delovima sistema.

- ***Cost benefit analize – studije isplativosti***

Unutar mernih zona, za svaki manji deo se može proveriti da li je isplativo da se izvrši zamena cevi kako bi se eliminisali neprimetni gubici. Intenzitet procurivanja se može jako razlikovati od jedne sekcije do druge. Tokom pregleda, može se otkriti i popraviti havarija koja nije bila locirana nekim metodama, čime se isključuje potreba da se izvrši zamena čitave deonice.

- ***Uzimanje u obzir drugih koristi***

Kada se sprovodi studija isplativosti, moguće je identifikovati i druge koristi i odrediti njihovu vrednost. Na primer, ako je zamena cevi u cilju smanjenja broja havarija, posredna korist će biti izbegavanje troškova popravke, a naravno postoje i koristi od podizanja kvaliteta usluge potrošačima.

- ***Izraditi plan upravljanja gubicima***

Treba izraditi paket dokumenata kojima se uvodi u praksu plan upravljanja gubicima, uzimajući u obzir sve bitne podatke.

- ***Upravljanje projektom***

Od vitalnog je interesa da se obezbedi da se dobrim rukovođenjem ostvare svi pozitivni efekti planirane strategije upravljanja gubicima.

3.3.7 Sistem praćenja, održavanja i povećanja efikasnosti

Kada se jednog momenta dostignu zacrtani ciljevi, glavni ključ uspeha je upravljanje gubicima i održavanje na sniženom nivou [30]. Svi aspekti upravljanja gubicima iziskuju konstantne napore da se gubici održe na sniženom nivou.

Procurivanja je nemoguće eliminisati, to je pojava koja zahteva stalnu aktivnost, ili će se stepen procurivanja vremenom postepeno povećavati i brzo dostići nivo pre sprovođenja programa za njihovo smanjenje, obezvređujući uložena sredstva i napore.

U svakom slučaju, teže je sprovesti stadijum održavanja gubitaka na zacrtanom nivou nego stadijum smanjenja gubitaka. Obzirom da su pažnja i investicije bili usredsređeni na projekte smanjenja gubitaka, može biti teško obezbediti dalje investicije za upravljanja gubicima, zato što to neko može tumačiti nepotrebnim troškovima koji preduzeću ne donose nikakvu korist.

Efikasne procedure za upravljanje gubicima se moraju uspostaviti još u toku sprovođenja smanjenja gubitaka, kako bi, kad se dostignu zacrtani ciljevi smanjenja gubitaka, obezbedilo njihovo održavanje na tom nivou u narednim godinama. Gubici su kao izvor, i ako se ne vrši stalan pritisak na njih, oni će ponovo pojaviti. Procedure treba primenjivati na tri različita nivoa:

- Strateški
- Taktički
- Operativni

3.3.7.1 Strateško osmatranje

Opšti pokazatelj uspešnosti upravljanja gubicima se sračunava iz godišnjeg vodnog bilansa. Međutim, preduzeće za vodosnabdevanje ne mora čekati 12 meseci da bi svelo račune. Veoma je važno da se osmatra trend tokom godine i da se preduzimaju korektivne mere ukoliko se pokaže da godišnji ciljevi neće biti dostignuti. Ova situacija je slična finansijskom upravljanju, koje mora da položi godišnji izveštaj. Podaci o zaradi i gubicima se češće obrađuju i prikazuju kako bi se obezbedilo postizanje zacrtanih ciljeva.

Preporučuje se da se bilans vode sračunava i prikazuje kvartalno, ili čak mesečno ako postoji opasnost od neispunjenja postavljenih ciljeva, ili u zonama gde su napravljene izmene u režimu funkcionisanja u odnosu na prethodne godine.

3.3.7.2 Monitoring i održavanje opreme i uređaja

Oprema i uređaji koji se postavljaju tokom stadijuma smanjenja gubitaka moraju se kontrolisati i održavati. Ovaj posao se obično svodi na periodične preglede:

- Zonske merače treba proveravati ili kalibrisati u redovnim intervalima;
- Granice zona se moraju proveravati i održavati;
- Statističke podatke, kao što su računi potrošača treba dopunjavati;
- Ventile za smanjenje pritiska treba kontrolisati i održavati;
- Oprema kao što su korelatori mora se redovno kalibrisati i periodično servisirati.

Treba uspostaviti evidenciju za svaki uređaj, slično servisnoj knjižici automobila, da bi se uvek moglo proveriti kada su i koje akcije na održavanju preduzete. Korisno je da se otvore registratori za svaku mernu zonu, u koje se stavljaju sve bitne informacije koje se obnavljaju prikupljenim podacima i rezultatima novosprovedenih akcija, promene mesta graničnih zatvarača i slično. Naravno, postoje i softverski paketi kako bi se podaci skladištili u elektronskoj formi, sa mogućnošću povezivanja sa digitalnim mapama vodovodnog sistema.

3.3.7.3 Operativno osmatranje

Svakodnevno upravljanje gubicima je bolan proces, koji iziskuje praćenje velikog obima podataka i informacija. Na raspolaganju su kompjuterski sistemi za registrovanje čitanja sa merača protoka, pritiska, potrošnje itd. što omogućava izvođenje zaključaka tj. sračunavanje količina izgubljene vode u mernoj zoni sa osloncem na noćnu potrošnju ili redovna (npr. sedmična ili mesečna) očitavanja. Ovi sistemi se takođe mogu razviti da se omogući uspostavljanje prioriteta za sprovođenje akcija lociranja gubitaka. S jedne strane ti sistemi omogućavaju efikasno organizovanje na izvršenju strategije upravljanja gubicima, dok sa druge strane i oni sami iziskuju održavanje.

Ključni element tekućeg osmatranja je provera efikasnosti mera koje sprovodi ekipa za upravljanje gubicima. Dok je u stadijumu smanjenja gubitaka moguće uspostaviti pokazatelje u smislu odnosa utrošenih sredstava prema ostvarenim uštedama, u stadijumu održavanja gubitaka na zacrtanom nivou, moraju se uspostaviti nešto drugačiji pokazatelji efikasnosti.

3.3.7.4 Uvođenje nove tehnologije i procedura

Tokom faze smanjenja gubitaka, primarni akcenat politike upravljanja gubicima se stavlja na dostizanje ciljanog sniženja nivoa gubitaka. Kada se on jednom dostigne za neki period (recimo godinu ili dve), sledeći strateški cilj treba da bude održanje stepena gubitaka na istom nivou uz stalno smanjenje godišnjih operativnih troškova. To iziskuje ulaganja u istraživanja i razvoj i primenu nove tehnologije, kako bi se postepeno smanjivao broj angažovanog osoblja i materijalnih troškova. Uštede se mogu ostvariti na sledeći način:

- Korišćenje tehnika kojima se ALC operacije sprovode efikasnije, tako da se isti rezultati mogu ostvariti sa manje napora;
- Provera podataka i pretpostavki na osnovu kojih se vrši procena gubitaka, bez obzira da li se radi o podacima o procenjenoj noćnoj potrošnji ili godišnjem bilansu vode. U mnogim slučajevima, neki od inicijalno procenjenih gubitaka su u stvari bili skrivena (neregistrovana) potrošnja, pogonska potrošnja, ili neslaganja usled netačnosti vodomera;
- Provera procedura i potrebnog broja osoblja da se pokriju sezonske varijacije. Postoji tendencija promene stepena gubitaka tokom različitih sezona, ali uobičajeno je da je isti broj ljudi i sredstava angažovan tokom cele godine. Istraživanjem sezonskih varijacija moguće je stvoriti uštede uvođenjem promena u radnim procedurama i obavezama osoblja tokom različitih godišnjih doba ili angažovanjem dodatnih resursa na po par sedmica kada je to potrebno;
- Neka preduzeća prate vremensku prognozu i koriste iskustvene podatke kako bi predvidela broj havarija koje se mogu očekivati u narednom periodu. Na osnovu takvih razmatranja donose odluku koliko radnika i opreme treba da imaju na raspoloženju i da li treba angažovati spoljnu podršku.

3.3.7.5 Godišnji izveštaji o efikasnosti strategije

Preporučuje se da se u kontinuitetu vrši provera uspešnosti sprovođenja strategije upravljanja gubicima i da se ustanovi forma izrade godišnjih izveštaja. Proveru izveštaja o uspešnosti može raditi menadžment na višem nivou ili se mogu angažovati spoljni konsultanti. Izveštaj treba da sadrži sledeće elemente:

- Postignut napredak u poređenju sa postavljenim ciljevima;
- Promena postavljenih ciljeva u skladu sa stečenim iskustvom;
- Promene polaznih pretpostavki i podataka koji su tom prilikom korišćeni;
- Uložena sredstva.

4 RAZVOJ PROTOTIPA PROGRAMSKOG SISTEMA ZA INTEGRALNO UPRAVLJANJE SISTEMOM ZA VODOSNABDEVANJE

4.1 Definicija prototipa programskog sistema

Upravljanje vodovodnim sistemima obuhvata širok skup povezanih problema koje treba zajedno uzeti u obzir jer su striktno u interakciji sa stanjem sistema, naplatom, potrošnjom i gubicima vode, raspoloživošću i kvalitetom vodnih resursa, ali i stepenom razvijenosti svesti kod potrošača, tehničara, eksperata i donosioca odluka. Generalno, glavni kompromis koji je najviše problematičan u odlučivanju u svim oblastima ljudskog delovanja je između antropogenih akcija i očuvanja prirodnih resursa.

4.1.1 Potreba za uvođenjem integralnog programskog sistema

Upravljanju gubicima vode, kao osnovnom zacrtanom cilju, prethodi niz akcija, tj. čitav proces donošenja planova i odluka, koji se moraju donositi i realizovati kroz više faza, počev od upoznavanja sistema i pravljenja planova za njegovu nadogradnju, održavanje i aktivno upravljanje kako pojavama u sistemu, tako i potrošnjom i kvalitetom vode i ostalih resursa (materijalnih, energetskih, ljudskih itd). Kroz doslednu realizaciju neminovno se dolazi do niza pozitivnih pojava, koje u početku nisu mogle biti sagledane.

Sve aktivnosti na dostizanju zacrtanih ciljeva pojedinačno su vrlo pozitivne, ali tek integrisane i ukomponovane, sprovedene u pravo vreme mogu dati željene (najbolje u datim okolnostima) efekte.

Akcije koje nemaju status isključivo tehničke prirode su takođe izuzetno bitne, kao što je razvijanje svesti o prepoznavanju problema (kod različitih kategorija zaposlenih, potrošača, planera, donosioca odluka, donatora, kreditora i mnogih drugih tehničkih i netehničkih kategorija), planiranju budžeta, kontroli i podnošenju izveštaja na kontinualnom osmatranju i smanjenju gubitaka su jednako bitne koliko i operativne akcije na sprovođenju planova, jer one predstavljaju pozadinu, osnov i motivaciju čitave ideje o racionalnom i efikasnom korišćenju vodnih i ostalih resursa, što doprinosi stabilnom društvenom razvoju u celini.

Mnoštvo akcija kako na izradi strategija i planova, tako i na dostizanju ciljeva ne sme nikako biti privilegija i oružje u rukama pojedinaca, jer će u vrlo kratkom roku doći do ignorisanja od strane javnosti i samoizolacije, već vrlo transparentan i prioritetan proces.

Obzirom da se u tom procesu na različitim prostorima i u različitom vremenu pojavljuje čitav niz aktera, zacrtane strategije i planovi moraju biti sami po sebi celoviti, realni, fleksibilni i održivi. Moraju bazirati na iskustvima prikupljenim iz samog sistema, sistema u okruženju, iskustvima sa mesta u svetu gde se to radi mnogo bolje, otvoreni da se u svakom momentu mogu uključiti novi akteri, koji ne moraju imati visoka tehnička znanja, kako bi mogli svoj uticaj, vreme i energiju posvetiti donošenju ili ukazivanju na najbolja rešenja, njihovo podržavanje jačanje opštedruštvene podrške za uživanje u blagodeti urbanog održivog korišćenja životnih resursa.

Da bi se strategije i ciljevi dostigli, neophodno je stvoriti integralni sistem kojim će se upravljati prikupljanjem, obradom, sistematizacijom i razmenom informacija, između različitih učesnika (kako unutar preduzeća, tako i sa drugim srodnim i nesrodnim sistemima i različitim subjektima), obradom informacija, izvlačenjem zaključaka, njihovim predstavljanjem u odgovarajućoj formi i predlaganjem najefikasnijih rešenja donosiocima odluka, kako bi realizacija planova dobila što širu sveobuhvatnu podršku u javnosti, nepristranu ocenu uspešnosti sa ukazivanjem na potrebne dalje korake na održavanju dostignutog stanja i dalje unapređenja rada sistema.

U vremenu ekspanzivnog razvoja informatičkih i tehnoloških nauka i pojave mnogobrojnih algoritama i softvera u raznim oblastima koji se mogu primeniti na upravljanje radom i pojavama u vodovodnim sistemima (merenja različitih veličina, obrada podataka, rad sa bazama podataka, grafički prikaz, evidencija potrošnje i gubitaka, finansijski softveri, upravljajući softveri, matematički modeli, IT tehnologije, itd.), prosto je nezamislivo i pokušati sprovođenje ovako kompleksne akcije bez IT podrške.

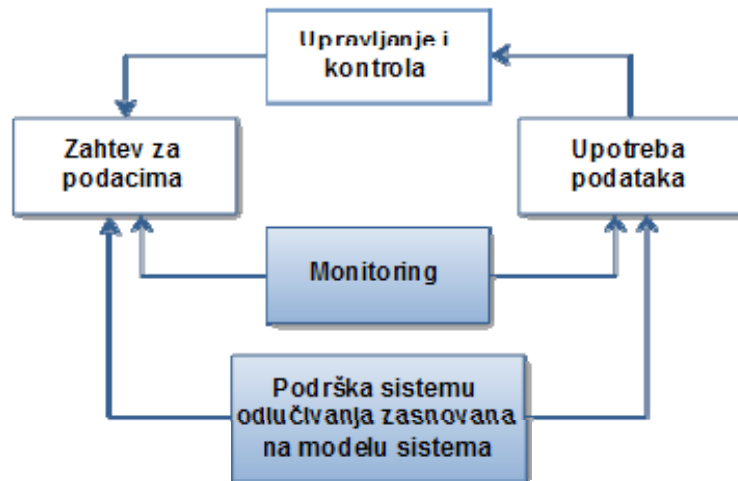
Razvoj integralnog sistema podrazumeva razvoj novog softvera koji treba da kritički i napredno objedini već razvijene softverske module i komercijalne pakete sa novoplaniranim i razvijenim modulima za realizaciju specifičnih funkcija i zacrtanih ciljeva sistema u jednu funkcionalnu celinu. Takav sistem treba da bude fleksibilan u smislu mogućnosti izmene delova sistema, načina prikazivanja rezultata, namenski prema različitim kategorijama korisnika, da na jasan način svakoj kategoriji ukaže na probleme ali i napredak u realizaciji, poređenje sa prethodnim stanjem, drugim sistemima i zacrtanim ciljevima, kao i da izvrši sistematizaciju svih raspoloživih podataka i na osnovu zacrtane strategije i ciljeva pruži podršku ubrzanju i efikasnosti procesa donošenja odluka.

4.1.2 Komponente programskog sistema

Jedan od glavnih problema za definisanje efikasne integralne održive strategije upravljanja u vodovodnim sistemima je da popuni informacionu prazninu u znanju o stanju sistema za vodosnabdevanje (vezanih za sistem, kao što su izdašnost i kvalitet vodnih resursa, struktura i veličina potrošača – stanovništvo, privreda, komunalne potrebe, položaj, starost, stanje cevi, fazonerije i uređaja za upravljanje sistemom, stanje vodomera, stepen stvarnih i prividnih gubitaka, način upravljanja sistemom – redovno (ne)merenje količina zahvaćene i isporučene vode, telemetrijsko osmatranje, registrovanje i obrada podataka, (re)aktivno upravljanje održavanjem i regeneracijom sistema, ...).

Korisnik informacija je skup lica generalno definisanih kao "donosioci odluka", koji treba da izaberu odgovarajuće mere za efikasnije upravljanje vodovnim sistemima iz skupa alternativa u procesu odlučivanja.

U tom smislu osnovni cilj jeste definisanje informacionog modela baziranog na informacionom sistemu, koji treba da se koristi za upravljanje protokom informacija i neophodnim aktivnostima da se popuni ta praznina [26]. Međusobni odnosi informacija i ključnih komponenata savremenog informacionog sistema za podršku integralnom upravljanju sistemima za vodosnabdevanje prikazani su na Slici 4.1.

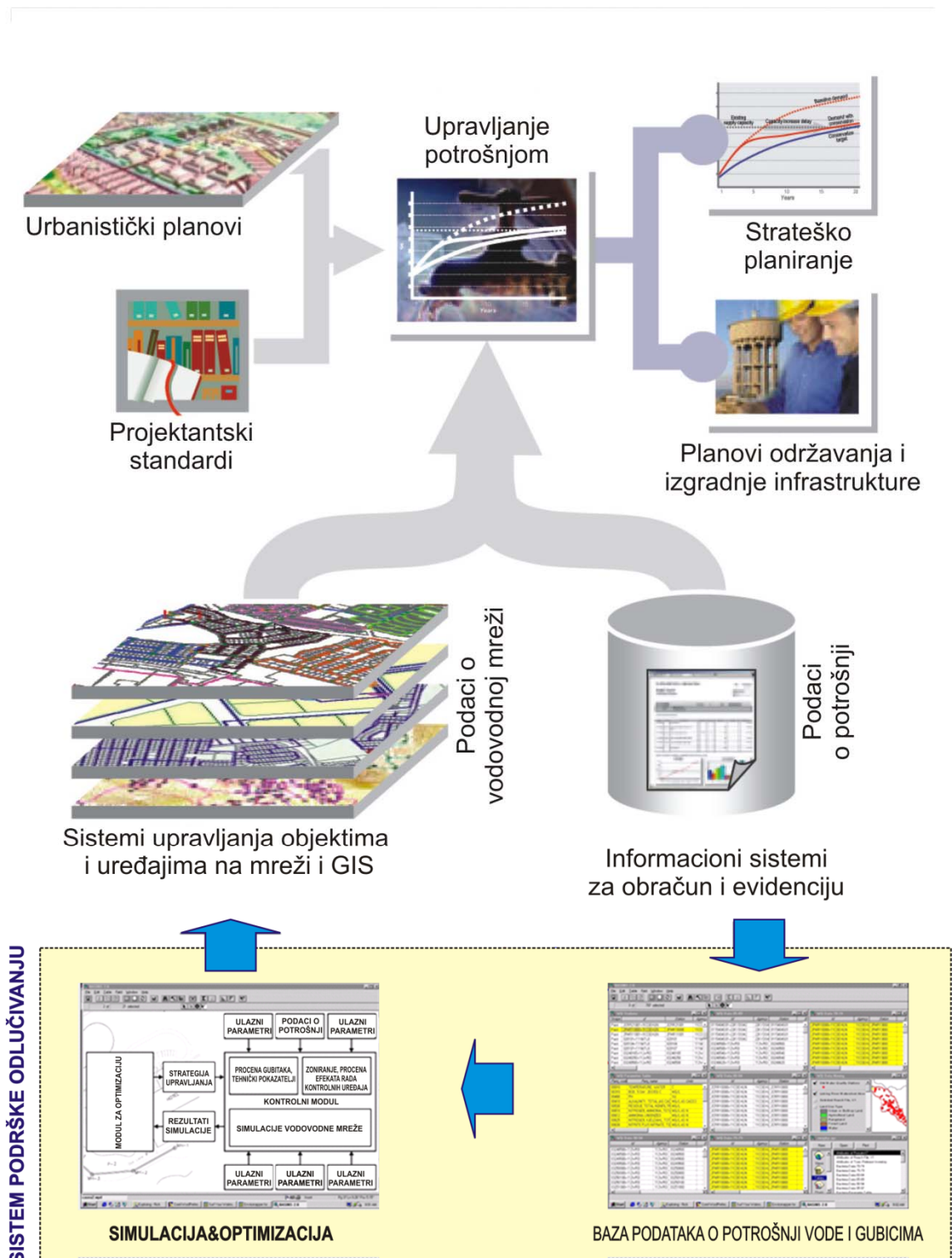


Slika 4.1 Komponente sistema integralnog upravljanja sistemima za vodosnabdevanje

Informacioni sistemi za podršku integralnom upravljanju vodovodnim sistemima i smanjenju gubitaka, kao i moderni informacioni sistemi u drugim oblastima čovekovog delovanja, su kompleksan zbir informacionih procesa podržan velikim brojem hardverskih, softverskih i komunikacionih tehnologija, sa kojima korisnici, različitih nadležnosti i sa različitim ciljevima, mogu efikasno da komuniciraju. Informacioni sistem je osnovni alat za definisanje modela i implementiranje mnogih informacija/znanje/odlučivanje klasa problema integralnog upravljanja vodnim resursima.

Monitoring je principijelna aktivnost koja zadovoljava potrebe za informacijama potrebnim za kontrolu gubitaka iz sistema za vodosnabdevanje, a sistem za podršku odlučivanju, koji se koristi u kombinaciji sa monitoringom je neophodan alat za podršku odlučivanju. Sistemi podrške odlučivanju (DSS) i geografski informacioni sistemi (GIS) su se izdvojili među nekoliko sistema i pristupa inženjeringu informacija i danas se sve češće primenjuju kao podrška upravljanju vodnim resursima i njihovoj zaštiti od zagađenja. Prema savremenim pogledima, sveobuhvatna definicija GIS-a treba da uključi DSS, ili gledano iz drugog ugla, definicija DSS-a treba da uključi GIS.

Sistemi za podršku odlučivanju efikasno se primenjuju u drugim oblastima istraživanja kao što su proizvodnja, kontrola procesa, kontrola saobraćaja, itd. Njihova primena, u kombinaciji sa monitoringom, u upravljanju vodnim resursima i zaštiti kvaliteta vode je izazovno pitanje koje može da pomogne menadžerima u pronalaženju strategija koje mogu uzeti u obzir različite aspekte razmatranih pitanja (Slika 4.2). Prednost takvog pristupa može biti od pomoći na različitim nivoima: efikasne razmene informacija, pomoći u fizičkoj karakterizaciji modela, kao i definisanju i rešavanju problema optimizacije. Takođe može da pruži značajnu pomoć u predlogu alternativnih strategija, oceni strategija i izboru najpovoljnije upravljačke strategije, ubrzanju procesa odlučivanja, posebno kada se nove informacije stiču u različitim prostornim i vremenskim skalama.



Slika 4.2 Informacioni sistem za podršku integralnom upravljanju sistemima za vodosnabdevanje

4.2 Razvoj sistema podrške odlučivanju

4.2.1 Metodologija razvoja sistema podrške odlučivanju

Svaki projekat koji ima za cilj da razvije složeni proizvod i koji zahteva značajne finansijske i/ili ljudske resurse, treba da bude definisan, a aktivnosti treba da budu organizovane u nekoj vrsti procesa na osnovu metodologije. Taj manje ili više formalni proces je ono što od veštine razdvaja softversko inženjerstvo, mladu disciplinu koja je tek počela da se razvija, i posebno je značajan za razvoj kompleksnih sistema sa mnogo komponentata, kakvi su sistemi za podršku odlučivanju.

U stručnoj literaturi se javljaju značajne diskusije o metodologijama za razvoj sistema za podršku odlučivanju i veliki broj različitih klasifikacija tih metodologija. Univerzalna, bazirana na teoriji, metodologija razvoja softvera prostornih sistema za podršku odlučivanju još uvek nije definisana. U nastavku je ukratko predstavljeno ono što se u literaturi naziva "BMP – Best Management Practise" tj. "najboljom praksom" u razvoju objektno orijentisanog softvera sistema podrške odlučivanju.

Veronika [26] predlaže nekoliko različitih metodologija, uključujući fazni metod, evolucioni metod, metodu prototipa i metodu end-user razvoja:

- *Fazni metod* prati linearni put, od definicije problema, preko analiza zahteva, projektovanja softvera, programiranja i razvoj, do sprovođenja. Ovaj tip metodologije daje ograničenu fleksibilnost u iterativnom dizajnu i nedostaje mu kontinuirano učešće potencijalnih krajnjih korisnika;
- *Evolucionni metod* kombinuje analizu, projektovanje i razvoj modela u jedan implementacioni korak koji se više puta ponavlja. Kod ovog pristupa, programeri se bave analizom, projektovanjem, razvojem modela i primenom malih podproblema, sve dok se ne postignu zadovoljavajući rezultati za taj podproblem. Tada se programeri i krajnji korisnici premeštaju na drugi podproblem. Na ovaj način, funkcije se sistemu lagano dodaju tokom vremena. Ovaj pristup zahteva visok stepen uključenosti zainteresovanih strana, ali obezbeđuje veće mogućnosti da se prepoznaju potrebe zainteresovanih strana;
- *Metod prototipa* je sličan evolucionom metodu, samo što se umesto potpunog razvoja sistema deo po deo, gruba ideja funkcionalnosti DSS aproksimira raznim alatima, ali bez potpunog programiranja sistema. Ukupna funkcionalnost sistema se konstruiše u gruboj verziji kako bi krajnji korisnici, mogli da ocene sistem. Zatim, u iterativnom procesu, programeri i krajnji korisnici se približavaju konačnim zahtevima kroz razvoj prototipa i evaluacioni ciklus;
- *Metod end-user* razvoja podrazumeva da je krajnji korisnik takođe i programer. Ovaj tip pristupa je verovatno jedino održiv za prostorne probleme i pitanja manjeg obima. Veronika [26] predlaže, za razvoj kompleksnih DSS, evolutivni metod ili metod prototipa, kao najbolji pristup.

Power [26] je došao do sličnih zaključaka kao Veronika i izvršio je klasifikaciju na tri metodologije: metod životnog ciklusa razvoja sistema, metod brze izrade prototipa i metod end-user razvoj. Power smatra da *metod životnog ciklusa* razvoja sistema, koji je srodan faznom metodu, koji je predložio Veronika, ne obezbeđuje dovoljnu fleksibilnost u procesu razvoja i da metod end-user razvoja ne treba primenjivati kada treba da bude razvijen donekle kompleksan DSS.

Power smatra metodu *brze izrade prototipa* najboljom metodologijom za razvoj DSS softvera. Ovu metodologiju karakteriše brzi, konceptualni razvoj sistema baziran na definiciji preliminarnih zahteva, naknadno testiranje i pregled od strane korisnika, ponavljanje ovih koraka i konačno, kada su zadovoljeni zahtevi svih krajnjih korisnika, finalni razvoj i implementacija.

4.2.2 Faze razvoja sistema podrške odlučivanju

Razvoj DSS softvera se obično vrši za potrebe rešavanja kompleksnih problema. Zbog toga razvoj DSS softvera zahteva pažljivo planiranje i iterativni proces u cilju postizanja uspešnog proizvoda. Ovaj iterativni proces, baziran na prethodno opisanim metodologijama, predstavljen je na Slici 4.3.

Nakon što je ukupni problem definisan i identifikovani akteri, striktno treba slediti iterativni proces koji zahteva definiciju, projektovanje i razvoj prototipa i testiranje. Nakon rezultata iterativnog ciklusa koji zadovoljava sve učesnike, može se pristupiti finalnoj implementaciji. Ovaj pristup zahteva uključivanje različitih interesnih grupa tokom celog procesa (donosioci odluka ili krajnji korisnici, modelari, eksperti ili stručnjaci, IT/GIS specijalisti, programeri). Iako ovo može dovesti do većih troškova u različitim fazama razvoja, u fazi korišćenja može dovesti do proizvoda koji je mnogo efikasniji i prihvatljiviji.



Slika 4.3 Generalni prikaz procesa razvoja prostornog DSS

U okviru iterativnog procesa, mora se obratiti pažnja na logistička pitanja i ograničenja. Priroda problema, broj i raznovrsnost zainteresovanih aktera i mnoga druga pitanja mogu uticati na izvodljivost iterativnog procesa u razvoju prostornog DSS i na njegovu efikasnu primenu. Prvi korak koji vodi ka razvoju DSS je prepoznavanje problema i motivacije pojedinca ili organizacija za rešavanje tih problema informatičkim sistemom za podršku odlučivanju. Bez obzira na to ko je inicijator ideje korišćenja DSS, važno je da se uspostavi lider u okviru organizacije. Lider treba da ima status potreban za donošenje odluka i mora imati kontakte i uticaje za suočavanje sa potencijalnim zainteresovanim stranama unutar i izvan date organizacije. Predlagač ili lider treba da počne proces identifikovanja važnih aktera

koji treba da budu uključeni u ranoj fazi u proces razvoja sistema. Takođe, u ovoj ranoj fazi, strateška vrednost potencijalnog sistema treba da se definiše u odnosu na politiku i upravljački kontekst potencijalnih krajnjih korisnika. Pitanja koja bi trebalo postaviti u ovoj fazi su da li će organizacija krajnjeg korisnika koristiti dati DSS i kako će sistem biti korišćen i uključen u organizaciju. U početnoj fazi trebalo bi da budu ustanovljeni komunikacioni protokoli i mehanizmi između zainteresovanih strana.

U drugom koraku, treba izvršiti formalno definisanje zahteva. Faza definisanja zahteva je ključna u procesu razvoja sistema, jer u ovoj fazi zainteresovane strane treba zajedno da identifikuju ono što bi želele da sadrži sistem. Zainteresovane strane bi trebalo da identifikuju sopstvene ciljeve i potrebe pre bilo kakvog razgovora sa ostalim zainteresovanim stranama. Posle toga sve zainteresovane strane treba da identifikuju hijerarhiju zahteva i potreba. U zavisnosti od obima DSS i broja zainteresovanih strana, ovo može biti zahtevan korak. U ovoj fazi, verovatno će biti potrebno da se prevedu opšte ideje ili ciljevi u konkretne i kvantitativne mere koje se mogu analizirati u DSS. Tokom ove faze, zainteresovane strane tehničke struke (istraživači, modelari, programeri, GIS specijalisti), mogu da započnu izbor i pretraživanje potencijalnih prostornih i neprostornih izvora podataka, izbor tehnika modeliranja, definisanje softverskih zahteva i dostupnih alata, kao i izlaznih potreba.

Treći korak, konkretni dizajn sistema, može se pokrenuti kada postoji dovoljna saglasnost o opštim i posebnim uslovima za sistem. Proces dizajniranja sistema bi trebalo da bude iterativni proces, sa iskustvima stečenim u procesu razvoja prototipa u fazi razvoja sistema i povratkom nazad na proces dizajniranja. U preliminarnoj iteraciji, treba rešavati tehnička pitanja, kao što su platforma koja će biti najefikasnija (desktop ili Web bazirani), koji modeli i tehnike modeliranja su korisni i izvodljivi, koje softverske komponente bi zadovoljile zahteve i koja razvojna okruženja i programski jezici će se koristiti. U ovoj fazi treba sastaviti popis izvora podataka i definisati strukture baza podataka. Inicijalni dizajn sistema rezultuje inicijalnim prototipom, koji dovodi do novih zaključaka o skupovima podataka, pretpostavkama, tehnikama modeliranja, dizajnu korisničkog okruženja i drugim aspektima koji mogu biti uključeni u sledeću iteraciju dizajniranja sistema.

Koraci četiri i pet, iterativni procesi razvoja i testiranja softvera, mogu da obuhvate širok opseg od početnog prototipa do distribucije konačnog sistema. Odgovornost za napredak u ovim fazama leži na stručnjacima (modelari, GIS specijalisti) i programerima. Ovi akteri će morati da koriste informacije i ulaze dobijene iz faza projektovanja i testiranja za razvoj prototipa i na kraju konačnog sistema. Faza testiranja bi trebalo da obuhvati krajnje korisnike koji mogu formalno da utvrde da li sistem ispunjava neophodne uslove. Ova faza bi trebalo da uključi sistematsko testiranje softvera i formiranje dokumentacione osnove. Postoje još neke važne aktivnosti koje se sprovode u toku implementacije sistema, kao što su ažuriranje i održavanje sistema. Ove aktivnosti su neophodne da se osigura nastavak uspešnog korišćenja razvijenog DSS.

Postoje mnogi razlozi koji se moraju uzeti u obzir kada se razvija prostorni DSS. Identifikacija grupa zainteresovanih strana i njihovo dalje učešće u razvojnom procesu je veoma važno. Pažljivo planiranje mora da ima važno mesto, pri čemu se moraju uzeti u obzir legitimna vremenska i resursna ograničenja. Takođe se moraju obezbediti planovi o tome kako će se razvijeni softver ažurirati i održavati u budućnosti.

4.3 Definicija problema

U fazi definicije problema formira se polazna tačka za projektovanje sistema podrške odlučivanju. Svrha ove faze je da se sačini popis relevantnih problema, odrede ciljevi koje treba postići, identifikuju provizorne mere i odrede prostorne, vremenske, ekonomske i druge granice sistema i da se identifikuju tzv. krajnji korisnici sistema.

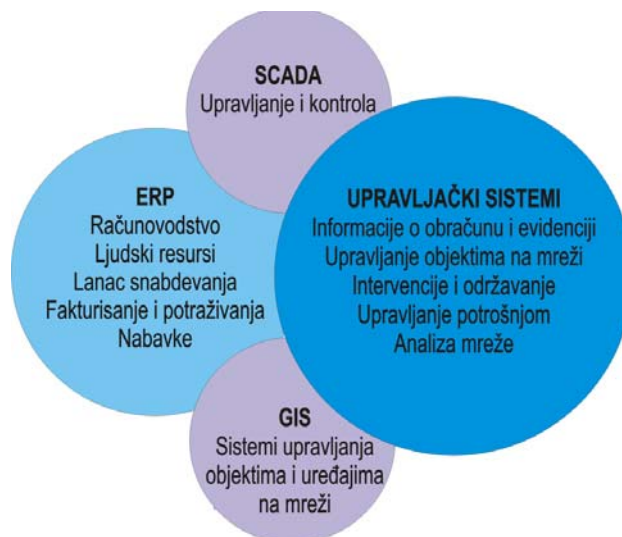
Faza definicije problema je u suštini iterativni proces. Rezultati predstavljeni u daljem tekstu mogu se smatrati preliminarnom definicijom problema. Definicija problema mora da se precizira u kasnijim fazama, sa akcentom na teme koje će biti izabrane za razvoj pilot DSS. Najvažnije je da se u ovaj proces uključe krajnji korisnici pilot DSS. Zbog toga se preporučuje da se u Planu rada za razvoj pilot DSS planiraju aktivnosti na dubljem poznavanju suštine i aspekata problema.

4.3.1 Identifikacija problema, ciljeva i mera

Sistemi upravljanja predstavljaju specijalne procedure upravljanja, jedinstvene za poseban sistem, koje nisu sadržane u pomenutim sistemima – od informacija o korisnicima i sistemu naplate do aplikacija za upravljanje održavanjem, radom vodovodne mreže, potrošnjom i gubicima.

Integrirani sistem upravljanja se oslanja na sledeće važne komponente [56]:

- a. *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)* i sistemi telemetrije igraju vitalnu ulogu u monitoringu (proticaja, pritisaka, temperature, statusa ventila, itd.) i operativnoj kontroli na vodovodnom sistemu;
- b. *Enterprise Resource Planning (ERP)* Planiranje resursa preduzeća, prvenstveno za veće sisteme, u smislu obezbeđivanja budžeta i kadrova za upravljanje posebnim ciljevima kao što su nabavke i odnosi sa javnošću;



Slika 4.4 Identifikacija problema, ciljeva i mera

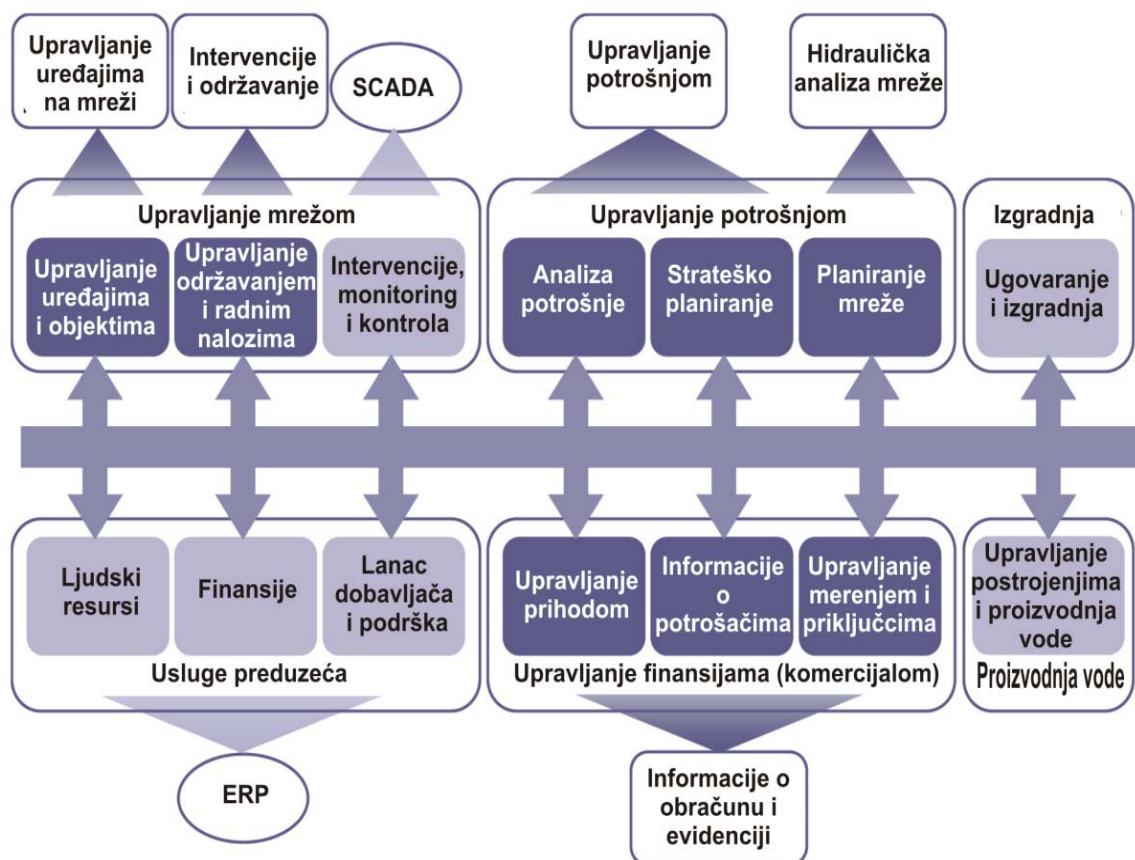
- c. *Geographic Information Systems (GIS)* kao jedan od glavnih glavnih oslonaca i koristi se u prikazu raznih mapa i sadržaja, modeliranja DMT (digitalni model terena), demografske analize, cevi, objekata i uređaja na vodovodnoj mreži;
- d. *Management Systems* - Sistemi upravljanja predstavljaju specijale procedure upravljanja, jedinstvene za poseban sistem, koje nisu sadržane u pomenutim sistemima – od informacija o korisnicima i sistemu naplate do aplikacija za upravljanje održavanjem, radom vododne mreže, potrošnjom i gubicima.

Efektivna integracija funkcija upravljanja sistemom za vodosnabdevanje, bazirana na održivosti, zahteva integrisan informacijski sistem (IMIS-Integrated Management Information System). Takav holistički i integrisan pristup će kao rezultat imati ne samo pozdanije snabdevanje potrošača, već i efikasniji i dinamični operativni sistem koji će podići sveukupnu efikasnost vodovodnog sistema i trajno smanjiti komponente nenaplaćene zapremine vode.

Uloga integrisanih IT rešenja u upravljanju vodovodnim sistemom se može najbolje sumirati na sledeći način:

- Omogućavanje izmena – IT može biti glavni katalizator promena u organizacionoj strukturi, poslovnim funkcijama i procedurama kako bi se odgovorilo novim zahtevima okruženja;
- Izvršavanje poslovnih funkcija i process – IT treba da bude glavno sredstvo u stvaranju uslova za izvršenje i provođenja poslovnih funkcija i procedura;
- Podizanje profitabilnosti (omogućavanje održivosti) – IT može imati veoma važnu ulogu u povećanju profitabilnosti, u smislu istovremenog povećanja prihoda i smanjenja troškova.

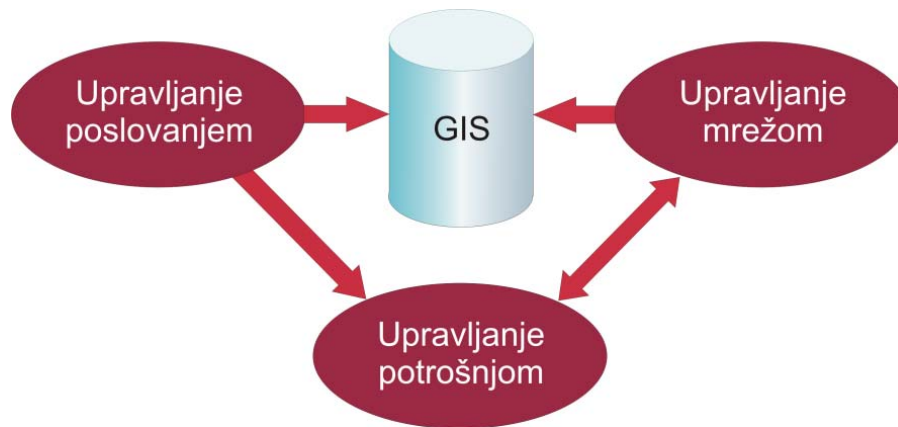
Proces upravljanja sistemom za vodosnabdevanje može prigodno biti grupisan u pojedinačne grupe upravljačkih procesa. Integralni sistem treba da pokrije komercijalne, tehničke i funkcije planiranja sistema za vodosnabdevanje, i neizbežno se integriše sa SCADA, GIS, ERP i DSS i da omogući koherentost u modernom rešavanju problema sistema za vodosnabdevanje. Integralni sistem podrške odlučivanju treba da bude zasnovan na temeljnom razumevanju poslovnih i inženjerskih procesa.



Slika 4.5 Proces upravljanja sistemom za vodosnabdevanje

Iako postoji širok spektar mogućih specifičnih problema koji su vezani za upravljanje sistemima za vodosnabdevanje i gubicima u njima, izdvojene su tri grupe reprezentativnih problema [57] uključene u prototip sistema:

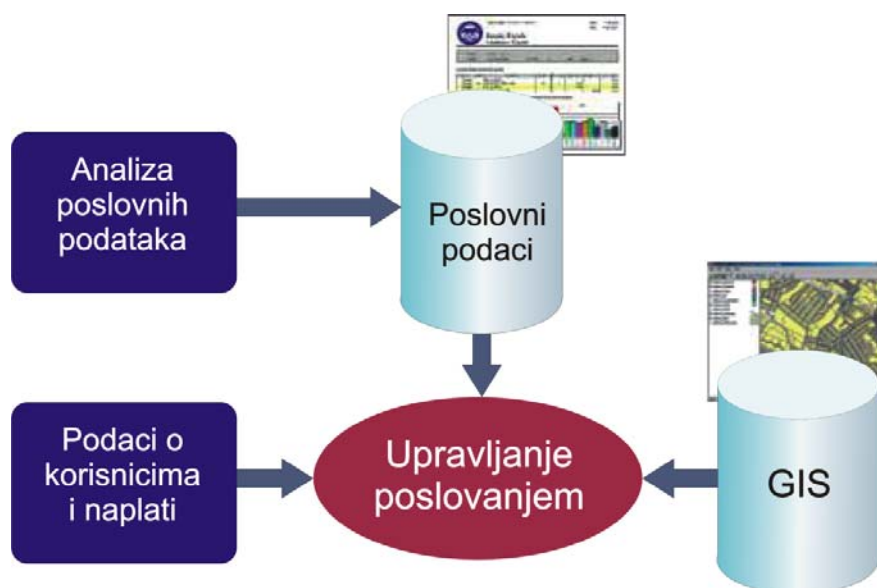
1. Kako poboljšati društveno-ekonomsko korišćenje resursa za vodosnabdevanje (upravljanje poslovanjem);
2. Kako ostvariti upravljanje vodovodnom mrežom, uređajima i objektima na njoj;
3. Kako ostvariti upravljanje potrošnjom i gubicima.



Slika 4.6 Međupovezanost komponenti integralnog upravljanja vodovodnim sistemom

4.3.1.1 Poboljšanje društveno-ekonomskog korišćenja resursa za vodosnabdevanje (upravljanje poslovanjem)

Unapređenje poslovanja obuhvata sve poslovne procese koji su povezani sa upravljanjem prihodima i odnosima sa potrošačima.



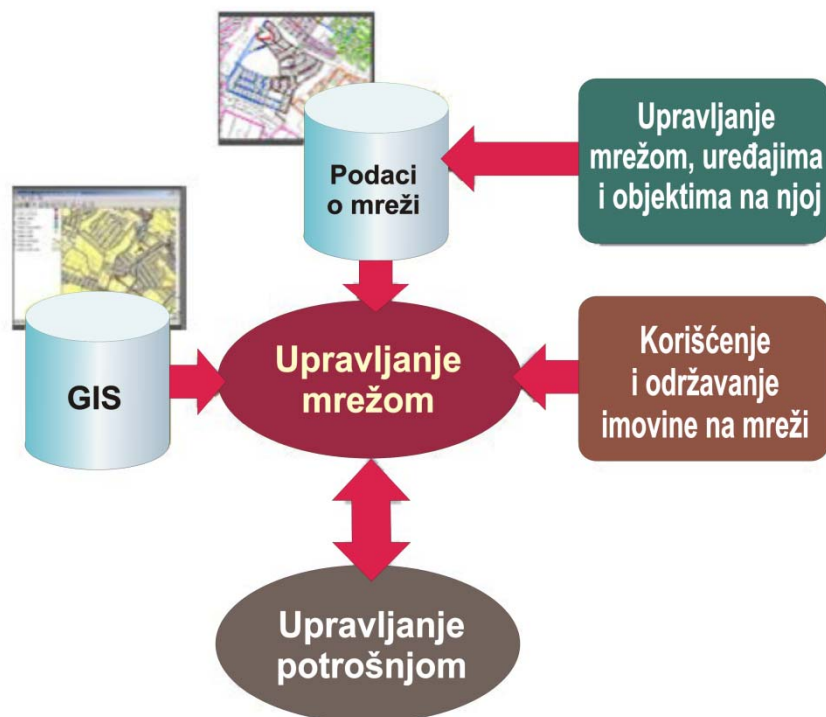
Slika 4.7 Upravljanje poslovanjem sistema za vodosnabdevanje – shematski prikaz

Efikasno upravljanje poslovnim funkcijama preduzeća zahteva korišćenje informacionog sistema koji povezuje upravljanje prihodima i brigu o potrošačima, pokrivajući oba dela, uključujući i čitanje vodomera, usluge prema potrošačima, prodaju, upravljanje dugovanjima i održavanje vodomera:

- Prikupljanje poslovnih podataka: Ukoliko ako ne postoji kompjuterizovan komercijalni program ili ako je onemogućen pristup postojećim podacima o potrošačima i prodaji, javlja se potreba za prikupljanjem podataka;
- Uvođenje informacionog sistema za prodaju vode;
- Analiza poslovnih podataka – procenu pouzdanosti i proveru baze podataka potrošača, posebno usaglasiti ove baze sa stvarnim stanjem na terenu;
- Unapređenje poslovanja - analiza podataka i korišćenje baze rezultira uvođenjem i dodatnih aktivnosti i terenskog rada zbog rešavanja problema kao što su: polomljeni i pokvareni vodomeri, curenja na priključcima, nemerani i nepoznati priključci i problemi naplate dugovanja.

4.3.1.2 Program unapređenja upravljanja vodovodnom mrežom

Unapređenje upravljanja mrežom je povezano sa uslugama snabdevanja vodom zadovoljavajućeg kvaliteta u dovoljnim količinama, sa prihvatljivom cenom i pouzdanošću. Ovi se ciljevi postižu obuhvatanjem svih činioca poslovanja i informacionih sistema, uključujući i upravljanje podacima o elementima mreže, održavanje i funkcionisanje mreže.



Slika 4.8 Upravljanje vodovodnom mrežom – shematski prikaz

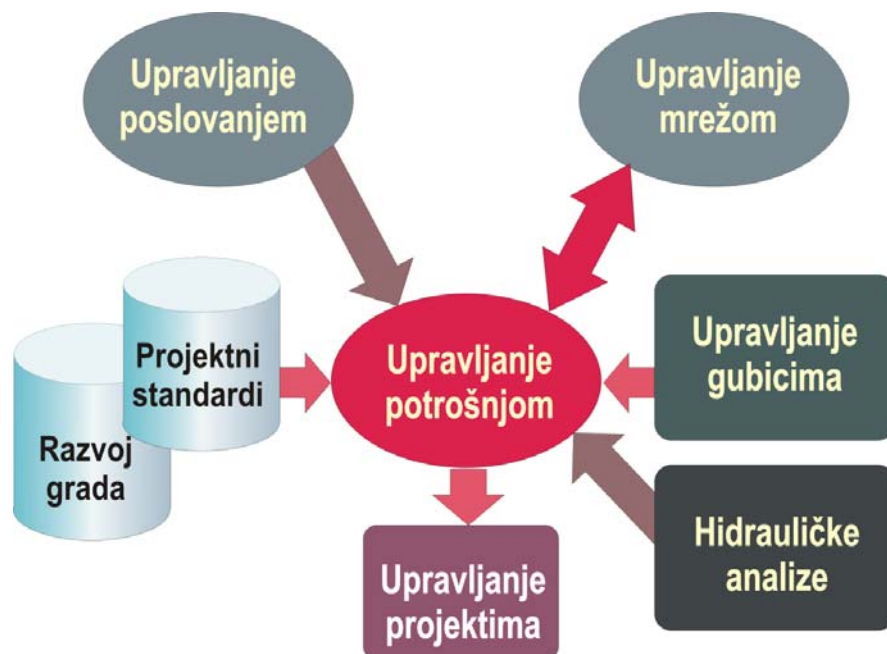
Odluke koje se donose na nivou rukovodstva i inženjera a imaju uticaj na snabdevanje vodom, zavise od ispravnosti i tačnosti izveštaja i statističkih analiza, koji opet zavise od kvaliteta

podataka o mreži; sistem koji je uveden mora da definiše sve elemente mreže i njihove karakteristike, kao što su cevi, crpne stanice, šahtovi sa zatvaračima. Hidrauličke karakteristike elemenata mreže i njihov geografski položaj moraju imati GIS predstavu na način koji će biti primenljiv i za hidrauličke analize i za planiranje održavanja. Program unapređenja funkcionisanja vodovodne mreže podrazumeva sledeće korake:

- Prikupljanje podataka o mreži i prebacivanje podataka u digitalni oblik;
- Uvođenje sistema upravljanja imovinom mreže: uvođenje sistema obuhvata prebacivanje i struktuiranje podataka o mreži, definisanje mernih zona (za bilansiranje) i zona održavanja, korišćenjem automatizovanih funkcija;
- Uveden sistem će, kroz analizu povezanosti elemenata mreže i zona, izdvojiti sumnjive delove mreže i karakteristike, koje treba proveriti na terenu. U najvećem broju slučajeva, terenske ekipe će koristiti instrumente (kao što su detektori cevi);
- Održavanje mreže: posle terenskih provera i analiza podataka o mreži, primeniće se postupak održavanja tih elemenata mreže, kao što su hidranti, zatvarači i fazonerija.

4.3.1.3 Program upravljanja potrošnjom

Tradicionalni način izrade Master planova daje neprimenljiva rešenja u trenutku završetka planova, a u nekim slučajevima investiralo se nepotrebno i planirana je neodgovarajuća distributivna mreža. Uvođenje integrisanog sistema za upravljanje potrošnjom omogućava primenu drugačijeg pristupa koji se zasniva na „živom“ Master planu koji se dinamički automatski ažurira sa realnim podacima trenutne potrošnje i čitanja sa vodomera. Takav dinamički Master plan omogućava rekonstrukciju i dogradnju mreže na optimalan i blagovremen način.



Slika 4.9 Upravljanje potrošnjom – shematski prikaz

Baveći se i poslovnim podacima i podacima o vodovodnoj mreži, uz korišćenje podataka o trenutnom stanju sistema, moguće je i bilansiranje vode u realnom vremenu, što će se odraziti smanjenjem operativnih troškova. Program upravljanja potrošnjom podrazumeva sledeće korake:

- Primena sistema upravljanja potrošnjom - Implementacija i konfigurisanje odgovarajućeg sistema za upravljanje potrošnjom (Demand Management System);
- Uvođenje sistema analize mreže - Implementacija i konfigurisanje sistema za analizu vodovodne mreže;
- Analiza potrošnje i mreže - Rade se različite studije i analize kako bi se proučilo ponašanja sistema, uključujući visinske zone. Definišu se zone potrošnje i zone bilansa radi bilansiranja sistema i upravljanja potrošnjom, analizira se potreba za vodom, dimenzionišu se glavne komponente vodovodne mreže, rade se bilansi i analiza mreže radi određivanja narednih koraka;
- Rekonstrukcija mreže - Rekonstrukcija mreže se sprovodi na osnovu smernica koje su definisane u modulu za upravljanje potrošnjom. Završetak radova na rekonstrukciji mreže podrazumeva i testiranje izolovanosti zona i pritiska;
- Pronalaženje i popravka kvarova - Pronalaženje kvarova se obavlja u tri koraka, gde se u svakom koraku problem lokalizuje u sve manjoj oblasti: (1) kvar je definisan u zoni kroz bilansiranje i analizu rezultata merenja (2) najveći kvarovi su lokalizovani i definisani metodom pritiska, zatvaranje vode i step test (3) kvar se nalazi posmatranjem, korelacijom ili gasnom metodom. Kvar je popravljen, oblast je lokalizovana i radni nalog je kompletiran.

Cilj upravljanja je željeno stanje sistema koje donosioci odluka žele da postignu. Postizanje ciljeva se najčešće meri pomoću kvantitativnih kriterijuma. Za dizajn DSS ciljeva od posebnog značaja je definisanje potrebnih informacija koje bi model trebalo da obezbedi svojim korisnicima.

Jedna od glavnih funkcija DSS-a je da se povežu mere koje se mogu implementirati da bi se rešili identifikovani problemi u skladu sa definisanim ciljevima. Za prototip sistema predlažu se sledeće mere:

- Utvrđivanje bilansa vode na godišnjem nivou u vodovodnom sistemu, prema IWA preporuci;
- Utvrđivanje tehničkih pokazatelja gubitaka vode iz sistema za vodosnabdevanje;
- Hidrauličke analize sistema u zatečenom stanju;
- Zoniranje sistema i uvodjenje mera za merenje i upravljanje potrošnjom i gubicima, iskazivanje potrebe za uvođenjem mernih i kontrolnih uređaja i telemetrije;
- Hidrauličke analize sistema – simulacije rada sistema sa predloženim merama za upravljanje potrošnjom i gubicima;
- Analiza provedenih mera i efekata: upoređenje vrednosti tehničkih pokazatelja u zatečenom i simuliranom stanju, analiza pouzdanosti sistema, ostvarenih efekata uštede resursa.

Predlog perspektivnih mera moći će da formulišu krajnji korisnici, ili tim istraživača koji će raditi na razvoju sistema. Iako je predlog mera preliminaran njihov izbor treba da bude pažljiv. Posebnu pažnju treba obratiti pri analizi mera koje su preskupe ili neprihvatljive iz drugih razloga. Pored toga, treba biti svestan modela i podataka koji su potrebni da bi se analizirale posledice predloženih mera.

4.3.2 Vrste i uloga korisnika sistema podrške odlučivanju

Potencijalni korisnici DSS, kao relativno heterogena grupa, mogu da se razlikuju na dva načina: prvo, prema značaju i funkciji korisnika u donošenju odluka i drugo, sa praktične tačke gledišta, prema iskustvu i uvežbanosti korisnika u radu sa računarskim alatima, što je posebno značajno, posebno sa aspekta informacionog okvira. Što se tiče različitih uloga, mogu se izdvojiti sledeće grupe korisnika:

1. Donosioci odluka i menadžeri vodnih resursa (npr. ministarstva i državne agencije): korišćenje DSS za analizu i balansiranje mogućih alternative;
2. Menadžeri zaduženi za procese planiranja (npr. preduzeća i organizacije koje upravljaju vodnim resursima, vodna udruženja): korišćenje DSS-a za postavljanje ciljeva generalnog planiranja u praksu, definisanjem i izborom realnih mera;
3. Stručni korisnici za pojedine podoblasti koje su u vezi sa vodnim resursima (npr. istraživačke organizacije): manje ili više stalno korišćenje DSS za različite zadatke;
4. Udruženja, javne organizacije, zainteresovane strane (npr. očuvanje prirode, ribarstvo, industrija, poljoprivreda i drugi): korišćenje DSS za definisanje sopstvene pozicije i diskusije sa drugim grupama;
5. Javnost: informacije o mogućim alternativama.

Što se tiče uvežbanosti korisnika u korišćenju informatičkih alata, ona se ne može jasno definisati za navedene grupe korisnika. Iako se manje više može odrediti veza između uloge korisnika i njegovog poznavanja rada na računaru (na primer, iskusni korisnici su najčešće više upoznati sa GIS i modeliranjem nego javnost) realne informatičke kompetencije su uglavnom vezane za pojedinačne sposobnosti korisnika.

4.4 Definisane zahteva

U sistemu vodosnabdevanja postoji veliki broj različitih aktera koji su vezani za korišćenje vodnih resursa sa različitim ciljevima. Svi ovi akteri su i potencijalni korisnici DSS, koji treba zajedno da identifikuju ono što bi želeli da sadrži sistem. Obzirom na različit značaj i funkcije potencijalnih korisnika u donošenju odluka i različito iskustvo i uvežbanost u radu sa računarskim alatima, zahtevi i potrebe korisnika mogu da budu veoma različiti. Zato je neophodno da svi potencijalni korisnici identifikuju sopstvene zahteve, a da zatim sa ostalim korisnicima identifikuju hijerarhiju zahteva i potreba.

Tokom razvoja prototipa, kroz uključivanje zainteresovanih strana u proces kreiranja DSS i nastanak novih ideja i pitanja listu zahteva treba revidovati i eventualno proširiti novim zahtevima.

Na osnovu dosadašnjeg iskustva [26] definisani su polazni zahtevi koje treba da ispuni inicijalni prototip:

- **Relevantnost politike** - odnosi se na način na koji sistem omogućava neposrednu podršku za politiku krajnjeg korisnika, odnosno na to koliko je sistem dobro prilagođen njegovim potrebama, veštinama i metodama rada. Relevantnost politike je takođe važna u odnosu na različite modele i procese koji su zastupljeni u DSS;
- **Istraživačko učenje** - odnosi se na lakoću sa kojom korisnik može da nauči o problemu ili delu problema pomoću DSS-a. Učenje će biti moguće samo ako korisnik

razume uzroke i efekte u sistemu. Dakle, DSS mora da bude transparentan i jednostavan za upotrebu. Unos od strane korisnika treba da dovede do izlaza na način koji omogućava intuitivni osećaj da se uči. Sistem treba da proizvede izlaz koji je poučan i ako je moguće, koncizan: geografski izlaz u obliku mapa, vremenske serije u vidu grafikona, itd. Takođe, korisnički interfejs, treba što je više moguće, da bude uniforman za što veći broj komponenti sistema, a sistem treba da bude što bolje opremljen modelima koji reprezentuju sve procese na istom nivou apstrakcije i detalja;

- **Korisnička orijentisanost** - odnosi se na lakoću sa kojom sistem može da se koristiti od strane krajnjih korisnika. Što manje moguće vreme bi trebalo da bude izgubljeno u izvršavanju zadataka koji nisu neposredno relevantni za problem za koji je sistem razvijen. Sistem će biti korisnički orijentisan, ako je dobro dizajniran sa intuitivnim i uniformnim korisničkim interfejsom koji je kreiran i setovan u skladu sa smernicama koje se odnose na operativni sistem i platformu na kojoj sistem radi;
- **Transparentnost** - odnosi se na preglednost rezultata generisanih od strane sistema, kao i dokumentovanost različitih zadataka izvršenih od strane sistema. Što su više sistem, modeli i alati sistema otvoreniji i dokumentovaniji i izvršavaju svoje zadatke na način koji stvara intuitivan osećaj krajnjem korisniku, sistem će biti transparentniji;
- **Interaktivnost** - odnosi se na lakoću sa kojom krajnji korisnik može da komunicira sa sistemom. Osnovna pitanja koja definišu interaktivnost su: koji procenat zadataka korisnik može sprovesti direktno i preko korisničkog interfejsa bez potrebe da se vraća na druge analitičke instrumente, koji alati su dostupni za podršku korisniku u izvršavanju tih analitičkih poslova u toku sesije, koliko truda je uključeno u sprovođenje zadatka i kakvi manevri su potrebni od strane korisnika, koliko ovakvih aktivnosti može da se uradi na licu mesta, bez potrebe za korišćenjem drugih softvera ili instrumenata;
- **Integracija** - odnosi se na nivo integracije modela i alata postignut u samom sistemu. Različiti modeli u sistemu mogu biti povezani labavo, tesno ili potpuno. Strategija povezivanja modela zavisi od složenosti modela, tj. od broja promenljivih koje se razmenjuju između modela u sistemu. Integracija se odnosi i na način prilagođavanja alata funkcionalnim i analitičkim zahtevima modela;
- **Fleksibilnost** - odnosi se na lakoću sa kojom sistem može biti prilagođen ili menjan za rešavanje ostalih problema u sistemu za vodosnabdevanje, ili za rešavanje sličnih problema u drugom regionu ili u drugom kontekstu;
- **Korektnost** - odnosi se na kvalitet izlaza generisanih od strane sistema. Nivo korektnosti sistema najviše zavisi od kvaliteta modela koji se koriste u sistemu i načina povezivanja ovih modela u jedan integrisani model. Ovo je tesno povezano sa pojmovima neizvesnosti, predvidljivosti, složenosti modeliranog problema, itd. U kontekstu ove analize, na korektnost treba gledati kao na delimični gubitak informacija iz originalnog predstavljanja procesa pomoću modela;
- **Kompletnost** - odnosi se na odnos relevantnih domena procesa koji su generalno predstavljeni modelima i alatima sistema sa dovoljnim stepenom detaljnosti. Kompletnost se razlikuje od nivoa apstrakcije u smislu da kompletan sistem ne treba da se sastoji od modela koji su potpuno spojeni, niti ovi modeli moraju da rade na istom nivou detalja, sa istim vremenskim skalama, istim skupom stanja promenljivih, itd;

- **Nivo apstrakcija** - odnosi se na nivo detalja sa kojim sistemom predstavlja domen odlučivanja. Nivo detalja postignut u sistemu treba da bude odgovarajući i relevantan za vrstu problema koji treba da reši krajnji korisnik. Zavisno od toga da li je krajnji korisnik donosilac odluke ili istraživač, modeli u sistemu treba da budu ocenjeni prema njihovoj relevantnosti za donošenje odluka ili za potrebe istraživanja;
- **Performanse** - odnose se na brzinu kojom sistem, modeli i alati generišu rezultate koji su trenutno relevantni za krajnjeg korisnika. Performanse su relativne u odnosu na platformu i računara, koji su obično na raspolaganju krajnjem korisniku. Za sistem koji radi brzo na standardnom računaru i na široko dostupnim platformama, kao što je na primer Windows, kaže se da je visokih performansi;
- **Cena razvoja** - odnosi se na troškove potrebne da se izgradi i aktivira konačna verzija sistema. Razvojni troškovi uključuju ne samo implementaciju softvera, već i pripremni rad uključen u funkcionalni i tehnički dizajn sistema. Ovo ne uključuje troškove održavanja;
- **Troškovi održavanja** - odnose se na troškove koji su uključeni u održavanje i unapređenje sistema. U troškove održavanja se uključuju i troškovi za prilagođavanje sistema promenljivim potrebama krajnjih korisnika, kao i softverskim i hardverskim standardima;
- **Saradnja** - odnosi se na potencijal za distribuirani razvoj, održavanje i korišćenje sistema;
- **Implementacija (nivo težine)** - odnosi se na tehničke poteškoće koje treba da reše oni koji su uključeni u izgradnju sistema. Ovo uključuje teškoće u praktičnoj realizaciji arhitekture i funkcionalnih komponenti sistema: baze podataka, baze modela, baze alata, korisnički interfejs. Uopšteno govoreći veća težina podrazumeva veći rizik da će se u izgradnji sistema javiti mnoge tehničke i organizacione teškoće.

4.5 Dizajniranje sistema podrške odlučivanju

4.5.1 Izbor tipa sistema podrške odlučivanju

Obzirom na karakter i složenost identifikovanih problema koje treba rešavati u sistemu za upravljanje sistemima za vodosnabdevanje i na njihovu izrazitu prostornu orijentaciju, usvojenih ciljeva i mera, prostorni sistem za podršku odlučivanju prema tipu pripada grupi sistema za podršku odlučivanju baziranih na modelima. Ovaj tip sistema za podršku odlučivanju stavlja akcenat na korišćenje modela u procesu donošenja odluka i treba da sadrži analitičke, računarske alatke, od simulacionih i optimizacionih modela do alata za multi-objektivnu analizu, za formulisanje, analiziranje i rešavanje problema projektovanja, planiranja i upravljanja resursima sistema za vodosnabdevanje.

Upotreba prostornog DSS je značajno porasla u poslednjih nekoliko decenija u svim ljudskim delatnostima, ali još uvek ne postoji univerzalno prihvaćena definicija ovih sistema. Neki autori u prošlosti su, koristeći najjednostavniju perspektivu, okarakterisali prostorni DSS kao informatički alat koji se može koristiti za podršku odlučivanju. Malczewski [26] je definisao prostorni DSS-a kao "interaktivni računarski sistem dizajniran da podrži korisnika ili grupe korisnika u postizanju veće efikasnosti donošenja odluka, dok rešavanju polu-strukturirane prostorne probleme odlučivanja". Densham navodi da su prostorni DSS " dizajnirani da

eksplicitno pruže korisnicima odlučivanja okruženje koje omogućava da se analiza geografskih informacija sprovede na fleksibilan način". Leipnik et al. [26] definisali su prostorni DSS-a kao "integrisano okruženje, koje koristi baze podataka, prostorne i neprostorne modele, alate za podršku odlučivanju kao što su statistički paketi, optimizacioni paketi, ekspertski sistemi, kao i poboljšanu grafiku da ponudi donosiocima odluka novu paradigmu za analizu i rešavanje problema".

U suštini, informacioni sistem za podršku integralnom upravljanju sistemom za vodosnabdevanje treba da bude integrisani računarski sistem koji podržava donosiocima odluka u rešavanju delimično strukturiranih ili nestruktuiranih prostornih problema na interaktivan i iterativan način sa funkcijama za manipulaciju prostornim i neprostornim bazama podataka, sposobnostima analitičkog modeliranja, podrškom odlučivanju kao što je analiza alternativa i scenarija i efikasnom prezentacijom podataka i informacija.

4.5.2 Osobine sistema podrške odlučivanju

Iako navedene definicije i funkcije prenose opštu ideja o prirodi prostornog DSS-a, neophodno je da se definišu one osobine koje jedan sistem kvalifikuju kao prostorni DSS i koje on mora da ima (Slika 4.10).

Kemp [26] navodi da su prostorni DSS sistemi koji kombinuju analitičke alate sa funkcijama koje su na raspolaganju u GIS-u, kao i modele za procenu različitih opcija. On takođe pominje prisustvo višekriterijumskih evaluacionih tehnika za analizu opcija odlučivanja i analizu osetljivosti za testiranje robusnosti odluke. Goel [26] razmatra brojne osobine koje karakterišu prostorne DSS sisteme: dizajnirani su tako da reše slabo strukturane probleme, imaju korisnički interfejs, sposobni su za fleksibilno kombinovanje modela i podataka, sadrže alate koji pomažu korisnicima da istražuju rešenja u prostoru mogućih rešenja/alternativa i mogu da obezbede interaktivna i rekursivna rešavanja problema životne sredine.



Slika 4.10 Karakteristike prostornog DSS

GIS pruža mogućnosti modeliranja, ali one obično nisu dovoljne ili se ne mogu direktno primeniti na nestrukturirane prostorne probleme odlučivanja. GIS je u stanju da omogući prostorno istraživanje različitih prostornih problema, ali obično nema dovoljnu fleksibilnost

za interaktivno i rekurzivno rešavanje problema. Pored toga, GIS softver je razvijen za prostorne probleme, ali često složeni problemi odlučivanja uključuju i prostorne i neprostorne aspekte. Prostorni DSS mora da zadovolji sve zastupljene probleme u oblasti integralnog upravljanja vodnim resursima i da omogući korisniku da uključi ne samo geografske podatke već i da obezbedi strukturu i funkcije za rešavanje logičkih problema. Tako, na primer, za rešavanje problema upravljanja gubicima vode u sistemu, prostorni podaci i GIS funkcije su korisni i neophodni, ali se i ostali aspekti (kao što su na primer troškovi pokretanja najbolje prakse upravljanja, mogućnost primene novih i skupljih tehnoloških rešenja, kao i projektovani budući razvoj) moraju uzeti u obzir. Ukratko, prostorni DSS mora biti izgrađen da bude fleksibilan kako bi se prilagodio različitim zahtevima i ograničenjima i omogućio efikasnu interakciju korisnika u iterativnom rešavanju problema upravljanja vodovodnim sistemima. Da bi ispunio ove zahteve, softver treba razviti za jednostavno korišćenje grafičkog korisničkog interfejsa i za funkcionalno prostorno upravljanje bazama podataka i analize, modeliranje, evaluacije scenarija, vizuelizni prikaz preko mapa, grafikona, tabela i generisanje izveštaja.

4.6 Arhitektura sistema podrške odlučivanju

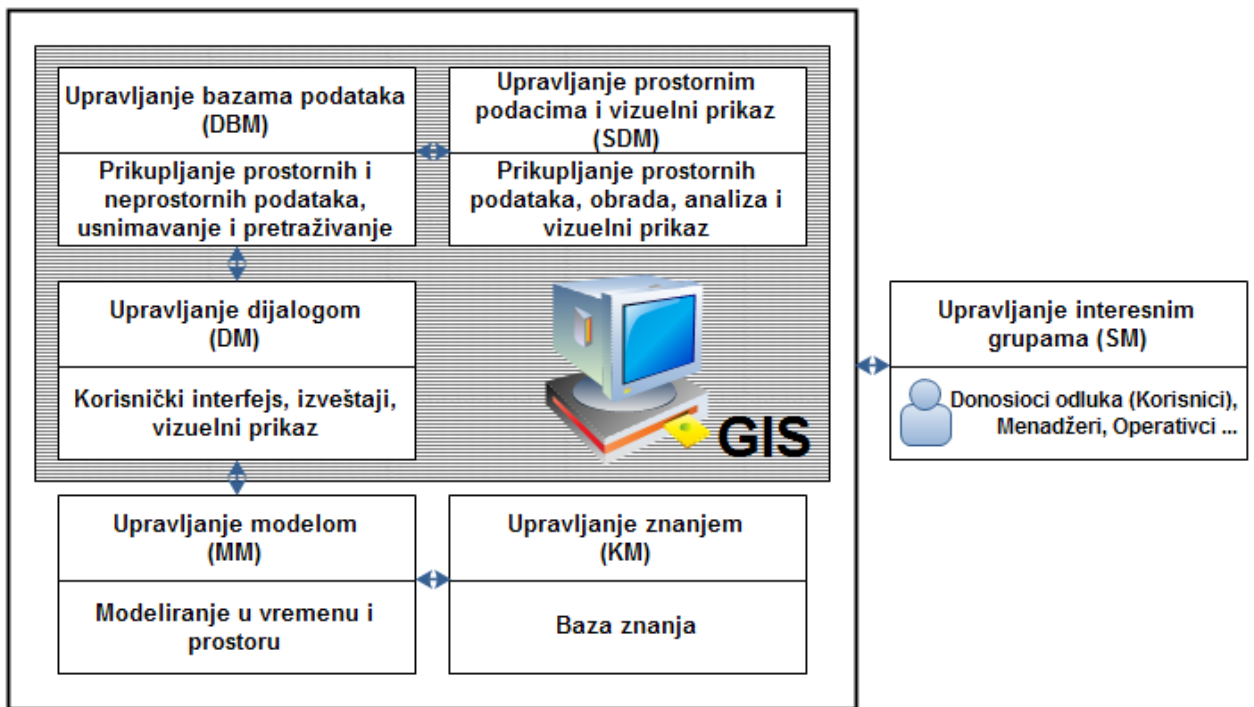
Sisteme za podršku odlučivanju karakteriše širok spektar različitih pristupa, područja primene, razvojnih tehnika, tehnologija, kao i složenosti softverskih konfiguracija.

Opšti cilj prostornog DSS je da obezbedi integrisani skup fleksibilnih mogućnosti za donošenje odluka za rešavanje slabo struktuiranih ili nestruktuiranih prostornih problema. Prostorni sistem za podršku odlučivanju treba da bude dizajniran tako da omogući laku upotrebu, fleksibilnost korišćenja i laku adaptaciju, podršku analitičkim metodama i rešavanje problema kroz prezentaciju niza alternativa. U cilju postizanja ovih karakteristika svaki DSS treba da poseduje nekoliko zajedničkih komponenti. Ovo uključuje baze podataka, prostorno eksplicitne modele, korisnički interfejs, vizuelizaciju i mogućnosti izveštavanja, i alternativno, oblast primene znanja.

4.6.1 Komponente prostornog DSS-a

Na najosnovnijem nivou, postoje tri glavne komponente DSS-a: baza podataka, model i korisnički interfejs. Međutim, broj i opis komponenti prema različitim autorima varira. Na primer, Lolonis (1990) and Malczewski (1999) definišu tri komponente - upravljanje bazama podataka, upravljanje bazom modela, upravljanje dijalogom, dok Densham and Goodchild (1989) definišu četiri komponente - sistem za upravljanje bazama podataka, analitičke procedure, generator prikaza i izveštaja, kao i korisnički interfejs.

Armstrong and Densham (1990) pominju sistem upravljanje bazama podataka (DBMS), bazu modela, generator prikaza, generator izveštaja i korisnički interfejs, kao pet komponenti, a Gao et all. (2004) prijavljuju šest komponentata: podaci, modeli, algoritmi za rešavanje, vizuelizacija, scenariji i znanje. Iako broj komponentata varira od autora do autora, identifikovano je šest osnovnih komponenti (Slika 4.11).



Slika 4.11 Komponente prostornog DSS

Osnove postavke DSS uključuju sledeće komponente:

1. Komponenta za upravljanje i vizuelizaciju prostornih podataka (SDMC),
2. Komponenta za upravljanje bazama podataka (DBMC),
3. Komponenta za upravljanje modelima (MMC),
4. Komponenta za upravljanje znanjem (KC),
5. Komponenta za upravljanja dijalogom (DMC), i
6. Komponenta za upravljanje interesnim grupama (SC).

Kod savremenih prostornih DSS softver GIS predstavlja srž sistema i osim svoje osnovne funkcije prikupljanja, obrade i analize prostornih podataka i vizuelizacije ispunjava ulogu upravljanja bazama podataka i upravljanja dijalogom.

4.6.2 Komponenta za upravljanje i vizuelizaciju prostornih podataka

Postoji mnogo različitih metoda za dobijanje ili prikupljanje digitalnih prostornih podataka, kao i mnoge nove metode koje su evoluirale sa tehnološkim napretkom. Pri izradi prostornih baza podataka za različite projekte mogu se koristiti primarni i sekundarni izvori. Primarnim izvorima podataka se smatraju oni koji su kreirani od strane programera baze podataka, a sekundarnim podacima se smatraju podaci koji su kreirani od strane drugih organizacija (primarni podaci za njih), ali mogu biti uključeni u dati projekat ili bazu podataka.

Proces prikupljanja podataka je jedan od najznačajnijih sa aspekta vremena, u svakom prostornom procesu donošenja odluka i zahteva značajne vremenske resurse.

Osnovni podaci se mogu obezbediti uz pomoć više različitih metoda. Jedan od osnovnih metoda je prevođenje papirnih mapa u digitalne podatke ručnom digitalizacijom.

Digitalizacija pomoću digitalne table je metod koji je široko korišćen i nastavlja da se koristi od strane privatnih i vladinih organizacija za konvertovanje velikog broja papirnih mapa u digitalne podatke. U razvijenim zemljama, veliki deo ovog posla je urađen 1980-ih i 1990-ih. Konvertovanje papirnih mapa ili fotografija u digitalne podatke može se izvršiti i skeniranjem i skladištenjem mape ili fotografije kao digitalne slike. Ova digitalna slika se može referencirati u realnim koordinatama pomoću GIS i drugih prostornih softvera. Ovi podaci zatim se mogu vizuelno predstaviti u GIS i drugim softverima i mogu se koristiti za kreiranje izvedenog skupa prostornih podataka. Jedna od uobičajenih operacija je da se skenirane i registrovane karte koriste za kreiranje vektorskih sadržaja.

Drugi metod za stvaranje digitalnih prostornih podataka jeste obavljanje terenskih istraživanja korišćenjem sistema za globalno pozicioniranje (Global Positioning Systems - GPS). GPS koristi konstelaciju satelita u svemiru koji emituju informacije na osnovu kojih ručni GPS prijemnik na terenu može da sračuna stvarnu poziciju. Sofisticirani GPS hardveri i softveri su razvijeni kako bi se olakšalo prikupljanje prostornih podataka na terenu i lako i brzo ugrađivanje u GIS softver. Tačkasti, linijski i poligoni sadržaji mogu biti prikupljeni sa GPS jedinica i lako inkorporirani u GIS baze podataka. Tačnost GPS jedinica znatno je poboljšana, i u zavisnosti od sofisticiranosti jedinice, može se ostvariti tačnost reda veličine nekoliko centimetara.

Uobičajena metoda za kreiranje prostornih podataka je automatizovana obrada slika u daljinskoj detekciji. Ove slike se najčešće prikupljaju putem satelita ili aviona na bazi senzora koji beleže reflektovanu ili emitovanu energiju duž elektromagnetskog spektra. Postoji mnogo provajdera slika u daljinskoj detekciji na čelu sa USA nacionalnim institucijama (na primer, NASA), kao i neki komercijalni provajderi (npr., GeoEye). Digitalne slike pod uslovom ovih organizacija se mogu koristiti za svrhe vizuelizacije, ali takođe mogu biti korišćene za izvođenje korisnih prostornih podataka. Mnoge automatizovane aplikacije za obradu slika su specijalno razvijene za pomoć analitičarima daljinske detekcije. Softveri kao što su IDRISI, Erdas Imagine, ENVI, ER Mapper, PCI i drugi mogu da se koriste za obradu slika i izvlačenje prostornih informacija o infrastrukturnim sistemima, vegetaciji, geologiji, zemljištu, naseljenosti, kvalitetu vazduha, kvalitetu vode, klimi, korišćenju zemljišta, katastrofama, kao i mnogim drugim fenomenima. Proces od sirove satelitske slike do namenski izvedenog prostornog podatka zahteva značajne napore i ekspertizu, čak i sa upotrebom softvera za obradu slike. Prostorna i radiometrijska (karakteristike elektromagnetnog spektra) rezolucija, frekvencija, troškovi i drugi atributi različitih slika u daljinskoj detekciji diktiraju koji bi tip slike bio koristan za rešavanje određenih prostornih problema.

Pored toga, postoje i mnogi distributeri prostornih podataka u različitim formatima od kojih se mogu dobiti prostorni podaci. Neke grupe prostornih podataka su besplatne, dok su druge komercijalne.

Ogroman broj prostornih operacija može se obavljati na vektorskim i rasterskim podacima. Ove operacije se mogu kombinovati za kreiranje nizova operacija koje se mogu smatrati modelskim operacijama.

Postoji niz GIS paketa na raspolaganju koji se razlikuju po svojim funkcijama i algoritmima koje koriste za obradu i analizu prostornih podataka. Ipak, neke osnovne funkcije su uključene u većinu softvera. Pored toga, specijalizovane funkcije razvijaju se kao proširenja osnovnog GIS softverskog paketa, bilo kao deo GIS originalnog programa ili kao nezavisni dodaci. Specifična disciplina ili oblast istraživanja u kojoj se GIS softver primenjuje diktira vrstu potrebnih operacija.

Jedan od najmoćnijih aspekata GIS-a je mogućnost za skladištenje, ne samo geometrijskih svojstva geografskih sadržaja, već i atributnih informacija u vezi sa tim svojstvima. GIS softver ima specijalizovane funkcije za različite prikaze pojedinih prostornih sadržaja u određenom sloju na osnovu atributa koji se čuvaju u tabeli atributa sloja. Svojstva atributa mogu biti predstavljena kategorički ili kvantitativno zavisno od tipa atributa. Postoji mnogo vrsta vektorskih karakteristika koje se mogu pridružiti kategoričkim atributima kako bi se ostvarila smisljena simbolizacija. Na primer, vodovodna mreža se može simbolično prikazati na osnovu veličine cevi, ili vlasništvo nad parcelom zemljišta može se simbolično prikazati na osnovu tipa vlasništva (na primer, komercijalno, stambeno, industrijsko). Raster podaci mogu takođe biti prikazani simbolično na osnovu kategorija koje pokazuju na primer podatke o načinu korišćenja zemljišta. Numerički podaci mogu biti predstavljeni kategorički ako imaju ograničen broj vrednosti. Međutim, ako postoji mnogo jedinstvenih numeričkih vrednosti, bolje je da se koriste različite klasifikacione metode koje su dostupne u GIS softveru za smislenu segmentaciju podataka u skup klasa. Korisnik može da podesi granice klasa ili to može da uradi GIS softver automatski pomoću statističkih tehnika.

Slojevi vektorskog sadržaja (tačka, linija i poligon) mogu simbolično da koriste ove tehnike ako sadrže numeričke atribute, a boja ili veličina simbola u klasifikaciji može da se menja prema željama korisnika.

Kartografske funkcije GIS softvera mogu da se koriste za proizvodnju jednostavnih ili složenih mapa, koje onda mogu biti izvezene u različite digitalne formate slika za laku distribuciju ili štampanje kao papirne kopije mapa različitih veličina u zavisnosti od hardvera korisnika. Komponente karte, kao što su naslovi, legende, grafikoni, tabele, slike i druge karakteristike, mogu da se dodaju na mape u GIS softveru. Neki GIS softveri obezbeđuju šablone karata sa ciljem da se olakša korisniku kartografski proces. Ovi programi omogućavaju korisniku da sačuva prilagođene korisničke šablone, kako bi se olakšala proizvodnja sličnih serija mapa.

Kartografska fleksibilnost i funkcije dostupne u većini savremenih GIS softvera obezbeđuju značajne mogućnosti korisniku da proizvodi mape različitog stepena kvaliteta. Sa druge strane od GIS korisnika se očekuje da nauči bar osnove kartografske proizvodnje sa ciljem da proizvede korisne i kvalitetne mape.

4.6.3 Komponenta za upravljanje bazama podataka

Komponenta upravljanja bazama podataka (DBMS) je deo sistema koji je zadužen za aktivnosti korišćenja i održavanja podataka. DBMS se javlja kao posrednik između podataka i drugih komponenti, kao i direktno između podataka i korisnika i zadužen je za transformaciju podataka u oblik koji odgovara ostalim komponentama ili krajnjem korisniku i njegovim potrebama.

Kod savremenih prostornih DSS ulogu upravljanja bazama podataka ispunjava GIS softver. Ono šta čini GIS veoma moćnim je mogućnost eksplicitnog rukovanja prostornim podacima, kao i velikom količinom neprostornih informacija koje su direktno ili indirektno u vezi sa prostornim sadržajima.

Informacije u direktnoj vezi sa prostornim sadržajima nazivaju se atributi. Veliki broj karakteristika bilo kog vektorskog sadržaja može da se evidentira u tabeli atributa klase vektorskog sadržaja. Postoje različiti načini za skladištenje prostornih i atributnih podataka i

to: skladištenje i jednih i drugih u isti fajl, skladištenje u posebnim datotekama ili bazama podataka i skladištenje u jednoj relacionoj bazi podataka. Prednost prvog načina skladištenja podataka je mogućnost brzog pretraživanja, ali sa povećanjem količine podataka ovaj način postaje manje efikasan. Drugi način je prostorne podatke skladištiti u jednu datoteku, dok se atributni podaci čuvaju u posebnoj datoteci, a identifikator sadržaja omogućava povezivanje. Tako na primer u ESRI shapefile formatu, geometrijski podaci su uskladišteni u SHP fajlu, a atributni podaci se čuvaju u DBF (dBase format) fajlu. Slično tome kod MapInfo TAB formata u .MAP datoteci se čuvaju geometrijski podaci, a u .DAT datoteci atributni podaci. Relacione baze podataka skladište geometrijske informacije u tabelu, koja je u relaciji sa srodnim tabelama koje sadrže atributne podatke.

Za razliku od ravne strukture datoteke, relacione baze podataka organizuju informacije u tabelama koje čuvaju ključeve, koji se koriste za definisanje odnosa između raznih tabela. Prednost ovog načina skladištenja podataka je u tome što je zasnovan na standardnim tehnologijama, što omogućava lak prenos i jednostavnost korišćenjem tehnologija kao što Structured Query Language (SQL). Bez obzira na tehnike čuvanja, GIS softveri mogu da obavljaju različite aktivnosti na osnovu geometrije i atributnih podataka.

U principu, GIS softver sadrži funkcije za dodavanje novih polja i njihovo popunjavanje novim vrednostima korišćenjem numeričkih, tekst ili datumskih tipova podataka ili funkcija. Na primer, u ArcGIS softveru, numerički (long integer, short integer, float, double), tekst, datum, veliki binarni objekti (BLOB, koriste se za čuvanje objekata kao što su slike, audio ili multimedijalni objekti) tipovi polja se mogu dodati u atributnu tabelu.

Osim rukovanja atributnim tabelama, većina GIS softvera može da čita i radi sa samostalnim tabelama koje nemaju prostorne podatke. Format ovih tabela zavisi od softvera, ali uključuje dBase, Excel, tekst, DAT i druge datoteke. One se smatraju ravnim fajlovima po tome što su jednostavna kolekcija evidencija polja, koja se koriste za skladištenje identičnih tipova podataka u svakom redu. Prednosti korišćenja ravnih datoteka uključuju jednostavnost i brzinu u preuzimanju.

4.6.4 Komponenta upravljanja modelima

Komponenta upravljanja modelima (Model Management Component - MMC), u okviru DSS pomaže u upravljanju, izvršavanju i integrisanju različitih modela. Modeliranje može biti veoma koristan alat za podršku odlučivanju, kao sredstvo za istraživanje prognoza ishoda različitih scenarija i za razvoj integrisanih okvira za upravljanje. Takvi okviri integrišu odgovore postojećih modela, podatke i znanje i zaposlene na regionalnom nivou, što je u skladu sa savremenim pristupima upravljanja na sistemu za vodosnabdevanje. Oni mogu biti moćna podrška u procesu donošenju odluka. Važan aspekt okvira je interdisciplinarno okupljanje zainteresovanih strana u cilju optimizacije korišćenja znanja, predlaganja realnih ishoda, kao i efikasnijeg donošenja odluka.

4.6.5 Komponenta upravljanja znanjem

Svrha komponente upravljanja znanjem (Knowledge Management System - KMS) je da obezbedi stručno znanje koje može pomoći korisnicima u pronalaženju rešenja za određeni problem, ili da obezbedi uputstva za nove korisnike o ukupnom procesu donošenja odluka o

izboru modela. Sistemi upravljanja znanjem su kompjuterski programi koji manipulišu bazama znanja za rešavanje problema. Baza znanja obično kodira skup pravila koja se koriste za ponavljanje procesa donošenja odluka od strane ljudi. Softver baziran na korišćenju znanja obično se sastoji od baze znanja, generatora zaključivanja i korisničkog interfejsa. Baza znanja se sastoji od specifičnih činjenica vezanih i pravila baziranih na znanju, koje koristi generator zaključivanja. Generator zaključivanja koristi neke programirane logike za donošenje odluka na osnovu tih pravila i činjenica. Korisnički interfejs obezbeđuje vezu između korisnika, baza znanja, kao i generatora zaključivanja.

Pri razvoju baza znanja, znanje mora da se usvoji od eksperata i transformiše u skup pravila i činjenica. Tako formirane baze znanja u procesu predlaganja odluka analizira generator zaključivanja i donosi zaključke u procesu odlučivanja.

Zhu et al. razbija baze znanja u pet generalnih kategorija: domen znanja, modelsko znanje, uslužni program znanja, metapodaci i proces znanja. Modelsko znanje i njegovi primeri, uključuju opise modela, pravila za izbor odgovarajućih modela i određivanje vrednosti relevantnih parametara. Uslužni program znanja pruža korisnicima informacije o raspoloživim alatima. Metapodaci obezbeđuju informacije o korišćenim podacima, a proces znanja se koristi kao vodič za uspešnu primenu koraka u vođenju DSS. Obzirom da se rešavanje problema upravljanja gubicima u vodovodnim sistemima oslanja na primenu velikog broja različitih simulacionih i optimizacionih modela, preporučuje se da komponenta upravljanja znanjem bude ovako strukturno definisana.

Za korišćenje sistema baziranih na znanju moraju biti ispunjeni određeni uslovi, pre svega da znanje mora biti specijalizovano i zasnovano na istinskom ekspertskom inputu i da zadaci koje treba rešiti primenom komponente upravljanja znanjem nisu trivijalni ili previše komplikovani.

Postoje brojni komercijalni, slobodni i open source sistemi baza znanja koji se mogu koristiti kao osnova za razvoj sistema zasnovanih na znanju. Na primer, neke od slobodnih razvojnih ljuski baziranih na znanju su CLIPS (C Language Interface Production System), JLisa, Mandarex i TyRuBa, a neke od značajnijih komercijalnih razvojnih ljuski su Jess, EXSYS, Teknowledge, OpenRules i Gemsym.

4.6.6 Komponenta upravljanja dijalogom

Ključ svakog uspešnog sistema za podršku odlučivanju je razvoj efikasnih mehanizama za interakciju korisnika sa softverskim komponentama. Ovi mehanizmi se nazivaju komponenta upravljanja dijalogom (Dialog Management Component - DMC). DMC obezbeđuje interfejs između korisnika i ostalih komponenata DSS. On obezbeđuje mehanizme kojim se podaci i informacije unose u sistem od strane korisnika i izlaz iz sistema prema korisniku.

Proces donošenja odluka u upravljanju sistemima za vodosnabdevanje uključuje iterativno, interaktivno, participativno učešće donosioca odluka ili krajnjih korisnika. Komponenta korisničkog interfejsa DSS treba da pruži ovakvu funkcionalnost i da deluje kao kanal kroz koji se korisnik povezuje sa računarskim sistemom, da bi generisao i uporedio različita rešenja problema i da bi video potencijalne ishode definisanih alternativa odlučivanja.

Važnost korisničkog interfejsa je stekla veliku pažnju u poslednje dve decenija, uglavnom zbog toga što je došlo do saznanja da je upotrebljivost ključ za uspeh bilo kojeg softverskog proizvoda. Može biti izgrađen napredni DSS da bi se rešavali složeni problemi odlučivanja, ali ako korisnički interfejs ne omogućava lako korišćenje, postoji velika mogućnost za neuspeh

takvog sistema. Uspešno prihvatanje DSS u velikoj meri zavisi od sposobnosti korisnika da uspešno i efikasno komunicira sa interfejsom softvera. Razvoj intuitivnijeg i korisnički orijentisanog interfejsa preko različitih platformi (desktop, web, itd.) dovodi do uključivanja većeg broja korisnika i donosioca odluka u primenu softverskih komponenata DSS.

Prilikom dizajniranja efikasnog korisničkog interfejsa treba uzeti u obzir sledeće važne karakteristike:

- **pristupačnost**, znači da intuitivan korisnički interfejs treba da olakša primenu DSS novim korisnicima,
- **fleksibilnost**, predstavlja sposobnost da se sistem oporavi od neželjene ili pogrešne akcije,
- **interaktivnost**, omogućava efikasan dvosmerni protok informacija između korisnika i samog sistema,
- **ergonomski raspored**, podrazumeva efikasnu komunikaciju između korisnika i sistema,
- **procesno orijentisana funkcionalnost**, omogućava korisniku da jasno razume predstojeće i dovršene zadatke.

Sve ove karakteristike mogu biti ispunjene pažljivim planiranjem u skladu sa zahtevima korisnika, temeljnim dokumentovanjem i komentarisanjem softverskog koda i značajnim softverskim testiranjem od strane potencijalnih korisnika, uz napomenu da dizajn korisničkog interfejsa u velikoj meri zavisi od složenosti aplikacije.

Brojne savremene tehnologije će verovatno doprineti adaptaciji interfejsa prostornog DSS različitim situacijama prostornog odlučivanja. Interaktivne tehnologije kao što su Microsoft Surface ili GeoWall obezbeđuju alate za intuitivniji pristup za prostorna istraživanja i saradnju. Microsoft Surface je tehnologija koja omogućava većem broju korisnika zajedničku i istovremenu interakciju sa podacima i međusobno (Microsoft 2009). GeoWall tehnologije imaju misiju da prošire naučne vizualizacione alate za istraživanja i obrazovne svrhe (GeoWall 2009).

Kontinualni napredak i poboljšanja u razvoju korisničkog interfejsa preko hardverskih i softverskih podešavanja, u budućnosti će svakako doprineti da ove aplikacije postanu još rasprostranjenije.

4.6.7 Komponenta za upravljanje interesnim grupama

Važan aspekt sistema odlučivanja o kome se tradicionalno nije izričito raspravljalo u DSS literaturi, jeste uloga interesnih grupa i donosioca odluka. U situacijama odlučivanja u integralnom upravljanju sistemima za vodosnabdevanje postoji širok spektar pojedinaca i organizacija koji bi mogli da imaju učešće u potencijalnim ishodima.

Različiti učesnici funkcionišu sa različitim ulogama u dizajnu, razvoju, implementaciji i korišćenju DSS. Generalne kategorije učesnika u situacijama kada se DSS primenjuje uključuju donosioca odluke ili krajnjeg korisnika, analitičara, stručnjaka za razvoj i eksperta.

Iako su ove četiri uloge odvojene u korišćenju DSS-a, često postoje situacije u kojima se jedan pojedinac može javiti u više od jedne uloge u zavisnosti od prirode i veličine problema koji treba rešiti, kao i nivoa stručnosti.

S obzirom na složenu i multidisciplinarnu prirodu odluka u mnogim problemima upravljanja vodnim resursima u kojima se koristi DSS, nije iznenađujuće što sposobnost za uspešno upravljanje interakcijama različitih učesnika igra ključnu ulogu u uspehu DSS aplikacije.

Često je to teško uraditi zbog logističkih ograničenja. Međutim, sa razvojem mrežnih i komunikacionih sposobnosti, logistička ograničenja mogu biti lakše prevaziđena. Tako, jedna od najvažnijih lekcija naučenih u razvoju prostornog DSS je potreba ranog i čestog učešća krajnjih korisnika u koncepciji, razvoju, testiranju i finalnoj upotrebi prostornog DSS.

Uspešna primena DSS zavisi od uključivanja zainteresovanih strana u njihov dizajn, razvoj i korišćenje. Iskustvo pokazuje da su najvažniji razlozi za neprihvatanje sistema za podršku odlučivanju ograničeno uključivanje korisnika u fazi razvoja, značajno potrebno vreme za korišćenje, prevelika složenost i previše neizvesnosti u izlaznim rezultatima. Zbog toga bi sistematsko ispitivanje potreba potencijalnih korisnika i zainteresovanih strana trebalo da prethodi razvoju softvera. Dakle, značajnu pažnju treba posvetiti pažljivom planiranju razvoja DSS, koje treba da se zasniva na komunikaciji između programera, analitičara, eksperata i donosioca odluka ili korisnika. Definisane potrebe korisnika u fazi planiranja može značajno da pomogne u ublažavanju/uklanjanju navedenih problema.

4.7 Inicijalni prototip softvera sistema podrške odlučivanju

Inicijalni prototip softvera sistema podrške odlučivanju, čiji je kocept urađen i napredan razvoj u toku, koncipiran je kao desktop aplikacija. Osnovni ciljevi njegovog razvoja su: da bude uopšten, baziran na modelima, fleksibilan, ne bude skup i da pruža široku podršku za grafičko modeliranje i prilagođavanje od strane krajnjeg korisnika. U softver će u kompletiranoj verziji tokom daljeg razvoja i održavanja biti uključen veliki skup simulacionih i optimizacionih modela i alata za podršku odlučivanju. Široke mogućnosti za grafičko modeliranje treba da omoguće visok stepen učešća krajnjeg korisnika. Prototip takođe treba da omogući agregaciju i rangiranje alternativa, skladištenje i organizovanje scenarija, kao i analize osetljivosti.

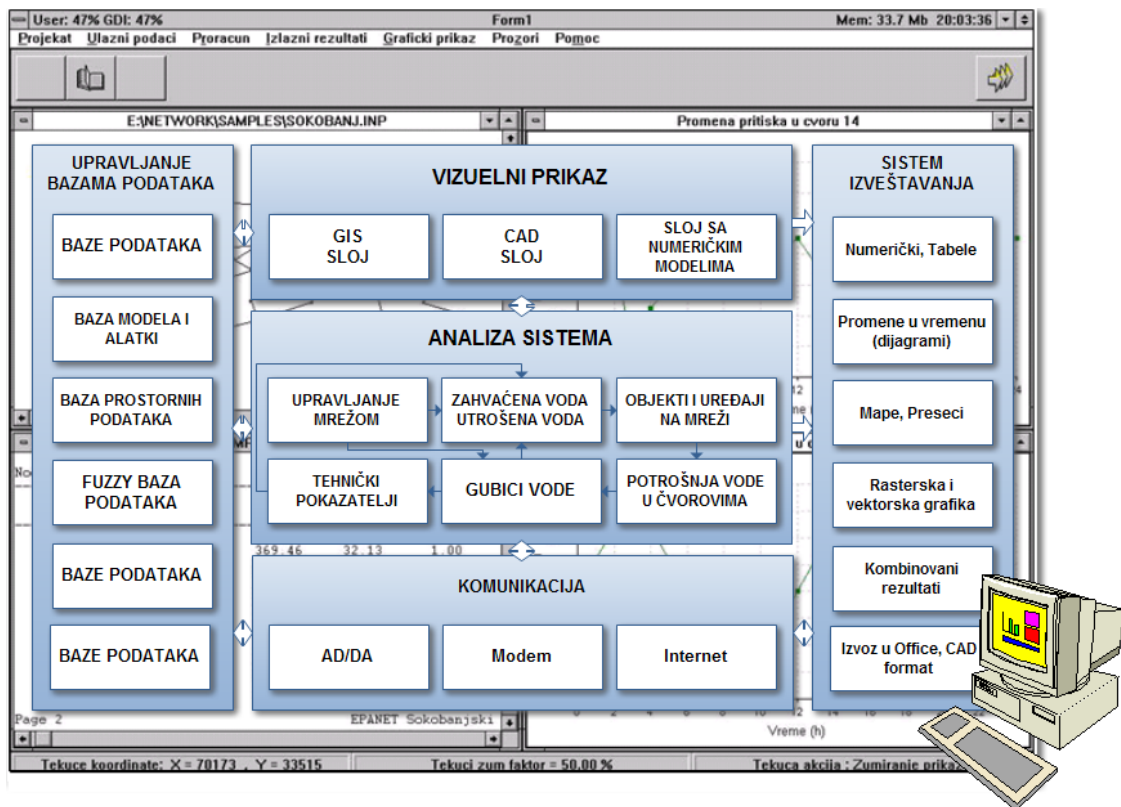
Prototip softvera je jednostavan za rad, u potpunosti korisnički orijentisan i obezbeđivaće jednostavnu komunikaciju između sistema i korisnika, dobru kontrolu ulaza i izlaza i kvalitetnu interpretaciju rezultata, što će omogućiti znatno proširenje kruga korisnika (stručni i naučni radnici, donosioci odluka, itd.) koji ga mogu koristiti.

Ovako koncipiran softver sistema podrške odlučivanju moći će se uspešno primenjivati kako u fazi projektovanja, tako i kasnije u fazi operativnog upravljanja, za definisanje rešenja koja tehnički i finansijski odgovaraju potrebama korisnika sistema za vodosnabdevanje.

4.7.1 Modularna arhitektura prototipa softvera

Prototip softvera prostornog DSS generalno sadrži pet modula (Slika 4.12), koji su međusobno povezani i predstavljaju celinu i to:

- baze podataka koje sadrže sirove i obrađene podatke domena i oblasti koja se proučava;
- vizuelizacija podataka i informacija;
- kreiranje izveštaja;
- sistemska analiza;
- komunikacije.



Slika 4.12 Modularna arhitektura prototipa softvera prostornog DSS

Korisnički interfejs dinamički povezuje module i omogućava jednostavnu interakciju između korisnika i sistema. U toku rada moduli se mogu po želji isključivati ili ponovo priključivati sistemu, što obezbeđuje univerzalnost i fleksibilnost sistema i mogućnost prilagođavanja različitim uslovima i potrebama korisnika. Moduli se mogu koristiti pojedinačno za izvršenje pojedinih funkcija sistema (na pr. aplikacija za rad sa bazama podataka, rad kao CAD aplikacija itd.) ili u kombinaciji više proizvoljnih modula (napr. radi kao GIS aplikacija, prikupljanje podataka sa udaljenih mernih stanica tj. SCADA, itd.) ali sve mogućnosti i prednosti sistema dolaze do izražaja tek pri njihovoj zajedničkoj primeni u sistemu.

Neki od ovih elemenata, imaju široku definiciju (na primer, podatak može da predstavlja prostorni skup podataka ili broj, model može biti samostalni izvršni fajl ili zajednička funkciju iz biblioteke softvera, scenario se dobija kao fleksibilna kombinacija podataka, modela, kao i interakcije između njih itd.).

4.7.1.1 Korisnički interfejs

Sistem za podršku odlučivanju namenjen je za podršku donošenju odluka na visokom nivou za rešavanje loše strukturiranih problema. Korisnički interfejs je sredstvo interakcije između korisnika i računara i on treba da uzme u obzir razlike u nivou znanja različitih korisnika sistema. Ovo je posebno važno zato što donosici odluka i kreatori politike, iako visoko specijalizovani u svojim domenima, često nisu bliski sa informacionim metodama i tehnologijama. Korisnički interfejs je koncipiran da sakrije kompleksnost internog računarskog sistema, bez smanjenja njegove fleksibilnosti i da pruži uvid u strukturu matematičkih modela, metode, varijable, parametare i procese, osnovne teorijske pretpostavke, ostale granične uslove i ograničenja. On omogućava korisniku da koristi

različite komponente DSS (alate, podatke, modele, itd.), prevodi korisnički ulaz u odgovarajuća kompjuterska uputstva i povratno izveštava o rezultatima proračuna. Da bi se obezbedila maksimalna orijentisanost prema korisniku akcenat je stavljen na primenu naprednih interaktivnih grafičkih tehnika.

Dakle, najvažniji, ali i najteži zadatak je da se od korisnika interfejsa “sakrije” puna tehnička složenost sistema, a u isto vreme da se obezbedi konstruktivni pristup sistemu. Ovo se postiže uvođenjem nekoliko nivoa pristupa korisnika u skladu sa različitim profilima korisnika, kao i alternativnim prilagođavanjem za svaki tip krajnjih korisnika ponaosob.

4.7.1.2 Integracija alata

Alati spadaju među najznačajnije elemente svakog softvera i zato se mogu ponovo koristiti u aplikacijama sa veoma različitim softverskim komponentama i različitim tipovima korisničkih interfejsa. Većina alata koji se ugrađeni u prototip softvera DSS-a su razvijeni u prošlosti za potrebe drugih aplikacija.

Alatima se obično poklanja najmanje pažnje pri razvoju softvera. Mnogi autori smatraju alate sastavnim delom korisničkog interfejsa ili delom baze modela. Oba pristupa su pogrešna i sa alatima treba postupati sa posebnom pažnjom, jer oni u velikoj meri utiču na upotrebljivost i efikasnost DSS. U dobro dizajniranom DSS, iako na izgled nevažni, alati sprovode mnogo malih, ali neophodnih, tehničkih zadataka u pozadini sistema. Korisnik će teško biti svestan da koristi alate kada edituje parametre ili gleda promenljive, ali bez njih, većina sofisticiranih modela bi bila potpuno beskorisna.

U odnosu na tip zadatka koji obavljaju u DSS, alati se dele na ulazne alate, izlazne alate, standardne matematičke, numeričke i statističke, informacione i brojne druge alate koji mogu biti ugrađeni u softver.

Ulazni alati podrazumevaju tipične editore neophodne za promenu ulaznih podataka u vidu brojeva ili nizova brojeva u tekstualnom ili grafičkom režimu. Editori vremenskih serija i tabela koji omogućavaju unos 2-D relacija kao krivu, editor funkcija, editor mapa su veoma moćni alati, koji značajno olakšavaju rad na unosu različitih tipova ulaznih podataka.

Izlazni alati vode računa o teškom zadatku da se predstavi velika količina podataka i rezultata generisana u DSS, na koncizan i precizan način. Oni podrazumevaju numeričke i tabelarne prikaze rezultata, grafikone vremenskih serija, 2-D i 3-D reprezentacije. Da bi se prezentovali prostorni i dinamički podaci dinamične mape su od suštinskog značaja. Rekorderi i plejeri animacija omogućavaju korisniku više vremena da analizira generisane rezultate.

Standardni matematički, numerički i statistički alati omogućavaju primarnu obradu i analizu i prostornih i neprostornih podataka.

Informacioni alati omogućavaju korisniku da interaktivno pretražuje informacije o sistemu, raspoloživim modelima i alatima i znanju koji se čuvaju u bazama podataka, off-line i on-line dokumentacije i helpova.

Za analitičara koji koristi softver DSS su značajni gotovo svi alati i on koristi kako ulazne i izlazne, tako i sve druge alate. Kada korisnik želi da koristi softver DSS za učenje, njegova upotreba sistema neće biti suštinski različita od analitičara. Glavna razlika je u tome što analitičar želi sofisticiranije alate za svoje analize, a učenik je pre svega zainteresovan za jednostavnije ulazne i izlazne alata i za dokumentaciju sistema.

Osnovni alati sistema koji se najčešće koriste smeštani su u biblioteke alata, pri čemu se zahteva brz pristup, ažuriranje i preuzimanje funkcija i podataka koji se nalaze u biblioteci. Ređe korišćeni i specifični alati se obično priključuju sistemu dinamički prema potrebi u vidu Plug-in komponenti.

4.7.1.3 Baze podataka i integracija podataka

Modul za upravljanje bazama podataka je ulazno/izlazni medijum za podatke, modele, alate, znanje koji se koriste u sistemu. Baze podataka se popunjavaju informacijama koje su neophodne za upravljanje i za problem implementacije politike obuhvaćene u DSS. Postoji rastući trend čuvanja prostornih, socijalnih i ekoloških podataka u GIS bazama podataka. Shodno tome, dobar interfejs koji povezuje GIS i DSS je od velikog značaja za uspešno donošenje odluka i planiranje.

Integracija postojećih podataka u DSS je posebno važna, ne samo zato što su integrisanim modelima potrebni "pravi" podaci za njihov uspešan rad, već i zato što bi treba omogućiti da se izvrši upoređenje i validacija modelskih proračuna sa podacima monitoringa i opažanja na realnom sistemu.

Generalno se mogu primeniti sledeća tri načina operisanja sa integrisanim podacima i sva tri se primenjuju u prototipu softvera prostornog DSS:

- Samostalna baza podataka: u ovom trenutku ovo je najčešći način integracije podataka. Baza podataka je direktno deo DSS sistema ili sistema za upravljanje bazama podataka koji je eksteran, ali se nalazi na istom host računaru. Ažuriranje podataka se realizuje izmenama u datotekama baze podataka ili dodavanjem novih datoteka;
- Offline veza sa spoljnim bazama: DSS otvara mogućnost da se veza sa spoljnim bazama podataka (koja se obično ostvaruje putem Interneta) za ažuriranje podataka ostvaruje u okviru DSS. Međutim, DSS relevantni podaci se ne čuvaju više u samom DSS sistemu ili bazama podataka na istom host računaru. Ova alternativa je najbolji način za integraciju podataka, ako velike eksterne baze sa relevantnim podacima koji postoje treba da se koriste za ažuriranje podataka, ali ažuriranje nije neophodno u kratkim periodima (npr. reda veličine sati);
- Online veza sa spoljnim bazama: ova alternativa zahteva direktnu i stalnu vezu sa spoljnim sistemom za upravljanje bazama podataka. U praksi ovo ograničava upotrebu DSS na lokacije na kojima je dostupna Internet veza, jer može doći do problema ako spoljna baza podataka nije dostupna. Za DSS sistem ovaj koncept visoko distribuiranih izvora podataka bi trebalo da bude prednost, ako su aktuelni podaci uvek neophodni za simulacije.

Svi razmatrani sistemi, njihovi modeli, rezultati simulacija, upravljačke akcije i svi ostali podaci i informacije čuvaju se u bazama znanja o sistemima i njihovom ponašanju u raznim situacijama, bazama modela i bazama primera, koje će kasnije poslužiti za formiranje odgovarajućih generatora zaključaka, čime se stvara osnova za izradu ekspertnog sistema za integralno upravljanje sistemima za vodosnabdevanje.

Kada su u pitanju eksterni podaci, baze podataka u nekoj meri već postoje (Poslovno udruženje vodovoda, Republički zavod za statistiku, DWGW, Offwat, IWA, Regulatorna tela mnogih država) i one treba da se koriste za potrebe DSS. Neke od ovih velikih baza podataka postoje kao rezultat stalnog monitoringa i raznih istraživačkih aktivnosti (npr. studije, naučni

projekti), ali i državnih aktivnosti na polju poboljšanja stanja upravljanja sistemima vodosnabdevanja i smanjenju gubitaka vode. Ove heterogene baze podataka se nalaze na različitim lokacijama i njima upravljaju različite organizacije. Generalno ova situacija čuvanja i održavanja deljenih podataka je najpraktičnija i obezbeđuje najaktuelnije podatke sa najboljim kvalitetom podataka. Iz tog razloga ovakva struktura će biti podržana u softveru DSS sistema.

4.7.1.4 Vizuelizacija podataka i informacija

4.7.1.4.1 GIS sloj i integracija GIS funkcija

Sistem za podršku odlučivanju u integralnom upravljanju sistemima za vodosnabdevanje treba da ima snažnu podršku za rad sa geografskim podacima, tako da su GIS funkcije neophodne. GIS predstavlja jedan od glavnih oslonaca i koristi se u prikazu raznih mapa i sadržaja, modeliranja DMT (digitalni model terena), demografske analize, cevi, objekata i uređaja na vodovodnoj mreži.

U prototipu softvera DSS-a je koncipiran razvoj odvojenog GIS sloja u DSS-arhitekturi, koji se može implementirati nekom od profesionalnih GIS razvojnih komponentata (na pr. komercijalne ESRI ArcGIS Engine ili MapObjects, TatukGIS Developer Kernel ili open source MapWinGIS ActiveX Control, GRASS GIS Library).

Profesionalne GIS razvojne komponente omogućavaju da se obezbedi kompletan i testirani set GIS funkcija kao zasebna komponenta u DSS softveru.

Prednosti ovakvog pristupa su:

- Veliki izbor GIS funkcija koje se mogu koristiti i koje su dobro testirane;
- Integracija u DSS sistem je fleksibilna i efikasna pošto funkcije GIS-a mogu i samostalno da se koriste i performanse sistema će biti visoke;
- GIS funkcije mogu biti potpuno integrisne u dosledan i uniforman korisnički interfejs;
- Mogućnost korišćenja softvera kao kompletnog nezavisnog GIS sistema;
- Korisnik nema troškove za licenciranje GIS komponenti u razvijenom softveru.

Nedostaci i rizici koji se mogu javiti su:

- Softverski tehnički problemi do kojih može da dovede integrisanje GIS komponente sa ostalim komponentama DSS;
- Troškovi za razvojnu licencu su značajni ako se koriste komercijalne razvojne komponente (npr. nekoliko hiljada EUR za ArcGIS Engine ili MapObjects).

4.7.1.4.2 CAD sloj

CAD sloj je baziran na AutoCAD tehnologijama i može se koristiti za kreiranje, menjanje i upravljanje već postojećim neprostornim ili prostornim podacima koji su pripremljeni na CAD platformi. Omogućava širok pristup CAD i GIS podacima i pruža korisnicima veću informisanost. Korišćenjem modela podataka i odgovarajućih alata u CAD sloju može se izvršiti georeferenciranje podataka i objekata i konvertovanje u format podesan za rad u GIS ili modelskom sloju i obrnuto, čime se povećava vrednost samih podataka i bolje upravljanje njima u poznatom CAD okruženju.

4.7.1.4.3 Sloj modela

Sloj modela koristi simbolički blok orijentisani ulazni jezik blizak inženjerima i naučnicima, koji omogućava da se, u grafičkom interfejsu, na relativno jednostavan, moglo bi se reći "tehnički" način, formuliše model razmatranog sistema i povezuju domeni modela u integrisani model vodovodnog sistema. Simbolički ulazni jezik je organizovan kao "paralelni" jezik, kod koga, za razliku od "proceduralnih" jezika, redosled u kome se specificiraju blokovi i njihove međuveze nije od značaja. Bez obzira na partikularnu konfiguraciju i međuveze između pojedinih blokova, naredbe za specificiranje i unos ulaznih informacija o blokovima mogu biti u proizvoljnom redosledu, što omogućava jednostavno korišćenje ovog modula i minimalno vreme obrade problema. Korisnik se ne mora strogo držati određenog redosleda, ne samo pri kreiranju, već i pri razvoju i testiranju modela, jer simulaciju može u bilo kom trenutku prekinuti, ručno ili automatski po unapred zadatim kriterijumima, ako želi da modifikuje parametre modela ili simulacije. Posle prekida simulacije i unosa željenih modifikacija, korisnik može da nastavi simulaciju od tačke prekida, ili da je ponovo startuje od početka. Ovakav način rada omogućava slobodno eksperimentisanje sa modelom, sve dok se ne dobiju zadovoljavajući rezultati, čak i kada korisnik ne zna unapred koje sve modifikacije želi da unese, što je pri rešavanju složenijih problema veoma čest slučaj.

4.7.1.5 Komunikacije

Komunikacioni modul obezbeđuje vezu sa merno-regulacionim uređajima koji su instalirani u sistemu i povezani sa računarom preko AD/DA kartica, mikroprocesorskog kontrolera ili modema. Ovaj modul prikuplja podatke dobijene sa mernih uređaja i prosleđuje ih bazama podataka ili drugim modulima i obrnuto. Ručno ili automatski prosleđuje definisana upravljačka dejstva dobijena od drugih modula regulacionim uređajima instaliranim u sistemu.

Povezivanjem personalnog računara sa instaliranim programskim sistemom za podršku upravljanju gubicima u vodovodnim sistemima, preko modema ili preko Interneta, značajno se proširuju mogućnosti sistema i omogućava korišćenje raspoloživih podataka i zajednički rad velikom broju korisnika u nadležnim i drugim stručnim i naučnim institucijama, naravno prema prethodno definisanim prioritetima. Na taj način, bitno se olakšava i ubrzava rad na razvoju modela, popuni baza podataka, baza znanja i baza modela, što je prema sadašnjim iskustvima najteži i najobimniji deo posla pri izradi informacionog sistema.

4.7.1.6 Sistemska analiza

Udobnosti, bogatstvo i obim DSS su prevashodno određeni spektrom modela i drugih alata sistemske analize koji su raspoloživi u sistemu i bazama modela. Tipične statističke tehnike, generalni specijalizovani simulacioni modeli i tehnike operacionog istraživanja, alati za opisivanje, prikaz, upoređenje, rangiranje i vrednovanje različitih alternativa, kao i metode odlučivanja su deo ovog submodula. Modul za sistemska analizu je podeljen na tri submodula i to:

- Simulacija, pretraživanje i procena;
- Razvoj ekspertnog i fuzzy ekspertnog sistema;
- Praćenje, kontrola i upravljanje radom realnog sistema.

Submodul za simulaciju, pretraživanje i procenu omogućava dekompoziciju složenih sistema na podsisteme/podprobleme za koje se mogu relativno jednostavno uraditi homomorfni modeli kao za dobro strukturiran zadatak, koji posle verifikacije i validacije postaju sastavni delovi integrisanog modela složenog sistema. Ovakav pristup modeliranju znatno olakšava i ubrzava rad na razvoju modela, što je od izuzetnog značaja, naročito kada se radi o modelima složenih sistema. Tako se, na primer, mogu modelirati jedinične operacije za kontrolu

uređajima na sistemu (napr. različitim tipovima ventila, crpkama, ...), i one se automatski inkorporiraju u model vodovodnog sistema.

Submodul za simulaciju, pretraživanje i procenu sadrži veliki broj alata za razvoj simulacionih i optimizacionih modela koji se mogu podeliti na nekoliko grupa:

- Simulacioni modeli, kao što su Open Source modeli, od koji je najpoznatiji Epanet, jedan od najrasprostranjenijih softverskih paketa za simulaciju rada vodovodnih sistema, kao i mnogi drugi sa različitim alatima kao nadogradnjom na platformi Epaneta, do veoma sofisticiranih kao što je napr. Aquanet [131], sa već unapred ugrađenom bazom znanja o elementima vodovodnog sistema, cevnom materijalu, crpnim agregatima, specifičnog ponašanja sistema pod pritiskom u seoskim i urbanim sredinama, koeficijenima neravnomernosti potrošnje itd, kompatibilnih sa GIS, DMT i ACAD okruženjem. Pomenuti modeli rade simulaciju ustaljenog strujanja, analizu rada sistema u tzv. „extended period“ tj. niz ustaljenih režima za kraće vremenske intervale u dužem vremenskom periodu. Mogu se koristiti i modeli neustaljenog strujanja, (napr. „Italy“ [101]) za analizu specifičnih slučajeva u vodovodnoj mreži kao i modeli za analizu frekventnih odziva kao proizvod naglih promena režima i detekciju oštećenja na sistemu;
- Alati veštačke inteligencije, kao što su: data mining alati (DM), neuronske mreže (NN), fuzzy logic alati (FL);
- Alati za pretraživanje i procenu, kao što su: različiti čarobnjaci, scenario alati, Monte Karlo model, alati za generisanje mapa, preklapanja i poređenje mapa, alati za analizu osetljivosti, alati za jednokriterijumsku (Single-Criteria Optimization - SCO) i višekriterijumsku optimizaciju (Multiple-Criteria Optimization - MCO), genetski algoritam (GA), simulirani kaljenje algoritam (SA) itd. Ovi alati treba da omoguće korisniku da interaktivno pretražuje rešenja u prostoru i da mu pomognu da donese odluku i izabere "najbolje" rešenje. Oni stavljaju veliku analitičku moć u ruke krajnjih korisnika.

Pri razvoju modela, mora se imati u vidu da su modeli dinamičko-adaptivne kategorije i da se u suštini uvek radi o lancu modela koji se postepeno menjaju, razvijaju i usavršavaju, u skladu sa porastom znanja o sistemu ili povećanjem zahteva koji se postavljaju sistemu u procesu upravljanja. Model koji je u prvoj fazi bio potpuno adekvatan kao gruba aproksimacija sistema, može se kasnije zameniti daleko tačnijim, egzaktnijim, uz uključivanje većeg broja promenljivih. Ako se ovo ima u vidu, slobodno eksperimentisanje sa modelom, koje modul za razvoj simulacionih i optimizacionih modela omogućava, dolazi do punog izražaja.

Submodul za razvoj ekspertnog i fuzzy ekspertnog sistema uz podršku neuronskih mreža i genetskog algoritma, sadrži mehanizme za pamćenje znanja eksperata u bazama znanja, njegovo predstavljanje i izvođenje zaključaka na osnovu njega. Ovaj modul podržava primenu svih pravila objektno orijentisanog programiranja, a omogućava i integraciju kako algoritamskog načina programiranja preko procedura i metoda, tako i nealgoritamskog načina programiranja preko produkcionih pravila. Njegov zadatak je da korisniku omogući pristup bazama znanja, fuzzy bazama znanja i bazama primera i da mu za konkretan problem da objašnjenja i savete o daljim akcijama pri projektovanju sistema ili definisanju najpovoljnijih upravljačkih dejstava.

Submodul za praćenje, kontrolu i upravljanje radom realnog sistema sadrži veliki broj različitih kontrolera, kao što su: PI, PID, FOX, Neuro Fuzzy kontroler, Instrumentation and Process Control alata itd. Ovaj modul na osnovu podataka dobijenih od komunikacionog modula vrši simulacije ponašanja sistema i nakon analize stanja donosi odgovarajuće

upravljačke odluke, koje, manuelno ili automatski, preko komunikacionog modula, prosleđuje regulacionim uređajima u sistemu. Kroz interaktivan rad sistem - računar - osoblje, ovaj modul omogućava dobijanje stalnih obaveštenja o trenutnom stanju sistema, važnim promenama i zastojsima, dinamičku simulaciju rada tehnološkog procesa i analizu njegovog ponašanja u celini ili pojedinih faza tokom vremena, nadzor nad radom u realnom vremenu i automatsko vođenje procesa. Na taj način se smanjuje zavisnost od ljudskog faktora, povećava brzina reagovanja na zahteve sistema u najrazličitijim uslovima i povećava stepen efikasnosti upravljanja sistemom i zaštite kvaliteta voda.

4.7.2 Integracija komponenti prototipa softvera DSS

Kao što je već rečeno, funkcionalne komponente potrebno integrisati u DSS primenom različitih pristupa, koji se razlikuju pre svega prema stepenu povezivanja u integrisanom softveru. Kvalitet rešenja se procenjuje na osnovu više kriterijuma od kojih su svakako najznačajniji cena razvoja i razni aspekti upotrebljivosti.

4.7.2.1 Integracija modula

Svi moduli i submoduli se povezuju u jedan softverski sistem prema strategiji pune integracije. Potpuno integrisani softver prostornog DSS funkcioniše kao jedan program sa podacima koji su povezani sa jedinstvenim sistemom za upravljanje bazama podataka. Svi moduli i submoduli mogu interaktivno, zavisno od trenutnih zahteva i potreba korisnika, pojedinačno ili svi zajedno, da se dinamički isključe iz sistema ili da se ponovo povežu sa njim. Tako na primer konfiguracija sistema, koju čine modul za vizuelizaciju podataka i informacija, modul za rad sa bazama podataka i modul za kreiranje izveštaja predstavlja u stvari klasičan GIS softver.

Ovakva koncepcija prototipa softvera sistema ispunjava tri veoma važna uslova koja treba da ispuni efikasan sistem za podršku integralnom upravljanju vodovodnim sistemima i smanjenju gubitaka vode, a to su:

- relativno jednostavna manipulacija podacima i softverskim alatima,
- ušteda računarskih resursa,
- međusobna kompatibilnost programskih modula i alata namenjenih radu sa pojedinim komponentama upravljanja vodovodnim sistemom i potrošnjom vode.

4.7.2.2 Integracija domena modela

Kada je u pitanju integracija domena modela u modulu za sistemsku analizu, za razvoj prototipa softvera DSS, prihvaćen je pristup tesnog povezivanja postojećih modela, koji se nalaze na računaru krajnjeg korisnika u jedan pseudo-integrisani model realnog sistema. Ovakav pristup rezultuje sistemom koji je korisnički orijentisan. On je pogodan za korišćenje za istraživanje i učenje, a istovremeno omogućava i tehničko korišćenje, ali uz neznatnu izmenu konstitutivnih originalnih modela.

Sistem treba da bude opremljen alatima i tehnikama za istovremeno pokretanje modela na različitim geografskim i vremenskim skalama. Obzirom da se sistem gradi na bazi tehnologija baziranih na komponentama, omogućeno je korišćenje submodela pisanih u različitim programskim jezicima, koji se stalno nadograđuju. To omogućava distribuirani razvoj i dozvoljava vlasnicima originalnih modela da aktivno učestvuju u kreiranju i implementaciji "light" verzija njihovih (sub)modela. Ako se ova vrsta zajedničkog rada može organizovati i održavati, onda će DSS biti snažno usidren u relevantnom istraživačkom polju.

U toku razvoja softvera DSS-a, kroz više verzije tokom vremena treba razmotritu mogućnost eventualne primene pristupa reformulacije postojećih modela u integrisani model sistema. Ključni element u ovom pristupu je integrisani model koji je potpuno prilagođen ulozi DSS i potrebama i zahtevima krajnjih korisnika.

Jasna definicija problema, dubinska analiza potreba korisnika i precizan korisnički profil su bitni elementi za odlučivanje o potrebnoj dubini i obimu integrisanog modela i konstitutivnih submodela. Integrisani model snažno povezuje submodule u jedinstveni, u pravom smislu, kompleksan model. Dizajn svakog submodela zahteva (re)programiranje i (re)implementaciju za ovu svrhu. Ovakav pristup DSS je posebno dobar za korišćenje od strane kreatora politike i za istraživačke integrisane procene, jer omogućava razvoj dobro izbalansiranog, transparentnog sistema. Iz istih razloga ovaj pristup veoma dobro podržava istraživačko učenje.

4.7.2.3 Tehnologije integracija

Svi moduli i submodule su organizovani kao *runtime packages*, koji će korišćenjem tehnologije komponentnog objektnog modela (COM) dinamički biti povezani sa programskim sistemom.

Svi softverski alati za modeliranje, simulaciju i optimizaciju realnih sistema projektovani su kao DLL, plug-in datoteke, skript datoteke ili kao ASCII programski kod koji će se izvršavati preko interpretera. Oni će se, korišćenjem tehnologije dinamičkog povezivanja biblioteka (DLL), komponentnog objektnog modela (COM) i ActiveX dinamički povezivati sa modulima i submoduleima programskog sistema.

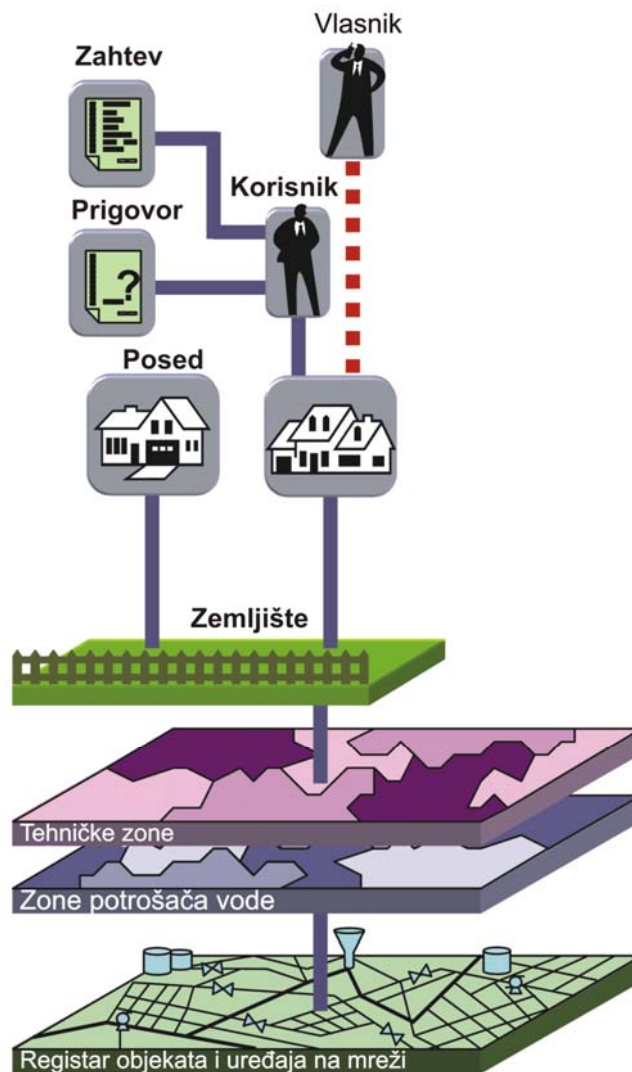
4.7.2.4 Tehnologije za razvoj prototipa softvera DSS-a

Softver prostornog DSS-a se razvija kao 32-bitna aplikacija za Windows XP/Vista/7 okruženje. Za razvoj se koriste razvojna okruženja Borland Delphi 7 Studio Architect i Embarcadero RAD Studio 2010, kao sveobuhvatno razvojno okruženje koje integriše programske jezike Delphi, C++, Java, PHP, Rubi i druge jezike. Moduli prototipa softvera DSS-a se razvijaju u programskom jeziku Delphi, dok će pojedini alati biti kontinualno razvijani u programskim jezicima C, C++ i Fortran. Opšti moduli prototipa sistema (upravljanje bazama podataka, vizuelizacija, prezentacija rezultata, komunikacije), kao i većina komponenata i alata submodulea za sistemsku analizu su do sada delimično ili potpuno razvijeni. Prototip softvera prostornog DSS koji je prikazan predstavlja polaznu osnovu budućeg sistema podrške odlučivanju za smanjenje gubitaka, tj. upravljanje potrošnjom u vodovodnim sistemima i može se koristiti za donošenje odluka i definisanje najpovoljnijih mera kako u fazi planiranja, tako i u fazi operativnog upravljanja i za sagledavanje uticaja tih mera na sistem, ne samo u datom trenutku, već i u perspektivnom dinamičkom razvoju.

Od ovakvog programskog sistema se prvenstveno očekuje da, u fazi projektovanja, obezbedi informacije koje se mogu koristiti za potrebe planiranja i donošenja odluka pre nego što se na vodovodnoj mreži preduzmu bilo kakve mere, a da u fazi eksploatacije rizik (koji će uvek postojati!) svede u razumne okvire da planirane mere (sistem za merenje i osmatranje, sistem provođenja upravljačkih akcija, upravljanje gubicima, praksa najboljeg upravljanja u vodovodnim sistemima itd.) neće dati zahtevane efekte posebno u ekstremno nepovoljnim situacijama. Sve ovo je od izuzetne važnosti, ne samo sa aspekta upravljanja vodovodnim sistemima i smanjenjem gubitaka vode, već i sa aspekta racionalnog korišćenja finansijskih sredstava, obzirom da upravljanje gubicima, tj. potrošnjom vode zahteva velika materijalna ulaganja.

4.7.3 Prikupljanje, sistematizacija, obrada i čuvanje podataka

Da bi se bilo koji informacioni system uspešno primenio u radu jednog preduzeća za vodosnabdevanje, veoma je bitno da poseduje intuitivne i korisnički orijentisane interfejs module, koji će korisnika provoditi korak po korak kroz ciklus veoma kompleksnih aktivnosti. Potreban je komforan, pregledan, efikasan i pouzdan rad sa bazama podataka. Fleksibilan Database API (Application Program Interface) za rad sa bazama podataka potrebnih za različite operacije omogućava pakovanje raznorodnih podataka u strukturirane baze podataka.



Slika 4.13 Dizajn modela upravljanja sistemom za vodosnabdevanje – slojevitost podataka

Prikupljanje, obrada, provera, sistematizacija i skladištenje podataka, bilo o korisnicima za potrebe sistema naplate, bilo podataka o mreži i uređajima na njoj treba obaviti na način da se formiraju strukturirane baze podataka koje omogućavaju lak pregled, kontrolu i nadogradnju u svakom momentu. Na Slici 4.13 prikazana je organizacija podataka u slojevima, primenjena u prototipu DSS softvera.

Pored toga što omogućava lak pristup, pregled i upotrebu podataka za potrebe raznih analiza, kako po slojevima, tako i po ključevima za povezivanje i pretraživanje, ovakva struktura podataka omogućava proveru podataka, nalaženje nepotpunih zapisa (nedostatak pojedinih podataka), nelogičnih vrednosti, dupliranih podataka i generisanje izveštaja od strane modula za rad sa bazama podataka.

Zaštita podataka tokom otvaranja baze i preuzimanja se obavlja pravljenjem privremenih kopija u operativnom delu RAM memorije računara, kako bi se izbegla oštećenja i gubitak podataka u akcidentnim slučajevima nestanka struje, pucanja veza sa drugim sistema, pada operativnog sistema i drugim. Takodje je razvijen mehanizam evidentiranja pokušaja pristupa bazi od strane ovlašćenih korisnika, sa prikazom aktivnosti na unosu ili izmeni podataka ili pokušaja neovlašćenih aktivnosti i zloupotrebe baze podataka.

Prikaz traženih podataka može biti organizovan po tabelama, tematski po ključu pretraživanja (Queries), na tematskim kartama ili kao atributi u GIS sloju.

Baze podataka su povezane na dva nivoa: numeričkom i grafičkom. Koristi ove integracije su višestruke:

- Omogućena je laka i dinamična razmena podataka između različitih korisnika i grupa korisnika, gde informacije koje prima i akcije koje preduzima jedan korisnik proizvodi dejstvo kod drugog slanjem informacija i preporuka za preduzimanje akcija (napr. reklamacija korisnika u Call centru može odmah u vidu izveštaja biti prosleđena jedinici za pregled i održavanje sistema);
- Zajedničko korišćenje podataka iz iste baze podataka onemogućava dupliranje evidencije, različitih podataka i podvajanje različitih operativnih jedinica u preduzeću. Na ovaj način se podiže kvalitet i verodostojnost podataka, a u preduzeću vodi ka integralnom upravljanju, na osnovu iste baze i istih ciljeva, što vodi efikasnijem, bržem donošenju odluka, pravičnoj podeli odgovornosti i motivisanju osoblja da saraduje i smanjuje mogućnosti za individualizam, opstrukciju i manipulisanje znanjem o sistemu i podacima.

Najčešće u preduzećima postoje barem dve baze podataka o priključcima i mernim uređajima, jedna u komercijalnoj službi, druga u službi za održavanje sistema. Čak i ako se u početku krene od jedne baze, vremenom se one menjaju i postoji nekostenost i dupliranje podataka, što dovodi u sumnju tačnost, potrebu provere podataka i može izazvati konfuziju i nesporazume. Dešava se i da svaka služba ima svoj GIS bazu podataka, recimo za održavanje mreže i hidrauličke analize, jer se ne koristi isti skup podataka.

Dobro struktuirana baza podataka omogućava čuvanje i ažuriranje podataka na jednom mestu, a za preuzimanje podataka od strane različitih službi kreiraju se moduli za komunikaciju modela sa bazama podataka, tj. za efikasan prenos specifičnih podataka u operativne modele i interfejs module za pregledan prikaz željenih informacija i rezultata. Onda istu bazu mogu koristiti jedinice koje imaju različita zaduženja, za svoje specifične aplikacije (kao što je system naplate, urbanističko planiranje, program održavanja i nadogradnje mreže, zoniranje i upravljanje zonama, projektovanje i hidrauličke analize). Na taj način dolazi do premošćivanja moguće podvojenosti u preduzeću, pre svega između obračunske i inženjerskih službi.

Zajedničko korišćenje podataka omogućava dodatnu funkcionalnost, koja se sama po sebi pojavljuje kao mogućnost, inače ne bi ni bila zapažena. Na primer, mesečni izveštaji i grafički

prikazi o potrošnji vode, koji inače dolaze iz službe za očitavanje i obračun, mogu biti dragocen izvor podataka, tj. indikator za službu održavanja da krene u reviziju srednjeročnih planova ili da odmah krene u proaktivno održavanje delova vodovodne mreže i mernih uređaja.

Upravljanje potrošnjom može biti sprovedeno isključivo kroz ovakav integralni pristup na relaciji potrošač – mreža za vodosnabdevanje. Provera vodnog bilansa, u realnom vremenu, kao i proučavanje zahteva za vodom, prognoza potrošnje i njene dinamike u kraćem ili dužem vremenskom periodu, mogu se uspostaviti samo kroz integralni pristup i uspostaviti dinamička uzajamna veza sa urbanim i strateškim planiranjem.

Informacioni sistemi su izuzetno bitni za operacije i održavanje podataka o istoriji sistema i bazama podataka iz prethodnih perioda. Odgovarajuće kombinacije podataka iz prethodnih perioda i njihov uporedni prikaz su uvek dobrodošli za praćenje funkcionalnosti sistema i potrebe dugoročnog strateškog planiranja.

4.7.4 GIS Integracija

Geografski informacioni sistemi (GIS) predstavljaju kičmu svih upravljačkih funkcija DSS sistema podrške odlučivanju. Postoji mnoštvo funkcija za kreiranje mapa i DMT (digitalnog modela terena) za potrebe demografskih analiza i registrovanje uređaja na mreži. Svi elementi u sistemu koji su pozicionirani u prostoru imaju geografske koordinate i kao takvi se unose u GIS i dostupni su na uvid svim korisnicima. To se odnosi na elemente mreže, priključke, šahte, kao i imanja korisnika, elementi zoniranja kao što su DMA, inženjerske zone itd.

4.7.5 Rad sa telemetrijom i SCADA

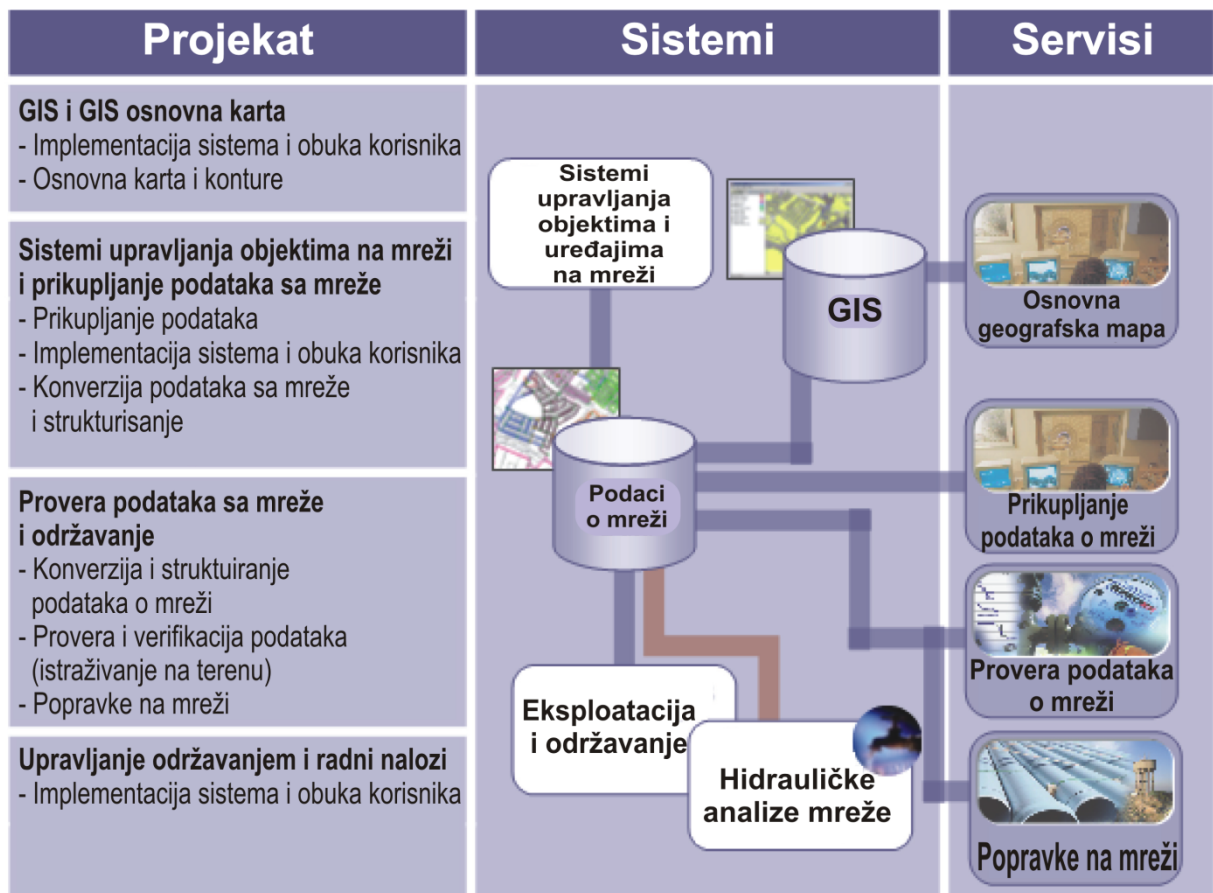
Sistem nadzora, kontrole i prikupljanja podataka (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA) i sistem telemetrije imaju vitalnu ulogu u sistemu monitoringa (protoci, pritisci, temperatura, status ventila itd.) i kontroli upravljačkih akcija na distributivnoj mreži. IMIS je zamišljen kao sistem sa funkcijama za konverzaciju koje kreira sam korisnik za potrebe unosa i skladištenja telemetrijskih podataka. IMIS treba da izvrši kontrolu vrodostojnosti i filtriranje podatke.

U IMIS treba ubaciti prolaz kroz podatke i skladištenje informacija u unapred određenim intervalima (po korisniku definisanim kriterijumima) za svaki pojedinačni slučaj. U slučaju čitanja podataka sa mreže, kao što su proticaji i potrošnja, predprocesiranje treba obaviti tako da se izvrši dopuna nedostajućih podataka, kao i da se očitavanja sa mernih uređaja transformišu u korisne sistematizovane informacije koje treba čuvati u bazi podataka. IMIS ne može zameniti system telemetrije, ali može prikupljene podatke učiniti upotrebljivim za funkcije sistema podrške odlučivanju. U slučaju određenih kategorija alarma, kao što su uključivanje pumpe kada je nivo vode u rezervoaru blizak minimalno dozvoljenom, predprocesiranje podataka u IMIS nije smisleno, već se odmah zahteva upravljačka akcija.

Ukratko, sledeće funkcije se aktiviraju:

- a) Ažuriranje zapisa u bazi podataka, kao što je očitavanje sa vodomera;
- b) Sračunavanje i ažuriranje podataka o potrošnji u bazi podataka, kao što je dnevna potrošnja u mernim zonama; tipična dinamika potrošnje (površina/dan/sezona), relevantni koeficijenti neravnomernosti potrošnje. Poznavanje dinamičke promene

- potrošnje tj. koeficijenta neravnornosti potrošnje je jako dobrodošlo za svrhe predviđanja dinamike potrošnje i potreba za vodom u narednim periodima;
- c) Preventivno održavanje: prikupljanjem informacija o ponašanju elemenata mreže i uređaja na njoj, kao što su napr. pumpe: čitanja sa merača protoka, vreme rada, potrošnja struje, kao i drugi opciono definisani parametric od strane korisnika kao što su temperatura, pritisak i drugi podaci potrebni za reaktivno održavanje i upravljanje;
 - d) Program upravljanja gubicima: da bi se sproveo test noćne potrošnje (gubitaka), da bi se uporedili skupni gubici sa stvarnim gubicima, da se ukaže na neprirodan rast proticaja u određenim delovima mreže i moguće pojave procurivanja u tim delovima sistema;
 - e) Havarije i hitne intervencije: Upoređivanjem očitanih podataka sa očekivanim vrednostima i pozivanjem na hitne intervencije kada je potrebno, na primer, kada ekstremno niski pritisci u delovima sistema za vodosnabdevanje ukazuju na havarije i velike gubitke iz sistema.

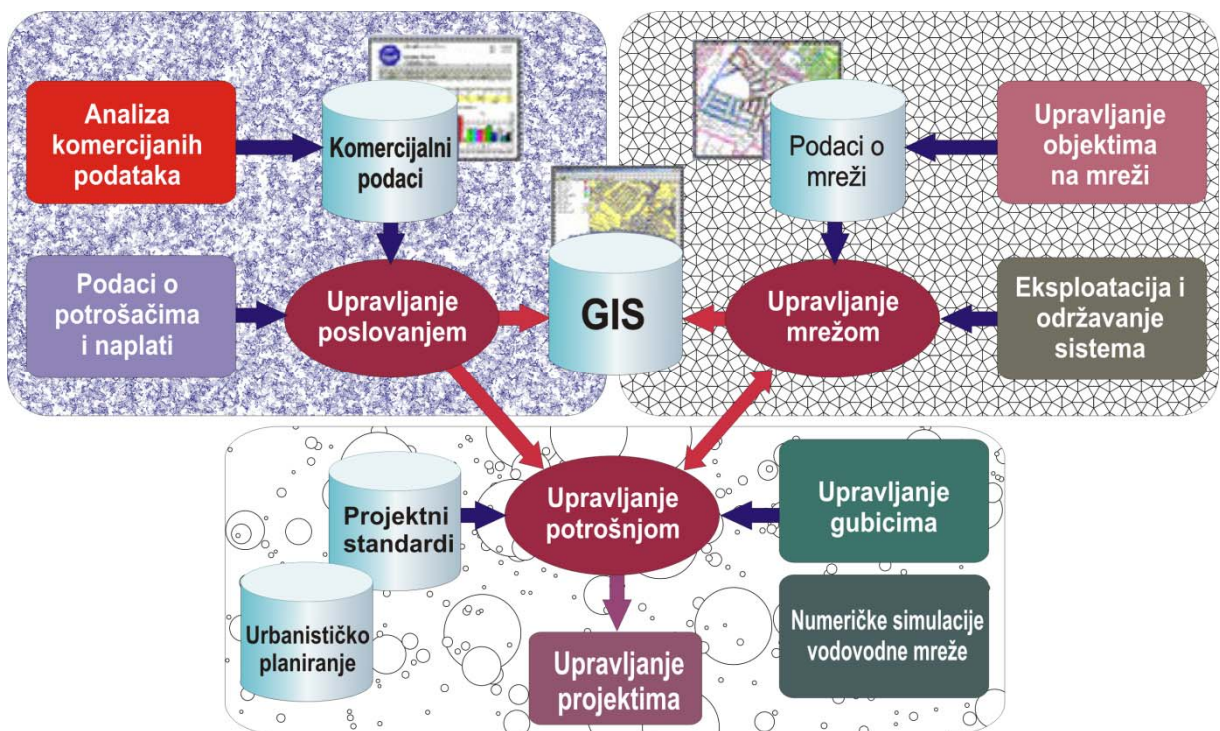


Slika 4.14 Povezivanje sređenih podataka, modeliranje i vrednovanje upravljačkih akcija na sistemu za vodosnabdevanje

4.7.6 IT u funkciji efikasnog upravljanja sistemom

Efikasno upravljanje preduzećem za vodosnabdevanje je redefinisano pre svega postavljanjem tri oslonca za upravljačke funkcije, sa maksimalnim uprošćenjem za shvatanje i vrednovanje:

- Efikasno upravljanje poslovanjem će rezultirati boljom uslugom korisnicima, boljim obračunavanjem i fakturisanjem, kao i povećanjem naplate;
- Efikasno upravljanje mrežom će rezultirati smanjenjem operativnih troškova i pouzdanijim vodosnabdevanjem;
- Efikasno upravljanje potrošnjom će direktno voditi smanjenju kapitalnih troškova i optimalnom korišćenju postojećih komponenti sistema za vodosnabdevanje.



Slika 4.15 Razvijeni prikaz tri komponente integralnog upravljanja sistemima za vodosnabdevanje – uloga GIS

4.7.6.1 Efikasno upravljanje poslovanjem

Upravljanje poslovanjem je vezano za sve poslovne procedure koje se odnose na upravljanje prihodovanjem i direktnim odnosom sa korisnicima. Efikasno upravljanje komercijalnim funkcijama zahteva korišćenje informacionog sistema koji integriše system naplate sa sistemom pružanja usluga korisnicima i pokriva sve aspekte obe discipline, uključujući očitavanje vodomera, baždarenje vodomera, održavanje i kalibraciju mernih uređaja, korisnički servis, fakturisanje, sistema naplate dugovanje i neizmirenih obaveza. Glavne koristi koje proizilaze iz efikasno upravljanja poslovanjem su unapređenje usluge korisnicima, poboljšani sistem fakturisanja i povećanje prihoda od naplate za isporučenu vodu i pružene usluge.

4.7.6.2 Efikasno upravljanje mrežom

Upravljanje mrežom treba da obezbedi kvalitetne usluge korisnicima – pozdano snabdevanje dovoljnim količinama vode odgovarajućeg kvaliteta. Ostvarenje ovih ciljeva uključuje procedure za upravljanje svim delovima mreže, objektima i uređajima na njoj, počev od prikupljanja, obrade i sistematizacije podataka o mreži, potrebnim popravkama i rekonstrukcijama na mreži, do funkcija efikasnog upravljanja i održavanja sistema. Takođe je potreban specijalizovan informacioni system koji će obezbediti potrebnu integraciju sa drugim upravljačkim funkcijama i koji će napredno koristiti sakupljene podatke o mreži – sistemi kao što su upravljanje uređajima na mreži i upravljanje održavanjem sistema.

Glavne koristi koje proizilaze iz efikasnog upravljanja mrežom su poboljšanja isporuke vode (količina, kvalitet, pouzdanost u vodosnabdevanju) i smanjenje operativnih troškova (proizvodnja, distribucija i podrška).

4.7.6.3 Efikasno upravljanje potrošnjom

Upravljanje potrošnjom je upravljačka funkcija sa ciljem optimalnog planiranja kapitalnih troškova i određivanjem operativnih smernica za distributivni system. Rad sa podacima o poslovanju i podacima o mreži je potreban za stalnim istraživanjima i proverama operativnih karakteristika sistema i pokazatelja uspešnosti, treba da rezultuje prilagođenim akcionim planovima i operativnim smernicama za rad pojedinim službama – uključujući akcione planove za hitne intervencije, intrukcije za rad crpnih stanica, planove za rekonstrukciju mreže kao i planove za nadogradnju i proširenje mreže. Takođe se obezbeđuje tehnička podrška i parametri koji će omogućiti pravilno upravljanje popravkama i intervencijama na mreži, nadogradnji i novim projektima upravljanja radom mreže. Najvažnije koristi od upravljanja potrošnjom su smanjenje kapitalnih troškova kako za održavanje, tako i za proširenje mreže, smanjena opasnost od pojave havarija i smanjenje operativnih troškova (za električnu energiju).

4.7.6.4 IT u procesu podizanja efikasnosti funkcionisanja sistema

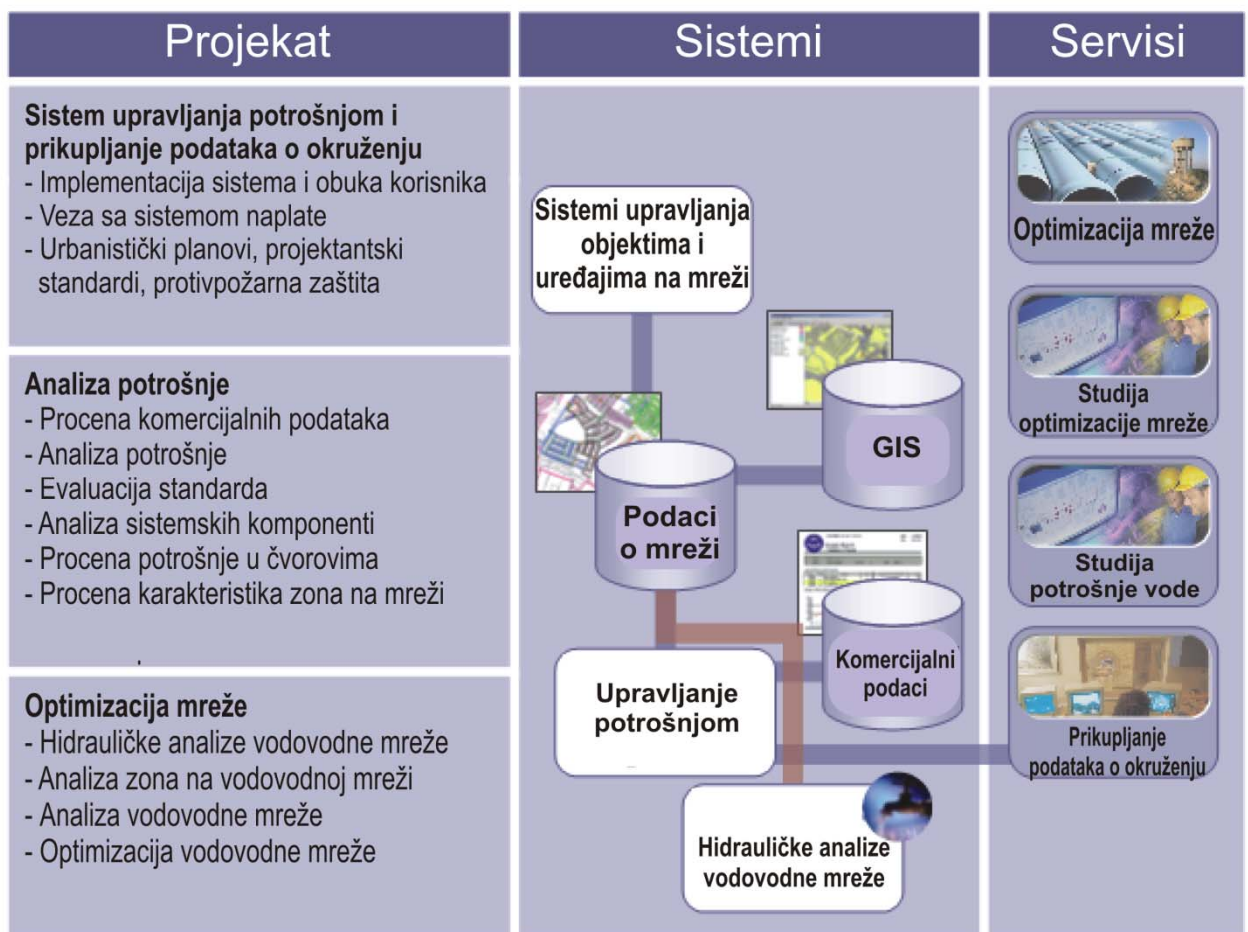
Primena odgovarajućeg informacionog sistema (IT) ima dalekosežan uticaj na inženjersku praksu u delu problematike koji se odnosi na vodu koja ne donosi prihod i sprovođenje efikasnog programa rekonstrukcije mreže. Moduli za upravljanje uređajima na mreži i upravljanje potrošnjom sublimiraju obuhvatnije udubljanje u razumevanje operativnog ponašanja sistema i registrovane potrošnje u vodovodnom sistemu, što omogućava efikasniju održivu kontrolu i smanjenje komponente nenaplaćene vode u vodnom bilansu. Značaj IT se može sumirati na sledeći način:

- Kompilacija proverenog numeričkog modela potrošnje koji dovoljno tačno prikazuje ponašanje vodovodne mreže i specifičnosti potrošnje;
- Korišćenje modela potrošnje da se optimizira rad postojećeg sistema za vodosnabdevanje, koji treba da rezultuje finansijski isplativom rekonstrukcijom vodovodne mreže i lokalizacijom neprimetnih procurivanja;
- Korišćenje sistema upravljanja i modela potrošnje za upravljanje i stalno smanjenje količina vode koje ne donosi prihod.

Primena metodologije za vrednovanje uspešnosti rada vodovodnih sistema, različite mere i njihove kombinacije mogu biti proverene na modelu i predviđeni efekti njihove primene na poboljšanje rada sistema i naravno pokazatelja. Naravno, sve ove mere postižu rezultate pre

svega smanjenjem zapremine izgubljene – nenaplaćene vode koju treba smanjiti i držati pod kontrolom. Metodologija će:

- Ukazati na uzroke i pokazatelje izgubljene i nenaplaćene vode, što će rezultirati smanjenjem operativnih troškova i izgubljenog prihoda;
- Maksimizirati finansijsku efikasnost optimiziranjem rada postojećih uređaja na mreži;
- Obezbediti mere za održivu kontrolu uzimajući u obzir institucionalnu, komercijalnu i tehničku komponentu nenaplaćene vode;
- Optimizirati rekonstrukciju – čak i u slučajevima kada nema instaliranih korisničkih vodovera i kad je neuredno snabdevanje vodom (nestašice i prekidi u snabdevanju).



Slika 4.16 Upravljanje potrošnjom i optimizacija funkcionisanja vodovodne mreže uz neophodnu podršku informacionih tehnologija

Ovakav pristup se može učiniti skupljim i vremenski zahtevnijim nego tradicionalni metodi, posebno ako se uzmu u obzir cena IT sistema, sakupljanje i verifikacija podataka na terenu. U praksi je suprotno tome dokazano da je ovakav način mnogo efikasniji i jeftiniji nego tradicionalni metodi, naročito na duže staze, jer obezbeđuje praćenje rada sistema u realnom vremenu, stalno praćenje stepena gubitaka i nenaplaćene vode, neprijavljenih procurivanja i prognoziranje ponašanja sistema.

5 PRIMENLJIVOST METODOLOGIJE IWA ODREĐIVANJA TEHNIČKIH POKAZATELJA U SISTEMIMA VODOSNABDEVANJA U SRBIJI

Vodoprivredna osnova Republike Srbije, urađena u Institutu Jaroslav Černi 2001 godine, a prema podacima popisa iz 1991 godine i kasnijim namenskim analizama, za period do 1994 godine navodi da sa teritorije Srbije godišnje otekne oko $178,5 \times 10^9 \text{ m}^3$ vode, od čega oko $16 \times 10^9 \text{ m}^3$ sopstvenih i $162,5 \times 10^9 \text{ m}^3$ tranzitnih voda. Za teritoriju Srbije bez Kosova dati su sledeći podaci:

- ukupna količina zahvaćenih voda je $671,3 \times 10^6 \text{ m}^3$, od čega $542,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ podzemne i $128,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ površinske vode, a za snabdevanje stanovništva i industrije opštinskih centara vodom oko $18,5 \text{ m}^3/\text{sec}$ tj. $583 \times 10^6 \text{ m}^3$;
- kapaciteti postojećih izvorišta su $964,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$, od čega $713,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$ podzemne i $250,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$ površinske vode, od toga na području Centralne Srbije i Vojvodine $871,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$;
- u Srbiji bez Kosova bilo je 7.548.978 stanovnika, a od tog broja 6.528.415 (83,45%) korisnika vode sa minimalno jednim točecim mestom u stanu.

Specifična količina zahvaćene vode u 1991. godini iznosila je nešto manje od 300 l/korisnik/dan za sve potrebe, računato sa korisnicima koji imaju minimalno jedno točee mesto u stanu.

Norme potrošnje za gradsko stanovništvo su se kretale od 214 l/st/dan u 1963. godini, preko 283 l/st/dan u 1971, zatim 391 l/st/dan u 1981. godini, do 459 l/st/dan u 1991. godini. Data je i napomena da su potrebe za visokokvalitetnim vodama čak oko 500 l/st/dan.

Za 2021. godinu predviđena je norma potrošnje od oko 600 l/st/dan za gradsko stanovništvo (domaćinstva 230 l/st/dan, industrija 170 l/st/dan, javna potrošnja 90 l/st/dan, gubici 18% tj. oko 108 l/st/dan) [119].

Poglavlje 5. *Primenljivost IWA metodologije određivanja tehničkih pokazatelja u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji*

Podaci iz statističkog godišnjaka Republičkog zavoda za statistiku iz 2005. godine daju sledeću sliku:



Teritorija	Površina u km ²	Broj naselja	Broj stanovnika prema popisu 1991.	Broj stanovnika prema popisu 2002.
Republika Srbija*	88.361	6.164	7.576.837	7.498.001
Centralna Srbija	55.968	4.248	5.606.642	5.466.009
AP Vojvodina	21.506	467	1.970.195	2.031.992

* Republika Srbija bez podataka za AP Kosovo i Metohiju

Tabela 5.1 Statistički demografski podaci u Republici Srbiji

Vremenski period	Područje	Ukupne količine vode za snabdevanje	Zahvaćene količine vode (u hilj. m ³)					Preuzete količine iz drugih javnih vodovoda ili sistema drugih preduzeća
			ukupno	iz podzemnih voda	iz izvorskih voda	iz vodotoka	iz akumulacija vode	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1999	Republ. Srbija	695,590	682,793	405,604	99,968	120,856	56,365	12,797
	Centr. Srbija	538,624	525,827	248,755	99,928	120,779	56,365	12,797
	Vojvodina	156,966	156,966	156,849	40	77	-	-
2005	Republ. Srbija	730,041	710,494	404,187	94,920	150,552	60,835	19,547
	Centr. Srbija	573,984	554,437	248,815	94,312	150,475	60,835	19,547
	Vojvodina	156,057	156,057	155,372	608	77	-	-

Tabela 5.2 Statistički podaci o zahvaćenim količinama vode u Republici Srbiji [119]

Poglavlje 5. Primenljivost IWA metodologije određivanja tehničkih pokazatelja u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji

Količina zahvaćene vode se povećala na $695,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ vode u 1999. godini (za 8 godina 3,6%), a zatim na $730,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ u 2004. godini (daljih 4,9% za 5 godina) – ukupno 8,74% za 13 godina.

Područje	Isporučene količine vode (u hilj. m ³)							ukupni gubici vode	Broj domaćinstava koja su priključena na javni vodovod
	ukupno 2+3+6+7	domaćinstvima	Privrednim preduzećima			vanprivrednim preduzećima	drugom javnom vodovodu		
			svega	od toga					
				industriji i rudarstvu	komunalnim preduzećima				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Isporučene količine vode iz javnog vodovoda, 1999.									
Republ. Srbija	546.473	380.969	139.685	106.220	17.333	22.270	3.549	149.117	1.681.957
Centr. Srbija	414.255	284.476	106.756	78.582	14.506	19.495	3.528	124.369	1.112.643
Vojvodina	132.218	96.493	32.929	27.638	2.827	2.775	21	24.748	569.314
Isporučene količine vode iz javnog vodovoda, 2004.									
Republ. Srbija	508.536	367.640	125.726	76.996	21.989	12.859	2.311	221.505	1.820.044
Centr. Srbija	387.424	273.667	102.953	62.012	19.689	8.493	2.311	186.560	1.231.546
Vojvodina	121.112	93.973	22.773	14.984	2.300	4.366	-	34.945	588.498

Tabela 5.3 Isporučene količine vode iz javnog vodovoda

Broj stanovnika u Republici Srbiji se od 1991. do 2002. godine neznatno promenio; smanjen je za 0,1%, a broj domaćinstava priključenih na vodovod se povećao za 8,2%. Sa prosekom od 2,87 stanovnika po domaćinstvu, proizilazi da je na javni vodovod priključeno 5,218,926 stanovnika tj. 69,60% stanovništva. Godine 1991. prosečni broj stanovnika po domaćinstvu je bio 3,13, pa je broj stanovnika priključenih na javni vodovod bio 5.270.096 ili identičnih 69,60%. Isporučena voda – oko $508 \times 10^6 \text{ m}^3$ je manja od zahvaćene vode za gubitke (ovde računato kao zahvaćena manje isporučena voda, gde termin "isporučena" voda predstavlja fakturisanu potrošnju), koji su 1999. godine iznosili $149,12 \times 10^6 \text{ m}^3$ - oko 21% zahvaćene vode, a 2004 godine oko 30% zahvaćene vode, što u apsolutnim ciframa predstavlja $221,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ vode godišnje. Kao ilustracija koliko je to vode, može da posluži podatak da je ukupna zapremina akumulacija za snabdevanje vodom u Srbiji oko $618 \times 10^6 \text{ m}^3$ vode. Iz napred iznetog jasno je da se velika količina zahvaćene, transportovane i prerađene vode gubi, što predstavlja višestruki problem u snabdevanju vodom.

Vodoprivredna osnova Republike Srbije (VOS) predviđa za 2021. godinu povećanje norme potrošnje na oko 600 l/st/dan za gradsko i oko 400 l/st/dan za seosko stanovništvo, ali i smanjenje gubitaka vode iz sistema na oko 18%, suprotno današnjim tendencijama.

Uz takav uslov VOS predviđa se da će 2021. godine za snabdevanje stanovništva vodom biti potrebno oko 2.174×10^6 m³ vode godišnje. Podaci pokazuju, međutim, da se ukupna količina isporučene vode iz javnih vodovoda tokom perioda 1999. – 2004. smanjila za oko 7%. Prema važećoj VOS organizacija snabdevanja stanovništva vodom u budućnosti treba da bude preko regionalnih vodovodnih sistema. U vreme rada na VOS bili su bliže definisani sledeći vodovodni sistemi: regionalni sistem Novi Sad, Sremska Mitrovica, Beograd, Gruža, Đetinja, Ržav, Rasina, Niš.

5.1 Opšte stanje vodovodnih sistema

5.1.1 Pregled i analiza raspoloživih podataka

Organizacija preduzeća koja se bave snabdevanjem vodom u Republici Srbiji je takva da se ona skoro bez izuzetka bave i kanalisanjem otpadnih i atmosferskih voda. Danas u našoj republici ne postoji institucija ili organizacija koja bi raspolagala detaljnim podacima o preduzećima koja se bave snabdevanjem stanovništva i industrije vodom. Iz toga proizilazi da celovitu i preciznu sliku o stanju snabdevanja vodom u Srbiji nije lako moguće dobiti. Neki od podataka se prikupljaju na nekoliko mesta:

- Ministarstvo za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu – Direkcija za vode
Ovo ministarstvo se po definiciji bavi samo sistemima i objektima od značaja za republiku. To znači da bi trebalo da vodi računa o regionalnim sistemima snabdevanja vodom, zatim izvorima, dovodima vode do postrojenja za prečišćavanje i prečišćavanjem vode, ali ne i distributivnim sistemima naselja.

Distributivni sistemi, tj. vodovodi su u nadležnosti lokalne samouprave, a naravno da postoji interakcija između objekata istog tehničkog sistema za koje je nadležno ministarstvo i onih za koje je nadležna lokalna samouprava. U ranijim godinama ovo ministarstvo je sakupljalo određene podatke, a neke podatke prikuplja i u okviru inspekcijuskog nadzora. Od slučaja do slučaja, zavisno od potreba pojedinih projekata koje finansira, Direkcija za vode prikuplja odgovarajuće podatke, koji uglavnom služe projektima za koje su sakupljeni.

Tako je 2003. i 2004. godine u okviru projekta "Opšta studija otpadnih voda u Srbiji" (Pecher and Partners, Beoinženjering, IWA Consult), koji je finansirala EAR, urađena baza osnovnih podataka o otpadnim vodama, a u toj bazi se našlo mesta i za neke osnovne podatke o snabdevanju vodom.

- Republički zavod za statistiku
Republički zavod za statistiku dragocene podatke o javnom vodovodu i javnoj kanalizaciji (VOD-2V i VOD-2K) prikuplja godišnjim izveštajima od komunalnih organizacija, odnosno preduzeća koja upravljaju javnim vodovodom, odnosno javnom kanalizacijom u posmatranim naseljima. Od 1990. godine podaci se prikupljaju u trogodišnjoj periodici. Izveštaji se delimično zasnivaju na evidenciji i dokumentaciji, a delom i na proceni.

Podaci o korišćenju voda i zaštiti voda od zagađivanja iz industrije i rudarstva prikupljaju se redovnim godišnjim izveštajima (VOD-1) koje dostavljaju organizacije iz oblasti industrije i rudarstva. Podaci o otpadnim i prečišćenim vodama prikupljaju se od organizacija koje upravljaju javnom kanalizacijom i organizacija, odnosno preduzeća industrije i rudarstva koja koriste vodu.

Godišnji izveštaji o javnom vodovodu i javnoj kanalizaciji, kao i istraživanja iz oblasti komunalne statistike (KOM1-7) zamrznuta su od 1999. Godine. Republički zavod za statistiku prikuplja ove podatke i u statističkom godišnjaku objavljuje u okviru poglavlja "Klima i životna sredina". Objavljene su tabele:

- Korišćenje i zaštita voda u naseljima;
- Korišćenje i zaštita voda u industriji;
- Snabdevanje vodom u industriji i odgovarajući grafikoni.

Sakupljeni podaci predstavljaju osnovne, vrlo korisne podatke za elementarne analize i sagledavanja elemenata i rada javnih vodovoda. Ovi podaci su izuzetno korisni pa su korišćeni svuda gde nije bilo drugih podataka.

- **Privredna komora Srbije**

Privredna komora Srbije prati poslovni aspekt preduzeća koja se bave snabdevanjem vodom tako što se na njenom sajtu mogu naći imena, adrese i najosnovniji podaci o pojedinom preduzećima. Tehnički podaci se ne prate.

- **Agencija za infrastrukturu lokalne samouprave**

Ova agencija je tokom 2003. – 2004. godine sakupila širok spektar podataka bitnih za finansiranje razvoja infrastrukture lokalne samouprave. To su podaci o različitim infrastrukturnim sistemima gradova i naselja u Srbiji, interesantni prvenstveno sa stanovišta mogućeg finansiranja i samoodrživog razvoja, bez tehničkih detalja. Podaci se nalaze u bazi Agencije, sređeni i dostupni.

- **Poslovno udruženje preduzeća vodovoda i kanalizacije Srbije**

Poslovno udruženje preduzeća vodovoda i kanalizacije Srbije već duže vreme pokušava da unutar udruženja objedini sva preduzeća koja se bave ovom materijom, tako da danas ima 62 članice. Udruženje nastoji da prikupi i sistematizuje podatke o preduzećima članicama i situaciji u snabdevanju vodom i kanalisanju naselja uopšte, pa je tako 2002. – 2003. godine sprovedena jedna akcija prikupljanja osnovnih podataka o sistemima vodovoda i kanalizacije u republici, ali te aktivnosti nisu nastavljene. Glavni uzroci tome su nerešen status poslovnih udruženja i relativno skromna finansijska sredstva kojima udruženje raspolaže. Trenutno, Udruženje posebnu pažnju poklanja aktivnostima na Programu za uvođenje, primenu i održavanje podataka, upoređivanje pokazatelja i metodologiju doseganja najboljih praksi u preduzećima vodovoda i kanalizacije u naseljima Republike Srbije. U tu svrhu se vrši okupljanje različitih zainteresovanih institucija, državnih i inostranih.

Program praćenja pokazatelja uspešnosti i benčmarking, koji priprema Poslovno udruženje vodovoda i kanalizacije Srbije, namenjen je preduzećima vodovoda i kanalizacije u Srbiji i treba da posluži zainteresovanim učesnicima za otvaranje procesa kojim se preduzećima vodovoda i kanalizacije, kako za urbana tako i za ruralna naselja, otvara proces za osposobljavanje stručnjaka za ovladavanje i upravljanje alatima za doseganje najboljih praksi.

Programom nisu samo predviđene aktivnosti preduzeća vodovoda i kanalizacije već i drugih zainteresovanih institucija kao što je državno regulatorno telo, lokalne samouprave i njihovo udruženje, finansijske institucije, NVO kao i drugi zainteresovani, čime se otvara proces institucionalnog jačanja delatnosti snabdevanja vodom i kanalizacije sa ciljevima:

- izgrađen, opremljen i održavan sistem vodovoda i kanalizacije naselja za pružanje standardima definisanog kvaliteta usluga,
 - opremljeno i osposobljeno preduzeće VIK za pružanje kvalitetnih usluga korisnicima,
 - opremljene i osposobljene službe lokalne samouprave za nadzor na delatnosti VIK,
 - osposobljeni organi lokalne samouprave za upravljanje delatnošću VIK i osposobljeni državni organi za kreiranje funkcionalnog okvira rada u delatnosti VIK
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi"
Ovaj institut, od republičkog značaja, bavi se vodoprivredom Republike Srbije uopšte, pa od slučaja do slučaja, zavisno od konkretnog posla prikuplja namenske podatke o preduzećima koja se bave snabdevanjem vodom. Najsvežiji prikupljeni podaci su iz 2003. – 2004. godine, prikupljeni za potrebe Studije razvoja snabdevanja Srbije vodom. Institut je tada u svrhe Studije razvoja vodosnabdevanja u Srbiji prikupio i obradio podatke iz 110 naselja.

5.1.2 Očekivane koristi od programa za preduzeća vodovoda i kanalizacije

Program za uvođenje, primenu i održavanje podataka, upoređivanje pokazatelja i metodologiju dosezanja najboljih praksi:

- pomaže preduzeću za snabdevanje vodom i kanalizaciju da funkcioniše na racionalan i naučno utemeljen način;
- omogućava uspostavljanje i implementaciju odgovarajuće poslovne politike autoriteta lokalne samouprave u delatnosti snabdevanja vodom i kanalizacije;
- stvara osnove za standardizaciju i sertifikaciju procesa, zaposlenih i preduzeća;
- neprekidno unapređuje efikasnost rada u preduzeću za snabdevanje vodom i kanalizaciju.

Za sprovođenje navedenih aktivnosti neophodno potrebno je raspolagati odgovarajućim podacima, pa se ova studijski rad može smatrati i koristiti kao početak neophodnog audita. Za nastavak započetih aktivnosti neophodno je napraviti određene planove i procedure i obezbediti određena sredstva i vreme. Za to je najpozvanije Poslovno udruženje.

5.2 Ocena stanja u republici

5.2.1 Podela analiziranih sistema na grupe

Radi lakše obrade i lakšeg praćenja rezultata sve opštine i gradovi su podeljene u sledeće grupe, po broju stanovnika:

Oznaka grupe	Grupa naselja	Broj naselja u grupi
A	Grad Beograd	1
B	Opštine – gradovi od 175.000 do 300.000 stanovnika	3
C	Opštine od 100.000 do 175.000 stanovnika	9
D	Opštine od 50.000 do 100.000 stanovnika	23
E	Opštine od 25.000 do 50.000 stanovnika	43
F	Opštine sa manje od 25.000 stanovnika	69
	Ukupno	148

Tabela 5.4 Podela naselja na grupe

U daljem tekstu svi rezultati će biti prikazani kao prosek republike, i posebno po navedenim grupama.

5.2.2 Bilans zahvaćene, proizvedene i potrošene vode

Generalno, kako prihod stanovništva raste, raste njegov životni standard, povećavaju se i potrebe u vodi. Ovaj rast je relativno brži, ukoliko je nivo sa kojeg se polazi niži.

Porast populacije, takođe dovodi do porasta potreba u vodi. Kretanja u našoj zemlji poslednjih petnaestak godina, nažalost imaju, nadajmo se privremeno, ne sasvim jasan smer.

Još jednom vredi istaći sledeće podatke iz VOS i Republičkog Zavoda za statistiku [119]:

- ukupne količine vode zahvaćene za snabdevanje su se od 1991. do 2004. godine povećale za $(730-583) \times 10^6 \text{ m}^3 = 147 \times 10^6 \text{ m}^3$ tj. 8,74%. Ukupna količina isporučene vode iz javnih vodovoda tokom perioda 1999. – 2004. smanjila se za oko 7%, sa 546,5 na $508,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- kapaciteti postojećih izvorišta su $964,0 \times 10^6 \text{ m}^3$, od čega $713,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ podzemne i $250,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ površinske vode
- gubici vode su 1999 godine iznosili $149,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ - oko 21,4% zahvaćene vode, odnosno 27,3% isporučene vode.

U 2004. godini gubici su $221,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ - oko 30% zahvaćene vode ili 43,6% isporučene vode.

Poglavlje 5. Primenljivost IWA metodologije određivanja tehničkih pokazatelja u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji

Tabela 5.5 daje podatke o zahvaćenim i isporučenim količinama vode u javnim vodovodima u Srbiji za period 1998. – 2000. i za 2004. godinu prema podacima Republičkog Zavoda za statistiku i ove studije.

Godina	Republički zavod za statistiku				
	Zahvaćeno (10 ⁶ m ³ /god)	Fakturisano (10 ⁶ m ³ /god)	% od zahvaćene vode	Gubici (10 ⁶ m ³ /god)	% od zahvaćene vode
(1)	(2)	(3)	(4) = (3) / (2)	(5) = (2) - (3)	(6) = (5) / (2)
1998	648.7	518.9	80.0	129.8	20.0
1999	695.6	546.5	78.6	149.1	21.4
2000	697.4	557.9	80.0	139.5	20.5
Prosek 1998 - 2000	680.57	541.1	79.5	139.47	20.5

Tabela 5.5 Zahvaćena voda i potrošnja vode u periodu 1998. – 2000.

Izvor	Zahvaćena voda (10 ⁶ m ³ /god)	Isporučeno/ proizvodnja (10 ⁶ m ³ /god)	Potrošnja/ fakturisano (10 ⁶ m ³ /god)	Gubici (10 ⁶ m ³ /god)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3) - (4)
Beoinž. studija za 124 opštine	755	707	449	258
% od zahvaćene vode	100	93,6	59,5	34,2
% od isporučene vode	-	100	63,5	36,5
Beoinž. studija za 148 opština	766	724	458*	266*
% od zahvaćene vode	100	93,3	59	34,3
% od isporučene vode	-	100	63,6	36,7
Republički zavod za statistiku	730	-	508,5*	221,5*
% od zahvaćene vode	100	-	69,7	30,3

* Različiti termini kod RZS i u ovom radu

Tabela 5.6 Zahvaćena i isporučena voda i potrošnja za 2004. godinu

Količina zahvaćene vode je od $583 \times 10^6 \text{ m}^3$ iz 1991. godine, porasla na oko $776 \times 10^6 \text{ m}^3$ u 2004. godini, znači za oko 33%. Podzemne vode se zahvata oko 69%, tj. oko $536 \times 10^6 \text{ m}^3$, a površinske oko 31% tj. $211,2 \times 10^6 \text{ m}^3$. Slaganje podataka o količini zahvaćene vode iz našeg istraživanja i podataka Republičkog Zavoda za statistiku je iznenađujuće dobro; razlika je svega 6,3%. Po sprovedenoj anketi, proizvodnja vode je u 2004. godini oko $724 \times 10^6 \text{ m}^3$ ili oko $23 \text{ m}^3/\text{sec}$; Republički Zavod za statistiku ne prati ovaj podatak. Fakturisana potrošnja, kako je definisana u ovoj studiji je u 2004. godini $458 \times 10^6 \text{ m}^3$. Dalje razmatranje zahteva razjašnjenje korišćene terminologije: Potrošnja, koju prati Republički Zavod za statistiku je jednaka zapremnini zahvaćena vode umanjenoj za gubitke. Tako definisana potrošnja se od 1998. do 2000. godine držala na oko $520 - 560 \times 10^6 \text{ m}^3$, a onda pala na oko $508,5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Takav podatak za 2004. godinu bi bio $776 - 266 = 510 \times 10^6 \text{ m}^3$. Razlika je zanemarljivih $1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Podaci o gubicima vode su $221,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ iz statistike i $266 \times 10^6 \text{ m}^3$ iz ove studije. Razlika je 16,7% u odnosu na podatak iz statistike.

Posmatrano kao srednje godišnje vrednosti, zahvaćena voda je $24,5 \text{ m}^3/\text{sec}$, proizvedena tj. isporučena voda je oko 23 m^3 , fakturisana voda iznosi oko $14,5 \text{ m}^3/\text{sec}$, a ukupni gubici su oko $8,5 \text{ m}^3/\text{sec}$. Pregledno, za 2004. godinu i celu Republiku podaci su u Tabeli 5.7:

R. br.	Teritorija	Zahvaćena voda	Isporučeno/ proizvodnja	Potrošnja/ fakturisano	Gubici
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (4) - (5)
1	Republika Srbija	$24.5 \text{ (m}^3/\text{sec)}$	$22.9 \text{ (m}^3/\text{sec)}$	$14.5 \text{ (m}^3/\text{sec)}$	$8.4 \text{ (m}^3/\text{sec)}$
2		$776 \times 10^8 \text{ m}^3$	$724 \times 10^8 \text{ m}^3$	$458 \times 10^8 \text{ m}^3$	$266 \times 10^8 \text{ m}^3$
3		100 % od zahvaćene vode	93.3 % od zahvaćene vode	59 % od zahvaćene vode	34.3 % od zahvaćene vode
4		-	100 % od isporučene vode	63.6 % od isporučene vode	36.7 % od isporučene vode

Tabela 5.7 Zahvaćena, proizvedena, fakturisana voda i ukupni gubici

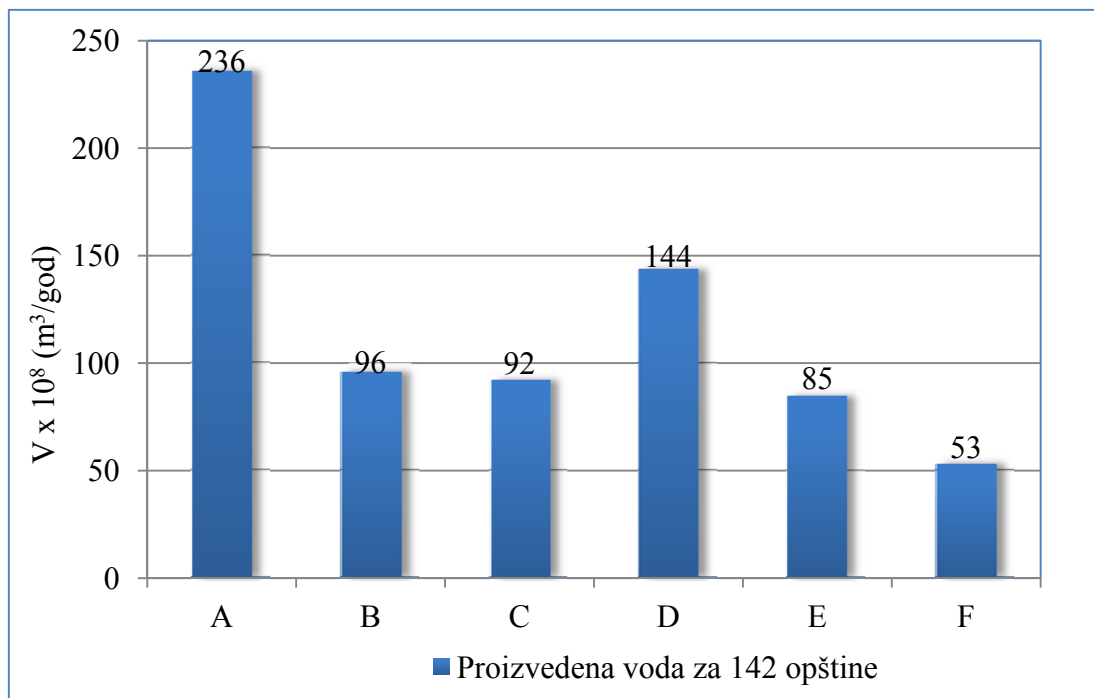
Odstupanja u podacima o zahvatanju vode i gubicima mogu imati različite razloge:

- različita metodologija tj. Terminologija;
- nereprezentativan uzorak;
- nepoznavanje podataka od strane onih koji ih daju;
- neodgovornost u davanju podataka;
- stvarne promene potrošnje;
- promene u načinu evidentiranja.

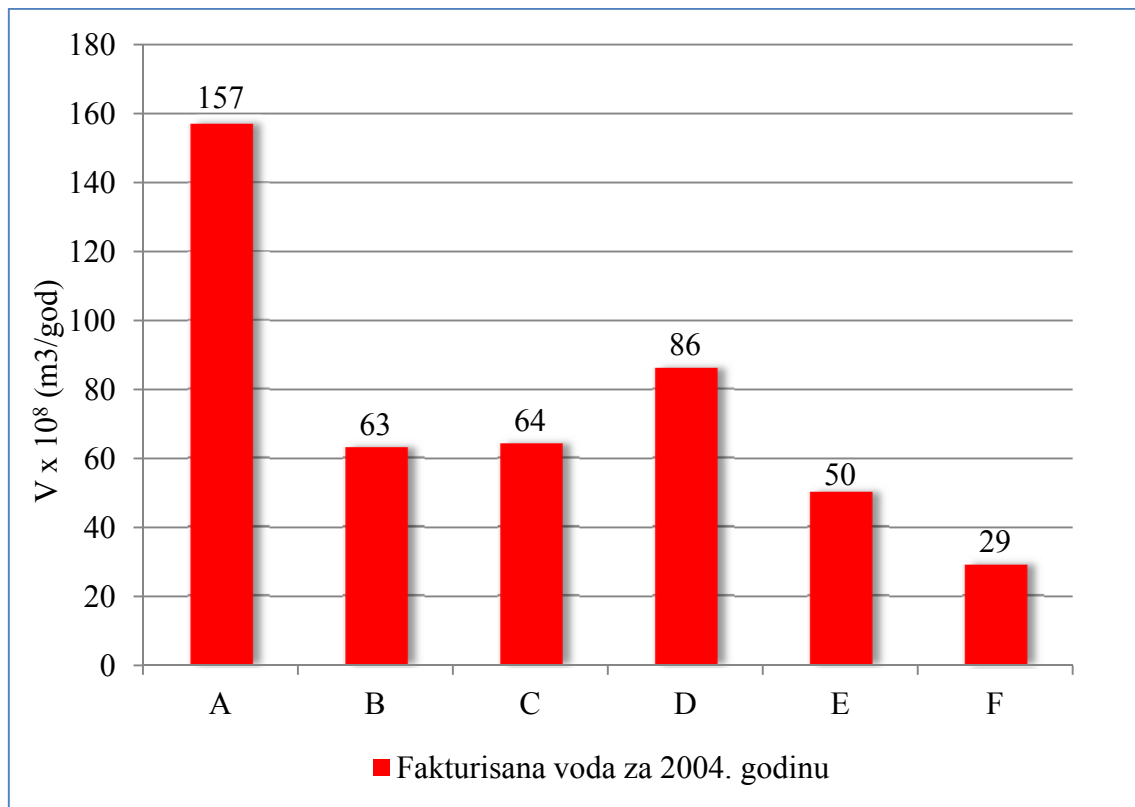
5.2.3 Proizvodnja i potrošnja vode

U daljem tekstu se daje prikaz podataka o isporučnim (proizvedenim) količinama vode za piće, kao i o dozvoljenoj potrošnji vode (količinama vode fakturisane potrošačima) u Republici Srbiji za 148 opština/vodovodnih sistema. Od toga je njih 142 dostavilo podatke/odgovore na anketu sprovedenu za potrebe izrade ove studije, pa za kompletnu sliku nedostaju podaci za oko 165.870 stanovnika, tj. oko 2,2% stanovništva republike. Oni su analizirani ekstrapolacijom prikupljenih podataka, srazmerno broju stanovnika i karakteristikama grupe kojoj prema broju stanovnika pripadaju.

Prema prikupljenim podacima danas se u Srbiji organizovano snabdeva vodom oko 73% stanovništva. Ako je procenat organizovanosti isti kao za obrađenih 97,8%, onda 73% stanovništva predstavlja 5.484.302 stanovnika obuhvaćenih organizovanim snabdevanjem vodom. U jednom broju opština u Vojvodini snabdevanje vodom je, zbog specifične mogućnosti snabdevanja vodom, briga mesnih zajednica. Od ukupno 307 vodovoda u 45 opština, mesne zajednice se brinu o snabdevanju vodom u čak 150 vodovoda. U nadležnosti javnih preduzeća je 157 vodovoda, a nema nadležnih za snabdevanje vodom u 91 naselju. Jedan od rezultata ovakvog stanja je da u 38 opština kvalitet vode nije odgovarajuć propisanim standardima vode za piće. Na osnovu ankete sprovedene za potrebe ove studije i njihove obrade zaključeno je da procentualno učešće gubitaka vode (nefakturisana potrošnja, gubici vode, itd.) u ukupnoj isporučenoj vodi za čitavo razmatrano područje iznosi oko 37%, dok se po grupama opština/vodovoda ova vrednost kreće od 31% (grupa C) do 45% (grupa F). Prema tome, sa velikom sigurnošću se može zaključiti, uz sve ograde vezane za kvalitet i tačnost ulaznih podataka, da procentualno učešće gubitaka vode u odnosu na isporučenu vodu razmatranim vodovodnim sistemima u proseku iznosi 35 do 40%. U nastavku su prikazani podaci o isporučenoj (proizvedenoj) vodi i dozvoljenoj potrošnji vode (fakturisanim količinama vode) za područje obuhvaćeno istraživanjem, na osnovu podataka dobijenih u anketi za 142 vodovodna sistema.



Slika 5.1 Republika Srbija – proizvedena količina vode za piće u 2004. godini za 142 opštine



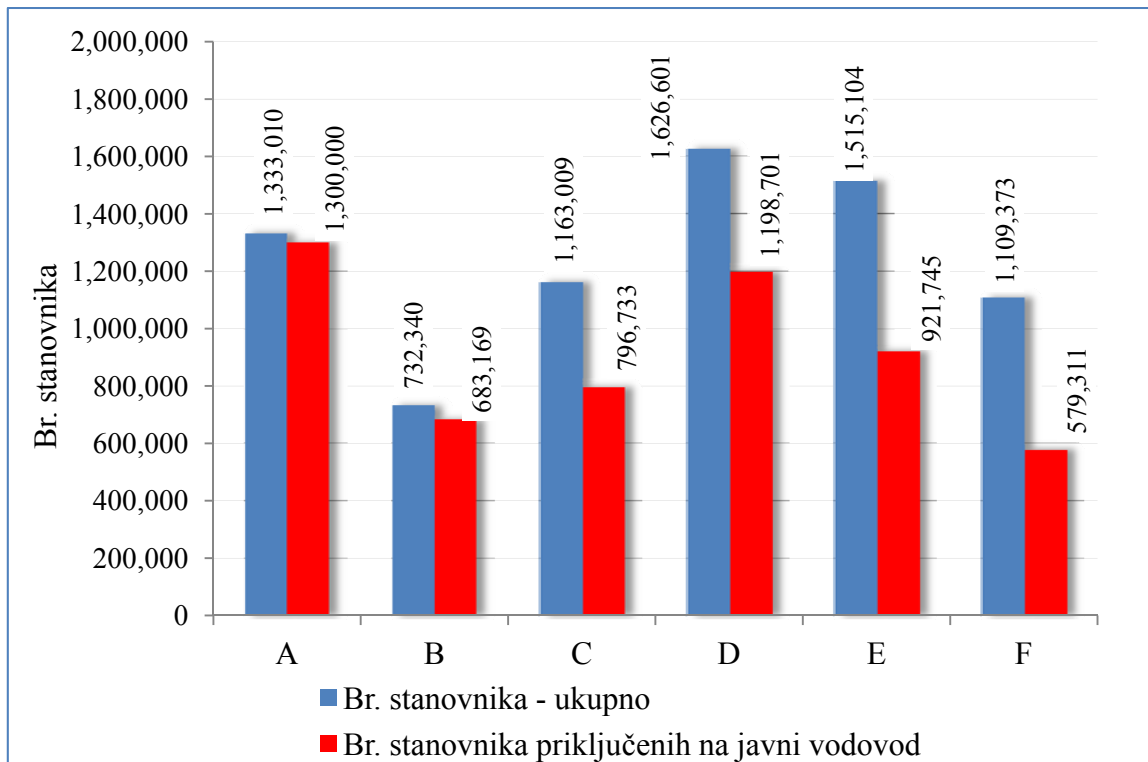
Slika 5.2 Republika Srbija – fakturisana vode za piće u 2004. godini za 142 opštine

Dakle, gore prikazani podaci o osnovnom bilansu voda u vodosnabdevanju odnose se na 142 opštine/vodovoda koji su odgovorili na anketne upitnike i dostavili tražene podatke o proizvodnji i potrošnji vode. Međutim, kako bi se dobila potpunija - celovitija slika osnovnih bilansa voda za obuhvaćenih 148 opština, u nastavku je dat prikaz bilansa gde su uvedene sledeće pretpostavke:

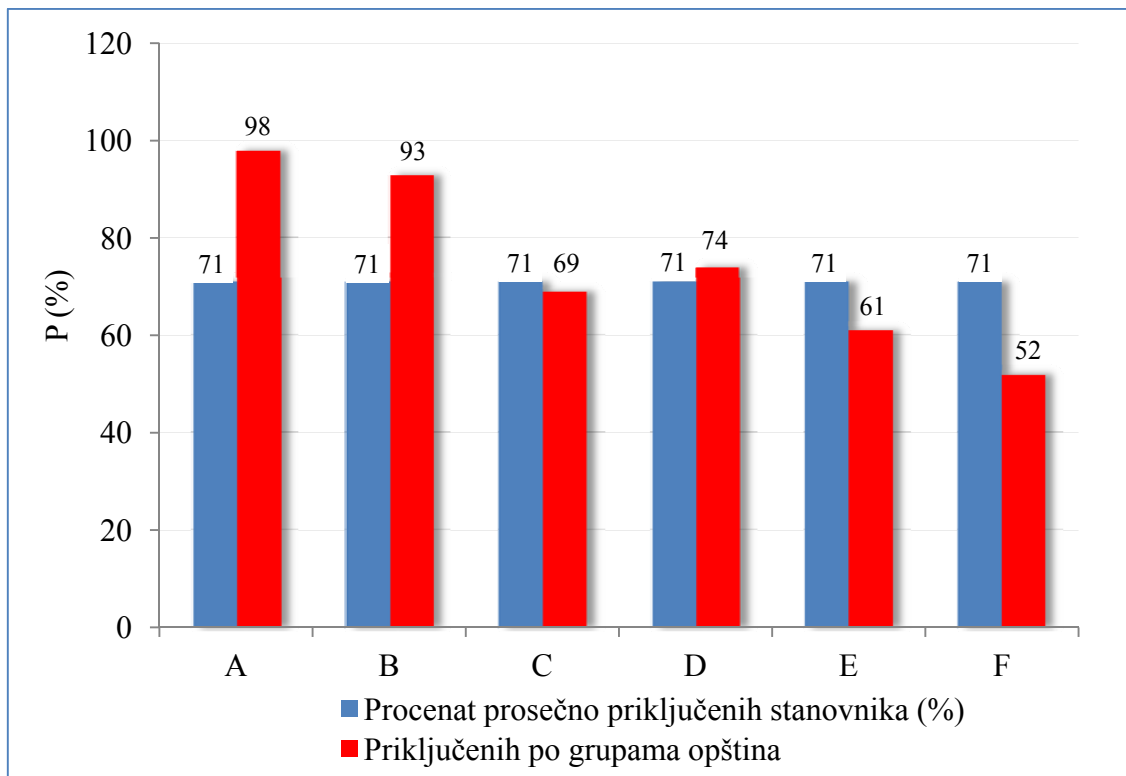
- Kao osnova poslužili su podaci i pokazatelji za 142 opštine koje su dostavile odgovore na anketne upitnike;
- Opštine (njih ukupno 6) za koje su podaci nedostajali, pridružene su odgovarajućim grupama opština (D i E) prema broju stanovnika;
- Za opštine gde podaci o vodovodnim sistemima nisu dostavljeni pretpostavljeno je da priključenost stanovništva odgovara proseku za datu grupu opština;
- Takođe je pretpostavljeno da specifične potrošnje vode odgovaraju karakterističnim, uprosečnim vrednostima za datu grupu;

Na ovaj način dopunjeni podaci, kao i celoviti bilansi vode, prikazani su u nastavku.

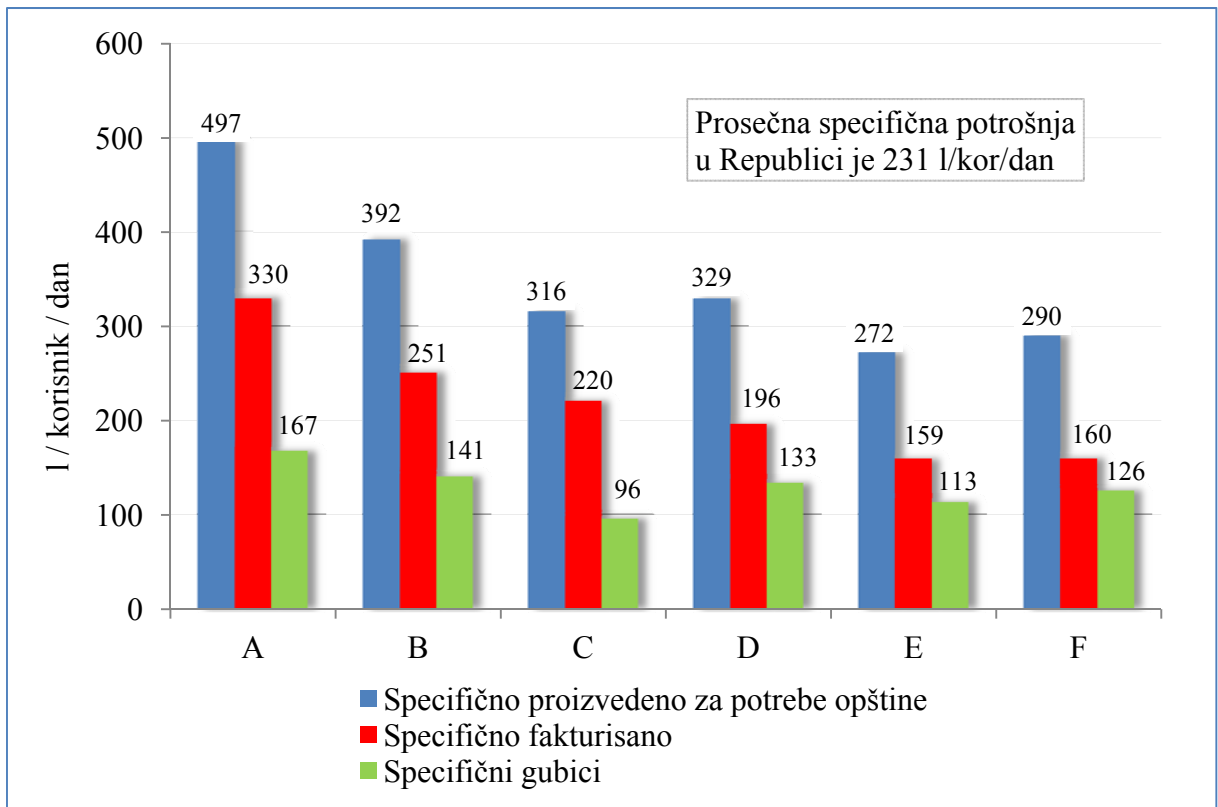
Poglavlje 5. *Primenljivost IWA metodologije određivanja tehničkih pokazatelja u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji*



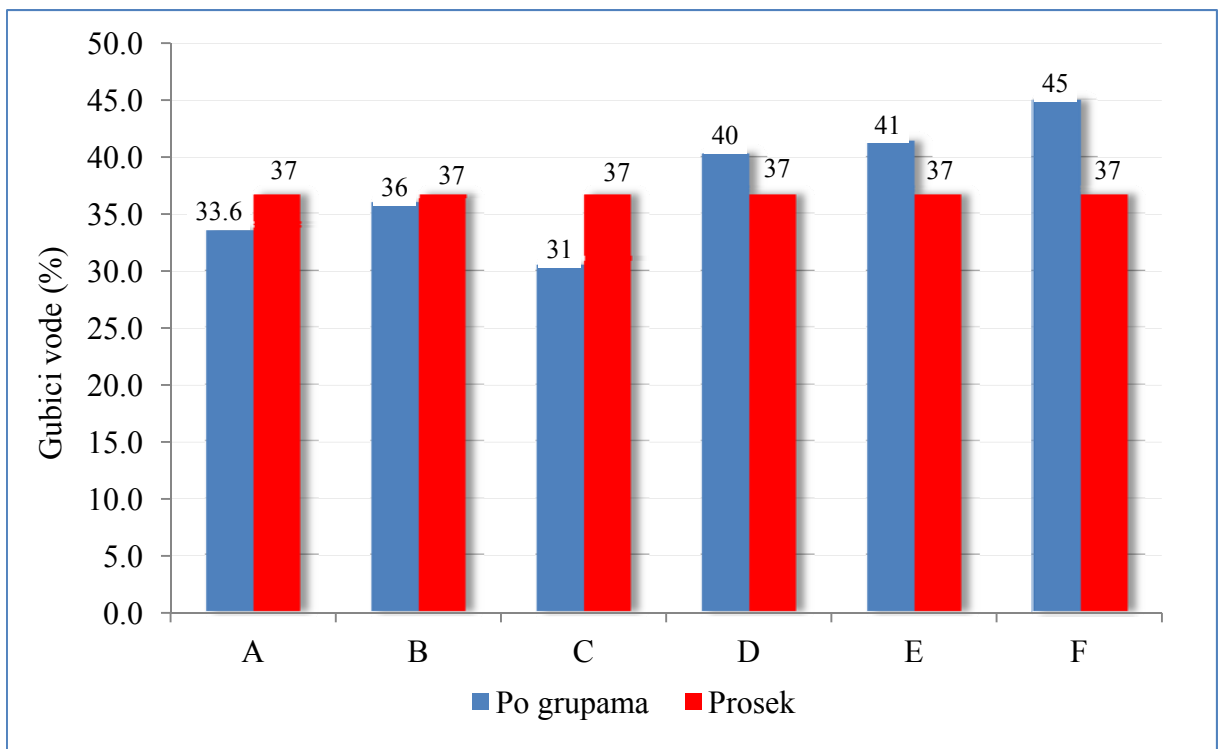
Slika 5.3 Republika Srbija – Broj stanovnika priključenih na javni vodovod



Slika 5.4 Republika Srbija – Priključenost stanovništva (%) na javne vodovode u 148 opština



Slika 5.5 Specifična potrošnja u Republici Srbiji po grupama gradova



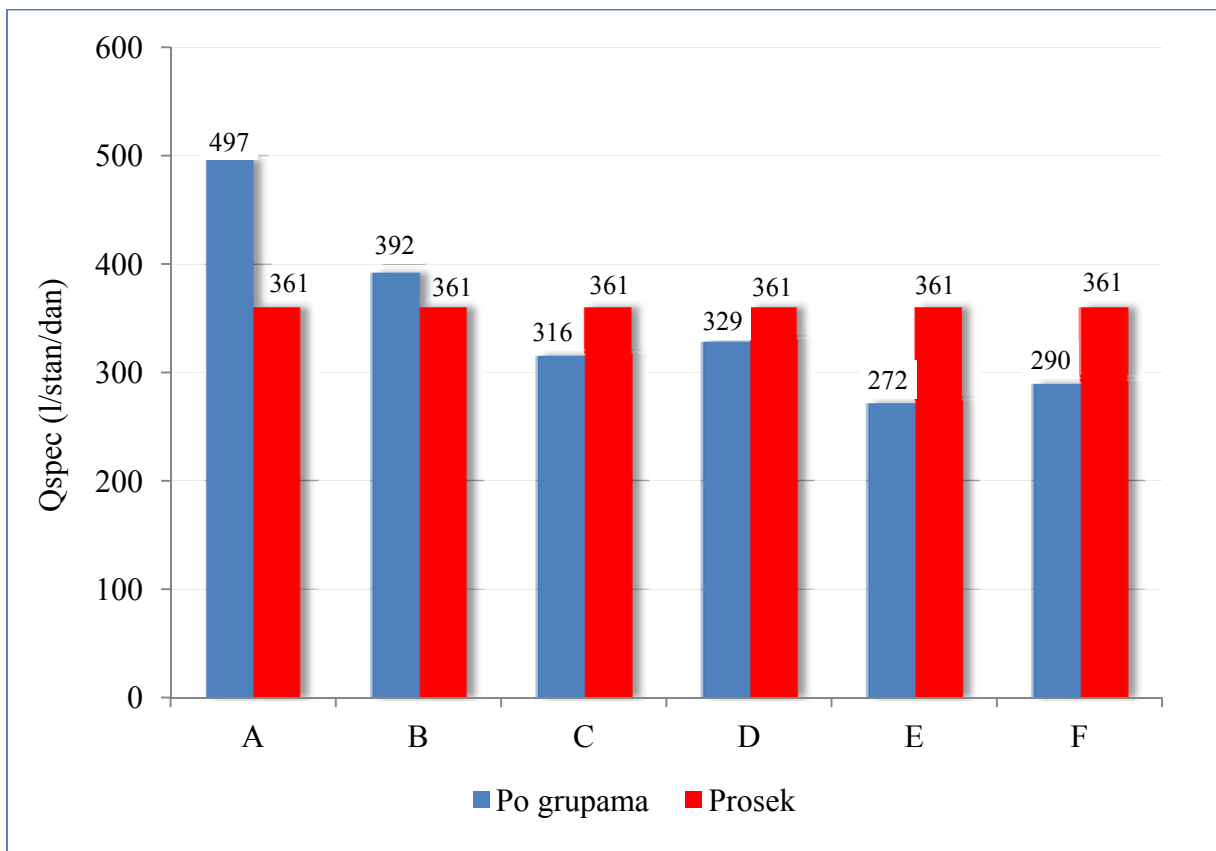
Slika 5.6 Gubici vode – procenat od isporučene vode (%)

5.2.4 Karakteristike potrošnje vode

Na osnovu podataka o broju stanovnika koji se vodom za piće snabdevaju preko javnih vodovoda, o proizvodnji i potrošnji vode, dobijenih anketom sprovedenom za potrebe ove studije, moguće je dobiti vrednosti osnovnih karakteristika potrošnje vode. Na narednim priložima prikazane su karakteristike potrošnje vode u vodovodima obuhvaćenim Studijom, odnosno specifična potrošnja vode po karakterističnim grupama vodovoda/opština:

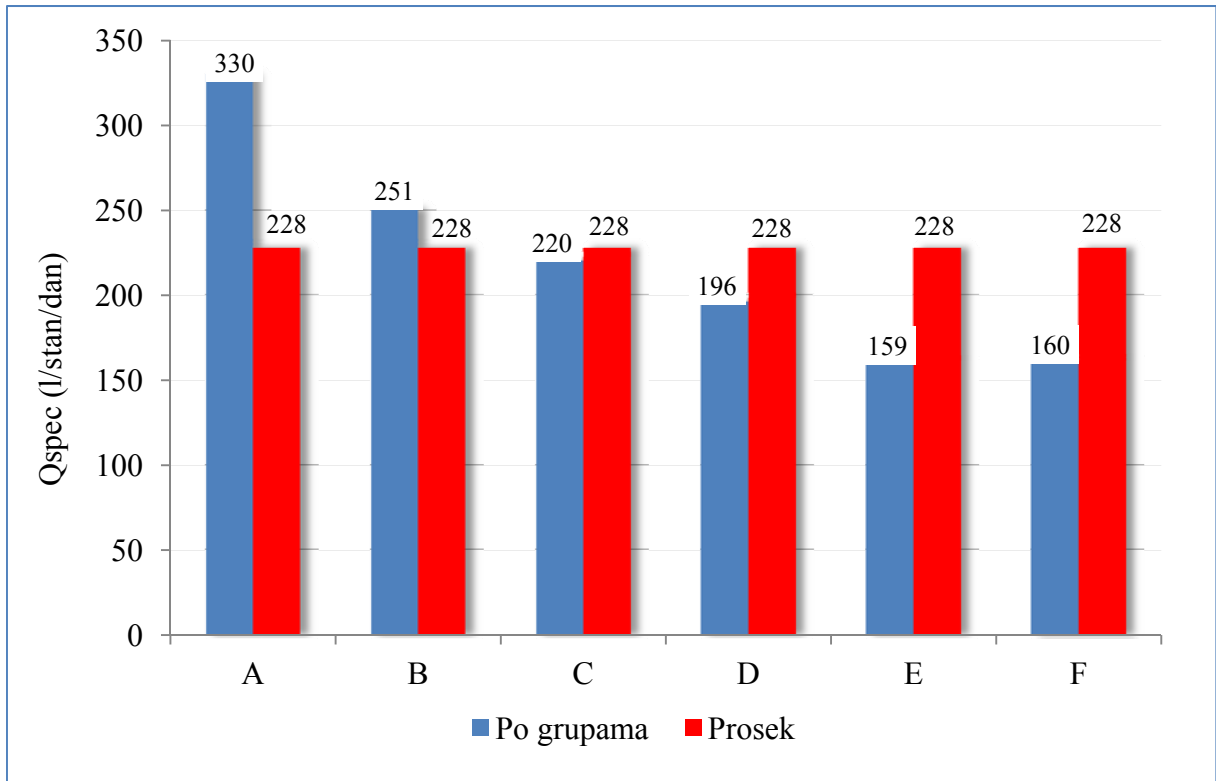
- Ukupna – bruto sa uračunatom neregistrovanom potrošnjom i gubicima – u odnosu na isporučenu/proizvedenu vodu;
- Neto – u odnosu na fakturisane količine vode.

Neto specifična potrošnja vode (neto – bez gubitaka) u 2004. godini bila je u opsegu od 159 l/st/dan – grupa E, do 330 l/st/dan – grupa A (Beograd), sa prosečnom vrednošću 228 l/st/dan za čitavo razmatrano područje. Ukupna specifična potrošnja vode (bruto – sa gubicima) kreće se od 272 l/st/dan – grupa E, do 497 l/st/dan – grupa A (Beograd), sa prosečnom vrednošću 361 l/st/dan za čitavo razmatrano područje. Detaljnijom analizom podataka za određeni broj opština moguće je izvesti i specifičnu potrošnju vode po kategorijama potrošača – stanovništva, kao i dela specifične potrošnje koja se odnosi na pravna lica – privredu, neprivredu itd.



Slika 5.7 Ukupna specifična potrošnja vode – bruto – sa uračunatim gubicima (l/stan/dan)

Poglavlje 5. Primenljivost IWA metodologije određivanja tehničkih pokazatelja u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji



Slika 5.8 Ukupna specifična potrošnja vode – neto – bez uračunatih gubitaka (l/stan/dan)

U Tabeli 5.8 prikazani su zbirno osnovni pokazatelji korišćenja vode za snabdevanje stanovništva i industrije vodom za piće: zahvatanje, proizvodnja i potrošnja vode i odgovarajuće specifične potrošnje u republici.

R. broj	Teritorija	Zahvaćena voda	Isporučeno / proizvodnja	Potrošnja	Gubici (3) - (5) (4) - (5)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Republika Srbija	24.5 (m ³ /sec)	22.9 (m ³ /sec)	14.5 (m ³ /sec)	10 (m ³ /sec)
					8.4 (m ³ /sec)
2		776 x 10 ⁶ m ³	724 x 10 ⁶ m ³	458 x 10 ⁶ m ³	318 x 10 ⁶ m ³
					266 x 10 ⁶ m ³
3		387 l/st/dan	361 l/st/dan	228 l/st/dan	159 l/st/dan
	133 l/st/dan				
4	100	93.3%	59%	34.3%	
5	-	100	63.6%	36.7%	

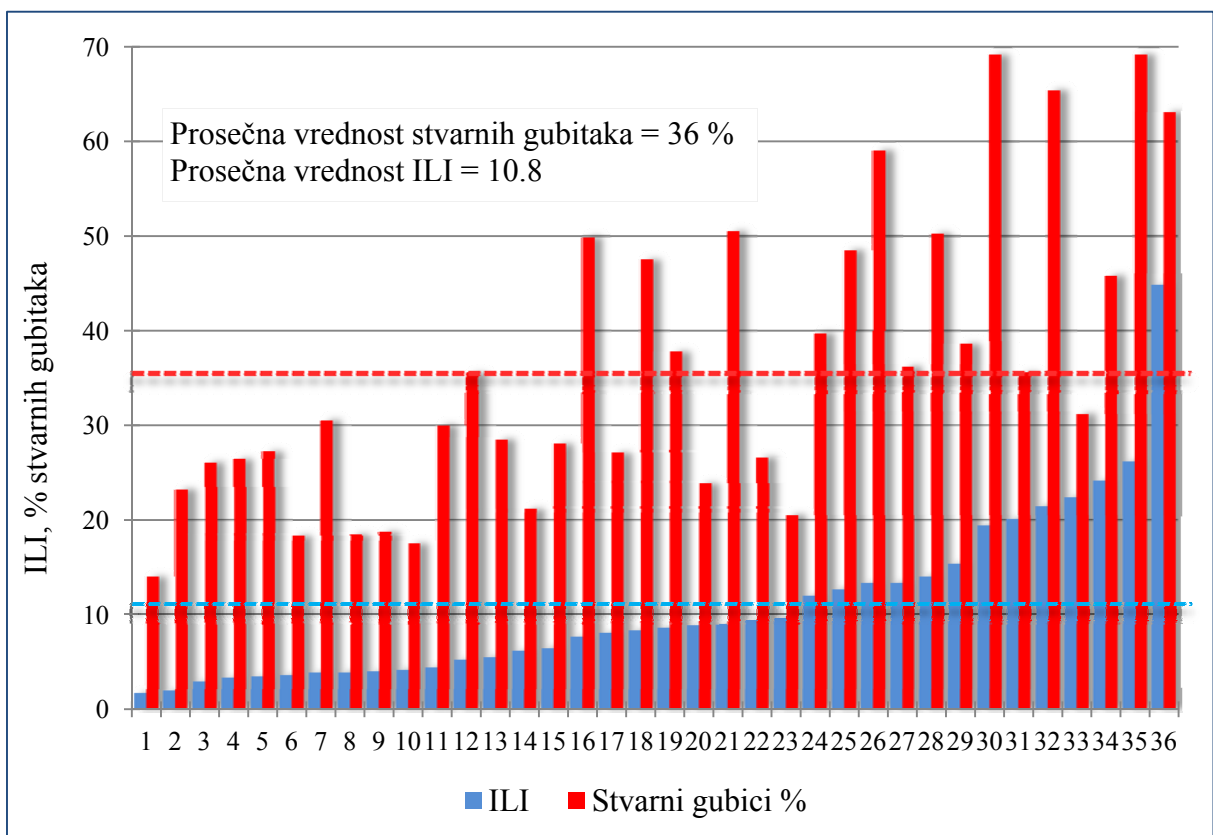
Tabela 5.8 Osnovni pokazatelji korišćenja vode za piće u Republici Srbiji

5.3 IWA metodologija procene pokazatelja efikasnosti funkcionisanja vodovodnih sistema u Srbiji

Vodovodni sistemi u Srbiji se sastoje uglavnom od cevi starih preko 40 godina. Uglavnom su izgrađeni od čeličnih i azbest cementnih, dok su noviji vodovodni sistemi izgrađeni od plastičnih, polietilenskih i duktilno livenih cevi. U Srbiji je često diskutabilna tačnost podataka o dužini i poziciji cevi, o protoku i pritisku, kao i o broju korisničkih priključaka na vodovodnim mrežama, što sve otežava i unosi neizvesnost u procenu vrednosti ILI. Da bi se sprovela IWA metodologija morale su biti uvedene sledeće pretpostavke:

- Rastojanje od priključka do korisničkog vodomera je vrlo često nedostajući podatak, pa je usvojena srednja vrednost od 10 m,
- Nenaplaćena neizmerena ovlašćena potrošnja je prihvaćena za sve vodovodne sisteme kao 1% ukupno unete vode u sistem,
- Neovlašćena potrošnja – divlji priključci i korišćenje vode sa hidranata je procenjena na 1% ukupno unete vode u sistem,
- Greške merenja potrošnje usled slabe osetljivosti korisničkih vodomera tokom minimalne potrošnje su procenjena na 1% ukupno unete vode u sistem

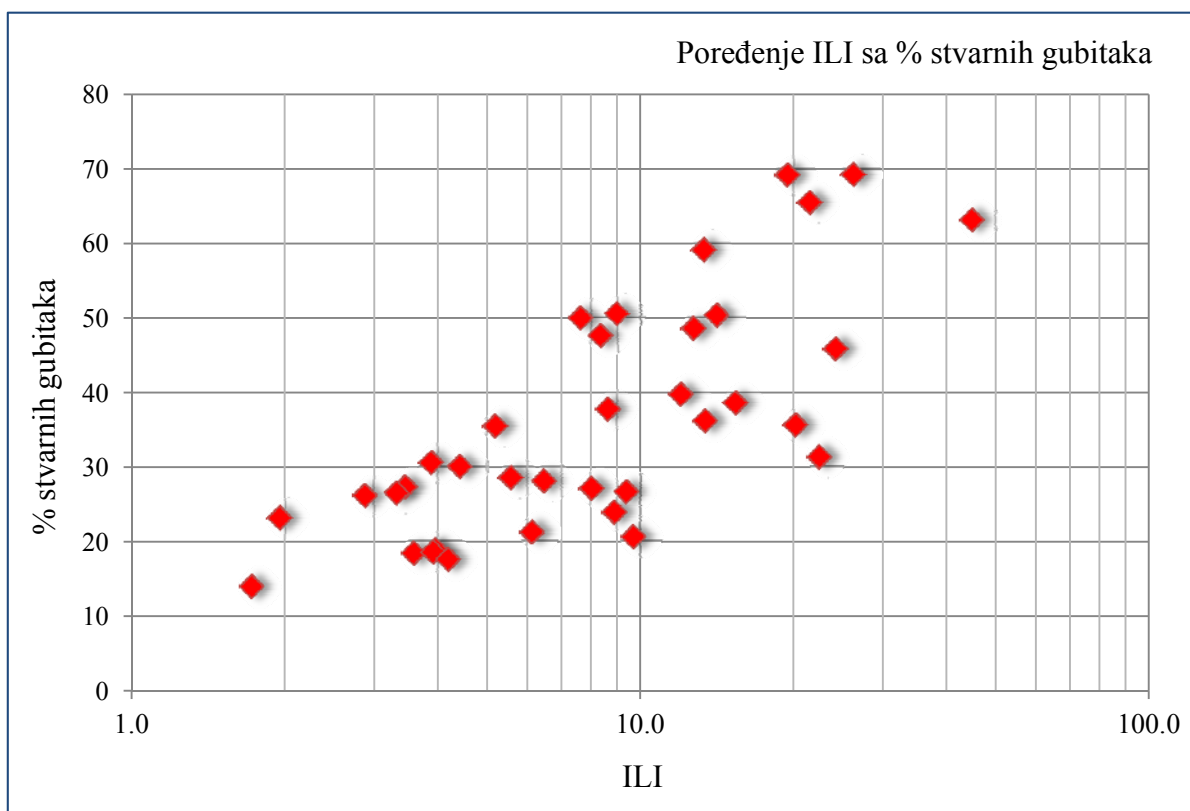
Prihvaćeno je da su svi vodosistemi imali uredno vodosnabdevanje tokom svih 365 dana, dok je stvarna situacija drugačija; prekidi u snabdevanju smanjuju UARL i povećavaju vrednosti ILI.



Slika 5.9 Stvarni gubici vode u % i vrednosti ILI za neke od vodovoda u Srbiji [36]

Po IWA metodologiji, sa prihvaćenim pretpostavkama, sračunati su podaci sa 36 vodovodnih sistema u Srbiji, odabranih po kvalitetu i kompletnosti dostavljenih podataka. Srednja vrednost UARL i vrednost ILI pokazuju grešku od 12% i ne daju klasu tačnosti koju preporučuje IWA sa intervalom poverenja od 95%.

Prosečna vrednost stvarnih gubitaka u procentima iznosi 36% sa ekstremnom vrednošću koja dostiže skoro 70%! Srednja vrednost ILI je skoro 11 što pokazuje da su gubici u proseku 11 puta veći od neizbežnih (Slika 5.9)



Slika 5.10 Veza ILI i stvarnih gubitaka izraženih u procentima u Srbiji [36]

Na primeru srpskih vodovoda je još jednom dokazano da ne postoji funkcionalna veza između gubitaka vode izraženih u procentima i tehničkog pokazatelja ILI po IWA metodologiji. Bez obzira na to, može se zaključiti na primeru naših vodovoda da visok stepen gubitaka u procentima, posmatrajući povezane vrednosti ILI, ukazuje na jako loše infrastrukturno stanje srpskih vodovodnih sistema.

Uprkos zapaženim problemima u primeni IWA preporuke i sračunavanju vrednosti UARL, TIRL i ILI kao tehničkih pokazatelja u Srbiji, dosledna primena ove metodologije može pomoći da se promeni shvatanje predmetne problematike i postave novi standardi koji će ukazati vodovodnim sistemima na nivo njihove funkcionalnosti i mogućnosti povećanja sopstvene upešnosti, obzirom da vodni resursi u Srbiji baš i nisu tako izdašni (u principu mnogi manji sistemi se istovremeno suočavaju sa oba ozbiljna problema, nedostatkom vode i visokim stepenom gubitaka). Situacija je takva da se moraju hitno preduzeti odlučni koraci na nacionalnom nivou kako bi se ustanovio sveobuhvatni pristup ovom problemu i definisala nacionalna strategija za upravljanje gubicima vode.

5.4 Pirotski vodovodni sistem – studija slučaja

Opština Pirot se nalazi u jugoistočnom delu Srbije u istoimenoj kotlini (Pirotka kotlina) na obalama reke Nišave.

Opština Pirot se graniči sa:

- opštinom Dimitrovgrad na jugoistoku;
- opštinom Babušnica na jugozapadu;
- opštinom Bela Palanka na severozapadu;
- opštinom Knjaževac na severu i
- Republikom Bugarskom na severozapadu (u dužini od 65 km).



Površina na kojoj se prostire teritorija opštine Pirot iznosi 1,232 km². Po prostranosti se nalazi na trećem mestu u Srbiji, iza opština Kraljevo i Zrenjanin.

Konfiguracija terena: planinski deo je najzastupljeniji sa 40%, zatim slede brdski i ravničarski deo sa po 30% učešća.

Šume, livade i pašnjaci zauzimaju znatno veća prostranstva od obradivih površina. Livade i pašnjaci učestvuju u strukturi poljoprivrednih površina sa 62% poljoprivrednog zemljišta. Obradive površine se nalaze u dolinama reka Nišave i Jerme.

Hydroenergetski potencijal: Jezera na teritoriji opštine Pirot su: Zavojsko, Krupačko i jezero kod sela Sukova. Kroz grad Pirot protiču Nišava i Gradašnička reka. Hidroenergetski potencijal omogućava izgradnju mini elektrana na Nišavi, Temštici i Visočici.

Područje opštine Pirot je vrlo bogato šumama. Ukupna površina pod šumama se procenjuje na 41,756 ha. Postoje i četiri izuzetne prirodne vrednosti: jedna biljka zvana rosulja, tj. njeno stanište, dva stabla hrasta i jedno stablo crnog bora.

Teritorija opštine Pirot obiluje izvorima čiste vode. U gradu postoji 1 vodovod i 11 vodovoda u selima. Zapaženo je i prisustvo termalnih i lekovitih voda.

Neke od prednosti opštine Pirot, koje se mogu izdvojiti su:

- Geografski položaj, zbog blizine granice i međunarodnog koridora E-10,
- Prirodni resursi, ekološki čista sredina: zdrava hrana, čista voda, šumska bogatstva, hidropotencijal reke Nišave i njenih pritoka,
- Stara planina, perspektivni turistički resurs.

Osnovni podaci o stanovništvu, prema popisu iz 2002. godine kažu da je opština Pirot je imala 63,791 stanovnika, koji žive u:

- 22,711 domaćinstava i
- 28,115 stanova, bilo da su to gradski ili seoski stanovi.








Od toga u gradu živi 40,678 stanovnika ili 64%, dok u selu živi 23,113 ili 36% stanovništva.

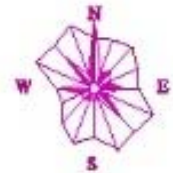
Prosečna gustina naseljenosti u opštini Pirot je 52 stanovnika po km², što je ispod republičkog proseka.

Najveći privredni subjekti su a.d. "Tigar", gumarska industrija koja upošljava 4,650 radnika i "Prvi maj", tekstilna industrija sa oko 2,000 radnika.



Legenda:

- | | | | |
|---|------------------|---|-----------------|
|  | Državna granica |  | Auto put |
|  | Granica Opštine |  | Magistralni put |
|  | Gradsko područje |  | Regionalni put |
| | |  | Pruga |



Slika 5.11 Pregledna karta opštine Pirot (Površina: 1235 km², R 1:250 000)

5.4.1 Postojeća izvorišta

Geografski položaj, orografske karakteristike i geološki sastav terena, učinili su da se na području opštine Pirot nađe relativno veliki broj izvora visokokvalitetne vode, uglavnom karstnog porekla. Voda koja uglavnom dolazi iz karstifikovanih krečnjačkih masa, pogodna je za vodosnabdevanje uz minimalni stepen dezinfekcije.

Voda kaptirana na izvorištima opštine Pirot se u najvećem delu godine može koristiti za vodosnabdevanje uz hlorisanje da bi se eliminisalo eventualno bakteriološko zagađenje, dok se u kraćim vremenskim periodima na pojedinim izvorištima javljaju zamućenja, pa je u tim intervalima potrebno izvršiti tretman vode pre upuštanja u sistem.

Na području opštine je prepoznat veći broj izvorišta značajnog kapaciteta (Kavak, Krupac I i II, Gradište, Jelovičko vrelo, Vodovija, minimalne izdašnosti preko 30 l/s) i jedan broj izvora sa nešto manjom izdašnošću (Bezdan, Čeltaš) ali perspektivnih s aspekta vodosnabdevanja. Pored toga, postoji i niz izvora manje izdašnosti, sasvim dovoljne za vodosnabdevanje sela u blizini.

Najveća reka u opštini Pirot jeste Nišava koja dotiče iz Bugarske. Veći broj bistrih planinskih reka nalazi se u slivu Nišave i godinama je predstavljao izvor života za lokalno stanovništvo (Jerma, Jelovička reka, Rosomačka reka, Dojkinačka reka, Visočica, Toplodolska Reka, reka Temska, Gradašnička reka i veći broj manjih vodotokova).

Pregrađivanjem korita reke Visočice formirana je višenamenska akumulacija Zavoj, iz koje se voda trenutno koristi samo za proizvodnju električne energije (4 časa dnevno), a u perspektivi se očekuje i korišćenje vode za vodosnabdevanje Pirota i Niša.

Izvorišta sa najvećom izdašnošću u sušnim periodima su Kavak, Krupac I i II, Gradište, Klok, Banjica (kaptirani za potrebe grada Pirota i Krupačkog sistema), Veliko Jelovičko i Vodovija i Ždrelo, koja nisu kaptirana.

Ukupne količine vode karstnih izvorišta, prema podacima iz izveštaja Geozavoda iz 1990. u periodu minimalne izdašnosti iznose oko 860 l/s. Izvorišta na kojima su do sada izgrađene neke kaptaze za vodosnabdevanje imaju ukupnu izdašnost oko 530 l/s, s tim da se sa većeg broja izvorišta, osim onih koja snabdevaju gradski sistem, u malovodnom periodu raspoložive količine vode koriste delimično. Ostatak vode odlazi u prirodne vodotokove i održava ravnotežu u ekosistemima.

Izvorišta na koja se u perspektivi računa za potrebe vodosnabdevanja Pirota i prigradskih naselja jesu izvorišta podzemne vode Kavak, Krupac I i II i Gradište, perspektivna su Bezdan i Čeltaš na njima se vrše detaljnija istraživanja. Za potrebe snabdevanja industrije tehničkom vodom može se koristiti izvorište Sarlah Banjica, koje je ocenjeno nepovoljnim za vodosnabdevanje stanovništva zbog neposredne blizine saobraćajnica. Ova izvorišta mogu obezbediti ukupnu izdašnost u minimumu od oko 350 l/s.

5.4.2 Postojeće stanje snabdevanja vodom opštine i grada Pirota

Na teritoriji opštine Pirot najveći broj stanovnika i veći broj naselja ima organizovano snabdevanje pijaćom vodom. Najveći sistem svakako predstavlja gradski sistem vodosnabdevanja na koji se fizički i organizaciono naslanja jedan deo naselja u neposrednoj blizini. Veliki broj karstnih izvorišta na području opštine daje mogućnosti snabdevanja

stanovništva svih ostalih naselja kvalitetnom vodom, sa dovoljnim količinama u većem delu godine.

Samo manji broj sela, među kojima se ističu Srećkovac i Ponor nemaju dovoljne količine vode. Problemi koji se u ostalim selima javljaju su vezani za neizgrađenost sistema kolektivnog snabdevanja sa svim pratećim elementima za efikasno vodosnabdevanje.

5.4.3 Organizaciona celina kojom upravlja JP VIK Pirot

JP Vodovod i kanalizacija Pirot osnovano je 1961. godine. Sistemu organizaciono pripadaju gradsko područje i šira okolina, u kojoj se nalaze i najveća sela u opštini Pirot koja imaju više od 1,000 stanovnika (Krupac, Berilovac, Gnjilan, Novi Zavoj, Poljska Ržana).

Najveći sistem vodosnabdevanja se nalazi u samom gradu Pirotu. Fizički deo ovog sistema predstavljaju delovi sistema vodosnabdevanja naselja Novi Zavoj, Berilovac, niži (veći deo) sela Gnjilan i sela Veliki Suvodol i Mali Suvodol.

Selo Gnjilan, tj. njegovi viši delovi snabdevaju se crpkama iz bunara Banjica.

Selo Donja Držina ima svoj sistem vodosnabdevanja, koji je deo pirotskog sistema utoliko što se za vodosnabdevanje sela zahvata voda iz gradskog izvorišta Kavak. U istoimenoj crpnoj stanici za potrebe vodosnabdevanja Pirota su instalisane 4 crpke, dok je za selo Donja Držina instalisana 1+1 crpka, ali ne postoji direktna hidraulička povezanost između ova dva sistema. Sistem vodosnabdevanja sela Donja Držina organizaciono pripada sistemu kojim gazduje JP Vodovod i kanalizacija Pirot.

“Krupački sistem” - Sela Krupac i Veliko selo se snabdevaju sa izvorišta Klok u podnožju sela Krupac, preko zajedničke crpne stanice (1+1) crpka i jednog rezervoara; Ovaj sistem je deo organizacione celine sistema JP Vodovod i kanalizacija Pirot.

“Krupački sistem” - Sela Poljska Ržana, Trnjana, Mali Jovanovac i Veliki Jovanovac snabdevaju se takođe sa izvorišta Klok u podnožju sela Krupac, imaju svoje instalisane crpke (1+1) u istoj crpnoj stanici, ali imaju poseban rezervoar; Ovaj sistem je deo organizacione celine sistema JP Vodovod i kanalizacija Pirot.

U ovim sistemima domaćinstva imaju ugrađene vodomere. Ukupan broj vodomera koje periodično očitava JP Vodovod i kanalizacija u gradskom i prigradskim sistemima je oko 14,400. Voda se u ovim sistemima obavezno hlorige, a kvalitet vode po zahtevu JP Vodovod i kanalizacija Pirot kontroliše redovno Zavod za zaštitu zdravlja Pirot. Time je obezbeđena funkcionalnost sistema i higijenska ispravnost vode za piće.

Karakteristično je za ova sela da su ostvarene dobri uslovi saobraćanje komunikacije. Berilovac je u neposrednoj blizini grada, dok su Krupac, Poljska Ržana, Trnjana, Mali Jovanovac i Veliki Jovanovac smešteni u neposrednoj blizini korita reke Nišave, istočno od međunarodnog puta Pirot - Sofija. Selo Držina je sa zapadne strane puta Pirot – Sofija.

Gnjilan je u neposrednoj blizini gradskog područja, na putu za Babušnicu, a sela Mali Suvodol i Veliki Suvodol se nalaze na starom putu za Belu Palanku koji bi uskoro trebalo da bude revitalizovan.

Sve ove sisteme, zbog određenih problema u radu, tj. zbog potrebe povećanja stepena pouzdanosti vodosnabdevanja stanovništva higijenski ispravnom vodom, potrebno je povezati i fizički, tj. ostvariti hidrauličku vezu.

JP Vodovod i kanalizacija Pirot		
Izvorište	gradski sistem	stanovnika
Kavak, Krupac I i II, Gradište	Berilovac	1,933
	Novi Zavoj	523
	Pirot	40,678
	Veliki Suvodol	523
	Mali Suvodol	281
	Gnjilan	1,200
	Σ	45,138
Izvorište	prigradski sistemi	stanovnika
Bunar Banjica	Gnjilan	1,278
	Σ	1,200
Klok	Krupac	1,444
	Veliko selo	345
	Σ	1,789
Klok	Veliki Jovanovac	395
	Mali Jovanovac	144
	Poljska Ržana	1,349
	Trnjana	157
	Σ	2,045
Kavak	Držina	472
	Σ	472
Σ	prigradski sistemi	5,584
	stanovnika	50,722

Tabela 5.9 Broj stanovnika u sistemima kojima upravlja JP Vodovod i kanalizacija Pirot, prema popisu iz 2002 [31]

5.4.4 Vodovodni sistem gradskog područja

Pirotski vodovod je izgrađen 1961. godine, projektant Inženjersko projektni zavod Zagreb. Preduzeće JP Vodovod i kanalizacija je nasledilo gravitacionu vodovodnu instalaciju iz turskog doba, staru preko 100 godina, sanitarno nezaštićenu. Procenjuje se da je ukupan kapacitet izvorišta u periodu najmanje izdašnosti oko 300 l/s. JP Vodovod i kanalizacija Pirot obezbeđuje pitkom vodom oko 40,000 stanovnika u samom gradu, odnosno oko 10,500

individualnih domaćinstava i 150 kućnih saveta, čime je oko 99% teritorije grada pokriveno vodovodnim instalacijama. Pored toga, snabdeva se i lokalna industrija.

Grad je visinski podeljen u dve zone, fizički odvojene: I visinska zona od 365-400 mnm i II visinska zona 400-440 mnm. I visinska zona se vodom snabdeva iz izvorišta Kavak, Krupac I i II i Gradište, a rezerve vode se čuvaju u rezervoarima Sarlah i Provalija. II visinska zona za snabdevanje koristi rezerve vode iz rezervoara Provalija (naselja Radin Do i Provalija), dok se voda za Novi Zavoj i Prčevac doprema buster crpkom, a rezerve se čuvaju u rezervoaru Novi Zavoj.

Sa izvorišta Kavak, oko 2.5 km jugoistočno od Pirota, voda se potiskuje preko istoimene crpne stanice kapaciteta 90 l/s, liveno gvođenim cevovodom prečnika 350 mm direktno u distribucionu gradsku mrežu. Trenutni višak vode u sistemu akumulira se u rezervoaru Sarlah, zapremine 2,000 m³, na koti 420 mnm.

Iz izvorišta Krupac I i II, kod Velikog sela, koji su udaljeni oko 10 km od Pirota, i izvorišta Gradište, koje se nalazi oko 15 km udaljeno od Pirota, voda se gravitaciono dovodi kroz AC cevi 600 mm (kapacitet oko 300 l/s) do filterskog postrojenja Berilovac (kapaciteta oko 200 l/s), a preostala količina vode, se bez tretmana cevovodom 400 mm (kapaciteta oko 100 l/s) odvodi u industrijsku zonu za potrebe fabrike Tigar kao tehnička voda. Voda se nakon filtriranja iz PS Berilovac ubacuje u gradsku distributivnu mrežu, a višak se akumulira u rezervoaru Provalija (Piro 1), zapremine 5,000 m³, postavljenom na koti 420,5 mnm.

Za zadovoljenje potreba potrošača II visinske 1999. godine je izgrađena buster stanica Novi Zavoj, kapaciteta 20 l/s i povezana potisnim cevovodom sa rezervoarom Novi Zavoj, zapremine 250 m³, na koti 450 mnm. Ovim sistemom se snabdeva naselje Novi Zavoj tj. 1,458 stanovnika prema popisu iz 2002. Za potrošače II visinske zone naselja Radin Do i Provalija, koji se trenutno snabdevaju vodom preko hidroforske pumpe smeštene u zatvaračnici rezervara Provalija, u planu je izgradnja dodatnog rezervoarskog prostora 2x125 m³ na lokaciji Provalija na koti 455 mnm. Iz gradskog sistema se direktno snabdevaju i selo Berilovac (1,933 stanovnika), deo naselja Gnjilan (oko 2,000 stanovnika), sela Mali Suvodol (281 stanovnik) i Veliki Suvodol (523 stanovnika).

Ukupan broj stanovnika, koji se direktno snabdevaju iz gradskog sistema sa izvorišta Kavak, Krupac i Gradište, tj. grad Piro 1, deo naselja Gnjilan, naselja Novi Zavoj, Berilovac, i sela M. Suvodol i V. Suvodol, je oko 46 000 stanovnika.

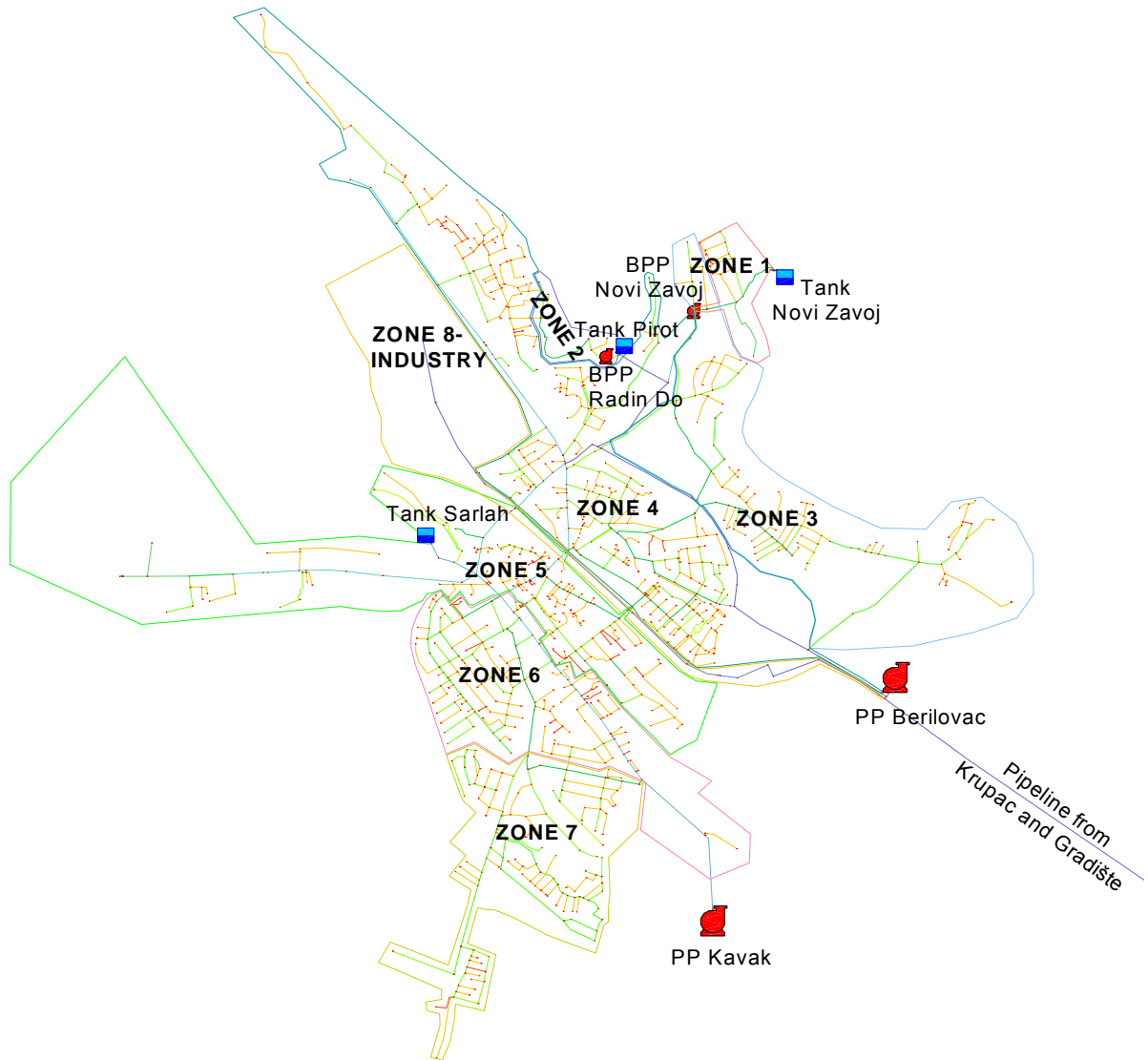
Za vodosnabdevanje se koriste izvorišta kvalitetne karstne vode, koja je u najdužem periodu godine izvanrednog kvaliteta. Izuzetak su periodi koji prate intenzivne padavine i topljenje snega, kada dolazi do naglog povećanja izdašnosti ali i povećanja mutnoće i prisustva bakterija. Najviše se koriste dva izvorišta, Kavak i Krupac, dok se treće izvorište, Gradište koristi povremeno, tokom letnjih meseci ili u periodima zamućenja Krupca, obzirom da se na Gradištu zamućenje kasnije pojavljuje.

Postavljene su dve glavne pumpne stanice, Kavak, na istoimenom izvorištu na koti 373 m.n.m i Berilovac, na koti 372 m.n.m koja u stvari predstavlja buster stanicu na cevovodu koji dovodi vodu sa Krupca i Gradišta.

Sistem radi bez prekida vodosnabdevanja tokom cele godine, sa izuzetkom vrlo kratkih perioda isključenja pojedinih delova sistema ako se moraju obaviti intervencije na glavnom cevovodu, koje se brzo i efikasno obavljaju.

Konfiguracija sistema vodosnabdevanja u Pirotu je prikazana na Slici 5.12. Na istoj slici je prikazan moguć plan podele sistema na zone u kojima se vrši kontrola pritiska. Ovaj plan

podele je iskorišćen da se na matematičkom modelu proceni uticaj smanjenja radnog pritiska na tehničke pokazatelje efikasnosti (PI) [31].



Slika 5.9 Konfiguracija vodovodnog sistema Pirot sa planom uvođenja zona za kontrolu pritiska [36]

Vodovodna mreža je izgrađena od cevi različitog materijala (AC, liveno gvozdene, PVC, polietilen), maksimalnog prečnika 600 mm. Gradski vodovodni sistem je ukupne dužine oko 120 km (sa glavnim dovodom oko 60 km i oko 60 km distributivne mreže).

Cevovodi u distributivnoj mreži su izgrađeni od različitih materijala. Zastupljene su liveno-gvozdene (14%), azbest cementne (40%) i plastične cevi (46%), prečnika 50 – 600 mm. U Tabeli 5.10 prikazana je zastupljenost dužina cevi, u zavisnosti od veličine prečnika i materijala od koga su izrađene.

Poglavlje 5. Primenljivost IWA metodologije određivanja tehničkih pokazatelja u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji

Glavni dovodi vode			Distributivna mreža		
≤Ø150	čelik i LG	5,436	≤Ø50	PCC	9,700
	AC	9,260		PE	10,300
	PVC	16,102			
Σ		30,798	Σ		20,000
Ø150-Ø250	LG	2,665	Ø65-Ø100	PE	17,826
	AC	580		AC	17,715
	PL	630		LG	5,000
Σ		3,875	Σ		40,541
Ø250-Ø400	Č	135			
	LG	3,325			
	AC	1,890			
Σ		5,350			
Ø400-Ø600	AC 500	7,030			
	AC 600	8,800			
	ACC	2,755			
	Č	881			
Σ		19,466			
Σ (metara)		59,489	Σ (metara)		60,541

Tabela 5.10 Zastupljenost dužina cevi, u zavisnosti od veličine prečnika i materijala od koga su izrađene.

Osnovu vodovodske mreže čine dovodne cevi sirove vode sa izvorišta Krupac I i II i Gradište do PS Berilovac, od ACC cevi prečnika Ø 600 mm, L = 8.120 m i Ø500 mm, L = 7030 m i magistralni cevovodi distributivne mreže prve visinske zone Pirota.

PS "Berilovac" – R "Pirota 1" - Ø500 mm, L = 3.400 m PS "Kavak" – R "Sarlah" – Ø350 mm i Ø250 mm, L = 3.300 m (1.165 m cevi Ø350 mm i 2.605 m cevi Ø2500 mm).

Kapacitet dovodnih cevovoda sirove vode, a za minimalnu potrebnu kotu piježometra za uredan rad PS Berilovac ($\Pi = 377.5$ mm) je do 375 l/s maksimalni pojedinačni kapacitet

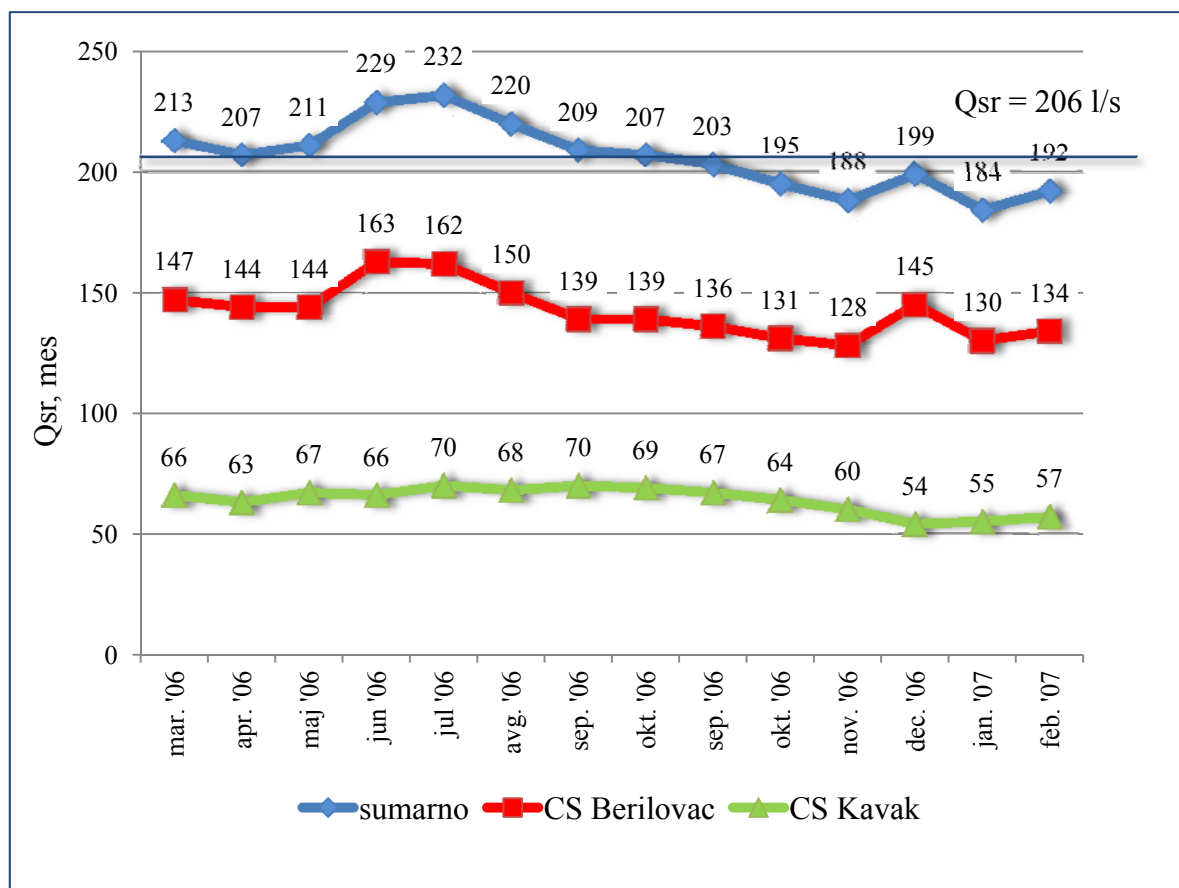
dovoda sa izvorišta Krupac je 365 l/s, a sa izvorišta Gradac je 285 l/s. Pri zajedničkom radu oba izvorišta u uslovima minimalne izdašnosti $Q=250l/s$ (Krupac – 150 l/s; Gradište – 100 l/s), kota piježometra PS Berilovac je 387.2 mm (9.7 mvs viši od minimalno potrebnog za rad PS).

Prosečna starost cevi je oko 40 godina. Usled konfiguracije terena, u sistemu trenutno postoje tri visinske zone. Glavna i najveća zona se nalazi u centralnom delu grada, sa oko 90% stanovništva.

Za čuvanje rezervi vode i izravnjanje pritiska ove zone se koriste dva rezervoara, Sarlah sa 2.000 m³ zapremine, sa kotom dna na 420 m.n.m i Pirost sa 5.000 m³ zapremine, sa kotom dna na 420.5 m.n.m. Oba rezervoara su locirana na dijametralno suprotnoj strani od pumpnih stanica i pune se iz glavnih cevovoda na vodovodnoj mreži. Maksimalna dubina vode u oba rezervoara je 5 m.

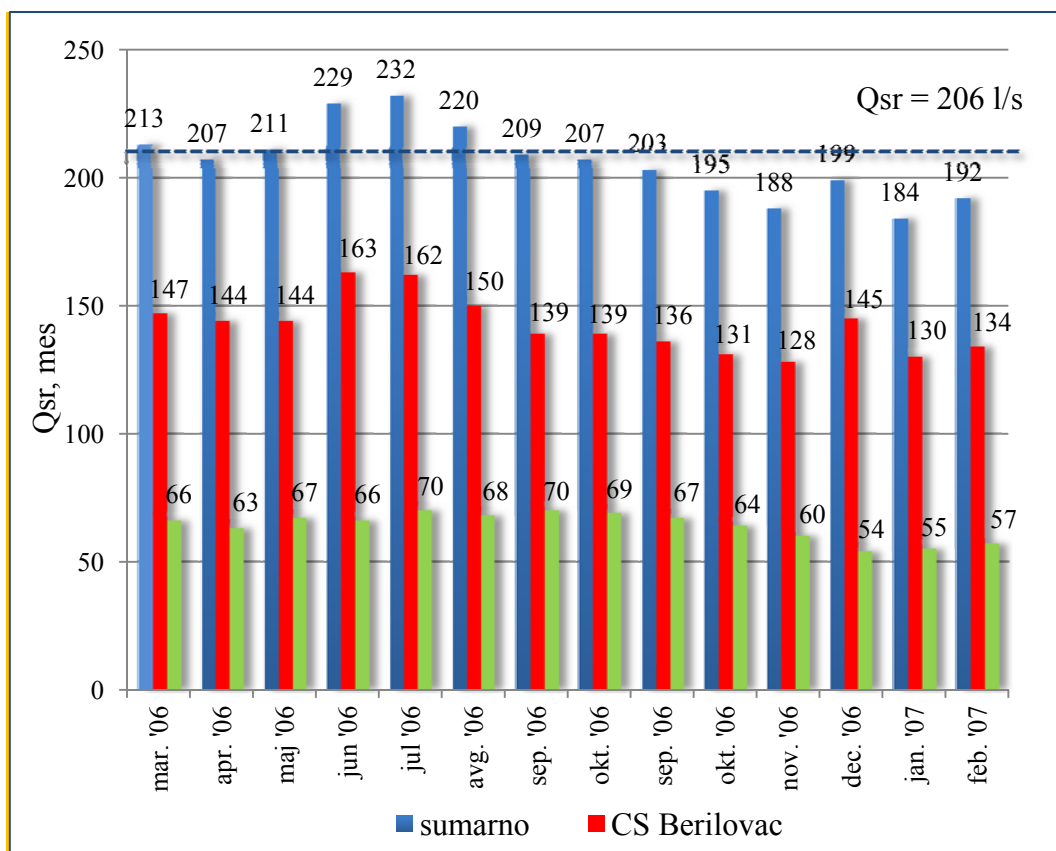
Centralna zona je uglavnom na ravnom terenu i pritisak varira tokom dana u opsegu 4,5 – 6.3 bara. Druge dve zone (Zona 1 i 2) su male, u stvari to su dva predgrađa na koti iznad 390m.n.m. Zona 1 se snabdeva buster pumpom Novi Zavoj, koja popunjava rezervoar Novi Zavoj (250 m³), radeći par sati u toku dana. Zona 2, Radin Do, snabdeva se preko buster pumpe koja je smeštena u zatvaračnici rezervoara Pirost.

U gradu postoji industrijska zona, koja se gravitaciono snabdeva posebnim cevovodom sa Krupca i Gradišta, u ustaljenom režimu oko 15 l/s. U industrijskoj zoni dominira industrija gume Tigar, jedan od najvećih srpskih izvoznika, dok je nivo aktivnosti ostalih potrošača vode u ovoj zoni znatno niži.



Slika 5.10 Srednji mesečni proticaj sa CS Kavak i Berilovac (1)

Poglavlje 5. Primenljivost IWA metodologije određivanja tehničkih pokazatelja u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji

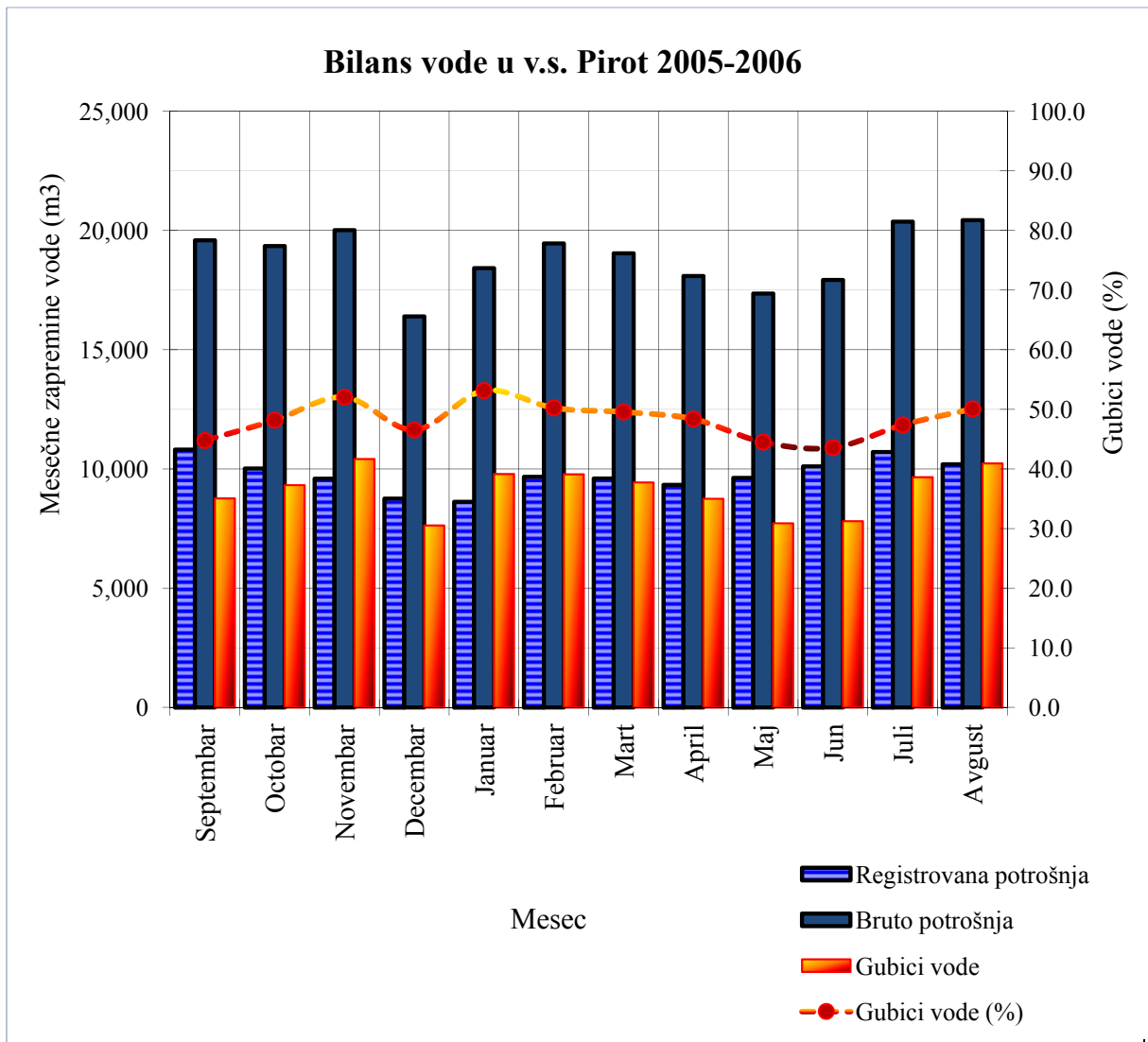


Slika 5.11 Srednji mesečni proticaj sa CS Kavak i Berilovac (2)

Od podataka koji su u kontinuitetu prikupljeni tokom protekle decenije, zbog kompletnosti i pouzdanosti merenja, odabran je i analiziran period 2005/2006, prikazano u Tabeli 5.11.

Bilans vode	Voda uneta u sistem	Registrovana potrošnja	Neregistrovana potrošnja	Gubici vode
Mes. 2005-06	m3/dan	m3/dan	m3/dan	%
septembar	19,590.00	10,817.00	8,773.00	44.8
oktobar	19,347.00	10,021.00	9,326.00	48.2
novembar	20,015.00	9,596.00	10,419.00	52.1
decembar	16,399.00	8,763.00	7,636.00	46.6
januar	18,422.00	8,630.00	9,792.00	53.2
februar	19,455.00	9,676.00	9,779.00	50.3
mart	19,043.00	9,603.00	9,440.00	49.6
april	18,091.00	9,336.00	8,755.00	48.4
maj	17,358.00	9,631.00	7,727.00	44.5
jun	17,927.00	10,112.00	7,815.00	43.6
jul	20,373.00	10,715.00	9,658.00	47.4
avgust	20,434.00	10,198.00	10,236.00	50.1
srednja vr.	18,871.17	9,758.17	9,113.00	48.2

Tabela 5.11 Bilans vode vodosnabdevanja stanovništva u Pirotu - 2005/06



Slika 5.13 Bilans vode u pirotskom vodovodu u periodu 2005/06

Tokom 2005 godine su instalirani elektromagnetni merači protoka na pumpnim stanicama Kavak i Berilovac, dok su u nešto kasnijem periodu instalirani merači nivoa u rezervoarima Sarlah i Pirot sa operativnim centrom. Podaci o trenutnim nivoima vode u rezervoarima se koriste na dnevnoj osnovi kako bi se osoblju na pumpnim stanicama izdavale instrukcije za upravljanje crpkama i postizanje/održavanje zadatog protoka.

Na osnovu prikupljenih podataka, sračunat je godišnji vodni bilans u skladu sa IWA preporukama i prikazan u Tabeli 5.12. Pre nego što su instalirani merači protoka i nivoa, postojalo je uverenje, veoma optimističko, da stepen gubitaka iz sistema nije veći od 20%. Nakon korektnije analize, potkrepljene izmerenim podacima, ustanovljeni su gubici od 48% u zonama stanovanja.

Imperativ preduzeća u narednom periodu mora biti smanjenje kako prividnih, tako i stvarnih gubitaka vode. Ako se doda količina vode koju troši industrija, dolazi se do vodnog bilansa prikazanog u Tabeli 5.12. Svaka od komponenti Nenaplaćena neizmerena registrovana potrošnja, Neovlašćena potrošnja i Greške vodomera su procenjene na vrednost 1% unete vode u sistem.

Uneta voda u sistem (korigovana za poznate greške) 6,887,991 m ³ (100%)	Registrovana potrošnja 3,996,403 (58%)	Naplaćena registrovana potrošnja 3,396,943 (49%)	Naplaćena izmerena potrošnja 3,396,943 (49%)	Naplaćena voda (49%) 3,396,943
			Naplaćena neizmerena potrošnja (0%)	
		Nenaplaćena registrovana potrošnja 599,460 (9%)	Nenaplaćena izmerena potrošnja 530,581 (8%)	Nenaplaćena voda 3,491,048 (51%)
			Nenaplaćena neizmerena potrošnja 68,880 (1%)	
	Prividni gubici (2%)	Neovlašćena potrošnja (1%)		
		Gubici usled neispravnosti mernih uređaja 68,880 (1%)		
	Stvarni gubici (40%)	Gubici na glavnim dovodima 1,209,014 (17%)		
		Gubici i preliivanja u rezervoarima i pumpnim stanicama 68,880 (1%)		
		Gubici na priključcima kod korisnika 1,546,413 (22%)		

Tabela 5.12 Bilans vode u pirotskom vodovodu po IWA metodologiji

Procenjene vrednosti tehničkih pokazatelja efikasnosti u Tabeli 5.13 pokazuju da je ILI vrednost veća od 10, blizu srednje vrednosti za vodovodne sisteme u Srbiji, ali je srednja vrednost gubitaka vode od 48% znatno viša nego osrednjeni procenat gubitaka u srpskim sistemima.

I jedan i drugi pokazatelj svrstavaju pirotski vodovodni sistem u kategoriju C za zemlje u razvoju: **“Visok stepen gubitaka, koji se može tolerisati samo ako u izobilju ima jeftine vode; čak i tada treba analizirati stepen i prirodu gubitaka i pojačati napore na smanjenju gubitaka”**.

U principu, izdašnost vodnih resursa u Pirotu je tokom letnjih meseci na granici održanja kontinualnog vodosnabdevanja. Ukoliko se u obzir uzmu troškovi prepumpavanja, filtriranja, hlorisanja, održavanja sistema i drugi operativni troškovi, koji iznose oko 0.20 €/m³, proizvodnja dragocene tečnosti i nije tako jeftina.

Broj korisnika	46,073
Broj registrovanih priključaka	14,384
Ukupna dužina distributivne mreže (km)	108
Ukupna dužina korisničkih priključaka (km)	144
Srednja vrednost pritiska u mreži (m)	45
Tehn. pokazatelj stvarnih gubitaka - TIRL (litar/priključ./dan)	536
Neizbežni godišnji stvarni gubici UARL (litar/priključ./dan)	53
Infrastrukturni indeks gubitaka	10.1

Tabela 5.13 Procenjene vrednosti tehničkih pokazatelja u pirotskom sistemu vodosnabdevanja 2005-06

Jedan od glavnih razloga visokog stepena gubitaka je topografija i konfiguracija vodovodne mreže, usled čega je sistem stalno pod pritiscima u opsegu 45-62 m. Stare cevi i priključci su sklone pojavi značajnih gubitaka. Pre preduzimanja bilo kakve akcije, treba proveriti efekat planiranih mera na matematičkom modelu. Zamena cevi i korisničkih priključaka bez prethodne analize je mera koja može popraviti stanje, ali vrlo često u dovoljnom obimu (ili uopšte!) ne dati željeni efekat. Stalno osmatranje sistema i politika aktivnog upravljanja gubicima može odložiti skupe intervencije na zamenu cevovoda. Sprovođenje takve politike može produžiti vek sistema i dodatno pojačati efekte zamene cevi u sistemima vodosnabdevanja.

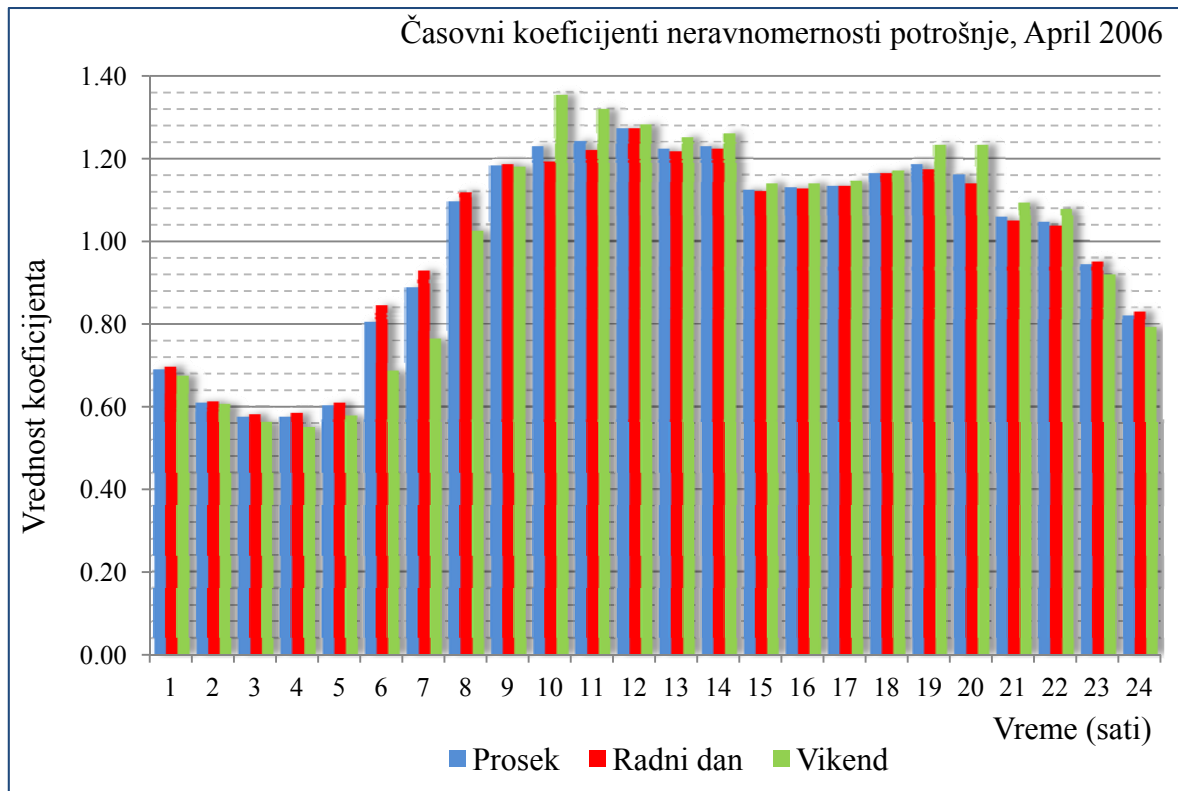
5.5 Pirotski sistem – hidrauličke analize

Hidrauličke analize pirotskog sistema vodosnabdevanja su izvršene korišćenjem profesionalnog softverskog paketa AquanetS 7.2.10. Analizirani su raspoloživi podaci za period Oktobar – Maj u nizu od 15 godina.

Koeficijenti dnevne neravnomernosti ukupne potrošnje (registrovana potrošnja + gubici) su generisani na osnovu bilansa unete vode u sistem i promene nivoa u rezervoarima, zabeleženim u periodima od 15 minuta.

Koeficijenti neravnomernosti su sračunati za sve dane u svim mesecima, a zatim sračunate osrednjene vrednosti. Izgled dijagrama sa koeficijentima neravnomernosti je vrlo sličan za sve mesece.

Podaci za mart i april 2006 su dublje analizirani, obzirom da je procenat gubitaka vrlo blizu srednjoj vrednosti gubitaka vode u posmatranom periodu 2005-2006. Obzirom da je ostvaren bolji kvalitet osmatranja tokom aprila (manje prekida u osmatranju nivoa u rezervoarima), osrednjeni dnevni koeficijenti neravnomernosti potrošnje za ovaj mesec su korišćeni za potrebe hidrauličke analize.



Slika 5.12 Dnevni koeficijenti neravnomernosti potrošnje u pirotskom vodovodu, April '06

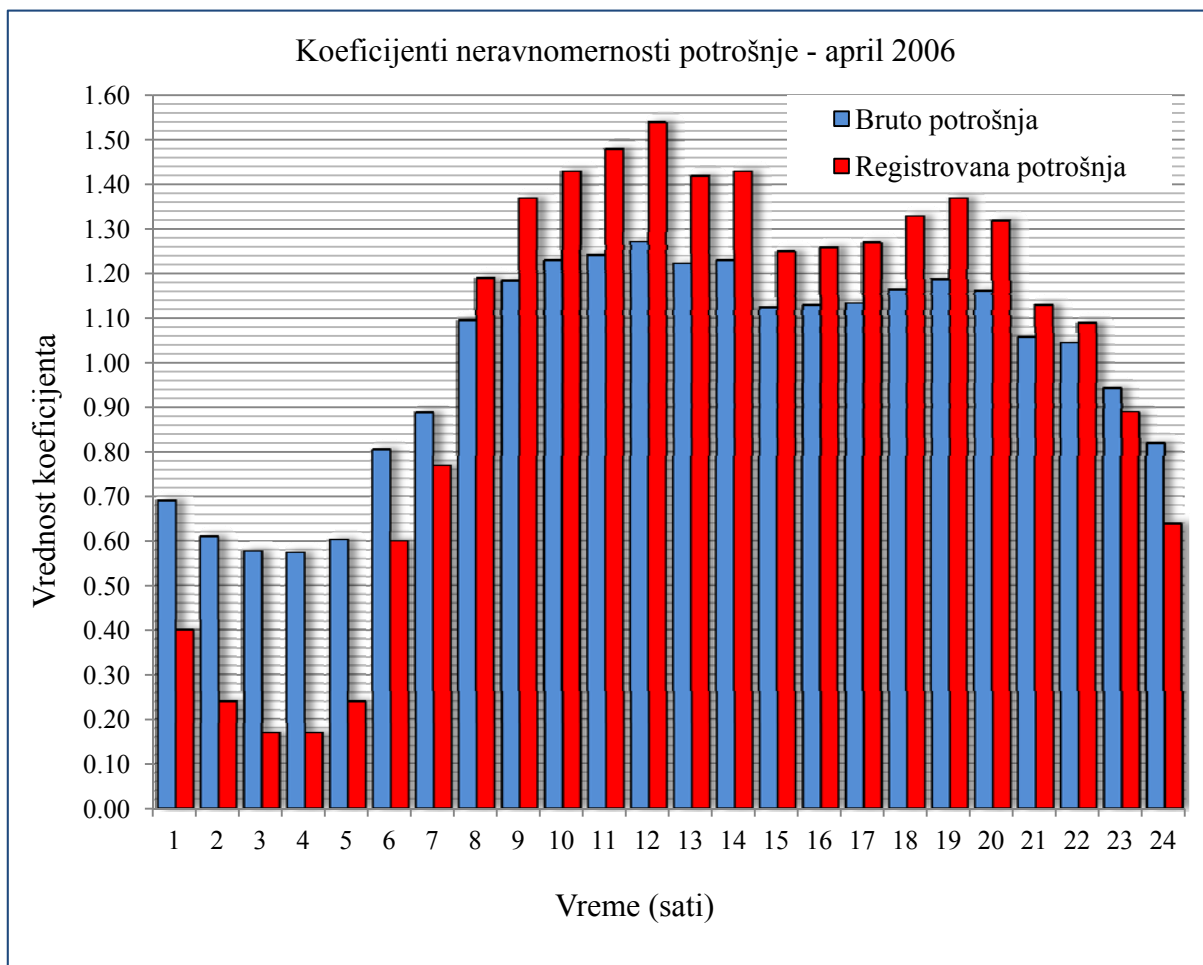
Dnevni koeficijenti neravnomernosti [35] na Slici 5.12 se odnose na stambene zone, javne ustanove i malu privredu u toku meseca aprila 2006. Koeficijenti neravnomernosti za radne dane i dane tokom vikenda imaju vrlo slične vrednosti, što ukazuje na visok stepen gubitaka u sistemu, jer je maksimalna potrošnja svega dva puta veća od minimalne noćne potrošnje. Za većinu ostalih meseci, varijacije koeficijenta neravnomernosti su čak i manje. Industrijska zona ima poseban gravitacioni cevovod i vodomer i nije obuhvaćena ovim koeficijentima.

Matematički model pirotskog vodovodnog sistema, sa unetim svim cevima u mreži, je generisan na osnovu podataka iz postojeće tehničke dokumentacije i baze podataka o cevima, materijalu od koga su izrađene, starosti i prečnicima. Srednja vrednost potrošnje, na osnovu registrovane potrošnje na vodomerima za mesec mart 2006, prostorno je raspoređena prema geografskoj poziciji, ulici i adresi. U prvom koraku koeficijenti neravnomernosti ukupne potrošnje, prethodno određeni sumarno za registrovanu potrošnju i gubitke, prihvaćeni su kao reprezentativni i za registrovanu potrošnju. Jedinični gubitak za celu distributivnu mrežu je sračunat nakon par iteracija $16.88 \text{ m}^3/\text{km}/\text{dan}$ za 1 bar pritiska, uzimajući u obzir zapreminu prosečnih dnevnih gubitaka. Hidraulički proračuni su izvršeni ukupno trajanje računskog perioda od 7 dana, koristeći osrednjene koeficijente potrošnje i diskretne računski interval od 15 min.

U jednačini za sračunavanje intenziteta procurivanja $L = C_d A \times (2gP)^{0.5}$, gde je P pritisak, efektivna površina ($C_d A$) se menja sa promenom pritiska u nekim slučajevima, u zavisnosti od cevnog materijala. Najprikladnija opšta jednačina za jednostavnu analizu i prognozu povezanosti pritiska P i intenziteta procurivanja L u distributivnim sistemima su: L varira u zavisnosti od P^{N_1} i $L_1/L_0 = (P_1/P_0)^{N_1}$. Laboratorijskim eksperimentima i terenskim radovima dokazano je da se eksponent N_1 razlikuje od teorijske vrednosti (0.5) u najvećem broju slučajeva.

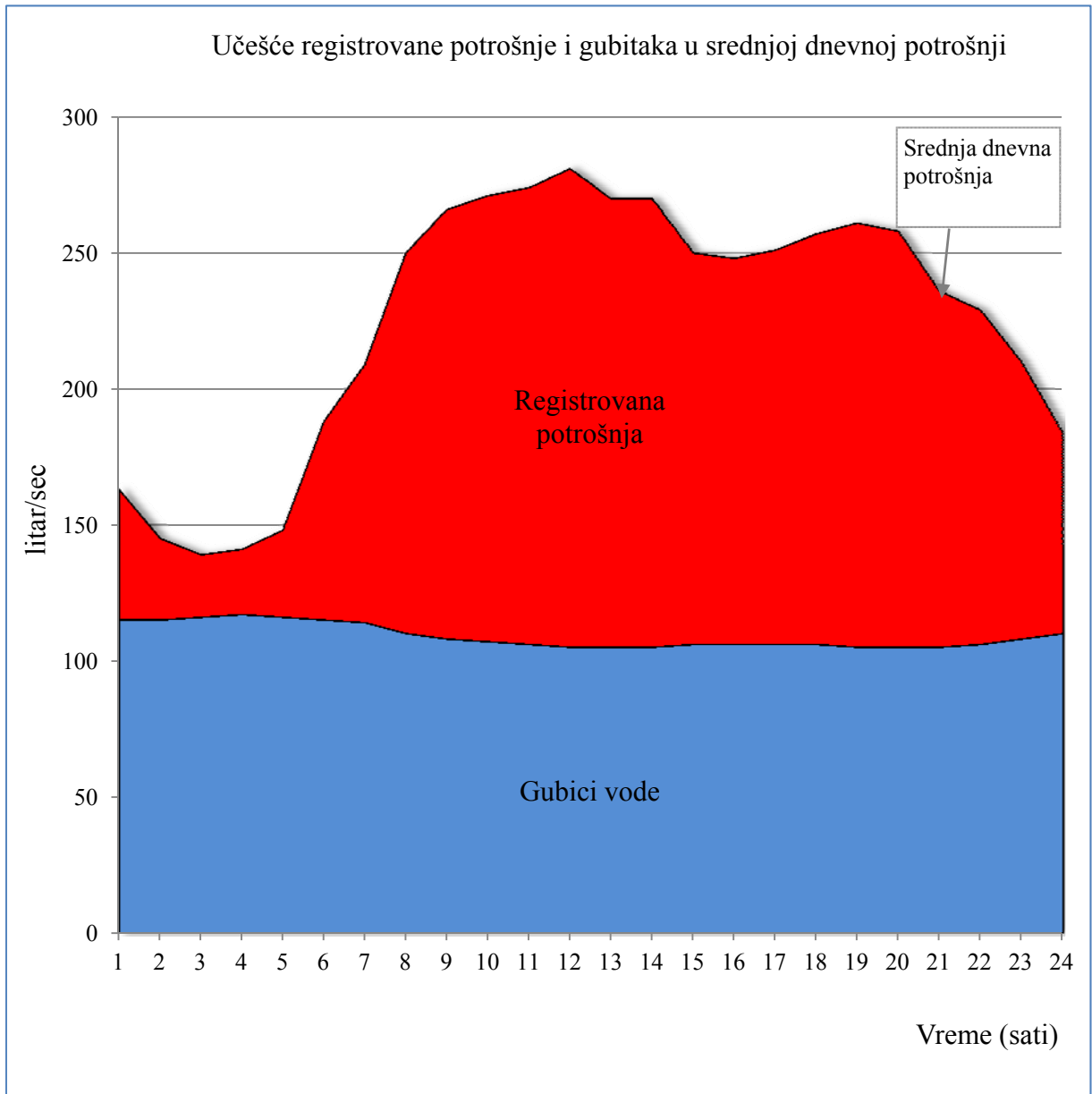
Vrednosti N_1 su varirane u opsegu 0.8-1.15. Vrednost 1.15 je preporučena i prihvaćena u praksi u Japanu i Britaniji. U literaturi se mogu naći dijagrami sa preporučenim vrednostima za N_1 , u opsegu 0.8-1.5 zavisi od procentualne zastupljenosti krutih cevi u sistemu i vrednosti ILI. Obzirom na procenjenju vrednost ILI od 10.1 i sastav cevnog materijala, prvi test je započeo sa pretpostavljenom vrednošću N_1 od 1.0. Ova vrednost se takođe preporučuje u literaturi u slučaju odsustva pouzdanih podataka o sastavu cevnog materijala i stepenu procurivanja, čime se pretpostavlja linearna veza između stepena gubitaka na procurivanje i visine pritiska.

Nakon toga su preračunati koeficijenti časovne neravnomernosti potrošnje za registrovanu potrošnju, oduzimanjem sračunate količine gubitaka u svakom vremenskom intervalu od ukupno unete zapremine vode u sistem. Nakon par proba, i podešavanja vrednosti parametra N_1 , najbolje slaganje između registrovanih i sračunatih vrednosti gubitaka, registrovanog i sračunatog gubitka vode izraženog u procentima, zapremine vode unešene u sistem, registrovanog i sračunatog proticaja sa crpnih stanica i promena nivoa u rezervoarima, najbolje slaganje je postignuto za vrednost $N_1=0.95$. Časovni koeficijenti neravnomernosti registrovane potrošnje su uporedno prikazani sa koeficijentima neravnomernosti ukupno unete vode u sistem na Slici 5.13.



Slika 5.13. Časovni koeficijenti neravnomernosti potrošnje u pirotskom sistemu – Ukupno uneta voda u sistem i registrovana potrošnja

Očigledno tokom dana postoji velika varijacija registrovane potrošnje (maksimalna vrednost oko 8 puta veća od najmanje), što u poređenju sa ukupnom potrošnjom (maksimalna vrednost oko 2 puta veća od najmanje) ukazuje na visok stepen gubitaka, naročito tokom noćnih sati.

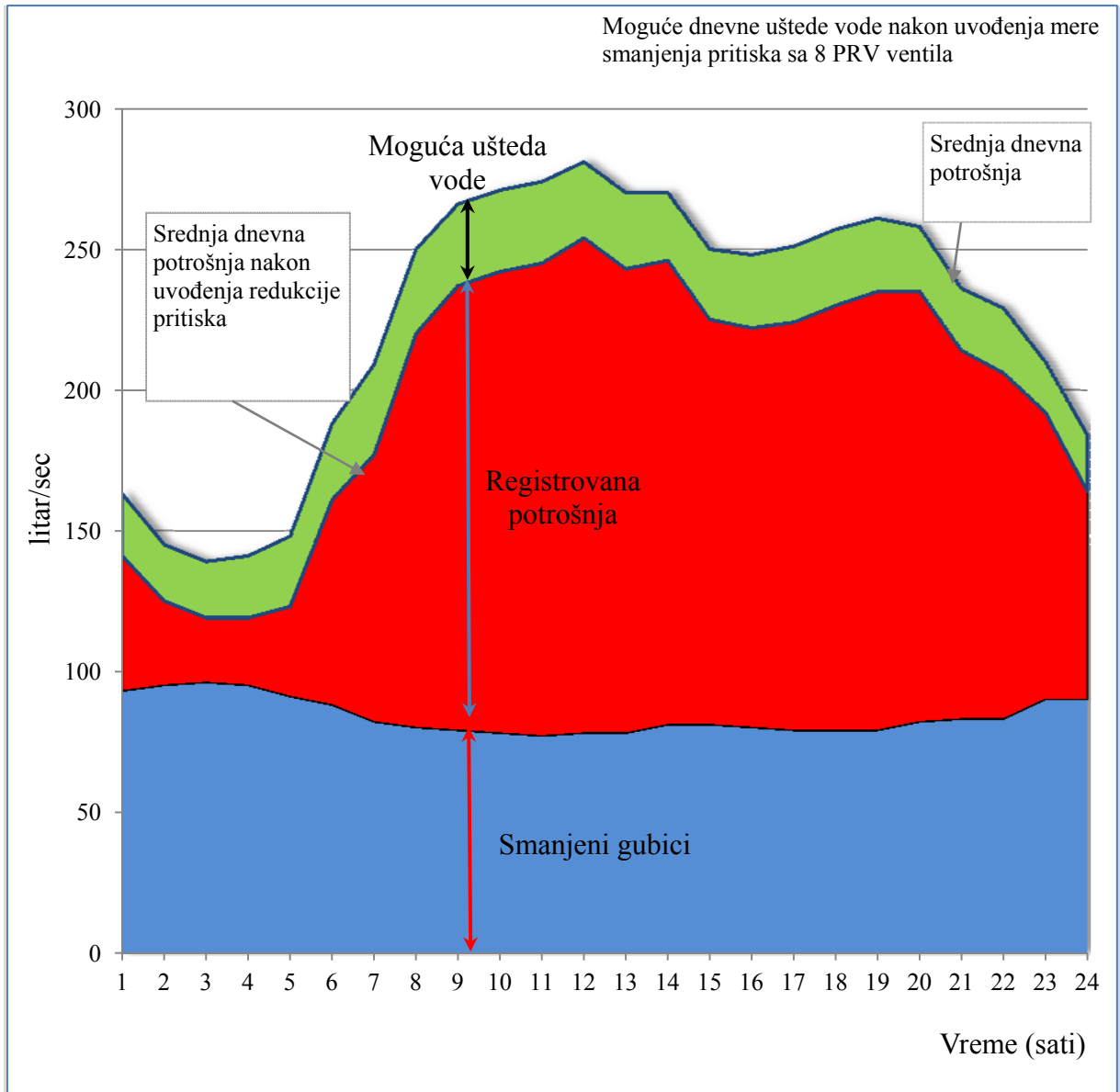


Slika 5.14. Učešće registrovane potrošnje i gubitaka u srednjoj dnevnoj potrošnji

Gubici vode su tokom noći znatno veći nego registrovana potrošnja, Slika 5.14. U periodu između 3 i 4 tokom noći gubi se 5 puta više vode nego što se stvarno koristi. Ova činjenica ukazuje da se smanjenjem pritiska ili potrošnje tokom dana i noći mogu ostvariti značajane uštede vode.

Na računskom modelu je izvršena provera efekata najjednostavnije mere aktivnog upravljanja gubicima: održavanje konstantne vrednosti pritiska na unapred zadatom nivou.

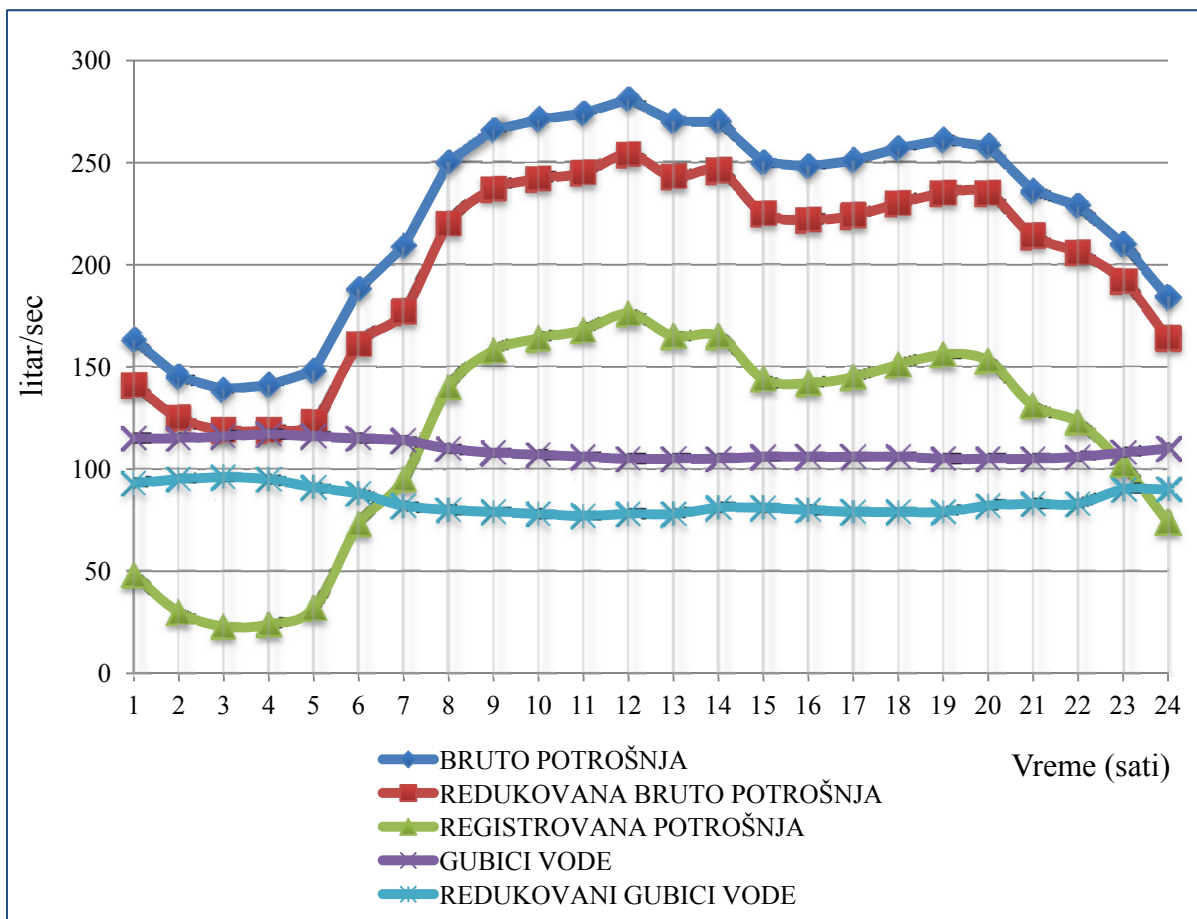
Hidraulička analiza je sprovedena za slučaj podele centralne pirotske zone u 5 podzona u kojima se veličina pritiska kontroliše sa 8 ventila za smanjenje pritiska (PRV) sa zadatim izlaznim pritiskom na konstantnom nivou tokom celog dana. Usvojen je kriterijum da veličina pritiska ni u jednoj tački ne sme pasti ispod 20 m u bilo kom periodu dana.



Slika 5.15 Prognozirane uštede vode u sistemu uz primenu PRV ventila (ventila sa konstantnim izlaznim pritiskom)

Na Slici 5.16 su prikazane srednje dnevne vrednosti bruto potrošnje vode, uporedo sa sračunatim srednjim vrednostima bruto potrošnje nakon uvođenja redukcije pritiska, kao i vrednosti gubitaka pre i nakon smanjenja pritiska u sistemu. Može se zapaziti da je stepen gubitaka vrlo ujednačen tokom dana u oba slučaja, sa i bez ventila za redukciju pritiska.

Ova činjenica ukazuje da postoji mogućnost dodatnog smanjenja gubitaka modulacijom bilo pritiska ili potrošnje tokom dana i noći (bilo programiranom ili reaktivnom) mogu ostvariti još veće uštede vode.



Slika 5.16. Bruto potrošnja vode, Registrovana potrošnja i Stvarni gubici vode bez i sa uvedenom simulacijom smanjenja pritiska u mreži

Numeričkom simulacijom prognozirana je mogućnost smanjenja izgubljene vode za 17%, tj. gubici bi se mogli smanjiti na 42.1% bruto potrošnje, tj. na 7,286 m³ dnevno, što donosi dnevnu uštedu od 1,469 m³, ili finansijski izraženo oko 300 Eura dnevno (uzimajući u obzir proizvodnu cenu vode), što bi moglo doneti godišnje uštede od oko 110,000 Eura godišnje, koji se mogu investirati u dalju modernizaciju sistema.

5.6 Uticaj smanjenja pritiska na tehničke pokazatelje

Nakon izvršene simulacije smanjenja pritiska i gubitaka procenjene su nove vrednosti tehničkih pokazatelja efikasnosti. Napredak je zabeležen ako se posmatraju ukupna zapremina izgubljene vode, TIRL i UARL, koji su očigledno mogu biti smanjeni u odnosu na rad sistema bez aktivne kontrole. Na drugoj strani, vrednost ILI je neznatno porasla, usled smanjenja prosečne vrednosti radnog pritiska. Neznatni porast ovog pokazatelja dolazi usled pretpostavke uvedene tokom simulacionih eksperimenata, da će registrovana potrošnja ostati na istom nivou, dok se u realnosti može očekivati da dođe i do njenog smanjenja usled

snižavanja veličine pritiska. Međutim, ako bi se i taj efekat uvažio i razmatrao, ne mogu se očekivati značajne promene ILI, dok bi se modulacijom pritiska po protoku tokom dana dodatno smanjili pritisci, a verovatno i vrednost ILI.

Pokazatelj	Realne vrednosti	Sračunate vrednosti sa simuliranom redukcijom pritiska
Broj korisnika	46,073	46,073
Broj registrovanih priključaka	14,384	14,384
Ukupna dužina distributivne mreže (km)	108	108
Ukupna dužina korisničkih priključaka (km)	144	144
Srednja vrednost pritiska u mreži (m)	45	40
Stepen gubitaka vode (%)	48.4	42.1
Tehn. pokazatelj stvarnih gubitaka - TIRL (litar/priključ./dan)	536	493
Neizbežni godišnji stvarni gubici UARL (litar/priključ./dan)	53	47
Infrastrukturni indeks gubitaka	10.1	10.5

Tabela 5.14 Tehnički pokazatelji za stvarno i simulirano stanje sistema

Procenjene vrednosti ILI u oba slučaja, sa i bez redukcije pritiska, su istog reda veličine, vrlo se malo razlikuju i ukazuju na loše infrastrukturno stanje u pirotskom sistemu. Analizirani sistem je vrlo reprezentativan za Srbiju, jer su vrednosti tradicionalnih pokazatelja gubitaka (%), kao i vrednost ILI, maltene identični srednjoj vrednosti za 36 sistema koji su zbog dostupnosti relativno pouzdanih podataka mogli biti kvalitetno analizirani.

Potrebno je pažljivo ispitati sve delove sistema, detektovati najoštećenije sekcije sklone visokom stepenu procurivanja i nakon toga napraviti adekvatan plan za obnovu i upravljanje sistemom.

6 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PRAVCI DALJIH AKTIVNOSTI

6.1 Problem gubitaka vode

Aktivno upravljanje gubicima vode u vodovodnim sistemima je u svetu postao jedan od prioritetnih zadataka preduzeća koja se bave vodosnabdevanjem. Uobičajena praksa da preuzeća kao tehnički pokazatelj uspešnosti gubitke vode izražavaju u procentima zahvaćene vode se pokazala zastarelom, obzirom da se ne uzimaju u obzir mnogi bitni faktori.

Ipak, još uvek se u velikoj meri među konsultantima, rukovodiocima i međunarodnim finansijskim organizacijama koriste neprikladni pokazatelji kada se govori o gubicima vode. Za naše vodovodne sisteme, procene gubitaka vode i u procentima i po pokazateljima koji uzimaju više faktora u obzir izgledaju iznenađujuće i zastrašujuće visoke, kako za prosečnog korisnika, tako i za eksperta i donosioca odluka. Iako se njihova pojava može objasniti i elaborirati, jer postoji puno uzroka različite prirode, od institucionalne, upravljačke, tehničke, finansijske, nasleđeno stanje i drugi, ne sme se dozvoliti pomirenje sa takvim stanjem.

Zamislimo grad koji oslikava karakteristične srpske prilike, u koji u proseku upušta oko 1,500 l/s, od čega se potroši oko 1,000 l/s, a iz sistema se „negde gubi“ još oko 500 l/s, što daje procenat gubitaka oko 36%. Ne upuštajući se u kategorisanje gubitaka od 500 l/s, tj. koliki su stvarni, a koliki prividni gubici, recimo da je tih 500 l/s razlika između zahvaćene i registrovane potrošnje vode. U nekim periodima dolazi do kriza u snabdevanju vodom jer izvorišta nemaju dovoljnog kapaciteta, pa onda prekidi u snabdevanju mogu stvarati još niz propratnih problema. Rešenje se, tradicionalno, može naći u angažovanju novih izvorišta i dovođenju novih količina vode (pitanje je odakle, sa kojih daljina, kog je kvaliteta voda, koliko energije i sredstava za tretman vode treba trošiti, pa se lako može proceniti da će u najvećem broju slučajeva proizvodnja i distribucija dodatnih količina voda biti skuplja od one koja se trenutno koristi), pod uslovom da novih izvorišta uopšte ima na raspolaganju, ali i da je to isplativo. Napredno, racionalno i održivo rešenje jeste da se pre svega novi „izvor vode“ nađe upravo u 500 l/s „izgubljene“ vode. Teško je naći neko novo izvorište sa ovako velikim kapacitetom, pa je više nego jasno da se nove količine vode moraju pronaći u „gubicima“, tj. u količinama vode koje nestaju iz sistema.

Smanjenjem gubitaka se smanjuju troškovi proizvodnje i distribucije vode, pa preduzeće koje gazduje sistemom „može lakše da diše“, jer se omogućava preusmeravanje sredstava na rekonstrukciju i unapređenje sistema za dalje smanjenje gubitaka. Da bi se gubici efikasno mogli smanjivati, neophodno je prepoznati uzroke i način na koji se gubi voda, odvojiti deo gubitaka koji su „papirološki“, koji se javljaju usled inertnosti i neispravnosti vodomera, od onih koji su stvarni gubici i koji se javljaju na mestima manjih i većih, приметnih ili neprimetnih procurivanja. Da bi gubici prepoznali, klasirali po vrstama i kvantifikovali, neophodno je izraditi vodni bilans.

IWA preporučuje bilansiranje vode u sistemu na godišnjem nivou. Uvođenje karakterističnog perioda je jako bitno da bi se pratila istorija ove „neizlečive bolesti“ sistema. Tokom istraživanja, pokazalo se da je godišnji bilans dobar pokazatelj, ali i da je jako dobro što češće raditi bilanse (na kvartalnom, mesečnom, sedmičnom i na operativnom, dnevnom nivou).

Gubici se ne mogu trajno smanjiti kampanjskom akcijom zamene cevi, naročito ne reaktivnim načinom upravljanja, kada se po prijavi interveniše na sistemu, već je potrebno izraditi strategiju smanjenja gubitaka, dugoročne i kratkoročne planove. Strategija mora da obuhvati još puno drugih akcija koje su neophodne, pre svega da se u kontinuitetu mere količine zahvaćene vode, modernizaciju sistema i uvođenje mernih zona i mernih mesta gde se mere protoci, kvalitet vode, pritisci, ali i način prikupljanja, obradu, sistematizaciju i čuvanje podataka, kako bi se došlo do ugradnje uređaja za komunikaciju i upravljanje upravljačkih akcija i aktivnog upravljanja celim sistemom, a samim tim i potrošnjom i gubicima.

Krajni cilj, upravljanje gubicima, može se dostići samo paralelnim i integralnim ostvarenjem i drugih ciljeva: upravljanje poslovanjem, upravljanje sistemom i upravljanje potrošnjom.

6.2 Doslednost primene IWA metodologije i pokazatelja

Pojava gubitaka je jako vezana za infrastrukturno stanje vodovodne mreže i specifičnosti samog sistema (konfiguracije terena, dužinu cevovoda, način priključivanja, gustinu priključaka, redovnosti isporuke vode, veličinu naselja itd.). Gubici vode izraženi u procentima ne uzimaju ove parametre u obzir, niti se na osnovu njih može realno proceniti koje su veličine gubitaka neizbežne za sistem, tj. do koje se granice mogu smanjiti, ali ni do koje granice je isplativo gubitke smanjivati, jer utrošak na smanjenje gubitaka može prevazići cenu vode koja se štedi.

Infrastrukturni indeks gubitaka ILI, kao jedan od nepristrasnih, vrlo realnih pokazatelja, se tokom zadnjih godina pokazao kao veoma koristan tehnički pokazatelj infrastrukturnog stanja vodovodnog sistema u mnogim državama koje su se jasno opredelile za aktivno upravljanje svojim vodovodnim sistemima, potrošnjom i gubicima u njima. Za njegovu procenu potrebno je prikupiti dovoljno podataka o sistemu i potrošnji vode, kao i izvršiti bilansiranje komponenti utroška vode, što zahteva reorganizaciju merenja, bilansiranja, ponašanja, navika, potreba da se uče i prihvataju novi metodi, pišu izveštaji na nov način.

Kao što je uobičajeno, nosioci uvođenja bilo kakvih promena, neminovno u početku ili trajno nailaze na otpore onih koji treba da ih provedu. Pored subjektivnih, koji dolaze pre svega iz ljudske inertnosti, ali i straha da će novi metodi prikazati loše stanje sistema za koje mogu biti okrivljeni, ili da će im se nametnuti dodatne obaveze, kod aktera se iznalaze i mnogi dodatni razlozi da se primena nepristrasnih pokazatelja dosledno sprovodi:

- dovodi se u pitanje tačnost formule za utvrđivanje UARL;
- podaci potrebni da se sračuna UARL nisu dostupni;
- nedovoljno razumevanje ILI – koji generalno u industriji nije prihvaćen;
- smatra se da je ILI nepotreban – tj. da su dovoljni klasični pokazatelji (napr. stvarni gubici po km vodovodne mreže na dan);
- 10% gubitaka vode uvek zvuči vrlo prihvatljivo, dok ILI u mnogim slučajevima otkriva da i takav obim gubitaka može biti daleko od zadovoljavajućeg;
- Upozorenja Radne grupe IWA za gubitke vode da ILI ne treba koristiti za sisteme sa manje od 5,000 korisničkih priključaka i srednjim radnim pritiskom nižim od 25 m.

U Srbiji su zapaženi slični problemi kao i u drugim zemljama u razvoju (i tranziciji):

- Ne postoje (uvek) pouzdane informacije o tačnoj dužini i poziciji vodovodne mreže;
- Nepouzdana merenja (ili ih uopšte nema) količina vode unete u sistem;
- Ne zna se tačan broj korisničkih priključaka, pa se umesto toga koristi broj poznatih korisnika;
- Ne postoje izmereni podaci o pritisku u mreži, niti su instalirani merači pritiska sa logerima. Procenjene vrednosti su obično previsoke (plod želja);
- Visok nivo prividnih gubitaka (koje je teško proceniti) is toga nepouzdana i netačne procene veličine stvarnih gubitaka;
- Prihvaćeno je da su svi vodosistemi imali uredno vodosnabdevanje tokom svih 365 dana, dok je stvarna situacija drugačija; prekidu u snabdevanju smanjuju UARL i povećavaju vrednosti ILI;
- Strah od neuspeha i pokazivanja nekompetetnosti.

Da bi se IWA metodologija uspešno i dosledno sprovodila, da bi rezultati bili pouzdani, merljivi i uporedivi sa drugim sistemima moraju se pre svega pravilno odrediti komponente vodnog bilansa, priroda i uzroci gubitaka, kao i nepristrasni pokazatelji stanja vodovodnog sistema. Pokazalo se da je ovo zadatak koji je zahtevan, daje u početku rezultate manje pouzdanosti, ali sa napredovanjem i rezultati se mogu u kontinuitetu poboljšavati.

Zatečena situacija i nedostatak sredstava nikako ne sme biti razlog za odustajanje. U ovom poslu, bez obzira na to što tehnička i tehnološka opremljenost jako pomažu, i sistemi u razvijenim državama su uglavnom (ali nije pravilo!!!) jako dobro opremljeni, ipak su ključni faktori motivisanost i entuzijazam, obučenost, sistemski i sistematski pristup kod ljudi koji se bave ovim poslom, kao i otvorenost za saradnju i razmenu iskustava.

Tokom istraživanja, pored visokog profesionalizma i želje za saradnjom i podržavanjem napretka, veliki broj ljudi i stručnjaka iz našeg okruženja, koji se bave ovom problematikom je iskazivao veliku posvećenost svom poslu, bez obzira na slabu opremljenost. Njihovo angažovanje i interesovanja daleko prevazilaze okvire profesionalizma. Veliku podršku za svoj rad i zajednički rad od eksperata uvek imaju, ali zaslužuju mnogo više od donosioca odluka, kreatora institucionalnog okvira i političara.

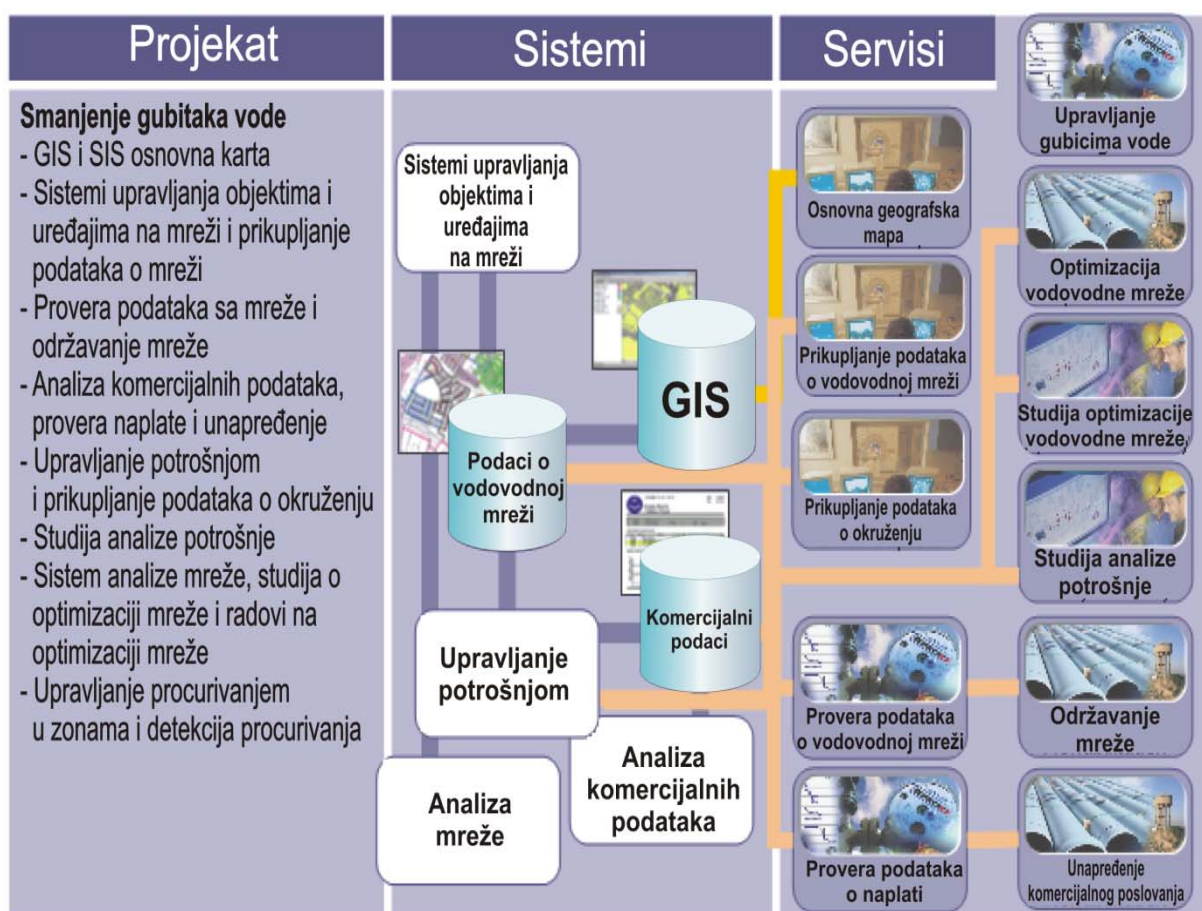
6.3 Uloga struktuiranih informacionih sistema

Uvođenje preporuka i IWA metodologije za sračunavanje vodnog bilansa u sistemu za vodosnabdevanje i tehničkih pokazatelja efikasnosti, nema za cilj prikazivanje stanja samo po sebi, upoređenje sa drugim sistemima i pisanja pohvala za postignuto stanje sistema. Istraživanjima u ovom radu se došlo do logičnog zaključka da se za doslednu primenu metodologije postavlja se niz uslova koji su neophodni da se obezbede pouzdani i tačni podaci. Da bi se obzbedili dovoljno tačni podaci, kao i da bi se direktno uticalo na popravljavanje vrednosti u vodnom bilansu, smanjili gubici i popravile vrednosti pokazatelja uspešnosti, neophodno je uvesti aktivno upravljanje vodovodnim sistemima.

Da bi se prešlo na aktivno upravljanje, neophodno je bilo napraviti početne korake i sa raspoloživim podacima doći do slike stanja u srpskim vodovodima. Da bi se stanje popravilo, pre nego što se uđe u rekonstrukcije sistema, treba pažljivo uraditi strategiju, dugoročne i kratkoročne planove, koji moraju obuhvatiti pored tehničkih mera i inoviranje sistema

očitavanja vodomera, prikupljanje, obradu, sistematizaciju i čuvanje podataka, hidrauličke analize, predlog i analizu efekata upravljačkih mera, procenu moguće uštede u datim okolnostima, planove budžeta za modernizaciju sistema, nabavku opreme i softvera za telemetriju, upravljanje, rad sa bazama podataka, obuku kadrova ali i sistem za integraciju svih mera u jedan jedinstveni, integralni sistem aktivnog upravljanja funkcionisanjem vodovodnih sistema.

Integralni informacioni sistem, koji se kreira i prilagođava tokom stalnih istraživanja, treba da bude lak za komunikaciju sa različitim grupama korisnika, opremljen prilagodljivim korisničkim interfejsima za komforan rad na željenom nivou sa potrebnim podacima (iz integralne, dobro strukturane jednoznačne baze podataka za sve korisnike sa dostupnošću podataka na različitim nivoima).



Slika 6.1 Strukturiran informacioni sistem upravljanja za smanjenje gubitaka vode

Da bi se informacioni sistem napredno koristio [56], veoma je bitno da se oslanja na GIS kao kičmu sistema, integrisan u jedinstveni DSS, sistem podrške odlučivanju, jer laka dostupnost kvalitetnih podataka, njihov prikaz, prethodne reakcije na slične pojave i stečeno iskustvo na sistemu omogućavaju brzo donošenje zaključaka i predloga upravljačkih mera, koje se mogu proveriti na hidrauličkim modelima pre nego što se izdaju nalozi za preduzimanje konkretnih upravljačkih akcija, sa jasnom namerom i jasnim obrazloženjem.

Dostizanje održivih poboljšanja u radu vodovodnih sistema zahteva holistički pristup na sistem, uključujući brojne međusobno povezane procedure u koje su uključene sve funkcije – od komercijalnih do upravljanja potrošnjom. Potrebno je definisati okvir i strategiju za sistemsku i sistematsku transformaciju vodovodnih preduzeća i sistema za vodosnabdevanje iz zatečene niske efikasnosti u stanje održive efikasnosti. Ciljevi opisanih transformacija treba budu:

- Pravilno strukturirano institucionalno okruženje, koje podstiče funkcionisanje vodovoda na komercijalnim principima i naprednim procesima upravljanja – uključujući proces upravljanja poslovanjem, organizacionu strukturu, poslovnu politiku i operativne procedure;
- Efikasan sistem prihodovanja kroz maksimiziranje naplate i poboljšanje usluga korisnicima;
- Optimizirana i troškovno racionalna rekonstrukcija distributivne vodovodne mreže, koja će optimalno funkcionisati i biti proaktivno održavana – sve u cilju minimiziranja operativnih troškova;
- U potpunosti primena operativnih procedura komercijalnog i tehničkog upravljanja koje treba da pomognu održanje efikasnosti i poboljšanje pokazatelja uspešnosti;
- Osoblje preduzeća treba da prođe obuku i bude u potpunosti osposobljeno da izvršava zadatke postavljene strategijom integralnog upravljanja.

Pritisak na preduzeća koja se bave vodosnabdevanjem da obezbede efikasnije i jeftinije vodosnabdevanje će se povećavati sa smanjenjem izdašnosti izvoriša vode i povećanjem zahteva za novim količinama vode. Informacioni sistemi mogu u velikoj meri pomoći u iznalaženju različitih rešenja za prevazilaženje suprostavljenih zahteva, kao i prenošenju iskustava sa jednog sistema na drugi. Kako bi se osigurala dugoročna održivost, potrebno je izvršiti institucionalnu reorganizaciju i sistematsku primenu strukturiranog sistema upravljanja. Potrebno je izvršiti pre svega korake slikovito prikazane na Slici 6.2.



Slika 6.2 Put ka održivom unapređenju funkcionisanja vodovodnih sistema [56]

6.3.1 Korak 1: Institucionalni okvir

Uvođenje principa tržišnog poslovanja ili preciznije rečeno preusmeravanje upravljačkih akcija na povećanje prihoda i smanjenje operativnih troškova mogu biti od suštinskog značaja za mnoga preduzeća, naročito manja. Stoga se kao imperativ nameće revizija poslovne politike preduzeća i procedura kako bi se aktivnosti usmerile ka naprednijem, komercijalnom načinu poslovanja. Ova faza obuhvata i primenu odgovarajućeg GIS sistema i prikupljanje i sistematizaciju osnovnih podataka o delovima sistema.

6.3.2 Korak 2: Unapređenje upravljanja poslovanjem

Precizna baza podataka o potrošačima će rezultovati preciznim računima za potrošenu vodu i imaće direktan uticaj na prognozu i programiranje potrošnje vode i prihoda od nje. Komercijalnu baza podataka treba stalno ažurirati i proveravati kombinacijom georeferenciranih mapa i podataka sa terena.

6.3.3 Korak 3: Program upravljanja vodovodnom mrežom

Ovaj korak podrazumeva formiranje baze podataka o vodovodnoj mreži, objektima i uređajima na njoj, verifikovanoj na terenu, što treba da rezultuje pravilnim razumevanjem funkcionisanja vodovodne mreže. Tu se podrazumeva i primena *Network Asset Management and Operations & Maintenance*, što treba da obezbedi pravilno korišćenje saznanja o karakteristikama vodovodne mreže. Ovaj korak treba da bude praćen izvršenjem baznih koraka na održavanju mreže, kao što su popravka vidljivih procurivanja na mreži, ventilima i hidrantima, a u kasnijoj fazi, nakon nabavke opreme i redovnim pregledom i proverom sistema na sitna oštećenja i procurivanje.

6.3.4 Korak 4: Program upravljanja potrošnjom

Sistem upravljanja potrošnjom (*Demand Management*) treba primeniti sistem dinamičkog zoniranja (zone kontrole pritiska, merne zone DMA, kao i zoniranje sistema za potrebe redovnih pregleda i održavanja), na hidrauličke analize i analizu potrošnje vode u sistemu. Kao rezultat treba dobiti plan za optimizaciju funkcionisanja vodovodne mreže, operativne smernice kao što su preporuke za rad crpnih agregata, kao i smernice za efikasnu rekonstrukciju i dogradnju vodovodne mreže, objekata i uređaja na njoj. Ovaj korak može biti praćen stavljanjem akcenta na praćenje pojedinih delova sistema i primenom upravljačkih akcija za kontrolu i smanjenje nefakturisane i nenaplaćene vode. U tom slučaju se mnogo efikasnije može sprovesti akcija otkrivanja i eliminacije procurivanja, kada se zona pravilno izoluje i prate promene pritiska u njoj.

6.4 Poslovno udruženje preduzeća vodovoda i kanalizacije Srbije i institucionalni okvir

Poslovno udruženje preduzeća vodovoda i kanalizacije Srbije već duže vreme pokušava da unutar udruženja objedini sva preduzeća, prikupi i sistematizuje podatke o članicama i situaciji u snabdevanju vodom i kanalisanju naselja uopšte, pa je tako 2002 -2003 godine sprovedena jedna akcija prikupljanja osnovnih podataka o sistemima vodovoda i kanalizacije

u Srbiji, ali te aktivnosti nisu nastavljene. Glavni uzroci tome su nerešen status poslovnih udruženja i relativno skromna finansijska sredstva kojima Udruženje raspolaže.

Trenutno Udruženje posebnu pažnju poklanja aktivnostima na Programu za uvođenje, primenu i održavanje podataka, upoređivanje pokazatelja i metodologiju dosezanja najboljih praksi u preduzećima vodovoda i kanalizacije u naseljima Republike Srbije. U tu svrhu se vrši okupljanje različitih zainteresovanih institucija, domaćih i inostranih. Program praćenja pokazatelja efikasnosti i benčmarking, koji priprema Poslovno udruženje vodovoda i kanalizacije, namenjen je preduzećima vodovoda i kanalizacije u Srbiji i treba da posluži zainteresovanim učesnicima za otvaranje procesa kojim se preduzećima vodovoda i kanalizacije, kako za urbana tako i za ruralna naselja, otvara proces za osposobljavanje stručnjaka za ovladavanje i upravljanje alatima za dosezanje najboljih praksi.

Programom nisu samo predviđene aktivnosti preduzeća vodovoda i kanalizacije već i drugih zainteresovanih institucija kao što je državno regulatorno telo, lokalne samouprave i njihovo udruženje, finansijske institucije, NVO kao i drugi zainteresovani akteri, čime se otvara proces institucionalnog jačanja delatnosti snabdevanja vodom i kanalizacije sa ciljevima:

- izgrađen, opremljen i održavan sistem vodovoda i kanalizacije naselja za pružanje standardima definisanog kvaliteta usluga;
- opremljeno i osposobljeno preduzeće VIK za pružanje kvalitetnih usluga korisnicima;
- opremljene i osposobljene službe lokalne samouprave za nadzor na delatnosti VIK;
- osposobljeni organi lokalne samouprave za upravljanje delatnošću VIK i osposobljeni državni organi za kreiranje funkcionalnog okvira rada u delatnosti VIK.

6.5 Zaključne napomene o tehničkim pokazateljima

Preporučena IWA metodologija se primenjuje u mnogim državama sveta, uglavnom u izvornom obliku. Rezultati ove primene su sistematizovani u ovom radu, tokom sistematizacije su stečena određena iskustva i prihvaćene preporuke za njenu primenu u domaćim uslovima. Iskustva koja su stečena u svetu, naročito u razvijenim državama, gde se veoma odgovorno, između ostalog i na principima tržišta i konkurentnosti pristupa ovoj problematici su dragocena [31].

U svrhu istraživanja sprovednih za potrebe izrade ovog rada, metodologija i preporuke IWA za sračunavanje vodnog bilansa i tehničkih pokazatelja su primenjeni na podatke dobijene iz srpskih vodovoda. Uprkos nedostatku dovoljno preciznih podataka, učinjeni su prvi koraci da se izvrši bilansiranje komponenti vodnog bilansa u vodovodnom sistemu i procena vrednosti pokazatelja po IWA metodologiji. Nedostatak dovoljno pouzdanih podataka se ogleda pre svega u činjenici da su se od dobijenih informacija iz 148 preduzeća mogli dovoljno dobro obraditi podaci iz svega 36 vodovodnih sistema.

Imena gradova, tj. opština u rezultatima istraživanja namerno nisu navedena, tj. uvažena je potreba da dostavljači podataka, koji su želeli da dostave najkorektnije moguće zahtevane vrednosti, ne dođu na udar zbog lošeg stanja sistema, za koje objektivno ne postoji njihova lična, već sistemska odgovornost.

Za primenu podataka iz odabranih sistema bilo je potrebno prihvatanje dodatnih realnih pretpostavki koje su nadomestile nedostatak pouzdano izmerenih podataka (napr. nedostajući podaci sa terena, nedovoljna tačnost usled nemogućnosti preciznijeg merenja i slično). Tako sređeni ulazni podaci su se mogli iskoristiti za sračunavanje vodnog bilansa i tehničkih pokazatelja stanja i uspešnosti funkcionisanja posmatranih sistema.

Za odabrane sisteme sa dovoljno kvalitetnim podacima prikupljenim u anketi, nakon uvođenja dodatnih pretpostavki, sračunati su vodni bilansi, kao i vrednosti tehničkih pokazatelja, kako bi se moglo doći do provere mogućnosti primene i uporedivosti rezultata za sisteme u Srbiji sa sistemima u svetu.

Uporedo su sračunati i drugi tradicionalni pokazatelji, kao na primer stvarni gubici kao procenat ukupno unete vode u sistem. Iako je i na primeru sprskih vodovoda dokazano da ne postoji funkcionalna zavisnost između već toliko kritikovanih gubitaka vode izraženih u procentima i IWA pokazatelja, ne postoji smetnja da se zbog navika, dugogodišnje primena i fizičkog osećaja problema kod netehničkih lica koja rade komercijalne poslove paralelno prilažu gubici i na tradicionalan način. Ipak, procenat treba uzimati samo ilustrativno, ili kao finansijski pokazatelj, ali nikako kao reprezentativan tehnički pokazatelj, već se treba jednoznačno opredeliti za IWA metodologiju i pokazatelje.

U Srbiji je stepen gubitaka vode, na 36 analiziranih sistema, ukazao da situacija nije sjajna i da se puno truda mora uložiti na poboljšanju stanja. Obzirom da se ne možemo smatrati razvijenom državom, po blažim kriterijumima, za zemlje u razvoju, tipičan vodovodni sistem u Srbiji sa srednjom vrednošću ILI 11 i 38% stvarnih gubitaka, spada u kategoriju C:

„Izraženi gubici vode; ovakvo stanje se može tolerisati samo ako vode ima u izobilju i po niskoj ceni; čak i tada, treba analizirati stepen i uzroke gubitaka i planirati mere za smanjenje gubitaka”.

Na svu sreću, postoje i sistemi sa jako dobrim rezultatima za naše uslove, koji se mogu meriti po karakteristikama i sa sistemima u razvijenim državama; takvi sistemi treba da budu uzor ostalim sistemima; razmena međusobnih informacija na redovnim stručnim i strukovnim skupovima i institucionalna podrška su od suštinskog značaja.

Iako su podaci sa kojima se radilo, izabrani kao najkvalitetniji mogući i dovoljno reprezentativni, imali nedovoljnu tačnost za doslednu primenu, na osnovu sprovedenih istraživanja, može se oceniti da je IWA metodologija veoma korisna i da ukazuje na postojanje puno realnih problema u sistemima vodosnabdevanja u Srbiji. Sa podacima koji su prilagođeni sa uvođenjem određenih realnih pretpostavki (iskustvo i intuicija mogu puno pomoći!!!) došlo se do rezultata u prvom koraku.

Dakle, ovo su prvi koraci sistematizovane primene IWA metodologije u Srbiji, sračunavanja vodnog bilansa i pokazatelja, a paralelno sa njima su sračunati i tradicionalni pokazatelji. Iako sračunati na osnovu podataka koji imaju znatno manju pouzdanost nego podaci (sa dobro sektorisanih i opremljenih vodovodnih sistema) iz razvijenih država gde se u vodovodnim sistemima odavno sprovodi politika aktivnog upravljanja, dobijeni podaci o gubicima i infrastrukturnom stanju naših vodovodnih sistema su dragoceni, kao polazna osnova, a rad na njihovom sračunavanju kao stečeno iskustvo za dalji rad.

Rezultati primenljivosti IWA preporuke su slični kao u drugim državama i sistemima i metodologija se može oceniti kao vrlo korisna za istraživanje i ukazivanje na realne probleme sa kojima se suočavaju vodovodni sistemi u Srbiji. ILI se pokazao kao veoma koristan pokazatelj uspešnosti upravljanja gubicima iz vodovodnih sistema. Uprkos izvesnih ograničenja, njegovom primenom može se dokazati visok stepen gubitaka čak i izvan prihvaćenih granica važenja formule.

Način bilansiranja vode i pokazatelji uspešnosti koje je uvela IWA radna grupa su se pokazali primenljivi u mnogo država i na mnogim mestima. Oni su stimulatívni i za one koji ih ne mogu dosledno primeniti usled nedostatka merenja i mernih uređaja i izrađenih programa za osmatranje, da prilagode svoj način upravljanja, kako bi sve bilo merljivo i uporedivo, jer cilj je jedan, najracionalnija upotreba dragocene tečnosti. Merenja i aktivna kontrola rada sistema, uključujući i aktivnu kontrolu gubitaka vode, kao neizbežne komponente u bilansu vode moraju biti nešto sasvim uobičajeno i opšte prihvaćeno.

Primena na IWA metodologije na primeru sistema za vodosnabdevanje grada Pirota je pokazala nepristranost ILI pokazatelja infrastrukturnog stanja sistema. Upoznavanje sistema je omogućilo sračunavanje ILI i zatečena vrednost. Nakon primene informacionog sistema i numeričkih simulacija, predlog zoniranja, upravljanje pritiscima na matematičkom modelu su dali dobre rezultate, povoljniji rad, smanjenu potrošnju i gubitke u sistemu, ali je vrednost ILI, sračunata za prognozirane efekte, imala gotovo identičnu vrednost, ukazujući na infrastrukturno stanje sistema. Time je dokazana nepristranost ILI kao tehničkog pokazatelja i njegova pouzdanost u raznim uslovima rada sistema.

6.6 Očekivane koristi istraživanja za preduzeća koja se bave vodosnabdevanjem

Preduzeća koja se bave vodosnabdevanjem moraju biti zainteresovana za unapređenje svog poslovanja, kako finansijskog, tako i tehničkog. Obzirom da interesovanje postoji, a da su mogućnosti, naročito manjih vodovodnih sistema, skromne, kako u finansijskom, tako i kadrovskom pogledu, neophodna je njihova međusobna komunikacija sa jačim sistemima koji treba da budu nosioci razvoja. Najbolji način jeste komunikacija i razmena iskustava, međusobna institucionalna podrška i transfer znanja preko strukovnog udruženja (najbolji i najprihvatljiviji primer DWGV), jer vlasnička struktura vodovoda NIJE garancija uspešnog poslovanja i ostvarivanje najboljih rezultata. Iako je privatizacija vodovoda u Velikoj Britaniji kroz bolne rezove za potrošače doprinela efikasnijem radu sistema za vodosnabdevanje, kao suprotan primer, vodovodni sistemi u Nemačkoj i Austriji imaju izuzetne rezultate. Ključ uspeha je u stvaranju institucionalnog okvira, uvođenje restriktivnih i stimulatívnihih mera za preduzeća koja se bave vodosnabdevanjem, kao i sistemu kontrole rezultata, koji se, naravno pored kontrole nadležnih organa, mogu uspešno uvesti i sprovesti i preko regulatornih tela i udruženja, sledeći iskustva stečena u razvijenim državama, pre svega u Nemačkoj.

Kao prva mera za popravljavanje stanja, neophodno je da preduzeća upoznaju svoje sisteme, da ti podaci budu dostupni širem krugu korisnika, kako bi se mogle dati bilo kakve ocene zatečenog stanja preko nepristrasnih pokazatelja, iz čega treba da uslede planovi za prelazak na aktivno upravljanje sistemom, potrošnjom i poslovanjem.

Za sprovođenje navedenih aktivnosti neophodno je raspolagati odgovarajućim podacima, pa se ova istraživanja mogu smatrati i koristiti kao početak neophodne provere sopstvene efikasnosti. Za nastavak započetih aktivnosti neophodno je na nivou preduzeća napraviti određene planove i procedure i obezbediti određena sredstva i vreme.

Za prikupljanje podataka, potrebno je pre svega uvesti program za uvođenje, primenu i održavanje podataka, upoređivanje pokazatelja i metodologiju dosezanja najboljih praksi, koji:

- pomaže preduzeću za snabdevanje vodom i kanalizaciju da funkcioniše na racionalan i naučno utemeljen način;
- stvara mogućnost upoređenja sa drugim sistemima, što nameće i takmičarski duh i ambicije, što je jako dobro, jer je pored tehničkog znanja, merne opreme i softvera neophodan je entuzijazam zaposlenih na sprovođenju planova i institucionalna i finansijska podrška, kao i podrška šire javnosti;
- stvara osnove za standardizaciju i sertifikaciju procesa, zaposlenih i preduzeća i neprekidno unapređuje efikasnost rada u preduzeću za snabdevanje vodom i kanalizaciju.

Obzirom na procenu stanja u Srbiji, da bi se postigao potreban i željeni napredak, tj. prelazak u višu kategoriju uspešnosti, potrebno je sprovesti niz sistemskih i strukturnih promena. Prvi koraci su jako bitni za sticanje iskustva, shvatanje pozicije i poređenja sa naprednim sistemima, prepoznavanju koraka u realizaciji strategija i planova koji se moraju uraditi, kao i izvršiti neophodna institucionalna reorganizacija, obuka kadrova i nabavka opreme i softvera.

Značajno je istaći da je za popravljavanje infrastrukturnog stanja, kojim treba da smanjiti stepen gubitaka, popraviti efikasnost, pouzdanost i kvalitet usluge potrošačima, neophodno preći na aktivni sistem upravljanja. To je jedan proces, koji treba sprovoditi integralnim, konsistentnim merama, uzročno posledično vezanim, gde se efekat svake preduzete mere za popravljavanje stanja može lako proveriti preko pokazatelja.

Od radova na infrastrukturi, neophodno je pre svega izvršiti zoniranje sistema i postaviti kontrolne punktove, stalna ili povremena merna mesta sa kojih treba uzorkovati podatke, najbolje kontinualno, telemetrijski i skladištiti ih jednu bazu podataka. Tek pravilno zoniran sistem, sa pravilno odabranim i postavljenim mernim uređajima, povezanim u jedinstveni telemetrijski sistem može omogućiti prikupljanje kvalitetnih podataka o funkcionisanju sistema, na osnovu kojih se mogu računati vodni bilansi i tehnički pokazatelji, ali i raditi programirani testovi na izolovanim zonama radi boljeg upoznavanja delova sistema.

Da bi se moglo predvideti ponašanje sistema u pojedinim situacijama, neophodno je koristiti hidrauličke modele, za koje je dragoceno postojanje što većeg skupa kvalitetnih registrovanih i izmerenih podataka sa sistema, kako bi se radila pouzdana kalibracija i rekalkibracija.

Najbolji efekti se mogu postići objedinjavanjem podataka u jednu integralnu, dobro struktuiranu bazu, koju može koristiti veći broj korisnika, svako u svom domenu i na svom nivou potrebe, kao i donosioci odluka, koji treba brzo, nekada u realnom vremenu da donesu bitne odluke. Uloga struktuiranih DSS [26] informacionih sistema sa integrisanim GIS modulima i interfejsima može biti od presudnog značaja, zbog brzine obrade podataka i

olakšanja donošenja odluka, ali i motivacije korisnika, koji mogu naći da je rad na ovakvim programima i informacionim sistemima udoban i zanimljiv.

Za manje sisteme, koji su po pravilu u teškom stanju, sa nedostatkom sredstava, opreme i kvalitetnih kadrova, jako je bitno prepoznavanje problema, potreba, konsultanata i institucija od kojih mogu tražiti pomoć za izradu i sprovođenje planova, ali se postavlja jasno pitanje “odakle početi”. Na primeru vodovodnog sistema u Pirotu, kao reprezentativnom za manje vodovodne sisteme u Srbiji, sa pokazateljima na nivou osrednjenih na nivou Srbije, prikazan je logičan red stvari, da se prikupe projekti, arhivska građa, radni nalozi i zapisi, te napravi baza podataka o samom sistemu, a zatim i odrede i tehnički pokazatelji u prvom koraku, po IWA metodologiji, ali i na tradicionalan način.

Potrebna su početna sredstva, za nabavku mernih uređaja koji će obezbediti pouzdano sračunavanje vodnog bilansa. Za kreiranje matematičkog i GIS modela se mogu koristiti i Open Source i besplatni dostupni modeli u prvoj fazi. Njihova uloga je jako bitna radi donošenja odluka o promeni režima rada sistema, na onaj koji će biti energetski efikasniji i racionalniji, a pored toga može se kontrolnim ventilima značajno smanjiti i broj havarija i iscurile vode. Predložene mere, kao i predlog zoniranja sistema se mogu proveriti na matematičkom modelu, a zatim i na pilot zonama.

Svaki uspešno sproveden korak, i uštede u budžetu se mogu dalje investirati u razvoj sistema, pojačan dotacijama ili kreditima, izradi strategija i planova, zacrtavanju kratkoročnih i dugoročnih ciljeva, sa krajnjim ciljem uvođenja aktivnog upravljanja sistemom, poslovanjem i potrošnjom, uz institucionalno uvođenje u proces svih relevantnih strana i obuku kadrova.

Razultati primene kako IWA metodologije i tehničkih pokazatelja, tako i informacionog sistema sa ciljem podrške upravljanju, na primeru vodovodnog sistema Pirota su dragoceni za proveru primenljivosti metodologije i mera za unapređenje rada vodovodnih sistema u Srbiji. Dovoljno pouzdana redovna merenja protoka i pritisaka na karakterističnim tačkama, bilansi i redovni godišnji izveštaji, ali i programirana merenja u svrhu naprednog upoznavanja sistema, njegove dinamičnosti izvršena u kombinaciji stalno ugrađenih mernih uređaja na crpnim stanicama, merača nivoa u rezervoarima i prenosnih merača i opreme za detekciju gubitaka, lociranje cevi, glava zatrpanih ventila i dr, kao i podaci sa vodomera, omogućili su dovoljno dobro upoznavanje karakteristika sistema da se može izvršiti kvalitetna kalibracija hidrauličkog modela.

Istovremeno je pripremana inicijalna baza podataka o delovima sistema, merenjima, očitanoj potrošnji, kvarovima na mreži, preventivnim delovanjem, karakteristikama izvorišta, crpnih stanica i rezervoara, kao i o urabnim uslovima i zahtevima življenja, kako bi se što bolje sagledale realne potrebe za vodom i uporedile sa registrovanom potrošnjom, prepoznali uzroci gubitaka, a zatim i napisale mere za njihovo smanjenje.

Na taj način je obezbeđena kvalitetna numerička simulacija rada sistema na modelu. Ovakav model se pokazao pouzdanim alatom za računsku proveru efekata ideja za racionalizaciju upravljanja sistemom, upoređivanjem trenutnog stanja sa računskim stanjem nakon uvođenja mera, čime se pokazuje na primeru kako se mogu efekti svake mere dovoljno pouzdano proveriti pre njene primene na živom sistemu.

Ovako koncipiran model, povezan sa bazama podataka koje sa sada postoje, a treba ih stalno ažurirati i širiti, povezivanjem sa SCADA sistemom, koji se takođe može i treba dalje razvijati, uz primenu korisničkih interfejsa i GIS prikaza podataka i rezultata, sa predlogom mera predstavljao je prvi korak i osnovu ka izgradnji prototipa softvera za podršku odlučivanju i integralno upravljanje vodovodnim sistemima.

Na primeru primene informacionog sistema i simulacija na vodovodnom sistemu Pirota dokazani su pozitivni efekti vršenja sektorizacije sistema i upravljanja pritiskom i prognozirani njihov obim, koji se može u programu poslovanja pretočiti u novu stavku, uvođenje aktivnog upravljanja u sistem vodosnabdevanja i sredstva ostvarena uštedom planirati kao sopstveno sredstvo za borbu protiv gubitaka.

Zaključak je nedvosmislen, jer početak izrade planova i strategija je samo početak, obzirom da se radi o živoj i prilagodljivoj materiji, sve je podložno proveru, kako u koncepciji, tako i u efikasnosti. Jedna stvar se samo na tom putu ne sme promeniti, a to su vizija i zacrtani ciljevi. Popravljanje tehničkih pokazatelja sistema je sveobuhvatan, integralni proces, jer je svrha treninga i jačanja mišića proces jačanja zdravlja i održavanja vitalnosti, a za vodovodne sisteme to znači smanjenje gubitaka i upravljanje njima kao aktivan trening donosi unapređenje poslovanja, upravljanja sistemima i potrošnjom kao zdravlje i vitalnost.

Ovim istraživanjima prikazan je proces kroz jedan vodovodni sistem treba proći kako bi imao aktivnu kontrolu nad sistemom i gubicima i povećao efikasnost poslovanja. To je kontinualan proces i svaki sistem, a ko se teži napretku, može se smatrati privremenom verzijom, jer se na na svakoj od komponenti upravljanja sa razvojem sistema mogu raditi dalje dorade i primena naprednih tehnologija.

Prototip sistema odlučivanju, koji je u razvoju, može da posluži kao dobro sredstvo, u drugom koraku neophodnom za dostizanje zacrtanih ciljeva. Da bi se mogao primeniti, u vodovodnim sistemima se vršiti stalno usavršavanje kadrova i sistematizacija podataka, polazeći od osnovnih koje treba prikupiti iz literature i proveriti na terenu, njihovom unosu u baze podataka do potrebnih merenja iz kojih treba da proizidu strategije i planovi. Softveri koji se inicijalno mogu koristiti za kreiranje baza i numeričke simulacije, kao i GIS funkcije, su često standardni delovi softvera koji su u širokoj upotrebi, ili postoje besplatne verzije, tako da treba krenuti sa akcijama gde trenutno nema ograničenja, i time stvarati osnovu i prostor za dalje delovanje.

7 REFERENCE

1. A. Lambert, J.Thornton: *Pressure: Bursts Relationships: Influence of Pipe Materials, Validation of Scheme Results, and Implications of Extended Asset Life*, IWA Specialised Conference ‘Water Loss 2012’, Manila, Philippines, Feb/March 2012.
2. Alegre et al: *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Performance Measures*, IWA Manual of Best Practice, 2000
3. Alegre H., Hirner W., Baptista J.M. and Parena R. (2000): *Performance Indicators for Water Supply Services*, IWA Publishing ‘Manuals of Best Practice’, ISBN 1 900222 272
4. American Water Works Association (1999): *Manual of Water Supply Practices*, M36, 2nd Ed. Water Audits and Leak Detection. ISBN 1-58321-018-0
5. Amy Vickers, International Developments in Water Efficiency & Conservation, *Handbook of Water Use and Conservation*, 9 April, 2008
6. Arandelović D., Đorđević Đ., Milićević D., Milenković S., Nikolić V.: *Sistem za prikupljanje, transfer i obradu podataka sa hidrotehničkih objekata*, 11. Savetovanje hidrauličara i hidrologa, Beograd, 16-18.11.1994., str. 108-118
7. Australian Government National Water Commission: *National Performance Report 2006-07 for Urban Water Utilities*, Water Services Association of Australia . ISSN 978-1-921107-60-3. Available free from wsaa.asn.au. See also NPRPartC.xls from same WSAA website
8. B. Babić, D. Prodanović, M. Ivetić, 2005: *Preliminary Results Of Water Losses Research In Sections Of Belgrade Water Suply System And Developing Of Technical Guidelines And Procedures*, 8th Int. Conf. on Computing and Control in Water Industry, Exeter, UK.
9. Bond, A and Marshallsay, D (2007): *Trunk Mains Leakage – The Missing Part of the Jigsaw*, IWA Water Loss Conference 2007, Bucharest, Romania.
10. Bond, A., Rees, W. (2001): *Development of on-line Inspection System for Watermains*, Proceedings of 4th International conference on Water Pipeline Systems, York, United Kingdom
11. Brimicombe A.: *GIS, Environmental Modeling and Engineering*; Taylor & Francis Group, 2010., USA, p. 361
12. Cabrera E Jr, (2008): *Benchmarking in the Water Industry: a Mature Approach*. Water 21, August 2008, p. 64
13. Charalambous B.: *The Effects of Intermittent Supply on Water Distribution Systems*. IWA Efficient 2011, Amman, Jordan, June 2011

14. Charalambous B., 2009: *Water Crisis – Bridging the Gap*. Water Loss 2009 Conference Proceedings, 26-30 April, Cape Town, South Africa, pp 241 – 246.
15. Chesneau O, et (2007): *Predicting Leakage Rates Through Background Losses and Unreported Bursts Modelling*. IWA Water Loss Conference Proceedings Volume 1, Bucharest, Sept 2007. ISBN 978-973-7681-25-6
16. Cole G (2011): *Time of Use Tariffs: Reforming the Economics of Urban Water Supply*. Waterlines Report, National Water Commission, Canberra, Wide Bay Water Corporation, Australia.
17. Daniel P. Loucks D., Van Beek E. with contributions from Stedinger J., Dijkman J.: *Water Resources Systems Planning and Management - An Introduction to Methods, Models and Applications*, UNESCO 2005, p. 680
18. Dragan Arandelović, Dragan Milićević, Slobodan Milenković, Dragan Radivojević, *Software Support to the Continual Measuring and Central Control Aimed at the Reduction of Water Loss in Water Supply System*, 60 Years Jubilee Scientific Conference Sofia, Nov 2002, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia, Vol 7., Water Engineering, pp 59-64
19. Dragan Arandelović, Dragan Radivojević, Dragan Milićević, Veljko Nikolić: *Istražni radovi na vodovodnoj mreži u Sokobanji u cilju smanjenja gubitaka vode sa predlogom mera za smanjenje tih gubitaka, (Leakage Assessment on Sokobanja Water Supply System and Program for Their Reduction)*, Institute for Civil Engineering and Architecture, Civil Engineering Faculty Niš, 1993.
20. Dragan Arandelović, Dragan Radivojević, Marko Ivetić: *Istraživanje uzroka havarije na cevovodu vodovodne mreže u Knjaževcu (Origin Assesement on Accidents on Knjaževac Water Supply Network)*, 12. Conference JDHI, Preceding, p.p. 313-320, Subotica, 1998.
21. Dragan Arandelović, Dragan Radivojević, Veljko Nikolić: *Stanje i perspektive vodosnabdevanja Sokobanje (The State and Perspective for Sokobanja Water Supply)*, pp 193/200, Konferencija “Voda za žedne gradove”, Građevinski fakultet Niš, 1996.
22. D. Milićević, S. Milenković, V. Nikolić: *The Informatics Support To The Water Resources Integral Protection From Pollution*; The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, Florida, USA, July 14-18, 2002., Proceedings, Volume I: Information Systems Development I, p. 227-232.
23. D. Milićević, S. Milenković, V. Nikolić: *Primena GIS tehnologija u projektovanju i upravljanju urbanim sistemima za odvođenje otpadnih voda*, Međunarodna konferencija “Moderni postupci u kanalizaciji”, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, 19-20.11.2003., st. 115 do 120.
24. D. Milićević, S. Milenković, V. Nikolić: *Development of the Software System for Support of the Integral Water Resource Protection From Pollution*, International Conference BALWOIS 2006, Topic 8: Information systems, Abstract: Book of Abstracts pp. 314, Full Paper: CD and www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-583.pdf, Ohrid, Republic of Macedonia, 23-26 May 2006, pp. ffp-583: 1-12
25. D. Milićević, D. Radivojević: *Integral Surface Water Quality Monitoring and Protection in the Sićevo Gorge*, Faculty of Civil Engineering and Architecture & Institute for Nature Conservation of Serbia, Monography "Sićevo and Jelašnica Gorges Environment Status Monitoring", pp 59-64, Niš 2007.

26. D. Milićević: *Razvoj programskog sistema za integralnu zaštitu vodnih resursa od zagađenja*, Doktorska disertacija, odbranjena na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu, 12.07.2011., štamp str. 199
27. D. Radivojević, D. Arandelović, B. Blagojević (2008): *Primenljivost IWA tehničkih pokazatelja uspešnosti funkcionisanja na vodovodne sisteme u Srbiji*, Zbornik radova sa internacionalnog naučno-stručnog skupa GNP 2008, Žabljak, knj. 2, ISVN 978-86-82707-15-8, str. 1289-1294, Podgorica
28. D. Radivojević, D. Milićević, B. Blagojević (2008): *IWA Best Practice and Performance Indicators for Water Utilities in Serbia-Case Study Pirot*, Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering, ISSN 0354 – 4605, Vol.6, No. 1, pp. 37-50, University of Niš, Niš
29. D. Radivojević, D. Milićević, B. Blagojević, S. Trajković (2008): *IWA tehnički pokazatelji uspešnosti, studija slučaja u Pirotu*, Zbornik radova GAF u Nišu br. 23, YU ISSN 0350-8587, str. 173-192, Niš
30. D. Radivojević, D. Milićević, B. Blagojević, S. Trajković (2008): *Razvoj strategije za upravljanje gubicima vode u vodovodnim sistemima*, Zbornik radova GAF u Nišu br. 23, YU ISSN 0350-8587, str. 193-230, Niš
31. D. Radivojević, M.Ivetić, B.Blagojević, D. Milićević (2009): *IWA tehnički pokazatelji uspešnosti, studija slučaja vodovod u Pirotu*, Zbornik radova sa 15. savetovanje Srpskog društva za hidraulička istraživanja, ISBN 978-86-7518-109-5, str. 467-480, Beograd
32. Dragan Radivojević, Dragan Arandelović, Borislava Blagojević: *Primenljivost IWA tehničkih pokazatelja uspešnosti funkcionisanja na vodovodne sisteme u Srbiji*, Zbornik radova sa internacionalnog naučno-stručnog skupa GNP 2008, Žabljak, Mart 2008
33. Dragan Radivojević, Dragan Arandelović: *Glavni projekat zaštite vodovodnog sistema grada Knjaževca od pojave hidrauličkog udara, (Detailed Technical Design for Water Hammer Reduction and Protection of Water Supply System in Knaževac)* Institute for Civil Engineering and Architecture, Civil Engineering Faculty Niš,1999.
34. Dragan Radivojević, Dragan Arandelović: *Ispitivanje uzroka havarije na vodovodnom sistemu grada Knjaževca, (Burst Origins Assesement on the Water Supply System of the Knjaževac Town)*, Institute for Civil Engineering and Architecture, Civil Engineering Faculty Niš, 1997
35. Dragan Radivojević, Dragan Milićević, Ninoslav Petrović: *Technical Performance Indicators, IWA Best Practise for Water Mains and the Fist Steps in Serbia*, Facta Universitatis, Series Architecture and Civil Engineering Vol 5, No2, p.p. 115-124, University of Niš, 2007
36. Dragan Radivojević, Marko Ivetić, Dragan Milićević: *Technical Performance Indicators for Water Mains, the First Steps in Serbia on IWA Best Practice Application*, COST C18, Programme Pi08, ISO 24500 Standards on Management of Water and Wastewater Utilities. Valencia, Spain, International Conference on Performance Assessment of Urban Infrastructure Services, Mart 2008
37. D. Prodanović, M. Ivetić, D. Pavlović, 1998: *The Examples of Diagnostic Measurements on Water Supply Systems*, 12th Conference of YAHR, Subotica.
38. DVGW Guideline W 392 (2003): *Network Inspection and Water Losses – Activities, Procedures and Assessment*. DVGW, Bonn, Germany.

39. *Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies*; Editors: Adam F., Humphreys P.; Information Science Reference, USA, 2008, p. 976
40. Fanner P. and Lambert A.: *Calculating SRELL With Pressure Management, Active Leakage Control and Leak Run-Time Options, With Confidence Limits*. IWA Specialist Conference 'Waterloss 2009', Cape Town, South Africa, March 2009
41. Fanner P., Sturm R., Thornton J, Liemberger R (2007): *Leakage Management Technologies*, AWWARF project report. ELLCalcs Version 2a (2008). Software for calculation of Short Run Economic Leakage Level. ILMSS Ltd, UK. www.LeaksSuite.com
42. Fanner P.V., et al (2007): *Leakage Management Technologies*. AWWARF Project Report 2928
43. Fantozzi M. and Lambert A.: *Recent Developments in Predicting the Benefits and Payback Periods of Introducing Different Pressure Management Options into a Zone or Small Distribution System*. Second International Conference on Water Loss Management, Telemetry and SCADA in Water Distribution Systems, Ohrid, Macedonia, June 2008
44. Fantozzi M. and Lambert A.: *Residential Night Consumption – Assessment, Choice of Scaling Units and Calculation of Variability*. IWA Specialised Conference 'Water Loss 2012', Manila, Philippines, Feb/March 2012
45. Fantozzi M. and Lambert A.(2007): *Including the Effects of Pressure Management in Calculations of Short-Run Economic Leakage Levels*. Proceedings of IWA Specialist Conference 'Water Loss 2007", Bucharest, Romania, 23-27 September 2007.
46. Fantozzi M., Bazzurro N., Mazzola M.: *Progress on Implementing the IWA Approach in Italy: Case Studies*, Dissemination and training activities of the Italian Water Loss User Group and Links with European Funded Projects, Proceedings of IWA Conference 'Leakage Management: A Practical Approach', Halifax, Canada, 2005
47. Fantozzi M., Calza F., Lambert A.: *Experience and Results Achieved in Introducing District Metered Areas (DMA) and Pressure Management Areas (PMA) at Enia Utility (Italy)*. IWA Specialist Conference 'Waterloss 2009', Cape Town, South Africa, March 2009
48. Fantozzi M., Lambert A., Liemberger R.: *Some Examples of European Water Loss Targets, and the Law of Unintended Consequences*, IWA Specialised Conference 'Water Loss 2010', Sao Paulo, Brazil, June 2010
49. Farley M., Trow S.: *Losses in Water Distribution Networks - A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control*, Published by IWA, April 2003.
50. Garzon A. and Fantozzi M.: *Pressure and Leakage Management in a Water System Using Integrated Mathematical Models and Specialist Software*. Water Loss Seminar and Workshop, Marbella, Spain, Jan 2008
51. Geografija Srbije, stanovništvo, površina, reljef, karta Srbije; Iz Geografija - Srbija, Crna Gora, Evropa, privreda, ekologija, stanovništvo; <http://www.geografija.net/srbija.asp>, 2010
52. Goodwin S.J. (1980): *The Results of the Experimental Programme on Leakage and Leakage Control*. Water Research Centre Technical Report 155 (1980).
53. Gray N.F.: *Water Technology: An Introduction for Environmental Scientists and Engineers*, Second Edition; Elsevier Science & Technology Books, 2005.; p.p. 600

-
54. Gujer W.: *Systems Analysis for Water Technology*; Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008, p. 462
 55. Helena Alegre, Jaime Melo Baptista, Enrique Cabrera Jr., Francisco Cubillo, Patricia Duarte, Wolfram Hirner, Wolf Merkel, Renato Parena: *Performance Indicators for Water Supply Services, Second Edition*, First Published 2006
 56. Hydro-Comp Enterprises: www.edams.com/products.html
 57. Hydro-Comp d.o.o: www.hydro-comp.rs/index.htm
 58. Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi": *Vodoprivredna osnova Republike Srbije*, Republika Srbija, Ministarstvo za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu, Beograd, 1996.
 59. Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (Beograd, Juni 2001.) *Vodoprivredna osnova Republike Srbije*, Ministarstvo za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu
 60. International Handbook on Information Systems - *Handbook on Decision Support Systems 1: Basic Themes*; Editors: Frada Burstein F., Holsapple C.; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008; p. 854
 61. International Handbook on Information Systems - *Handbook on Decision Support Systems 2: Variations*; Editors: Burstein F., Holsapple C.; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, p. 798
 62. International Report, A.O. Lambert (UK) at all: *Water Losses Management and Techniques*, Water Science and Technology: Water Supply 2(4), August 2002.
 63. Ivan Far, Marko Ivetić, Miloš Stanić, 2004.: *Integrated Environment for the Analysis of Transients in Water Distribution Systems*, Hydroinformatics 2004, Singapore.
 64. *Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2008. godinu*, Republika Srbija, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd, 2009. godine, str. 172
 65. Jovica Miladinović, Dragan Radivojević, Dragan Arandelović, Ljubomir Đurović, *Rekonstrukcija cevovoda Studena metodom uvlačenja cevi "Sewagelining"*, Nauka i praksa, Žabljak 2009
 66. Koelbl J. and Gschleiner R.: *Austria's New Guidelines for Water Losses*. Water 21, December 2009
 67. Kolbl J, et al (2007): *Experiences with Water Loss PIs in the Austrian Benchmarking Project*. IWA WaterLoss Conference Proceedings Volume 1, Bucharest, Sept 2007. ISBN 978-973-7681-25-6
 68. Kovač, J. (2006): *Case studies in applying the IWA WLTF approach in the Western Balkan Region: Results Obtained*. Skopje Conference 2006: Water Loss Management, Telemetry and SCADA Systems in Water Distribution Systems
 69. Lambert (1994): *Accounting for Losses: The Bursts and Background Concept*. Journal of the Institution of Water and Environmental Management, 1994, Volume 8 (2), pp 205-214.
 70. Lambert A & Hirner W.H.: *IWSA Blue Pages, Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Performance Measures*, 2000.
 71. Lambert A (2000): *What do We Know About Pressure: Leakage Relationships in Distribution Systems?*, IWA Conference on System Approach to Leakage Control and
-

- Water Distribution Systems Management, Brno ISBN 80-7204-197-5, 10 May, J. (1994) Pressure Dependent Leakage. World Water and Environmental Engineering, October 1994
72. Lambert A. (2010): *Improving the Understanding of Components of Residential Night Consumption Using Gold Coast and End Use Study Data*. Report ILMSS Ltd/Wide Bay Water
73. Lambert A. and Fantozzi, *Managing Australia's Real Loss Levels*. Water 21, June 2010
74. Lambert A. and Fantozzi: *Recent Developments in Pressure Management*. IWA Specialised Conference 'Water Loss 2010', Sao Paolo, Brazil, June 2010 Water Services Association of Australia (2010): Review of Pressure Management Practices and Benefits in the Australian Water Industry.
75. Lambert A. and Lalonde A. (2005): *Using Practical Predictions of Economic Intervention Frequency to Calculate Short-run Economic Leakage Level, With or Without Pressure Management*. Proceedings of IWA Specialised Conference 'Leakage 2005', Halifax, Nova Scotia, Canada
76. Lambert A. and Thornton J. (2011): *The Relationships Between Pressure and Bursts – a 'State-of-the-Art Update'*. Water 21, April 2011, 37-38
77. Lambert A. and Thornton J. (2012): *Pressure-Bursts Relationships: Influence of Pipe Materials, Validation of Scheme Results, and Implications of Extended Asset Life*. Paper to be published in Proceedings of IWA Specialised Conference 'Water Loss 2012', Manila, February 2012
78. Lambert A, Hicks J, Kay S, May J, Waldron T (2010): *Managing Excess Pressures to Improve Water Systems Asset Management*. 5th World Congress on Engineering Asset Management, WCEAM and AGIC, Brisbane, October 2010
79. Lambert A.: *Recent Developments in Pressure Management*, Keynote Address, Italian Water Convention 2010, Water Efficiency Conference, Ferrara, May 2010
80. Lambert A.: *Ten Years Experience in Using the UARL Formula to Calculate Infrastructure Leakage Index*, IWA Specialist Conference 'Waterloss 2009', Cape Town, South Africa, March 2009
81. Lambert A. and Hirner W. (2000): *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures*, IWA Website, www.iwahq.org.uk/bluepages
82. Lambert A. and McKenzie R.: *Practical Experience in Using the Infrastructure Leakage Index*, Proceedings of IWA Conference 'Leakage Management: A Practical Approach' in Lemesos, Cyprus, 2002
83. Lambert A.O., Brown T.G., Takizawa M., Weimer D. (1999): *A Review of Performance Indicators for Real Losses From Water Supply Systems*. J Water SRT – Aqua Vol.48, No.6, pp. 227-237, 1999. ISSN 0003-7214
84. Lambert A.O and Morrison J.A.E. (1996): *Recent Developments in Application of 'Bursts and Background Estimates' Concepts of Leakage Management*. J.CIWEM, 1996, 10, April, 100-104
85. Lambert A. and Fantozzi M. (2010): *Recent Developments in Pressure Management*. IWA Conference 'Water Loss 2010', Sao Paolo, Brazil, June 2010

86. Lambert, Brown, Takizawa, Weimer (1999): *A Review of Performance Indicators for Real Losses From Water Supply Systems*. J Water SRT – Aqua Vol. 48, No.6, pp. 227-237, 1999.
87. Lapmet (2011): *Leakage and Pressure Management Targeting Software Version 1b*, May 2011, for WSAA Australia. ILMSS Ltd. www.leakssuite.com
88. Laven (2010): *Trunk Main Water Loss*, American Water Works Association Distribution Systems Symposium, Washington, DC, 2010.
89. Laven K. and Lambert A.: *Towards Improved Management of Transmission Mains Leakage*, Water 21, February 2012
90. Laven K. and Lambert A.: *What Do We Know About Real Losses On Transmission Mains?*, Proceedings of IWA Water Loss Specialist Group Conference ‘Water Loss 2012’, Manila, Feb 2012
91. Liemberger M.: *Do You Know How Misleading the Use of Wrong Performance Indicators can be*, Proceedings of IWA Conference ‘Leakage Management: A Practical Approach’ in Lemesos, Cyprus, 2002
92. Liemberger R. and Mckenzie R.S. (2005): *Accuracy limitations of the ILI – is it an appropriate indicator for developing countries?* IWA Conference ‘Leakage 2005’, Halifax, Nova Scotia.
93. Malcolm Farley, Stuart Trow, *Losses in Water Distribution Networks, A Practitioner’s Guide to Assessment, Monitoring and Control*, Primayer Limited, Primayer House, Parklands Business Park, Denmead, Hampshire, PO7 6XP, United Kingdom
94. M. Ivetić, B. Trajković, D. Prodanović, A. Mijić (2004): *Continuous Education of Hydraulic Engineers – Mathematical Modelling of Water Supply Systems*, 25th Conference on Water Supply and Sewerage, Banja Koviljača, Serbia.
95. M. Ivetić, B. Trajković, N. Jaćimović (1998): *More than Hydraulic Analysis of Water Supply System of Ruma*, Conference "Water Supply 98", Vrnjačka Banja.
96. M. Ivetić, D. Prodanović, M. Bikički (2004): *An Overview of the Research Project – Demand Management in Water Distribution Systems (in Serbian)*, 25th Conference on Water Supply and Sewerage, Banja Koviljača, Serbia.
97. M. Ivetic, D.Savic, 2002, *Leakage Detection in Pipelines and Pipe Networks by Induced Transients*, 14th Congress of YAHR, Sokobanja.
98. M. Ivetić, D. Savić (2003): *Practical Implications of Using Induced Transients for Leak Detection*, 3rd World Water Forum, Kyoto.
99. M. Ivetić, R. Kapor (2004): *Surge Control for Pumping Station Vracar in Belgrade Water System*, International Conf. on Control and Operation in Water Supply and Sewerage Systems, Vrnjačka Banja, Serbia.
100. M. Ivetić, S. Vukoje (2003): *Hydraulic Transient Analysis of WDS Zrenjanin*, 24th Conference on Water Supply and Sewerage, Arandelovac, Serbia.
101. Marko Ivetić, Dragan Savić, Dušan Prodanović (2004): *Dynamic Monitoring and Leakage Detection by Induced Transients*, Hydroinformatics 2004, Singapore.
102. Marko Ivetić, Dušan Prodanović, Biljana Trajković, Ana Mijić, Nemanja Branislavljević, Andrija Mari, Jasminka Petrašković (2004): *Joint Water Distribution Model*

- Development – Teachers and Users*, 25th Conference on Water Supply and Sewerage, Banja Koviljača, Serbia.
103. May J., (1994): *Pressure Dependent Leakage*, World Water and Environmental Engineering, October 1994
 104. Mechanical Faculty Niš, Civil Engineering Faculty Niš, *Energy Efficiency – Pumping Plant Optimization in Water Supply System, Demo City Leskovac (Energetska efikasnost: Optimizacija pumpnih sistema za vodosnabdevanje gradova (demo grad Leskovac))*, NP EE 42 MNT RSrbije 2002-2004, Ministry of Science and Technology, Republic of Serbia
 105. Miloje Milojević: *Snabdevajne naselja vodom i kanalisanje naselja*, (Naučna Knjiga, Beograd, 1990.)
 106. Milovanović M.: *Potrebe za vodom u republici Srbiji do kraja XXI veka*; Konferencija “Voda za 21. vek” – Zbornik radova, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 22.-24.03.1999., Beograd, strana 223-228
 107. Miroslav Vujatović, Čedo Maksimović, Marko Ivetić (1999): *Project Overview "Sustainable Rehabilitation of Urban Environmental Systems" – Objectives and Expected results*, Summer School of Urban Planning - Sipovo '99.
 108. N. Branisavljević, M. Ivetić (2005): *Fuzzy Approach In The Uncertainty Analysis Of The Water Distribution Network Of Bečej*, 8th Int. Conf. on Computing and Control in Water Industry, Exeter, UK
 109. N. Branisavljević, M. Ivetić (2006): *Analysis of the Water Distribution Network with Uncertain Nodal Demand Using Fuzzy Sets*, 7th Int. Conf. on Hydroinformatics, HIC 2006, Nice, France.
 110. N. Branisavljević, M. Ivetić (2006): *Reducing Uncertainties in Water Distribution Network Models Using Fuzzy Sets and Genetic Algorithms*, 3rd Int. IWA Conf. for Young Scientists, Singapore.
 111. National Performance Framework: *2006-07 Urban Performance Reporting Indicators and Definitions*, a Handbook for WSAA Members. Online Copy, Date of Publication: May 2007.
 112. Neunteufel, R., Theuretzbacher-Fritz, H., Koelbl, J., Perfler, R., Mayer, E. & F. Friedl (2009): *Benchmarking und Best Practices in der Österreichischen Wasserversorgung – Stufe C - Final Public Report on Austrian project 2007/08*. Vienna / Graz, Austria.
 113. *New York City Experiences: Metering and Conservation*, Waterwise, UK, 2008, Waterwise UK, April UK, April
 114. Office of Water Services (2000): *Leakage and the Efficient Use of Water*. ISBN 1 874234 69 8, Website www.open.gov.uk/ofwat/
 115. Ogura: *Japan Waterworks Journal*, June 1979. P 38-45,
 116. OVGW (2009): *Guideline W63, Water Losses in Water Supply Systems. Assessment, Evaluation and Measures for Water Loss Reduction*, Austrian Association for Gas and Water. www.ovgw.at
 117. Pearson D., Fantozzi M., Soares D. and Waldron T. (2005): *Searching for N2: How Does Pressure Reduction Reduce Burst Frequency?*, Proceedings of IWA Special Conference 'Leakage 2005', Halifax, Nova Scotia, Canada, September 12-14

118. Renaud E., et al M. (2007): *Studies of Reference Values for the Linear Losses Index in the Case of Rural Water Distribution Systems*. IWA WaterLoss Conference Proceedings Volume 3, Bucharest, Sept 2007.
119. Republic of Serbia, Ministry of Agriculture, Forestry and Water Resources: *Vodovodi u Srbiji (Water Mains in Serbia)*, Institute for Water Resources Jaroslav Černi, Beoinženjering, 2005.
120. Sabesp (2007) Fabio Denapoli and the water loss control team from SABESP Metropolitan Business Unit –SIGNOS: *Data Showing Leak Frequency in Areas With Pressure Management and Areas With no Pressure Management*.
121. South African Water Research Commission (2001): *Development of a Pragmatic Approach to Evaluate the Potential Savings from Pressure Management in Potable Water Distribution Systems in South Africa*. WRC Report No TT152/01 ISBN 1 86845 722 2
122. Stone, Dzuray, Meisegeier, Dahlborg, Erickson (2001): *Decision-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems: Chapter 2, Summary of the European Experience Using Non-Hydraulic Models for Infrastructure Rehabilitation*. United States Environmental Protection Agency Website <<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r02029/600R02029.pdf>>, accessed Oct 11, 2011.
123. Sugumaran R., DeGroote J.: *Spatial Decision Support Systems, Principles and Practices*; Taylor and Francis Group, LLC; USA, 2011, p. 469
124. Sundahl (1996): *Diagnosis of Water Pipe Conditions*, Lund University, Department of Water Resrouces Engineering, Lund, Sweden, 1996, ISSN 1101-9824.
125. Thornton J. and Lambert A. (2005): *Progress in Practical Prediction of Pressure: Leakage, Pressure: Burst Frequency and Pressure: Consumption Relationships*. IWA Conference 'Leakage 2005', Halifax, Nova Scotia.
126. Thornton J. and Lambert A. (2006): *Managing Pressure to Reduce New Breaks*. Water 21 Magazine, December 2006, pg 24-26m IWA Publishing, London
127. Thornton J. and Lambert A. (2007): *Pressure Management Extends Infrastructure Life and Reduces Unnecessary Energy Costs*. Water Loss 2007: Conference Proceedings, Bucharest, Romania, 23-26 Sept 2007.
128. Thornton J., Sturm R., Kunkel G.: *Water Loss Control*, 2nd Edition July 2008 McGraw Hill New York ISBN 978-0-07-149918-7.
129. Thornton, J. (2002): *Water Loss Control Manual*, McGraw-Hill, ISBN 007-1374345
130. Thornton, J. (2003): *Managing Leakage by Managing Pressure*. Water 21, October 2003
131. Tutunović K.: *AquanetS 7.2.10*, Copyright 1999-2007, Civil Engineering Software Solutions
132. UK Managing Leakage Report E (1994): *Interpreting Measured Night Flows*. ISBN 1 898920 10 9
133. Urban Water Research Association of Australia: *Research Report No 5: Leakage Management – Assessing the Effect of Pressure Reduction on Losses From Water Distribution Systems*, December 1989
134. Water Audits and Loss Control Programs (2009). 3rd Edition of M36 Manual, American Water Works Association

135. Water Loss Group: IWA Task Force: *Best Practice Performance Indicators for Non Revenue Water and Water Loss Components: A Practical Approach*, Proceedings of IWA Conference 'Leakage Management: A Practical Approach', Halifax, Canada, 2005
136. Water Loss Manual, Texas Water Development Board, Austin, Texas 78711-3231, May 2005
137. Water Services Association of Australia (2001): *Benchmarking of Water Losses in Australia*, ISSN 1 876088 96 6 Website: www.wsaa.asn.au
138. Willis, R., Stewart, R.A., Panuwatwanich, K., Capati, B. and Giurco, D. (2009): *Gold Coast Domestic Water Use Study*. Water: Journal of the Australian Water Association, Volume 36, Number 6, 79-85.
139. Willis, R.M., Stewart, R.A., Williams, P., Hacker, C., Emmonds, S., Capati, G., 2011b: *Residential Potable and Recycled Water End Uses in a Dual Reticulated Supply System*. Desalination. 272(1-3), 201-211.
140. WSAA (2011): *Framework for Targeting Leakage and Pressure Management*. Report for Water Services Association of Australia, by Wide Bay Water Corporation and Water Loss Research & Analysis Ltd, May 2011, as part of as part of WSAA Asset Management Project PPS-3, Review of Leakage Reporting and Management Practices, Stage 3
141. WSAA (2011): *Guidelines Relating to Targeting of Leakage Using Night Flows*. An Output of Water Asset Management Project PPS-3, Stage 3. wsaa@asn.au



Прилог 1.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом

**Технички показатељи за оцену стања и предлог мера за унапређење успешности
функционисања мањих водоводних система у Републици Србији**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација, ни у целини, ни у деловима, није била предложена за добијање било које дипломе, према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

У Нишу, 02.11.2013.

Аутор дисертације:
др Драган Радивојевић

Потпис докторанда:



Прилог 2.

**ИЗЈАВА О ИСЛОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКЕ
ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Име и презиме аутора:

др Драган Радивојевић

Студијски програм:

Механика флуида, хидраулика и хидрологија

Наслов рада:

Технички показатељи за оцену стања и предлог мера за унапређење успешности функционисања мањих водоводних система у Републици Србији

Ментор:

Проф. др Драган Аранђеловић, Проф. др Марко Иветић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији, коју сам предао/ла за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 02.11.2013.

Аутор дисертације:

др Драган Радивојевић

Потпис докторанда:

Radivojevic Dragan



Прилог 3.

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да, у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, унесе моју докторску дисертацију, под насловом: **Технички показатељи за оцену стања и предлог мера за унапређење успешности функционисања мањих водоводних система у Републици Србији** која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство – некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да подвучете само једну од шест понуђених лиценци; кратак опис лиценци је у наставку текста).

У Нишу, 02.11.2013.

Аутор дисертације:
др Драган Радивојевић

Потпис докторанда:

Radivojevic Dragan