TEHNIČKA POMOĆ NA POTPORI SMANJENJU GUBITAKA VODE U OKVIRU REFORME VODNOG SEKTORA U REPUBLICI HRVATSKOJ – FAZA 2 (P505592)

Zaklada br. TF074110

Ugovor EK br. REFORM/IM2024/005

REZULTAT br. 2

Izvješće za Nacrt Priručnika dobre prakse - Uspostava i upravljanje DMA zonama

Prosinac, 2024.

Provedbu projekta financirala je Europska unija u suradnji s Glavnom upravom Europske komisije za potporu reformama (DG REFORM)

European Commission

THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP

ODRICANJE OD ODGOVORNOSTI

Ovaj je dokument izrađen uz financijsku pomoć Europske unije. Za gledišta iskazana u ovom dokumentu se ni na koji način ne može smatrati da odražavaju službeno mišljenje Europske unije.

Ovaj je izvještaj djelo Međunarodne banke za obnovu i razvoj/Svjetske banke. Rezultati, tumačenja i zaključci iskazani u ovom dokumentu nužno ne odražavaju gledišta izvršnih direktora Svjetske banke, Europske komisije ili Vlade. Svjetska banka ne jamči točnost podataka sadržanih u ovom dokumentu.

IZJAVA O AUTORSKOM PRAVU

© 2022 Svjetska banka
1818 H Street NW, Washington DC 20433
Telefon: 202-473-1000; Internet: www.worldbank.org

Neka prava pridržana-

Ovaj je dokument djelo osoblja Međunarodne banke za obnovu i razvoj/Svjetske banke. Rezultati, tumačenja i zaključci iskazani u ovom dokumentu nužno ne odražavaju gledišta izvršnih direktora Svjetske banke ili država koje oni predstavljaju. Svjetska banka ne jamči točnost podataka sadržanih u ovom dokumentu. Granice, boje, oznake i sve ostale informacije prikazane na bilo kojoj karti u ovom dokumentu ne impliciraju sa strane Svjetske banke nikakav sud o pravnom statusu bilo kojeg teritorija ili ikakvo podržavanje ili prihvaćanje takvih granica.

Prava i dopuštenja

Materijal u ovom dokumentu podliježe autorskom pravu. Budući da Svjetska banka potiče širenje svojih znanja, ovaj se dokument može reproducirati, u cijelosti ili djelomično, u nekomercijalne svrhe pod uvjetom da se imenuje autor.

Imenovanje autora—Molimo da se dokument citira kako slijedi: „Svjetska banka. [Godina objave]. [Naslov]. © Svjetska banka.“

Sva pitanja o pravima i dopuštenjima, uključujući sporedna prava, treba uputiti na: World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; fax: 202-522-2625; e-mail: pubrights@worldbank.org.

Ovaj je izvještaj isporučen u prosincu 2024. godine u sklopu Ugovora EK br. REFORM/IM2024/005 u okviru TF074110, potpisanog između Europske komisije i Međunarodne banke za obnovu i razvoj. Odgovara Rezultatu br. 2 za Tehničku pomoć na potpori smanjenju gubitaka vode u okviru reforme vodnog sektora u Republici Hrvatskoj – Faza 2 u sklopu gore spomenutog ugovora.

Funded by the European Union

AKTIVNOST 2:

POTPORA USPOSTAVI DMA ZONA

PODAKTIVNOST 2.1.

IZVJEŠĆE ZA NACRT PRIRUČNIKA DOBRE PRAKSE - USPOSTAVA I UPRAVLJANJE DMA ZONAMA

U okviru ove pod-aktivnosti, izrađen je prijedlog priručnika za uspostavu DMA zona na uslužnom području javnih isporučitelja vodnih usluga. Cilj Priručnika je poboljšati nadzor i kontrolu vodoopskrbnih sustava, kao važan korak prema smanjenju gubitaka vode.

24HR01: POTPORA SMANJENJU GUBITKA VODE U OKVIRU REFORME VODNOG SEKTORA U REPUBLICI HRVATSKOJ – FAZA 2

CILJ

Podržati učinkovitost poslovanja vodno-komunalnog sektora Republike Hrvatske jačanjem kapaciteta javnih isporučitelja vodnih usluga (JIVU) za smanjivanje prekomjernih gubitaka vode iz vodoopskrbnih sustava, kroz pripremu i provedbu aktivnosti na razini uslužnih područja, te kroz jačanje regulatora, tehničkih kapaciteta i aktivnosti praćenja.

DMA PRIRUČNIK – NACRT

Prosinac, 2024.

KRATICE

AKC	aktivna kontrola curenja
BABE	engl. Breaks and Background leakage Estimates
CARL	engl. Current Annual Real Losses (hrv. Trenutni godišnji stvarni gubitci)
CRLI	engl. Combined Real Loss Indicator (hrv. Kombinirani indikator stvarnih gubitaka)
DMA	engl. District Metered Area (hrv. Izdvojeno područje mjerenja)
ELL	engl. Economic Level of Leakage (hrv. Ekonomski nivo gubitaka)
ENG	ekonomski nivo gubitaka
FAVAD	engl. Fixed And Variable Area of Discharge (hrv. Metoda koja definira ovisnost intenziteta curenja o povećanju ili smanjenju tlaka
ICF	engl. Infrastructure Condition Factor (hrv. Faktor stanja infrastrukture)
ILI	engl. Infrastructure Leakage Index (hrv. Infrastrukturni indikator curenja)
IWA	engl. International Water Association (hrv. Međunarodno udruženje za vode)
JIVU	javni isporučitelj vodnih usluga
MNF	engl. Minimum Night Flow (hrv. Minimalni noćni protok)
MNP	minimalni noćni protok
NGSG	neizbježni godišnji stvarni gubitci
NRW	engl. Non-Revenue Water (hrv. neprihodovana voda)
NUS	nadzorno-upravljački sustav
PMA	engl. Pressure Management Area (hrv. Područje upravljanja tlakom)
TGSG	trenutni godišnji stvarni gubitci
UARL	engl. Unavoidable Annual Real Losses (hrv. Neizbježni godišnji stvarni gubitci)
WBI	engl. World Bank Institute (Institut Svjetske banke)
WLSG	engl. Water Loss Specialist Group (Grupa stručnjaka za vodne gubitke, koja djeluje pod okriljem IWA-e)

SADRŽAJ:

POPIS TABLICA **7**

POPIS SLIKA **8**

PREAMBULA **9**

1 UVOD **10**

2 IWA METODOLOGIJA ANALIZE VODNIH GUBITAKA **13**

2.1 Bilanca vode **13**

2.1.1 Općenito 13
2.1.2 Proširena i skraćena bilanca vode 15

2.2 Indikatori uspješnosti upravljanja vodnim gubitcima **16**

2.2.1 ILI indikator 17
2.2.2 CRLI indikator 21

2.3 Kontrola stvarnih i prividnih gubitaka **22**

3 VAŽNOST USPOSTAVE DMA ZONA **24**

3.1 Upravljanje podatcima **25**

3.2 Održivo upravljanje vodoopskrbnom mrežom i stvarnim gubitcima **25**

3.3 Praćenje noćnog protoka i otkrivanje curenja **26**

3.4 Upravljanje tlakom **27**

3.5 Kontrola i smanjenje prividnih gubitaka **28**

3.6 Zaključno o važnosti uspostave DMA zona **28**

4 ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA USPOSTAVU I UPRAVLJANJE DMA ZONAMA **29**

4.1 Općenito **29**

4.2 Prednosti uspostave DMA zona pri kontroli curenja **29**

4.3 Osnove upravljanja DMA zonama **30**

4.4 Komponente stvarnih gubitaka **32**

4.5 Odnos tlaka i curenja **35**

4.5.1 Utjecaj tlaka na intenzitet curenja 35
4.5.2 Upravljanje tlakom u vodoopskrbnoj mreži 37
4.5.3 Utjecaj vodnih udara na curenja 38

5 METODOLOGIJA USPOSTAVE DMA ZONA **40**

5.1 Planiranje DMA zona **40**

5.1.1 Osnove ... 40
5.1.2 Projektiranje DMA zona ... 46
5.1.3 Kriteriji pri projektiranju DMA zona ... 48
5.1.4 Veličina DMA zona i ekonomski aspekti uspostave DMA zona ... 48
5.1.5 Razmatranja kvalitete vode ... 50
5.1.6 Kreiranje DMA zona ... 50
5.1.7 Testiranje DMA zona ... 56
5.1.8 Odabir mjerača protoka ... 57

5.2 Uspostava i upravljanje DMA zonama ... 58

5.2.1 Provjera DMA zona nakon uspostave ... 58
5.2.2 Upravljanje DMA zonama ... 58
5.2.3 Izrada bilance vode za svaku DMA zonu s izračunom stvarnih gubitaka iz minimalnog noćnog protoka ... 59
5.2.4 Izračun stvarnih gubitaka uprosječenih na dnevnoj i godišnjoj razini ... 61

5.3 Planiranje i uspostava „virtualnih“ DMA zona ... 62

5.4 Odabir prioritetnih DMA zona za provođenje mjera AKC-a ... 62

5.4.1 Određivanje ciljeva ... 62
5.4.2 Metode za odabir prioritetnih DMA zona ... 63
5.4.3 Prioritizacija u okviru procesa upravljanja DMA zonama ... 64

5.5 Problematične DMA zone ... 66

5.5.1 Visoki intenzitet curenja, mali broj kvarova ... 66
5.5.2 Brzi porast novih kvarova i stvarnih gubitaka nakon provođenja AKC-a ... 67

6 PRILOZI ... 69

6.1 Prilog 1 – Izrada bilance vode ... 69

6.1.1 Osnovna bilanca vode ... 69
6.1.2 Korištenje Toolkit-a za izradu osnovne Proširene bilance vode ... 71
6.1.3 Modificirana Proširena bilanca vode ... 73
6.1.4 Analiza 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode ... 86
6.1.5 Korištenje Toolkit-a za analizu 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode ... 87

6.2 Prilog 2 – Izračun stvarnih gubitaka prema Bottom-Up metodi ... 89

6.2.1 Analiza mjerenog minimalnog noćnog protoka – iskustva iz Hrvatske ... 89
6.2.2 Korištenje Toolkit-a za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka ... 90

POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Proširena bilanca vode prema IWA metodologiji (sve kategorije su izražene u m3/godina) 15
Tablica 2.2. Skraćena bilanca vode prema IWA metodologiji (sve kategorije su izražene u m3/godina) 16
Tablica 2.3. Opis glavnih pojmova u proširenoj i skraćenoj bilanci vode 16
Tablica 2.4. Procjena stanja vodoopskrbnih sustava u odnosu na ILI pokazatelj (prema smjernicama WBI-a) 17
Tablica 2.5. Lista mjera unapređenja prema rezultatima kriterija ILI indikatora (prema smjernicama WBI-a) 17
Tablica 4.1. Ovisnost ukupnog trajanja curenja o učestalosti provođenja analize bilance vode u DMA zonama 34
Tablica 5.1. Aktivnosti za pouzdano utvrđivanje visokog intenziteta curenja 67
Tablica 5.2. Ishodi nakon uklanjanja kvarova na kojima se javlja curenje 68
Tablica 6.1. Primjer analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode 86
Tablica 6.2. Osnovni izgled Toolkit-a za provođenje analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode 87
Tablica 6.3. Primjer analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode (primjer prikazan u poglavlju 6.1.1) 88

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Promjena vodnih gubitaka (izražena u % neprihodovane vode) u ovisnosti o promjeni prihodovane vode (izvor: A.Lambert) 14
Slika 2.2. Curenje na opskrbnom cjevovodu (uličnom vodu) lijevo i kućnom priključku desno (Malcolm Farley and Stuart Trow, Losses in Water Distribution Networks – A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control, IWA Publishing, 2003) 15
Slika 2.3. Učinak usvajanja različitih pokazatelja stvarnih curenja kao mjerodavnih (Koelbl, J., Zipperer, D., (2024). Experience in the application of the Combined Real Loss Indicator (CRLI) in comparison to other Performance Indicators, Water Loss 2024 Conference, Spain) 21
Slika 2.4. Osnovne komponente kontrole Stvarnih gubitaka vode 23
Slika 2.5. Osnovne komponente kontrole Prividnih gubitaka vode 23
Slika 4.1. Potencijalne varijacije minimalnog noćnog protoka tijekom vremena 31
Slika 4.2. Identifikacija curenja iz minimalnog noćnog protoka u slučaju u kojem su sva otkrivena curenja i puknuća popravljena 31
Slika 4.3. Utjecaj učestalosti ispitivanja neprijavljenih curenja na vrijeme osvještavanja (IWA, District Metered Areas – Guidance notes, IWA Specialist group Water loss task force, 2007) 33
Slika 4.4. Utjecaj trajanja curenja na ukupnu količinu curenja 34
Slika 4.5. Ovisnost ILI indikatora o promjeni tlaka i veličini N1 eksponenta 36
Slika 4.6. Hipotetski primjer oscilacije protoka, tlaka i vodnih gubitaka u 24-satnom periodu 36
Slika 4.7. Shematski prikaz mogućeg upravljanja tlakom u vodoopskrbnoj mreži 37
Slika 4.8. Primjer pojave značajnih i kontinuiranih vodnih udara nizvodno od bunarskih crpki na vodozahvatu jednog vodoopskrbnog sustava u Hrvatskoj ... 39
Slika 4.9. Izdvojena pojava jednog od vodnih udara prikazanih na Slika 4.9 39
Slika 4.10. Primjer pojave manje intenzivnih, ali kontinuiranih vodnih udara u jednoj DMA zoni jednog vodoopskrbnog sustava u Hrvatskoj 40
Slika 5.1. Prikaz razmatranog vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom 43
Slika 5.2. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom 43
Slika 5.3. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom 44
Slika 5.4. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom 44
Slika 5.5. Prikaz razmatranog vodoopskrbnog sustava bez magistralnog cjevovoda 52
Slika 5.6. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava bez magistralnog cjevovoda 53
Slika 5.7. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava bez magistralnog cjevovoda 54
Slika 5.8. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom 54
Slika 5.9. Potencijalni načini definiranja granica zone DMA 4 formirane u sklopu primjera sa Slika 5.8. 56
Slika 5.10. Primjer bilance vode u DMA zoni: a) neodgovarajuća bilanca vode; b) odgovarajuća bilanca vode 60
Slika 6.1. Primjer izrade osnovne Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a 71
Slika 6.2. Toolkit za Proširenu bilancu vode (osnovnu) 72
Slika 6.3. Ovisnost veličine ekonomski prihvatljivog nivoa vodnih gubitaka o srednjoj veličini profila cjevovodne mreže 74
Slika 6.4. Primjer (1) izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a 78
Slika 6.5. Toolkit za Primjer (1) izrade Proširene bilance vode (modificirane) 79
Slika 6.6. Primjer (2) izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a 80
Slika 6.7. Toolkit za Primjer (2) izrade Proširene bilance vode (modificirane) 81
Slika 6.8. Primjer (3) izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a 82
Slika 6.9. Toolkit za Primjer (3) izrade Proširene bilance vode (modificirane) 83
Slika 6.10. Primjer (4) izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a 84
Slika 6.11. Toolkit za Primjer (4) izrade Proširene bilance vode (modificirane) 85
Slika 6.12. Rezultat analize 95%-tne pouzdanosti izračuna pojedinih komponenti bilance vode prema primjeru prikazanom u Tablica 6.1. 87
Slika 6.13. Rezultat analize 95%-tne pouzdanosti izračuna pojedinih komponenti bilance vode prema primjeru prikazanom u poglavlju 6.1.1. 88
Slika 6.14. Primjer (1) za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a 91
Slika 6.15. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (unos mjerenih podataka) – Primjer 1 92
Slika 6.16. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (rezultati) – Primjer 1 93
Slika 6.17. Primjer (2) za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a 94
Slika 6.18. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (unos mjerenih podataka) – Primjer 2 95
Slika 6.19. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (rezultati) – Primjer 2 96
Slika 6.20. Primjer (3) za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a 97
Slika 6.21. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (unos mjerenih podataka) – Primjer 3 98
Slika 6.22. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (rezultati) – Primjer 3 99

PREAMBULA

Projekt 24HR01 **Potpora smanjenju gubitka vode u okviru reforme vodnog sektora u Republici Hrvatskoj - Faza 2** provodi se kroz više aktivnosti u trajanju od 18 mjeseci (srpanj 2024. - prosinac 2025.).

Mjere u okviru ovog projekta izravno pridonose provedbi reforme vodnokomunalnog sektora i ulaganjima u okviru Nacionalnog plana oporavka i otpornosti 2021-2026. kao i Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2021.-2027. Projekt financira Europska unija putem Instrumenta tehničke podrške, a provodi ga Svjetska banka u suradnji s Glavnom upravom Europske komisije za potporu reformama (DG Reform).

1 UVOD

Općenito govoreći, vodni gubitci su neizostavni dio svakog vodoopskrbnog sustava. Drugim riječima, ne postoji vodoopskrbni sustav koji ne trpi određene količine vodnih gubitaka. Međutim, postavlja se pitanje jesu li trenutne količine vodnih gubitaka prihvatljive za pojedinog isporučitelja vodnih usluga. Veliki broj vodoopskrbnih sustava, kako u Hrvatskoj, tako i u svijetu karakteriziraju količine vodnih gubitaka koje se mogu ocijeniti neprihvatljivim.

Postavlja se pitanje zbog čega vodni gubitci predstavljaju problem te na koji način utječu na uspješnost upravljanja vodoopskrbnim sustavima, stupanj održivosti javnih isporučitelja vodnih usluga (JIVU-a), njihovo financijsko poslovanje, jediničnu cijenu vodne usluge i dr.? Odgovor je prisutan u činjenici da se gotovo dominantno sva količina vode koja se zahvaća i transportira sustavima javne vodoopskrbe potiskuje prema krajnjim korisnicima ili pojedinim objektima sustava (pomoću crpki) uz značajan utrošak električne energije čija jedinična cijena kontinuirano raste (a prognoze su da će rasti i u budućnosti), a značajne količine vode se kod pojedinih JIVU-a dodatno kondicioniraju kako bi se osigurala zdravstvena ispravnost vode za piće čime se dodatno povećava trošak dobave vode. Stoga je očigledan negativan financijski utjecaj koji proizlazi iz značajnih količina gubitaka vode unutar vodoopskrbnih sustava za koje su prethodno (na vodozahvatima, uređajima za kondicioniranje, crpnim stanicama unutar sustava i dr.) utrošena značajna financijska sredstva da bi ih se upustilo u sustav s ciljem dobave prema krajnjim korisnicima. Ekonomska vrijednost vodnih gubitaka izračunava se najčešće iz jedinične cijene dobave vode (realnog troška dobave vode koji se ogleda kroz potrošnju električne energije na rad crpki, preradu vode za piće i dezinfekciju/kloriranje), na način množenja godišnjih količina stvarnih curenja s jediničnom cijenom dobave vode. Međutim, ukupna ekonomska vrijednost gubitaka vode je i znatno veća ukoliko se u proračun uzmu i troškovi prividnih gubitaka (neovlaštenog korištenja vode iz sustava javne vodoopskrbe i netočnosti vodomjera), kao i indirektni troškovi vodnih gubitaka koji predstavljaju dodatne troškove (materijal za uklanjanje kvarova, radna snaga, radovi, obustava prometa i dr.), odnosno dodatne negativne utjecaje na financijsko poslovanje JIVU-a. Indirektni troškovi se između ostalog odnose i na smanjenje vijeka trajanja cjevovodne mreže, oblikovnih komada i vodovodnih armatura, uklanjanje kvarova na mreži, sanacije šteta na drugoj infrastrukturi i imovini uzrokovanih pojavom vodnih gubitaka odnosno curenja u mreži i dr. Dodatno se ističu i negativni ekološki utjecaji koji se ogledaju u zahvaćanju nepotrebno velikih količina vode na pojedinim slivnim područjima, što dugoročno može dovesti do promjene prirodne biološke ravnoteže, ali i do smanjenja kapaciteta pojedinih izvorišta kao posljedica negativne bilance vode (veće crpljenje od prihranjivanja), čime dugoročno gledano opskrba pojedinih područja može biti ugrožena. Naime, evidentno je je da je voda ograničen resurs u mnogim dijelovima svijeta, što između ostalog, kontinuirano naglašava potrebu smanjenja vodnih gubitaka iz sustava javne vodoopskrbe na razine koje se ocjenjuju ekonomičnim i tehnički prihvatljivim. Struka i javnost su postigli konsenzus u pogledu na upravljanje vodnim gubitcima kao segmenta od temeljne važnosti za poboljšanje učinkovitosti mnogih vodoopskrbnih sustava diljem svijeta.

Učinkovitost upravljanja vodnim gubitcima u najvećoj mjeri ovisi o sposobnosti (financijskoj, tehničkoj, kadrovskoj, organizacijskoj) JIVU-a. Međutim, učinkovitost upravljanja vodnim gubitcima također ovisi i o učinkovitom provođenju mjera za smanjenje vodnih gubitaka. U modernim JIVU-ima nekoliko osnovnih grupa mjera se izdvajaju kao prioritetne:

1. Mjere unaprjeđenja podataka o sustavu
2. Mjere optimizacije vodoopskrbnih sustava
3. Mjere podjele sustava u izdvojena područja mjerenja (DMA zone) i upravljanja DMA zonama
4. Mjere kontrole i upravljanja tlakom u sustavu
5. Mjere aktivne kontrole curenja
6. Mjere rješavanja prividnih gubitaka
7. Mjere planiranja i zamjene cjevovoda
8. Mjere institucionalnog jačanja
9. Mjere analiziranja i izvještavanja
10. Uspostava benchmarking sustava mjerila i pokazatelja uspješnosti JIVU-a

Izdvojene skupine mjera nastoje obuhvatiti sva područja koja utječu na smanjivanje vodnih gubitaka i važno je postići kontinuirano i dugoročno provođenje svih mjera. Pojedine skupine mjera ili same mjere unutar svake skupine mogu se uspješno provoditi i samostalno, no optimalni rezultati i održivost sustava upravljanja vodnim gubicima postiže se, sukladno iskustvima uspješnih JIVU-a na svjetskoj razini, isključivo uz primjenu svih mjera. Sama dinamika i opseg primjene pojedinih mjera ovisi o realnim potrebama i raspoloživim financijskim sredstvima pa se zbog toga na razini cijelog JIVU-a određuju prioritizacija i implementacijski plan kako bi se u ovisnosti o raspoloživim financijskim sredstvima i ljudskim kapacitetima pokrenule aktivnosti od prioritetnog značaja.

Same mjere koje mora provesti JIVU temelje se na poznavanju vlastitog sustava što je obuhvaćeno u prvoj skupini mjera (unaprjeđenje podataka o sustavu), koje su prethodno nabrojane. Ono treba obuhvatiti uređenje tehničkih podataka o sustavu, podataka o imovini, podataka o puknućima (odvojeno za cjevovode i priključke), podataka o potrošačima, podataka o pogonskim karakteristikama, a sve prikupljeno i ažurirano treba kontinuirano povezivati na zajedničku GIS platformu. Ocjenjuje se da svaka daljnja mjera u određenoj mjeri ovisi ili će biti svrsishodnija kada se riješi pitanje poznavanja vlastitog sustava u postojećem stanju izgrađenosti.

Prije nego se počnu provoditi mjere koje daju najveće učinke u smanjenju vodnih gubitaka (kontrola i upravljanje tlakom, aktivna kontrola curenja i zamjena cjevovoda), poželjnim se ocjenjuje provjeriti mogućnosti promjene temeljne vodoopskrbne konstrukcije s ciljem eventualne promjene glavnih izvorišta, glavnih dobavnih pravaca, značajnijih tlačnih područja, a što je obuhvaćeno drugom skupinom mjera. Kako bi se provjerile takve mogućnosti moraju se izraditi odgovarajuća koncepcijska rješenja cjelovitog vodoopskrbnog sustava bazirana na kalibriranom matematičkom modelu koji daje jasnu sliku postojećeg stanja i mogućnosti značajnije promjene konstrukcije vodoopskrbnog sustava.

Nakon što se načelno iscrpe mogućnosti hidrauličke optimizacije sustava promjenama hidrauličke konstrukcije (u naravi se daljnje mjere mogu provoditi i paralelno s ovom mjerom ili čak i prije), potrebno je pristupiti daljnjim mjerama, prije svega petoj mjeri (provođenju aktivne kontrole curenja) i trećoj mjeri u smislu formiranja i upravljanja DMA zonama. Mjere podjele sustava u DMA zone i upravljanje DMA zonama omogućava lakše praćenje pogonskih stanja, analize protoka, alarmiranje, smanjenje vremena potrebnog za utvrđivanje lokacija curenja, određivanje prioritizacije daljnjih mjera aktivne kontrole tlaka i curenja, uključivo traženje kvarova (mikrolociranje) i njihovog uklanjanja te zamjene cjevovoda i kućnih priključaka.

Sve prethodno provedene mjere, omogućit će kvalitetnije provođenje daljnjih mjera. Mjere iz četvrte skupine kontrole i upravljanja tlakom trebaju započeti s hidrauličkim proračunom zaštite od vodnog (hidrauličkog) udara i primjenom odgovarajućih mjera za rješavanje pitanja tlačnih prekoračenja koja direktno utječu na povećani broj puknuća. One uključuju zaštitu od povećanih tlakova i pojave potlaka, upotrebu odgovarajućih ventila i frekvencijskih pretvarača na crpkama. Uz ovu mjeru potrebno je provjeriti mogućnosti dodatnog reduciranja tlakova pretvarajući DMA zone ili pojedine podzone u PMA zone te na drugim mjestima u sustavu uz korištenje regulacijskih ventila koji mogu mijenjati parametre ovisno o potrošnji vode u sustavu, odnosno protocima.

Peta skupina mjera odnosi se na aktivnu kontrolu curenja (AKC), i njome su zapravo obuhvaćene mjere koje ukoliko se kontinuirano provode, najčešće daju i najveće rezultate na smanjenju ukupne količine neprihodovane vode. Ona se sastoji od nabave opreme potrebne za mikrolociranje kvarova, provođenja dodatnih mjerenja ili korištenja podataka iz prethodno formiranih DMA zona o područjima s povišenim gubitcima, mikrolociranju i samoj sanaciji kvarova/curenja. Ovdje je od velike važnosti razumjeti da će učinkovitost ove mjere na smanjenju vodnih gubitaka biti dugoročno upitna ako se ne provedu prethodne mjere, jer se nova puknuća mogu nastaviti jednakim tempom kao i do sada ukoliko se ne riješe uzroci pojave kvarova, odnosne ne pristupi hidrauličkoj optimizaciji kroz smanjenje tlakova i smanjenje rizika od vodnih udara i optimalnoj rehabilitaciji (zamjeni) cjevovoda od prioritetne važnosti. Pojedine aktivnosti u sklopu pete skupine mjera, poput traženja kvarova (mikrolociranje), je potrebno provoditi prioritetno, kontinuirano i istovremeno sa svim prethodnim mjerama. Traženje kvarova akustičnim metodama je učinkovitije pri većim tlakovima u mreži i intenzivnijim curenjima. Navedeno ne znači da je potrebno istovremeno provoditi i sanacije, osim većih kvarova, bez prethodnog provođenja ostalih prioritetnih mjera poput primjerice uspostave DMA zona te kontrole i upravljanja tlakovima u sustavu.

Šesta skupina mjera obuhvaća smanjenje prividnih gubitaka (netočnost vodomjera i neovlaštena potrošnja - krađa vode). U tom kontekstu potrebno je provoditi plan ispitivanja točnosti vodomjera te zamjenu najlošijih vodomjera. Iskustva iz svjetske prakse ukazuju da je potrebno provoditi redovite ciljane terenske provjere kućnih priključaka. U ovoj skupini mjera dodatno je potrebno analizirati mogućnost i opravdanost daljinskog limitiranja krađe vode kroz automatsko smanjivanje tlaka ili zatvaranja ventila u zonama pojave neuobičajeno povećanih potrošnji ne samo u noćnom periodu, već i tijekom dana. Kontinuirano informiranje javnosti o ovoj problematici kroz tv i radio emisije, novinske članke, letke, edukacije i sl. također se provodi u ovoj skupini mjera.

Sedma skupina mjera ujedno je i financijski najzahtjevnija u kojoj je kroz izradu plana optimalne rehabilitacije vodoopskrbne mreže provodi zamjena prioritetnih cjevovoda koji su u lošijem stanju. Ovisno o rezultatima provođenja analize prioritizacije, koja ovisi o većem broju utjecajnih parametara, potrebno je kontinuirano provoditi zamjenu cjevovoda i kućnih priključaka. Jasno je da bez prethodnih mjera poznavanja sustava, potrošača, evidentiranja kvarova, zamjena neće moći biti optimalna.

Samo provođenje svih prethodno izdvojenih mjera bez organizacijske strukture i ljudskih kadrova koji su motivirani i raspolažu odgovarajućim znanjima neće biti odgovarajuće. Stoga se osmom skupinom mjera (institucionalno jačanje) predviđa ulaganje u izradu procesa, pomoć u formiranju timova, ulaganje u edukaciju i izradu akcijski planova samih JIVU-a koji će biti u obvezi izraditi prilagođene planove za vlastita područja. Proces institucionalnog jačanja uključuje i prepoznavanje/iskazivanje operativnih troškova za upravljanje gubitcima vode te njihovo uključivanje u godišnje/višegodišnje poslovne planove JIVU-a (na primjer troškova materijala, opreme, troškove otkrivanja curenja u vlastitoj režiji ili troškovi vanjska usluga), čime se osigurava pokrivanje takvih operativnih troškova iz cijene vodnih usluga. Komunikacija s javnošću i uključivanje dionika su vrlo važni, te je u takve procese potrebno ulagati s ciljem podizanja razine svijesti o štetnosti vodnih gubitaka i pomoći u naporima za njihovo smanjenje.

Planirana ulaganja morat će biti sustavna kao i praćenje i izvještavanje o provedenim aktivnostima, te je potrebno provoditi redovita ažuriranja baze podataka, hidrauličkog modela, a za provedene mjere potrebno je izrađivati i financijsko-ekonomske analize programa smanjenja gubitaka vode, a što je sve obuhvaćeno devetom skupinom mjera – analize i izvještavanja.

Deseta skupina mjera obuhvaća mjere koja se odnose na nužnu uspostavu benchmarking sustava mjerila i pokazatelja uspješnosti JIVU-a.

Na svjetskoj razini se od strane brojnih tijela (Međunarodno udruženje za vode – IWA, Europsko udruženje za vode – EWA, Europska komisija, Svjetska banka, UNDP, nezavisni stručnjaci i dr.) kontinuirano grade i proširuju postojeće i nove inicijative s ciljem osiguranja dugoročne ekološke i društvene održivosti sustava javne vodoopskrbe. Dobre prakse koje se time promiču dobro su dokumentirane u brojnim stručnim i znanstvenim radovima, priručnicima, udžbenicima, računarskim programima i dr. Pritom se nastavljaju promicati i širiti strategije upravljanja gubicima vode i razvijati nove istraživačke inicijative koje se mogu primjenjivati bez ograničenja.

U tom kontekstu do danas su objavljene različite upute za uspostavu i upravljanje izdvojenim područjima mjerenja (DMA zonama, engl. District Metered Area), kao neizostavne mjere upravljanja vodnim gubitcima koja je dokazana u praksi i koja, kada se ispravno primijeni u kombinaciji s drugim mjerama, može učinkovito pomoći u smanjenju i/ili praćenju razina curenja u vodoopskrbnoj mreži. Dio dosadašnjih uputa primjenjiv je u određenim okolnostima i ograničenjima, kao i specifičnostima pojedinih vodoopskrbnih sustava i isporučitelja vodnih usluga koji tim sustavima upravljaju, dok je dio dosadašnjih uputa općeg karaktera i široko primjenjiv.

U ovom priručniku sažete su i sistematizirane upute relevantne za uspostavu i upravljanje DMA zonama iz različitih izvora dostupnih na internetu i u stručnoj i znanstvenoj literaturi, a dio uputa proizlazi iz dosadašnjih višedesetljetnih iskustava u praksi autora ovog priručnika. Stoga je ovaj dokument uobličen kao priručnik dobre prakse u uspostavi DMA zona i upravljanja DMA zonama. Cilj ovog priručnika je stručnom kadru koji radi na upravljanju vodoopskrbnim sustavima i vodnim gubitcima, kao i ostalim relevantnim dionicima, a koji imaju malo ili nimalo iskustva s provođenjem AKC-a koristeći DMA zone, ponuditi unaprjeđenje znanja i promicanje najboljih praksi jednostavnih, praktičnih i lako primjenjivih metodologija uspostave i upravljanja DMA zonama, kao jedne od osnovnih mjera upravljanja vodnim gubitcima, odnosno njihovog smanjenja i dugotrajnog održavanja na prihvatljivom nivou. Upute navedene u ovom priručniku treba shvatiti kao opći vodič koji je potrebno prilagoditi lokalnim uvjetima, odnosno specifičnostima svakog vodoopskrbnog sustava za koji se uspostavljaju DMA zone i u sklopu kojeg se upravlja postojećim ili novo planiranim DMA zonama.

Upute obuhvaćene ovim priručnikom uključuju sljedeće:

- Bilanca vode
- Važnosti uspostave DMA zona
- Formiranje DMA zona
- Analiza mjerenja protoka s izradom bilance vode u DMA zonama
- Prioritizacija lociranja curenja prema podacima iz DMA zona
- Upravljanje DMA zonama

2 IWA METODOLOGIJA ANALIZE VODNIH GUBITAKA

2.1 Bilanca vode

2.1.1 Općenito

Gubitci vode iz cjevovodne mreže predstavljaju značajan problem svakog JIVU-a i neizostavan su dio svakog vodoopskrbnog sustava, pri čemu jedino varira količina vodnih gubitaka. Vodni gubitci su prisutni i u zemljama (JIVU-ima) s dobro razvijenom infrastrukturom i dobrom poslovnom praksom.

Vodni gubitci ovise o karakteristikama cjevovodne mreže i kućnih priključaka te o drugim lokalnim faktorima, radnoj praksi pojedinog JIVU-a i razini tehnologije i stručnosti što se primjenjuje radi kontrole istoga. Izgubljene količine jako variraju kako od zemlje do zemlje tako i od regije do regije unutar svake zemlje te i unutar iste regije od JIVU-a do JIVU-a. Komponente vodnih gubitaka kao i njihov relativan značaj, također variraju ovisno o zemlji, regiji i JIVU-u.

Osnova za razvoj planova upravljanja vodnim gubitcima jest stjecanje boljeg razumijevanja ne samo razloga pojave vodnih gubitaka i faktora kojih utječu na njih, već i teorijskih postavki uz koje se definira sam pojam vodnih gubitaka i njihovih komponenti u sklopu cjelovite bilance vode. Stoga će se u nastavku u sažetom obliku, a s ciljem boljeg razumijevanja cjelokupne problematike, iznijeti osnovne teorijske postavke vezane za vodne gubitke.

Izrazi 'vodni gubitak' (gubitak voda) i 'neprihodovana voda' su međunarodno prihvaćeni. Važno je razlikovati ta dva pojma. U dosadašnjoj svjetskoj praksi uz pojam vodnih gubitaka najčešće se vezao pojam neprihodovane vode (engl. Non-Revenue Water - NRW) koji se definira kao razlika količina koje ulaze u sustav (dobavljena voda) i fakturiranih količina (prihodovana voda):

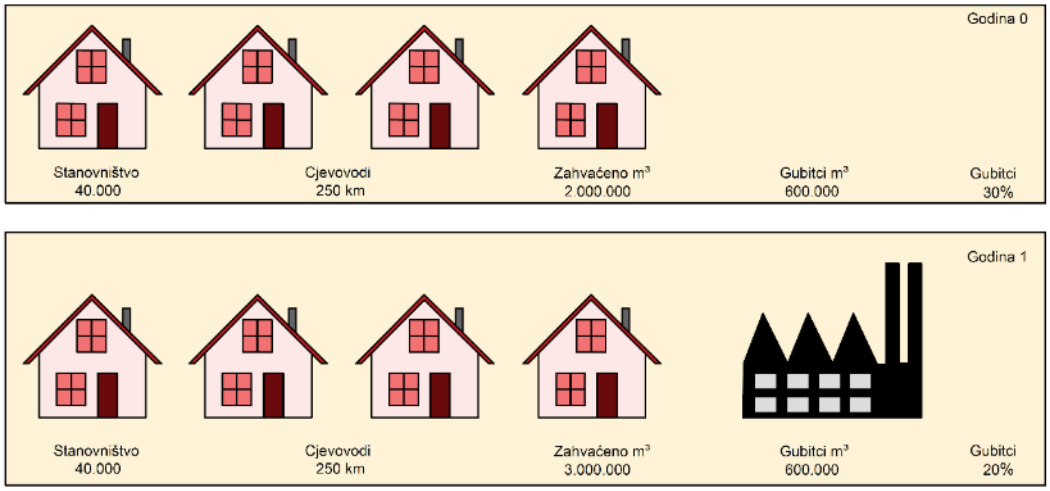
Neprihodovana voda (m^3/godina) = dobavljena voda (m^3/godina) – prihodovana voda (m^3/godina)

U istom kontekstu, neprihodovana voda se definira kao postotak od dobavljene vode:

$$\text{Neprihodovana voda } (\%) = \frac{neprihodovana\ voda\ (m^3/godina)}{dobavljena\ voda\ (m^3/godina)} \cdot 100$$

Međutim, potrebno je istaknuti da takav način prikaza postotnog udjela neprihodovane vode ne pruža mogućnost uvida u realno stanje vezano uz pojavu vodnih gubitaka. Time se također ne može dobiti ni uvid u realno stanje učinkovitosti upravljanja pojedinim vodoopskrbnim sustavom s aspekta gubitaka vode.

Na Slika 2.1. predstavljen je simbolični primjer promjene % neprihodovane vode u ovisnosti o promjeni prihodovane vode, a da nema promjene količine vodnih gubitaka (u godini 1 se mora zbog povećane potražnje novog industrijskog potrošača zahvatiti, ali i isporučiti veća količina vode, dok količina vodnih gubitaka ostaje ista, a istovremeno se neprihodovana voda izražena u postotcima prividno smanjuje).



Slika 2.1. Promjena vodnih gubitaka (izražena u % neprihodovane vode) u ovisnosti o promjeni prihodovane vode (izvor: A.Lambert)

Kao odgovor na nedostatke iskazivanja vodnih gubitaka u postotcima neprihodovane vode, u okvirima prakse razvijenih zemalja svijeta definirani su novi standardi, koji omogućavaju detaljniji uvid u realna stanja i donošenje kvalitetnijih zaključaka. Međunarodno udruženje za vode (engl. International Water Association - IWA) je s ciljem potpunijeg razumijevanja problematike vodnih gubitaka definiralo novi standard bilanciranja vode, odnosno izrade bilance vode (engl. Water Balance). 2000. godine je od strane radne grupe za gubitke vode (nekada WLTF – engl. Water Loss Task Force a od 2010. WLSG – engl. Water Loss Specialist Group) pod okriljem IWA-e predložena metodologija bilanciranja vode u sklopu vodoopskrbnih sustava (IWA metodologija) koja je usvojena na globalnoj razini.

Izrada bilance vode svodi se na izračunavanje svih komponenti neprihodovane vode i standardiziranje (unificiranje) pojedinih komponenti i terminologije, s posebnim naglaskom na razlikovanje pojmova vodnih gubitaka i curenja i to kroz definiranje stvarnih i prividnih gubitaka jer je kroz poznavanje točnih količina ovog dijela bilance vode moguće i kasnije pravilno planiranje mjera i aktivnosti njihovog smanjenja.

Premda se uz vodne gubitke najčešće veže loše stanje infrastrukture (starost cjevovodne mreže, neodgovarajuće održavanja i servisiranje, visoki tlakovi, učestali i intenzivni vodni udari), važno je istaknuti da nisu svi gubici vode posljedica lošeg stanja infrastrukture i curenja na cjevovodnoj mreži. Prividni gubici u mreži koji se vežu uz neovlašteno korištenje vode (neovlaštenu potrošnju) i netočnost mjerenja potrošnje vode mogu predstavljati značajan udio u ukupnoj vodnoj bilanci, a također ulaze u kategoriju vodnih gubitaka i neprihodovane vode. Stoga je Međunarodno udruženje za vode (engl. International Water Association - IWA) definiralo je vodne gubitke kao:

Vodni gubitci (m^3/godina) = dobavljena voda (m^3/godina) – ovlaštena potrošnja (m^3/godina)

Vodni gubitci (m^3/godina) = stvarni gubitci (m^3/godina) + prividni gubitci (m^3/godina)

Stvarni gubitci obuhvaćaju curenja iz cijevi, spojeva i oblikovnih komada (oblikovnih komada, vodovodnih armatura), curenja kroz dno i stjenke vodospremnika, kao i kroz preljeve vodospremnika.

Stvarni gubitci mogu biti vrlo veliki i mogu ostati neotkrivenim tijekom niza tjedana, mjeseci ili čak godina. Izgubljeni volumen vode, uvelike će ovisiti o karakteristikama cjevovodne mreže i politici otkrivanja curenja te uklanjanja kvarova što ju provodi JIVU, odnosno o:

- Tlaku u mreži
- Učestalosti i intenzitetu novih curenja i puknuća
- Udjelu novih curenja što se 'dojave'
- Vremenima 'spoznavanja' (koliko se brzo uoči pojava curenja)
- Vremenima 'lociranja' (koliko se brzo svako novo curenje locira)
- Vremenima popravka (koliko se brzo isti poprave ili izdvoje iz sustava)
- Razini 'pozadinskog' curenja' (mala curenja što se ne mogu otkriti standardnim akustičnim metodama)

Na Slika 2.2. ilustrirano je puknuće opskrbnog cjevovoda (koji bi bio vidljiv na površini terena te bi se obično odmah prijavio, izdvojio iz sustava i uklonio) i curenje priključne cijevi (koje bi, ukoliko je pod zemljom, moglo dugo vremena ostati neprimijećeno).

Slika 2.2. Curenje na opskrbnom cjevovodu (uličnom vodu) lijevo i kućnom priključku desno (Malcolm Farley and Stuart Trow, Losses in Water Distribution Networks – A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control, IWA Publishing, 2003)

Curenje većim puknućima/oštećenjima je obično glavna komponenta vodnih gubitaka u mnogim vodoopskrbnim sustavima. Međutim, tome nije uvijek tako jer je s druge pak strane kod mnogih vodoopskrbnih sustava veliki udio ilegalnih priključaka i neovlaštene potrošnje vode, kao i grešaka mjerača ili računovodstvenih grešaka što komponentu prividnih gubitaka u tim slučajevima čini značajnom.

2.1.2 Proširena i skraćena bilanca vode

U sljedećim tablicama se sukladno IWA metodologiji predstavlja proširena i skraćena bilanca vode.

Tek nakon što su poznati pojedini segmenti Neprihodovane vode moguće je i realno planiranje pojedinih mjera i aktivnosti s ciljem smanjenja gubitaka vode.

Tablica 2.1. Proširena bilanca vode prema IWA metodologiji (sve kategorije su izražene u m3/godina)

<table>
<tr><td rowspan="2">Preuzeta voda</td><td rowspan="10">Količina vode koja ulazi u sustav (s ispravljenim poznatim pogreškama u mjerenjima)</td><td colspan="4">Isporučena voda</td><td>Fakturirana isporučena voda</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Dobavljena voda</td><td rowspan="3">Ovlaštena potrošnja</td><td rowspan="2">Fakturirana ovlaštena potrošnja</td><td rowspan="2">Prihodovana voda</td><td>Fakturirana mjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Količina vode iz vlastitih izvora</td><td>Fakturirana nemjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nefakturirana ovlaštena potrošnja</td><td rowspan="7">Neprihodovana voda</td><td>Nefakturirana mjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td>Nefakturirana nemjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Vodni gubitci</td><td rowspan="2">Prividni gubitci</td><td>Neovlaštena potrošnja</td></tr>
<tr><td>Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Stvarni gubitci</td><td>Curenja na cjevovodima</td></tr>
<tr><td>Prelijevanja i curenja iz vodospremnika</td></tr>
<tr><td>Curenja na kućnim priključcima do vodomjera</td></tr>
</table>

Tablica 2.2. Skraćena bilanca vode prema IWA metodologiji (sve kategorije su izražene u m3/godina)

<table>
<tr><td rowspan="8">Dobavljena voda</td><td rowspan="3">Ovlaštena potrošnja</td><td rowspan="2">Fakturirana ovlaštena potrošnja</td><td>Fakturirana mjerena količina vode (očitani vodomjeri potrošača)</td><td rowspan="2">Prihodovana voda</td></tr>
<tr><td>Fakturirana nemjerena količina vode (paušal)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nefakturirana ovlaštena potrošnja</td><td>Nefakturirana mjerena količina vode</td><td rowspan="6">Neprihodovana voda</td></tr>
<tr><td>Nefakturirana nemjerena količina vode</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Vodni gubitci</td><td rowspan="2">Prividni gubitci</td><td>Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka)</td></tr>
<tr><td>Neovlaštena potrošnja vode</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Stvarni gubitci</td><td>Curenja na cjevovodima</td></tr>
<tr><td>Prelijevanja i curenja iz vodospremnika</td></tr>
<tr><td>Curenja na kućnim priključcima do vodomjera</td></tr>
</table>

Tablica 2.3. Opis glavnih pojmova u proširenoj i skraćenoj bilanci vode

Pojam	Opis
Količina vode iz vlastitih izvora	Količina vode koja ulazi u sustav iz vlastitih izvora isporučitelja vodnih usluga
Preuzeta voda	Količina vode koja se preuzima od drugih isporučitelja vodnih usluga
Isporučena voda	Količina vode koja se isporučuje drugom isporučitelju vodnih usluga
Količina vode koja ulazi u sustav	Količina vode koja ulazi u onaj dio vodoopskrbnog sustava na koji se izračun bilance vode odnosi, s ispravljenim pogreškama u mjerenjima. Jednaka je zbroju količine vode iz vlastitih izvora i količine preuzete vode
Dobavljena voda	Količina vode koja ulazi u sustav umanjena za Isporučenu vodu.
Ovlaštena potrošnja	Količina potrošene vode (mjerene i nemjerene) od strane registriranih potrošača, samog isporučitelja vodnih usluga i ostalih ovlaštenih korisnika (vatrogasci, zalijevanje zelenih površina, pranje ulica i dr.)
Fakturirana ovlaštena potrošnja	Količina potrošene vode od strane registriranih potrošača. Sastoji se od mjerene (očitani vodomjeri registriranih potrošača) i nemjerene (paušalne procjene) količine
Nefakturirana ovlaštena potrošnja	Količina potrošene vode (mjerene i nemjerene) od strane samog isporučitelja vodnih usluga (kondicioniranje vode, ispiranje cjevovodne mreže, zaštita od smrzavanja, punjenje i čišćenje vodospremnika i dr.) i ostalih ovlaštenih neregistriranih potrošača (gašenja požara i vatrogasne vježbe, ispiranje kanalizacije, pranje ulica, navodnjavanje javnih zelenih površina, javne fontane, voda za potrebe gradilišta i dr.)
Vodni gubitci	Razlika između Dobavljene vode i Ovlaštene potrošnje (sastoji se od Stvarnih i Prividnih gubitaka)
Stvarni gubici	Voda koja je fizički izgubljena iz vodoopskrbnog sustava tijekom transporta od vodozahvata do potrošača (gubici na cjevovodima, vodospremnicima, kućnim priključcima do vodomjera potrošača)
Prividni gubici	Voda koja je izgubljena zbog neovlaštene potrošnje (ilegalni priključci i krađa vode na primjer s hidranata), zbog netočnosti mjernih uređaja i/ili vodomjera i pogrešaka u obradi podataka (obračunima)

U poglavlju 6.1 (Prilog 1 – Izrada bilance vode) opisan je detaljno tijek izrade Proširene bilance vode i to u dva oblika – osnovnom i modificiranom. Dodatno je u istom poglavlju opisan način korištenja pripremljenog Toolkit-a za izradu proširene bilance vode (osnovne i modificirane) kao računarskog programa u Excelu, koji se u slobodnoj verziji dostavlja kao prilog ovog priručnika i namijenjen je slobodnom korištenju.

U istom je poglavlju 6.1. opisana i važnost provođenja analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode, kao i tijek provođenja te analize uz korištenje pripremljenog Toolkit-a kao računarskog programa u Excelu, koji se u slobodnoj verziji dostavlja kao prilog ovog priručnika i namijenjen je slobodnom korištenju.

2.2 Indikatori uspješnosti upravljanja vodnim gubitcima

Primjena odgovarajućih indikatora gubitaka vode je neizostavan segment s ciljem kvalitetnog razumijevanja problematike i povećanja uspješnosti u upravljanju vodnim gubitcima. U svjetskoj praksi se primjenjuje veliki broj različitih indikatora gubitaka vode, među kojima se svakako ističu ILI indikator – infrastrukturni indikator curenja (engl. Infrastrucure Leakage Indeks),

odnosno trenutni godišnji stvarni gubitci i neizbježni godišnji stvarni gubitci pomoću kojih se definira vrijednost ILI indikatora, kao osnove primjene IWA metodologije, zatim CRLI indikator – kombinirani indikator stvarnih gubitaka (engl. Combined Real Loss Indicator) te ostali indikatori u obliku jediničnih vrijednosti stvarnih gubitaka po jedinici dužine cjevovodne mreže ili po priključku i dodatno iskazani u odnosu na jedinicu tlaka unutar vodoopskrbne mreže.

2.2.1 ILI indikator

ILI indikator predstavlja prvi pokazatelj koji je definiran na način da pruži bolji uvid u učinkovitost upravljanja pojedinim vodoopskrbnim sustavom, odnosno prikaže uspješnost JIVU-a u rješavanju problema vodnih gubitaka (upravljanju vodnim gubitcima).

ILI indikator predstavlja odnos trenutnih godišnjih stvarnih gubitaka (TGSG – engl. CARL) i neizbježnih godišnjih stvarnih gubitaka (NGSG – engl. UARL). Veća vrijednost ILI indikatora ukazuje na lošije stanje i smanjenu uspješnost rješavanja problema gubitaka vode unutar razmatranog sustava.

$$ILI = \frac{TGSG}{NGSG} = \frac{CARL}{UARL}$$

Obje ove komponente stvarnih gubitaka (TGSG i NGSG) se radi lakšeg prikaza i mogućnosti usporedbe s drugim sustavima ili vlastitim podsustavom izražavaju jedinično u l/priključni vod/d.

Dodatne analize u odnosu na vodne gubitke sagledane kroz ILI indikator, mogu se provesti i prema smjernicama Instituta Svjetske banke (engl. World Bank Institute, WBI). Kao jedna od podloga donošenja optimalnog plana budućim gospodarenjem vodoopskrbnih sustava, u tablici Tablica 2.1. se navode opći opisi kategorija kontrole stvarnih gubitaka, prema smjernicama WBI-a.

Tablica 2.4. Procjena stanja vodoopskrbnih sustava u odnosu na ILI pokazatelj (prema smjernicama WBI-a)

Zemlje u razvoju i nerazvijene zemlje	Razvijene zemlje	Kategorija tehničke izvedbe	Opći opisi kategorija kontrole stvarnih gubitaka za razvijene zemlje i zemlje u razvoju
ILI raspon	ILI raspon		
manje od 4	manje od 2	A	Daljnje smanjenje gubitaka možda će biti ekonomski neopravdano osim u slučaju nestašice vode; potrebna je precizna analiza da bi se utvrdila financijski najisplativija poboljšanja
4 do 8	2 do 4	B	Mogućnosti za navedena poboljšanja; razmisliti o kontroli tlaka, boljoj aktivnoj kontroli curenja i boljem upravljanju i održavanju sustava
8 do 16	4 do 8	C	Slaba kontrola gubitaka; može se tolerirati jedino ako je voda jeftinija i ima je u izobilju; čak i u tom slučaju analizirati veličinu i prirodu gubitaka te povećati nastojanja za smanjenje gubitaka
16 ili više	8 ili više	D	Jako neučinkovita upotreba resursa, programi smanjenja gubitaka su neophodni i trebali bi biti prioriteti

Također prema dobivenoj ocijeni stanja u sustavu, a na temelju vrijednosti ILI indikatora, predstavljena je lista standardnih mjera koje je poželjno primijeniti kako bi se smanjili vodni gubitci i unaprijedilo postojeće stanje.

Tablica 2.5. Lista mjera unapređenja prema rezultatima kriterija ILI indikatora (prema smjernicama WBI-a)

R.br.	Preporuke WBI	A	B	C	D
1	Ispitati mogućnosti kontrole tlaka	DA	DA	DA	
2	Ispitati brzinu i kvalitetu sanacija	DA	DA	DA	
3	Ispitati ekonomsku opravdanost ispitivanja	DA	DA		

R.br.	Preporuke WBI	A	B	C	D
4	Uvesti/poboljšati aktivnu kontrolu curenja		DA	DA	
5	Odrediti mogućnosti poboljšanja održavanja		DA	DA	
6	Procijeniti ekonomski opravdani nivo gubitaka	DA	DA		
7	Ispitati učestalost puknuća		DA	DA	
8	Analizirati način upravljanja sustavom		DA	DA	DA
9	Riješiti manjak radne snage, osigurati obuku i poboljšati komunikacije			DA	DA
10	Petogodišnji plan da se uđe u bolju grupu ILI			DA	DA
11	Temeljni osvrt na sve osobine tvrtke i sustava				DA

2.2.1.1 Trenutni godišnji stvarni gubici, TGSG

TGSG predstavljaju stvarne gubitke kojima su obuhvaćena sva curenja duž cjevovodne mreže (transportne i opskrbne), prelijevanja i curenja iz vodospremnika i curenja na kućnim priključcima do vodomjera. TGSG se najčešće utvrđuju koristeći ~~jednu od dvije metode navedene u nastavku ili njihovom kombinacijom~~:

- „Top-Down“ metodu (od vrha prema dnu)

Kako bi se vrijednost TGSG-a dobivena prema „Top-Down“ metodi potvrdila, TGSG se dodatno utvrđuju koristeći:

- „Bottom-Up“ metodu (od dna prema vrhu)

2.2.1.1.1 Top-Down metoda

Primjena *Top-Down* metode utvrđivanja TGSG-a svodi se na izradu proširene ili skraćene bilance vode prema IWA metodologiji pri čemu definiranje stvarnih gubitaka predstavlja posljednju fazu u izradi bilance vode. Pritom se TGSG definira kao količina preostala nakon što se od Dobavljene vode oduzmu Ovlaštena potrošnja i Prividni gubici (vidi poglavlje 2.1.2 i poglavlje 6.1). Pritom se preporuča primjena analize 95%-tne pouzdanosti izračuna ključnih komponenti bilance vode, uključivo i TGSG (vidi poglavlja 6.1.4 i 6.1.5).

Utvrđivanje TGSG pomoću *Top-Down* metode ne daje pouzdane informacije o komponentama stvarnih gubitaka. *Top-Down* metodom nije moguće podijeliti stvarne gubitke na gubitke zbog puknuća/oštećenja koji se mogu detektirati (aktivnom kontrolom curenja uz provođenje brzih i kvalitetnih uklanjanja kvarova) i neizbježne stvarne gubitke (koji se mogu umanjiti/ukloniti kontrolom tlaka ili zamjenom infrastrukture). Ova analiza također ne daje informacije o stvarnim gubitcima zbog različitih elemenata u infrastrukturi bez kojih se ne mogu razviti prave strategije za kontrolu gubitaka. Zbog toga se preporuča, ako je moguće, korištenje *Top-Down* metode pri izračunu TGSG zajedno s *Bottom-Up* metodom izračuna.

2.2.1.1.2 Bottom-Up metoda

Primjena *Bottom-Up* metode utvrđivanja TGSG-a temelji se na izračunu stvarnih gubitaka iz rezultata provođenja mjerenja protoka po manjim izdvojenim područjima mjerenja unutar razmatranog vodoopskrbnog sustava, tzv. DMA zonama (engl. District Metered Area). DMA zone mogu već postojati u vodoopskrbnom sustavu u sklopu kontinuiranog dugoročnog programa upravljanja vodnim gubitcima, a mogu se privremeno formirati za potrebe provođenja kratkotrajne kampanje mjerenja (od nekoliko dana do nekoliko tjedana).

Analiza rezultata mjerenja protoka je ključna za što kvalitetnije definiranje TGSG-a. Osnovu za izračun TGSG-a predstavlja utvrđivanje minimalnog noćnog protoka, MNP (engl. Minimum Night Flow - MNF) i udjela ovlaštene potrošnje od strane krajnjih korisnika u tom minimalnom noćnom protoku. MNP je obično prisutan tijekom noćnih sati, obično između 1 i 4 sata ujutro, iako točno određivanje vremena minimalnog noćnog protoka varira od sustava do sustava, odnosno od DMA zone do DMA zone, ovisno o brojnim specifičnostima sustava/DMA zona. Tijekom perioda s MNP-om ovlaštena potrošnja je uobičajeno

minimalna (osim u slučaju prisutnosti industrije s intenzivnom noćnom potrošnjom vode ili povremeno povećane potrošnje od strane krajnjih korisnika na zalijevanje vrtova, punjenje bazena i dr.), a udio stvarnih gubitaka u ukupnom MNP-u je maksimalan. Ovlaštenu potrošnju tijekom perioda s MNP-om potrebno je procijeniti, koristeći jednu ili više priznatih metoda koje su se pokazale opravdanima u svjetskoj praksi. Kada se od utvrđene vrijednosti MNP-a oduzme procijenjena ovlaštena potrošnja u tom noćnom periodu dobije se količina stvarnih gubitaka u tom istom noćnom periodu.

U ovom priručniku preporučeno je korištenje maksimalno pojednostavljene metodologije izračuna ovlaštene potrošnje tijekom MNP-a, kao i izračuna stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka. U poglavlju 6.2 (Prilog 2 – Izračun stvarnih gubitaka prema Bottom-Up metodi) opisan je detaljno tijek izračuna stvarnih gubitaka iz mjerenja MNP-a. Dodatno je u poglavlju 6.2.2 opisan način korištenja pripremljenog Toolkit-a za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka kao računarskog programa u Excelu, koji se u slobodnoj verziji dostavlja kao prilog ovog priručnika i namijenjen je slobodnom korištenju.

S obzirom da je promjena tlaka u vodoopskrbnoj mreži obrnuto proporcionalna promjeni potrošnje vode, najveći tlakovi su prisutni upravo u noćnom periodu s minimalnom potrošnjom vode (minimalnim protocima unutar sustava), a što je detaljnije objašnjeno u poglavlju 4.5. Stoga je prethodno utvrđenu vrijednost stvarnog gubitka u noćnom periodu s maksimalnim tlakovima potrebno osrednjiti na dnevnoj razini (kroz period od 24 sata), koristeći u izračunu srednju dnevnu vrijednost tlaka. Pritom se preporuča korištenje FAVAD metode, koja je detaljnije objašnjena u poglavlju 4.5.1. Kada se osrednjena vrijednost stvarnih gubitaka u periodu od 24 sata pomnoži s brojem dana u godini dobije se TGSG.

Koristi od Bottom-Up metode za procjene TGSG-a su u tome što ona osigurava neovisno određivanje TGSG-a i ako se ova analiza provede na cijelom vodoopskrbnom sustavu, područja s velikim stvarnim gubicima se lako mogu identificirati i dobiti prioriteti u rješavanju problema s curenjem vode, što cjelokupni program smanjenja vodnih gubitaka može učiniti uspješnijim. Potrebno je biti oprezan kod primjene ove metode u pojedinim periodima godine (npr. u ljetnim mjesecima) kada u manjim zonama zbog sezonskih potreba za vodom (zalijevanja zelenila, punjenja bazena i dr.) ista može, posebice u primorskim sušnijim krajevima, dovesti do iskrivljene slike ovlaštene noćne potrošnje.

Ova metoda također predstavlja provjeru utvrđivanja TGSG-a prema *Top-Down* metodi. Pritom se napominje da bi ta dva rezultata izračuna TGSG-a prema *Top-Down* i *Bottom-Up* metodi trebala biti približno jednaka, ali često nisu zbog kumulativnih grešaka u izračunu svake metode, kao i činjenici da se stvarni gubitci izračunati prema *Bottom-Up* metodi odnose na trenutno stanje koje je utvrđeno tijekom analize trenutnih mjerenja (u jednom vremenskom trenutku unutar godine) koja ne moraju odgovarati godišnjem prosjeku, a stvarni gubitci prema *Top-Down* metodi se odnose na cjelogodišnje razdoblje. Točnost izračuna TGSG-a koristeći *Bottom-Up* metodu može se unaprijediti ukoliko se mogu prikupiti dodatni detaljniji podatci s terena koji su potrebni za određivanje odnosa tlak/gubici (N1) i faktora stanja infrastrukture (engl. Infrastructure Condition Factor - ICF).

2.2.1.2 Neizbježni godišnji stvarni gubitci, NGSG

2.2.1.2.1 Izračun NGSG-a

NGSG predstavlja količinu stvarnih gubitaka koja uključuje i utjecaj tlaka unutar vodoopskrbne mreže. Oni zapravo predstavljaju gubitke vrlo malog intenziteta uslijed pojave manjih pukotina i propuštanja na spojevima i ventilima (tzv. pozadinska curenja). Definiraju se empirijskom jednadžbom (prikazanom u nastavku) koja uključuje sljedeće relevantne parametre: duljinu glavnih i opskrbnih cjevovoda (bez priključnih vodova), broj priključaka, duljinu cjevovoda priključnih vodova (od spoja na ulični vod do vodomjera) i prosječan tlak unutar sustava. Važno je napomenuti da su do danas razvijeni različiti matematički izrazi za izračun NGSG-a, prilagođeni specifičnostima pojedinih sustava, regija, država i sl. Među brojnim izrazima u okviru svjetske prakse, opće je prihvaćen sljedeći izraz kojim se anuliraju potencijalne greške u izračunu duljine cjevovodne mreže priključnih vodova, na način da se u proračun uzima ukupna duljina priključnog voda, od priključka na ulični vod do vodomjera:

$$NGSG = (\,6{,}57 \cdot L_m + 0{,}256 \cdot N_c + 9{,}13 \cdot L_t) \cdot P_{sr} \quad (m^3/godina)$$

gdje su:

- L_m – ukupna duljina cjevovodne mreže, glavni i opskrbni cjevovodi u km

- N_c – broj priključnih vodova
- L_t – ukupna duljina cjevovodne mreže priključnih vodova u km - od priključka na ulični vod do vodomjera
- P_{sr} – prosječan tlak u sustavu u m VS

Prva dva parametra (duljina vodoopskrbne mreže i broj priključnih vodova) se u praksi definiraju s velikom pouzdanošću, jer proizlaze iz baze podataka kojom raspolaže JIVU. Treći parametar (duljina priključnih vodova) može biti upitne pouzdanosti jer se položaj vodomjernog okna (glavnog vodomjera na priključnom vodu) u pravilu razlikuje među pojedinim krajnjim korisnicima (najčešće varira unutar raspona 0,0 m do 10,0 m). Važno je istaći da pojam „priključni vod“ predstavlja vezu jedne priključne cijevi (od ugradbene garniture ili direktnog priključka na ulični cjevovod) do potrošača tj. prvog vodomjera, jer je to i dio cjevovoda pod ingerencijom JIVU-a koji upravlja sustavom. Pritom je važno razlikovati pojam priključka koji se ponekad koristi i za evidenciju, tj. imenovanje kupca vode, jer taj pojam može označavati veći broj kupaca vode na jednom priključnom vodu (primjer je jedan priključni vod zgrade s većim brojem stanova, odnosno kupaca vode) te kao takav nije primjenjiv u izračunu ILI indikatora prema IWA metodologiji i ostalih indikatora stvarnih gubitaka vode. U izračun NGSG-a ulazi ukupna duljina priključnog voda (koja predstavlja duljinu cjevovoda od ugradbene garniture ili direktnog priključka na ulični cjevovod do prvog vodomjera). U slučaju da ne postoje pouzdani podatci o duljini priključnog voda, istu se u proračun preporuča uzeti s vrijednosti 6,0 m. Četvrti parametar (prosječan tlak u vodoopskrbnoj mreži za koju se radi izračun NGSG-a i ILI indikatora) je parametar s najmanjom pouzdanosti, odnosno u realnoj praksi se teže definira s visokim stupnjem točnosti (npr. srednji tlak u vodoopskrbnoj mreži i dr.), osim u slučaju kada se raspolaže kalibriranim matematičkim modelom.

2.2.1.2.2 Određivanje srednjeg tlaka u sustavu/dijelu sustava

Moguće je koristiti različite metode za izračun prosječnog tlaka u sustavu. Najjednostavnija i najtočnija metoda je uz korištenje kalibriranih matematičkih modela, posebno onih izrađenih u sofisticiranijim računarskim programima, koji za odabrano područje ili za sustav u cjelini automatski, brzo i pouzdano računaju vrijednost prosječnog tlaka. Proračun se pritom temelji na principu izračuna prosječne vrijednosti tlaka za svaku dionicu ($P_{sr,d,i}$) na način zbrajanja prosječne vrijednosti tlaka na krajevima dionice ($P_{sr,i}$, $P_{sr,i+1}$) i dijeljenjem sume s 2.

$$P_{sr,d,i} = \frac{P_{sr,i} + P_{sr,i+1}}{2} \ (m\ VS)$$

gdje je:

- Psr,i - prosječna vrijednost tlaka na jednom kraju promatrane dionice (m VS)
- Psr,i+1 - prosječna vrijednost tlaka na drugom kraju promatrane dionice (m VS)
- Psr,d,i - prosječna vrijednost tlaka duž promatrane dionice (m VS)

Ukupna suma umnožaka prosječnog tlaka svake dionice ($P_{sr,i}$) i njene duljine (l_i) za svaki vodoopskrbni sustav/ DMA zonu dijeli se s ukupnom duljinom vodoopskrbnog sustava/zone i na taj način se dobiva srednji tlak po svakom pojedinom sustavu/zoni.

$$P_{sr,sustava/DMA\ zone} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{sr,i} \cdot l_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \ (m\ VS)$$

gdje je:

- Li - duljina pojedine dionice (m)

U slučaju da kalibrirani matematički model nije izrađen i na raspolaganju moguće je koristiti jednostavnije matematičke modele koji nisu kalibrirani, ali su izrađeni prema dostupnim podlogama (topografija terena i situacijski položaj vodoopskrbne mreže) i kao takvi predstavljaju dovoljno kvalitetne alate. U slučaju da se ne raspolaže niti jednostavnijim matematičkim modelom postojećeg vodoopskrbnog sustava, moguće je primijeniti neke druge metode, ali se ocjenjuje da su iste manje pouzdanosti. Jedna od metoda koja se temelji na izračunu osrednjene nadmorske visine vodoopskrbnog područja od interesa opisana je u dokumentu *„Metodologija obračuna smanjenja gubitaka vode u projektima rekonstrukcija vodne infrastrukture financiranih iz NPOO, pripadajuće upute za JIVU i program za kalkulacije i provjeru ostvarenih ušteda*“ (Kovač, J., 2022).

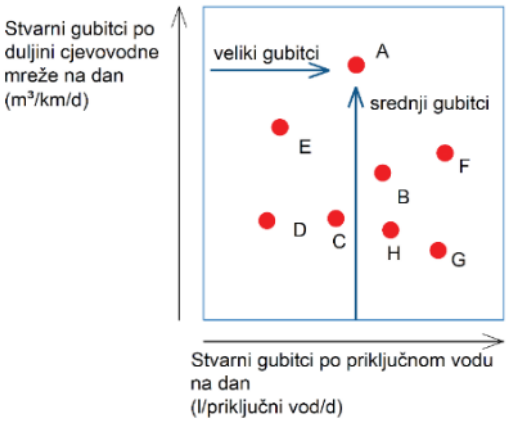
2.2.2 CRLI indikator

Dosadašnja opće prihvaćena praksa prema IWA metodologiji, uz ILI indikator kao i uz sam izračun ILI indikatora, uključuje dva pokazatelja stvarnih gubitaka izraženih jedinično, u litrama po priključnom vodu na dan i u m^3 po kilometru cjevovodne mreže na dan, ovisno o gustoći priključaka (poglavlje 2.2.1). Analizirajući jedinične vrijednosti stvarnih gubitaka u velikom broju vodoopskrbnih sustava diljem svijeta, može se konstatirati da je korelacija između navedena dva načina iskaza jediničnih vrijednosti stvarnih gubitaka u velikom broju slučajeva vrlo mala. Analizirajući pojedini vodoopskrbni sustav ili njegov pojedini dio (npr. DMA zonu) po jednom od navedenih načina iskaza jediničnih vrijednosti stvarnih gubitaka može dovesti do pogrešnih zaključaka. Primjerice, ako se pogleda Slika 2.3. Učinak usvajanja različitih pokazatelja stvarnih curenja kao mjerodavnih (Koelbl, J., Zipperer, D., (2024). Experience in the application of the Combined Real Loss Indicator (CRLI) in comparison to other Performance Indicators, Water Loss 2024 Conference, Spain)

s rezultatima nekoliko hipotetskih primjera, uočava se da pojedini sustavi imaju visoke vrijednosti jediničnih stvarnih gubitaka izraženih u m^3/km/d, u odnosu na iskaz istih u l/priključni vod/d, prema kojima se može zaključiti da su stvarni gubitci u sustavu ili dijelu sustava manje značajni te da nemaju težinu prioriteta.

CRLI indikator predstavlja relativno novi pokazatelj kao odgovor na nedostatke pri izračunu ILI indikatora, a time i osjetljivosti izračunate vrijednosti ILI indikatora o vrijednosti pojedinih parametara koje se u realnoj praksi teže definiraju s visokim stupnjem točnosti (npr. srednji tlak u vodoopskrbnoj mreži i dr.).

CRLI je zapravo indikator curenja izražen u litrama na dan, osrednjen po veličini sustava (Wyatt, A., Markham, J. (2023). *The Combined Real Loss Indicator (CRLI) – Concept and Application Case Studies*, North American Water Loss Conference, USA).



Slika 2.3. Učinak usvajanja različitih pokazatelja stvarnih curenja kao mjerodavnih (Koelbl, J., Zipperer, D., (2024). Experience in the application of the Combined Real Loss Indicator (CRLI) in comparison to other Performance Indicators, Water Loss 2024 Conference, Spain)

CRLI indikator objedinjuje dva parametra koja se ocjenjuju bitnim pokazateljima učinkovitosti, a opisuju stvarne gubitke:

- jediničnu vrijednost stvarnog gubitka izraženog u litrama po priključnom vodu na dan
- jediničnu vrijednost stvarnog gubitka izraženog u litrama po metru cjevovodne mreže na dan ili u m3 po kilometru cjevovodne mreže na dan

Drugim riječima, CRLI indikator objedinjuje dva bitna strukturna parametra sustava – broj priključnih vodova i duljinu cjevovodne mreže.

CRLI indikator se računa kao umnožak ta dva pokazatelja (za određeni sustav ili dio sustava) i uzimanjem kvadratnog korijena tog umnoška.

$$CRLI = \sqrt{JSG_{lpd} \cdot JSG_{lmd}}$$

gdje je:

- JSG_{lpd} – jedinična vrijednost stvarnog gubitka (l/priključni vod/d)
- JSG_{lmd} – jedinična vrijednost stvarnog gubitka (l/m/d = m3/km/d)

Može se zaključiti da CRLI dobro korelira s drugim pokazateljima učinkovitosti (npr. jediničnim stvarnim gubitcima izraženim u m^3/km/d, l/priključni vod/d i dr.), za razliku od ILI indikatora čija korelacija ovisi o tlaku unutar sustava. ILI indikator dobro korelira s drugim pokazateljima učinkovitosti u uvjetima tlakova oko 50 m VS (5,0 bar), dok se u uvjetima smanjenih ili povećanih tlakova korelacija smanjuje.

Prednosti CRLI indikatora mogu se sažeti u nekoliko ključnih segmenata. CRLI predstavlja jednostavan izračun jedinične vrijednosti stvarnih gubitaka pri čemu nije potrebno razmatrati tlakove i računati prosječan tlak u sustavu. Metodologija izračuna CRLI indikatora ima široku primjenjivost, kako za cjelovita uslužna područja, tako i za pojedinačne vodoopskrbne sustave, dijelove sustava i DMA zone. CRLI se nalazi unutar kvadratnog korijena, što smanjuje osjetljivost na ulazne podatke. Utjecaj gustoće priključnih vodova (priključaka) na izračun CRLI indikatora je mali, u odnosu na primjenjive metode kod izračuna ILI indikatora. CRLI indikator se može učinkovito pretvoriti u ekonomski pokazatelj.

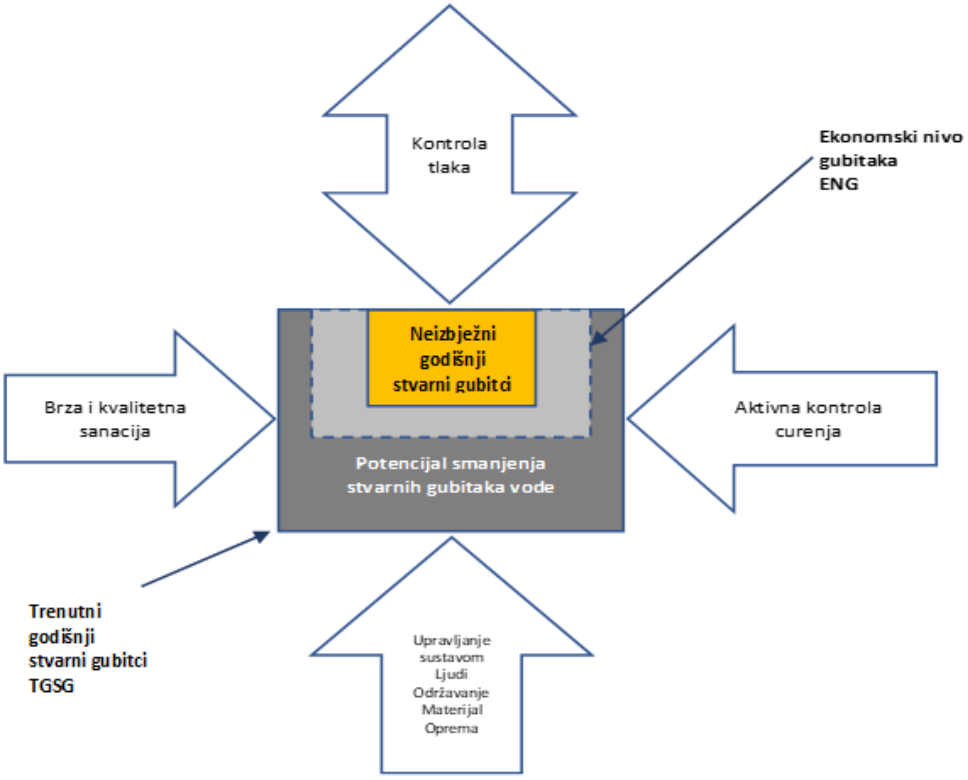
2.3 Kontrola stvarnih i prividnih gubitaka

Osnovni elementi učinkovitog rješavanja problema stvarnih gubitaka predstavljeni su na Slika 2.4. Predstavljeni prikaz tamnosivog pravokutnika koji predstavlja trenutne godišnje stvarne gubitke (TGSG) teži povećanju kako sustav stari (i porast tj. promjene ostalih uzročnika stanja vodnih gubitaka), međutim utjecaj na stanje sustava koje je prikazano sa 4 strelice teži ka smanjenju ovih gubitaka. Narančasti pravokutnik koji predstavlja dio stvarnih gubitaka – Neizbježni godišnji stvarni gubici (NGSG), simbolično je smješten u gornji dio pravokutnika TGSG jer on ovisi o tlaku u sustavu i utjecaj na njegovo smanjenje je moguće izvršiti jedino kroz kontrolu odnosno smanjenje tlaka (prikaz strelice u dva smjera upozorava da ukoliko se dozvoli povećanje tlaka, ili pojava hidrauličkih poremećaja – vodnih udara, može se očekivati i povećanje gubitaka vode).

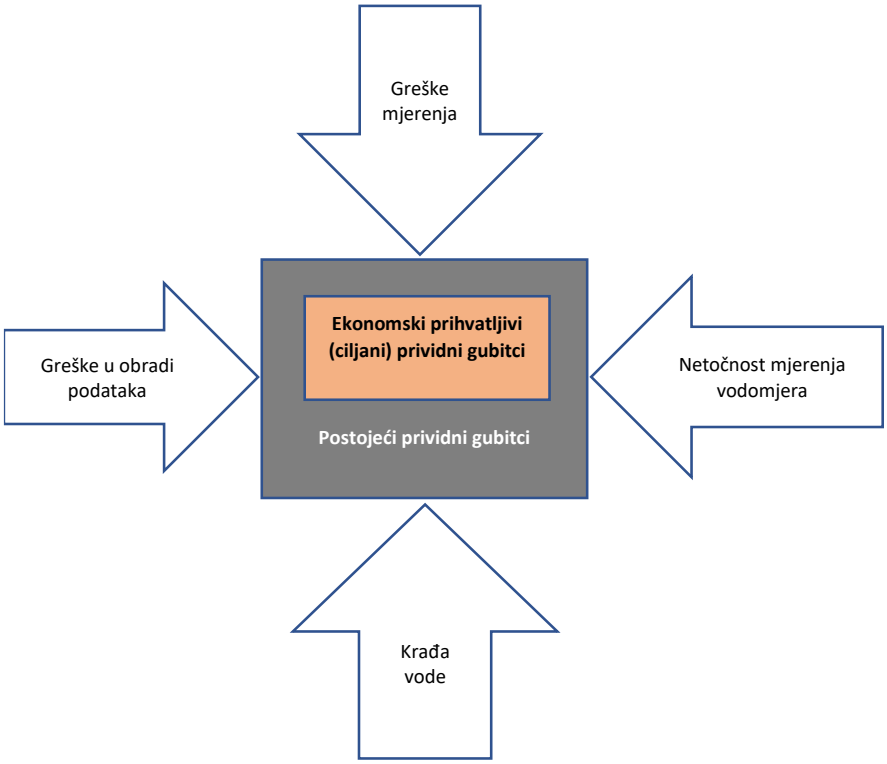
Ekonomski nivo gubitaka ENG (engl. Economic Level of Leakage - ELL) predstavljen je isprekidanom linijom (svijetlosivim pravokutnikom) i on daje informaciju do koje granice je realno očekivati smanjivanje stvarnih gubitaka vode uz ekonomsku isplativost, a njegov izračun ovisi o ekonomskoj računici svih troškova.

Prividni (ili komercijalni) gubici predstavljaju količinu vode koja se zapravo isporuči korisniku, ali ne obračuna s obzirom da se ne registrira od strane mjernog uređaja ili u drugom slučaju voda i ne prolazi kroz mjerni uređaj, a tad se radi o neovlaštenoj potrošnji ili jednostavno o krađi vode, bilo s protupožarnih hidranata, drugih dostupnih elemenata na sustavu ili ilegalnih priključaka. Kad se govori o točnosti mjerenja jasno je da ona nije 100 %-tna, odstupanja su prisutna te priznata i od proizvođača mjernih uređaja. Također, moguće su greške i prilikom same obrade i obračuna isporučene usluge kroz sustav izdavanja računa. Slika 2.5. prikazuje moguće smjerove djelovanja koji bi trebali osigurati pozitivne pomake pri smanjenju prividnih gubitaka odnosno na približavanje ekonomski prihvatljivim (ciljanim) prividnim gubicima.

Preporuča se da bi cilj u smanjenju Prividnih gubitaka vode trebao biti u vrijednosti tj. volumenu do 5% od prihodovane vode (Fakturirana ovlaštena potrošnja).



Slika 2.4. Osnovne komponente kontrole Stvarnih gubitaka vode



Slika 2.5. Osnovne komponente kontrole Prividnih gubitaka vode

3 VAŽNOST USPOSTAVE DMA ZONA

Koncept upravljanja DMA zonama prvi je put uveden u vodoopskrbne sustave u Velikoj Britaniji početkom 1980-ih (*Report 26 Leakage Control Policy & Practice*, UK Water Authorities Association, 1980). U tom izvještaju, DMA zona je definirana kao specifično područje vodoopskrbne mreže koje se obično stvara zatvaranjem ventila ili potpunim isključenjem cijevi, u kojem se mjeri količina vode koja ulazi i izlazi iz formiranog područja (DMA zone). Protoci se na ulazu i izlazu iz DMA zone mjere te se izrađuje bilanca vode za DMA zonu kako bi se kvantificirala razina curenja. Na taj je način osoblju koje radi na upravljanju vodnim gubitcima omogućeno pravovremeno i preciznije određivanje gdje i kada je najkorisnije provesti daljnje korake AKC-a (podzonska mjerenja protoka, mikrolociranje curenja i sanacija kvara).

Izdvojeno područje mjerenja (DMA zona) može se definirati kao dio vodoopskrbnog područja čije su granice u hidrauličkom pogledu jasno određene i koje taj dio vodoopskrbne mreže hidraulički odvajaju od preostalog dijela sustava, s jednim ili više ulaza vode u zonu te s nijednim, jednim ili više izlaza vode iz zone. Osnovni pristup uspostave i upravljanja DMA zona je da se ulazni/izlazni protok u zonu, cjevovodna mreža i njezini sastavni dijelovi, krajnji korisnici, ovlaštena i neovlaštena potrošnja, kao i komponente vodnih gubitaka (uključivo prijavljena i neprijavljena curenja), analiziraju odvojeno unutar svake DMA zone. Međutim, kao posljedica složenosti (terenske, hidrauličke, operativne i dr.) vodoopskrbnih sustava i razlika među njima, u praksi se javljaju značajni operativni problemi, te u mnogim slučajevima nije moguće razviti i implementirati istu metodologiju rješenja za cijeli sustav. Osnovni problemi u složenim vodoopskrbnim sustavima mogu se sažeti u sljedećem:

- Razlike u vrsti materijala cijevi te u nazivnim tlakovima cijevi, koje su građene u različitim vremenskim razdobljima, ovisno o brojnim okolišnim i pogonskim faktorima (npr. hidrodinamički tlakovi unutar vodoopskrbne mreže, prisutnost i učestalost vodnih udara, prisutnost zraka u cijevima, učestalost paljenja i gašenja i crpki na vodozahvatima, veličina područja pod kontrolom/regulacijom tlaka i dr.)
- Nepoznata lokacija svih objekata i vodovodnih armatura (zasunskih okana, kontrolnih zasuna, regulacijskih ventila, odzračnih ventila i dr.), kao i izgrađenost cjevovodne mreže (nepoznati položaji svih cjevovoda kroz koje voda ulazi i izlazi iz pojedinih područja), a što otežava održavanje sustava kroz potrebu za povremenim prekidima opskrbe vodom radi uklanjanja kvarova, nadogradnje sustava i dr.
- Podatci potrebni za analizu učinkovitosti sustava i određivanje najprikladnije strategije upravljanja vodnim gubitcima ne mogu se dobiti na primjeren način i upitne su točnosti
- Teškoće u primjeni iste metode na cjelokupni vodoopskrbni sustav za upravljanje vodnim gubitcima te traženje i uklanjanje kvarova
- Problemi u pravilnoj implementaciji metoda otkrivanja, prevencije, ublažavanja i kontrole vodnih gubitaka te poteškoće u postizanju očekivane učinkovitosti njihovog smanjenja
- I dr.

Iz tih razloga, može se reći da se uspostavom DMA zona značajno doprinosi smanjenju navedenih problema u upravljanju cjelovitim vodoopskrbnim sustavom i vodnim gubitcima.

Dosadašnja svjetska praksa je pokazala da se uz uspostavu DMA zona i dugoročno upravljanje istima značajno doprinosi smanjenju prethodno izdvojenih problema, postiže veći stupanj zadovoljstva krajnjih korisnika, povećava učinkovitost cjelokupnog sustava (ne samo u pogledu smanjenja vodnih gubitaka, već i u hidrauličko-pogonskom pogledu), smanjuju ukupni troškovi dobave vode, postiže veća motiviranost radnog osoblja na upravljanju vodnim gubitcima. Važnost uspostave DMA zona, s aspekta učinkovitog i održivog upravljanja gubitcima vode, navodi se u nastavku:

- Uspostava većeg broja manjih opskrbnih područja u kojima je omogućena učinkovitija kontrola ključnih komponenti sustava
- Mjerenje, praćenje, kontrola i provođenje analize trenutnog stanja svih strukturalnih, operativnih, hidrauličkih i okolišnih komponenti unutar svake DMA zone
- Izrada bilance vode točnije i učinkovitije s mjerenim podatcima radi izračuna svih relevantnih pokazatelja učinkovitosti i redovitog praćenja učinkovitosti sustava
- Identifikacija i praćenje ulaznog/izlaznog protoka i volumena s jasno definiranim jednim ili više ulaza vode u zonu te s nijednim, jednim ili više izlaza vode iz zone, uz određivanje protoka u vrijeme minimalne (noćne) potrošnje
- Utvrđivanje broja, tipa i karakteristika krajnjih korisnika i njihove potrošnje, korelacija s noćnim protokom i provođenje analize vodnih gubitaka

- Učinkovitija analiza trenutnog stanja vodomjera krajnjih korisnika, kroz analizu manjih izdvojenih područja uz učinkovitije planiranje programa zamjene vodomjera, te smanjenje prividnih gubitaka uzrokovanih pogreškama u mjeračima
- Učinkovitije provođenje aktivne kontrole curenja praćenjem noćnog protoka (koje se temelji na mjerenjima i analizi rezultata u realnom vremenu), a posljedično i brže detektiranje pojave novog curenja ili povećanja intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima
- Implementacija učinkovitije strategije upravljanja tlakom, na način jednostavnije regulacije tlaka unutar DMA zone ili njezinih dijelova
- Utvrđivanje nedostataka i prednosti svake DMA zone, uz analizu, razvoj i implementaciju optimalne strategije za poboljšanje

3.1 Upravljanje podatcima

Osnovni korak u upravljanju vodnim gubitcima je točno i kontinuirano mjerenje svih relevantnih podataka koji su povezani s vodnim gubitcima. Na temelju rezultata mjerenja može se pravovremeno detektirati problem, razmotriti opcije njegovog rješavanja te donijeti odluku o provedbi optimalne strategije i u konačnici problem ukloniti, odnosno unaprijediti sustav.

Od strane IWA-e predložena je bilanca vode i pokazatelji učinkovitosti za praćenje, procjenu i usporedbu količine vodnih gubitaka i učinkovitosti sustava, kao i za usporedbu s drugim sustavima (poglavlje 2). Ispravna izrada bilance vode i točno definiranje ključnih pokazatelja učinkovitosti zahtijevaju ispunjenje sljedećih uvjeta:

- Kvalitetna i cjelovita analiza postojećeg stanja izgrađenosti sustava
- Poznavanje ključnih karakteristika sustava (strukturalnih, operativnih, hidrauličkih i okolišnih)
- Točno, kontinuirano i dugoročno mjerenje ključnih podataka (protok, tlak i dr.)
- Jasno razumijevanje svih komponenti vodnih gubitaka kroz kontinuirano i precizno mjerenje ključnih podataka te praćenje rada i stanja sustava

Karakteristike vodoopskrbne mreže (profili cijevi, materijali, nazivni tlakovi i dr.), tipovi krajnjih korisnika i njihova potrošnja vode, hidrauličko-pogonski uvjeti, okolišni uvjeti, broj kvarova i učestalost pojave novih kvarova i dr., nisu slični kod svih vodoopskrbnih sustava, a razlike su prisutne i u pojedinim dijelovima pojedinačnih vodoopskrbnih sustava. Stoga, upravljanje podatcima unutar velikih i složenih vodoopskrbnih sustava postaje otežano zbog sljedećih razloga:

- Način mjerenja (broj, učestalost i dr.) i važnost podataka variraju od sustava do sustava
- Faktori koji utječu na broj i učestalost kvarova i curenja imaju različit utjecaj kod pojedinih sustava
- Priroda, tip i učestalost podataka potrebni za metode koje se primjenjuju u smanjenju vodnih gubitaka ovise o karakteristikama sustava
- Budući da se omjeri stvarnih i prividnih gubitaka razlikuju od sustava do sustava, učestalost prikupljanja podataka prema strategiji koja se primjenjuje za smanjenje obje komponente vodnih gubitaka varira
- Način prikupljanja podataka za pojedine komponente bilance vode razlikuje se kod pojedinih sustava, a ponekad podatci ili nisu dostupni ili su upitne pouzdanosti

S druge strane, u okviru DMA zona, dobivanje mjerenih podataka, kao i podataka koji se utvrđuju terenskim ispitivanjem, pokazalo se u dosadašnjoj praksi bržim i učinkovitijim. Na taj način, analiza vodnih gubitaka u DMA zonama pokazala se učinkovitijom uz znatno manja dodatna ulaganja u opremu i tehničko osoblje.

3.2 Održivo upravljanje vodoopskrbnom mrežom i stvarnim gubitcima

U složenim vodoopskrbnim sustavima, uspostavljanje povoljnih pogonskih karakteristika te smanjenje vodnih gubitaka i njihovo održavanje na prihvatljivom nivou postaje otežano zbog raznih čimbenika, a što može biti izvor dugoročno značajnih problema. Razvijanje sustavne i planirane strategije pogona i održavanja u takvim sustavima vrlo je izazovno, zbog primjerice velikog udjela cijevi velike starosti i karakteristika cijevi koje značajno variraju, kao i zbog broja i učestalosti kvarova, te nemogućnosti regulacije tlaka zbog nepovoljnih terenskih prilika i dr. Također, kod sustava s velikom duljinom cjevovodne mreže, definiranje strategije održavanja-popravka-zamjene cijevi za cijeli sustav, analiza čimbenika koji uzrokuju kvarove i

curenja te planiranje aktivnosti za smanjenje učestalosti pojave novih kvarova mogu biti vrlo zahtjevni. U takvim uvjetima otežano je provođenje dugoročnih programa unaprjeđenja sustava kroz smanjenje učestalosti pojave novih kvarova i smanjenje vodnih gubitka.

Kvarovi (puknuća/oštećenja na cijevima, spojevima, oblikovnim komadima i vodovodnim armaturama, objektima i dr.) se u pravilu javljaju kao posljedica međudjelovanja različitih čimbenika (strukturnih, fizikalnih, hidrauličko-pogonskih, okolišnih i dr.), a značajne razlike u broju i tipu kvarova te učestalost pojave novih kvarova mogu se u značajnoj mjeri razlikovati među pojedinim vodoopskrbnim sustavima, pa čak i unutar pojedinih vodoopskrbnih sustava.

Provođenje analize kvarova u okviru manjih opskrbnih područja (DMA zona) s ciljem smanjenja kvarova i curenja, u praksi se pokazalo učinkovitijim. Analize u okviru DMA zona omogućuju:

- Učinkovitije otkrivanje čimbenika koji utječu na kvarove u pojedinim DMA zonama te minimiziranje učinaka tih čimbenika
- Odabir prikladnih modela upravljanja kvarovima tipičnim za pojedine DMA zone
- Učinkovitije planiranje najbolje strategije zamjene cijevi za svaku DMA zonu. Prikladnijim se ocjenjuje prioritizirati sanaciju cjevovoda prema različitim čimbenicima, od kojih su neki svojstveni pojedinim DMA zonama.

Analize u okviru DMA zona omogućavaju da se svaka DMA zona razmatra samostalno, kao i čimbenici koji utječu na kvarove unutar pojedinih DMA zona. Navedeno omogućava učinkovitije prepoznavanje problema u pojedinim DMA zonama, te se kvarovi mogu brže detektirati, locirati i uklanjati, kao i uzroci pojave kvarova. Sve navedeno rezultira učinkovitijim smanjenjem vodnih gubitaka.

Prekidi opskrbe krajnjih korisnika vodom koji se događaju pri uklanjanju kvarova ocjenjuju se jednim od glavnih operativnih problema kod mnogih složenih vodoopskrbnih sustava. Često se u praksi javljaju situacije kada nije moguće izvršiti prekid opskrbe (zatvoriti zasun) na najbližoj točki do mjesta kvara zbog činjenice da zasuni nisu dostupni (smješteni ispod asfaltirane površine) ili ako su i dostupni nisu u funkciji, ili su nepoznate njihove lokacije kao i pozicije svih cjevovoda kroz koje voda može ulaziti područje koje se nastoji zatvoriti. Međutim, uz uspostavu DMA zona, određivanje lokacije svih cijevi i drugih kontrolnih elemenata sustava (zasuni i dr.), njihov prijenos u digitalno okruženje (npr. GIS), uspostavljanje odgovarajućih operativnih planova te određivanje lokacija ispravnih zasuna najbližih točki kvara, znatno je učinkovitije i omogućava kvalitetnije upravljanje vodoopskrbnom mrežom.

3.3 Praćenje noćnog protoka i otkrivanje curenja

Stvarni gubici su najčešće po količini najizraženija komponenta vodnih gubitaka, a predstavljaju:

- curenja na cjevovodnoj mreži (uključivo i kućne priključke od uličnog voda do vodomjera)
- prelijevanja i curenja iz vodospremnika

Između navedene dvije komponente stvarnih gubitaka u većini slučajeva dominiraju curenja na cjevovodnoj mreži (curenja na spojevima cijevi, oštećenim dijelovima cijevi i puknućima, oblikovnim komadima i vodovodnim armaturama). Pritom se curenja dijele u dvije osnovne komponente – pozadinska curenja i curenja na oštećenjima/puknućima.

Pozadinsko curenje predstavlja sumu curenja vrlo malog intenziteta na svim manjim oštećenjima/puknućima, a koja su pojedinačno premala da bi ih se otkrilo vizualnim ili akustičnim inspekcijama.

Curenja na većim oštećenjima/puknućima predstavljaju stvarne gubitke vode u obliku curenja većeg intenziteta. Ovisno o intenzitetu curenja i terenskim prilikama curenja na puknućima se mogu dodatno podijeliti na prijavljena i neprijavljena. Ukupna količina curenja iz tih puknuća ovisi o brzini kojom se locira kvar i naknadno uklanja. S obzirom da je količina vode koja iscuri jednaka umnošku intenziteta curenja i vremena trajanja curenja, kod obje kategorije curenja na oštećenjima/puknućima (prijavljenim i neprijavljenim), ukupna količina curenja ovisi o tri vremenska faktora:

- vrijeme potrebno za uočavanje pojave curenja (vremenski period od nastanka oštećenja/puknuća do spoznaje da se oštećenje/puknuće javilo)

- vrijeme potrebno za mikrolociranje curenja (vremenski period od spoznaje da se oštećenje/puknuće javilo do utvrđivanja njegove mikrolokacije)
- vrijeme potrebno za uklanjanje kvara (vremenski period od utvrđivanja mikrolokacije curenja do njegovog uklanjanja/sanacije)

Jedna od glavnih inicijativa strategije upravljanja vodnim gubicima je skraćivanje vremena potrebnog za uočavanje, lociranje i uklanjanje kvarova nakon što se oni lociraju. Skraćivanje sve tri prethodno navedene komponente vremena, a time i smanjenja ukupne količine curenja provodi se kroz brojne aktivnosti u sklopu aktivne kontrole curenja. Drugim riječima, glavni učinak politike aktivne kontrole curenja je smanjivanje prosječnog trajanja curenja, kroz pravovremeno uočavanje pojave curenja, mikrolociranje i uklanjanje kvara. Na vrijeme potrebno za uočavanje pojave curenja utječe metoda prikupljanja podataka:

- telemetrijski mjereni protoci – manje od 1 dana
- mjesečna mjerenja noćnog protoka – 14 dana do 30 dana
- redoviti pregledi – na polugodišnjem i godišnjem nivou

Na vrijeme potrebno za mikrolociranje curenja utjecat će priroda i opseg sustava aktivne kontrole curenja kroz rad na terenu, no uglavnom će to biti broj osoblja koje je dostupno, odnosno oprema i tehnologija koja im je na raspolaganju.

Vrijeme potrebno za uklanjanje kvara obično će biti isto za curenja prijavljena od strane korisnika ili otkrivena proaktivnim pristupom (aktivnom kontrolom curenja). Ipak, jedna od glavnih inicijativa strategije upravljanja vodnim gubicima treba između ostalog biti i skraćivanje vremena potrebnog za popravak curenja nakon što se oni lociraju.

Stoga se učinkovito upravljanje vodoopskrbnom mrežom oslanja se na sposobnost stalnog nadziranja protoka. Monitoring curenja predstavlja nadzor protoka u pojedine zone ili područja (podzone) radi mjerenja curenja i određivanja prioriteta aktivnosti otkrivanja curenja. To se u okviru svjetske prakse trenutno ocjenjuje jednom od najisplativijih aktivnosti (i jednom od najšire primjenjivanih) u pogledu upravljanja curenjima odnosno vodnim gubitcima.

Prema tome, sustav mjerenja protoka u vodoopskrbnoj mreži mora uključivati ne samo mjerenje ukupnih protoka od izvorišta do pogona za preradu vode za piće, već i protoke po manjim zonskim područjima, tzv. Izdvojenim područjima mjerenja ili DMA zonama. Time se osobama koje rade na upravljanju sustavom i upravljanju vodnim gubicima omogućava učinkovitije upravljanje, te učinkovitije prepoznavanje problema i u konačnici učinkovitije upravljanje vodnim gubicima.

Općenito, AKC se pokazala vrlo uspješnom kao dio sveukupnog plana za smanjenje vodnih gubitaka (stvarnih curenja) i njihovog kasnijeg održavanja na prihvatljivom nivou. Tijekom posljednjih 40-ak godina, AKC je primjenjivana s velikim uspjehom u vodoopskrbnim sustavima diljem svijeta. Međutim, učinkovita primjena AKC-a zahtijeva pažljivo razumijevanje i ne smije se smatrati brzim rješenjem, a podrazumijeva prethodnu uspostavu DMA zona što zahtijeva značajna kratkoročna i dugoročna ulaganja. U kratkoročnom pogledu, potrebno je potpuno razumjeti postojeću konfiguraciju vodoopskrbne mreže te planirati i implementirati mjere potrebne za upravljanje DMA zonama. Dugoročno će biti potrebno održavati sustav u pogledu njegovih povoljnih hidrauličko-pogonskih karakteristika, analize podataka te lociranja i popravka kvarova.

3.4 Upravljanje tlakom

Poznata je činjenica da su intenzitet curenja (a time i ukupna količina stvarnih gubitaka) te broj kvarova i učestalost pojave novih kvarova osjetljivi na tlak unutar vodoopskrbne mreže i promjene tlaka (poglavlje 4.5). Stoga je vrlo važno definirati strategiju upravljanja tlakom unutar vodoopskrbnog sustava kako bi se:

- Smanjio tlak na minimalni nivo kod kojeg je osigurana normalna opskrba krajnjih korisnika vodom. Nema potrebe da sustav ili dio sustava trpi veće tlakove od minimalno potrebnih. Smanjenje tlaka direktno utječe na smanjenje intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima, kao i na smanjenje učestalosti pojave novih kvarova
- Minimizirale neravnomjernosti tlaka između dnevnih i noćnih sati (smanjio intenzitet „disanja“ cijevi, što rezultira smanjenjem učestalosti pojave novih kvarova i produljenjem vijeka trajanja cijevi)
- Minimizirao utjecaj vodnih udara (intenzivnijih neravnomjernosti tlaka u relativno kratkim vremenskim periodima), što rezultira smanjenjem učestalosti pojave novih kvarova i produljenjem vijeka trajanja cijevi

Pod glavnim ciljevima upravljanja tlakom u vodoopskrbnom sustavu mogu se izdvojiti smanjenje postojećih vodnih gubitaka u mreži, sprječavanje i smanjenje učestalosti pojave novih curenja koja mogu nastati u budućnosti. Međutim, da bi se definirale kvalitetne mjere upravljanja tlakom u vodoopskrbnom sustavu ili njegovim pojedinim dijelovima, potrebno je s visokim stupnjem pouzdanosti poznavati i analizirati karakteristike vodoopskrbne mreže (položaj objekata i cijevi u prostoru, visinske odnose, hidrauličko-pogonske uvjete tečenja i dr.) i krajnjih korisnika (potrebe za vodom, neravnomjernost potrošnje i dr.). Također, potrebno je definirati kritične točke sustava uzimajući u obzir sve relevantne čimbenike, te za iste potvrditi minimalne potrebne vrijednosti hidrodinamičkih tlakova uz koje je osigurana normalna opskrba vodom. U vodoopskrbnim sustavima s vrlo složenom topografijom (brežuljkasto i brdovito područje), uspostavljanje istih uvjeta regulacije tlaka nije izvedivo. Stoga je jedan od osnovnih kriterija za određivanje granica DMA zona da, koliko god je to moguće, topografija ne varira previše i da se formira u hidrauličkom pogledu što homogenije područje sa što manjim razlikama u tlakovima. U tom kontekstu, moguće je definirati donje i gornje granice tlaka, odrediti kritične točke unutar DMA zone te definirati najprikladniju strategiju upravljanja tlakom na razini DMA zone. Na taj način se nudi izvedivo i održivo rješenje koje zadovoljava zahtjeve DMA zona, pruža maksimalne koristi uz minimalna ulaganja i smanjuje intenzitet curenja i broj kvarova uz najprikladniju strategiju upravljanja tlakom.

3.5 Kontrola i smanjenje prividnih gubitaka

U vodoopskrbnim sustavima se pojavljuju komponente potrošnje vode koje se ne mogu fakturirati i naplatiti, a uzrokovane su ilegalnom potrošnjom (krađom vode) i svim vrstama grešaka u mjerenju i obračunu. Te se komponente u vodnoj bilanci definiraju kao prividni gubitci i te se količine vode odražavaju se na gubitak izravnog prihoda JIVU-a prema komercijalnoj cijeni vodne usluge koju plaćaju krajnji korisnici. Brojni stručnjaci su mišljenja da su prividni gubitci jedan od najvažnijih segmenata vodnih gubitaka koji ne generiraju prihod i da je borba protiv tih gubitaka vrlo složena i zahtjevna.

Dosadašnja svjetska praksa pokazala je da uspostava DMA zona značajno doprinosi identifikaciji i procjeni prividnih gubitaka. Poznavanje karakteristika krajnjih korisnika (vrsta i broj korisnika s njihovim položajem u prostoru, karakteristike potrošnje vode, točnost vodomjera), uz poznavanje fakturirane ovlaštene potrošnje, zatim nefakturirane ovlaštene potrošnje, kao i neovlaštene nefakturirane potrošnje vrlo je važno za učinkovito upravljanje prividnim gubitcima. Primjerice, prilikom određivanja stvarnih gubitaka praćenjem minimalnog noćnog protoka, potrebno je poznavati karakteristike korisnika unutar sustava i noćnu potrošnju kućanstava (radi li se o redovnoj potrošnji ili se očekuje zalijevanje vrtova, punjenje bazena i dr.) i privrednih potrošača. Međutim, poznavanje istog s visokom pouzdanosti je vrlo upitno kod velikih i složenih vodoopskrbnih sustava. Prema tome, analize koje se provode na razini DMA zona, kao manjih izdvojenih područja unutar kojih su prisutne manje razlike, značajno poboljšavaju proces prikupljanja i analize podataka, što omogućuje učinkovitije upravljanje između ostalog i prividnim gubicima.

3.6 Zaključno o važnosti uspostave DMA zona

Prednosti uspostave DMA zona u upravljanju vodoopskrbnim sustavima i vodnim gubitcima su brojne, što je elaborirano u poglavljima 3.1 do 3.5, a u nastavku su sažete u sljedećem:

- Mjerenje, praćenje, kontrola i provođenje analize trenutnog stanja svih strukturnih, fizikalnih, hidrauličkih i okolišnih faktora u svakoj DMA zoni koje omogućava učinkovitije upravljanje vodnim gubitcima
- Učinkovitije utvrđivanje broja, tipa i karakteristika potrošnje vode od strane krajnjih korisnika, i njihovo koreliranje s noćnim protokom te točniji izračun stvarnih gubitaka
- Redovito mjerenje ključnih komponenti sustava i točnije praćenje učinkovitosti sustava i njegovih pojedinih dijelova.
- Provođenje specifičnih metoda za svaku DMA zonu radi smanjenja ilegalne potrošnje (krađa vode)
- Provođenje učinkovitije strategije upravljanja tlakom
- Utvrđivanje prednosti i nedostataka svake DMA zone, uz učinkovitiji razvoj i implementaciju optimalne strategije za uklanjanje nedostataka
- Učinkovitija analiza trenutnog stanja vodomjera potrošača, planiranje programa zamjene vodomjera, smanjenje prividnih gubitaka uzrokovanih greškama vodomjera
- Utvrđivanje postojanja neprijavljenih curenja i pravovremeno uočavanje pojave novih curenja kroz kontinuirano praćenje noćnog protoka

- Učinkovitije provođenje AKC-a uz skraćenje vremena uočavanja pojave novog curenja ili povećanja intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima. Učinkovitije provođenje AKC-a uz skraćenje vremena detekcije zone (užeg područja) unutar kojeg se pojavilo novo curenje ili se povećao intenzitet curenja na postojećim puknućima/oštećenjima
- Učinkovitije planiranje prekida opskrbe vodom (kroz zatvaranje zasuna) na razini ulice radi održavanja i uklanjanja kvarova

Kao rezultat svega navedenog, u DMA zonama je omogućeno kvalitetnije upravljanje vodnim gubitcima, u odnosu na sagledavanje cjelokupne problematike na razini cjelovitih vodoopskrbnih sustava. Dosadašnja svjetska i domaća iskustva potvrđuju činjenicu da se uz uspostavu DMA zona postiže značajnije smanjenje vodnih gubitaka, te da se uspostava DMA zona svrstava u prioritetne aktivnosti smanjenja vodnih gubitaka.

4 ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA USPOSTAVU I UPRAVLJANJE DMA ZONAMA

4.1 Općenito

Starenjem vodoopskrbnih mreža i pogoršavanjem stanja cjevovoda, oblikovnih komada, vodovodnih armatura i ostale opreme, dolazi do porasta broja kvarova i istjecanja vode iz sustava koje se tretira kao stvarno curenje. Uz navedeno, curenja (čak i intenzivnija) se događaju i na novo izgrađenim vodoopskrbnim mrežama ili zamijenjenim cjevovodima, kao posljedica nekvalitetne izgradnje i ugradnje neprikladnih materijala i opreme. Kada vodoopskrbna mreža obuhvaća stotine ili tisuće kilometara cijevi, lociranje pucanja i oštećenja nije jednostavan zadatak, osobito jer je većina curenja nevidljivo. U slučaju izostanka ključnih mjera smanjenja vodnih gubitaka, situacija se postupno pogoršava s povećanim brojem kvarova i curenjem sve većih količina vode. Ukoliko se kvarovi s curenjima ignoriraju kroz dugi vremenski period, stanje vodoopskrbne mreže se pogoršava, što može dovesti do prekida opskrbe krajnjih korisnika vodom, ugroze imovine (plavljenje terena te stambenih, poslovnih i dr. objekata; propadanje kolnika i nogostupa, uređenih zelenih površina i ostalih uređenih površina poput trgova i sl.) i ljudskih života (npr. nalet vozila u prometu na dio kolnika koji je propao kao posljedica ispiranja tla vodom koja curi iz vodoopskrbne mreže).

Rješenje je uspostaviti stalni sustav kontrole curenja podjelom cjelovitog sustava na određeni broj opskrbnih područja sa stalnom kontrolom (mjerenjima), koja se nazivaju DMA zone, tako da se curenje u svakoj DMA zoni može kvantificirati i aktivnosti otkrivanja curenja (AKC-a) uvijek mogu biti usmjerene na dio mreže s najvećim curenjima. Kada se postigne prihvatljiva razina curenja, bilanca vode u DMA zoni se nastavlja kontinuirano pratiti kako bi se odmah identificirala nova curenja, a što omogućava održavanje razine vodnih gubitaka na optimalnom nivou. Vodni gubitak (stvarna curenja) je moguće najpreciznije odrediti u vrijeme minimalne potrošnje, u pravilu tijekom noćnih sati.

4.2 Prednosti uspostave DMA zona pri kontroli curenja

Tradicionalni pristupi kontroli curenja unutar vodoopskrbne mreže mogu se okarakterizirati kao pasivni, pri čemu su se kvarovi s curenjima uklanjali tek kada su postajali vidljivim, prije svega kroz plavljenje terena (isplivavanje vode na površinu terena.

Znatna poboljšanja prakse upravljanja vodnim gubitcima značajno su se poboljšala s razvojem akustičnih instrumenata traženje curenja u sklopu provođenja AKC-a, čije korištenje omogućava lociranje nevidljivih curenja, odnosno curenja kod kojih voda ponire u podzemlje bez isplivavanja na površinu terena. Međutim, kontinuirana primjena takvih instrumenata na cijeloj vodovodnoj mreži, koja je u pravilu velike duljine, ocjenjuje se iznimno skupom i dugotrajnom aktivnost. Kao optimalno rješenje uklanjanja nedostataka takve prakse proizašla je uspostava stalnog sustava kontrole curenja u sklopu kojeg je vodoopskrbna mreža podijeljena na opskrbna područja (DMA zone) u kojima se kontinuirano mjeri protok na svim ulaznim i izlaznim cjevovodima, uz prethodnu instalaciju mjerača protoka na tim cjevovodima. Na taj način omogućeno je redovito kvantificiranje razine curenja u svakoj DMA zoni kako bi se pravovremeno detektirala pojava novog kvara/curenja te kako bi se aktivnosti lociranja curenja uvijek usmjerile na najkritičnije dijelove vodoopskrbne mreže.

Važan faktor u smanjenju i kasnijem održavanju niske razine curenja u vodovodnoj mreži je kontrola tlaka. Podjela mreže na DMA zone omogućuje također i uspostavu stalnog sustava kontrole tlaka, čime se omogućuje racionalno smanjenje tlaka u DMA zonama ili njihovim pojedinim dijelovima (podzonama), što smanjuje količinu curenja na postojećim oštećenjima vodoopskrbne mreže, te smanjuje učestalost pojave novih kvarova.

Mnogim vodoopskrbnim sustavima kako u svijetu tako i u Hrvatskoj, upravlja se bez uspostavljenih DMA zona. Međutim, oni koji su uspješno postigli niske razine curenja bez uspostavljenih DMA zona obično imaju kombinaciju visoko kvalitetne infrastrukture u dobrom stanju, učinkovito provođenje aktivne kontrole curenja te niske i stabilne tlakove.

4.3 Osnove upravljanja DMA zonama

Osnovni princip upravljanja DMA zonama svodi se mjerenja protoka na cjevovodima kroz koja voda ulazi i izlazi iz svake zone, te izradu bilance vode unutar svake DMA zone sukladno rezultatima mjerenja, te definiranje količine curenja kroz analizu minimalnih noćnih protoka. S obzirom da se protoci na ulascima i izlascima iz DMA zona mjere kontinuirano, te da se sukladno rezultatima mjerenja kontinuirano vrši novelacija bilance vode, uspostava DMA zona omogućuje određivanje trenutnih količina curenja i posljedično prioritetizaciju aktivnosti lociranja curenja. Praćenjem bilance vode u DMA zonama moguće je pravovremeno identificirati prisutnost novih puknuća, a time i pravovremenog uklanjanja novo nastalih kvarova čime se curenja održavaju na optimalnoj razini. Curenje vode iz vodoopskrbne mreže kroz oštećenja cjevovoda, spojeva, oblikovnih komada i vodovodnih armatura je dinamično i količine curenja s vremenom rastu ukoliko se ne provodi kontinuirana i aktivna kontrola curenja. Stoga bi upravljanje DMA zonama trebalo smatrati metodom za smanjenje vodnih gubitaka i kasnije održavanje niske razine curenja u vodoopskrbnoj mreži.

Ključ uspjeha upravljanja DMA zonama je pravilna analiza protoka kako bi se utvrdilo postoje li povećana curenja i s jedne identificirala prisutnost novih kvarova ili pak povećanja intenziteta curenja na postojećim kvarovima.

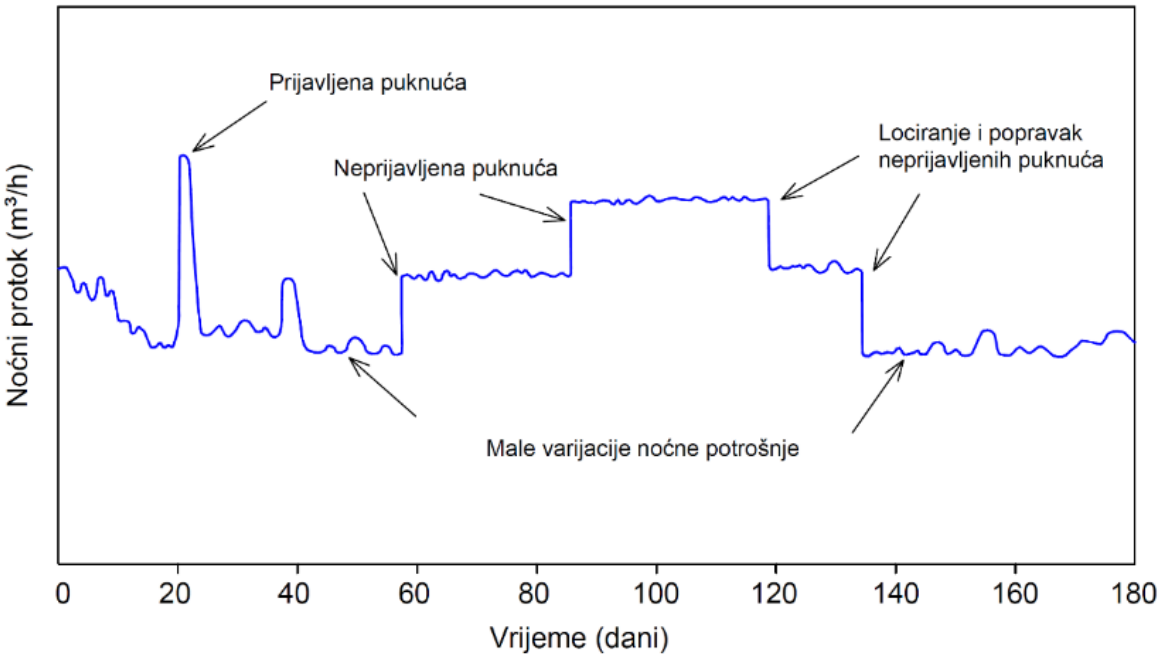
Stvarni gubici najčešće predstavljaju veći dio razlike između ulaza vode u sustav i ukupne potrošnje od strane krajnjih korisnika (ispravljene za netočnosti mjerenja), a uključuju curenja na cjevovodnoj mreži (uključivo i kućne priključke od uličnog voda do vodomjera) te preljevanja i curenja iz vodospremnika. U većini vodoopskrbnih sustava dominantna su curenja na cjevovodnoj mreži, premda su kod rijetkih sustava dominantna preljevanja i curenja iz vodospremnika.

Tradicionalno su stvarni gubici kvantificirani kao volumen i izračunavani su na godišnjoj razini. Međutim, ovaj pristup ne omogućava potrebnu preciznu kontrolu curenja jer može potrajati i nekoliko mjeseci da se uoči velika promjena, a preciznost mjerenja primjerice kod malih promjena noćnog protoka je mala.

Curenje se najpreciznije određuje kada je potrošnja od strane krajnjih korisnika minimalna, što se obično događa u noćnom periodu. Stoga se i zaključci o pojavi novih kvarova (povećanja curenja) donose na temelju analize protoka u noćnom periodu.

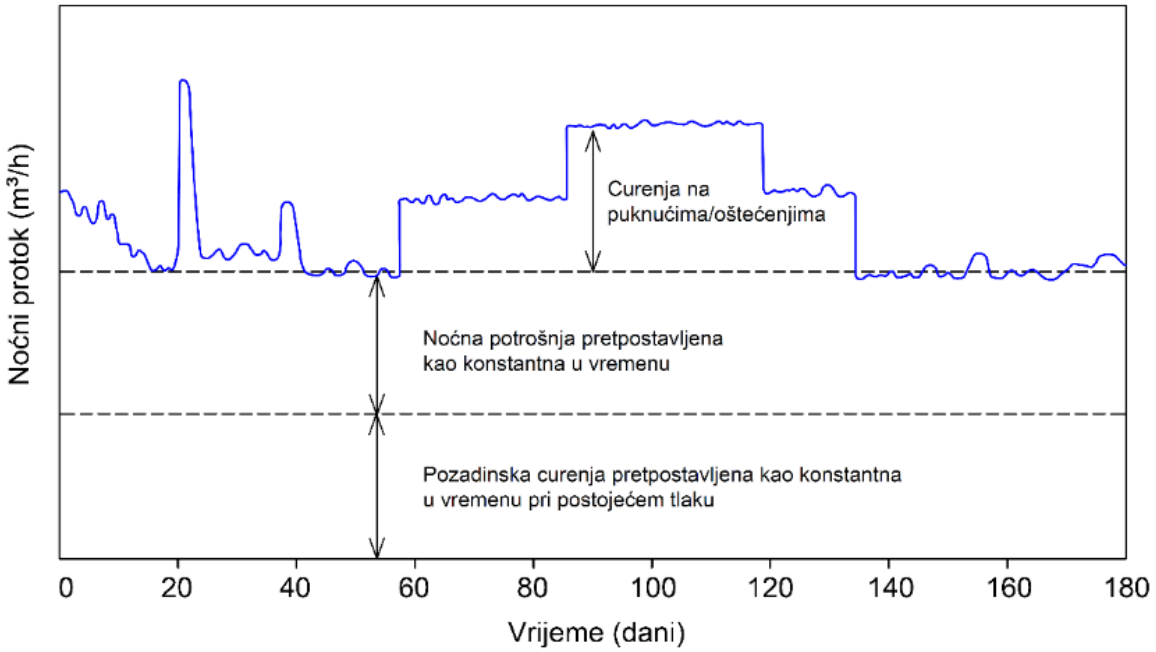
Veličina DMA zone utječe će na količinu curenja koja se može identificirati. Velike DMA zone obično imaju više oštećenja, a time i potencijalno veće količine curenja s jedne strane, kao i veće količine potrošene vode u noćnom periodu. Uz navedeno, novo nastalo puknuće/kvar može predstavljati tek manji postotak od ukupnog minimalnog noćnog protoka u toj zoni, čime se smanjuje mogućnost njegovog detektiranja.

Na Slika 4.1. prikazane su potencijalne varijacije minimalnog noćnog protoka u DMA zoni u kojoj postoji mala neravnomjernost tijekom noćne potrošnje., te se u tim okolnostima prisustvo prijavljenih i neprijavljenih puknuća može lakše detektirati.



Slika 4.1. Potencijalne varijacije minimalnog noćnog protoka tijekom vremena

U hipotetskom slučaju u kojem se sva otkrivena curenja i puknuća odmah poprave, minimalni izmjereni noćni protok sastojat će se samo od noćne potrošnje krajnjih korisnika i pozadinskih (neotkrivenih) curenja, kao što je prikazano na Slika 4.2.



Slika 4.2. Identifikacija curenja iz minimalnog noćnog protoka u slučaju u kojem su sva otkrivena curenja i puknuća popravljena

Noćna potrošnja krajnjih korisnika u većini DMA zona oscilira na tjednoj i sezonskoj razini (ponekad i na dnevnoj). Stoga je svaku DMA zonu potrebno zasebno sagledati i uvažiti sve relevantne specifičnosti prilikom tumačenja komponenti minimalnog noćnog protoka. Primjerice, na same vrijednosti i količine pozadinskih curenja, kao i na curenja na oštećenjima/puknućima se značajno može utjecati regulacijom tlakova u sustavu. Važne mogu biti i navike krajnjih korisnika ili prisutnost privrednih subjekata koji troše vodu i u noćnom periodu, neovisno o tome je li potrošnja vode stalna ili povremena.

U DMA zonama u kojima se potrošnja svih krajnjih korisnika mjeri, moguće je točnije procijeniti stvarnu noćnu potrošnju primjenom standardnog noćnog faktora na prosječnu izmjerenu potrošnju. Ova vrijednost se zatim oduzima od minimalnog noćnog protoka u DMA zoni kako bi se dobila efektivna vrijednost curenja. Kada u zoni nema mjerenja potrošnje krajnjih korisnika ili je ono zastupljeno u manjoj mjeri, noćna potrošnja krajnjih korisnika se procjenjuje.

Jedna od jednostavnijih metoda za procjene pojedinih komponenti je izražavanje noćnog protoka (na primjer u m^3/h) kao postotka srednjeg dnevnog protoka. Ako je ta vrijednost viša od unaprijed određene vrijednosti koja je usvojena kao mjerodavna za zonu sličnih karakteristika (sukladno usvojenim smjernicama), to ukazuje na potrebu za provođenjem dodatnih mjera aktivne kontrole curenja usmjerenih na utvrđivanje mikrolokacije novog curenja ili povećanog curenja na postojećim oštećenjima. Međutim, smjernice koje definiraju veličinu noćnog protoka s prihvatljivom količinom gubitaka se mogu značajno razlikovati među pojedinim zemljama. Na primjer, u Njemačkoj se vrijednost noćnog protoka s prihvatljivom količinom vodnih gubitaka koristi vrijednost od 5% srednjeg dnevnog protoka, dok je u SAD-u prihvaćena vrijednost od 35%. U pojedinim zemljama svijeta se izmjereni minimalni noćni protok izražava po jedinici duljine cjevovodne mreže (npr. u $m^3/km/h$), dok se u nekim zemljama isti izražava po priključku (m^3/priključak/h). Upravljanje DMA zonama uključuje uspoređivanje trenutnih vrijednosti noćnog protoka ili komponente noćnog protoka koja se ocjenjuje kao curenje s određenom ciljanom vrijednošću koja je usvojena kao prihvatljiva, izraženom u m^3/h, $m^3/km/h$, m^3/priključak/h i dr. Odabir optimalnog načina ovisi o karakteristikama vodoopskrbne mreže i željenom načinu rada od strane JIVU-a.

Kao dio velike inicijative u Velikoj Britaniji za bolje razumijevanje curenja, razvijena je naprednija i detaljnija analiza komponenata noćnog protoka. Međutim, u cilju pojednostavljenja prakse pri detektiranju postojećih i novih curenja te njihove kvantifikacije, a bez narušavanja stupnja učinkovitosti detektiranja curenja u pojedinim DMA zonama, u ovom je priručniku predstavljena i objašnjenja nova metodologija.

4.4 Komponente stvarnih gubitaka

Curenje duž vodoopskrbne mreže, kao dio stvarnih gubitaka, dijeli se u dvije osnovne komponente:

- pozadinska curenja
- curenja na većim oštećenjima/puknućima

Pozadinsko curenje predstavlja curenje vrlo malog intenziteta koje se teško otkriva vizualnim i akustičnim metodama. U Velikoj Britaniji je primjerice usvojena granična vrijednost pozadinskog curenja od 500 l/h, dok je u Južnoafričkoj Republici kao i u velikom broju literaturnih referenci usvojena granična vrijednost od 250 l/h (što obično predstavlja minimalno curenje koje se realno može otkriti modernom tehnologijom detekcije), obje vrijednosti pri tlaku od 5,0 bar. Smanjenje tlakova u vodoopskrbnoj mreži može u značajnijoj mjeri (ovisno o cijevnom materijalu i ostalim utjecajnim faktorima) utjecati na smanjenje pozadinskih curenja.

Curenje na većim oštećenjima/puknućima predstavlja curenje većeg intenziteta, u pravilu veće od 500 l/h. Ovisno o intenzitetu curenja i terenskim prilikama (hidrogeološke karakteristike tla, dubina na kojoj je položena cjevovodna mreža i dr.) curenja na oštećenjima/puknućima se mogu dodatno podijeliti na prijavljena i neprijavljena. Često se u praksi isporučitelja vodnih usluga (njihovim bazama podataka i dr.) i stručnjaka koji se bave upravljanjem vodnih gubitaka koriste pojmovi prijavljeni i neprijavljeni kvarovi, koji se poistovjećuju s prijavljenim i neprijavljenim curenjima. Međutim, kvarovi na vodoopskrbnoj mreži mogu biti i druge prirode pri čemu se ne generiraju nužno curenja (vodni gubitci). Stoga se preporuča razdvajanje pojmova prijavljenih i neprijavljenih curenja od prijavljenih i neprijavljenih kvarova.

Prijavljena curenja definiraju se kao ona koja se prijavljuju isporučitelju vodnih usluga, obično od strane krajnjih korisnika koji imaju problema s opskrbom ili od strane javnosti koja u sušnim razdobljima primjećuje vodu na površini terena ili primjećuje vodu koja izbija iz tla, asfaltiranih površina, hidranata i dr.

Neprijavljena curenja definiraju se kao curenja koja bi ostala neotkrivena ako se ne poduzmu mjere detekcije, jer cjelokupna količina vode koja iscuri iz vodoopskrbne mreže ponire u podzemlje i ne izbija na površinu terena.

Prijavljena curenja često imaju visok intenzitet curenja, ali se brzo uklanjaju pa njihov udio u ukupnoj godišnjoj količini stvarnih gubitaka može biti relativno mali. Najveći udio u ukupnoj godišnjoj količini stvarnih gubitaka najčešće se odnosi na neprijavljena curenja, jer je njihovo trajanje obično znatno dulje.

Količina vode koja iscuri kod obje kategorije curenja na puknućima jednaka je umnošku intenziteta curenja i vremena trajanja curenja:

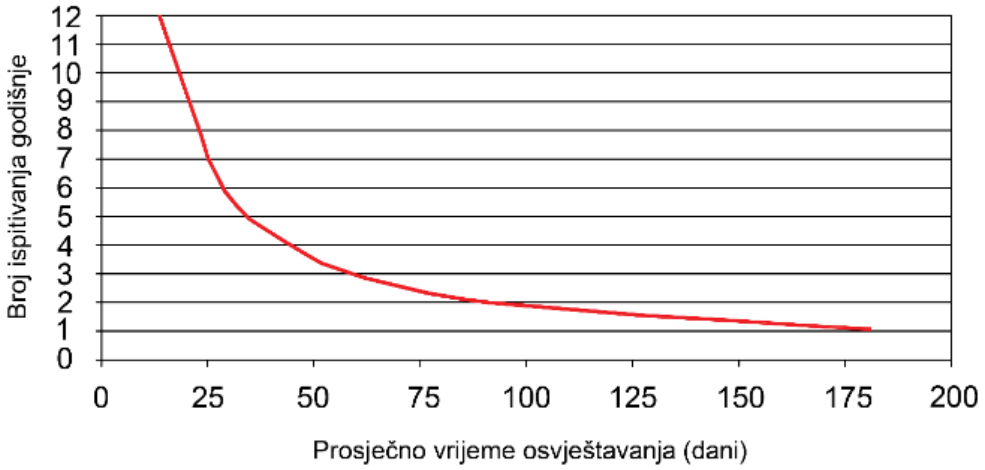
Ukupna količina curenja (m^3/d) = intenzitet curenja (l/s) x trajanje curenja (d) x 86,4

Trajanje curenja može se podijeliti u tri različita vremenska razdoblja, koja se nazivaju osvještavanje, lociranje i popravak:

- **Osvještavanje** je vrijeme potrebno za uočavanje pojave curenja, odnosno vremenski period od nastanka oštećenja/puknuća do spoznaje da se oštećenje/puknuće javilo
- **Lociranje** je vrijeme potrebno za mikrolociranje curenja, odnosno vremenski period od spoznaje da se oštećenje/puknuće javilo do utvrđivanja njegove mikrolokacije
- **Popravak** je vrijeme potrebno za uklanjanje kvara, odnosno vremenski period od utvrđivanja mikrolokacije curenja do njegovog uklanjanja/sanacije

Glavni učinak politike AKC-a je smanjivanje prosječnog trajanja curenja, kroz pravovremeno uočavanje pojave curenja, mikrolociranje i uklanjanje kvara. Za prijavljena curenja, vremena osvještavanja i lociranja obično su kratka, budući da je curenje ili odmah vidljivo ili ga je potrebno locirati kako bi se riješili prigovori javnosti. Stoga učinkovitost saniranja prijavljenih curenja može biti neovisno o generalnoj učinkovitosti JIVU-a u provođenju AKC-a.

Za neprijavljena curenja, vrijeme osvještavanja je pod utjecajem prakse upravljanja vodnim gubitcima unutar pojedinih JIVU-a: bez uspostave DMA zona i bez redovitog i cjelovitog provođenja AKC-a, nadležna služba u JIVU-u će ostati nesvjesna njihovog nastanka i postojanja. Ukoliko bi se neprijavljena curenja ispitivala jednom godišnje u cijelom vodoopskrbnom sustavu (npr. ispitivanjem cijele mreže geofonima), tada bi prosječno trajanje neprijavljenih curenja bilo šest mjeseci plus vrijeme potrebno za izvršenje popravka. Utjecaj učestalosti ispitivanja (traženja/lociranja) neprijavljenih curenja na vrijeme osvještavanja prikazan je na Slika 4.3.



Slika 4.3. Utjecaj učestalosti ispitivanja neprijavljenih curenja na vrijeme osvještavanja (IWA, District Metered Areas – Guidance notes, IWA Specialist group Water loss task force, 2007)

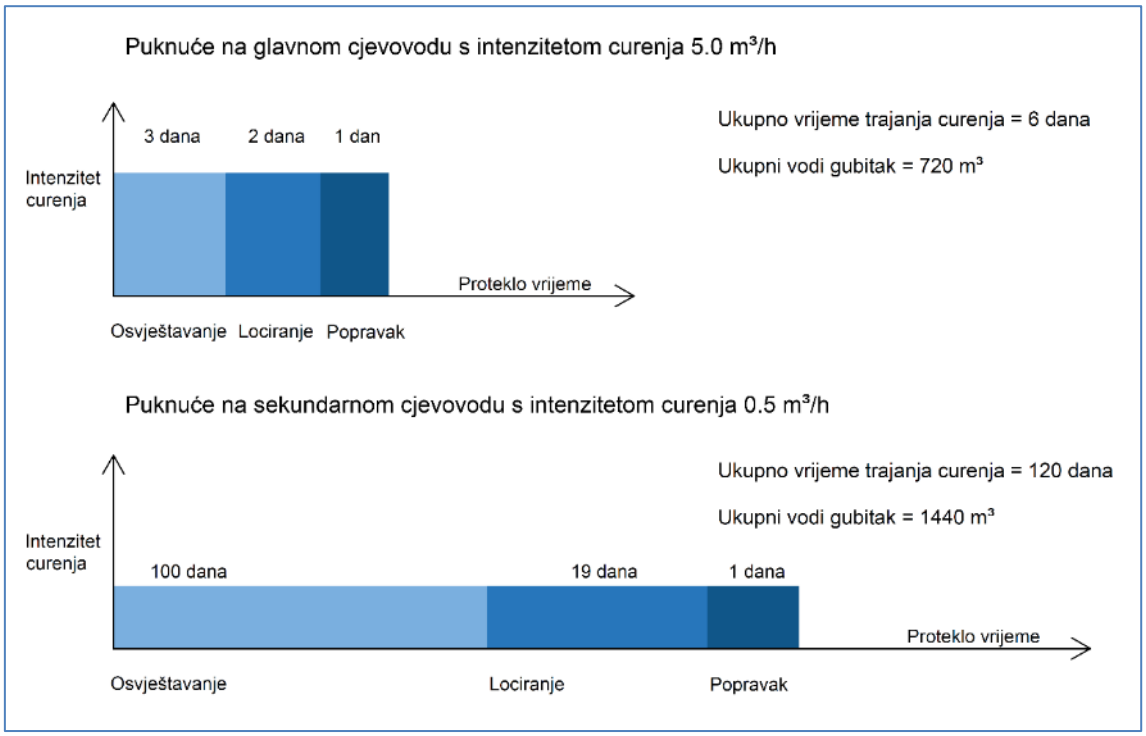
Redovita analiza bilance vode u DMA zonama može potencijalno smanjiti trajanje curenja smanjenjem vremena osvještavanja (uočavanja pojave curenja). Ako se bilanca vode u DMA zoni analizira svakog mjeseca, tada bi prosječno vrijeme osvještavanja za neprijavljeno curenje bilo 15 dana. Na primjeru mjesečne analize bilance vode u DMA zoni, ukupno trajanje prosječnog neprijavljenog curenja bilo bi 25 dana, dok bi u slučaju analize bilance vode u DMA zoni jednom godišnje, ukupno trajanje prosječnog neprijavljenog curenja iznosilo 190 dana (Tablica 4.1).

Tablica 4.1. Ovisnost ukupnog trajanja curenja o učestalosti provođenja analize bilance vode u DMA zonama

Učestalost analize bilance vode u DMA zonama	Vremenske komponente trajanja curenja u danima			
	Osvještavanje	Lociranje	Popravak	Ukupno trajanje
Jednom mjesečno	15	5	5	25
Jednom u 6 mjeseci	90	5	5	100
Jednom godišnje	180	5	5	190

Treba napomenuti da će vrijeme lociranja i vrijeme popravka ovisiti o lokalnim praksama, dostupnosti radne snage i lokalnim zakonodavnim regulativama vezanim uz eventualna vremenska ograničenja provođenja aktivnosti isporučitelja vodnih usluga na prometnim površinama.

Slika 4.4. prikazuje važnost brzine sanacije (smanjenja ukupnog trajanja) neprijavljenih curenja. Ukupno trajanje većih (prijavljenih) curenja obično je znatno kraće od manjih neprijavljenih curenja. Znatno duže vrijeme osvještavanja i lociranja manjih curenja vrlo često dovodi do većih količina ukupnih stvarnih curenja, a time i ukupnih količina vodnih gubitaka, kao i neprihodovane vode.



Slika 4.4. Utjecaj trajanja curenja na ukupnu količinu curenja

Analiza bilance vode u DMA zonama kojom se prvotno otkriva postojanje neprijavljenih curenja ključni je faktor u kontroli stvarnih curenja, odnosno njihovom smanjenju i održavanju na prihvatljivom nivou.

Glavni ciljevi analize noćnih protoka u sklopu bilance vode DMA zona su:

- Identificirati prisutnost neprijavljenih curenja kako bi se ograničilo njihovo prosječno trajanje
- Identificirati područja (dijelove vodoopskrbne mreže) koja zahtijevaju aktivno lociranje curenja (utvrđivanje mikrolokacije curenja), čime se omogućuje najučinkovitije raspoređivanje resursa

4.5 Odnos tlaka i curenja

4.5.1 Utjecaj tlaka na intenzitet curenja

Utjecaj tlaka na vodoopskrbnu mrežu, iako dobro razumljiv u teoriji, već je duže vremena prepoznat i u upravljanju vodnim gubitcima, odnosno u kontroli stvarnih curenja, kako u pogledu njihovog smanjenja, tako i održavanja prihvatljive razine curenja u vodoopskrbnoj mreži.

S ciljem postizanja boljeg razumijevanje odnosa između tlaka i curenja realiziran je veliki broj znanstvenih istraživanja te je objavljen veliki broj znanstvenih i stručnih publikacija. U ovom priručniku objasnit će se ključni segmenti koji stručnjacima mogu pomoći za bolje razumijevanje utjecaja tlaka na intenzitet curenja i donošenje kvalitetnijih odluka.

Utjecaj tlaka na intenzitet curenja (stvarne gubitke vode duž cjevovodne mreže) u današnje vrijeme se može kvalitetno definirati koristeći neke od razvijenih svjetski priznatih metoda. Jedna od najčešće korištenih metoda je FAVAD metoda (engl. Fixed And Variable Area of Discharge paths) pomoću koje je definirana ovisnost intenzitet curenja o povećanju ili smanjenju tlaka unutar sustava u cjelini ili njegovih pojedinih dijelova (May, J. (1994), *Leakage, Presssure and Control*, BICS International Conference on Leakage Control, London; Thornton. J. (2003), *Managing Leakage by managing pressure: A practical approach*, Water 21, October issue, P43-44).

Jednostavnija primjena FAVAD metode je uz korištenje N1 eksponenta:

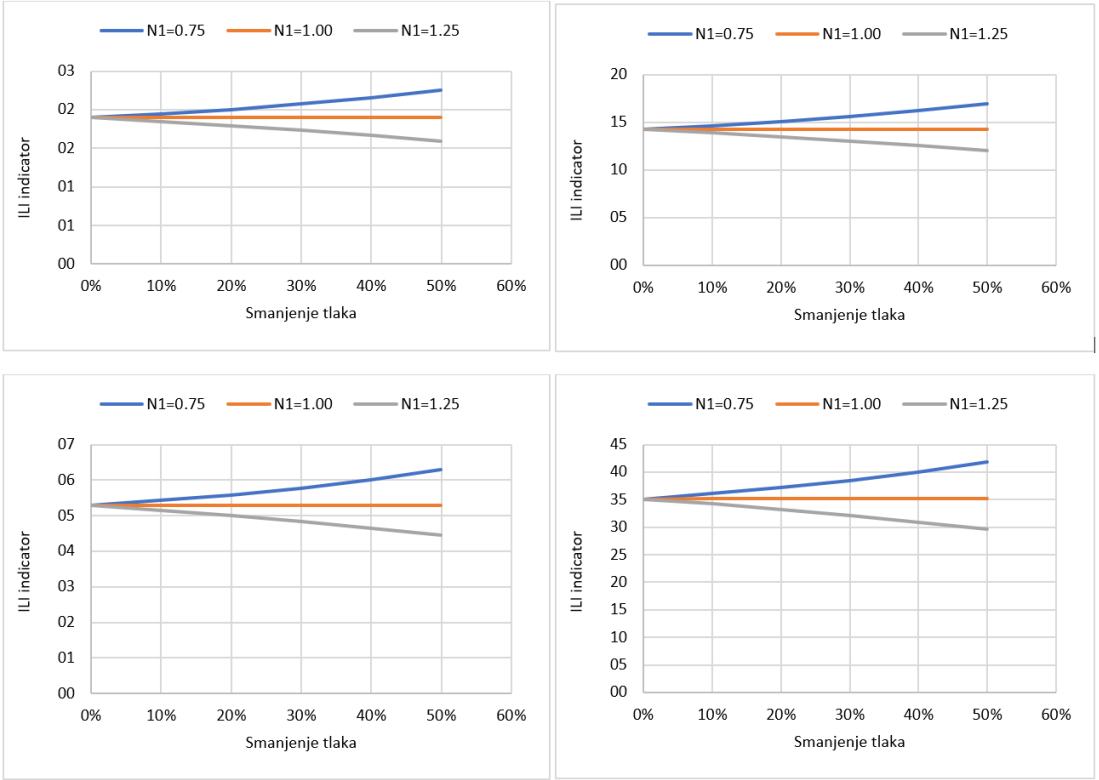
$$L_1 = L_0 \cdot \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1}$$

gdje je:

- L_1 - novi iznos intenziteta curenja, poslije promjene tlaka [l/s]
- L_0 - postojeći iznos intenziteta curenja [l/s]
- P_1 - novi iznos tlaka nakon promjene [m VS]
- P_0 - postojeći iznos tlaka prije promjene [m VS]

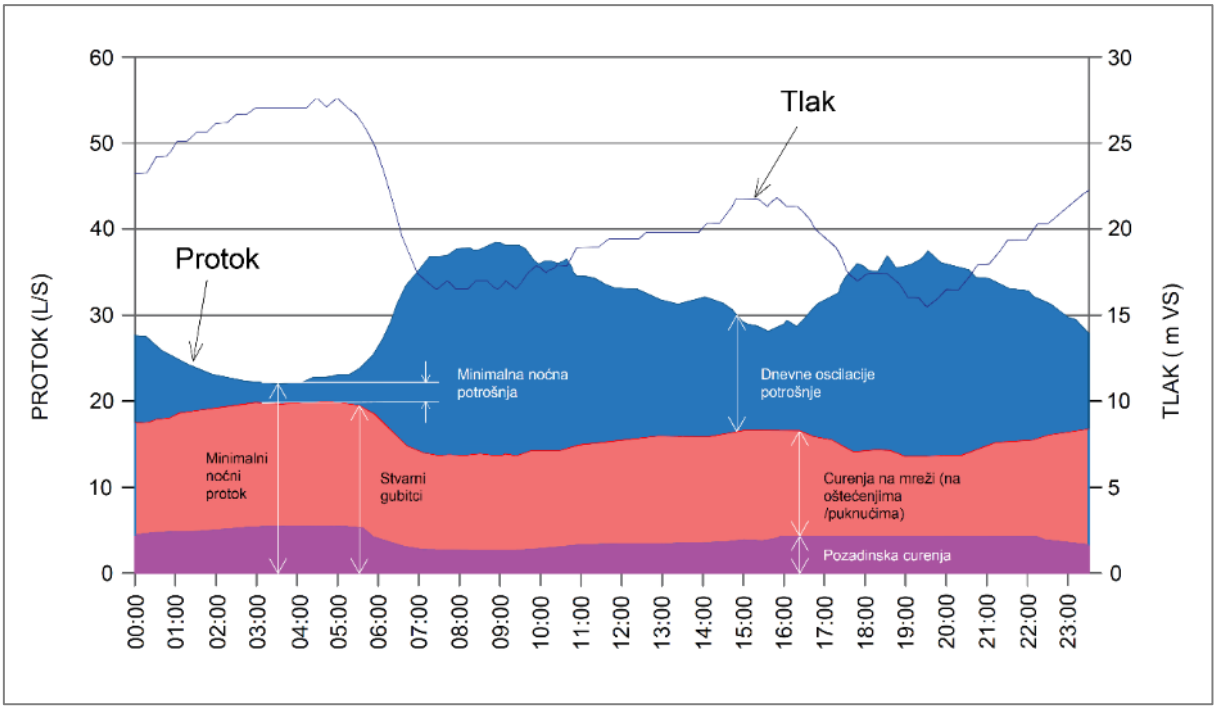
Eksponent N1 uobičajeno varira unutar raspona 0,5 do 1,5(2,5) za pojedinačne zone, i nalazi se u ovisnosti o prevladavajućem tipu pukotina/oštećenja kroz koja voda curi, te vrsti cijevnih materijala (da li su cijevi krte ili elastične). Često se pretpostavlja da prosječna vrijednost N1 u velikim sustavima s različitim materijalima cjevovoda iznosi 1,0 podrazumijevajući linearnu vezu između veličine gubitka (curenja) i tlaka. Međutim, za veći udio krtih materijala (azbestcementne i lijevanoželjezne cijevi) vrijednost N1 eksponenta se približava vrijednosti 0,5, dok se kod većeg udjela plastičnih cijevi (PEHD, PP) vrijednost N1 eksponenta približava 1,5(2,5). To je zbog toga što je veličina otvora pukotine kod plastičnih cijevi osjetljiva na promjene tlaka i povećava se s povećanjem tlaka. Suprotno tome, pukotine koje se mogu otkriti iz krtih cijevi, imaju N1 vrijednost blizu 0,5 i manje su osjetljive na promjene tlaka. Tako na primjer, smanjenje tlaka s 5,0 na 2,5 bara, uz vrijednost eksponenta N1 u iznosu 1,25 rezultira 58%-tnim smanjenjem curenja na postojećim oštećenjima, istovremeno smanjujući vjerojatnost pojave novih oštećenja i produljujući vijek trajanja cijevi (Lambert, A. and Thornton, J. (2011). *The Relationships Between Pressure and Bursts – A State of the Art Update*, Water21-April 2011, International Water Association, pp. 37-38).

Prema tome, smanjenje intenziteta curenja, a time i stvarnih gubitaka, ovisi ne samo o smanjenju tlaka (kao mjere unaprjeđenja), već i o karakteristikama cjevovodne mreže koje opisuje vrijednost N1 eksponenta. U tim okolnostima vrijednost ILI indikatora, koja se računa kao odnos trenutnih godišnjih stvarnih gubitaka (TGSG) i neizbježnih godišnjih stvarnih gubitaka (NGSG), u slučaju provođenja mjera unaprjeđenja vodoopskrbnog sustava s redukcijom tlaka u mreži, u značajnoj mjeri ovisi i o karakteristikama cjevovodne mreže i vrijednosti N1 eksponenta. Pritom se događa da se kod sustava s vrijednostima N1 eksponenta manjim od 1,0 intenzivnije smanjuje NGSG u odnosu na TGSG, što rezultira povećanjem vrijednosti ILI indikatora, neovisno o provedenim mjerama unaprjeđenja sa smanjenjem tlaka i smanjenjem količina stvarnih curenja. Na Slika 4.5. je za četiri vodoopskrbna sustava u Hrvatskoj s različitim postojećim vrijednostima ILI indikatora prikazana promjena vrijednosti ILI indikatora nakon poduzimanja mjera s različitim udjelima smanjenja tlaka i za različite vrijednosti i N1 eksponenta.



Slika 4.5. Ovisnost ILI indikatora o promjeni tlaka i veličini N1 eksponenta

Tlak u mreži varira ovisno o protoku. Kako se protok povećava (npr. u vrijeme vršne potrošnje vode), tlak će se smanjiti, čime se smanjuje curenje, kao što je prikazano na Slika 4.6. U suprotnom slučaju kada se protok smanjuje (npr. u vrijeme minimalne noćne potrošnje vode), tlak će se povećati, čime se povećavaju curenja kako pozadinska tako i ona na većim puknućima/oštećenjima.



Slika 4.6. Hipotetski primjer oscilacije protoka, tlaka i vodnih gubitaka u 24-satnom periodu

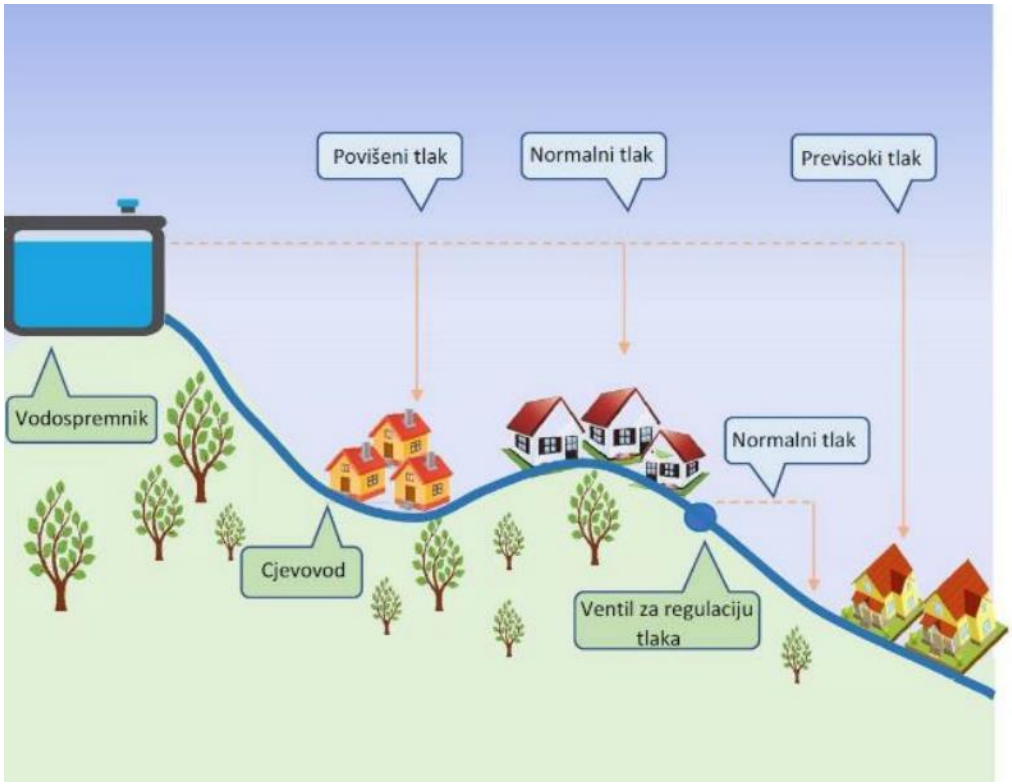
Iz prethodno navedenog može se zaključiti da intenzitet curenja nije konstantan tijekom cijelog dana (perioda od 24 sata), već se mijenja tijekom dana s promjenom tlaka unutar vodoopskrbne mreže.

4.5.2 Upravljanje tlakom u vodoopskrbnoj mreži

Upravljanje tlakom u vodoopskrbnoj mreži od izuzetne je važnosti za dugoročno kvalitetno upravljanje cijelim sustavom, uključivo i upravljanje vodnim gubicima.

Jedna od osnovnih mjera unaprjeđenja vodoopskrbnih sustava s ciljem smanjenja vodnih gubitaka je i upravljanje tlakom u vodoopskrbnoj mreži. Naime, kako je u prethodno poglavlju detaljnije objašnjeno, smanjenje tlaka u vodoopskrbnoj mreži rezultira smanjenjem intenziteta curenja (količine vode koja curi na postojećim oštećenjima), a time i stvarnih gubitaka, kao i ukupnih vodnih gubitaka. Ovisnost intenziteta curenja o povećanju ili smanjenju tlaka unutar sustava definirana je FAVAD metodom. Smanjenje intenziteta curenja, kao posljedica smanjenja tlaka, ovisi o karakteristikama cjevovodne mreže (prije svega o materijalu cijevi, te vrsti i veličini puknuća/oštećenja). Međutim, isto je tako važno napomenuti da smanjenje tlaka u vodoopskrbnoj mreži rezultira i smanjenjem pojave novih kvarova i povećanjem vijeka trajanja cijevi, oblikovnih komada i vodovodnih armatura.

Na Slika 4.7. dan je shematski prikaz mogućeg upravljanja tlakom u vodoopskrbnoj mreži. Veličina tlaka u svakoj točki sustava, u uvjetima bez tečenja vode kroz vodoopskrbnu mrežu, definirana je potencijalom koji predstavlja visinsku razliku vodospremnika i promatrane točke sustava. Pri toku vode kroz vodoopskrbnu mrežu, veličina tlaka u svakoj točki sustava dodatno je umanjena za iznos zbroja linijskih i lokalnih gubitaka tlaka koji se javljaju pri tečenju.



Slika 4.7. Shematski prikaz mogućeg upravljanja tlakom u vodoopskrbnoj mreži

Promatrajući prikaz na Slika 4.7. uočavaju se područja povišenih tlakova, normalnih tlakova i previsokih tlakova (u uvjetima bez upravljanja tlakom), koji su definirani visinskim položajem tih područja u odnosu na visinski položaj vodospremnika. Na području povišenih tlakova ograničena je mogućnost upravljanja tlakom (smanjenja tlaka) jer bi u slučaju njegovog smanjenja na nizvodnom području s početnim normalnim tlakovima bila onemogućena normalna opskrba korisnika vodom kao posljedica preniskih tlakova. Na području povišenih tlakova moguće je smanjiti tlak bez negativnih posljedica na nizvodni dio mreže samo u slučaju izgradnje nove opskrbne mreže koja je na jednoj lokaciji (ili više lokacija) spojena na glavni dobavni cjevovod s

ugradnjom npr. ventila za regulaciju tlaka nizvodno od točke spoja. S druge pak strane, na krajnjem dijelu prikazanog sustava nalazi se područje (opskrbna zona) s previsokim tlakovima kod koje je moguće na dionici između područja s normalnim i previsokim tlakovima ugraditi npr. ventil za regulaciju tlaka i time sniziti tlak na cijelom području.

Upravljanje tlakom u vodoopskrbnoj mreži svodi se na:

- Ugradnju prekidnih komora
- Ugradnju ventila za regulaciju tlaka
- Formiranje tlačnih (PMA) zona
- Sprječavanje/ublažavanje pojave vodnih udara

Kod ugradnje ventila za regulaciju tlaka, preporuča se ugradnja hidrauličkih ventila za regulaciju tlaka, umjesto opružnih. Postojeće opružne ventile se preporuča zamijeniti s hidrauličkim. Detaljnije o utjecaju opružnog ventila na učinkovitost vodoopskrbnih sustava može se pronaći u radu Vouk i sur., (2017). *Utjecaj opružnog ventila na učinkovitost vodoopskrbnih sustava*, Građevinar, 69 (2017) 8, pp. 653-663, http://www.casopis-gradjevinar.hr/arhiva/article/2065).

Hidraulički ventili mogu raditi s:

- konstantnom izlaznom vrijednosti tlaka
- vremenski promjenjivom izlaznom vrijednosti tlaka (noć/dan)
- promjenjivom izlaznom vrijednosti tlaka proporcionalno protoku

Uz ventil za regulaciju tlaka potrebno je ugraditi i prateću vodovodnu armaturu (zasune, hvatač nečistoća, odzračni ventil (obavezno nizvodno od ventila za regulaciju tlaka, a prema potrebi i uzvodno), te prema potrebi dodatni pilot (sigurnosni) ventil za regulaciju tlaka.

Ventil za regulaciju tlaka moguće je ugraditi u postojećem oknu, u novom zasunsko-regulacijskom oknu (armiranobetonskom ili prefabriciranom – polipropilen, polietilen, poliester).

4.5.3 Utjecaj vodnih udara na curenja

Vodni (hidraulički) udar je nagla i intenzivna promjena tlaka unutar vodoopskrbne mreže. Vodni udari su često najveći krivci pojave novih kvarova (puknuća/oštećenja) na vodoopskrbnim mrežama, a time i povećanja ukupne količine curenja i ukupne količine vodnih gubitaka.

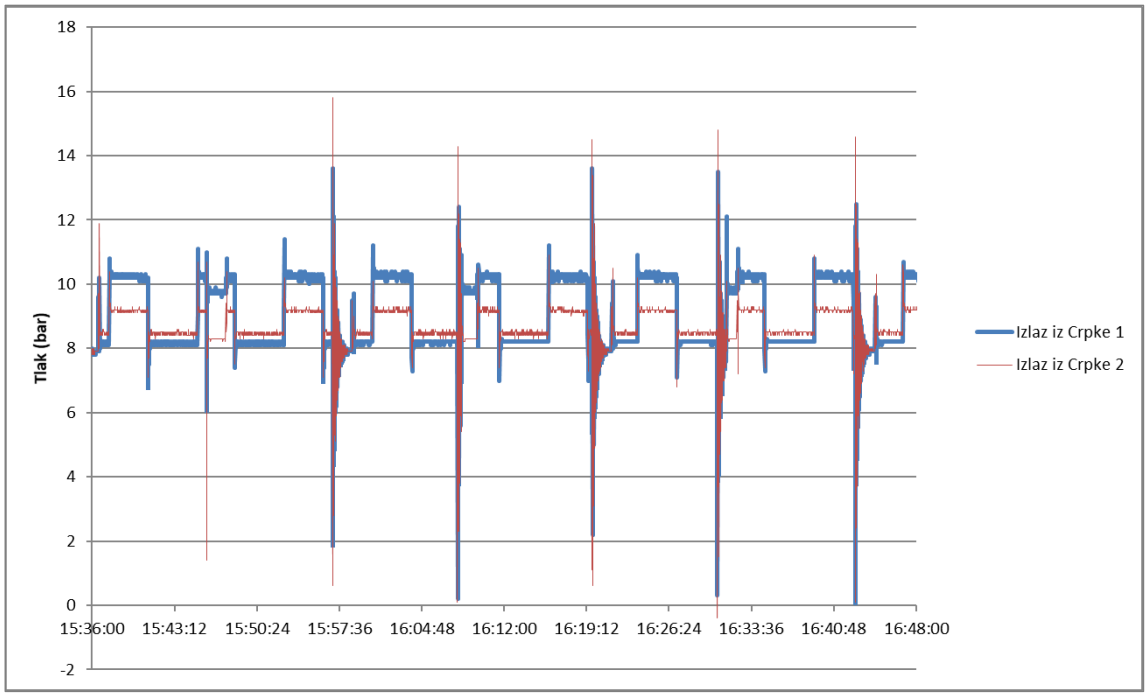
Pojavu vodnog udara u vodoopskrbnim mrežama uzrokuje sljedeće:

- Naglo (prebrzo) otvaranje i/ili zatvaranje zasuna
- Naglo otvaranje/zatvaranje hidranata (najčešće kroz neovlašteno korištenje hidranata – krađu vode)
- Naglo otvaranje/zatvaranje izljevnih mjesta većeg kapaciteta (npr. industrijski potrošači)
- Nagli prekid rada crpki ili njihovo naglo paljenje
- Neodgovarajući rad ventila za regulaciju tlaka
- Prisutnost zraka u cjevovodnoj mreži
- Neodgovarajući rad odzračnih i odzračno-dozračnih ventila i dr.

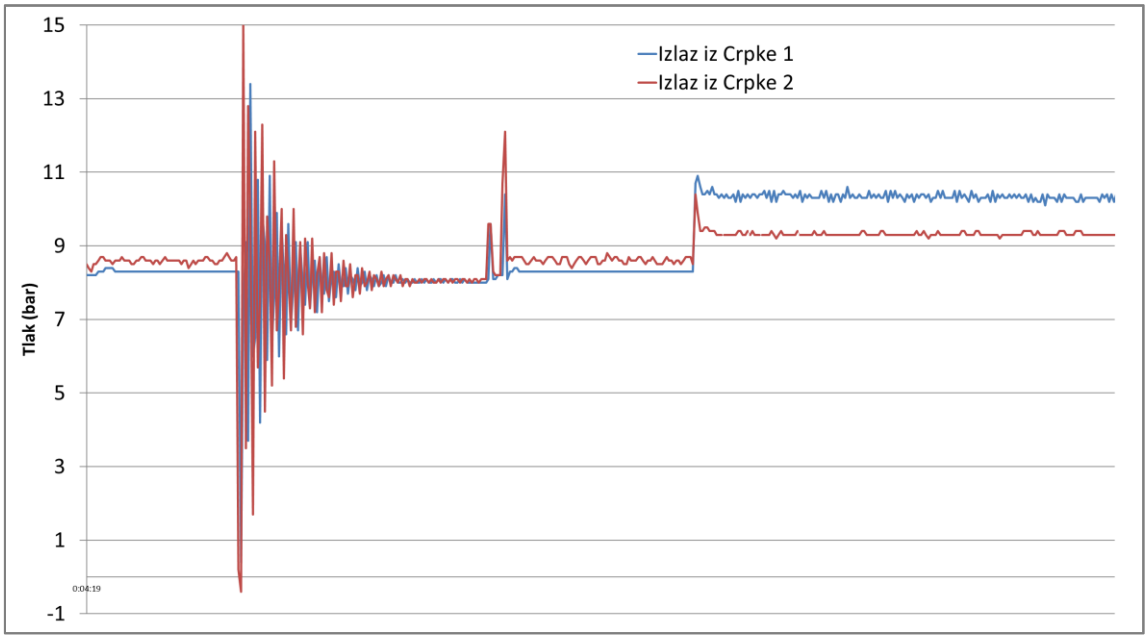
Vodni udari su jedna od najpodcjenjenijih pojava u vodoopskrbnim sustavima. Drugim riječima, veliki broj JIVU-a diljem svijeta se do danas rijetko bavio problematikom vodnih udara s ciljem njihove detekcije i implementacije mjera njihovog ublažavanja ili sprječavanja.

Na Slika 4.8. je dan primjer pojave značajnih i kontinuiranih vodnih udara nizvodno od bunarskih crpki na vodozahvatu jednog vodoopskrbnog sustava u Hrvatskoj. Uočavaju se nagli porasti i padovi tlaka unutar raspona i do 16 bar, te se uočava da se vodni udar tolikog intenziteta pojavljuje na dnevnoj razini, a što je posljedica neodgovarajućeg rada crpki. Na Slika 4.9. izdvojena je pojava jednog od vodnih udara prikazanih na Slika 4.8. te se uočava da se kod svakog takvog događaja pojavljuje niz vodnih udara koji se s vremenom ublažavaju, ali su i dalje izrazito značajni (s velikim rasponima tlakova). Takve pojave

izrazito nepovoljno djeluju na cjevovode, oblikovne komade i vodovodnu armaturu te često rezultiraju pojavom novih oštećenja/kvarova, odnosno curenja iz vodoopskrbne mreže.

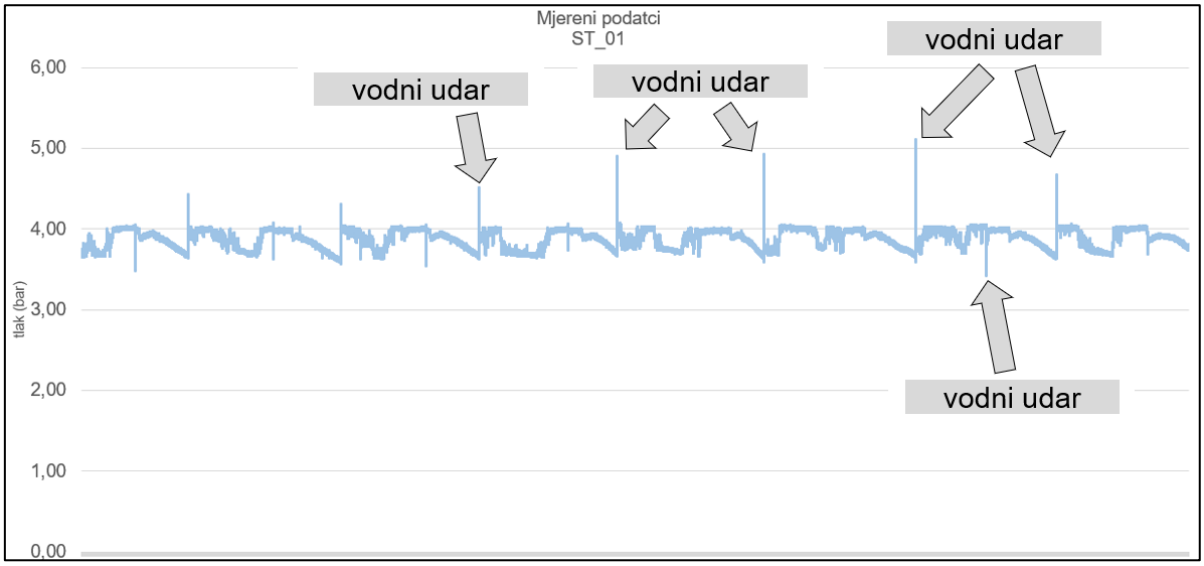


Slika 4.8. Primjer pojave značajnih i kontinuiranih vodnih udara nizvodno od bunarskih crpki na vodozahvatu jednog vodoopskrbnog sustava u Hrvatskoj



Slika 4.9. Izdvojena pojava jednog od vodnih udara prikazanih na Slika 4.9

Na Slika 4.10. dan je primjer pojave manje intenzivnih, ali kontinuiranih vodnih udara u jednoj DMA zoni jednog vodoopskrbnog sustava u Hrvatskoj. Uočavaju se vodni udari veličine 0,5-1,0 bar što bi se inicijalno ocijenilo s malim intenzitetom, međutim, učestala (kontinuirana) pojava takvih vodnih udara također u značajnoj mjeri šteti vodoopskrbnoj mreži te je potrebno primjenjivati odgovarajuće tehničke mjere ublažavanja/sprječavanja vodnih udara i nižeg intenziteta, ukoliko se učestalo pojavljuju.



Slika 4.10. Primjer pojave manje intenzivnih, ali kontinuiranih vodnih udara u jednoj DMA zoni jednog vodoopskrbnog sustava u Hrvatskoj

Pojava vodnih udara može se spriječiti ili ublažiti sljedećim mjerama:

- Kontinuiranim ili povremenim sekundnim mjerenjima tlaka na različitim lokacijama
- Pronalaženjem uzroka pojave vodnih udara
- Korištenjem matematičkih modela za definiranje optimalnih tehničkih mjera ublažavanja vodnih udara
- Otvaranjem i zatvaranjem zasuna/hidranata kroz duži vremenski period (10-15 minuta)
- Ugradnjom odzračnih i odzračno-dozračnih ventila
- Redovitim održavanjem ventila za regulaciju tlaka, odzračnih i odzračno-dozračnih ventila i dr.

5 METODOLOGIJA USPOSTAVE DMA ZONA

5.1 Planiranje DMA zona

5.1.1 Osnove

Kako bi se osigurala stalna kontrola cjelokupnog vodoopskrbnog sustava, predlaže se ugradnja fiksnih mjerača protoka na strateškim mjestima unutar vodoopskrbnog sustava, gdje svaki mjerač bilježi protoke u izdvojeno područje (zonu) koje ima određenu i stalnu granicu tako da se noćni protoci u svakoj zoni mogu redovito nadzirati, omogućavajući uočavanje i lociranje neprijavljenih puknuća i curenja. Takvo područje naziva se izdvojeno mjerno područje ili DMA zona.

Podjela velikog vodoopskrbnog sustava na veći broj manjih opskrbnih područja (DMA zona), koji mogu biti međusobno povezani (omogućen tok vode iz jedne zone u drugu) ili potpuno odvojeni (zatvaranjem zasuna ili nepostojanjem spojnih cjevovoda), može biti delikatan postupak koji, ako se ne provede na kvalitetan način, može uzrokovati probleme s opskrbom krajnjih korisnika vodom i kvalitetom vode, narušiti povoljne hidrauličko-pogonske uvjete tečenja i dr. Međutim, ukoliko se podjeli sustava na DMA zone pristupi na sveobuhvatan i kvalitetan način, čak se i najveće i najkompleksnije vodoopskrbne mreže mogu učinkovito podijeliti, čemu svjedoče brojni pozitivni primjeri iz prakse diljem svijeta, pa i u Hrvatskoj.

Koncepcija DMA zona i njihova realizacija u praksi obuhvaćaju ne samo vrlo detaljno planiranje, već i važne faze izgradnje novih objekata (zasunska okna, zasunsko-mjerna okna, zasunsko-regulacijska okna i dr.) i opreme (mjerača protoka i tlaka, zasuna, regulacijskih ventila, odzračnih ventila i ostalih vodovodnih armatura i oblikovnih komada), što može biti financijski vrlo zahtjevno. Stoga je potrebno odrediti ciljeve podjele sustava na DMA zone, ciljeve koji se žele postići konkretnim dizajnom

DMA zona (veličinom i oblikom područja obuhvaćenog konkretnom DMA zonom), analizirati je li to potrebno, uzeti u obzir tehničke i financijske uvjete te osigurati izvedivost u praksi, ne samo u izgradnji, već i kasnijem upravljanju i održavanju.

Osim toga, prije nego što se pristupi planiranju DMA zona, važno je što kvalitetnije odgovoriti na sljedeća pitanja u kontekstu učinkovitije upotrebe resursa, kako financijskih, tako i ljudskih:

- Je li provedena detaljna analiza postojećeg stanja u smislu gubitaka vode, hidrauličko-pogonskih i drugih karakteristika?
- Jesu li dostupni podaci o strukturnim, fizikalnim, hidrauličko-pogonskim i okolišnim karakteristikama vodoopskrbne mreže? Ima li dovoljno financijskih sredstava za eventualno potrebna dodatna mjerenja osnovnih hidrauličkih parametara (protoka i tlaka) s ciljem detektiranja postojećeg stanja?
- Je li izrađen matematički model postojećeg stanja? Ukoliko je izrađen, je li model kalibriran?
- Postoje li značajniji privredni potrošači (industrijska postrojenja, bolnice, škole, vojni objekti, turističko-ugostiteljski objekti, sportsko-rekreacijski objekti i dr.)?
- Postoje li željeznice, glavne ceste, potoci i prirodni kanali unutar granica DMA zona? Mogu li se definirati kao prirodne granice DMA zona?
- Koja je lokacija i broj izolacijskih zasuna?
- Je li u sustavu potreban veći, srednji ili manji broj DMA zona i u kojem vremenskom trenutku?
- Koje su očekivane koristi od većeg, srednjeg ili manjeg broja DMA zona i u kojem vremenskom trenutku se očekuje njihovo ostvarenje?
- Koji su osnovni kriteriji za planiranje i projektiranje DMA zona (npr. financijska ograničenja u različitim vremenskim periodima; minimalna i maksimalna veličina pojedine DMA zone kroz duljinu mreže, broj priključaka i dr.; maksimalan broj mjerača protoka na ulazima i izlazima iz DMA zone; regulacija tlaka na pojedinim područjima; izbjegavanje dodatnih troškova vezanih uz rekonstrukciju ili nadogradnju cjevovodne mreže i dr.)?
- Koje su aktivnosti potrebne za uspostavu DMA zona (npr. izrada koncepcijskog rješenja, izrada projektne dokumentacije, terenski radovi na izgradnji objekata i ugradnji opreme, uspostava ili nadogradnja nadzorno-upravljačkog sustava (NUS-a) i dr.)?
- Koje su aktivnosti potrebne za upravljanje i održavanje DMA zona (npr. redovita kontrola ispravnosti rada mjerne opreme, redovita i interventna zamjena mjerne opreme, i dr.)?
- Koji su rezultati ekonomske analize za uspostavu DMA zona u kratkoročnom, srednjoročnom i dugoročnom razdoblju, za približne troškove ulaganja i očekivane koristi za definirane ciljeve?

U ovom je priručniku ranije u tekstu istaknuta važnost uspostave DMA zona (poglavlje 3) u postizanju očekivanih koristi u upravljanju vodoopskrbnom mrežom, te upravljanju vodnim gubitcima. Međutim, ključno je da se vodoopskrbni sustav optimalno podijeli u DMA zone, da se kvalitetno izradi projektna dokumentacija, kvalitetno izvedu svi terenski radovi, ugradi mjerna i ostala oprema zadovoljavajuće kvalitete, provedu potrebna testiranja, a sve kako bi se ostvarili ciljevi i očekivane koristi te stvorila podloga za učinkovito upravljanje vodnim gubitcima. Tijekom posljednjih 30-ak godina, provedena su i objavljena brojna istraživanja vezana uz primjenu DMA zona, projektiranje DMA zona, probleme u praksi vezane uz upravljanje i održavanje DMA zona i dr. Pritom su predložene različite smjernice i kriteriji za planiranje i projektiranje DMA zona. Ipak, jedna stvar je zajednička većini smjernicama za učinkovitu uspostavu DMA zona, a to je kvalitetno planiranje, odnosno izrada koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona.

Jedan od najbitnijih segmenata uspostave DMA zona je utvrditi granice pojedinih DMA zona te osigurati mjerenje protoka na svim ulazima u zonu i izlazima iz zone. Na cjevovodima koji povezuju pojedine DMA zone, a na kojima se ne provode mjerenja, potrebno je zatvoriti zasun. Često se pri uspostavi DMA zona moraju zatvarati pojedini rubni zasuni, što je slučaj kod DMA zona koje inicijalno imaju veći broj cjevovoda kroz koje voda ulazi u zonu, odnosno veći broj cjevovoda kroz koje voda izlazi iz zone (Sl. 5 2 do Sl. 5 4). Upravo s ciljem smanjenja broja mjerača protoka kojima se kontroliraju pojedine DMA zone, preporuča se zatvaranje pojedinih rubnih zasuna, te se na taj način izbjegava potreba za ugradnjom mjerača protoka na tim cjevovodima. Kod pojedinih JIVU-a, zatvaranje većeg broja rubnih zasuna može biti problematično, posebno u područjima s niskim hidrodinamičkim tlakovima ili područjima s relativno dugim dionicama na kojima je mali broj priključaka (posljedično i mali protoci), pa se povećava starost vode što može utjecati na zdravstvenu ispravnost vode za piće.

Ukoliko zasun na cjevovodu koji predstavlja granicu dvije DMA zone ne postoji i na kojem se ne želi ugraditi mjerač protoka, potrebno je ugraditi novi zasun i zatvoriti ga. U suprotnom je potrebno planirati dodatno mjerenje protoka na tom cjevovodu

ili promijeniti granicu DMA zone. Uz mjerenje protoka na ulazima i izlazima iz DMA zona, moguće je na istim lokacijama mjeriti i tlak.

Sustav monitoringa DMA zona u jednom vodoopskrbnom sustavu sadržavat će određeni broj trajno ugrađenih mjerača protoka. U nekim će se slučajevima ugradnja mjerača protoka podudarati s lokacijom ventila za redukciju tlaka ili s lokacijom vodospremnika ili s lokacijom crpne stanice.

Sustav mjerenja protoka stoga mora biti hijerarhijski uspostavljen (na nekoliko razina), sa sljedećim razinama mjerenja:

- Mjerenje ulaska vode u sustav na izvorištu
- Mjerenje izlaska vode iz uređaja za preradu vode za piće (ukoliko sustav ima takav uređaj)
- Mjerenje protoka u glavne opskrbne zone (ponekad se u praksi poistovjećuju s glavnim/okrupnjenim DMA zonama), prema nekim smjernicama definirane s 10.000-50.000 priključaka, što obično predstavlja i prvu fazu kontrole vodoopskrbnog sustava (primjerice, ukoliko neki vodoopskrbni sustav obuhvaća veći broj gradova/većih naselja ili područje većeg broja administrativnih jedinica, svaki/svaka se tretiraju kao jedno opskrbno područje)
- Mjerenje protoka u izdvojena mjerna područja (DMA zone), prema većini smjernica veličine 500 do 3000 priključaka, s trajno zatvorenim rubnim zasunima
- Mala područja lociranja curenja (podzone) unutar svakog izdvojenog mjernog područja (DMA zone), prema većini smjernica definirano s oko 500-1000 priključaka, gdje rubni zasuni ostaju otvoreni osim tijekom provođenja aktivnosti mikrolociranja curenja
- Mjerenje protoka za pojedinačne potrošače, za kućanstva i privredne subjekte

Ovisno o karakteristikama mreže, DMA zona može biti:

- opskrbljivana putem jednog ili više vodova
- izdvojeno područje (tj. nema protoka u susjedne DMA zone) (Slika 5.2)
- područje iz kojega se voda transportira u susjedne DMA zone (Slika 5.3, Slika 5.4)

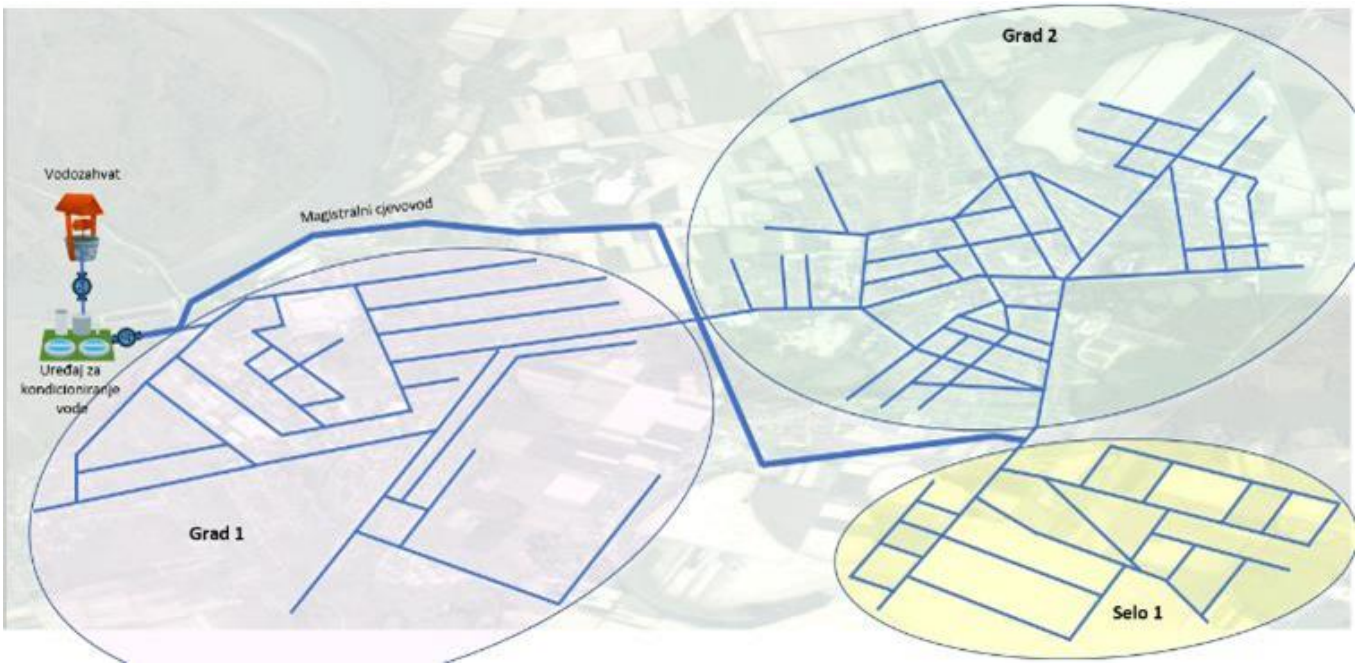
Slika 5.2. prikazuje primjer uspostave DMA zona unutar granica vodoopskrbnog područja prikazanog na Slika 5.1. Odabrani primjer vodoopskrbnog sustava se sastoji od tri naselja (dva grada i jednog seoskog naselja). Potrebne količine vode su osigurane iz jednog vodozahvata na kojem se zahvaća voda koja ne zadovoljava kriterije zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju te je izgrađen uređaj za kondicioniranje voda prije upuštanja vode u sustav javne vodoopskrbe prema krajnjim potrošačima. U postojećem stanju se mjeri količina vode na vodozahvatu (M1) i na izlasku iz uređaja za kondicioniranje voda (M2). Prikazani vodoopskrbni sustav funkcionira s klasičnim magistralnim cjevovodom kroz koji se transportiraju ukupne količine vode potrebne za sva tri naselja.

Na danom primjeru predviđena je ugradnja ukupno 6 mjerača protoka s formiranjem sljedećih DMA zona:

- DMA zona magistralnog voda (DMA T)
- izdvojena DMA zona vezana na ogranak magistralnog voda (DMA 1, DMA 2, DMA 3)

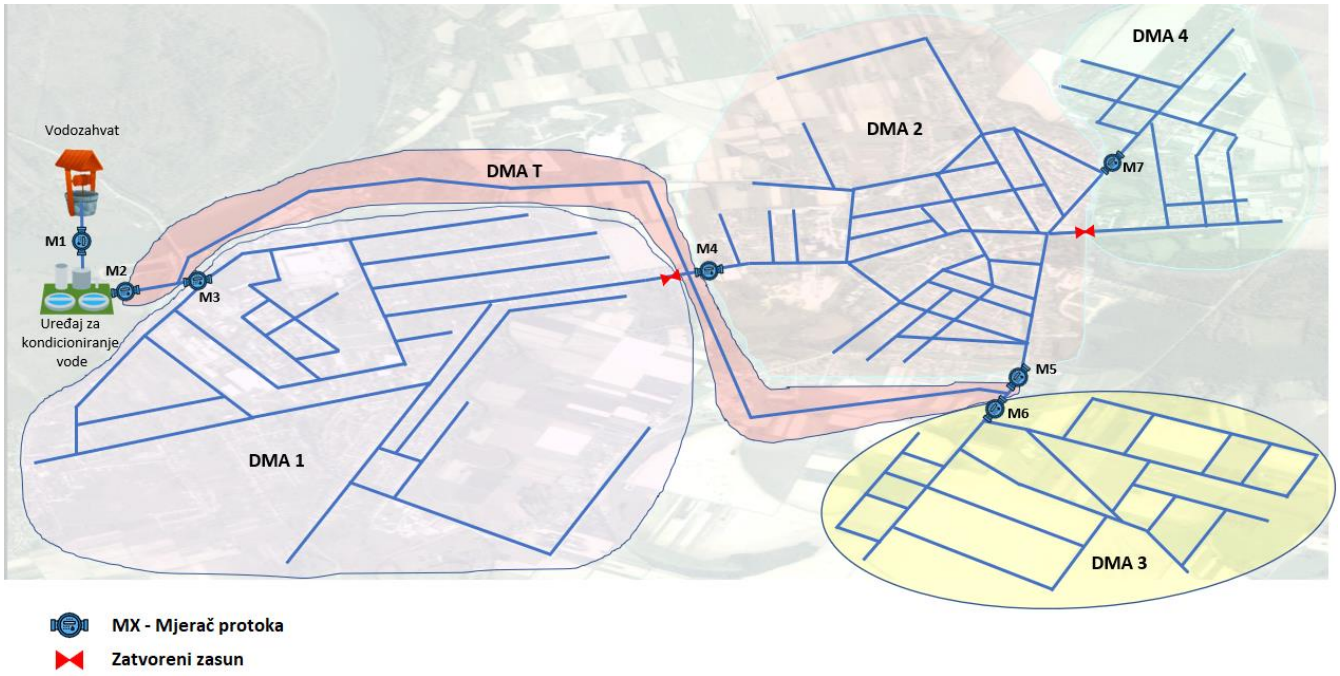
Na Slika 5.3. je dan drugi primjer uspostave DMA zona unutar granica istog vodoopskrbnog područja prikazanog na Slika 5.1, koji se razlikuje od prvog primjera za jednu DMA zonu više i jedan mjerač protoka više:

- DMA zona magistralnog voda (DMA T)
- izdvojena DMA zona vezana na ogranak magistralnog voda (DMA 1, DMA 2, DMA 3)
- izdvojena DMA zona vezana na drugu DMA zonu (DMA 4)



Slika 5.1. Prikaz razmatranog vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom

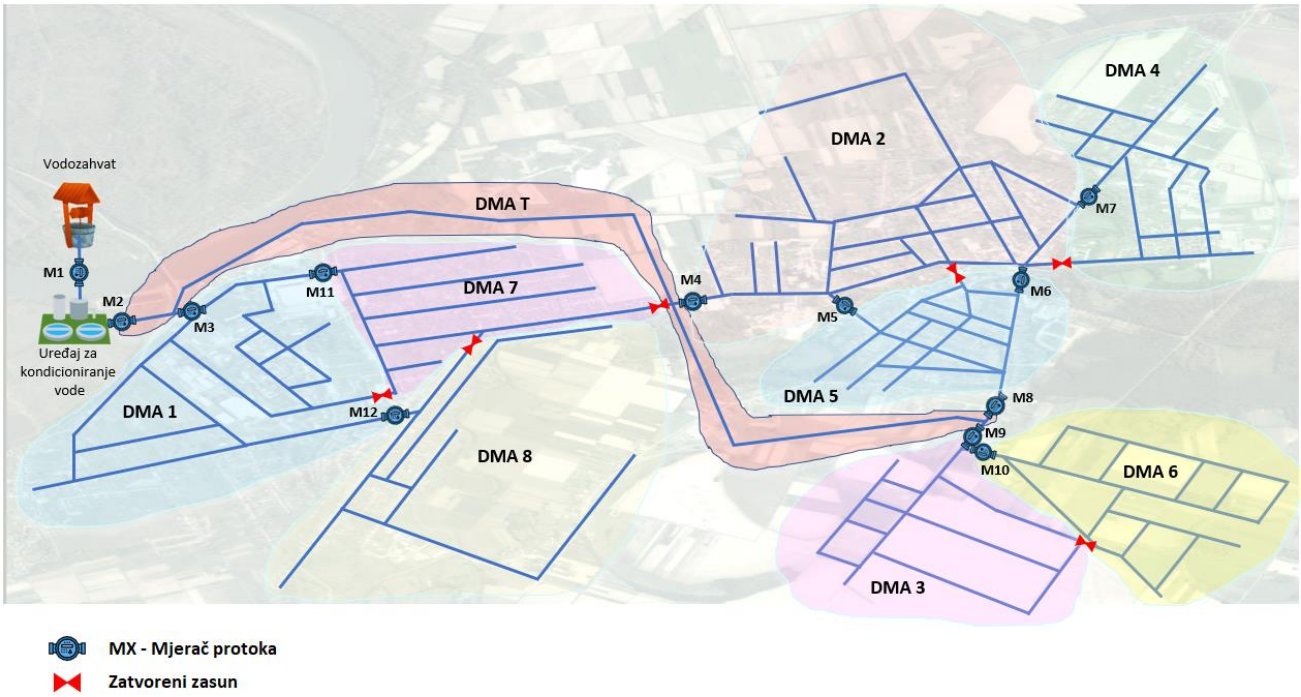
Slika 5.2. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom



Slika 5.3. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom

Na Slika 5.4. je dan treći primjer uspostave DMA zona unutar granica istog vodoopskrbnog područja prikazanog na Slika 5.1, koji se razlikuje od prvog primjera za pet DMA zona više i 6 mjerača protoka više:

- DMA zona magistralnog voda (DMA T)
- izdvojena DMA zona vezana na ogranak magistralnog voda (DMA 1, DMA 2, DMA 3)
- izdvojene DMA zone vezane na DMA 1 (DMA 7, DMA 8)
- izdvojene DMA zone vezane na DMA 2 (DMA 4, DMA 5)
- izdvojena DMA zona vezana na DMA 3 (DMA 6)



Slika 5.4. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom

Iz prethodno prikazanog se uočava da je unutar jednog vodoopskrbnog sustava DMA zone moguće uspostaviti na veliki broj različitih načina. Pritom je u slučaju podjele sustava na manji broj većih DMA zona potrebno ugraditi manji broj mjerača protoka i izbjeći zatvaranje zasuna (rubnih zasuna na granicama pojedinih zona) ili broj zasuna koji se moraju zatvoriti svesti na minimum. S druge pak strane, u slučaju podjele sustava na veći broj manjih DMA zona, koji omogućava kvalitetnije praćenje cijelog sustava, potrebno je ugraditi veći broj mjerača protoka i ovisno o konfiguraciji vodoopskrbne mreže prema potrebi zatvarati veći broj zasuna.

U velikim i složenim mrežama može biti optimalno planirati faznu uspostavu DMA zona. Pritom se u prvoj fazi sustav dijeli na veće DMA zone kako bi se identificirali dijelovi mreže s najvećim udjelom stvarnih gubitaka. Te se veće DMA zone u drugoj fazi mogu podijeliti na određeni broj manjih DMA zona. U kasnijim fazama moguće je svaku ili dio prethodno uspostavljenih manjih DMA zona dodatno podijeliti na određeni broj još manjih DMA zona. Plan uspostave svake faze treba pažljivo analizirati i definirati kako bi se pojedine DMA zone u kasnijim fazama mogle lako i učinkovito podijeliti na manje DMA zone. Ukoliko je moguće, pri formiranju DMA zona poželjno je koristiti prirodne granice (rijeke, potoci, željezničke pruge, itd.) kako bi se smanjio broj mjerača protoka i broj rubnih zasuna koje treba zatvoriti. Međutim, u vodoopskrbnoj mreži veće složenosti, osobito gdje su tlakovi u postojećem stanju relativno niski, preporuča se korištenje kalibriranog hidrauličkog modela postojećeg stanja pri podjeli sustava na DMA zone. Model omogućava jednostavnu i učinkovitu provjeru novo nastalih hidrauličkih uvjeta nakon zatvaranja pojedinih rubnih zasuna, a time i provjeru hidrauličke ispravnosti uspostave DMA zona. Uspostava DMA zona u pravilu je jednostavnija i zahtijeva niže troškove implementacije i održavanja kod malih urbanih i ruralnih vodoopskrbnih sustava.

Ako je moguće, DMA zone ne bi trebale uključivati glavne dobavne/opskrbne cjevovode (magistralne cjevovode). Međutim, glavni dobavni cjevovodi mogu biti obuhvaćeni zasebnim DMA zonama, izdvojenim od DMA zona opskrbnih područja.

Planiranje i uspostava glavnih DMA zona ključna je za uspostavu dugoročno učinkovitog upravljanja DMA zonama. Naknadna podjela glavnih DMA zona na manje DMA zone znatno je jednostavnija kada je konfiguracija glavnih DMA zona optimizirana. Ne može se dovoljno naglasiti koliko je važna prva faza uspostave glavnih DMA zona i njezino definiranje bi trebalo biti prepušteno iskusnim stručnjacima ili revidirano od strane iskusnih stručnjaka, kako bi se postigla optimalna konfiguracija u odnosu na realne potrebe, financijska ograničenja i očekivanu učinkovitost cjelovitog programa smanjenja vodnih gubitaka.

Dodatna prednost fazne uspostave DMA zona i realizacije prve faze s uspostavom glavnih (okrupnjenih) DMA zona je što je potrebna manja početna investicija, pa je realno očekivati njihovu raniju uspostavu. Prednost se također očituje i u tome da se kasnije faze podjele na manje DMA zone mogu realizirati sukladno realnim potrebama i u različitim vremenskim okvirima. Rano uspostavljanje glavnih DMA zona također će omogućiti okvirnu prostornu i količinsku raspodjelu stvarnih gubitaka unutar vodoopskrbnog sustava, što može značajno utjecati na oblikovanje manjih DMA zona (u sklopu podjele većih DMA zona na manje) koje će se uspostavljati u sljedećoj fazi tako da se prvotne daljnje aktivnosti i financijska ulaganja može usmjeriti na dijelove sustava s najvećim stvarnim gubitcima. Rano uspostavljanje glavnih DMA zona svakako je korisno za definiranje prioritetnosti provođenja AKC-a, usmjeravajući kadrove i financijska sredstva u ona područja s većim udjelom stvarnih curenja. Prednost fazne uspostave DMA zona se ogleda i u tome da isporučitelj vodnih usluga ima priliku na vlastitom iskustvu učiti o za njega optimalnom načinu uspostave DMA zona

U idealnim okolnostima, vodospremnici i vodotornjevi bi trebali biti izdvojeni izvan područja glavnih DMA zona. Navedeno zahtjeva da na ulazima i izlazima iz vodospremnika/vodotornjeva ugrađuju mjerači protoka.

Često se uspostava DMA zona provodi istovremeno s regulacijom tlaka u sustavu (pojedinim dijelovima sustava), kroz formiranje područja upravljanja tlakom (PMA zone). Kontrola tlaka danas se (između ostalog i prema IWA metodologiji) priznaje kao jedna od ključnih značajki upravljanja vodoopskrbnim sustavima i vodnim gubitcima. Preporuka je da god je to moguće, kontrola tlaka bude uključena u mjere unaprjeđenja vodoopskrbnim sustavima te prilikom uspostave DMA zona i to iz tri glavna razloga:

- Smanjenje intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima
- Smanjenje vjerojatnosti pojave novih kvarova na kojima se javlja curenje
- Produljenje vijeka trajanja vodoopskrbne mreže (cijevi, oblikovni komadi, vodovodne armature)

Utjecaj tlaka na curenja u vodoopskrbnim mrežama detaljno je opisan u poglavlju 4.5.

Kontrola tlaka uspješno se provodi i u vodoopskrbnim sustavima ili njihovim pojedinim dijelovima s nižim tlakovima (manjim od 50 m VS). Kvalitetno planiranje PMA zona zahtijeva i vrlo detaljnu hidrauličku analizu, preporuka uz korištenje matematičkih modela, i ugradnju visokokvalitetnih ventile za regulaciju tlaka koji imaju male hidrauličke gubitke pri velikim protocima i finu regulaciju tlaka pri malim protocima.

5.1.2 Projektiranje DMA zona

Projektiranje DMA zona predstavlja prvu fazu pri uspostavi DMA zona koji prethodi terenskim radovi na izgradnji objekata i ugradnji opreme te uspostavi ili nadogradnji nadzorno-upravljačkog sustava (NUS-a).

Projektiranje DMA zona provodi se u nekoliko faza:

- izrada koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona,
- izrada projektne dokumentacije nižeg reda (prema potrebi) za pojedine objekte koji se planiraju u sklopu uspostave DMA zona:
  - idejni projekt za lokacijsku dozvolu
  - idejni projekt bez lokacijske dozvole

- izrada projektne dokumentacije višeg reda (prema potrebi) za pojedine objekte koji se planiraju u sklopu uspostave DMA zona:
  - glavni projekt za građevinsku dozvolu
  - glavni projekt bez građevinske dozvole (prema Pravilniku o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, NN 112/17, 34/18, 36/19, 98/19, 31/20, 74/22 155/23),
  - izvedbeni projekt

5.1.2.1 Izrada koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona

Izrada koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona predstavlja prvu fazu u postupku projektiranja DMA zona. Koncepcijsko rješenje uspostave DMA zona mora obuhvatiti minimalno sljedeće:

a) Uspostava glavnih DMA zona, pri čemu se u odnosu na realne potrebe, preporuča sagledati veći broj varijantnih rješenja te argumentirano obrazložiti odabir optimalne varijante.

   Usvajanjem konačne uspostave glavnih DMA zona potrebno je omogućiti definiranje i potpuno razumijevanje bilance vode za razmatrani vodoopskrbni sustav i prema *Top-Down* i prema *Bottom-Up* metodi. Osnovni princip koji se treba primijeniti je mjerenje i bilježenje svih protoka koji ulaze ili izlaze iz pojedine DMA zone tako da se za svaku od zona mogu izvesti cjelokupne operativne bilance. Granice DMA zona potrebno je definirati prema velikom broju utjecajnih čimbenika (prostorni, administrativni, tehnički, hidraulički, okolišni), uvažavajući također i mjerne lokacije iz postojećeg programa NUS-a i dr.

b) Uspostava manjih DMA zona kojima se glavne DMA zone dijele na manja kontrolna područja, pri čemu se u odnosu na realne potrebe, preporuča sagledati veći broj varijantnih rješenja te argumentirano obrazložiti odabir optimalne varijante.

   Cilj ove aktivnosti je definiranje granica manjih DMA zona, prema načelima učinkovitog praćenja stvarnih gubitaka, a prema potrebi i politike regulacije i kontrole tlaka.

Uspostava glavnih DMA zona je polazna točka (prva faza realizacije uspostave DMA zona), no uz rezultate prostorne i količinske raspodjele stvarnih gubitaka, kadrovske i financijske kapacitete JIVU-a te hidrauličkih ispitivanja uz simulacije na matematičkom modelu, moguće je i u brojnim slučajevima opravdano uvesti dodatnu podjelu glavnih DMA zona na određeni broj manjih zona, a što također treba obuhvatiti koncepcijskim rješenjem uspostave DMA zona. Stoga je koncepcijsko rješenje DMA zona potrebno izraditi s prijedlogom fazne uspostave DMA zona u sklopu kratkoročnog i dugoročnog programa, uz definiranje svih relevantnih karakteristika svake faze.

Koncepcijsko rješenje uspostave DMA zona može obuhvatiti i program za učinkovitu politiku upravljanja tlakom i smanjenje vodnih gubitaka.

Kad se definira krajnja podjela sustava na DMA zone (posljednja faza uspostave DMA zona), aspekt razine tlaka će se proučiti tako da se omogući da tlak koji se isporučuje u svako područje udovoljava trenutnim normama (minimalni tlak), no ne prekoračuje kritične vrijednosti koje pridonose povećanju stvarnih gubitaka i puknuća (oštećenja) na cjevovodnoj mreži i pratećim objektima. Cilj je da se u svakoj DMA zoni zadrži maksimalna razina tlaka na razini učinkovite opskrbe pri čemu je intencija sniženje tlaka na što nižu vrijednost uz obraćanje posebne pažnje na funkcioniranje protupožarne zaštite u skladu s važećom zakonskom regulativom.

U tom smislu u sklopu uspostave DMA zona potrebno je definirati područja upravljanja tlakom kako bi se osigurali spomenuti ciljevi uz postavljanje ventila za regulaciju tlaka na točkama ulaska vode u DMA zonu. Uvjete regulacije tlaka preporuča se definirati tako da se uzmu u obzir specifičnosti potrošnje vode (godišnja, sezonska, dnevna i satna neravnomjernost).

Strategija uspostave DMA zona treba uključivati i postojeće i planirano stanje izgrađenosti sustava, kao potreba za vodom. Pri izradi plana uspostave DMA zona izuzetno je bitno analizirati sve troškove vezane uz početnu investiciju ugradnje novih okana i opreme, zamjene postojeće opreme, uspostave ili nadogradnje NUS-a i dr., kao i troškove održavanja opreme i objekata kroz čitavo projektno razdoblje. Uz navedeno, izuzetno je bitno analizirati i očekivane koristi kroz očekivano smanjenje vodnih gubitaka, produljenje vijeka trajanja vodoopskrbne mreže (npr. uz regulaciju tlakova) i dr.

Mjerači protoka (i tlaka) kojima se formiraju DMA zone ponekad su povezani putem zajedničkog NUS-a, tako da se podaci o protoku mogu neprekidno bilježiti s kontinuiranim i pravovremenim praćenjem rezultata, kao i automatskim alarmiranjem u slučaju neželjenih pojava (npr. povećanje noćnog protoka, krađa vode, pojava vodnih udara i dr.).

Sva mjerenja protoka i tlaka na ulazima i izlazima iz DMA zona koja automatski bilježe mjerni uređaji, šalju se različitim oblicima komunikacijskog povezivanja (uz korištenje različitih komunikacijskih tehnologija) do centralne jedinice (dijela tehničkog informacijskog sustava JIVU-a, opremljenog određenim računarskim paketom) koja prikupljene podatke obrađuje i automatski izrađuje bilancu vode s analizom minimalnog noćnog protoka. Stoga, izrada koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona treba sadržavati i rješenje uspostave NUS-a ili nadogradnje postojećeg NUS-a, koje se treba sastojati se od sljedećih aktivnosti:

- za svako novo mjerno i mjerno-regulacijsko okno definirati potrebnu mjernu i mjerno-regulacijsku opremu te parametre mjerenja
- predložiti način prikupljanja podataka, obrade i vizualizacije podataka, i upravljanje sustavom daljinskom vezom
- predložiti način uklapanja DMA zona u nadzorno-upravljački sustav

Potvrdu da je koncepcijsko rješenje uspostave DMA zona korektno definirano potrebno je ishoditi od strane iskusnih stručnjaka, prije provođenja svih daljnjih aktivnosti.

5.1.2.2 Izrada projektne dokumentacije nižeg i višeg reda

Nakon izrade koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona slijedi izrada projektne dokumentacije nižeg i/ili višeg reda, a koja prethodi terenskim radovima s ugradnjom novih objekata i opreme, regulacijom postojeće opreme i dr.

Pod projektnom dokumentacijom nižeg reda podrazumijeva se idejni projekt (sa ili bez ishođenja lokacijske dozvole), dok se pod projektnom dokumentacijom višeg reda podrazumijevaju glavni projekt (sa ili bez ishođenja građevinske dozvole) i izvedbeni projekt.

Ako se u sklopu uspostave DMA zona projektiraju novi objekti (zasunska okna, zasunsko-mjerna okna, zasunsko-regulacijska okna i dr.) na postojećoj mreži u većini slučajeva nije potrebno ishoditi građevinsku dozvolu, već samo izraditi glavni projekt prema važećem Pravilniku o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, NN 112/17, 34/18, 36/19, 98/19, 31/20, 74/22 155/23). Ukoliko se radi o dijelu novo planirane mreže, potrebno je sukladno zakonskoj regulativi ishoditi sve potrebne dozvole (lokacijska, građevinska, uporabna).

5.1.3 Kriteriji pri projektiranju DMA zona

Učinkovit stalni sustav kontrole bilance vode na razini DMA zona ima za cilj:

- Maksimizirati točnost mjerenja noćnog protoka unutar DMA-a. Idealna DMA zona ima jedan mjereni ulaz, kako bi se maksimalno povećala točnost mjerenja protoka i podaci o curenjima
- Omogućiti lociranje zone (manjeg opskrbnog područja) u kojoj je došlo do pojave novog curenja ili do povećanja intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima
- Ograničiti ili ako je moguće eliminirati broj zatvorenih rubnih zasuna (na cjevovodima koji omogućavaju spoj dvije zone, a na kojima se nastoji izbjeći ugradnja mjerača protoka)
- Minimalizirati promjene hidrauličko-pogonskih uvjeta tečenja u postojećoj vodoopskrbnoj mreži

Čimbenici koje treba uzeti u obzir prilikom projektiranja DMA zona su:

- Ciljana vrijednost ekonomskog nivoa vodnih gubitaka
- Veličina (geografska površina, broj priključaka, duljina cjevovodne mreže)
- Tip stanovanja, tj. zgrade ili samostalne obiteljske kuće
- Topografske karakteristike područja
- Kvaliteta vode unutar vodoopskrbne mreže
- Zahtjevi za minimalnim tlakom
- Potrebni kapacitet za gašenje požara
- Očekivana učinkovitost smanjenja vodnih gubitaka
- Broj zasuna koji će biti zatvoreni
- Broj mjerača protoka, maksimalno minimiziran
- Veliki potrošači trebaju imati svoje mjerače protoka kao izlazne mjerače iz DMA zone
- Postojeće stanje vodoopskrbne mreže

Jedan od najbitnijih kriterija pri uspostavi DMA zona je da ne smije doći do narušavanja normalne opskrbe krajnjih korisnika vodom. Navedeno je uglavnom vezano na potrebu za osiguranjem minimalnih tlakova u mreži uz koje je omogućena normalna opskrba vodom, a što je osobito važno u dijelovima sustava gdje su postojeći hidrodinamički tlakovi relativno niski, pa postoji opasnost da se uz zatvaranje pojedinih dionica (zatvaranje rubnih zasuna) tlakovi dodatno smanje. Međutim, treba uzeti u razmatranje da će očekivano smanjenje curenja uz uspostavu DMA zona rezultirati povećanjem tlakova u mreži.

Definirane granice DMA zona ne bi se trebalo smatrati nepromjenjivim. Naime, uz promjenu pogonskih uvjeta unutar vodoopskrbne mreže (uvjetovanih unaprjeđenjem ili nadogradnjom sustava), možda će biti potrebno mijenjati granice pojedinih DMA zona. Iz tog se razloga granice DMA zona stvaraju ugradnjom mjerača protoka ili zatvaranjem zasuna, a ne rezanjem cijevi. U slučaju zatvaranja zasuna, potrebno je osigurati da svi rubni zasuni budu potpuno zatvoreni i da se izbjegne njihovo slučajno otvaranje pri kasnijem održavanju vodoopskrbne mreže. Također se preporuča redovita provjera ispravnosti rada svih rubnih zasuna (jednom godišnje). Navedeno se provodi ili uz ugradnju mobilnog ultrazvučnog mjerača protoka koji se instalira uz zasun, ili osluškivanjem geofonima u oknu oko zasuna (u slučaju pojave šuma javlja se protjecanje vode, što ukazuje na djelomičnu otvorenost zasuna).

5.1.4 Veličina DMA zona i ekonomski aspekti uspostave DMA zona

Veličina DMA zona utječe ne samo početnu investiciju uspostave DMA zona, već i na kasnije troškove održavanja, kao i na troškove amortizacije opreme. Manje DMA zone rezultiraju većim ukupnim troškovima, jer zahtijevaju veći broj novih okana, mjerača protoka, oblikovnih komada i vodovodnih armatura. Međutim, prednosti uspostave većeg broja manjih DMA zona uključuju sljedeće:

- Pojava novih curenja ili povećanje intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima će biti identificirani ranije, smanjujući vrijeme „osvještavanja“
- Curenja manjeg intenziteta se mogu učinkovitije detektirati
- Vrijeme lociranja curenja može se smanjiti jer je lakše i brže provesti lociranje u manjim DMA zonama s manjom duljinom cjevovodne mreže, nego u velikim DMA zonama

- Troškovi lociranja curenja će se smanjiti zbog manju duljinu mreže koju je potrebno pretraživati za pronalaženje novo uočenog curenja
- Uz učinkovitije uočavanje pojave curenja i njegovog lociranja postiže se veće zadovoljstvo i osjećaj vrijednosti od strane djelatnika JIVU-a, koji postaju motiviraniji za rad, a time i učinkovitiji
- Sve prethodno navedeno omogućava učinkovitije održavanje nižeg nivoa stvarnih gubitaka

Pri uspostavi DMA zona nije važno da se vodoopskrbni sustav podijeli na DMA zone jednake veličine.

U praksi, uvijek će postojati značajna varijacija u veličini DMA zona, čak i u sklopu pojedinih vodoopskrbnih sustava, zbog položaja postojeće vodoopskrbne mreže u prostoru i njezinih karakteristika, potrebe i mogućnosti za regulacijom tlaka, troškova uspostave DMA zona i dr. Kao rezultat navedenog, a analizirajući svjetsku praksu, veličina DMA zona u urbanim područjima uglavnom varira između 500 i 3000 priključaka (najveći udio je s 500 do 1000 priključaka).

Iz dosadašnje svjetske prakse može se zaključiti da je kod DMA zona s više od 3000 priključaka teško otkrivati, sprječavati i kontrolirati neprijavljena curenja te upravljati stvarnim gubitcima, pri čemu je otežano postizanje učinkovitog upravljanja vodnim gubitcima i njihovog smanjenja.

Alternativno, DMA zone se mogu dimenzionirati prema duljini cjevovodne mreže. Prednost navedenog posebno dolazi do izražaja u sustavima s velikim brojem zgrada, koje na jednom priključku imaju veći broj potrošača. Dodatna prednost dimenzioniranja DMA zone prema duljini cjevovodne mreže je što se lako može povezati s aktivnostima lociranja curenja koje se obično kvantificiraju prema duljini cjevovodne mreže koja je ispitana.

Pri podjeli sustava na DMA zone treba biti racionalan. Potrebno je voditi računa da troškovi uspostave DMA zona i njihovog održavanja ne premaše njihove koristi.

Iako vrlo mala veličina DMA zone omogućava veliku prednost u detektiranju novih curenja ili povećanja intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima, broj mjerača protoka koji je potrebno ugraditi i broj rubnih zasuna koje je potrebno zatvoriti, kao i početni investicijski troškovi te troškovi održavanja, će se povećati, u nekim slučajevima i značajno. Međutim, prednosti uspostave tako malih DMA zona u određenim okolnostima mogu se pokazati opravdanim. U svjetskoj i hrvatskoj praksi postoje brojni pozitivni primjeri i s uspostavom DMA zona manjim od 500 priključaka i s duljinom mreže manjom od 10 km. Naročito je prihvatljivo kod vodoopskrbnih sustava s vrlo lošim stanjem cjevovodne mreže, s velikim brojem kvarova i velikom učestalosti pojave novih kvarova, te s intenzivnijim promjenama tlaka, formirati DMA zone i s manje od 500 priključaka.

Mnogi JIVU-i imaju vlastite kriterije za definiranje ekonomskih i kadrovskih ograničenja u upravljanju vodnim gubitcima. Ako ovo uključuje uspostavu i upravljanje DMA zonama, vlastite analize JIVU-a će odrediti prioritetne aktivnosti i dinamiku provođenja AKC-a, te mogu odrediti i broj i veličinu DMA zona te njihovu faznost uspostave.

Veličina DMA zona može biti uvjetovana i nastojanjem za faznom uspostavom DMA zona, a što je prethodno i opisano u poglavlju 5.1. Ukoliko se planira fazna uspostava DMA zona, u prvoj fazi se formira manji broj većih DMA zona. U kasnijim fazama, te se veće DMA zone dijele na određeni broj manjih DMA zona. Na taj se način kod pojedinih vodoopskrbnih sustava postiže optimalan način uspostave DMA zona. Pritom se u sklopu izrade koncepcijskog rješenja preporuča najprije definirati konačnu podjelu sustava na DMA zone, kao dugoročno ciljani broj DMA zona s konkretnim granicama, brojem i lokacijom novih okana, mjerača protoka, zatvaranja zasuna, ventila za regulaciju tlakova i dr. Na primjeru jednog hipotetskog slučaja koji je prikazan ranije u ovom priručniku to bi odgovaralo prikazanom na Slika 5.4. Nakon toga se preporuča definirati okrupnjavanje pojedinih manjih DMA zona u veće DMA zone, kao fazu uspostave koju je moguće realizirati u ranijem vremenskom periodu. Na primjeru istog hipotetskog slučaja koji je prikazan ranije u ovom priručniku to bi odgovaralo prikazanom najprije na Slika 5.3, pa nakon toga na Slika 5.2. Prijedlog okrupnjavanja moguće je provesti na više nivoa, s konačnim prijedlogom uspostave DMA zona kroz više faza realizacije. Prednost navedene prakse leži u činjenici da u trenutku izrade koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona često nisu poznata financijska ograničenja JIVU-a, mogućnosti i uvjeti sufinanciranja iz različitih fondova (nacionalnih i EU), te ograničenja uvjetovana ostalim planiranim mjerama unaprjeđenja i nadogradnje vodoopskrbnog sustava. Stoga se primjerenijim smatra planiranje fazne uspostave DMA zona, pri čemu se prva faza s manjim brojem većih DMA zona koja zahtjeva manja početna financijska ulaganja može ranije realizirati. Na primjeru jednog hipotetskog slučaja koji je prikazan ranije u ovom priručniku to bi odgovaralo Slika 5.2. Takva praksa će zasigurno rezultirati učinkovitijim smanjenjem vodnih gubitaka, u odnosu na scenarij kod kojega je inicijalno planiran veliki broj manjih DMA zona čija uspostava zahtijeva izgradnju velikog broja novih okana i ugradnju velikog broja mjerača protoka, za što JIVU nema dostatna financijska sredstva, pa se na početak realizacije uspostave DMA zona može čekati i godinama.

Općenito govoreći, na određivanje veličine DMA zone utjecat će hidraulički, iskustveni i ekonomski čimbenici. Iskustva i znanja izrađivača koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona, vezana uz poznavanje hidraulike vodoopskrbnih sustava, kao i uspostave i upravljanja DMA zonama, ocjenjuju se izuzetno bitnim faktorom.

5.1.5 Razmatranja kvalitete vode

Uspostava DMA zona često uključuje trajno zatvaranje rubnih zasuna na granicama pojedinih DMA zona. Zatvaranjem zasuna sprječava se tok vode kroz cjevovode na kojima su zasuni zatvoreni, čime se stvaraju „slijepi“ ogranci na čijim krajnjim nizvodnim dionicama dolazi do zadržavanja vode. Povećanje starosti vode na bilo kojem dijelu vodoopskrbnog sustava neminovno utječe na pogoršanje kvalitete vode i povećanje rizika vezanih uz narušavanje zdravstvene ispravnosti vode za piće. Posljedično, mogu se pojaviti pritužbe od strane krajnjih korisnika na lošu kvalitetu vode.

Što je veći broj zatvorenih ventila u DMA zoni, problematika s kvalitetom vode se povećava, osobito u slučajevima kod kojih se zasuni ne zatvaraju u hidraulički ravnotežnim točkama (točke sustava u kojima voda dolazi iz oba pravca).

Rizici vezani uz pogoršanje kvalitete vode se mogu djelomično ublažiti programom redovitog ispiranja cjevovodne mreže. Kako bi se osiguralo adekvatno ispiranje cjevovodne mreže u području trajno zatvorenog ventila, preporuča se osigurati hidrant ili muljni ispust s obje strane zatvorenog ventila.

Ispiranje cjevovodne mreže je potrebno provesti i odmah po zatvaranju zasuna pri uspostavi DMA zone, jer je vrlo vjerojatno da će nakon zatvaranja ventila s jedne strane cjevovodne mreže doći do promjene smjera tečenja, a što vrlo često podigne talog s dna cijevi i poveća mutnoću vode.

5.1.6 Kreiranje DMA zona

Kreiranje DMA zona je sastavni dio koncepcijskog rješenja uspostave DMA zona. Kreiranje podrazumijeva proces podjele vodoopskrbnog sustava na odgovarajući broj DMA zona odgovarajuće veličine i s konkretnim granicama s definiranim mjeračima protoka i zatvorenim rubnim zasunima, vodeći računa o mogućnosti i potrebi fazne uspostave DMA zona.

Kreiranje granica DMA zona je prvi korak, koristeći karte vodoopskrbne mreže u malom mjerilu za crtanje privremenih granica. Karta bi trebala sadržavati:

- položaj svih cijevi u prostoru
- položaj svih objekata u prostoru, uključivo zasunska okna i hidrante
- izohipse
- položaj svih velikih potrošača
- položaj svih zgrada koje zahtijevaju opskrbu pri tlaku većem od prethodno utvrđene norme za to područje (visoke zgrade – nebodere iznad određene katnosti)

Za kvalitetno definiranje granica DMA zona potrebno je detaljno poznavanje vodoopskrbnog sustav i svih njegovih specifičnosti, uključivo i hidrauličko-pogonske uvjete tečenja (raspodjela protoka i tlakova), kako bi identificirale potencijalne problematične točke (dijelovi sustava) u kojima bi se normalna opskrba krajnjih korisnika vodom mogla pogoršati (kao posljedica zatvaranja rubnih zasuna). Stoga se već u prvoj fazi kreiranja DMA zona preporuča korištenje matematičkog modela postojećeg stanja cjelovitog vodoopskrbnog sustava (po mogućnosti kalibriranog). Navedeno je bitno zbog analize hidrauličko-pogonskih uvjeta tečenja i prostorne distribucije minimalnog i maksimalnog tlaka unutar sustava, te utvrđivanja hidraulički ravnotežnih točaka (točaka u koje voda dolazi iz oba smjera).

Kod podjele većih vodoopskrbnih sustava na DMA zone, korištenje kalibriranih matematičkih modela bi trebalo biti obvezno. Postojeće stanje velikog broja vodoopskrbnih sustava nije u potpunosti poznato djelatnicima JIVU-a. Uz raspolaganje kalibriranim matematičkim modelom postojećeg stanja moguće je identificirati mnoge anomalije u vodoopskrbnoj mreži (zatvoreni/prigušeni zasuni za koje nije poznato da su zatvoreni/prigušeni, otvoreni zasuni na cjevovodima za koje se smatra da su zatvoreni, postojanje cjevovoda za koje nije poznato da su ugrađeni, a kroz koje bi se mogao odvijati transport vode iz jedne DMA zone u drugu bez mjerenja protoka i dr.) koje, ako se ne eliminiraju, mogu uzrokovati probleme u opskrbi

korisnicima kada se kreiraju DMA zone ili kreirane DMA zone činiti neupotrebljivim za bilo kakve analize jer za iste nije moguće izraditi točnu bilancu vode.

Ako je moguće, DMA zone ne bi trebale uključivati glavne dobavne/opskrbne cjevovode (magistralne cjevovode), kako bi se izbjegle skupe instalacije mjerača protoka, poboljšala točnost podataka o mjerenom protoku i održao što viši stupanj fleksibilnost opskrbe vodom. Kada velik dio protoka koji ulazi u pojedinu DMA zonu izlazi iz nje i ulazi u drugu DMA zonu, točnost mjerenja se značajno smanjuje, a time i točnost bilance vode koja se izrađuje za tu zonu.

Međutim, glavni dobavni cjevovodi mogu biti obuhvaćeni zasebnim DMA zonama, izdvojenim od DMA zona opskrbnih područja, kako je to na hipotetskom primjeru prikazano na Slika 5.2. do Slika 5.4.

Granice DMA zona bi trebala biti definirane na način da ukoliko je moguće ne uključuju glavne dobavne/opskrbne cjevovode (magistralne cjevovode), već samo opskrbne zone koje se odvajaju od glavnih dobavnih cjevovoda (Slika 5.2. do Slika 5.4). Moguće je glavne dobavne cjevovode obuhvatiti zasebnim DMA zonama, izdvojenim od DMA zona opskrbnih područja. Ukoliko nije moguće izbjeći izdvajanje glavnih dobavnih cjevovoda iz DMA zona opskrbnih područja, poželjno je unutar njihovih granica budu obuhvaćene što kraće dionice glavnih dobavnih cjevovoda.

Granica DMA zone bi trebala slijediti "liniju najmanjeg otpora" maksimalno koristeći prirodne geografske (planina, brežuljak, rijeka, potok), infrastrukturne (željeznička pruga, autocesta i dr.), urbanističke i hidrauličke granice. Cilj je minimizirati troškove uspostave DMA zona, njihovog upravljanja i održavanja. Kalibrirani matematički model je posebno koristan za identificiranje postojećih hidrauličkih ravnotežnih točaka gdje se rubni zasun na granici DMA zona može zatvoriti bez promjene postojećih hidrauličko-pogonskih uvjeta tečenja, odnosno bez promjene smjera tečenja u pojedinim dijelovima cjevovodne mreže. Time se u određenoj mjeri umanjuju rizici vezani uz probleme s tlakovima i/ili kvalitetom vode. Ukoliko kalibrirani matematički model nije na raspolaganju, svakako se preporuča koristiti matematički model koji nije kalibriran. Dosadašnja iskustva su pokazala da je čak i u vrlo složenim i velikim vodoopskrbnim sustavima kod kojih nije niti detaljno poznato postojeće stanje izgrađenosti i rada moguće uspješno kreirati DMA zone, ali isključivo u slučaju korištenja matematičkog modela. Ako se kvaliteta vode u pojedinim dijelovima sustava ocjenjuje problematičnom, načini ispiranja i lokacije za ispiranje trebaju biti uključene u kreiranje DMA zona. Pritom treba voditi računa o jednostavnosti ispiranja mreže na tim lokacijama, osobito vezano uz potencijalne probleme s cestovnim prometom i mogućnosti odvodnje vode koja se ispire (ispust u kanalizacijsku mrežu, ispust u otvorene kanale, ispust na šumsko područje, livade, pašnjake, poljoprivredne površine i dr.). Svi rubni zasuni na granicama DMA zona trebaju biti lako prepoznatljivi.

Dosadašnja praksa pokazuje da je definiranje granica DMA zona kompromisno, ukoliko se ne prihvaćaju značajnije promjene i nadogradnje unutar sustava. Primjerice, možda neće biti opravdano zatvoriti postojeći zasun točno na hidrauličkoj ravnotežnoj točki ili na toj lokaciji ugraditi novi zasun, te će se stoga zatvarati najbliže dostupni zasun u ispravnom stanju, a koji se može nalaziti i na većim udaljenostima. U nekim slučajevima pri kreiranju DMA zona može biti opravdano nadograditi cjevovodnu mrežu, posebno ako to omogućava postizanje upravljanja tlakom.

Na definiranje lokacije mjerača protoka utječe i postojeće stanje izgrađenosti vodoopskrbne mreže s pratećim objektima. Idealno je granicu DMA zone s ugradnjom mjerača protoka definirati u postojećem zasunskom oknu, uz preduvjet da su zadovoljeni minimalni tehnički standardi ugradnje mjerača. Zasunsko okno mora biti dovoljnih dimenzija da je moguće ugraditi mjerač protoka s potrebnim oblikovnim komadima i vodovodnim armaturama, a bez narušavanja točnosti mjerača, odnosno uz pridržavanje svih uputa proizvođača mjerne opreme. Oblikovni komadi i vodovodne armature, ugrađeni uz sam mjerač protoka utječu na njegovu točnost. Stoga je važno mjerače ugraditi prema preporukama proizvođača mjerne opreme, kako bi se postigla visoka točnost mjerenja. Svi proizvođači mjerača protoka zahtijevaju minimalne udaljenosti ravnih dionica cjevovoda uzvodno i nizvodno od mjerača do prvog oblikovnog komada ili vodovodne armature (npr. 5 veličina promjera cijevi uzvodno od mjerača i 3 veličine promjera cijevi nizvodno od mjerača), uz koje je garantirana točnost koju deklarira proizvođač. Navedene kriterije obvezno je potrebno zadovoljiti. Ukoliko zadovoljenje tih kriterija nije moguće postići u postojećim zasunskim oknima, potrebno je planirati, projektirati i graditi nova zasunsko-mjerna okna.

Pri kreiranju DMA zona također je potrebno uzeti u obzir kako će se podatci prikupljati s mjerača.

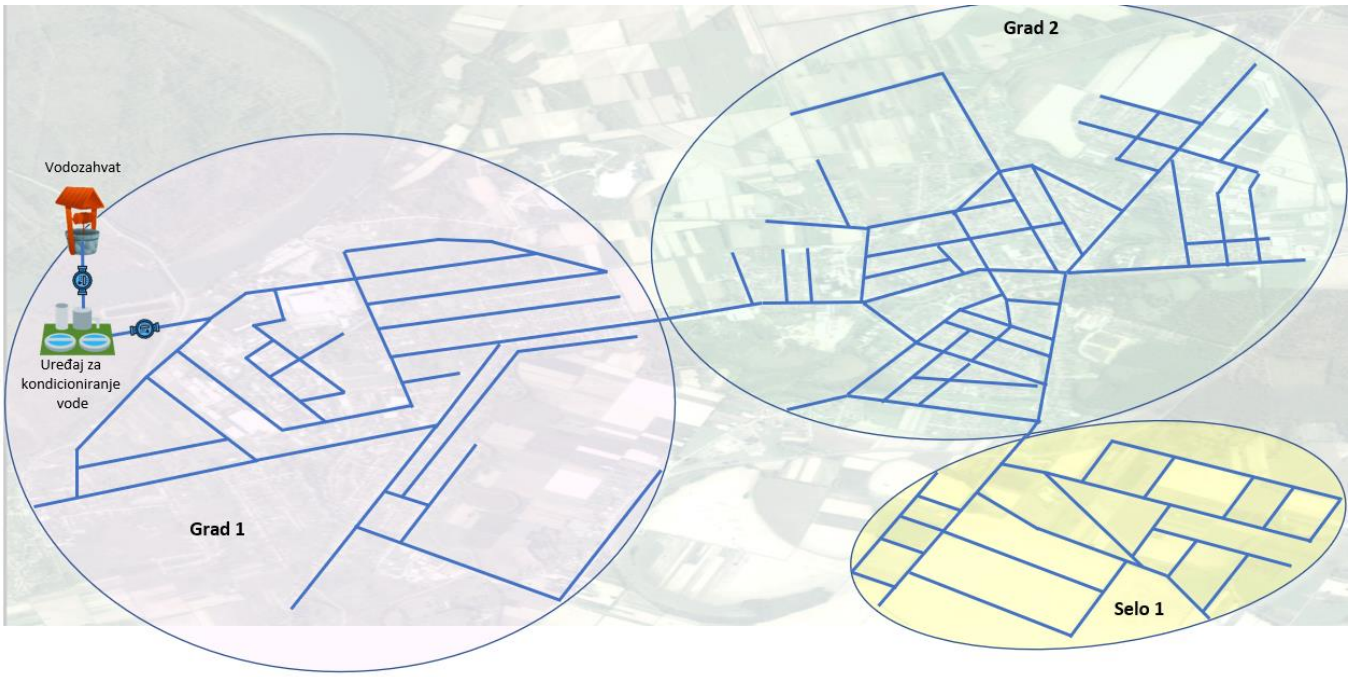
Osnove za kvalitetno kreiranje DMA zona su:

- Minimalne promjene nadmorske visine terena unutar DMA zone
- Lako prepoznatljive granice DMA zone (prirodne geografske, infrastrukturne, urbanističke)

- Minimalni potrebni ukupni broj mjerača protoka
- Minimalni potrebni broj mjerača protoka na ulazima i izlazima svake pojedine DMA zone
- Mjerači protoka pravilno locirani i dimenzionirani
- Minimalni broj zatvorenih rubnih zasuna
- Ograničavanje broja mjerača protoka po pojedinim fazama uspostave DMA zona
- Optimizacija tlaka za održavanje standarda usluge korisnicima i smanjenje curenja

Pri kreiranju DMA zona moguć je veliki broj potencijalnih rješenja definiranih brojem DMA zona, brojem mjerača protoka, brojem zatvorenih zasuna i dr. Prethodno je u ovom priručniku (Slika 5.1. do Slika 5.4) razmatran hipotetski primjer vodoopskrbnog sustava kojeg čine veća vodoopskrbna područja 2 grada i 1 seoskog naselja i kojeg karakterizira postojanje magistralnog cjevovoda. Na istim slikama uočava se mogućnost uspostave DMA zona na različite načine, uz isticanje mogućnosti fazne uspostave DMA zona.

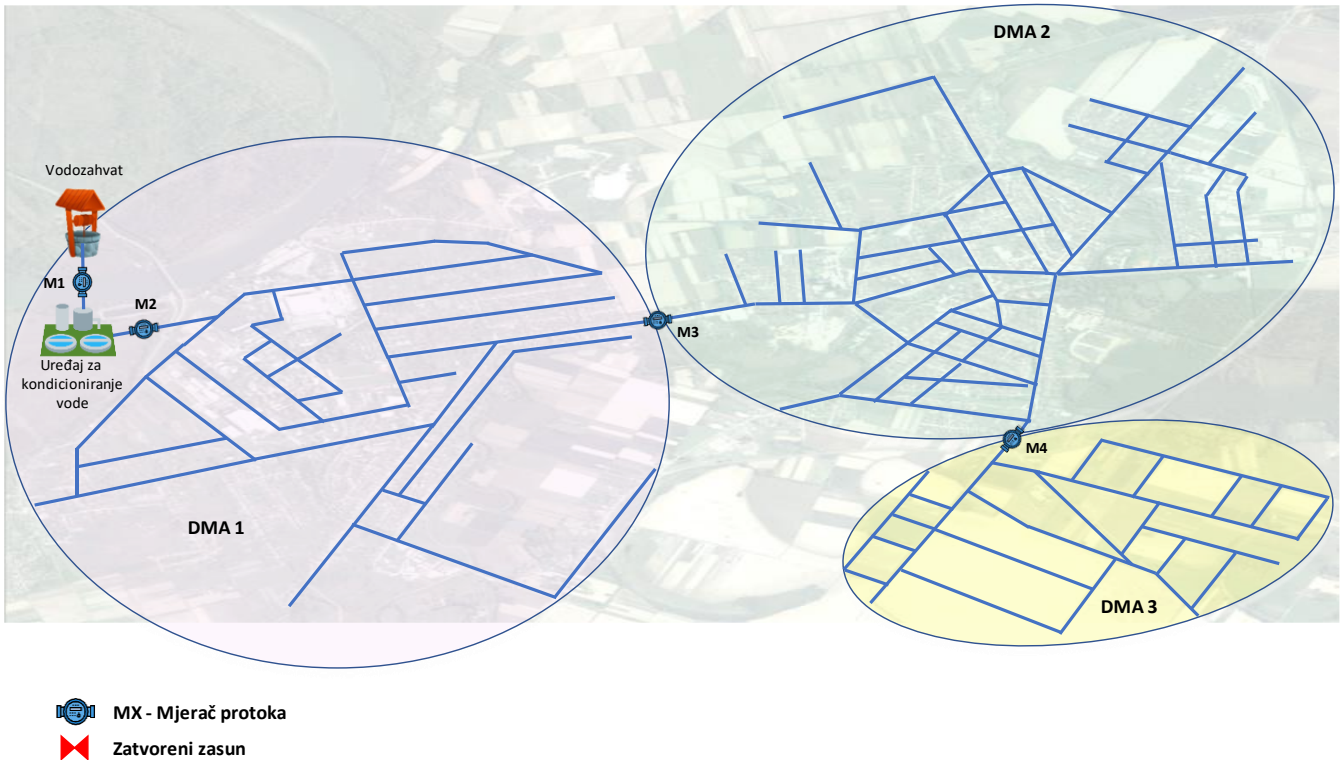
Nastavno je na Slika 5.5. prikazan sličan hipotetski primjer samo bez magistralnog cjevovoda, koji se također sastoji od tri veća vodoopskrbna područja (dva grada i jednog seoskog naselja). Primjeri mogućeg kreiranja DMA zona u tom hipotetskom primjeru prikazani su na Slika 5.6. do Slika 5.8.



Slika 5.5. Prikaz razmatranog vodoopskrbnog sustava bez magistralnog cjevovoda

Slika 5.6. prikazuje primjer uspostave DMA zona unutar granica vodoopskrbnog područja prikazanog na Slika 5.5. (opskrba vodom 2 grada i 1 seoskog naselja) s ukupno 4 mjerača protoka:

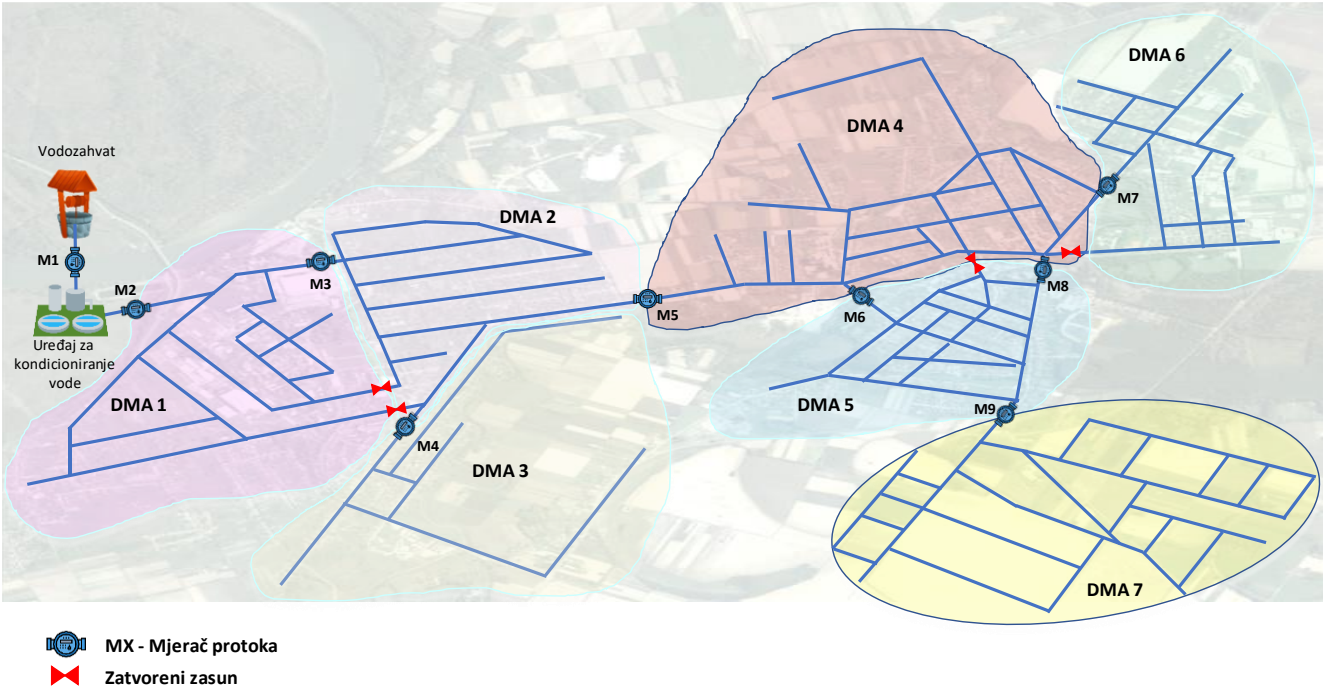
- izdvojene DMA zone (DMA 1, DMA 2, DMA 3), s povezivanjem zone DMA 1 i DMA 2, te povezivanje zona DMA 2 i DMA 3



Slika 5.6. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava bez magistralnog cjevovoda

Na Slika 5.7. je dan drugi primjer uspostave DMA zona unutar granica istog vodoopskrbnog područja prikazanog na Slika 5.5, koji se razlikuje od prvog primjera za četiri DMA zone više, pet mjerača protoka više i zatvaranje četiri rubna zasuna više:

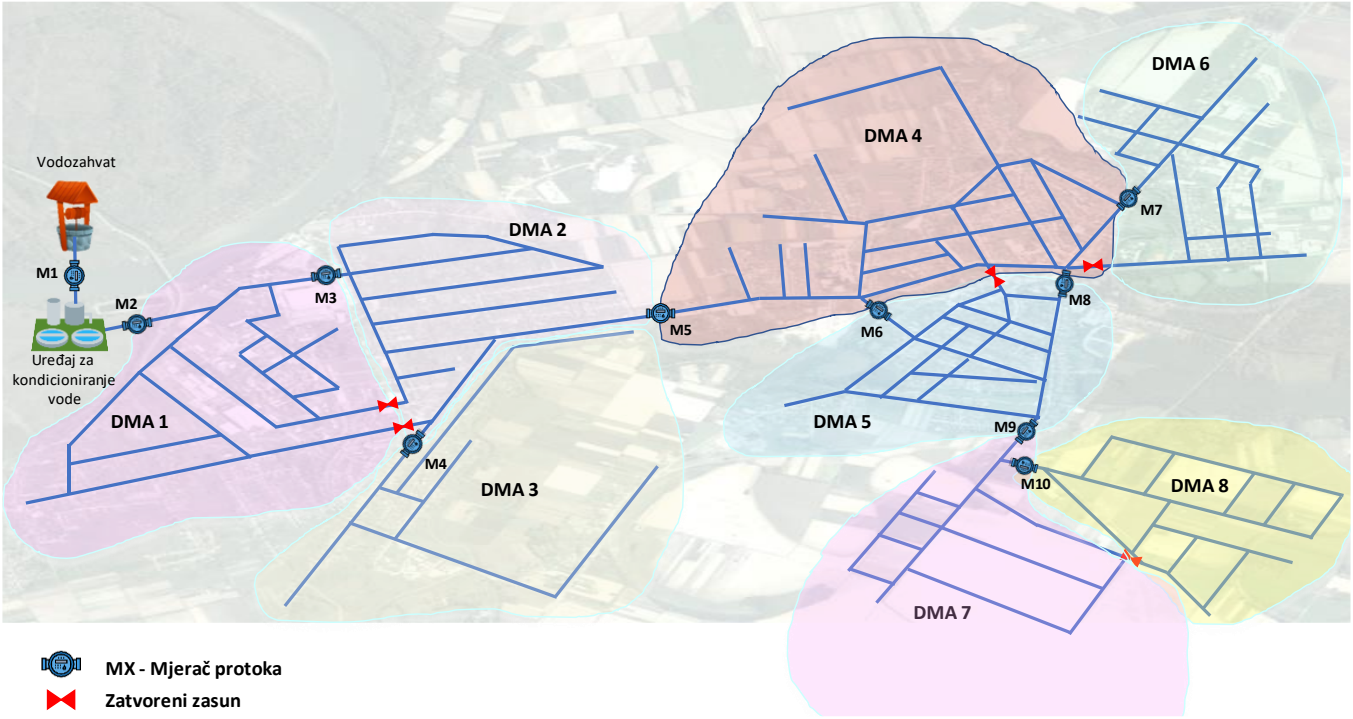
- izdvojene DMA zone (DMA 1, DMA 2, DMA 3, DMA 4, DMA 5, DMA 6 i DMA 7), s povezivanjem zone DMA 1 i DMA 2, te povezivanjem zone DMA 2 sa zonama DMA 3 i DMA 4, zatim povezivanjem zone DMA 4 sa zonama DMA 5 i DMA 6, i konačno povezivanjem zone DMA 5 sa zonom DMA 7



Slika 5.7. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava bez magistralnog cjevovoda

Na Slika 5.8. je dan treći primjer uspostave DMA zona unutar granica istog vodoopskrbnog područja prikazanog na Slika 5.5, koji se razlikuje od prvog primjera za pet DMA zona više, šest mjerača protoka više i zatvaranje pet rubnih zasuna više:

- izdvojene DMA zone (DMA 1, DMA 2, DMA 3, DMA 4, DMA 5, DMA 6, DMA 8), s povezivanjem zone DMA 1 i DMA 2, te povezivanjem zone DMA 2 sa zonama DMA 3 i DMA 4, zatim povezivanjem zone DMA 4 sa zonama DMA 5 i DMA 6, te povezivanjem zone DMA 5 sa zonom DMA 7 i konačno povezivanjem zone DMA 7 sa zonom DMA 8

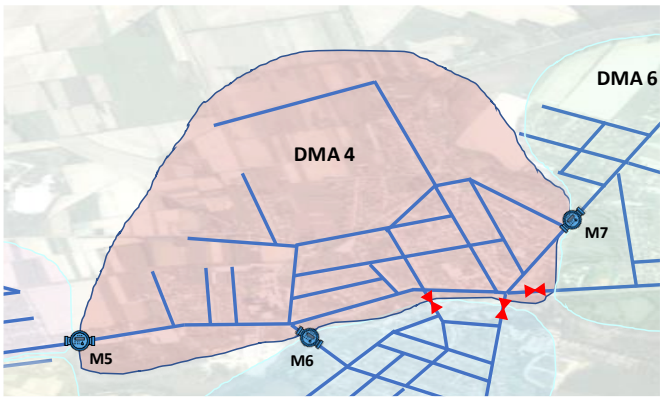


Slika 5.8. Primjer formiranja DMA zona kod vodoopskrbnog sustava s magistralnim cjevovodom

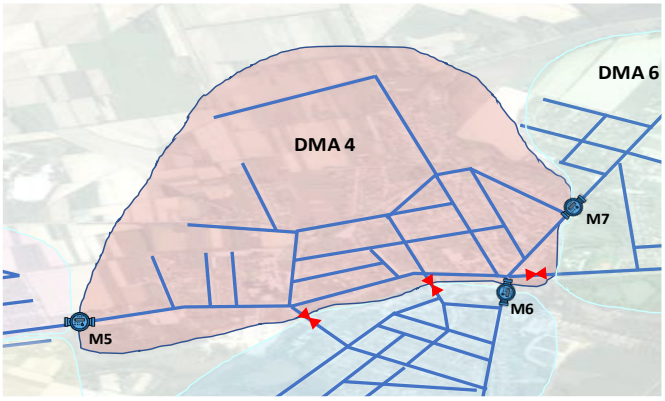
Razmatrajući zonu DMA 4 na primjeru prikazanom na Slika 5.8, ističe se mogućnost njezinog formiranja uz niz kombinacija s drugačijim brojem mjerača protoka i zatvorenih zasuna, a što je kao ogledni primjer prikazano na Slika 5.9. Kao što je prethodno istaknuto, cilj je formirati DMA zonu sa što manjim brojem mjerača protoka (zbog nižih troškova uspostave DMA zone, povećanja točnosti mjerenja i izrađene bilance vode za konkretnu zonu i dr.), uz zadovoljenje uvjeta minimalnih potrebnih tlakova u promatranoj DMA zoni (DMA 4) i svim nizvodnim DMA zonama u koje voda dolazi iz promatrane DMA zone (DMA 5, DMA 6, DMA 7 i DMA 8). U tim okolnostima, najpovoljnija rješenja su prikazana na Slika 5.9 pod a) do c).

U slučaju da se u zoni DMA 6 javljaju nedostatni tlakovi za normalnu opskrbu vodom (kao posljedica zatvaranja rubnog zasuna na granici sa zonom DMA 4), potrebno je na lokaciji oko tog zasuna ugraditi dodatni mjerač protoka, što je prikazano na Slika 5.9. pod e).

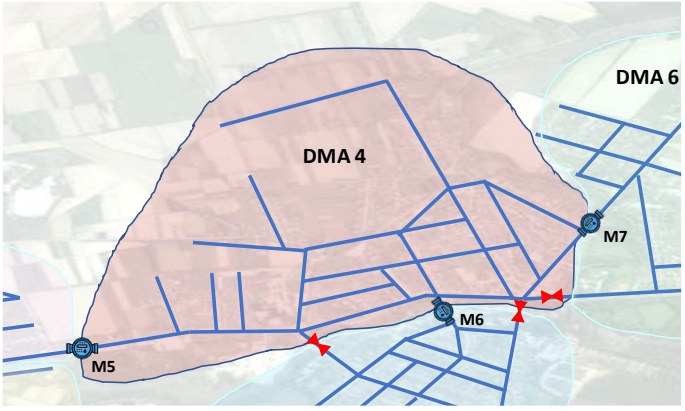
U slučaju da se u zoni DMA 5 ili DMA 7 ili DMA 8 javljaju nedostatni tlakovi za normalnu opskrbu vodom (kao posljedica zatvaranja rubnog/rubnih zasuna na granici zone DMA 5 sa zonom DMA 4), potrebno je na lokaciji oko tog zasuna ugraditi dodatni mjerač protoka ili dodatne mjerače protoka, što je prikazano na Slika 5.9. pod d) do h).



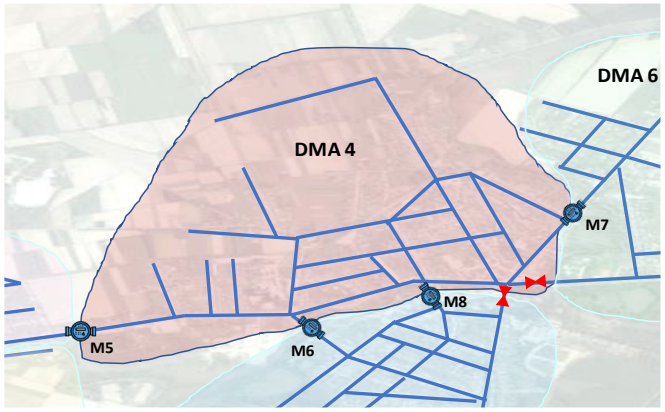
a)



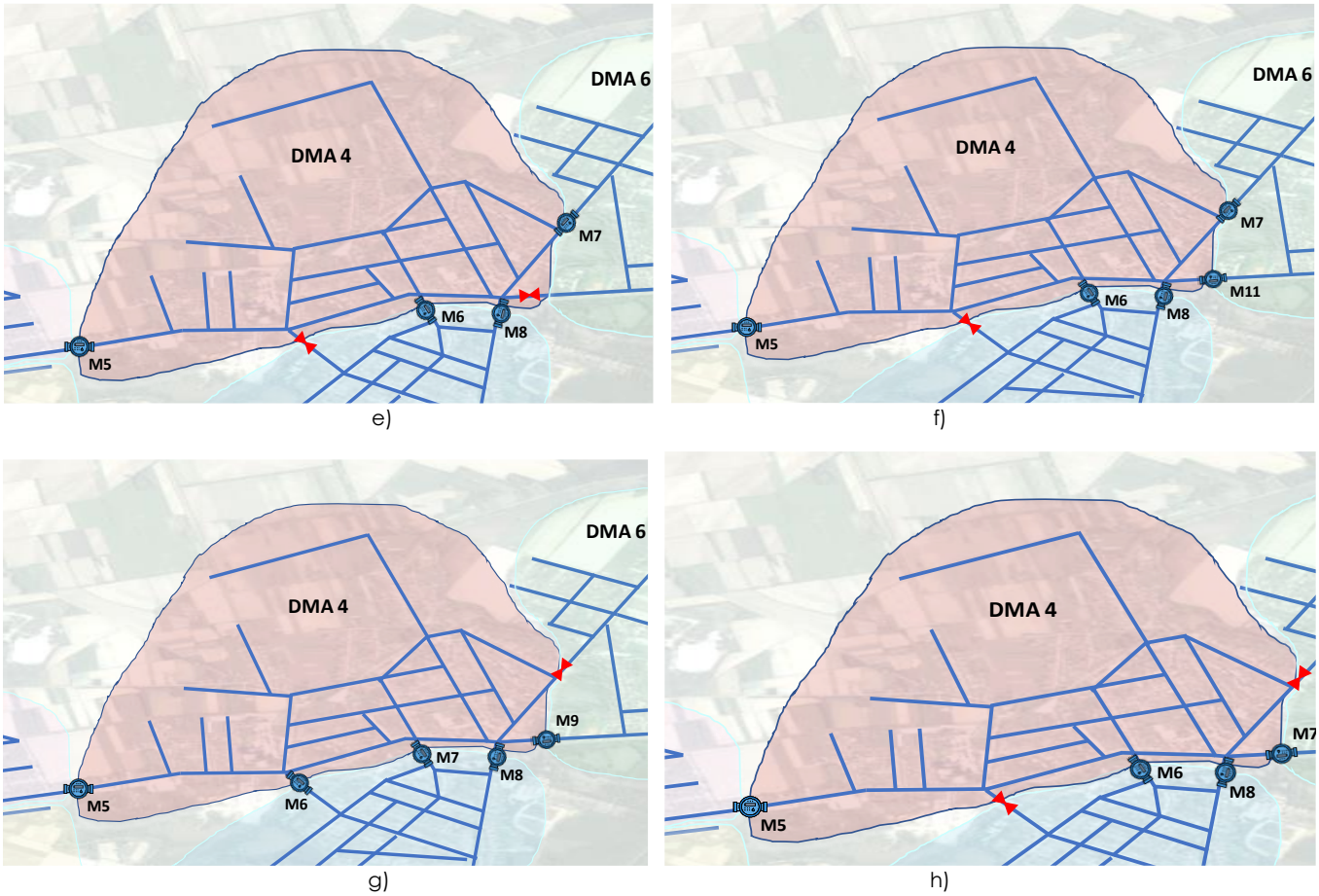
b)



c)



d)



Slika 5.9. Potencijalni načini definiranja granica zone DMA 4 formirane u sklopu primjera sa Slika 5.8.

5.1.7 Testiranje DMA zona

Nakon kreiranja DMA zona, potrebno je provesti ispitivanje zatvaranja zasuna kako bi se provjerila njihova učinkovitost i identificirali zasuni koje je potrebno zamijeniti. Utvrđivanje pouzdanosti granica DMA zona, osobito u slučaju njihovog povezivanja s drugim DMA zonama ne smije se podcijeniti, jer samo jedan neučinkovit zasun (koji bi trebao biti zatvoren, ali nije i propušta određenu količinu vode) može rezultirati pogrešnim zaključcima o procjeni curenja za dvije DMA zone.

S obzirom na isti aspekt, važan razlog za utvrđivanje granice DMA zona s lokacijom rubnih zasuna koji se zatvaraju što bliže hidrauličkim ravnotežnim točkama jest ograničiti bilo kakav protok kroz zasun, čak i u slučaju njegovog nepotpunog zatvaranja. Kada se potvrdi zatvorenost zasuna, a nakon uspostave DMA zona, potrebno je pratiti tlak unutar svake DMA zone kako bi se ispitalo jesu li tlakovi u skladu s projektiranim rješenjem. Scenarij upravljanja DMA zonama pri vršnim protocima ili protokom pri gašenju požara može se simulirati otvaranjem hidranta kako bi se ispitali hidrauličko-pogonski uvjeti. Ako se projektirani hidrauličko-pogonski uvjeti ne mogu održati, odnosno ukoliko dođe do pada tlaka na vrijednosti niže od onih koje osiguravaju normalnu opskrbu krajnjih korisnika vodom, tada je potrebno revidirati kreirane DMA zone i detaljno provjeriti svaku DMA zonu i prema potrebi provesti izmjene.

Česti su sljedeći problemi na terenu:

- Postojanje nepoznatih zatvorenih ili djelomično zatvorenih zasuna, što dovodi do pada tlaka u DMA zoni više nego što je to proračunima (prethodnim analizama) utvrđeno
- Postojanje otvorenih zasuna koji bi trebali biti zatvoreni. U tom slučaju bilanca vode za konkretnu DMA zonu neće biti točna, kao ni utvrđivanje stvarnih gubitaka u toj i susjednoj DMA zoni

- Postojanje cjevovoda kroz koje protječe vode iz DMA zone u DMA zonu, koji prethodno nisu identificirani pri opisu postojećeg stanja i izrade matematičkog modela. U tom slučaju bilanca vode za konkretnu DMA zonu neće biti točna, kao ni utvrđivanje stvarnih gubitaka u toj i susjednoj DMA zoni

Ukoliko provjere na terenu ne otkriju nijedan od prisutnih problema, vjerojatno je da postoji greška u kreiranju DMA zone. Korištenje matematičkog modela omogućava lakše identificiranje i rješavanje takvih problema u fazi kreiranja DMA zona.

Nakon što je DMA zona kreirana, preporuča se provesti *test nultog tlaka*. Ovo uključuje zatvaranje opskrbe vodom DMA zone i provjeru da li tlak opada prema nuli. Sve rubne zasune potrebno je provjeriti kako bi se utvrdilo jesu li potpuno zatvoreni. Ako se otkriju neispravni zasuni, potrebno ih je zamijeniti i *test nultog tlaka* ponoviti.

Standardna procedura provođenja *testa nultog tlaka* je kako slijedi:

1. Označiti rubne zasune označavanjem poklopaca zasunskih okana ili zasunskih kapa (npr. često bojanjem poklopca/kape lako uočljivom bojom)
2. Organizirati provođenje testiranja u ranim jutarnjim satima između 1:00 i 5:00 sati. Obavijestiti krajnje korisnike s posebnim potrebama za vodom (bolnice, zdravstvene ustanove, privreda s radom u noćnoj smjeni, itd.)
3. Osigurati da radno osoblje ima planove koji pokazuju granice DMA, rubne zasune i ventil ulaza u DMA zonu
4. Postaviti mjerače tlaka ili manometre na ključne lokacije unutar DMA zone
5. Zatvoriti zasun na ulazu u DMA zonu kako bi se izolirala DMA zona
6. Analizirati podatke o tlaku. Ako tlak padne na nulu, vjerojatno je da su granice DMA zone učinkovito zatvorene ili, ako postoji nepoznati povezni cjevovod ili poluzatvoren zasun, protok kroz taj cjevovod ili zasun je vrlo mali. Međutim, ako se nakon 10-15 minuta tlak nije približio nuli, potrebno je napraviti dodatnu provjeru simuliranjem potrošnje (npr. otvaranjem hidranta unutar DMA zone), a što bi trebalo smanjiti tlak na nulu. Ako nema nepoznatih poveznih cjevovoda, tlak bi trebao ostati na niskoj razini kada se zasun na ulasku u DMA zonu zatvori
7. Ako test ne uspije, tj. tlak ostaje visok, vjerojatno postoji nepoznati povezni cjevovod ili djelomično otvoren zasun. Potrebno je provesti dodatna istraživanja, možda s dodatnom podjelom razmatrane DMA zone na manje DMA zone (podzone), kako bi se identificirao nepoznati ulaz
8. Nakon završetka testa, zasun na ulazu u DMA zonu je potrebno otvoriti. Tlak je potrebno stalno pratiti kako bi se osiguralo da je ponovno uspostavljena normalna opskrba u DMA zoni

Pri manipulaciji zasunom na ulazu u DMA zonu, isti je potrebno zatvarati kroz vremenski period od min. 10-15 minuta s ciljem izbjegavanja pojave vodnih udara. Kroz isti vremenski period potrebno je vršiti i otvaranje zasuna na ulazu u DMA zonu.

5.1.8 Odabir mjerača protoka

Mjerač protoka trebao bi biti u mogućnosti točno mjeriti i male protoke, a pri vršnim protocima ne bi trebao generirati veće lokalne gubitke tlaka. Najnovija tehnologija mjerača protoka omogućava odabir mjerača koji može točno mjeriti široki raspon protoka, kako vršne satne protoke tako i čitav raspon sezonskih, dnevnih i satnih varijacija, uključivo i minimalne noćne protoke u DMA zonama, te vrlo male protoke povezane s provođenjem step testa.

Izbor veličine i vrste mjerača protoka ovisi o:

- Profilu cjevovoda na koji se ugrađuje
- Očekivanom rasponu protoka
- Gubicima tlaka pri vršnim protocima
- Zahtjevima za protok u suprotnom smjeru (kod povezanih DMA zona gdje voda može teći u oba smjera)
- Zahtijevane točnosti i ponovljivosti
- Zahtjevima za slanje podataka
- Troškovima nabave i ugradnje mjerača
- Troškovima održavanja i zahtjevima za održavanje
- Preferencijama isporučitelja vodnih usluga s ciljem postizanja maksimalne homogenosti sustava i opreme

Elektromagnetski mjerači protoka punog promjera ocjenjuju se prikladnim za primjenu na ulazima i izlazima iz DMA zona jer ih karakterizira zadovoljavajuća točnost pri malim protocima bez značajnog utjecaja na lokalni gubitak tlaka pri vršnim

protocima. Međutim, elektromagnetski mjerači su obično skupi u nabavi i ugradnji i u većini slučajeva zahtijevaju vanjski izvor napajanja. Ultrazvučni mjerači protoka imaju slične nedostatke, ali niže troškove instalacije jer nije potrebno rezanje cijevi. Insertni mjerači, iako manje točnosti u odnosu na mjerače punog promjera, mogu biti korisni, posebno kao privremeno rješenje kada je početna razina curenja vrlo visoka.

Najlakši način za maksimiziranje točnosti je smanjiti broj ulaza u DMA zonu i izlaza iz DMA zone. Poželjno je da se pri kreiranju DMA zone ugrađuje što manji broj mjerača protoka. Svaki mjerač protoka podložan je manjim greškama u mjerenju. Stoga se s povećanjem broja mjerača protoka kojima se formira jedna DMA zona, povećava i vjerojatnost ukupne greške pri izradi bilance vode za tu DMA zonu.

Pri dimenzioniranju i odabiru mjerača protoka treba uzeti u obzir lokalne gubitke tlaka i neravnomjernosti protoka (sezonske, dnevne, satne). Ako je očekivan protok u oba smjera, potrebno je odabrati mjerač s takvom sposobnosti. Također treba uzeti u obzir dodatno smanjenja protoka koje će vjerojatno biti rezultat smanjenja stvarnih gubitaka.

Ako se za kreiranje DMA zona primjenjuje matematički model, isti bi se trebao koristiti za predviđanje raspona protoka u cjevovodu na kojem se ugrađuje mjerač protoka, uzimajući u obzir neravnomjernosti protoka. Ako model nije dostupan, može se ugraditi privremeni insertni mjerač ili postaviti mobilni ultrazvučni mjerač s parom sondi koje su postavljaju s vanjske strane cijevi, kako bi se procijenio raspon protoka, uz određena prilagođavanja za sezonske neravnomjernosti.

5.2 Uspostava i upravljanje DMA zonama

5.2.1 Provjera DMA zona nakon uspostave

Nakon ugradnje svih mjerača protoka na ulazima i izlazima iz DMA zona i uspostavljanja trajnih granica DMA zona (uz eventualnu dodatnu potrebu za zatvaranjem rubnih zasuna), potrebno je izvršiti određene provjere, kako bi se osiguralo sljedeće:

- da su svi mjerači protoka ispravno rade
- da nema operativnih problema (npr. gubitaka tlaka većih od očekivanih i osigurana normalna opskrba vodom krajnjih korisnika)
- da su svi rubni zasuni koji su zatvoren ventili u ispravnom stanju i ne propuštaju vodu

Dodatno je s ciljem potpune kontrole i kvalitetnog upravljanja DMA zonom potrebno utvrditi prosječan tlak u DMA zoni. Pritom se preporuča provesti makar i kratkotrajna (3-7 dana u kontinuitetu) mjerenja tlaka na svega nekoliko lokacija unutar DMA zone.

Mjereni protoci na ulazima i izlazima iz DMA zona, kao i mjereni tlakovi unutar DMA zona trebaju se bilježiti nekoliko dana (2-7 dana), a prikupljeni podaci analizirati kako bi se odredila postojeća razina stvarnih gubitaka, kao i osnovne hidrauličke karakteristike unutar svake DMA zone.

5.2.2 Upravljanje DMA zonama

Nakon što je svaka DMA zona provjerena, svi daljnji radovi odnose se na upravljanje DMA zonama, što uključuje početnu uspostavu svih procedura i naknadne rutinske operacije.

Početna uspostava ključnih procedura podrazumijeva sljedeće:

- Bilježenje mjerenih podataka (vremenski inkrement zapisa i dr.)
- Slanje mjerenih podataka prema centralnom sustavu/jedinici
- Preuzimanje mjerenih podataka i njihova obrada (provjera ispravnosti, izrada bilance vode za svaku pojedinu DMA zonu, analiza minimalnog noćnog protoka, izračun stvarnih gubitaka iz podataka o minimalnom noćnom protoku, izračun osrednjene vrijednosti stvarnog gubitka na dnevnoj/godišnjoj razini)
- Informiranje odgovarajućeg osoblja o promjenama u statusu otvorenosti/zatvorenosti zasuna

- Utvrđivanje prioritetnih aktivnosti u sklopu mjere aktivne kontrole curenja
- Praćenje pritužbi korisnika, posebno za promjene boje/mutnoće vode, niske tlakove te smanjene količine ili potpuni nedostatak vode

Naknadne rutinske operacije upravljanja DMA zonama, s druge pak strane, uključuju sljedeće aktivnosti:

- Da su rubni zasuni DMA zona jasno označeni za identifikaciju od strane svog radnog osoblja na upravljanju/održavanju vodoopskrbnim sustavim i vodnim gubitcima
- Da se status zatvorenih rubnih zasuna redovito provjerava
- Ako se granica DMA zone mora otvoriti u iznimnim okolnostima, da se odgovarajući podatci o protoku ne uzimaju u obzir za procjenu stvarnih gubitaka/curenja
- Da se bilanca vode u svakoj DMA zoni, kao i protoci na svakom mjernom mjestu kontinuirano prate zbog dosljednosti podataka, a time i uočavanja bilo kakvih promjena i donošenja zaključaka vezanih za isto. Dnevna bilanca vode u svakoj DMA zoni trebala bi slijediti standardni obrazac potrošnje vode unutar DMA zone. Ako se uoče određena odstupanja, to može ukazivati na probleme s rubnim zasunima ili mjeračima protoka, ilegalnu potrošnju vode i dr. Povećanje stvarnih gubitaka u pravilu se evidentira kroz kontinuirano povećanje minimalnog noćnog protoka i nije nužno vidljivo tijekom dana. U slučaju uočavanja bilo kakvih odstupanja od određenih standarda, potrebno je provesti detaljne analize s ciljem donošenja konkretnih i točnih zaključaka

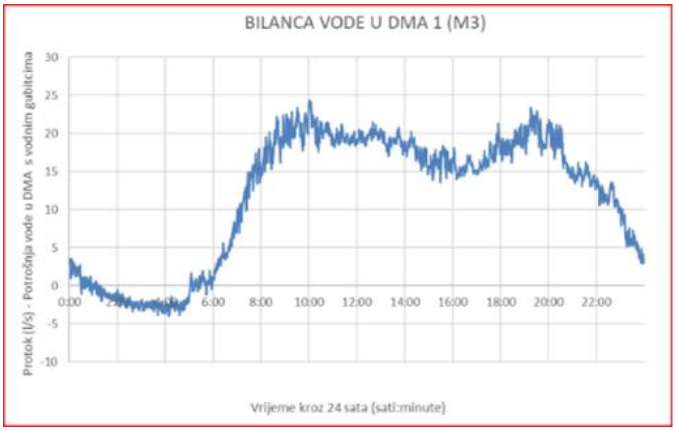
5.2.3 Izrada bilance vode za svaku DMA zonu s izračunom stvarnih gubitaka iz minimalnog noćnog protoka

Maksimalno pojednostavljeno, stvarni gubitaka/curenje u DMA zoni predstavlja razliku između ulaza u DMA zonu (u slučaju da iz DMA zone ne izlazi voda prema drugoj DMA zoni) i potrošnje vode u toj DMA zoni. Ukoliko DMA zona ima i ulaze i izlaze, tada se gleda razlika mjerenih protoka na ulazima i izlazima iz DMA zone i od dobivene vrijednosti se oduzima potrošnja vode u toj zoni. Kada je DMA zona uspostavljena, ulazi i izlazi se mjere izravno putem mjerača protoka. Kvantificiranje potrošnje korisnika, s druge strane, nije direktno definirano i podliježe određenim procjenama. Čak i ako svi krajnji korisnici imaju mjerenu potrošnju (ugrađen vodomjer na svakom priključnom vodu, podatci o potrošnji vode nisu jednoznačno određeni i podložni su mnogim faktorima koji se ne mogu lako kvantificirati, poput pogrešaka mjerača, ilegalne potrošnje vode, neredovitom očitanju vodomjera i dr.

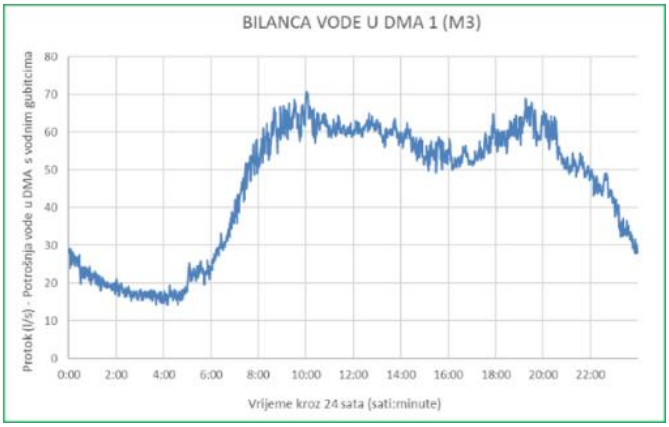
Izrada bilance vode za svaku DMA zonu predstavlja osnovu upravljanja DMA zonama, jer se iz bilance vode detaljnije analizira minimalnih noćni protok, a iz njega stvarna curenja.

Izuzetno je važno da bilanca vode u svakoj DMA zoni bude pozitivna te da se provjerava na dnevnoj razini. U slučaju da vrijednosti protoka u sklopu izrađene bilance vode poprime negativnu vrijednost, bilanca vode se ocjenjuje pogrešnom/neodgovarajućom. Navedeno može ukazivati na greške u mjerenju protoka, propuštanju vode na rubnim zasunima koji bi trebali biti zatvoreni, postojanjem poveznog cjevovoda koji prethodno nije registriran, a kroz koji voda može ulaziti i izlaziti iz DMA zone bez registracije protoka.

Na Slika 5.10. su dana dva hipotetska primjera bilance vode u zoni DMA 1, prikazanoj prethodno na Slika 5.2. Na slici lijevo (a) dan je primjer neodgovarajuće bilance vode, kod koje vrijednosti protoka u noćnom periodu poprimaju negativne vrijednosti, dok je na slici desno (b) dan primjer odgovarajuće bilance vode.



a)



b)

Slika 5.10. Primjer bilance vode u DMA zoni: a) neodgovarajuća bilanca vode; b) odgovarajuća bilanca vode

Analiza bilance vode, prvenstveno protoka tijekom noćnog perioda, određuje je li se potrošnja u bilo kojoj DMA zoni progresivno i konzistentno povećavala, čime se ukazuje na puknuće ili neotkriveno curenje. Ukoliko se uoči povećanje noćnog protoka koje može ukazivati na pojavu kvara, odnosno curenja, osoblje koje radi na održavanju vodoopskrbne mreže tada se može poslati na teren radi mikrolociranja mjesta curenja.

Minimalni noćni protok (MNP) je najniži protok u DMA zoni. U većini slučajeva, ovaj protok će se u najvećem dijelu sastojati od curenja, s relativno malim količinama koje se odnose na noćnu potrošnju krajnjih korisnika. U jednostavnim DMA zonama sa samo jednim ulazom i bez izlaza, noćni protok će biti registriran na tom jednom mjeraču. U slučaju većeg broja mjerača protoka kojima se kontrolira DMA zona, pri analizi bilance vode i MNP-a potrebno je uzeti u razmatranje potencijalne greške mjerača.

S obzirom da noćni protok u kraćim vremenskim periodima zapisa mjernih uređaja (1 minuta, 5 minuta, 15 minuta) u pravilu značajnije oscilira, minimalni noćni protok bi trebalo računati kao prosjek u određenom vremenskom razdoblju. Pritom se često 1 sat uzima kao mjerodavni vremenski period.

S obzirom da MNP može oscilirati od dana do dana, a što može biti uvjetovano različitim faktorima (promjenama u dinamici noćne potrošnje od strane stanovnika, turista i privrede), MNP bi trebalo računati kao prosjek u određenom vremenskom razdoblju (barem nekoliko dana).

Važno je razumjeti sastav noćnog protoka, jer se on sastoji od potrošnje vode od strane krajnjih korisnika kao i vodnih gubitaka. Problematične DMA zone, tj. zone u kojima je uočeno povećanje razine noćnog protoka mogu se tada detaljnije analizirati i ispitati kroz ostale aktivnosti AKC-a, poput „step testa“, traženja curenja akustičnim metodama (korelatori, geofoni, loggeri šuma i dr.). Pri analizi povećanog noćnog protoka u pojedinoj DMA zoni važno je znati prepoznati je li do povećanja noćnog protoka došlo zbog povećane noćne potrošnje od stanovništva (punjenje bazena, zalijevanje vrtova i sl.) ili privrede (pokretanje kampanjskog rada pogona s uključivanjem noćne smjene i dr.) ili je velika vjerojatnost da se radi o povećanju stvarnih gubitaka (novo curenja ili povećanje intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima.

Preporučuje se da se noćna potrošnja korisnika podijeli u najmanje tri kategorije potrošnje u odnosu na vrstu potrošnje u vodoopskrbnoj mreži. Te kategorije su:

- Kućanstva
- Javne i uslužne djelatnosti te objekti ugostiteljskog i sportsko-rekreativnog sadržaja koji troše vodu uglavnom tijekom dana
- Specifični korisnici, koji mogu obuhvatiti industrijske i poljoprivredne potrošače, zdravstvene institucije (bolnice i sl.) i dr.

Podatci koji pridonose kvalitetnijoj procjeni noćne potrošnje korisnika obuhvaćaju sljedeće:

- Broj stanovnika
- Broj kućanstava (tj. pojedinačni stanovi u zgradama i kuće)

- Broj privrednih priključaka
- Identifikacija ostalih potrošača za koje se procjenjuje da imaju noćni protok > 0,5 m^3/h, koji se klasificiraju s neredovitom potrošnjom (npr. punjenje bazena, zalijevanje vrtova u ljetnim sušnim mjesecima i sl.)
- Dodatni detalji o različitim kategorijama potrošača (industrija, turizam i dr.)

Potrošnju vode od strane krajnjih korisnika (stanovnika i privrede) tijekom perioda s MNP-om potrebno je procijeniti. Pritom je na raspolaganju nekoliko metoda koje su se pokazale opravdanima u svjetskoj praksi. U ovom priručniku preporučeno je korištenje maksimalno pojednostavljene metodologije izračuna potrošnje vode tijekom MNP-a, kao i izračuna stvarnih gubitaka iz mjerenja MNP-a. U poglavlju 6.2 (Prilog 2 – Izračun stvarnih gubitaka prema Bottom-Up metodi) detaljno je opisana metodologija i tijek izračuna stvarnih gubitaka iz mjerenja MNP-a. Dodatno je u poglavlju 6.2.2 opisan način korištenja pripremljenog Toolkit-a za izradu bilance vode u DMA zoni iz rezultata mjerenja protoka na svim ulazima i izlazima iz DMA zone, kao i izračun stvarnih gubitaka iz mjerenog MNP-a. Toolkit je izrađen kao računarski program u Excelu, koji se u slobodnoj verziji dostavlja kao prilog ovog priručnika i namijenjen je slobodnom korištenju.

Svakako je potrebno biti oprezan kod primjene ove metode u pojedinim periodima godine (npr. u ljetnim mjesecima) kada u manjim zonama zbog sezonskih potreba za vodom (zalijevanja zelenila, punjenja bazena i dr.) ista može, posebice u primorskim sušnijim krajevima, dovesti do pogrešnog izračuna ovlaštene noćne potrošnje.

U kasnijim fazama upravljanja DMA zonama, nakon što se veći dio stvarnih curenja locira i kvarovi na vodoopskrbnoj mreži uklone te inicijalno visoki stvarni gubitci značajnije smanje, potrebno je minimalni noćni protok detaljnije analizirati, jer postaje sve teže dodatno smanjiti razinu curenja. U tom kontekstu, potrebno je detaljnije razumjeti, analizirati i definirati pozadinska curenja. Pojedinačna pozadinska curenja predstavljaju curenja vrlo malog intenziteta (manje od 0,5 m^3/h pri tlako od 5,0 bar), koja su pojedinačno premala da bi ih se uspješno otkrivalo vizualnim ili akustičnim metodama, koje se standardno koriste u praksi. Pozadinska curenja su prethodno detaljnije objašnjena u poglavlju 4.4.

Podatci za utvrđivanje pozadinskih curenja u DMA zoni uključuju sljedeće:

- Duljina vodovodnih cijevi
- Broj priključaka (kućanstva i privredni subjekti)
- Prosječna duljina priključaka
- Prosječni tlak tijekom noćnog perioda i dr.

Za definiranje pozadinskih curenja u današnjoj svjetskoj praksi najraširenija je primjena BABE metode (engl. Breaks and Background leakage Estimates), inicijalno razvijena u Velikoj Britaniji. BABE metoda je sveobuhvatna jer uz pozadinska curenja omogućava definiranje i prijavljenih i neprijavljenih curenja. Danas su na raspolaganju različiti računarski paketi za BABE metodu, neki dostupni i kao besplatni alati. Primjerice, u Hrvatskoj je na raspolaganju računarski paket u Excelu, „Izračun BABE vrijednosti istjecanja u cjevovodu za rekonstrukciju.xlsx“, razvijen kao prilog dokumenta „Metodologija obračuna smanjenja gubitaka vode u projektima rekonstrukcija vodne infrastrukture financiranih iz NPOO, pripadajuće upute za JIVU i program za kalkulacije i provjeru ostvarenih ušteda“ (Kovač, J., 2022).

5.2.4 Izračun stvarnih gubitaka uprosječenih na dnevnoj i godišnjoj razini

Metoda minimalnog noćnog protoka za kvantificiranje curenja obično je najtočnija, jer predstavlja gotovo izravno mjerenje curenja. Međutim, zbog utjecaja tlaka na curenja potrebno je na ispravan način iz vrijednosti noćnog curenja izračunati prosječnu vrijednost curenja na razini dana. Utjecaj tlaka na curenja detaljnije je objašnjen u poglavlju 4.5.

Noću su tlakovi obično maksimalni ukoliko se promatra period od jednog dana (24 sata), jer je potrošnja vode minimalna. Međutim, tlak oscilira tijekom cijelog dana i s druge pak strane minimum postiže u dnevnom periodu pri maksimalnoj potrošnji vode, zbog povećanih hidrauličkih gubitaka unutar cjevovodne mreže uvjetovanih povećanom brzinom tečenja. S obzirom da je intenzitet curenja ovisan o tlaku u mreži, u noćnom periodu s maksimalnim tlakovima intenzitet curenja je veću u odnosu na ostale periode unutar 24 sata. Prema tome, nije korektno vrijednost curenja utvrđenu u jednom satu tijekom noćnog perioda s maksimalnim tlakovima pomnožiti s 24 (broj sati u danu), s ciljem dobivanja dnevne količine curenja, jer bi se time dobila neracionalno velika vrijednost ukupnog curenja u jednom danu. Stoga je prethodno utvrđenu vrijednost curenja u noćnom periodu s maksimalnim tlakovima potrebno osrednjiti na dnevnoj razini (kroz period od 24 sata), koristeći u izračunu srednju dnevnu vrijednost tlaka. Pritom se preporuča korištenje FAVAD metode, koja je detaljnije objašnjena u poglavlju 4.5.1.

Kada se osrednjena vrijednost stvarnih gubitaka u periodu od 24 sata pomnoži s brojem dana u godini dobije se ukupna godišnja vrijednost stvarnih gubitaka.

Određivanje srednjeg tlaka u vodoopskrbnoj mreži na razini cijelog dana, koji se treba koristiti kod primjene FAVAD metode za izračun osrednjene dnevne vrijednosti curenja detaljnije je opisano u poglavlju 2.2.1.2.2.

5.3 Planiranje i uspostava „virtualnih“ DMA zona

Formiranje DMA zona/podzona, odnosno uspostava sustava mjerenja i praćenja nužna je za potrebe izračuna i analize stanja gubitaka te hitnih aktivnosti koje proizlaze toga. Takav pristup u urbanim cjelinama, gdje vodoopskrbni sustav nije “kazetno” formiran već su opskrbni cjevovodi ujedno i transportni cjevovodi može biti problematičan iz više razloga.

Da bi se formirale zone u gusto urbaniziranim sredinama vrlo često je potrebno formirati veći broj mjerno-regulacijskih okana po svakoj zoni što utječe na povećanje troškova implementacije i održavanja.

Zatvaranjem većeg broja rubnih zasuna mijenja se hidraulika sustava te je moguća pojava nedostatnih tlakova na “nizvodnim” dijelovima sustava.

Zatvaranjem većeg broja rubnih zasuna pojavit će se i povećano zadržavanje vode na novo formiranim slijepim ograncima, posebno na dionicama većih profila, što će tražiti češće ispiranje i monitoring kvalitete vode.

Zatvaranjem pojedinih rubnih zasuna može doći do promjene smjera tečenja vode kroz pojedine dionice vodoopskrbne mreže, što može rezultirati podizanjem taloga s dna cijevi i zamućenjem vode, a što se negativno odražava na kvalitetu usluge.

Iz navedenih razloga opravdano je uspostaviti tzv. “virtualne” DMA zone. One su zamišljene na način da se ne mijenja ili u bitnome ne mijenja hidraulika sustava, već se na ključnim mjestima unutar većih DMA zona formiraju mjerna mjesta koja neće u bitnome služiti za izračune vodne bilance unutar zona/podzona, već za praćenje trendova i alarmiranje pri pojavi neuobičajenih pogonskih stanja (npr. povećanje noćnog protoka koje može ukazivati na pojavu novog kvara ili povećanje curenja na postojećim kvarovima) unutar virtualne DMA zone.

5.4 Odabir prioritetnih DMA zona za provođenje mjera AKC-a

5.4.1 Određivanje ciljeva

Nakon što se uspostavi nekoliko DMA zona, MNP se mogu analizirati na dnevnoj razini, a time i curenja. Nakon što se utvrdi da je u pojedinim DMA zonama došlo do novog kvara/curenja ili povećanja intenziteta curenja na postojećim puknućima/oštećenjima, potrebno je definirati redoslijed prioriteta DMA zona u koje će se slati radne ekipe na provođen je aktivnosti AKC-a (lociranje kvarova i njihova sanacija.

Detalji postavljanja ciljeva i potrebnih resursa za cijeli vodoopskrbni sustav izvan su opsega ovog priručnika. Međutim, potrebno je u sažetom obliku opisati kako postavljanje ciljeva utječe na odabir prioritetnih DMA zona za lociranje kvarova i njihovu sanaciju.

Postoji više različitih ciljeva provođenja programa kontrole curenja u vodoopskrbnoj mreži. Među najznačajnijima se ističu:

- Poboljšanje trajanja, pouzdanosti i kvalitete opskrbe
- Sprječavanje prekomjernog korištenja prirodnih vodnih resursa
- Smanjenje pogonskih troškova prerade vode za piće i pumpanja vode kroz vodoopskrbnu mrežu
- Ispunjavanje regulatornih ciljeva/ograničenja vezanih uz zahvaćanje maksimalno dozvoljenih količina vode iz prirodnih izvora/vodozahvata i uz vodne gubitke

Specifični ciljevi u pravilu su definirani u strateškim planovima JIVU-a (koncepcijska rješenja unaprjeđenja sustava, individualni akcijski planovi smanjenja vodnih gubitaka i dr.), ovisno o vlastitim politikama upravljanja vodoopskrbnim sustavima. U sklopu

istih između ostalog je definirano i koncepcijsko rješenje uspostave DMA zona, kao i ostale mjere smanjenja vodnih gubitaka, uključivo i učinkovitost svake pojedine mjere na smanjenje vodnih gubitaka. Pristup za postizanje ciljeva curenja u gotovo svim slučajevima će se temeljiti na kombinaciji svih mjera koje su prethodno navedene u poglavlju 1. Neovisno o navedenom, pojedina iskustva uspješnih JIVU-a u smanjenju vodnih gubitaka ukazuju na osobitu važnost sljedećih mjera:

- Upravljanje tlakom
- Upravljanje DMA zonama
- Aktivna kontrola curenja (AKC)
- Upravljanje kvarovima i njihovom sanacijom
- Upravljanje imovinom (zamjena cjevovoda i dr.)

Važno je zapamtiti da, bez obzira na pristup i uključenost pojedinih mjera u program smanjenja vodnih gubitaka, cilj nije samo smanjenje postojećeg nivoa vodnih gubitaka na razinu koja se ocjenjuje prihvatljivom, već i održavanje postignutog nivoa u budućnosti.

Procjena ciljanog smanjenja stvarnih gubitaka kroz provođenje mjere AKC-a trebala bi se provoditi uz istovremenu procjenu potrebnih resursa (kadrovskih i financijskih) za lociranje i sanaciju kvarova. Ovisno o specifičnostima pojedinih vodoopskrbnih sustava, početna potreba za kadrovima pri uspostavi DMA zona i početnog provođenja mjera AKC-a (lociranje kvarova i sanacija) može biti znatno veća od naknadnih potreba za održavanjem prihvatljivog nivoa stvarnih gubitaka nakon postizanja cilja. Stoga se mnogi JIVU-i u početnim fazama nakon uspostave DMA zona i potrebe za značajnijim smanjenjem stvarnih gubitaka u odnosu na potencijalno veliki broj kvarova, okreću outsourcing-u (angažmanu vanjskih tvrtki) za lociranje i sanaciju kvarova. Navedeno ne znači da radno osoblje JIVU-a ne sudjeluje u provođenju istih aktivnosti, već upravo suprotno, da se uz maksimalni angažman radnog osoblja JIVU-a odvijaju paralelne aktivnosti na različitim dijelovima sustava od strane vanjske tvrtke. Time se postiže znatno veća učinkovitost smanjenja stvarnih gubitaka u kraćem vremenskom periodu, a što bio trebao biti jedan od glavnih ciljeva u početnim fazama nakon uspostave DMA zona.

5.4.2 Metode za odabir prioritetnih DMA zona

Kada se preuzmu podatci o mjerenim protocima i kada se izrade bilance vode za sve DMA zone, u slučaju povećanja noćnih protoka, a koji se ne mogu pripisati potrošnji vode od strane krajnjih korisnika, odabiru se prioritetne zone u koje se šalju radne ekipe koje provode daljnje aktivnosti AKC-a na lociranju curenja i sanaciji kvarova. Međutim, prije slanja radnih ekipa na teren, preporuča se provesti nekoliko dodatnih kontrolnih ispitivanja:

- Je li povećanje noćnog protoka nastalo nekoliko dana zaredom ili samo jedan dan? Dobro je provjeriti da povećanje traje više od jednog dana prije nego što se pošalju radne ekipe na teren
- Je li moguće da je povećanje noćne potrošnje posljedica promjene u potrošnji velikog korisnika (privrednog subjekta, turističkog objekta, zalijevanja vrtova, punjenja bazena i dr.)? Za velike korisnike korisno je imati zasebna mjerenja protoka kako bi se provjerili podatci o njihovoj potrošnji
- Je li moguće da se radi o ilegalnoj potrošnji vode (krađi vode) tijekom noćnog perioda
- Je li moguće da je došlo do promjene (povećanja) tlaka unutar sustava? Uz povećanje tlaka očekivano raste i količina curenja na postojećim puknućima/oštećenjima. O povećanju tlaka unutar vodoopskrbne mreže trebaju biti obaviješteni radnici na upravljanju vodnim gubitcima, ukoliko prethodno nisu uspostavljena kontinuirana mjerenja tlaka
- Je li moguće da je promjena rezultat radova na održavanju vodoopskrbne mreže? O takvim radovima trebaju biti obaviješteni radnici na upravljanju vodnim gubitcima
- Je li status rubnih zasuna promijenjen? Iznenadne promjene u protoku mogu biti uzrokovane otvaranjem ili zatvaranjem rubnih zasuna. O svim promjenama trebaju biti obaviješteni radnici na upravljanju vodnim gubitcima
- Jesu li svi mjerači protoka ispravni? Neispravan rad samo jednog mjerača, osobito na granici s drugim DMA zonama, može promijeniti vrijednost noćnog protoka, a time navesti na pogrešne zaključke
- Je li moguće da su vatrogasci izvodili vježbe ili gasili požar? Ovo bi trebalo biti registrirano i o tome bi trebali biti obaviješteni radnici na upravljanju vodnim gubitcima

Cilj je odabrati one DMA zone gdje su koristi smanjenja stvarnih gubitaka veće od uloženih sredstava na lociranje kvarova i njihovu sanaciju. To uključuje provođenje određenog oblika analize troškova/koristi, koja bi minimalno trebala uključiti sljedeće:

- Troškove lociranja kvarova i troškove sanacije kvarova
- Smanjenje nivoa curenja kao rezultat lociranja i sanacije kvarova
- Vrijednost uštede[1]
- Učestalost pojave novih kvarova/curenja[2]

Postoje praktični problemi povezani s ovim pristupom:

- Potrebna je analiza povijesnih podataka kako bi se napravila razumna procjena, što nije moguće kada su DMA-i tek postavljeni
- Može biti teško izračunati vrijednost uštede
- Optimalna primjena ovog pristupa zahtijeva fleksibilnost u dostupnosti timova za otkrivanje, što nije uvijek moguće

U postupku odabira prioritetnih DMA zona, preporuka je da se koriste i uspoređuju podatci o jediničnim vrijednostima stvarnih gubitaka, izraženi u l/priključni vod/d, m^3/km/h, m^3/km/d, i dr., te ekonomskoj vrijednosti stvarnih gubitaka (umnožak stvarnih gubitaka na godišnjoj razini i jedinične ekonomske vrijednosti stvarnog gubitka).

DMA zone bi trebale biti rangirane od onih najlošijih po pitanju ključnih pokazatelja stvarnih gubitaka prema najboljima. DMA zone s najvećim jediničnim i ekonomskim vrijednostima stvarnih gubitaka trebaju imati težinu prioriteta za daljnje provođenje aktivnosti AKC-a.

U većini slučajeva preporuča se vrednovati DMA zone prema jediničnoj vrijednosti stvarnih gubitaka izraženoj po priključnom vodu (l/priključni vod/d), u kombinaciji s ekonomskom vrijednosti stvarnih gubitaka. Ovo je važno i s aspekta da je najveći udio troškova lociranja curenja povezan s brojem priključnih vodova (priključaka), jer se često najveći udio stvarnih curenja u korelaciji s brojem kućnih priključaka.

Međutim, ako je gustoća priključaka mala (manje od jednog priključka na 100 metara cjevovodne mreže), što je primjerice karakteristika u ruralnim područjima ili u urbanim sredinama gdje nekoliko priključnih vodova opskrbljuje veliki broj individualnih stanova, može biti prikladnije rangirati DMA zone prema jediničnoj vrijednosti stvarnih gubitaka izraženoj po kilometru cjevovodne mreže (m^3/km/h, m^3/km/d), u kombinaciji s ekonomskom vrijednosti stvarnih gubitaka. Ovo je važno i s aspekta da su pri malim gustoćama priključaka troškovi lociranja curenja u korelaciji s duljinom cjevovodne mreže.

5.4.3 Prioritizacija u okviru procesa upravljanja DMA zonama

Nakon što su definirana raspoloživa kadrovska i financijska sredstva za provođenje aktivnosti AKC-a (lociranja i sanacije kvarova), te nakon što su odabrane prioritetne DMA zone, potrebno je definirati prioritizaciju provođenja aktivnosti AKC-a. Definiranje prioritizacije provođenja aktivnost AKC-a trebalo bi provesti u maksimalno kratkom vremenskom periodu (od 1 dana do maksimalno 5 radnih dana).

Učinkovitost definiranja prioritizacije provođenja aktivnost AKC-a će se povećavati s vremenom, kako osoblje koje radi na upravljanju vodnim gubitcima i DMA zonama bude stjecalo više iskustva i znanja. S vremenom, kada se utvrde stvarni troškovi provođenja aktivnosti AKC-a, bit će moguće dati kritički osvrt na usvojenu metodologiju, kroz usporedbu stvarnih troškova s

[1] Vrijednost ušteda ovisi o okolnostima u DMA zoni. Svaki od četiri cilja navedena u poglavlju 5.4.1. trebao bi imati različitu marginalnu vrijednost ušteda u DMA zonama. Na primjer, vrijednost ušteda u DMA zoni koja se opskrbljuje pumpanjem iz vodozahvata s visokim pogonskim troškovima, obično će biti veća od vrijednosti ušteda u DMA zoni koja se kontinuirano opskrbljuje gravitacijom iz vodozahvata s niskim pogonskim troškovima (trošak je vezan isključivo uz kloriranje vode). Vrijednost poboljšanja trajanja, pouzdanosti i kvalitete opskrbe obično je veća od drugih ciljeva.

[2] U početku, provođenje AKC-a će rezultirati smanjenjem stvarnih gubitaka u DMA zoni. Kada se prestane provoditi AKC, broj kvarova i stvarni gubitci će postepeno rasti, sve dok ne vrate na prvotnu razinu. Ako broj kvarova i stvarni gubitci brzo rastu, tada će troškovi AKC-a biti dvostruko veći da bi se ostvarila ista učinkovitost. Ako kvarovi i curenja rastu sporo, troškovi provođenja istih aktivnosti se možda neće duplirati. Stoga je isplativije provoditi aktivnosti AKC-a u DMA zoni s visokim curenjem i niskom stopom rasta broja kvarova nego u istoj DMA zoni s visokim curenjem i visokom stopom rasta broja kvarova.

ostvarenim uštedama. Kao rezultat toga, ciljevi, raspoloživa kadrovska i financijska sredstva, te procjena učinka smanjenja stvarnih gubitaka, trebaju se periodički revidirati.

Kvalitetno definiran sustav prioritizacije provođenja aktivnosti AKC-a, omogućit će stručnjacima/radnom osoblju postizanje veće učinkovitosti u smanjenju vodnih gubitaka. Metodologija definiranja prioritizacije bi se s vremenom kod svakog JIVU-a trebala usavršavati, kako se prikupljaju detaljniji podaci o provođenju svih aktivnosti i njihovog učinka u svakoj DMA zoni.

Nakon odabira prioritetnih DMA zona radno osoblje prije izlaska na teren najprije radi podjelu odabranih DMA zona na odgovarajući broj podzona, sukladno raspoloživom broju mobilnih mjerača protoka i karakteristikama DMA zona. Preporuka je da JIVU ima na raspolaganju minimalno 3 mobilna mjerača protoka. Broj podzona na koje se pojedina DMA zona dijeli s ciljem provođenja kratkotrajnih mjerenja protoka i detektiranja manjeg opskrbnog područja (podzone) u kojoj se pojavilo novo curenje, ne mora biti ograničen brojem raspoloživih mobilnih mjerača i uvjetovan nastojanjem da se mjerenja u svim podzonama provedu istovremeno. Mjerenja u pojedinim podzonama mogu se provesti vremenski odvojeno, ali je potrebno voditi računa da u svakoj zoni mora biti mjeren protok u noćnom periodu (unutar vremenskog okvira 1:00 do 4:00 sati). Mjerenja protoka u svakoj podzoni moraju obuhvatiti minimalni vremenski period u kontinuitetu od 30 minuta. To znači da je tijekom jedne noći moguće mjeriti više podzona u različitim vremenskim periodima, uvažavajući prethodno definirano ograničenje i vrijeme potrebno da se mjerači protoka ugrade na odgovarajućim lokacijama, provjeri ispravnost njihovog rada, te prema potrebi u odgovarajućem vremenskom periodu zatvore dodatni rubni zasuni kojima će se formirati granica pojedinih podzona. Podzonsko mjerenje može se provesti i kroz nekoliko dana, na način da se postavljanje mjerača protoka podzona i zatvaranje rubnih zasuna obavi tijekom uredovnog radnog vremena (npr. 7:00 do 15:00 sati) te se sljedeći radni dan skinu podatci s mobilnih mjerača i analiziraju, a mjerenja prebace na drugu podzonu.

Nakon što se u sklopu podzonskih mjerenja detektiraju podzone s pojavom novog curenja, moguće je pristupiti novoj podjeli podzone na još manje podzonske cjeline, prema istoj metodologiji, ovisno o karakteristikama cjevovodne mreže i raspoloživom broju mobilnih mjerača protoka, odnosno o mogućnosti i opravdanosti formiranja manjih podzona. Cilj je koristeći raspoloživu mjernu opremu, u najkraćem mogućem vremenskom periodu detektirati što manje opskrbno područje u kojem se pojavilo novo curenje.

Kao alternativa prethodno opisanom klasičnom obliku podzonskih mjerenja može se tijekom noćnog perioda (1:00 do 5:00 sati) provesti *step test*. Provođenje *step testa* podrazumijeva izoliranje pojedinih dijelova cjevovodne mreže unutar određene DMA zone, na način postupnog izoliranja manjih područja od krajnjeg nizvodnog dijela prema krajnjem uzvodnom dijelu, odnosno prema ulazu vode u DMA zonu. Izoliranje pojedinih opskrbnih područja se postiže prvenstveno na način zatvaranja zasuna. Uz provođenje *step testa* nizvodni dijelovi vodoopskrbne mreže u DMA zoni se postepeno izoliraju zatvaranjem zasuna tako da nizvodni dio DMA zone ostaje u potpunosti bez vode. Smanjenje protoka odmah nakon izolacije (prekida opskrbe vodom) svakog pojedinog nizvodnog područja, odgovara zbroju minimalne noćne potrošnje vode u izoliranom dijelu mreže i curenja. Ukoliko je smanjenje protok značajnije, evidentno je da se radi o povećanim curenjima u izoliranom dijelu DMA zone. U svakom sljedećem koraku *step testa* izolira se dodatno opskrbno područje unutar DMA zone, te je lako uočiti područje u kojem su curenja najintenzivnija, te u istom nastavno provoditi lociranje i sanaciju kvarova. Paralelno s provođenjem *step testa* preporuča se praćenje tlaka u svakom koraku, kako bi se provjerilo je li zatvaranje zasuna potpuno i učinkovito, odnosno je li konkretno opskrbno područje u potpunosti izolirano.

Detaljniji opis metodologije za provođenje *step testa* nije obuhvaćen ovim priručnikom. Nastavno je dan samo sažetak ključnih čimbenika:

- Noćna potrošnja većih potrošača trebala bi biti registrirana/mjerena tijekom provođenja *step testa*
- Koraci u provođenju *step testa* bi trebali biti što manji. Drugim riječima, zatvaranjem pojedinih zasuna poželjno je izdvojiti što manja opskrbna područja
- Svi zasuni koji se zatvaraju trebaju se prije provođenja *step testa* provjeriti jesu li u potpunosti zatvoreni (propuštaju li vodu ili ne) i zamijeniti ako se utvrdi da su neučinkoviti

JIVU-i često nisu skloni provođenju *step* testa jer ono zahtjeva kratkotrajni prekid opskrbe vodom. Iako se radi o noćnom periodu te iako su krajnji korisnici uredno obaviješteni o provođenju *step testa* i prekidu opskrbe, dio krajnjih korisnika izražava negodovanje, a što se onda odražava i na (ne)spremnost JIVU-a za provođenjem takvih aktivnosti. Dodatna otegotna okolnost vezana uz provođenje *step testa* leži u činjenici da je najčešće potrebno zatvarati veliki broj zasuna kako bi se pojedina opskrbna područja izolirala. Navedeno može rezultirati promjenom smjera tečenja vode kroz cjevovodnu mrežu, što može dovesti do podizanja taloga s dna cijevi i povećanja mutnoće vode, što se opet odražava na (ne)zadovoljstvo krajnjih korisnika. Dodatno,

potpunim prekidom opskrbe u izolirana područja raste vjerojatnost pojave zraka u cjevovodnoj mreži, te ukoliko u DMA zoni nije ugrađen odgovarajući broj odzračnih ventila, nakon ponovnog puštanja izoliranog područja u pogon moguća je intenzivnija pojava novih kvarova i curenja. Kako bi se prevladale spomenute otegotne okolnosti, neki JIVU-i u mjesto zatvaranja zasuna ugrađuju na istim lokacijama mobilne mjerače protoka. Na taj način oni zapravo provode podzonska mjerenja. Treba imati u vidu da korištenje većeg broja mobilnih mjerača za povećava vjerojatnost grešaka u mjerenjima, odnosno u izradi bilance vode za pojedine podzone.

Kao rezultat *step testa* ili podzonskih mjerenja, manja opskrbna područja sa svega nekoliko dionica mogu biti identificirana kao područja s povećanim stvarnim gubitcima. Svakako je potrebno provesti daljnje aktivnosti lociranja curenja u tim područjima.

Postoje i druge neizravne metode koje se mogu primijeniti za pronalaženje lokacija curenja u DMA zonama. One uključuju korištenje sofisticiranih matematičkih modela s genetskim algoritmima, koji na temelju praćenja tlaka na više različitih lokacija unutar DMA zone mogu detektirati povećanje curenja i njegovu okvirnu lokaciju.

Tek kada se nakon provođenja podzonskih mjerenja ili *step testa* izdvoje što manja opskrbna područja s pojavom novog curenja, preporuča se daljnja primjena akustičnih metoda lociranja curenja (korelatori, geofoni, loggeri šuma i dr.). Za cjevovode većeg profila i bez sekundarnih priključaka, pogotovo one teže dostupnosti (trasa položena po stjenovitom, obraslom i nepristupačnom terenu), može biti opravdano korištenje *„pametnih loptica“*, koje se ubacuju u cjevovod i koje osluškuju šumove s unutarnje strane cijevi uz brzo kretanje kroz cjevovod tokom vode.

Nakon detektiranja kvarova/curenja važno je imati u vidu da nisu sva detektirana curenja istog intenziteta (količine curenja). I u tom kontekstu potrebno je provesti prioritizaciju sanacije kvarova, orijentirajući se primarno na curenja kod kojih su zabilježeni veći šumovi. Važno je pritom voditi računa da se kod različitih cijevnih materijala generiraju različite vrste i intenziteti šumova. Navedeno znači da se isti intenzitet šuma zabilježen na različitim cijevnim materijalima ne generira isti intenzitet curenja. S vremenom ekipe na terenu koje rade na akustičnim metodama lociranja curenja postaju sve iskusnije i učinkovitije u prepoznavanju curenja većeg intenziteta, a time i definiranju prioritizacije vezane uz sanaciju kvarova.

5.5 Problematične DMA zone

Nakon što su odabrane prioritetne DMA zone i provedena prioritizacija pri upravljanju prethodno odabranih DMA zona (prioritizacija provođenja aktivnosti AKC-a) te nakon što su provedene i sve ključne aktivnosti AKC-a koje uključuju i sanaciju kvarova, važno je procijeniti rezultate (učinkovitost smanjenja stvarnih gubitaka) i usporediti ih s rezultirajućim troškovima. U nekim slučajevima, učinak smanjenja stvarnih gubitaka može biti puno manji od očekivanog ili rezultati mogu biti kratkotrajni, u smislu da se nakon kraćeg vremena stvarni gubitak ponovo poveća (npr. postojeća stvarna curenja u DMA zoni iznose 10,0 l/s, te su nakon provođenja AKC-a smanjenja na 3,0 l/s, ali nakon perioda od tjedan do dva, stvarni gubitak u istoj zoni se povećao na 8,0 l/s). Takve DMA zone nazivaju se problematičnim DMA zonama i zahtijevaju nešto drugačiji pristup koji je objašnjen u nastavku.

5.5.1 Visoki intenzitet curenja, mali broj kvarova

Postoji mnogo različitih slučajeva u praksi gdje se u pojedinim DMA zonama pojavljuju očigledno velike količine stvarnih gubitaka, a da se pritom može detektirati tek manji broj kvarova s manjim intenzitetom curenja. Ako je DMA zona uspostavljena na korektan način i njezine granice su pokazale pouzdanima (potvrđena zatvorenost svih rubnih zasuna, ne postojanje dodatnih cjevovoda koji nisu registrirani, mjereni ili zatvoreni), onda su u osnovi prisutna dva glavna čimbenika koji bi mogli uzrokovati problem:

- Pogreška u definiranju količine curenja (pogreška u mjeračima protoka, pogreška u definiranju minimalne noćne potrošnje)
- Pogreška u provođenju AKC-a (lociranja curenja)

Prvi zadatak je provjeriti ukupnu količinu stvarnih gubitaka/curenja. Jesu li granice DMA zone provjerene i potvrđene? Je li moguće, na primjer, da postoji nepoznata ili ilegalna potrošnja? Da li visoki intenzitet curenja stvarno zahtijeva daljnje istraživanje? Neki od preporučenih postupaka navedeni su u Tablica 5.1.

Tablica 5.1. Aktivnosti za pouzdano utvrđivanje visokog intenziteta curenja

Aktivnosti	Komentari
1. Provjera pouzdanosti rezultata mjerenja i izračuna bilance vode	Provjeriti jesu li se pri izračunu novelirane bilance vode i stvarnih gubitaka koristila najnovija mjerenja protoka. Usporediti bilancu vode u DMA zoni dobivenu prema rezultatima mjerenja od protekla 24 sata, te ju usporediti s bilancom vode od prethodnih nekoliko dana. Provjeriti mjerenja protoka tijekom posljednja 24 sata na svim lokacijama koje formiraju DMA zonu i usporediti ih s mjerenjima tijekom posljednjih nekoliko dana.
2. Provjera osnovnih podataka o DMA zoni	Provjeriti osnovne vrijednosti korištene za izračun stvarnih curenja. Ovo uključuje sva očitanja vodomjera krajnjih korisnika, broj priključnih vodova za kućanstva i privredne subjekte, posebne potrošače i podatke potrebne za izračun pozadinskih curenja.
3. Provjera izračuna stvarnih gubitaka	Koristiti ažurirane podatke o DMA zoni i ažurirane i provjerene podatke o noćnom protoku. Provjeriti proračun minimalne noćne potrošnje i provjeriti je li moguće da se minimalna noćna potrošnja povećala zbog punjenja bazena, zalijevanja vrtova, ilegalne potrošnje, aktivnosti privrednih subjekata i dr.
4. Provjera pogrešaka u mjerenju	Ako DMA zona ima nekoliko mjerača na ulazima i izlazima, korisno bi bilo izračunati ukupnu pogrešku mjerenja. Ako je ukupna pogreška mjerenja, koristeći ±5% pogrešku, uzrok povećanja minimalnog noćnog protoka u izračunatoj bilanci vode, treba razmotriti ili: redizajn DMA zone sa smanjenim brojem mjerača protoka ili; zamjenu onih mjerača gdje male pogreške u mjerenju rezultirati velikim pogreškama u izračunu stvarnih gubitaka.
5. Provjera ispravnosti rada rubnih zasuna	Zatvorene rubne zasune potrebno je redovito ispitivati jesu li u potpunosti zatvoreni i to na isti način kao što se ispituju pri uspostavi DMA zona.
6. Izvođenje testa nultog tlaka	Potrebno je provesti test nultog tlaka kako bi se osiguralo da ne postoje neregistrirani cjevovodi kroz koje voda može ulaziti i izlaziti iz DMA zone.
7. Zapisivanje mjerenih vrijednosti protoka u kratkim intervalima	Za potrebe što kvalitetnijeg izračuna minimalne noćne potrošnje Potrebno je koristiti zapise u kratkim vremenskim intervalima.
8. Provjera točnosti mjerača	Provjera točnosti mjerača protoka može uključivati zamjenu mjerača. Nakon što se novi mjerač postavi, rezultati novog mjerača trebaju se koristiti za novi izračun curenja. Druga metoda može biti korištenje insertnog mjerača nizvodno od postojećeg mjerača i usporedba zabilježenih protoka. Noćni protoci se mogu provjeriti kako bi se osiguralo da svi mjerači bilježe protok pri minimalnom protoku. Ako mjerač koji predstavlja izlaz iz DMA zone ne mjeri minimalne protoke, to može navesti na pogrešan zaključak da se pojavilo stvarno curenje u promatranoj DMA zoni. Može se također provjeriti jesu li mjerači ugrađeni prema preporukama proizvođača, uključujući potrebnu duljinu ravne dionice uzvodno i nizvodno od mjerača.
9. Ilegalna potrošnja	Provjeriti (dodatni ispitati) može li se raditi o ilegalnoj potrošnji vode (krađi vode).
10. Uklanjanje kvarova	Provjeriti jesu li uklonjeni detektirani kvarovi za sva prijavljena i neprijavljena curenja.

Ako je povećana količina curenja na temelju mjerenja protoka (ili na razini cjelovite DMA zone ili dodatno na razini podzona) potvrđena kao točna, potrebno je ispitati točnost/učinkovitost lociranja kvarova primijenjenim akustičnim metodama. Detalji vezani za problematiku oko korištenja opreme za lociranje curenja nisu obuhvaćeni ovim priručnikom. Međutim, budući da većina uređaja za lociranje curenja temelji svoju funkcionalnost na akustičnoj metodi za otkrivanje curenja, moguće je da zvuk nije bio detektiran od strane uređaja, ili da ga osoblje koje koristi uređaj nije čulo s obzirom na ometanje (pozadinskom) bukom iz urbane sredine. Nemetalne cijevi i visoka razina pozadinske buke u kombinaciji s malim tlakovima unutar vodoopskrbne mreže mogu značajnije utjecati na učinkovitost uređaja za detekciju curenja koji se temelje na akustičnim metodama. Na učinkovitost akustičnih metoda za traženje curenja poput geofona, veliki utjecaj ima i točnost karata, jer ukoliko osoblje traži curenje s geofonom na području udaljenom od trase cijevi, neće uspjeti ćuti šum curenja.

Stoga se preporuča provesti i dodatno hidrauličko testiranje s ciljem preciznijeg identificiranja dijela mreže s najvećim stvarnim gubitcima. Pritom se preporuča provođenje *step testa* tijekom noćnog perioda (1:00 do 5:00 sati), podzonskih mjerenja ili korištenja nekih drugih sofisticiranijih metoda (poglavlje 5.4.3).

5.5.2 Brzi porast novih kvarova i stvarnih gubitaka nakon provođenja AKC-a

Čak i ako su sva intenzivnija curenja uspješno locirana i kvarovi sanirani, moguće je da smanjenje curenja bude kratkotrajno, odnosno da se curenja nakon relativno kratkog vremena ponovo povećaju. To može biti posljedica više čimbenika:

- Neodgovarajuće upravljanje vodoopskrbnom mrežom na uzvodnim dijelovima sustava (npr. povećanje izlaznog tlaka na crpnim i procrpnim stanicama

- Povećanje tlaka nakon uklanjanja kvarova i smanjenja curenja
- Neodgovarajuće otvaranje i zatvaranje zasuna pri uklanjanju kvarova, a što može izazvati i često izaziva pojavu vodnih udara koji pak utječu na pojavu novih kvarova i curenja
- Ulazak zraka u cjevovodnu mrežu za vrijeme sanacije kvarova, koji nakon ponovnog puštanja cjevovodne mreže u pogon rezultira pojavom vodnih udara i pojavom novih kvarova. Postavlja se pitanje gdje izađe zrak koji je ušao u cjevovodnu mrežu tijekom uklanjanja kvarova, nadogradnje i rekonstrukcije mreže? Najčešće se odzračuje hidrant na kraju dionice na kojoj se kvar uklanja. Dodatno se cjevovodna mreža odzračuje od strane krajnjih korisnika na njihovim izljevnim mjestima. Međutim, postavlja se dodatno pitanje, što je sa zrakom u kućnim priključcima kod kojih potrošača ili nema ili su privremeno odsutni? Što je sa zrakom na dionicama cjevovodne mreže gdje ne postoje ugrađeni hidranti ili ako i postoje ne otvaraju se? Sve navedeno često rezultira zadržavanjem zraka u sekundarnim dionicama i kućnim priključcima, a kad se sustav nakon uklanjanja kvara ponovo natlači, povećava se vjerojatnost pojave novih kvarova jer zrak će s vremenom negdje izaći, a to se najčešće događa uz pojavu kvarova na kućnim priključcima
- Loše stanje vodoopskrbne mreže koje zahtjeva značajniju zamjenu cijevi

Više je mogućih rješenja spomenutih problema:

- Bolja kontrola upravljanja vodoopskrbnim sustavom
- Uvođenje dodatne kontrole (smanjenja) tlaka unutar sustava, uz ugradnju novih ventila za regulaciju tlaka. Preporuka je ugrađivati isključivo hidrauličke ventile za regulaciju tlaka
- Primjereno otvaranje i zatvaranje zasuna. Pojedina znanstvena istraživanja su dokazala da se minimalno vrijeme potrebno za otvaranje i zatvaranje zasuna s ciljem izbjegavanja pojave vodnog udara kreće unutar raspona 10-15 minuta
- Osiguranje kvalitetnijeg odzračivanja vodoopskrbne mreže
- Redovita zamjena cjevovoda

Sva detektirani kvarovi na kojima se javljaju curenja trebaju biti pravovremeno sanirani. Datum i vrijeme popravka trebaju biti zabilježeni i uneseni u bazu podataka JIVU-a. Popravak treba biti detaljnije pregledan kako bi se napravila gruba procjena intenziteta curenja. Promjena u protoku u DMA zoni i minimalni noćni protok prije i nakon popravka također trebaju biti zabilježeni.

Postoji nekoliko mogućih ishoda nakon uklanjanja kvarova na kojima se javlja curenje, koji su prikazani u Tablica 5.2.

Tablica 5.2. Ishodi nakon uklanjanja kvarova na kojima se javlja curenje

Ishod	Daljnje radnje
1. Curenja su otkrivena i popravljena: noćni protok opada nakon popravka za istu količinu kao pri provođenju *step testa*	Nije potrebno poduzimati daljnje radnje.
2. Curenja su otkrivena i popravljena: noćni protok opada, ali za manju količinu nego što se očekivalo	Daljnje istraživanje noćne potrošnje s podzonskim mjerenjima ili uz provođenje step testa, te uz provođenje lociranja curenja i dodane sanacije. Preporuča se i ispitivanje mogućnosti dodatnog smanjenja tlaka.
3. Curenja su otkrivena i popravljena: nema opadanja noćnog protoka ili se povećava	Provesti dodatne aktivnosti lociranja curenja. Preporuča se i ispitivanje mogućnosti dodatnog smanjenja tlaka. Preporuča se razmotriti i zamjenu cijevi.
4. Curenja su otkrivena i popravljena: noćni protok opada, ali se ponovno povećava	Provesti dodatne aktivnosti lociranja curenja. Preporuča se i ispitivanje mogućnosti dodatnog smanjenja tlaka. Preporuča se razmotriti i zamjenu cijevi.
5. Curenja nisu otkrivena u dužini glavne cijevi s visokim noćnim protokom	Provesti dodatna podzonska mjerenja ili *step test*. Preporuča se i ispitivanje mogućnosti dodatnog smanjenja tlaka. Preporuča se razmotriti i zamjenu cijevi.

U svim slučajevima aktivnog provođenja AKC-a, a gdje stvarni gubitci ne opada značajno, treba razmotriti sva potencijalna rješenja koja su navedena prethodno u tekstu ovog poglavlja. Među njima se kao prioritetna rješenja nameću uvođenje dodatne kontrole (smanjenja) tlaka, primjereno otvaranje i zatvaranje zasuna te osiguranje kvalitetnijeg odzračivanja vodoopskrbne mreže. Naime, navedena prioritetna potencijalna rješenja ili ne zahtijevaju dodatna ulaganja ili zahtijevaju minimalna ulaganja. Zamjena cijevi vjerojatno je najpouzdanija metoda za eliminaciju problema s curenjem, ali rijetko kada je ekonomična. Zamjenu cijevi potrebno je provoditi sustavno na razini cijelog vodoopskrbnog sustava, a prema prioritetnosti koja se definira prema metodologiji koja nije obuhvaćena ovim priručnikom.

6 PRILOZI

6.1 Prilog 1 – Izrada bilance vode

6.1.1 Osnovna bilanca vode

6.1.1.1 Tijek izrade osnovne Proširene bilance vode

U nastavku se opisuje tijek izrade osnovne Proširene bilance vode. Potrebno je najprije slijedeći niz osnovnih koraka definirati osnovni set ulaznih podataka iz kojih se tablični prikaz Proširene bilance vode (osnovne) automatski popunjava u cijelosti. Niz osnovnih koraka definiranja osnovnog seta ulaznih podataka dan je u nastavku:

1. Količina vode iz vlastitih izvora – voda zahvaćena na vlastitim vodozahvatima (u m^3/godina) (podatak se preuzima iz očevidnika)

   - slijedi automatski unos „Količina vode iz vlastitih izvora“ u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)

2. Preuzeta voda (direktno) – direktno preuzeta voda (u m^3/godina) na lokaciji (mjernom mjestu) preuzimanja (podatak se preuzima iz očevidnika)

   - slijedi automatski unos „Preuzete vode“ u tablicu Proširene bilance vode (osnovne) te slijedi automatski izračun i unos „Količine vode koja ulazi u sustav“ i unos u tablicu Proširene bilance vode

3. Isporučena voda (direktno) – direktno isporučena voda (u m^3/godina) na lokaciji (mjernom mjestu) isporuke drugom JIVU-u. U slučaju da se voda ne isporučuje drugom JIVU-u „Isporučenu vodu“ treba definirati s iznosom nula („0“).

4. Fakturirana ovlaštena potrošnja – količina potrošene vode (u m^3/godina) od strane registriranih potrošača (podatak se preuzima iz očevidnika)

   - slijedi automatski unos „Fakturirane ovlaštene potrošnje“ u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)
   - slijedi automatski unos „Prihodovane vode“ u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)
   - slijedi automatski unos „Neprihodovane vode“ u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)

5. Mjerena količina vode (u m^3/godina) koja se gubi u postupku kondicioniranja vode (na uređaju/uređajima za preradu vode za piće). Prihvaća se isključivo mjerena količina vode na ulazu u postrojenje za kondicioniranje vode i na izlasku iz njega. Ukoliko ne postoji postrojenje za kondicioniranje vode potrebno je unijeti vrijednost „0“.

6. Mjerena količina vode (u m^3/godina) kojom se ispire cjevovodna mreža, s ciljem osiguranja zdravstvene ispravnosti vode za piće. Prihvaća se isključivo mjerena količina vode tijekom provođenja postupka ispiranja.

7. Preostala nefakturirana ovlaštena mjerena potrošnja (u m^3/godina), koja nije obuhvaćena prethodnim stavkama pod 5. i 6. Prihvaća se isključivo mjerena količina vode (vlastita potrošnja isporučitelja vodnih usluga zbog zaštite od smrzavanja vodoopskrbnih mreža, punjenja i čišćenja vodospremnika, ispiranje kanalizacije; potrošnja vode za gašenje požara; potrošnja vode od strane službi za održavanje urbanog područja – pranje ulica i trgova, navodnjavanje javnih zelenih površina, javne fontane i sl.; voda za potrebe gradilišta; potrošnja vode sportskih društava i dr.)

   - slijedi automatski izračun „Nefakturirane mjerene potrošnje“ kao zbroja količina definiranih pod stavkama 5., 6. i 7. i unos u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)

8. Nefakturirana nemjerena potrošnja (u %) je dio nefakturirane ovlaštene potrošnje koji nije mjeren. Može se odnositi na iste načine potrošnje vode kao i navedene pod stavkama 5. i 6. Definira se kao procijenjena vrijednost, najčešće kao

određeni postotni udio fakturirane ovlaštene potrošnje. U nedostatku detaljnijih informacija, preporuka je koristiti vrijednost do maksimalno 0,5% fakturirane ovlaštene potrošnje.

- slijedi automatski unos „Nefakturirane nemjerene potrošnje“ u tablicu Proširene bilance vode (u m^3/godina) te slijedi automatski izračun „Nefakturirane ovlaštene potrošnje“ (u m^3/godina) kao zbroja količina definiranih pod stavkama 5., 6., 7. i 8. i unos u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)
- slijedi automatski izračun „Ovlaštene potrošnje“ (u m^3/godina) i unos u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)
- slijedi automatski izračun „Vodnih gubitaka“ (u m^3/godina) i unos u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)

9. Neovlaštena potrošnja (u %) je dio prividnih gubitaka koji se odnosi na ilegalne priključke i krađu vode (na primjer s hidranata). Definira se kao procijenjena vrijednost, najčešće kao određeni postotni udio fakturirane ovlaštene potrošnje. Primjerice, u Hrvatskoj se u današnje vrijeme među 127 JIVU-a neovlaštena potrošnja procjenjuje unutar raspona 0,2% do 15% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, s uprosječenom vrijednosti oko 2,9%. U skladu sa standardima najuspješnijih zemalja svijeta u upravljanju vodnim gubitcima, prihvatljiv postotni udio neovlaštene potrošnje iznosi 0,2%. Neovisno o navedenom, potrebno je definirati realan udio neovlaštene potrošnje, sukladno trenutnom stanju u godini za koju se izrađuje Proširena bilanca vode.

   - slijedi automatski unos „Neovlaštene potrošnje“ u tablicu Proširene bilance vode (osnovne) (u m^3/godina)

10. Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka) (u %) je dio prividnih gubitaka. Definira se kao procijenjena vrijednost, najčešće kao određeni postotni udio fakturirane ovlaštene potrošnje. Primjerice u Hrvastkoj se u današnje vrijeme među 127 JIVU-a neovlaštena potrošnja procjenjuje unutar raspona 4,5% do 15% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, s uprosječenom vrijednosti oko 7,0%. U skladu sa standardima najuspješnijih zemalja svijeta u upravljanju vodnim gubitcima, prihvatljiv postotni udio netočnosti vodomjera potrošača (i pogrešaka u obradi podataka) iznosi 2,0 %. Neovisno o navedenom, potrebno je definirati realan udio netočnosti vodomjera potrošača (i pogrešaka u obradi podataka), sukladno trenutnom stanju u godini za koju se izrađuje Proširena bilanca vode. Pritom se preporuča provođenje ciljanih terenskih ispitivanja u pilot zonama s ciljem definiranja što realnijih vrijednosti.

   - slijedi automatski unos „Netočnosti vodomjera potrošača (i pogrešaka u obradi podataka)“ u tablicu Proširene bilance vode(osnovne) (u m^3/godina)
   - slijedi automatski izračun „Prividnih gubitaka“ (u m^3/godina) i unos u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)
   - slijedi automatski izračun „Stvarnih gubitaka“ (u m^3/godina) i unos u tablicu Proširene bilance vode (osnovne)

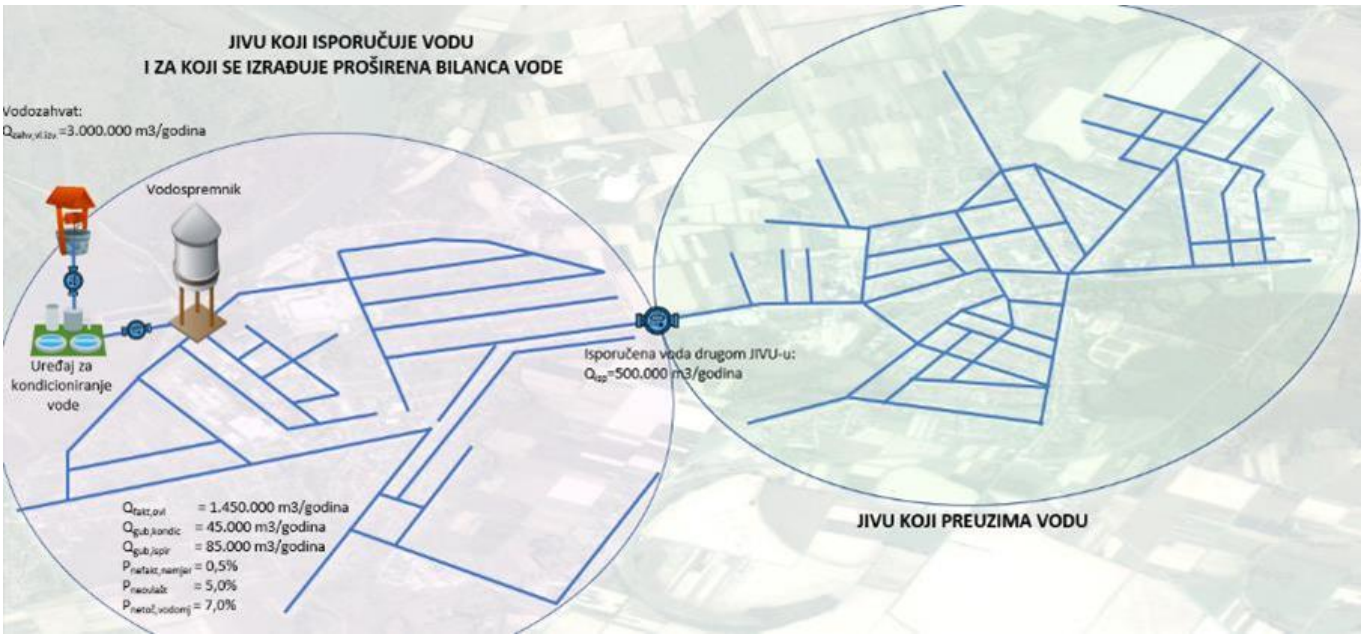
6.1.2 Korištenje Toolkit-a za izradu osnovne Proširene bilance vode

U nastavku se opisuje tijek izrade osnovne Proširene bilance vode uz korištenje pripremljenog Toolkit-a u kojem se od korisnika očekuje unos osnovnih ulaznih podataka, dok se Proširena bilanca vode automatski izrađuje u zasebnom sučelju (tabličnom obliku). Osnovni izgled Toolkit-a dan je na Slika 6.2.

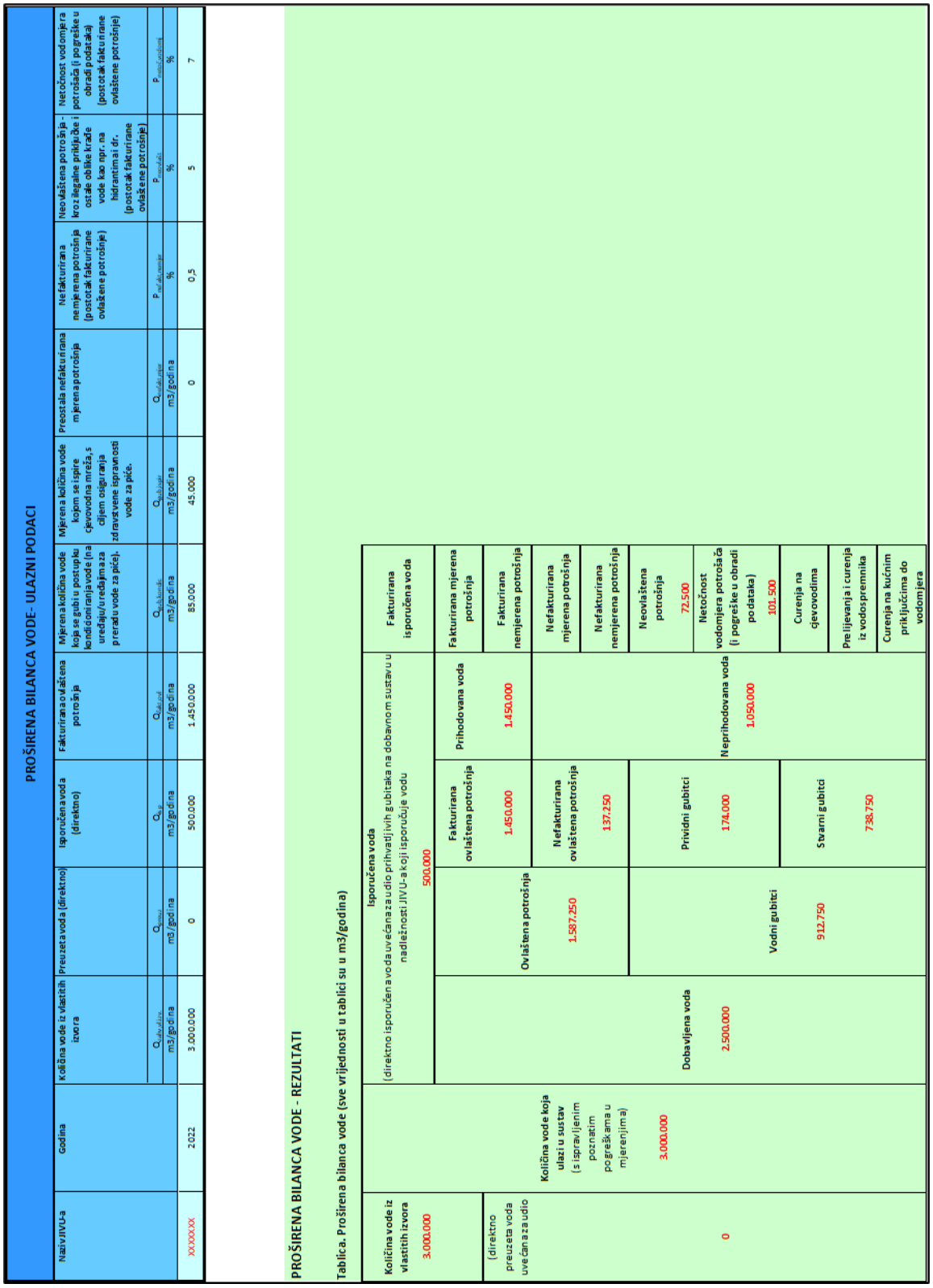
Toolkit za izradu osnovne Proširene bilance vode je izrađen u MSExcel računarskom paketu (*Bilanca vode_Toolkit_osnovna.xlsx*) i sastoji od dva dijela, označena zasebnim bojama (plavom i zelenom). U gornjem dijelu, označenom plavom bojom, definiran je osnovni set ulaznih podataka i to je jedini dio u koji korisnik unosi ulazne podatke (kućice označene svijetloplavom bojom), dok se rezultati izrade Proširene bilance vode automatski popunjavaju u dijelu označenom zelenom bojom koji je kreiran u tabličnom obliku, sukladno Proširenoj bilanci vode koja je definirana u sklopu IWA metodologije (Tablica 2.1). Unos ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom slijedi metodologiju objašnjenu u prethodnom poglavlju 6.1.1.

Hipotetski primjer izrade osnovne Proširene bilance vode dan je u nastavku na Slika 6.1. uz pretpostavku Količine vode iz vlastitih izvora u iznosu 3.000.000 m^3/godina, Fakturirane ovlaštene potrošnje u iznosu 1.450.000 m^3/godina, Nefakturirane mjerene ovlaštene potrošnje u iznosu 45.000 m^3/godina za potrebe kondicioniranja vode i 85.000 m^3/godina za potrebe ispiranja cjevovodne mreže, Nefakturirane nemjerene ovlaštene potrošnje u iznosu 0,5% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, Prividnih gubitaka s udjelom neovlaštene potrošnje u iznosu 5,0% i s udjelom netočnosti vodomjera u iznosu 7,0% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, te s isporukom 500.000 m^3/godina drugom JIVU-u.

Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Slika 6.2, gdje se nakon unosa osnovnog seta ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom, automatski ispunjava tablica s osnovnom Proširenom bilancom vode, u kućicama označenim zelenom bojom.



Slika 6.1. Primjer izrade osnovne Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a



PROŠIRENA BILANCA VODE- ULAZNI PODACI

Naziv JVU-a	Godina	Količina vode iz vlastitih izvora	Preuzeta voda (direktno)	Isporučena voda (direktno)	Fakturirana ovlaštena potrošnja	Mjerena količina vode koja se gubi u postupku kondicioniranja vode (na uređaju/uređajima za preradu vode za piće).	Mjerena količina vode kojom se ispire cjevovodna mreža, s ciljem osiguranja zdravstvene ispravnosti vode za piće.	Preostala nefakturirana mjerena potrošnja	Nefakturirana nemjerena potrošnja (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)	Neovlaštena potrošnja - kroz ilegalne priključke i ostale oblike krađe vode kao npr. na hidrantima i dr. (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)	Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka) (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)
		$Q_{dobavljiva}$	Q_{preuz}	Q_{isp}	$Q_{fakturirana}$	$Q_{kondicioniranje}$	$Q_{ispiranje}$	$Q_{nefakturirana}$	$P_{nefakturirana}$	$P_{neovlaštena}$	$P_{netočnost\ vodomjera}$
		m3/godina	m3/godina	m3/godina	m3/godina	m3/godina	m3/godina	m3/godina	%	%	%
XXXXXXX	2022	3.000.000	0	500.000	1.450.000	85.000	45.000	0	0,5	5	7

PROŠIRENA BILANCA VODE - REZULTATI

Tablica. Proširena bilanca vode (sve vrijednosti u tablici su u m3/godina)

Količina vode iz vlastitih izvora		Količina vode koja ulazi u sustav (s ispravljenim poznatim pogreškama u mjerenjima)	Isporučena voda (direktno isporučena voda uvećana za udio prihvatljivih gubitaka na dobavnom sustavu u nadležnosti JVU-a koji isporučuje vodu				Fakturirana isporučena voda	
							Fakturirana mjerena potrošnja	Fakturirana nemjerena potrošnja
3.000.000	(direktno preuzeta voda uvećana za udio	3.000.000	500.000					
				Fakturirana ovlaštena potrošnja	Prihodovana voda			
				1.450.000	1.450.000			
			Ovlaštena potrošnja				Nefakturirana mjerena potrošnja	Nefakturirana nemjerena potrošnja
			1.587.250	Nefakturirana ovlaštena potrošnja				
				137.250			Neovlaštena potrošnja	
							72.500	
				Prividni gubitci			Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka)	
							101.500	
				174.000	Neprihodovana voda			
					1.050.000			
			Vodni gubitci				Curenja na cjevovodima	
				Stvarni gubitci				
			912.750				Prelijevanja i curenja iz vodospremnika	
				738.750				
							Curenja na kućnim priključcima do vodomjera	
0		2.500.000						
			Dobavljena voda					

Slika 6.2. Toolkit za Proširenu bilancu vode (osnovnu)

6.1.3 Modificirana Proširena bilanca vode

Činjenica je da se kod svakog vodoopskrbnog sustava generira određena količina vodnih gubitaka. Pritom se sukladno općeprihvaćenoj IWA metodologiji razlikuju neizbježni stvarni gubici i ukupni stvarni gubici vode. Količina neizbježnih gubitaka računa se prema IWA metodologiji na razini cijelog sustava ili njegovih pojedinih dijelova (DMA zona) koristeći empirijske jednadžbe i u ovisnosti je o nekoliko utjecajnih parametara poput srednjeg tlaka, duljine vodoopskrbne mreže, broja priključaka i udaljenosti vodomjera od granice privatne parcele. Međutim, koristeći jednostavniju inženjersku praksu, a sukladno pozitivnim iskustvima brojnih zemalja svijeta koje su uspješne u upravljanju vodnim gubicima, neizbježne stvarne gubitke ili ekonomski prihvatljivi nivo stvarnih gubitaka duž pojedinih dionica vodoopskrbne mreže moguće je definirati koristeći jednostavniju metodologiju koja se svodi na utvrđivanje jedinične vrijednosti neizbježnog/prihvatljivog nivoa vodnih gubitaka (npr. u m^3/km/h) u ovisnosti isključivo o uprosječenom profilu vodoopskrbne mreže duž razmatranih dionica.

U nastavku se predstavlja modificirana Proširena bilanca vode, koja proizlazi iz potrebe da se kod JIVU-a koji preuzimaju vodu od drugog JIVU-a ili koji isporučuju vodu drugom JIVU-u racionalno raspodijele neizbježni gubici ili ekonomski prihvatljivi nivo gubitaka koji su svojstveni dijelovima vodoopskrbne mreže kroz koju se vrši transport vode prema drugom JIVU-u (drugim JIVU-ima). Naime, dio vodoopskrbne mreže JIVU-a koji isporučuje vodu drugom JIVU-u mora biti većeg profila zbog potreba transporta veće količine vode prema drugom JIVU-u. Činjenica je da je pri većim profilima vodoopskrbne mreže uklanjanje kvara skuplje u odnosu na uklanjanje kvara s istim intenzitetom curenja na manjem profilu cijevi, te stoga jedinična vrijednost ekonomski prihvatljivog nivoa vodnih gubitaka raste s porastom profila cijevi. Stoga se u određenoj mjeri ocjenjuje nekorektnim da se cjelokupni ekonomski prihvatljivi nivo vodnih gubitaka duž cjevovodne mreže kroz koju se vrši transport vode prema drugom JIVU-u pripisuje isključivo JIVU-u koji isporučuje vodu, jer bi potrebe tog JIVU-a zadovoljili manji profili cijevi s nižim jediničnim vrijednostima ekonomski prihvatljivog nivoa vodnih gubitaka. U tom kontekstu preporuča se modificirati Proširenu bilancu vode su sklopu koje bi se ekonomski prihvatljivi nivo gubitaka duž cjevovodne mreže kroz koju se vrši transport vode prema drugom JIVU-u racionalno raspodijelio između ta dva JIVU-a (ili više njih). Pritom se preporuča sljedeće:

A. Kod JIVU-a koji preuzimaju vodu od drugog JIVU-a potrebno je korigirati vrijednost „Preuzete vode“ koja se mjeri direktno na lokaciji (mjernom mjestu) isporuke. Na cjevovodnoj mreži kroz koju se isporučuje voda drugom JIVU-u javljaju se gubici vode. Korektno je pritom da se dio prihvatljivih (neizbježnih ili ekonomski prihvatljivih) gubitaka duž te dobavne cjevovodne mreže pripiše JIVU-u koji preuzima vodu

U skladu sa standardima najuspješnijih zemalja svijeta u upravljanju vodnim gubitcima, prihvatljiva jedinična vrijednost vodnih gubitaka iznosi 0,2 m^3/km/h. Međutim, u skladu s pozitivnom praksom uočeno je da se ekonomski prihvatljivi nivo vodnih gubitaka nalazi u funkciji osrednjene veličine profila cjevovodne mreže (D_{pond}) i to prema zakonitosti prikazanoj na Slika 6.3, koju se preporuča koristiti pri utvrđivanju prihvatljivog nivoa vodnih gubitaka duž cjevovodne mreže kroz koju se isporučuje voda drugom JIVU-u.

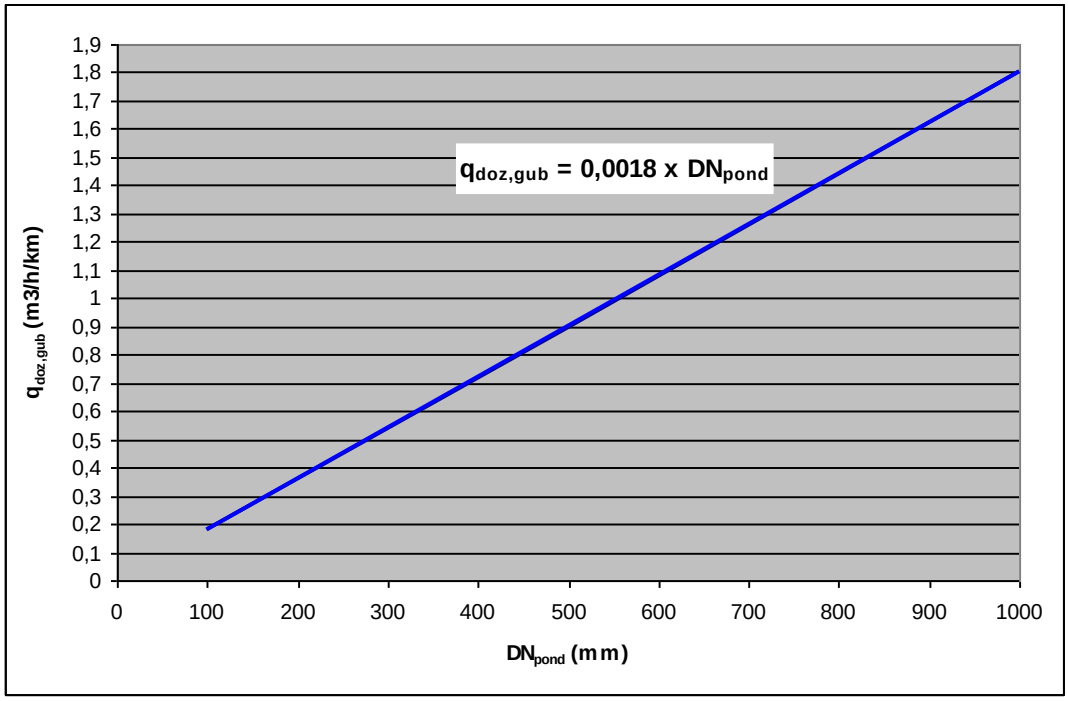
Prihvatljivi nivo gubitaka duž cjevovodne mreže iz koje se preuzima voda od drugog JIVU-a dijeli se u 50%-tnom iznosu između JIVU-a isporučitelja i JIVU-a preuzimatelja. Te je prihvatljive gubitke potrebno dodati vrijednosti „Preuzete vode“ koja se mjeri direktno na lokaciji (mjernom mjestu) isporuke.

U slučajevima kada se kroz istu cjevovodnu mrežu radi o preuzimanju vode od strane većeg broja JIVU-a, prihvatljivi nivo gubitaka duž cjevovodne mreže kroz koju se isporučuje voda drugim JIVU-ima dijeli se u postotnom iznosu između JIVU-a isporučitelja i JIVU-a preuzimatelja koji se računa prema sljedećem izrazu:

$$G_{\%} = 100 / n$$

gdje je:

- G% - udio prihvatljivih vodnih gubitaka duž cjevovodne mreže kroz koju se isporučuje voda drugim JIVU-ima, a koji se pripisuje svakom JIVU-u
- n - zbroj JIVU-a isporučitelja i JIVU-a preuzimatelja



Slika 6.3. Ovisnost veličine ekonomski prihvatljivog nivoa vodnih gubitaka o srednjoj veličini profila cjevovodne mreže

B. Kod JIVU-a koji isporučuju vodu drugom JIVU-u potrebno je korigirati vrijednost „Isporučene vode“ koja se mjeri direktno na lokaciji (mjernom mjestu) isporuke. Na cjevovodnoj mreži kroz koju se isporučuje voda drugom JIVU-u javljaju se gubici vode. Sukladno opisanom pod 'A' korektnim se ocjenjuje da se dio prihvatljivih (neizbježnih ili ekonomski prihvatljivih) gubitaka duž te dobavne cjevovodne mreže pripiše JIVU-u koji preuzima vodu i to prema istoj metodologiji opisanoj pod 'A'.

Prihvatljivi nivo gubitaka duž cjevovodne mreže kroz koju se isporučuje voda drugom JIVU-u dijeli se u 50%-tnom iznosu između JIVU-a isporučitelja i JIVU-a preuzimatelja. Te je prihvatljive gubitke potrebno dodati vrijednosti „Isporučene vode“ koja se mjeri direktno na lokaciji (mjernom mjestu) isporuke.

U slučajevima kada se kroz istu cjevovodnu mrežu radi o isporuci vode prema većem broju JIVU-a, prihvatljivi nivo gubitaka duž cjevovodne mreže kroz koju se isporučuje voda drugim JIVU-ima dijeli se u postotnom iznosu između JIVU-a isporučitelja i svih JIVU-a preuzimatelja koji se računa prema sljedećem izrazu:

$$G_{\%} = 100 / n$$

gdje je:

- G% - udio prihvatljivih vodnih gubitaka duž cjevovodne mreže kroz koju se isporučuje voda drugim JIVU-ima, a koji se pripisuje svakom JIVU-u
- n - zbroj JIVU-a isporučitelja i svih JIVU-a preuzimatelja

C. Nefakturiranu mjerenu količinu vode potrebno je obavezno uvesti u bilancu vode (čest je slučaj da isporučitelji vodnih usluga zanemaruju ovu količinu vode u završnom godišnjem obračunu).

D. Nefakturirana nemjerena količina vode (kao dio nefakturirane ovlaštene potrošnje) u konačnici predstavlja stvarnu (ovlaštenu) potrošnju i potrebno je provesti mjere koje će omogućiti njenu kvantifikaciju (mjerenja točnih količina), a time i umanjiti količinu stvarnih gubitaka vode.

E. Prividni gubici također predstavljaju stvarnu potrošenu količinu vode, ali koja nije pravilno evidentirana i ukoliko nema točnih pokazatelja potrebno je barem izvršiti okvirnu procjenu. Rješavanje ovog segmenta vodnih gubitaka traži poseban pristup (metodologija i tehnologija), što će rezultirati povećanjem prihodovane vode, ali i smanjenja pretpostavljenih Stvarnih gubitaka).

F. Stvarni gubici, tj. voda koja je fizički izgubljena iz vodoopskrbnog sustava (curenja, prelijevanja) je ono na što se primarno misli kada se govori o rješavanju problema vodnih gubitaka i stoga je neophodno znati točnu količinu (koja će evidentno biti manja od količine koja se dobivala ukoliko se primjenjivao oblik obračuna s prikazom postotnog udjela Neprihodovane vode u odnosu na Dobavljenu vodu).

6.1.3.1 Tijek izrade modificirane Proširene bilance vode

U nastavku se opisuje tijek izrade modificirane Proširene bilance vode. Potrebno je najprije slijedeći niz osnovnih koraka definirati osnovni set ulaznih podataka iz kojih se tablični prikaz Proširene bilance vode (modificirane) automatski popunjava u cijelosti. Niz osnovnih koraka definiranja osnovnog seta ulaznih podataka dan je u nastavku:

1. Količina vode iz vlastitih izvora – voda zahvaćena na vlastitim vodozahvatima (u m^3/godina) (podatak se preuzima iz očevidnika)

   - slijedi automatski unos „Količina vode iz vlastitih izvora“ u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)

2. Preuzeta voda (direktno) – direktno preuzeta voda (u m^3/godina) na lokaciji (mjernom mjestu) preuzimanja (podatak se preuzima iz očevidnika)

   - slijedi automatski unos „Preuzete vode“ u tablicu Proširene bilance vode (modificirane) te slijedi automatski izračun i unos „Količine vode koja ulazi u sustav“ i unos u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)

3. Duljina cjevovodne mreže (u km) u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu (JIVU za koji se ispunjava ova Proširena bilanca vode). Na matematičkom modelu vodoopskrbnog sustava u nadležnosti JIVU-a od kojeg se preuzima voda potrebno je dokazati kroz koje se sve dionice javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu, te na temelju toga utvrditi predmetnu duljinu cjevovodne mreže. U slučaju da matematički model vodoopskrbnog sustava u nadležnosti JIVU-a od kojeg se preuzima voda nije dostupan, pod duljinom cjevovodne mreže podrazumijeva se isključivo glavni dobavni cjevovod (s najvećim profilom) od vodozahvata ili ulaska vode u sustav do lokacije preuzimanja, bez sekundarnih cjevovoda manjih profila. U slučaju da se voda ne preuzima od drugog JIVU-a, duljinu cjevovodne mreže u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda treba definirati s iznosom nula („0“).

4. Osrednjena (ponderirana) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže (D_{pond}) (u mm) u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu.

   - slijedi automatski izračun prihvatljivih gubitaka duž dobavne cjevovodne mreže od kojih se 50%-tni iznos pripisuje JIVU-u koji preuzima vodu i koji se automatski pripisuju prethodno definiranoj vrijednosti „Preuzeta voda (direktno)“ (u tablicu Proširene bilance vode (modificirane) se automatski unosi zbroj vrijednosti „Preuzeta voda (direktno)“ i prethodno utvrđeni 50%-tni iznos prihvatljivih gubitaka koji se generiraju na dobavnom sustavu kojim upravlja JIVU koji isporučuje vodu.

   U slučaju da se voda ne preuzima od drugog JIVU-a, osrednjenu (ponderiranu) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda treba definirati s iznosom nula („0“).

5. Isporučena voda (direktno) – direktno isporučena voda (u m^3/godina) na lokaciji (mjernom mjestu) isporuke drugom JIVU-u. U slučaju da se voda ne isporučuje drugom JIVU-u „Isporučenu vodu“ treba definirati s iznosom nula („0“).

6. Duljina cjevovodne mreže (u km) u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu (JIVU za koji se ispunjava ova Proširena bilanca vode), a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu. Na matematičkom modelu vodoopskrbnog sustava u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu potrebno je dokazati kroz koje se sve dionice javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu, te na temelju toga utvrditi predmetnu duljinu cjevovodne mreže. U slučaju da se voda ne isporučuje drugom JIVU-u, duljinu cjevovodne mreže u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu drugom JIVU-u treba definirati s iznosom nula („0“).

7. Osrednjena (ponderirana) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže (D_{pond}) (u mm) u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu.
   - slijedi automatski izračun prihvatljivih gubitaka od kojih se 50%-tni iznos pripisuje JIVU-u koji preuzima vodu i koji se automatski pripisuju prethodno definiranoj vrijednosti „Isporučena voda (direktno)“ (u tablicu Proširene bilance vode (modificirane) se automatski unosi zbroj vrijednosti „Isporučena voda (direktno)“ i prethodno utvrđeni 50%-tni iznos prihvatljivih gubitaka koji se generiraju na dobavnom sustavu kojim upravlja JIVU koji isporučuje vodu.

   U slučaju da se voda ne isporučuje drugom JIVU-u, osrednjenu (ponderiranu) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu treba definirati s iznosom nula („0“).

8. Fakturirana ovlaštena potrošnja – količina potrošene vode (u m^3/godina) od strane registriranih potrošača (podatak se preuzima iz očevidnika)

   - slijedi automatski unos „Fakturirane ovlaštene potrošnje“ u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)
   - slijedi automatski unos „Prihodovane vode“ u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)
   - slijedi automatski unos „Neprihodovane vode“ u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)

9. Količina vode (u m^3/godina) koja se gubi u postupku kondicioniranja vode (na uređaju/uređajima za preradu vode za piće). Prihvaća se isključivo mjerena količina vode na ulazu u postrojenje za kondicioniranje vode i na izlasku iz njega. Ukoliko ne postoji postrojenje za kondicioniranje vode potrebno je unijeti vrijednost „0“.

10. Količina vode (u m^3/godina) kojom se ispire cjevovodna mreža, s ciljem osiguranja zdravstvene ispravnosti vode za piće. Prihvaća se isključivo mjerena količina vode tijekom provođenja postupka ispiranja.

11. Preostala nefakturirana ovlaštena mjerena potrošnja (u m^3/godina), koja nije obuhvaćena prethodnim stavkama pod 9. i 10. Prihvaća se isključivo mjerena količina vode (vlastita potrošnja isporučitelja vodnih usluga zbog zaštite od smrzavanja vodoopskrbnih mreža, punjenja i čišćenja vodospremnika, ispiranje kanalizacije; potrošnja vode za gašenje požara; potrošnja vode od strane službi za održavanje urbanog područja – pranje ulica i trgova, navodnjavanje javnih zelenih površina, javne fontane i sl.; voda za potrebe gradilišta; potrošnja vode sportskih društava i dr.)

   - slijedi automatski izračun „Nefakturirane mjerene potrošnje“ kao zbroja količina definiranih pod stavkama 9., 10. i 11. i unos u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)

12. Nefakturirana nemjerena potrošnja (u %) je dio nefakturirane ovlaštene potrošnje koji nije mjeren. Može se odnositi na iste načine potrošnje vode kao i navedene pod stavkom 9. Definira se kao procijenjena vrijednost, najčešće kao određeni postotni udio fakturirane ovlaštene potrošnje. Preporuka je koristiti vrijednost do maksimalno 0,5% fakturirane ovlaštene potrošnje.

   - slijedi automatski unos „Nefakturirane nemjerene potrošnje“ u tablicu Proširene bilance vode (u m3/godina) te slijedi automatski izračun „Nefakturirane ovlaštene potrošnje“ (u m^3/godina) kao zbroja količina definiranih pod stavkama 9., 10., 11. i 12. i unos u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)
   - slijedi automatski izračun „Ovlaštene potrošnje“ (u m^3/godina) i unos u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)
   - slijedi automatski izračun „Vodnih gubitaka“ (u m^3/godina) i unos u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)

13. Neovlaštena potrošnja (u %) je dio prividnih gubitaka koji se odnosi na ilegalne priključke i krađu vode na primjer s hidranata. Definira se kao procijenjena vrijednost, najčešće kao određeni postotni udio fakturirane ovlaštene potrošnje. Primjerice, u Hrvatskoj se u današnje vrijeme među 127 JIVU-a neovlaštena potrošnja procjenjuje unutar raspona 0,2% do 15% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, s uprosječenom vrijednosti oko 2,9%. U skladu sa standardima najuspješnijih zemalja svijeta u upravljanju vodnim gubitcima, prihvatljiv postotni udio neovlaštene potrošnje iznosi 0,2%. Neovisno o navedenom, potrebno je definirati realan udio neovlaštene potrošnje, sukladno trenutnom stanju u godini za koju se izrađuje Proširena bilanca vode.

   - slijedi automatski unos „Neovlaštene potrošnje“ u tablicu Proširene bilance vode (modificirane) (u m^3/godina)

14. Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka) (u %) je dio prividnih gubitaka. Definira se kao procijenjena vrijednost, najčešće kao određeni postotni udio fakturirane ovlaštene potrošnje. Primjerice u Hrvatskoj se u današnje vrijeme među 127 JIVU-a neovlaštena potrošnja procjenjuje unutar raspona 4,5% do 15% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, s uprosječenom vrijednosti oko 7,0%. U skladu sa standardima najuspješnijih zemalja svijeta u upravljanju vodnim gubitcima, prihvatljiv postotni udio netočnosti vodomjera potrošača (i pogrešaka u obradi podataka) iznosi 2,0 %. Neovisno o navedenom, potrebno je definirati realan udio netočnosti vodomjera potrošača (i pogrešaka u obradi podataka), sukladno trenutnom stanju u godini za koju se izrađuje Proširena bilanca vode. Pritom se preporuča provođenje ciljanih terenskih ispitivanja u pilot zonama s ciljem definiranja što realnijih vrijednosti.

- slijedi automatski unos „Netočnosti vodomjera potrošača (i pogrešaka u obradi podataka)“ u tablicu Proširene bilance vode (modificirane) (u m^3/godina)
- slijedi automatski izračun „Prividnih gubitaka“ (u m^3/godina) i unos u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)
- slijedi automatski izračun „Stvarnih gubitaka“ (u m^3/godina) i unos u tablicu Proširene bilance vode (modificirane)

6.1.3.2 Korištenje Toolkit-a za izradu modificirane Proširene bilance vode

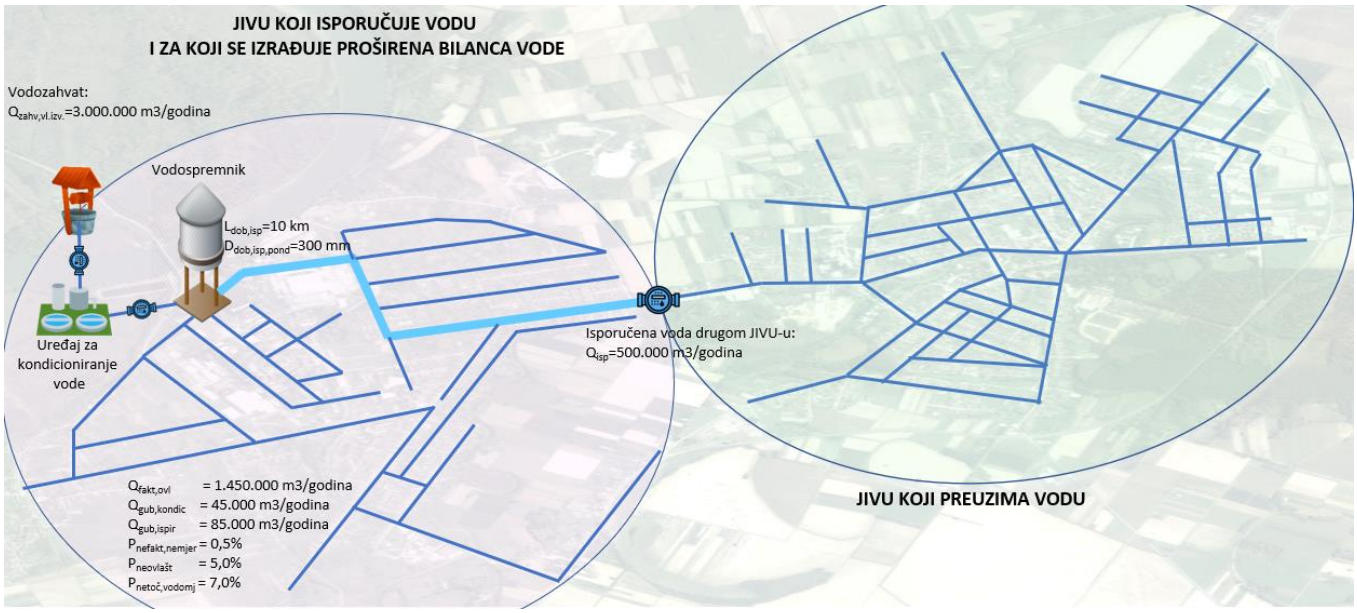
U nastavku se opisuje tijek izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje pripremljenog Toolkit-a u kojem se od korisnika očekuje unos osnovnih ulaznih podataka, dok se modificirana Proširena bilanca vode automatski izrađuje u zasebnom sučelju (tabličnom obliku). Osnovni izgled Toolkit-a dan je na Slika 6.5.

Toolkit za izradu modificirane Proširene bilance vode je izrađen u MSExcel računarskom paketu (*Bilanca vode_Toolkit_modificirana.xlsx*) i sastoji od dva dijela, označena zasebnim bojama (plavom i zelenom). U gornjem dijelu, označenom plavom bojom, definiran je osnovni set ulaznih podataka i to je jedini dio u koji korisnik unosi ulazne podatke (kućice označene svijetloplavom bojom), dok se rezultati izrade modificirane Proširene bilance vode automatski popunjavaju u dijelu označenom zelenom bojom koji je kreiran u tabličnom obliku, sukladno Proširenoj bilanci vode koja je definirana u sklopu IWA metodologije (Tablica 2.1). Unos ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom slijedi metodologiju objašnjenu u prethodnom poglavlju 6.1.3.1.

Primjer 1.

Hipotetski primjer izrade modificirane Proširene bilance vode dan je u nastavku na Slika 6.4. uz pretpostavku Količine vode iz vlastitih izvora u iznosu 3.000.000 m^3/godina, Fakturirane ovlaštene potrošnje u iznosu 1.450.000 m^3/godina, Nefakturirane mjerene ovlaštene potrošnje u iznosu 45.000 m^3/godina za potrebe kondicioniranja vode i 85.000 m^3/godina za potrebe ispiranja cjevovodne mreže, Nefakturirane nemjerene ovlaštene potrošnje u iznosu 0,5% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, Prividnih gubitaka s udjelom neovlaštene potrošnje u iznosu 5,0% i s udjelom netočnosti vodomjera u iznosu 7,0% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, te s isporukom 500.000 m^3/godina drugom JIVU-u. Duljina cjevovodne mreže kroz koju se vrši transport vode prema drugom JIVU-i iznosi 10 km, s prosječnom veličinom profila u iznosu 300 mm.

Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Slika 6.5, gdje se nakon unosa osnovnog seta ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom, automatski ispunjava tablica s modificiranom Proširenom bilancom vode, u kućicama označenim zelenom bojom.



Slika 6.4. Primjer (1) izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a

PROŠIRENA BILANCA VODE (MODIFICIRANA) - ULAZNI PODACI

Naziv JIVU-a	Godina	Količina vode iz vlastitih izvora	Preuzeta voda (direktno)	Duljina cjevovodne mreže u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu	Osrednjena (ponderirana) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže (D_{pond}) u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu	Isporučena voda (direktno)	Duljina cjevovodne mreže u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu (JIVU za koji se ispunjava ova Proširena bilanca vode), a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu	Osrednjena (ponderirana) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže (D_{pond}) u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu	Fakturirana ovlaštena potrošnja	Mjerena količina vode koja se gubi u postupku kondicioniranja vode (na uređaju/uređajima za preradu vode za piće).	Mjerena količina vode kojom se ispire cjevovodna mreža, s ciljem osiguranja zdravstvene ispravnosti vode za piće.	Preostala nefakturirana mjerena potrošnja	Nefakturirana nemjerena potrošnja (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)	Neovlaštena potrošnja - kroz ilegalne priključke i ostale oblike krađe vode kao npr. na hidrantima i dr. (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)	Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka) (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)
		$Q_{izv,vl,izv}$	Q_{preuz}	$L_{dob,preuz}$	$D_{dob,preuz,pond}$	Q_{isp}	$L_{dob,isp}$	$D_{dob,isp,pond}$	$Q_{fakt,ovl}$	$Q_{gub,kondic}$	$Q_{gub,ispir}$	$Q_{nefakt,mjer}$	$P_{nefakt,nemjer}$	$P_{neovlašt}$	$P_{netoč,vodomj}$
		m3/godina	m3/godina	km	mm	m3/godina	km	mm	m3/godina	m3/godina	m3/godina	m3/godina	%	%	%
XXXXXXX	2022	3.000.000	0	0	0	500.000	10	300	1.450.000	85.000	45.000	0	0,5	5	7

PROŠIRENA BILANCA VODE (MODIFICIRANA) - REZULTATI

$Q_{gub,prihv,preuz}$	0	m3/godina	Prihvatljivi vodni gubici duž dobavne cjevovodne mreže u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda
$Q_{gub,prihv,isp}$	47.304	m3/godina	Prihvatljivi vodni gubici duž dobavne cjevovodne mreže u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu (JIVU za koji se izrađuje Proširena bilanca vode)

Tablica. Proširena bilanca vode - modificirana (sve vrijednosti u tablici su u m3/godina)

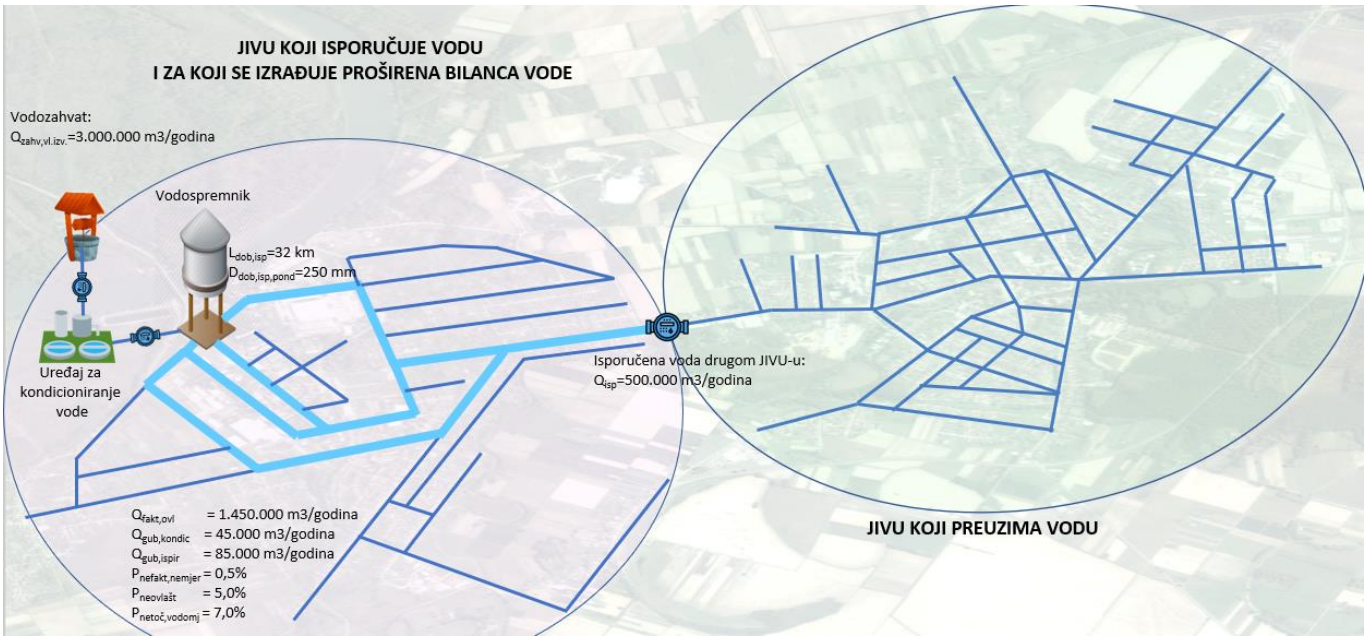
<table>
<tr><td rowspan="2">Količina vode iz vlastitih izvora
3.000.000</td><td rowspan="10">Količna vode koja ulazi u sustav
(s ispravljenim poznatim pogreškama u mjerenjima)
3.000.000</td><td colspan="4">Isporučena voda
(direktno isporučena voda uvećana za udio prihvatljivih gubitaka na dobavnom sustavu u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu
523.652</td><td>Fakturirana isporučena voda</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Dobavljena voda
2.476.348</td><td rowspan="2">Ovlaštena potrošnja
1.587.250</td><td>Fakturirana ovlaštena potrošnja
1.450.000</td><td>Prihodovana voda
1.450.000</td><td>Fakturirana mjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Preuzeta voda
(direktno preuzeta voda uvećana za udio prihvatljivih gubitaka na dobavnom sustavu u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda)
0</td><td>Fakturirana nemjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Vodni gubitci
889.098</td><td>Nefakturirana ovlaštena potrošnja
137.250</td><td rowspan="7">Neprihodovana voda
1.026.348</td><td>Nefakturirana mjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Prividni gubitci
174.000</td><td>Nefakturirana nemjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td>Neovlaštena potrošnja
72.500</td></tr>
<tr><td>Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka)
101.500</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Stvarni gubitci
715.098</td><td>Curenja na cjevovodima</td></tr>
<tr><td>Prelijevanja i curenja iz vodospremnika</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Curenja na kućnim priključcima do vodomjera</td></tr>
</table>

Slika 6.5. Toolkit za Primjer (1) izrade Proširene bilance vode (modificirane)

Primjer 2.

Hipotetski primjer izrade modificirane Proširene bilance vode dan je u nastavku na Slika 6.6. uz pretpostavku Količine vode iz vlastitih izvora u iznosu 3.000.000 m^3/godina, Fakturirane ovlaštene potrošnje u iznosu 1.450.000 m^3/godina, Nefakturirane mjerene ovlaštene potrošnje u iznosu 45.000 m^3/godina za potrebe kondicioniranja vode i 85.000 m^3/godina za potrebe ispiranja cjevovodne mreže, Nefakturirane nemjerene ovlaštene potrošnje u iznosu 0,5% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, Prividnih gubitaka s udjelom neovlaštene potrošnje u iznosu 5,0% i s udjelom netočnosti vodomjera u iznosu 7,0% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, te s isporukom 500.000 m^3/godina drugom JIVU-u. Duljina cjevovodne mreže kroz koju se vrši transport vode prema drugom JIVU-i iznosi 32 km, s prosječnom veličinom profila u iznosu 250 mm.

Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Slika 6.7, gdje se nakon unosa osnovnog seta ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom, automatski ispunjava tablica s modificiranom Proširenom bilancom vode, u kućicama označenim zelenom bojom.



Slika 6.6. Primjer (2) izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a

PROŠIRENA BILANCA VODE (MODIFICIRANA) - ULAZNI PODACI

Naziv JIVU-a	Godina	Količina vode iz vlastitih izvora	Preuzeta voda (direktno)	Duljina cjevovodne mreže u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu	Osrednjena (ponderirana) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže (D_{pond}) u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu	Isporučena voda (direktno)	Duljina cjevovodne mreže u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu (JIVU za koji se ispunjava ova Proširena bilanca vode), a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu	Osrednjena (ponderirana) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže (D_{pond}) u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu, a kroz koju se javlja tečenje prema JIVU-u koji preuzima vodu	Fakturirana ovlaštena potrošnja	Mjerena količina vode koja se gubi u postupku kondicioniranja vode (na uređaju/uređajima za preradu vode za piće).	Mjerena količina vode kojom se ispire cjevovodna mreža, s ciljem osiguranja zdravstvene ispravnosti vode za piće.	Preostala nefakturirana mjerena potrošnja	Nefakturirana nemjerena potrošnja (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)	Neovlaštena potrošnja - kroz ilegalne priključke i ostale oblike krađe vode kao npr. na hidrantima i dr. (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)	Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka) (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)
		$Q_{ulaz,akcv}$	Q_{prez}	$L_{dob,prez}$	$D_{dob,prez,pond}$	Q_{isp}	$L_{dob,isp}$	$D_{dob,isp,pond}$	$Q_{fakt,ovl}$	$Q_{gub,kond}$	$Q_{gub,isp}$	$Q_{nefakt,isp}$	$P_{nefakt,nemjer}$	$P_{neovlaš}$	$P_{netoč,vodomj}$
		m3/godina	m3/godina	km	mm	m3/godina	km	mm	m3/godina	m3/godina	m3/godina	m3/godina	%	%	%
XXXXXXX	2022	3.000.000	0	0	0	500.000	3.2	250	1.450.000	85.000	45.000	0	0,5	5	7

PROŠIRENA BILANCA VODE (MODIFICIRANA) - REZULTATI

$Q_{gub,pri,prez,prez}$	0	m3/godina	Prihvatljivi vodni gubici duž dobavne cjevovodne mreže u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda
$Q_{gub,pri,isp,p}$	126.144	m3/godina	Prihvatljivi vodni gubici duž dobavne cjevovodne mreže u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu (JIVU za koji se izrađuje Proširena bilanca vode)

Tablica. Proširena bilanca vode - modificirana (sve vrijednosti u tablici su u m3/godina)

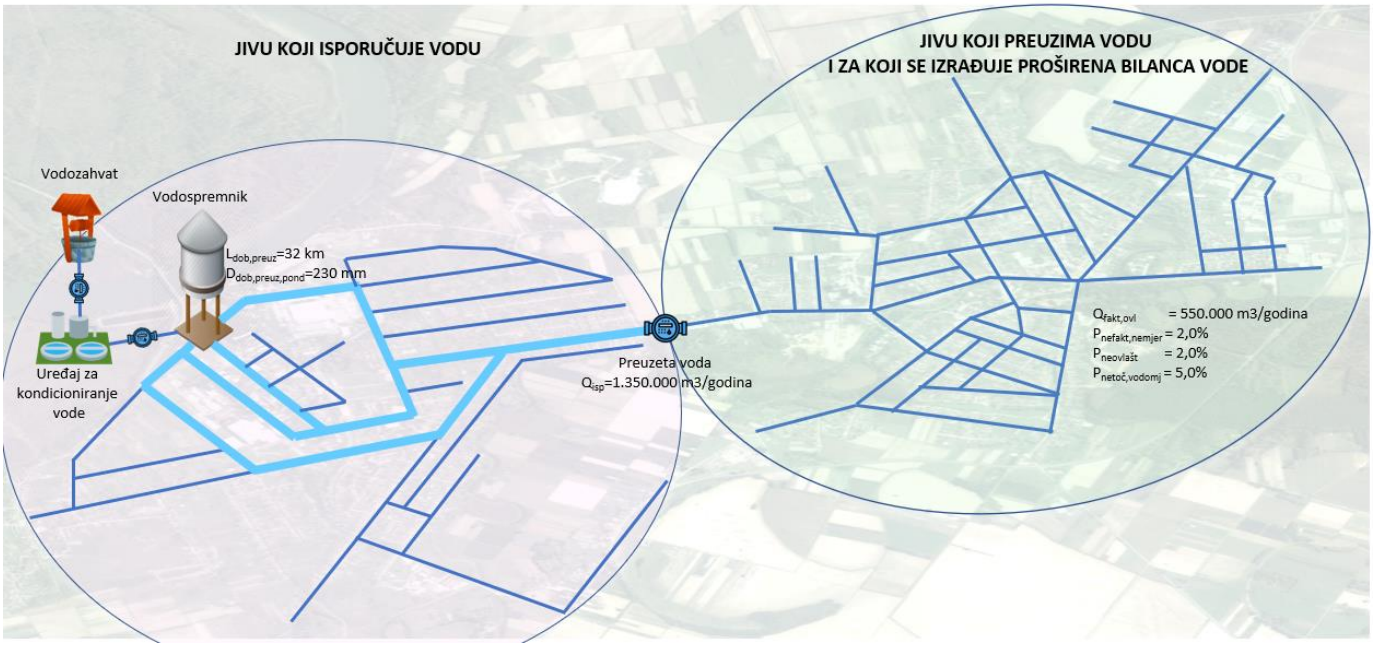
<table>
<tr><td rowspan="2">Količina vode iz vlastitih izvora
3.000.000</td><td rowspan="2" colspan="2">Isporučena voda
(direktno isporučena voda uvećana za udio prihvatljivih gubitaka na dobavnom sustavu u nadležnosti JIVU-a koji isporučuje vodu
563.072</td><td rowspan="2">Fakturirana isporučena voda</td></tr>
<tr></tr>
<tr><td rowspan="2">Preuzeta voda
(direktno preuzeta voda uvećana za udio prihvatljivih gubitaka na dobavnom sustavu u nadležnosti drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda)
0</td><td rowspan="2">Količina vode koja ulazi u sustav
(s ispravljenim poznatim pogreškama u mjerenjima)
3.000.000</td><td rowspan="4">Dobavljena voda
2.436.928</td><td rowspan="2">Ovlaštena potrošnja
1.587.250</td><td>Fakturirana ovlaštena potrošnja
1.450.000</td><td>Prihodovana voda
1.450.000</td><td>Fakturirana mjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Fakturirana nemjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Nefakturirana ovlaštena potrošnja
137.250</td><td rowspan="6">Neprihodovana voda
986.928</td><td>Nefakturirana mjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Nefakturirana nemjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td rowspan="3">Vodni gubitci
849.678</td><td>Prividni gubitci
174.000</td><td>Neovlaštena potrošnja
72.500</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka)
101.500</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">Stvarni gubitci
675.678</td><td>Curenja na cjevovodima</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Prelijevanja i curenja iz vodospremnika</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Curenja na kućnim priključcima do vodomjera</td></tr>
</table>

Slika 6.7. Toolkit za Primjer (2) izrade Proširene bilance vode (modificirane)

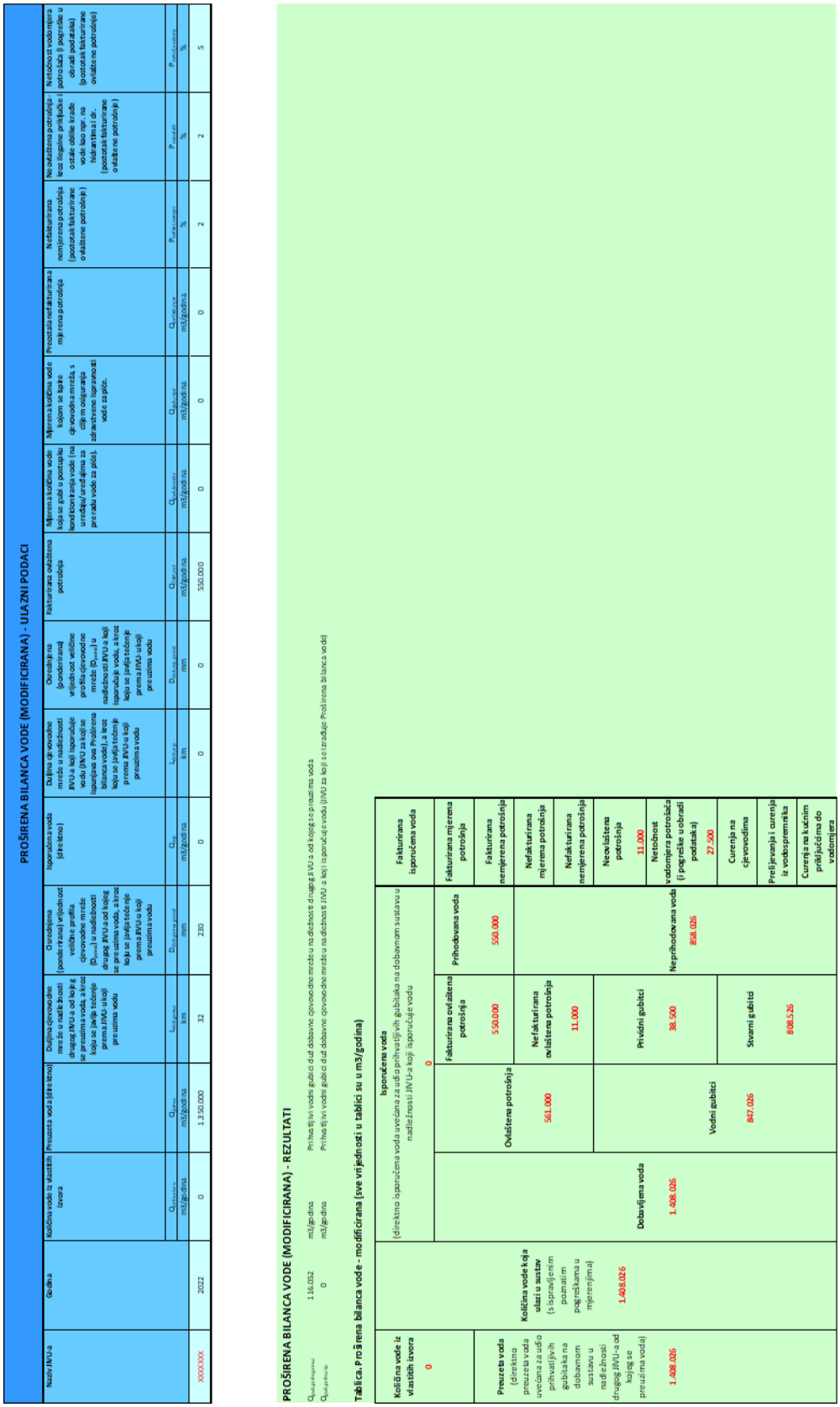
Primjer 3.

Hipotetski primjer izrade modificirane Proširene bilance vode dan je u nastavku na Slika 6.8. uz pretpostavku Preuzete vode od drugog JIVU-a u iznosu 1.350.000 m^3/godina, Fakturirane ovlaštene potrošnje u iznosu 550.000 m^3/godina, Nefakturirane nemjerene ovlaštene potrošnje u iznosu 2,0% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, Prividnih gubitaka s udjelom neovlaštene potrošnje u iznosu 2,0% i s udjelom netočnosti vodomjera u iznosu 5,0% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju. Duljina cjevovodne mreže kroz koju se vrši transport vode unutar drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda iznosi 32 km, s prosječnom veličinom profila u iznosu 230 mm.

Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Slika 6.9, gdje se nakon unosa osnovnog seta ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom, automatski ispunjava tablica s modificiranom Proširenom bilancom vode, u kućicama označenim zelenom bojom.



Slika 6.8. Primjer (3) izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a

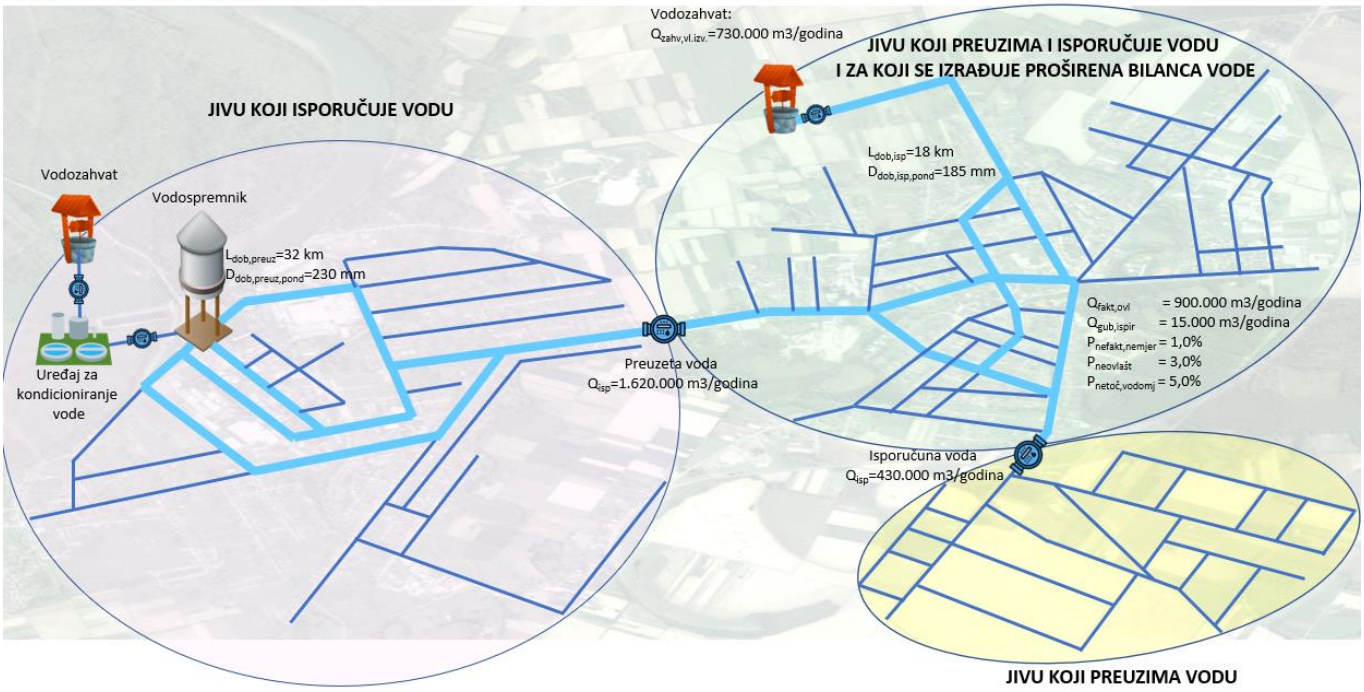


Slika 6.9. Toolkit za Primjer (3) izrade Proširene bilance vode (modificirane)

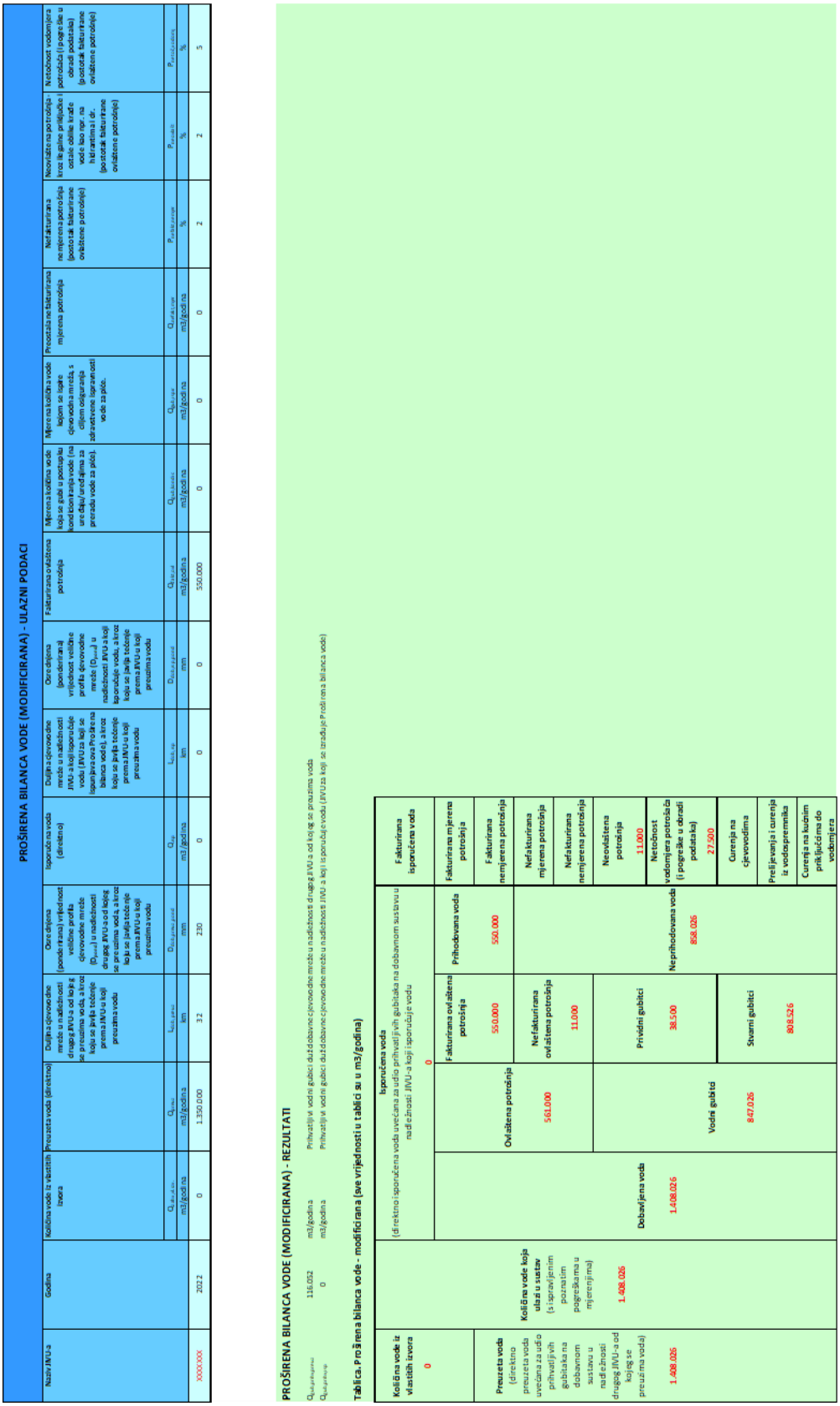
Primjer 4.

Hipotetski primjer izrade modificirane Proširene bilance vode dan je u nastavku na Slika 6.10, uz pretpostavku Količine vode zahvaćene na vlastitom vodozahvatu u iznosu 730.000 m^3/godina, Preuzete vode od drugog JIVU-a u iznosu 1.620.000 m^3/godina, Isporučene vode drugom JIVU-u u iznosu 430.000 m^3/godina, Fakturirane ovlaštene potrošnje u iznosu 900.000 m^3/godina, Nefakturirane mjerene potrošnje u vidu potreba za ispiranje cjevovodne mreže u iznosu 15.000 m^3/godina, Nefakturirane nemjerene ovlaštene potrošnje u iznosu 1,0% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju, Prividnih gubitaka s udjelom neovlaštene potrošnje u iznosu 3,0% i s udjelom netočnosti vodomjera u iznosu 5,0% u odnosu na fakturiranu ovlaštenu potrošnju. Duljina cjevovodne mreže kroz koju se vrši transport vode unutar drugog JIVU-a od kojeg se preuzima voda iznosi 32 km, s prosječnom veličinom profila u iznosu 230 mm. Duljina vlastite cjevovodne mreže kroz koju se vrši transport vode prema drugom JIVU-u kojem se isporučuje voda iznosi 18 km, s prosječnom veličinom profila u iznosu 185 mm.

Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Slika 6.11, gdje se nakon unosa osnovnog seta ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom, automatski ispunjava tablica s modificiranom Proširenom bilancom vode, u kućicama označenim zelenom bojom.



Slika 6.10. Primjer (4) izrade modificirane Proširene bilance vode uz korištenje Toolkit-a



PROŠIRENA BILANCA VODE (MODIFICIRANA) - ULAZNI PODACI

Naziv JVU-a	Godina	Količina vode iz vlastitih izvora	Preuzeta voda (direktno)	Duljina cjevovodne mreže u nadležnosti drugog JVU-a od kojeg se preuzima voda, a kroz koju se javlja točenje prema JVU-u koji preuzima vodu	Ovo dijelom (ponderirana) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže ($D_{ekv,preuz}$) u nadležnosti drugog JVU-a od kojeg se preuzima voda, a kroz koju se javlja točenje prema JVU-u koji preuzima vodu	Isporučena voda (direktno)	Duljina cjevovodne mreže u nadležnosti JVU-a koji isporučuje vodu (JVU za koji se izrađuje ova Proširena bilanca vode), a kroz koju se javlja točenje prema JVU-u koji preuzima vodu	Ovo dijelom (ponderirana) vrijednost veličine profila cjevovodne mreže ($D_{ekv,isporuka}$) u nadležnosti JVU-a koji isporučuje vodu, a kroz koju se javlja točenje prema JVU-u koji preuzima vodu	Fakturirana ovlaštena potrošnja	Mjerena količina vode koja se ulijeva u postojeći kontrolirani vodotoranj za prenadu vode za piće.	Mjerena količina vode koja se ispuštena iz vodotoranja s ciljem osiguranja zahtjevane ispravnosti vode za piće.	Procijenjena nefakturirana mjerena potrošnja	Nefakturirana nemjerena potrošnja (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)	Neovlaštena potrošnja kroz ilegalne priključke i ostale oblike krađe vode kao npr. na hidrantima i dr. (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)	Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka) (postotak fakturirane ovlaštene potrošnje)
		$Q_{fakturirano}$	Q_{preuz}	$L_{kolj,preuz}$	$D_{ekv,preuz,prosj}$	Q_{isp}	$L_{kolj,isp}$	$D_{ekv,isporuka,prosj}$	$Q_{fakturirano}$	$Q_{ulijevanje}$	$Q_{ispuštanje}$	$Q_{nefakturirano}$	$P_{neovlašteno}$	$P_{netočnost}$
		m3/godina	m3/godina	km	mm	m3/godina	km	mm	m3/godina	m3/godina	m3/godina	m3/godina	%	%
XXXXXXX	2022	0	1.350.000	3,2	230	0	0	0	550.000	0	0	0	2	5

PROŠIRENA BILANCA VODE (MODIFICIRANA) - REZULTATI

$Q_{fakturirano}$ 116.052 m3/godina Prihvatljivi vodni gubici duž dobavne cjevovodne mreže u nadležnosti drugog JVU-a od kojeg se preuzima voda

$Q_{fakturirano}$ 0 m3/godina Prihvatljivi vodni gubici duž dobavne cjevovodne mreže u nadležnosti JVU-a koji isporučuje vodu (JVU za koji se izrađuje Proširena bilanca vode)

Tablica. Proširena bilanca vode - modificirana (sve vrijednosti u tablici su u m3/godina)

Količina vode iz vlastitih izvora					Isporučena voda (direktno i isporučena voda uvećana za udio prihvatljivih gubitaka na dobavnom sustavu u nadležnosti JVU-a koji isporučuje vodu)				Fakturirana isporučena voda	
0					0					
	Preuzeta voda (direktno preuzeta voda uvećana za udio prihvatljivih gubitaka na dobavnom sustavu u nadležnosti drugog JVU-a od kojeg se preuzima voda)	Količina vode koja ulazi u sustav (s ispravljenim poznatim pogreškama u mjerenjima)		Ovlaštena potrošnja	Fakturirana ovlaštena potrošnja	Prihodovana voda		Fakturirana mjerena potrošnja	
					550.000	550.000			
		1.408.026	Dobavljena voda	561.000	Nefakturirana ovlaštena potrošnja			Nefakturirana mjerena potrošnja	Fakturirana nemjerena potrošnja
					11.000			Nefakturirana nemjerena potrošnja	
	1.408.026			Prividni gubici				Neovlaštena potrošnja	
								11.000	
				38.500		Neprihodovana voda		Netočnost vodomjera potrošača (i pogreške u obradi podataka)	
			Vodni gubici			858.026			
								27.500	
				847.026	Stvarni gubici			Curenja na cjevovodima	
					808.526			Preljevanja i curenja iz vodospremnika	
								Curenja na kućnim priključcima do vodomjera	

Slika 6.11. Toolkit za Primjer (4) izrade Proširene bilance vode (modificirane)

6.1.4 Analiza 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode

Sve komponente vodne bilance i pokazatelji učinka izvedeni iz nje, podložni su greškama u ulaznim podacima. Stoga Neprihodovana voda i njene komponente, izračunate iz vodne bilance nisu egzaktne brojke, čak i u potpuno mjerenim sustavima. Drugim riječima, svi izmjereni ili procijenjeni ulazni podaci u bilanci vode mogu imati neku grešku ili biti više ili manje nepouzdani, i te se greške akumuliraju u konačno izračunatim stvarnim gubicima što rezultira nepouzdanošću izračunate vrijednosti stvarnih gubitaka.

Sukladno tome, noviji primjeri primjene IWA metodologije vezani su uz primjenu analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode, koja između ostalog ima za cilj i utvrđivanje prioriteta u provedbi aktivnosti unaprjeđenja točnosti mjerenja ili procjene količina vode, a kako bi u konačnici procjena (izračun) količina stvarnih gubitaka bila što točnija, a time i praćenje stvarnog stanja u sustavu.

Analiza podrazumijeva primjenu metode proračuna pouzdanosti s 95%-nom sigurnošću u točnost, uz inicijalno definiranje vrijednosti 95%-tnog intervala pouzdanosti za Dobavljenu vodu, Fakturiranu ovlaštenu potrošnju, Nefakturiranu ovlaštenu potrošnju i Prividne gubitke, dok se vrijednosti 95%-tnog intervala pouzdanosti za Neprihodovanu vodu, Vodne gubitke i Stvarne gubitke automatski računaju.

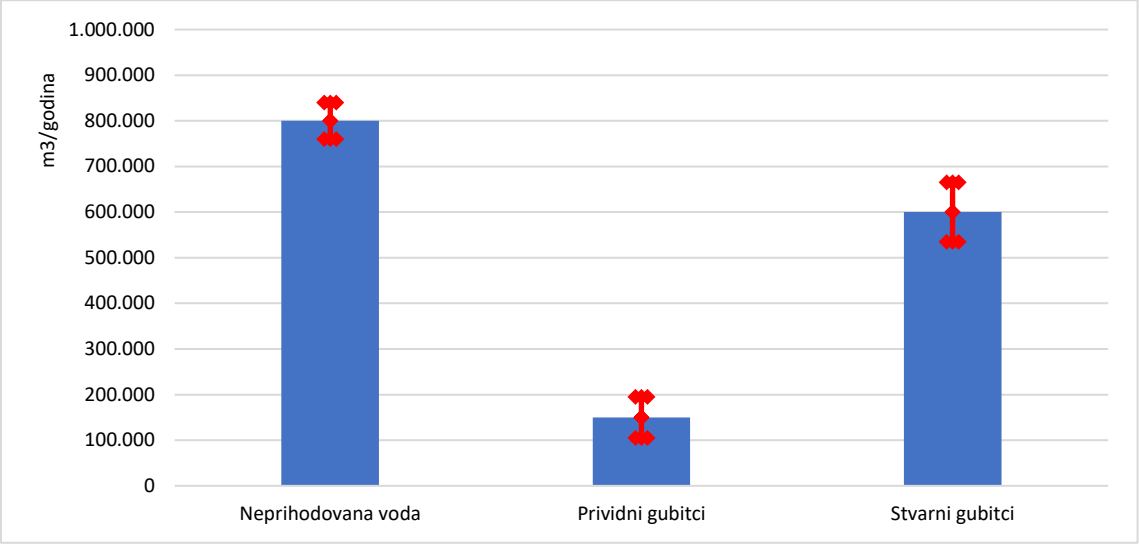
Hipotetski primjer analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode dan je u Tablica 6.1.

Tablica 6.1. Primjer analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode

Komponente iz IWA Bilance vode	Volumen (V) u m^3/godina	95%-tni interval pouzdanosti (Pt)		+/- m^3	Standardna devijacija (SD) [=V x Pt / 1.96]		Varijanca (Va) [=SD^2]
Dobavljena voda	2.000.000	+/-*	2%	40.000	20.408	→	416.493.128
-							+
Fakturirana ovlaštena potrošnja	1.200.000	+/-*	0%	0	0	→	0
Neprihodovana voda	**800.000**	**+/-**	**5%**	40.000	**20.408**	**←**	**416.493.128**
		[=SD/Vx1.96]					
-							+
Nef. ovlaštena potrošnja	50.000	+/-*	50%	25.000	12.755	→	162.692.628
Gubitci vode	**750.000**	**+/-**	**6%**	47.170	**24.066**	**←**	**579.185.756**
-		[=SD/V/0.5]					+
Prividni gubitci	150.000	+/-*	30%	45.000	22.959	→	527.124.115
Stvarni gubitci	**600.000**	**+/-**	**11%**	65.192	**33.261**	**←**	**1.106.309.871**

* ulazne vrijednosti procjena netočnosti u proračunu 95%-tnog intervala pouzdanosti

U danom primjeru pretpostavljena je Dobavljena vode u iznosu 2.000.000 m^3/godina, Fakturirana ovlaštena potrošnja u iznosu 1.200.000 m^3/godina, Nefakturirana ovlaštena potrošnja u iznosu 50,000 m^3/godina i Prividni gubitci u iznosu 150.000 m^3/godina. Pritom je razmatran jedan scenarij u odnosu na definiranje vrijednosti 95%-tnog intervala pouzdanosti za Dobavljenu vodu u iznosu 2,0% (najčešće se definira unutar raspona 0,5-3,0%), Fakturiranu ovlaštenu potrošnju u iznosu 0,0% (najčešće se definira u istom iznosu), Nefakturiranu ovlaštenu potrošnju u iznosu 50% (najčešće se definira unutar raspona 20-50%) i Prividne gubitke u iznosu 30% (najčešće se definira unutar raspona 20-50%). Uočava se da se s povećanjem vrijednosti 95%-tnog intervala pouzdanosti pojedinih komponenti bilance vode povećava i interval neprihodovane vode, vodnih gubitaka i stvarnih gubitaka, što cjelokupnu analizu i donošenje konkretnih zaključaka vezanim uz stanje s vodnim gubitcima čini manje pouzdanim.



Slika 6.12. Rezultat analize 95%-tne pouzdanosti izračuna pojedinih komponenti bilance vode prema primjeru prikazanom u Tablica 6.1.

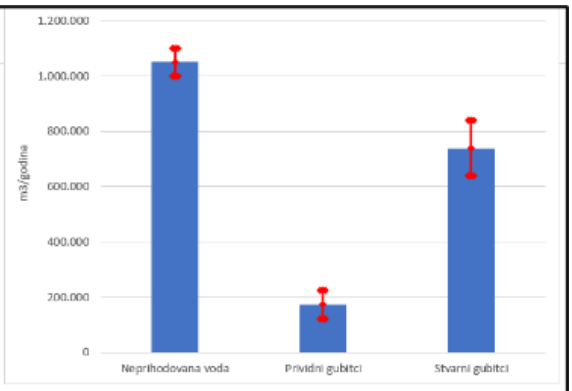
6.1.5 Korištenje Toolkit-a za analizu 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode

U nastavku se opisuje tijek provođenja analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode uz korištenje pripremljenog Toolkit-a u kojem se od korisnika očekuje unos osnovnih ulaznih podataka, dok se analiza 95%-tne pouzdanosti automatski izrađuje u tabličnom i grafičkom obliku. Osnovni izgled Toolkit-a dan je na Tablica 6.2.

Tablica 6.2. Osnovni izgled Toolkit-a za provođenje analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode

Komponente iz IWA Bilance vode	Volumen (V) u m3/godina	95%-tni interval pouzdanosti (Pt)			+/- m3	Standardna devijacija (SD) [=V x Pt / 1.96]		Varijanca (Vs) [=SD²]	Rang prioritetnosti
Dobavljena voda	2.500.000	+/-	*	2%	50.000	25.510	→	650.770.512	3
.								+	
Fakturirana ovlaštena potrošnja	1.450.000	+/-	*	0%	0	0	→	0	
Neprihodovana voda	**1.050.000**	+/-		5%	50.000	25.510	←	**650.770.512**	
		[=SD/Vx1.96]							
.								+	
Nef. ovlaštena potrošnja	137.250	+/-	*	50%	68.625	35.015	→	1.225.898.020	1
Gubitci vode	**912.750**	+/-		9%	84.908	43.320	←	**1.876.669.532**	
.		[=SD/V/0.5]						+	
Prividni gubitci	174.000	+/-	*	30%	52.200	26.635	→	709.298.209	2
Stvarni gubitci	**738.750**	+/-		13%	99.671	50.857	←	**2.585.961.741**	
Pouzdanost (m3/godina)		**+/-**			**Prioriteti za unapređenja pouzdanosti podataka koji imaju najveći učinak na izračun IWA bilance vode**				
Neprihodovana voda	50.000	m3		5%	1	Nefakturirana ovlaštena potrošnja			
Gubitci vode ukupno	**84.908**	m3		9%	2	Prividni gubitci			
Stvarni gubitci vode	**99.671**	m3		13%	3	Dobavljena voda			

*ulazne vrijednosti procjena netočnosti u proračunu 95%-tnog intervala pouzdanosti



Toolkit za izradu analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode sastavni je dio Toolkit-a za izradu Proširene bilance vode i izrađen je u MSExcel računarskom paketu (*Bilanca vode_Toolkit_osnovna.xlsx; Bilanca vode_Toolkit_modificirana.xlsx*) u zasebnom radnom listu i sastoji od dva dijela, tabličnog (s lijeve strane sučelja) i grafičkog (s desne strane sučelja). U tabličnom dijelu, u kućice označenom svijetloplavom bojom, unosi se osnovni set ulaznih podataka i to je jedini dio u koji korisnik unosi ulazne podatke. Navedeni set ulaznih podataka se odnosi na vrijednosti 95%-tnog intervala pouzdanosti za Dobavljenu vodu, Fakturiranu ovlaštenu potrošnju, Nefakturiranu ovlaštenu potrošnju i Prividne gubitke.

Nakon unosa osnovnih ulaznih podataka (kućice označene svijetloplavom bojom) ostatak tablice se automatski popunjava, a također se automatski generira i grafički prikaz rezultata.

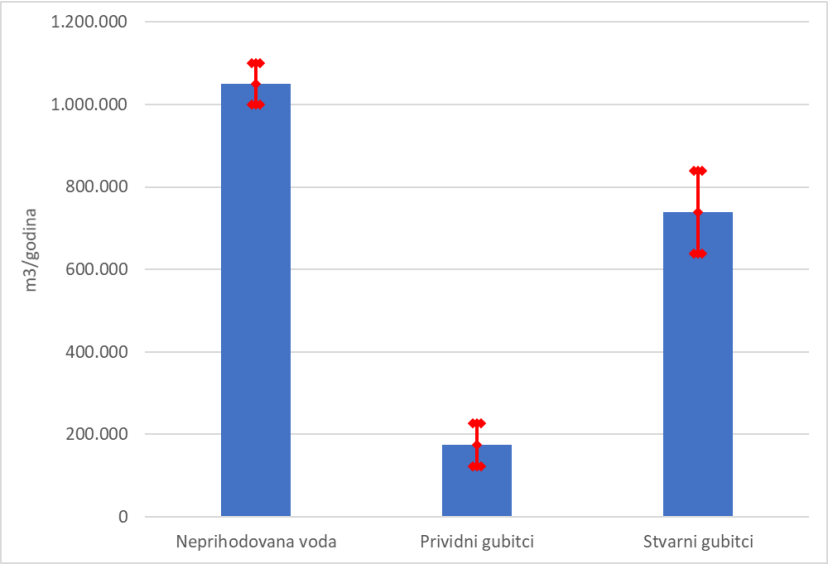
Iz dobivenih rezultata se uočavaju i vrijednosti u kućicama označenim roza bojom u sklopu kojih su iskazani rezultati istaknutih prioriteta u provedbi aktivnosti unaprjeđenja točnosti mjerenja ili procjene količina vode.

Hipotetski primjer koji je u nastavku obrađen je isti primjer iz poglavlja 6.1.1. Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Tablica 6.3, gdje se nakon unosa osnovnog seta ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom, automatski ispunjava preostali dio tablice, kao i grafički prikaz izlaznih rezultata. Roza bojom su prikazani rezultati istaknutih prioriteta u provedbi aktivnosti unaprjeđenja točnosti mjerenja ili procjene količina vode u sklopu kojih je vidljivo da bi se prioritet trebao dati na bolju kontrolu nefakturirane ovlaštene potrošnje, nakon toga na kontrolu Prividnih gubitaka i kao posljednje u rangu dobivene prioritetnosti na bolju kontrolu Dobavljene vode (u vidu povećanja točnosti mjernih uređaja kojima se mjeri količina vode koja se zahvaća na vlastitim vodozahvatima te količina vode koja se preuzima od drugom JIVU-a ili količina vode koja se isporučuje drugom JIVU-u).

Tablica 6.3. Primjer analize 95%-tne pouzdanosti izračuna komponenti bilance vode (primjer prikazan u poglavlju 6.1.1)

Komponente iz IWA Bilance vode	Volumen (V) u m3/godina	95%-tni interval pouzdanosti (Pt)		+/- m3	Standardna devijacija (SD) [=V x Pt / 1.96]		Varijanca (Va) [=SD^2]	Rang prioritetnosti
Dobavljena voda	2.500.000	+/- *	2%	50.000	25.510	→	650.770.512	3
-							+	
Fakturirana ovlaštena potrošnja	1.450.000	+/- *	0%	0	0	→	0	
Neprihodovana voda	**1.050.000**	**+/-**	**5%**	50.000	**25.510**	←	**650.770.512**	
		[=SD/Vx1.96]						
-							+	
Nef. ovlaštena potrošnja	137.250	+/- *	50%	68.625	35.013	→	1.225.893.020	1
Gubitci vode	**912.750**	**+/-**	**9%**	84.908	**43.320**	←	**1.876.663.532**	
-		[=SD/V/0.5]					+	
Prividni gubitci	174.000	+/- *	30%	52.200	26.633	→	709.298.209	2
Stvarni gubitci	**738.750**	**+/-**	**13%**	99.671	**50.852**	←	**2.585.961.741**	
Pouzdanost (m3/godina)	**+/-**			**Prioriteti za unapređenja pouzdanosti podataka koji imaju najveći učinak na izračun IWA bilance vode**				
Neprihodovana voda	50.000	m3	5%	1	Nefakturirana ovlaštena potrošnja			
Gubitci vode ukupno	**84.908**	m3	9%	2	Prividni gubitci			
Stvarni gubitci vode	**99.671**	m3	13%	3	Dobavljena voda			

*ulazne vrijednosti procjena netočnosti u proračunu 95%-tnog intervala pouzdanosti



Slika 6.13. Rezultat analize 95%-tne pouzdanosti izračuna pojedinih komponenti bilance vode prema primjeru prikazanom u poglavlju 6.1.1.

6.2 Prilog 2 – Izračun stvarnih gubitaka prema Bottom-Up metodi

6.2.1 Analiza mjerenog minimalnog noćnog protoka – iskustva iz Hrvatske

Izračun stvarnih gubitaka prema Bottom-up metodi provodi se na temelju provedenih mjerenja po DMA zonama i izrade bilance vode za svaku DMA zonu. Osnovu za izračun predstavlja:

- utvrđivanje minimalnog noćnog protoka (MNP)
- utvrđivanje udjela ovlaštene potrošnje od strane krajnjih korisnika u tom minimalnom noćnom protoku (utvrđivanje ovlaštene noćne potrošnje)
- utvrđivanje stvarnih gubitaka, kao razlike prethodno definiranog MNP-a i ovlaštene noćne potrošnje

MNP je obično prisutan tijekom noćnih sati u periodu između 1.00 i 4.00 sata ujutro, iako točno određivanje vremena MNP-a varira od sustava do sustava, odnosno od DMA zone do DMA zone, ovisno o brojnim specifičnostima sustava i pojedinih DMA zona.

Minimalna noćna potrošnja i vodni gubitak u noćnom periodu se preporučuju računati prema metodologiji koja je objašnjena u nastavku i za istu su izrađena tri tablična kalkulatora u Excel računarskom programu, svaki za drugi vremenski inkrement provedenih mjerenja (1-minutna, 5-minutna i 15-minutna mjerenja protoka na ulascima i izlascima iz DMA zona):

- *Izracun gubitaka iz mjerenja_min_nocnog protoka_1_minuta_mjerenja_Toolkit.xlsx*
- *Izracun gubitaka iz mjerenja_min_nocnog protoka_5_minuta_mjerenja_Toolkit*
- *Izracun gubitaka iz mjerenja_min_nocnog protoka_15_minuta_mjerenja_Toolkit*

Opis načina korištenja navedenih tabličnih kalkulatora (Toolkit-a) s riješenim primjerima dani su u poglavlju 6.2.2.

Preporučena metodologija pretpostavlja da minimalna noćna potrošnja vode od strane krajnjih korisnika korelira s rasponom vrijednosti maksimalnog dnevnog protoka i minimalnog noćnog protoka, na kojeg zapravo utječu navike stanovništva kroz cjelodnevnu potrošnju vode. U navedene analize minimalne noćne potrošnje uračunava se i utjecaj velikih potrošača vode, kao i kratkotrajno povećane potrošnje vode od strane krajnjih korisnika (punjenja bazena, zalijevanje vrtova i dr.). Preporučena metodologija provodi se u nekoliko osnovnih koraka:

1. Iz rezultata mjerenja protoka u pojedinoj zoni, za odabrani period od 24 sata, računa se maksimalna dnevna potrošnja s vodnim gubicima kao 99,5%-tni percentil u odnosu na rezultirajuću bilancu vode koja se za svaki vremenski trenutak dobije kada se od zbroja mjerenih protoka na svim ulascima u zonu oduzmu mjereni protoci na svim izlazima iz zone.
2. Minimalna noćna potrošnja s vodnim gubicima se računa kao 5%-tni percentil u odnosu na rezultirajuću bilancu vode koja se za svaki vremenski trenutak dobije kada se od zbroja mjerenih protoka na svim ulascima u zonu oduzmu mjereni protoci na svim izlazima iz zone.
3. Potrebno je izračunati raspone prethodno utvrđene maksimalne dnevne i minimalne noćne potrošnje.
4. Utvrditi prosječnu dnevnu mjerenu potrošnju od velikih potrošača (ukoliko su provedena mjerenja potrošnje velikih potrošača).
5. Utvrditi minimalnu noćnu mjerenu potrošnju od velikih potrošača (ukoliko su provedena mjerenja potrošnje velikih potrošača).
6. Od raspona utvrđenog pod točkom 3., oduzeti vrijednost pod točkom 4.
7. Minimalnu noćnu potrošnju od stanovništva definirati kao 5% vrijednosti (u ruralnim područjima) do 10% vrijednosti (u urbanim područjima) raspona utvrđenog pod točkom 6.
8. Vodni gubitak u noćnom periodu (period minimalne noćne potrošnje) za odabrani mjereni dan računati tako da se od vrijednosti definirane pod točkom 2. oduzmi vrijednosti definirane pod točkama 5. i 7.

Važno je napomenuti da se vrijednost vodnog gubitka (stvarnog gubitka) izračunata pod točkom 8. odnosi na vodni gubitak koji se javlja u noćnom periodu s minimalnom noćnom potrošnjom i da ta vrijednost vodnog gubitka ne odgovara prosječnoj dnevnoj vrijednosti vodnog gubitke te se ne smije koristiti za izračun dnevne, tjedne, mjesečne ili godišnje količine vodnih gubitaka. Naime, u periodu minimalne noćne potrošnje generira se najveći tlak unutar 24-satnog perioda, što je prikazano na Slika 4.6. Poznata je ovisnost stvarnih curenja o tlaku unutar sustava, što je detaljnije objašnjeno u poglavlju 4.5. Što je veći tlak u sustavu, veći je i intenzitet curenja na oštećenjima cjevovodne mreže, oblikovnih komada i vodovodnih armatura. Stoga

je u noćnom periodu i najveći intenzitet curenja promatrano kroz 24-satni period. Prema tome, potrebno je utvrditi osrednjenu vrijednost vodnog gubitka na dnevnoj razini, kao prosječnu vrijednost kroz period od 24 sata. Osrednjenu vrijednost vodnog gubitka na dnevnoj razini potrebno je izračunati koristeći FAVAD metodu koja je detaljno objašnjena u poglavlju u poglavlju 4.5.

Pritom je potrebno poznavati:

a) Vodni gubitak u periodu minimalne noćne potrošnje (l/s)
b) Tlak u periodu minimalne noćne potrošnje (mVS)
c) Prosječni tlak u danu (mVS)
d) Eksponent N1 kojim se opisuju karakteristike cjevovodne mreže (prevladavajući tipa pukotina, vrsta prevladavajućih cijevnih materijala - da li su cijevi krte ili elastične) i njihov utjecaj na intenzitet curenja

Vrijednost vodnog gubitka osrednjena na dnevnoj razini (unutar perioda od 24 sata) može se koristiti za izračun tjedne, mjesečne ili godišnje količine vodnih gubitaka, na način množenja s brojem dana unutar odabranog vremenskog perioda (tjedna, mjeseca, godine).

6.2.2 Korištenje Toolkit-a za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka

Izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka provodi se najčešće po pojedinim DMA zonama/podzonama, a vrlo rijetko na razini sustava u cjelini. U nastavku se opisuje izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje pripremljenog Toolkit-a u kojem se od korisnika očekuje unos osnovnih ulaznih podataka (rezultata mjerenja na pojedinim mjernim mjestima na ulascima i izlascima iz DMA zona, kao i na lokacijama mjerenja potrošnje vode većih potrošača), dok se izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka automatski izrađuje u zasebnom sučelju, odnosno u drugom radnom listu, u tabličnom i grafičkom obliku. Osnovni izgled Toolkit-a u dijelu u kojem se unose ulazni podaci (mjerenja protoka na ulascima i izlascima iz DMA zona i potrošnja vode velikih potrošača) dan je na Slika 6.15. Osnovni izgled Toolkit-a u dijelu u kojem se prikazuju rezultati izračuna (između ostalog i iznos vodnog gubitka u noćnom periodu) dan je na Slika 6.16. Isto je Toolkit razvijen za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka u odnosu na tri različita vremenska inkrementa mjerenja protoka:

- *1-minutna mjerenja (Izracun gubitaka iz mjerenja_min_nocnog protoka_1_minuta_mjerenja_Toolkit.xlsx)*
- *5-minutna mjerenja (Izracun gubitaka iz mjerenja_min_nocnog protoka_5_minuta_mjerenja_Toolkit)*
- *15-minutna mjerenja (Izracun gubitaka iz mjerenja_min_nocnog protoka_15_minuta_mjerenja_Toolkit)*

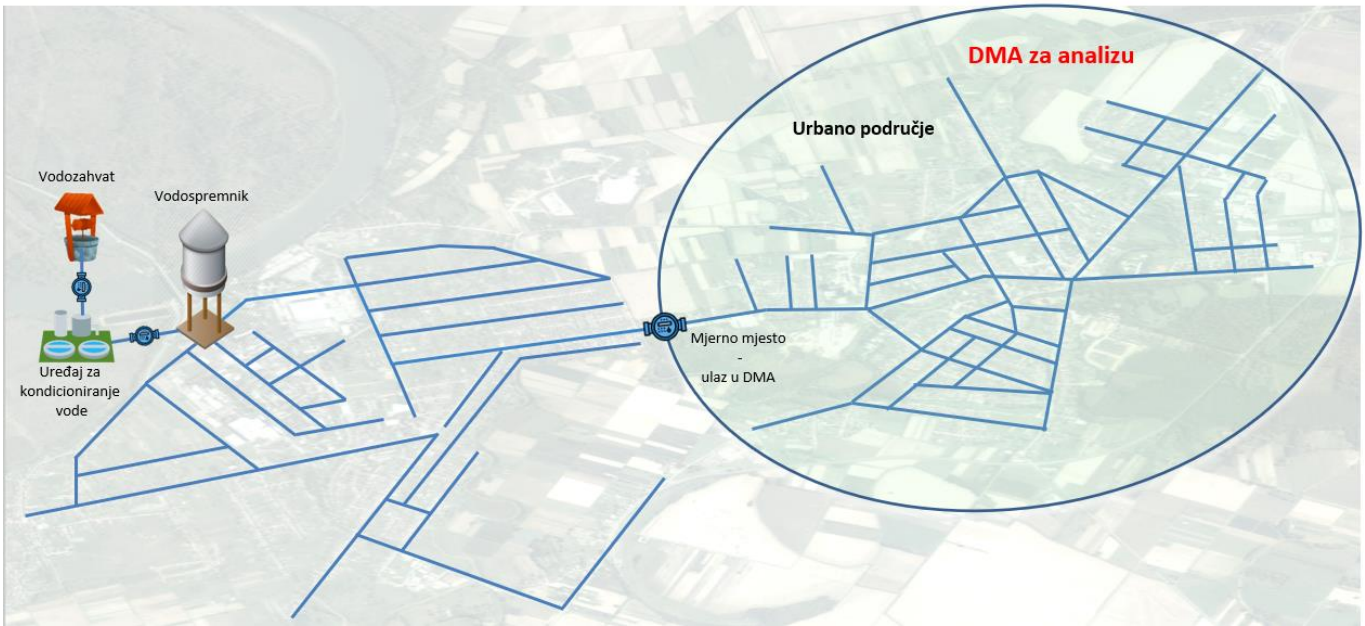
Toolkit se u dijelu u kojem se unose ulazni podaci sastoji od nekoliko obojanih dijelova u koja se unose ulazni podaci. Najprije je u gornjem dijelu radnog lista u kućici označenoj žutom bojom potrebno iz padajućeg izbornika odabrati tip područja vodoopskrbnog sustava, odnosno tip područja DMA zone za koju se provodi izračun stvarnih gubitaka. Pritom padajući izbornik nudi dvije mogućnosti odabira – Urbano ili Ruralno. Zatim se u dio radnog lista označenog plavom bojom unose rezultati mjerenja protoka na ulazima u razmatranu DMA zonu. Moguće je unijeti rezultate mjerenja do maksimalno 8 različitih ulaza u razmatranu DMA zonu. Nakon toga se u dio radnog lista označenog zelenom bojom unose rezultati mjerenja protoka na izlazima iz razmatrane DMA zone. Moguće je unijeti rezultate mjerenja do maksimalno 8 različitih izlaza iz razmatrane DMA zone. Ukoliko je razmatrana DMA zona krajnja zona koja nema izlaznih protoka, cijeli dio tablice označen zelenom bojom potrebno je ostaviti praznim. U konačnici se još, prema potrebi, u dio radnog lista označenog žutom bojom unose rezultati mjerenja potrošnje vode od strane većih potrošača koji se nalaze unutar razmatrane zone. Moguće je unijeti rezultate mjerenja protoka do maksimalno 8 različitih većih potrošača unutar razmatrane DMA zone.

Toolkit-a za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka razvijen je u MSExcel računarskom paketu. Korištenje Toolkit-a za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka, prema „bottom-up“ metodi prikazat će se na tri različita primjera.

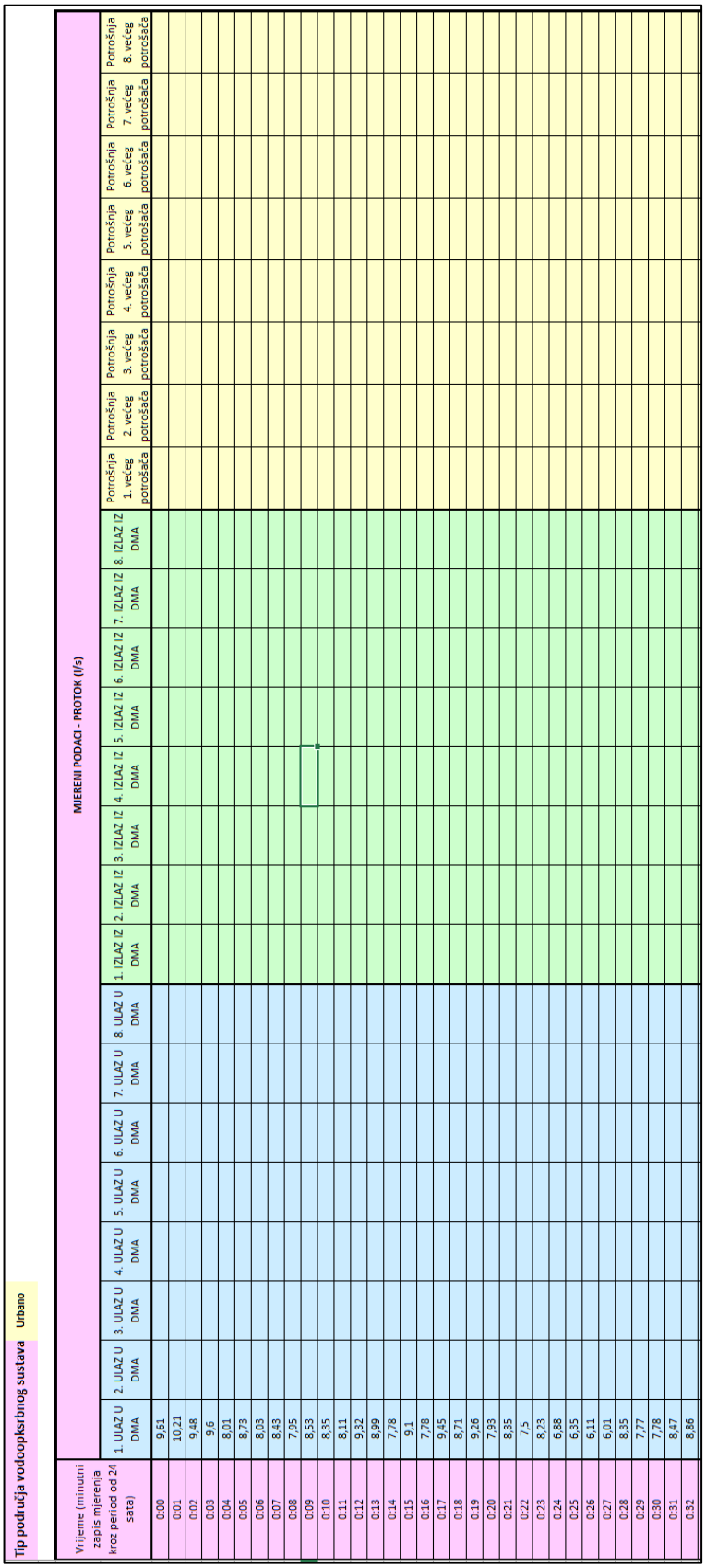
Primjer 1.

Hipotetski primjer za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a dan je u nastavku na Slika 6.14. Radi se o DMA zoni koja je krajnja (nema izlaza iz DMA zone) i u koju voda ulazi samo kroz jedan cjevovod na kojem je izvedeno zasunsko-mjerno okno s ugrađenim mjeračem protoka, koji kontinuirano mjeri protok s vremenskim inkrementom od 1 minute.

Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Slika 6.15, gdje se nakon odabira tipa područja razmatrane DMA zone (Urbano) i unosa osnovnog seta mjerenih ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom (mjerenja protoka na ulasku u DMA zonu), automatski ispunjava tablica u drugom radnom listu s prikazom rezultata (stvarni gubitak u noćnom periodu), kao i pripadni grafički prikaz (Slika 6.16).



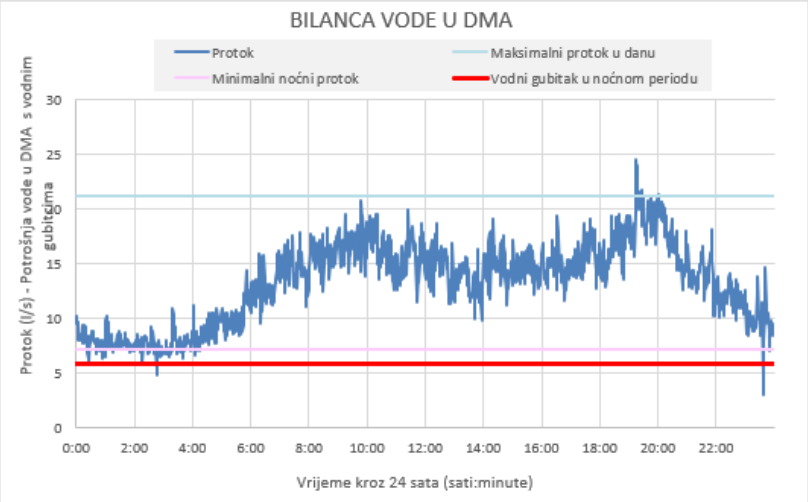
Slika 6.14. Primjer (1) za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a



Tip područja vodoopskrbnog sustava	Urbano																																			
	MJERENI PODACI - PROTOK (l/s)																																			
Vrijeme (minutni zapis mjerenja kroz period od 24 sata)	1. ULAZ U DMA	2. ULAZ U DMA	3. ULAZ U DMA	4. ULAZ U DMA	5. ULAZ U DMA	6. ULAZ U DMA	7. ULAZ U DMA	8. ULAZ U DMA	1. IZLAZ IZ DMA	2. IZLAZ IZ DMA	3. IZLAZ IZ DMA	4. IZLAZ IZ DMA	5. IZLAZ IZ DMA	6. IZLAZ IZ DMA	7. IZLAZ IZ DMA	8. IZLAZ IZ DMA	Potrošnja 1. većeg potrošača	Potrošnja 2. većeg potrošača	Potrošnja 3. većeg potrošača	Potrošnja 4. većeg potrošača	Potrošnja 5. većeg potrošača	Potrošnja 6. većeg potrošača	Potrošnja 7. većeg potrošača	Potrošnja 8. većeg potrošača
0:00	9,61																							
0:01	10,21																							
0:02	9,48																							
0:03	9,6																							
0:04	8,01																							
0:05	8,73																							
0:06	8,03																							
0:07	8,43																							
0:08	7,95																							
0:09	8,53																							
0:10	8,35																							
0:11	8,11																							
0:12	9,32																							
0:13	8,99																							
0:14	7,78																							
0:15	9,1																							
0:16	7,78																							
0:17	9,45																							
0:18	8,71																							
0:19	9,26																							
0:20	7,93																							
0:21	8,35																							
0:22	7,5																							
0:23	8,23																							
0:24	6,88																							
0:25	6,35																							
0:26	6,11																							
0:27	6,01																							
0:28	8,35																							
0:29	7,77																							
0:30	7,78																							
0:31	8,47																							
0:32	8,86																							

Slika 6.15. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (unos mjerenih podataka) – Primjer 1

VODNI GUBICI U DMA - BOTTOM UP METODA					
Maksimalni protok u danu	**Minimalni noćni protok**	**Prosječna dnevna potrošnja većih potrošača**	**Minimalna noćna potrošnja većih potrošača**	**Minimalna noćna potrošnja**	**Vodni gubitak u noćnom periodu**
$Q_{max,h}$	$Q_{min,h}$	$Q_{śr,dn,veći\ potrošači}$	$Q_{min,h,veći\ potrošači}$	$Q_{min,noć,potroš}$	Q_{gub}
l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
21,18	7,22	0,00	0,00	1,40	**5,82**

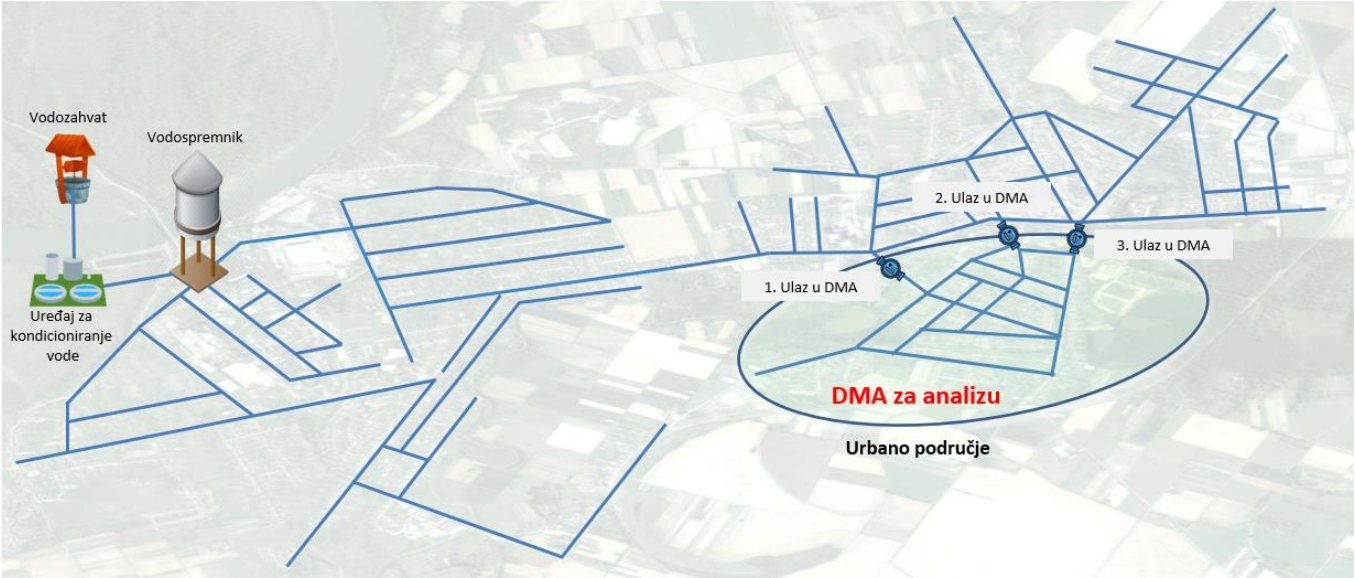


Slika 6.16. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (rezultati) – Primjer 1

Primjer 2.

Drugi hipotetski primjer za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a dan je u nastavku na Slika 6.17. Radi se o DMA zoni koja je krajnja (nema izlaza iz DMA zone) i u koju voda ulazi kroz tri cjevovoda na kojima su izvedena zasunsko-mjerna okna s ugrađenim mjeračem protoka, koji kontinuirano mjere protok s vremenskim inkrementom od 1 minute.

Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Slika 6.18, gdje se nakon odabira tipa područja razmatrane DMA zone (Ruralno) i unosa osnovnog seta mjerenih ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom (mjerenja protoka na ulascima u DMA zonu), automatski ispunjava tablica u drugom radnom listu s prikazom rezultata (stvarni gubitak u noćnom periodu), kao i pripadni grafički prikaz (Slika 6.19).



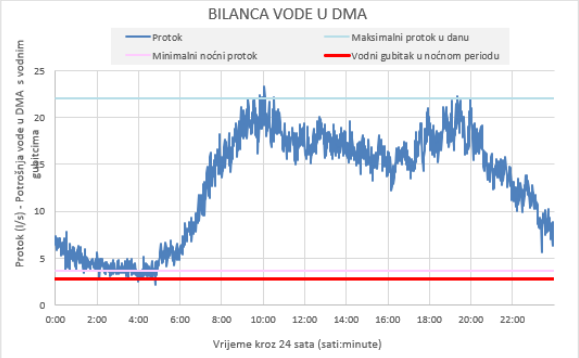
Slika 6.17. Primjer (2) za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a

Tip područja vodoopksrbnog sustava Ruralno

Vrijeme (minutni zapis mjerenja kroz period od 24 sata)	MJERENI PODACI - PROTOK (l/s)																							
	1. ULAZ U DMA	2. ULAZ U DMA	3. ULAZ U DMA	4. ULAZ U DMA	5. ULAZ U DMA	6. ULAZ U DMA	7. ULAZ U DMA	8. ULAZ U DMA	1. IZLAZ IZ DMA	2. IZLAZ IZ DMA	3. IZLAZ IZ DMA	4. IZLAZ IZ DMA	5. IZLAZ IZ DMA	6. IZLAZ IZ DMA	7. IZLAZ IZ DMA	8. IZLAZ IZ DMA	Potrošnja 1. većeg potrošača	Potrošnja 2. većeg potrošača	Potrošnja 3. većeg potrošača	Potrošnja 4. većeg potrošača	Potrošnja 5. većeg potrošača	Potrošnja 6. većeg potrošača	Potrošnja 7. većeg potrošača	Potrošnja 8. većeg potrošača
0:00	2,623128	3,8288161	0,638136																					
0:01	2,7480389	2,9943306	0,638136																					
0:02	2,4357617	4,0251655	0,9326603																					
0:03	2,7168111	2,4543693	0,6872234																					
0:04	2,5919003	3,3379423	0,5399612																					
0:05	2,2483955	3,926991	0,9817478																					
0:06	2,7792666	3,3379423	0,8344856																					
0:07	2,9041774	3,0434178	0,7853982																					
0:08	3,1852268	2,4543693	0,4908739																					
0:09	2,5919003	2,8961557	0,6872234																					
0:10	2,3108509	3,8288161	0,9326603																					
0:11	2,5294449	3,681554	0,8835729																					
0:12	3,4350485	2,9943306	0,6872234																					
0:13	3,2789099	2,797981	0,5399612																					
0:14	2,3733063	3,1415927	0,7853982																					
0:15	2,2171678	3,3870295	0,7363108																					
0:16	2,3733063	2,4543693	0,4417865																					
0:17	2,18594	3,0925053	0,5890486																					
0:18	3,2789099	2,8470682	0,5890486																					
0:19	3,0290883	2,8961557	0,5890486																					
0:20	3,0290883	2,6507189	0,5890486																					
0:21	2,3420786	2,5034565	0,4908739																					
0:22	2,3108509	3,436117	0,9326603																					
0:23	2,2483955	3,1415927	0,8835729																					
0:24	2,9666328	2,7488936	0,5399612																					
0:25	3,4662762	2,8470682	0,7363108																					
0:26	2,6855834	3,5833791	0,8344856																					
0:27	3,2789099	2,5034565	0,6872234																					
0:28	1,8112074	3,2397674	0,5890486																					
0:29	1,8736628	1,6689711	0,1963495																					
0:30	1,748752	2,3071072	0,3926991																					
0:31	2,2483955	2,0616702	0,5890486																					
0:32	3,0915437	3,681554	1,0308351																					

Slika 6.18. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (unos mjerenih podataka) – Primjer 2

VODNI GUBICI U DMA - BOTTOM UP METODA					
Maksimalni protok u danu	Minimalni noćni protok	Prosječna dnevna potrošnja većih potrošača	Minimalna noćna potrošnja većih potrošača	Minimalna noćna potrošnja	Vodni gubitak u noćnom periodu
$Q_{max,h}$	$Q_{min,h}$	$Q_{sr,dn,veći\ potrošači}$	$Q_{min,h,veći\ potrošači}$	$Q_{min,noć,potroš}$	Q_{gub}
l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
22,04	3,66	0,00	0,00	0,92	**2,74**

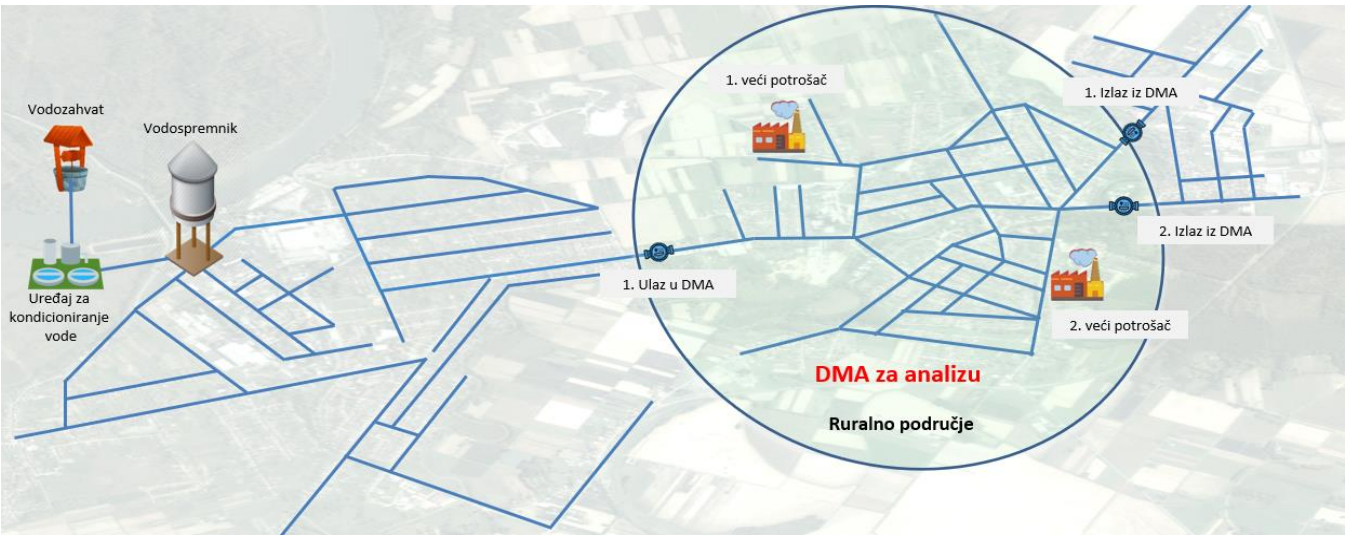


Slika 6.19. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (rezultati) – Primjer 2

Primjer 3.

Treći hipotetski primjer za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a dan je u nastavku na Slika 6.20. Radi se o DMA zoni koja nije krajnja (ima izlaze iz DMA zone) i u koju voda ulazi kroz jedan cjevovod i unutar koje se potrošnja mjeri kod dva veća potrošača gdje su izvedena zasunsko-mjerna okna s ugrađenim mjeračem protoka, koji kontinuirano mjere protok s vremenskim inkrementom od 1 minute.

Primjer ispunjavanja Toolkit-a za isti primjer dan je na Slika 6.21, gdje se nakon odabira tipa područja razmatrane DMA zone (Ruralno) i unosa osnovnog seta mjerenih ulaznih podataka u kućice označene svijetloplavom bojom (mjerenja protoka na ulasku u DMA zonu), zatim u kućice označene zelenom bojom (mjerenja protoka na izlascima iz DMA zone) te u kućice označene žutom bojom (mjerenja većih potrošača) automatski ispunjava tablica u drugom radnom listu s prikazom rezultata (stvarni gubitak u noćnom periodu), kao i pripadni grafički prikaz (Slika 6.22).



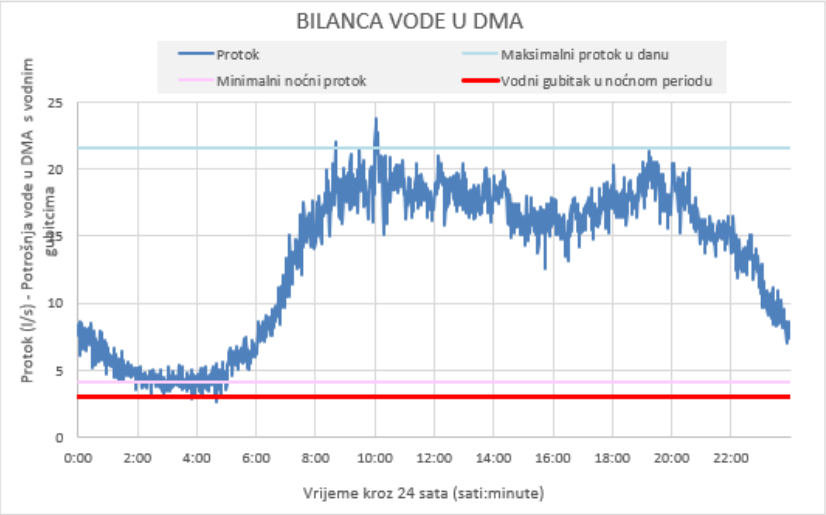
Slika 6.20. Primjer (3) za izračun vodnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka uz korištenje Toolkit-a

Tip područja vodoopksrbnog sustava Ruralno

Vrijeme (minutni zapis mjerenja kroz period od 24 sata)	MJERENI PODACI - PROTOK (l/s)																						
	1. ULAZ U DMA	2. ULAZ U DMA	3. ULAZ U DMA	4. ULAZ U DMA	5. ULAZ U DMA	6. ULAZ U DMA	7. ULAZ U DMA	8. ULAZ U DMA	1. IZLAZ IZ DMA	2. IZLAZ IZ DMA	3. IZLAZ IZ DMA	4. IZLAZ IZ DMA	5. IZLAZ IZ DMA	6. IZLAZ IZ DMA	7. IZLAZ IZ DMA	8. IZLAZ IZ DMA	Potrošnja 1. većeg potrošača	Potrošnja 2. većeg potrošača	Potrošnja 3. većeg potrošača	Potrošnja 4. većeg potrošača	Potrošnja 5. većeg potrošača	Potrošnja 6. većeg potrošača	Potrošnja 7. većeg potrošača	Potrošnja 8. većeg potrošača
0:00	12,398143								3,8288161	0,638136							0,638136	0						
0:01	12,017832								2,9943306	0,638136							0,638136	0						
0:02	12,550268								4,0251655	0,9326603							0,9326603	0						
0:03	11,713584								2,4543693	0,6872234							0,6872234	0						
0:04	9,9641522								3,3379423	0,5399612							0,5399612	0						
0:05	12,550268								3,926991	0,9817478							0,9817478	0						
0:06	12,093895								3,3379423	0,8344856							0,8344856	0						
0:07	11,409335								3,0434178	0,7853982							0,7853982	0						
0:08	11,409335								2,4543693	0,4908739							0,4908739	0						
0:09	10,496587								2,8961557	0,6872234							0,6872234	0						
0:10	11,25721								3,8288161	0,9326603							0,9326603	0						
0:11	12,093895								3,681554	0,8835729							0,8835729	0						
0:12	11,409335								2,9943306	0,6872234							0,6872234	0						
0:13	11,485397								2,797981	0,5399612							0,5399612	0						
0:14	11,713584								3,1415927	0,7853982							0,7853982	0						
0:15	10,57265								3,3870295	0,7363108							0,7363108	0						
0:16	10,268401								2,4543693	0,4417865							0,4417865	0						
0:17	10,268401								3,0925053	0,5890486							0,5890486	0						
0:18	11,485397								2,8470682	0,5890486							0,5890486	0						
0:19	11,181148								2,8961557	0,5890486							0,5890486	0						
0:20	11,181148								2,6507189	0,5890486							0,5890486	0						
0:21	11,105086								2,5034565	0,4908739							0,4908739	0						
0:22	11,409335								3,436117	0,9326603							0,9326603	0						
0:23	11,333273								3,1415927	0,8835729							0,8835729	0						
0:24	10,192339								2,7488936	0,5399612							0,5399612	0						
0:25	11,561459								2,8470682	0,7363108							0,7363108	0						
0:26	11,485397								3,5833791	0,8344856							0,8344856	0						
0:27	11,713584								2,5034565	0,6872234							0,6872234	0						
0:28	10,496587								3,2397674	0,5890486							0,5890486	0						
0:29	9,1274679								1,6689711	0,1963495							0,1963495	0						
0:30	7,9104723								2,3071072	0,3926991							0,3926991	0						
0:31	8,8232188								2,0616702	0,5890486							0,5890486	0						
0:32	10,116276								3,681554	1,0308351							1,0308351	0						

Slika 6.21. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (unos mjerenih podataka) – Primjer 3

VODNI GUBICI U DMA - BOTTOM UP METODA					
Maksimalni protok u danu	**Minimalni noćni protok**	**Prosječna dnevna potrošnja većih potrošača**	**Minimalna noćna potrošnja većih potrošača**	**Minimalna noćna potrošnja**	**Vodni gubitak u noćnom periodu**
$Q_{max,h}$	$Q_{min,h}$	$Q_{sr,dn,veći\ potrošači}$	$Q_{min,h,veći\ potrošači}$	$Q_{min,noć,potroš}$	Q_{gub}
l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
21,54	4,14	1,87	0,34	0,78	**3,01**



Slika 6.22. Toolkit za izračun stvarnih gubitaka iz mjerenja minimalnog noćnog protoka (rezultati) – Primjer 3

24HR01 REPUBLIKA HRVATSKA: PODRŠKA SMANJIVANJU GUBITAKA VODE U SKLOPU REFORME VODNOG SEKTORA – FAZA 2

AKTIVNOST 2.

PODAKTIVNOST 2.1.

IZVJEŠĆE ZA PRIRUČNIK DOBRE PRAKSE - USPOSTAVA I UPRAVLJANJE DMA ZONAMA

PROSINAC, 2024.