

DEFINISANJE UČESTALOSTI I VJEROVATNOĆE POJAVE MINIMALNIH NOĆNIH PROTOKA U VODOVODNIM SISTEMIMA

mr. Đevad Koldžo

U skladu sa preporukama Međunarodne Asocijacije za vode (IWA), gubici vode se od početka ovog stoljeća izračunavaju korištenjem metodologije Vodnog bilansa (IWA metodologija) i prezentuju kroz finansijske i tehničke pokazatelje uspješnosti. Kako bi se odredila vrijednost elemenata vodnog bilansa radna grupa IWA je preporučila dva različita pristupa.

1. Pristup od vrha ka dnu i
2. Pristup od dna ka vrhu .

Prema pristupu „od vrha prema dnu“, vrijednost gubitaka se određuje tako što se od količine isporučene vode oduzme količina legalne potrošnje, nakon čega se na osnovu procjena i prikupljenih informacija iz dokumentacije vodovodnog poduzeća, definira vrijednost prividnih (komercijalnih) gubitaka vode. Daljom analizom se oduzimanjem vrijednosti prividnih gubitaka od vrijednosti ukupnih gubitaka dobiva ostatak koji predstavlja vrijednost stvarnih (fizičkih) gubitaka u sistemu.

Ovaj pristup je brz i jeftin, ali s obzirom da se bazira na jako puno procjena, u slučaju vodovoda u jugo-istočnoj Europi njegova primjena je vrlo nepouzdana i ograničena, zbog čega ga treba izbjegavati kada je god to moguće¹.

Drugi pristup, koji se naziva pristup „od dna prema vrhu“ se bazira na rezultatima dobivenim na osnovu mjerenja minimalnih noćnih protoka u mjernim zonama.

Mjerenje protoka se vrši u toku noćnih sati jer je u tom periodu udio gubitaka u izmjenjenim vrijednostima protoka najveći. S obzirom na različite običaje u načinu potrošnje vode ovisno o kulturnim, klimatskim, društvenim, religioznim i drugim osobinama potrošača, noćna potrošnja neće biti ista u toku različitog doba dana, dana u sedmici, ili u različito doba godine. Ove neravnomjernosti se moraju analizirati kako bi se definirale komponente minimalnih noćnih protoka (MNP), sa svrhom determinacije udjela korisne potrošnje u izmjenjenim vrijednostima minimalnih noćnih protoka. Alen Lambert je 2010, izradio tabelu (Tabela 1) u kojoj je predstavio i prema kojoj je definisao komponente minimalnog noćnog protoka kako slijedi:

¹ Čak i kod najboljih procjena moguća je greška i do 30%.

MINIMALNI NOĆNI PROTOK (MNP)	NOĆNA POTROŠNJA (NP)	NOĆNA KORISNA POTROŠNJA	POSEBNA NOĆNA POROŠNJA	LINIJA ISPORUKE
			REZIDENTALNA POTROŠNJA	
			NE REZIDENTALNA POTROŠNJA	
		RASIPANJE U POTROŠAČKIM INSTALACIJAMA	CURENJA UNUTAR OBJEKATA	
	CURENJA IZVAN OBJEKATA			
	STVARNI GUBICI (SG)	CURENJA KOJA JE MOGUĆE DETEKTOVATI I OTKLONITI	NEPRIJAVLJENA CURENJA	
			PRIJAVLJENA CURENJA (KOJA NISU POPRAVLJENA)	
		PRIKRIVENI KVAROVI	CURENJA NA PRIKLJUČCIMA	
CURENJA NA CIJEVIMA				

Tabela 0: Raspodjela minimalnog noćnog protoka na komponente

Izvor: A. Lambert. *Improving the understanding of components of residential night consumption using Gold Coast and End Use Study Data. Report ILMSS Ltd/Wide Bay Water, 2010 (Preveo: Đ.Koldžo)*

- Stvarni gubici (SG) predstavljaju razliku Minimalnoga protoka i procijenjene ili izmjerene Noćne potrošnje
- Noćna potrošnja (NP) predstavlja zbir Korisne noćne potrošnje (KNP) i Rasipanja vode u potrošačkim instalacijama (RPI)²
- Noćna korisna potrošnja, koja se sastoji od:
 - a) Posebne noćne potrošnje, koja predstavlja zbir pojedinačnih potrošnji koje prelaze definisani prag potrošnje koji je obično između 100 i 500 l/h³,
 - b) Rezidentalna noćna potrošnja predstavlja zbir svih pojedinačnih potrošnji u domaćinstvima ispod praga potrošnje,
 - c) Ne- rezidentalna potrošnja predstavlja zbir svih pojedinačnih potrošnji ispod praga potrošnje a koja se ostvaruju u objektima male privrede i sl.
- Rasipanje u potrošačkim instalacijama se može javiti u dva oblika:
 - a) Curenja unutar objekta. Najčešće zbog neispravnih vodokotlića, slavina i sl. i
 - b) Curenja izvan objekta. Najčešće curenja na vanjskim slavinama ili na potrošačkom servisnom cjevovodu između vodomjera i objekta (u slučaju ako se vodomjer nalazi izvan objekta)

² U koliko se potrošaču naplata vrši na osnovu izmjerene potrošnje i ukoliko vodovod ne oskudjeva sa vodnim resursima ovo ne predstavlja gubitak za vodovodno preduzeće.

³ M. Fantozzi, A. Lambert, Residential Night Consumption – Assessment, Choice of Scaling Units and Calculation of Variability, Cole, Australia 2010.

Definisanje vrijednosti NP vrši se determinacijom svih potrošača sa posebnom noćnom potrošnjom vode. Prilikom mjerenja minimalnoga noćnog protoka svim takvim potrošačima se mora pratiti (mjeriti) potrošnja ili, eventualno, u koliko je to moguće treba ih isključiti iz sistema vodosnabdijevanja, što se može uraditi isključivo uz dogovor sa potrošačem.

Rezidentalna i ne-rezidentalna potrošnja se mjeri kod slučajno odabranoga broja potrošača iz različitih kategorija, kao i različitih dijelova sistema ili zone u kojoj se vrši mjerenje, te se može izraziti formulom:

$$NP = \sum PNP + \frac{\sum_1^b RP}{b} \times N_{RP} + \frac{\sum_1^c NRP}{c} \times N_{NRP} \quad (1)$$

gdje je: PNP - Posebna noćna potrošnja,
 b - Broj uzoraka u kategoriji rezidentalne potrošnje,
 N_{RP} - Ukupan broj priključaka rezidentalne potrošnje u zoni mjerenja,
 c - Broj uzoraka u kategoriji ne-rezidentalne potrošnje,
 N_{RP} - Ukupan broj priključaka ne-rezidentalne potrošnje u zoni mjerenja.

U nekim razvijenim zemljama se noćna potrošnja analizira kroz duži vremenski period i izražena je kroz prosječnu noćnu potrošnju za rezidentalne i ne-rezidentalne potrošače u lit./priklj./sat ili u lit./osobi/sat. Tako su slijedeće države preporučile da se u proračunima koriste dole navedene vrijednosti korisne noćne potrošnje:

- **Velika Britanija**, Prosječna rezidentalna noćna potrošnja iznosi 1,7 lit./priključku//sat. Ne rezidentalna potrošnja je klasificirana u 5 različitih grupa ovisno o vrsti potrošača i kreće se od 1 l/priklj./sat za grupu A do 60,0 l/priklj./sat za grupu E. Srednja vrijednost ne rezidentalne noćne potrošnje u Velikoj Britaniji iznosi 7,4 lit./priklj./sat⁴.
- **Malezija** je definirala prosječnu rezidentalnu noćnu potrošnju od 5,0 l/priklj./sat⁵.
- **Njemačka** je odredila prosječan minimalni noćni protok kod rezidentalnih potrošača od 0,4 do 0,8 lit./osobi/sat⁶.
- **Austrija** je definisala isto kao i u Njemačkoj prosječan minimalni noćni protok kod rezidentalnih potrošača od 0,4 do 0,8 lit./osobi/sat⁷.

⁴ UK Managing Leakage Report E, 1994

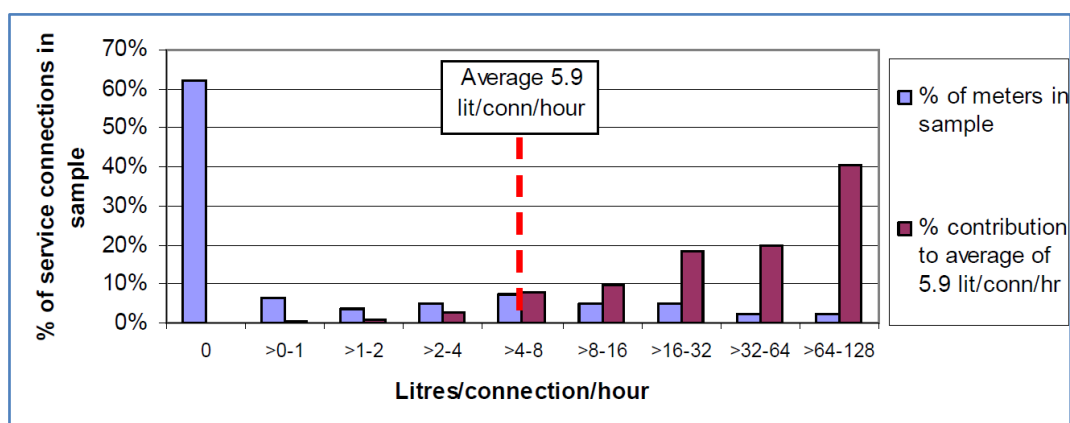
⁵ M. Fantozzi, 2010.

⁶ DVGW Guideline W 392: Network inspection and water losses – activities, procedures and assessment, Bonn, Germany, 2003

⁷ OVGW : Guideline W63, Water Losses in Water Supply Systems. Assessment, Evaluation and Measures for Water Loss Reduction. Austrian Association for Gas and Water, 2009.

Ipak, u praksi postoje mnogi utjecaji koji će oblikovati vrijednost noćne potrošnje, i ona nije fiksna. Ovi faktori ovise o običajima potrošača, klimi, geografskom položaju itd. i to je razlog zašto ne postoji niti jedan međunarodni standard koji definiše noćnu potrošnju, niti je vjerovatno da će ikada biti uspostavljen, već će se isti donositi za pojedinačne države ili regione sličnih karakteristika.

Fantozzi je 2010. godine objavio rezultate istovremenog mjerenja⁸ minimalnih noćnih protoka u 128 rezidentalnih potrošača u 8 zemalja u Jugoistočnoj Aziji u terminu od 03:00 do 04:00 sati (slika 1).



Slika 1: Primjer rezidentalne noćne potrošnje u Jugoistočnoj Aziji
Izvor: Fantozzi, 2010.

Srednja vrijednost izmjerenih noćnih protoka iznosi 5,9 lit./prijklj./sat, ali se kreće u rasponu od 0 do 128 lit/prijklj./sat. Iz primjera se vidi da oko 60% vodomjera nije imalo zabilježenu potrošnju, tako da je samo oko 40% bilo u upotrebi za vrijeme sata najnižeg MNP. Međutim, samo 4% od ovih vodomjera, s potrošnjom većom od 64 litara/ priklj./ sat, su bili odgovorni za 60% prosječne noćne potrošnje. Ovo znači da je prosječna noćna potrošnja izvedena iz relativno malog uzorka rezidentalnih vodomjera prilično nestabilna, i može široko varirati u različitim sredinama.

S obzirom da u vrijednosti minimalnog noćnog protoka, komponenta stvarnih gubitaka predstavlja "fiksnu vrijednost"⁹, definisanje vrijednosti stvarnih gubitaka najlakše je definisati u danima (noćima) kada je vrijednost minimalnog noćnog protoka najmanja.

⁸ Ovo je bilo moguće izvesti uz pomoć tzv. Smart (pametne) tehnologije mjerenja

⁹ Ovo treba djelimično uzeti sa rezervom jer se vrijednost mijenja u ovisnosti od visine pritiska u sistemu, zbog čega se izmjerena vrijednost množi sa Noć/Dan faktorom (NDF).

Satna, dnevna i sedmična neravnomjernost potrošnje

U toku dana ili sedmice potrošači ne koriste vodu na isti način. Rezultati istraživanja koja su provedena u više gradova u ASEAN regionu¹⁰ u periodu od 06. jula do 24. augusta¹¹ prikazani su u tabeli 2 i pokazuju da se u radnim danima, od ponedjeljka do petka, minimalni noćni protok u 29 slučajeva pojavio u vremenu između 02:00 i 03:00 sati, a po tri puta u intervalima od 01:00 do 02:00 odnosno od 03:00 do 04:00 sati.

Kada su u pitanju dani vikenda, minimalni noćni protok se pojavio 1 puta u intervalu od 02:00 do 03:00, i 13 puta u intervalu od 03:00 do 04:00 sati¹².

Day of the week	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7
	6>12 July	13>19 July	20>26 July	27J>2 Aug	3>9 Aug	10>16 Aug	17>24Aug
Monday	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03	01 to 02	02 to 03	03 to 04
Tuesday	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03	01 to 02	02 to 03	02 to 03
Wednesday	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03	01 to 02	02 to 03	03 to 04
Thursday	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03
Friday	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03	02 to 03	03 to 04	02 to 03
Saturday	03 to 04	03 to 04	02 to 03	03 to 04	03 to 04	03 to 04	03 to 04
Sunday	03 to 04	03 to 04	03 to 04	03 to 04	03 to 04	03 to 04	03 to 04
Period		01 to 02	02 to 03	03 to 04	04 to 05		
Monday to Friday		3	29	3	0		
Saturday and Sunday		0	1	13	0		
Monday to Sunday		3	30	16	0		

Tabela 2: Sedmična i dnevna neravnomjernost pojave MNP (Queensland, Australia)
Izvor: R. Willis at al, Gold Coast domestic water end use study. Water: Journal of the Australian Water Association, 2009.

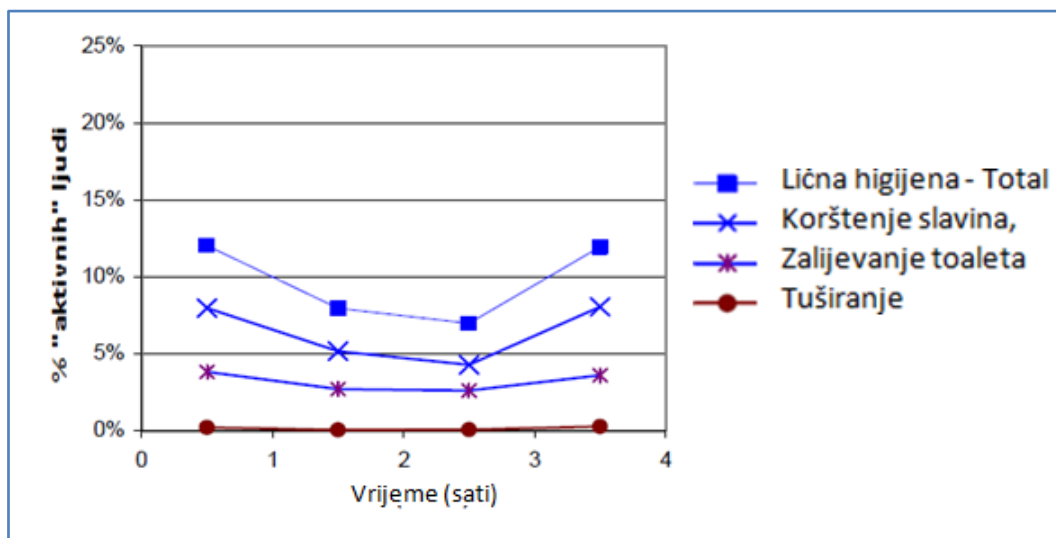
Korištenjem "pametne" (Smart) tehnologije mjerenja može se utvrditi vrijeme pojave kao i obim najmanjih vrijednosti MNP te razlog nastanka varijacija između radnih dana i vikenda. A. Lambert je koristeći skupljače podataka (data logger) visoke rezolucije sa intervalom zapisa protoka od 10 sekundi te korištenjem posebnog software-a za analizu, razložio noćnu potrošnju u nekoliko gradova u Queenslandu (Australia) na pojedinačne komponente noćne potrošnje i dokazao zbog čega se minimalni protoci vikendom pojavljuju kasnije u odnosu na radne dane. (slika 2 i slika 3). Razlog ovoj pojavi je prvenstveno to što je tokom dana vikenda veći postotak ljudi koji borave izvan svojih domova do kasnije noću i bivaju "aktivni" u

¹⁰ Članice ASEAN regiona su: Vietnam, Malesia, Indonesia, Cambodia, Singapore, Laos, Thailand, Philippines, Myanmar i Brunei Darussalam

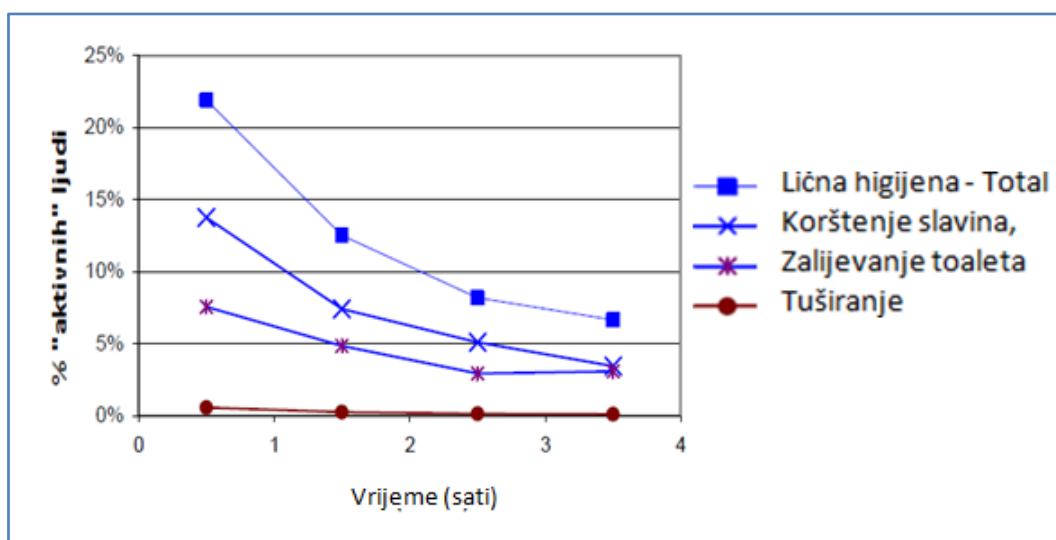
¹¹ Ukupno 7 sedmica.

¹² R. Willis at al, Gold Coast domestic water end use study. Water: Journal of the Australian Water Association, 2009.

korištenju vode za ličnu higijenu Kućanski aparati (perilica rublja, perilice posuđa) su također nešto više koriste kasnije noću i vikendom.

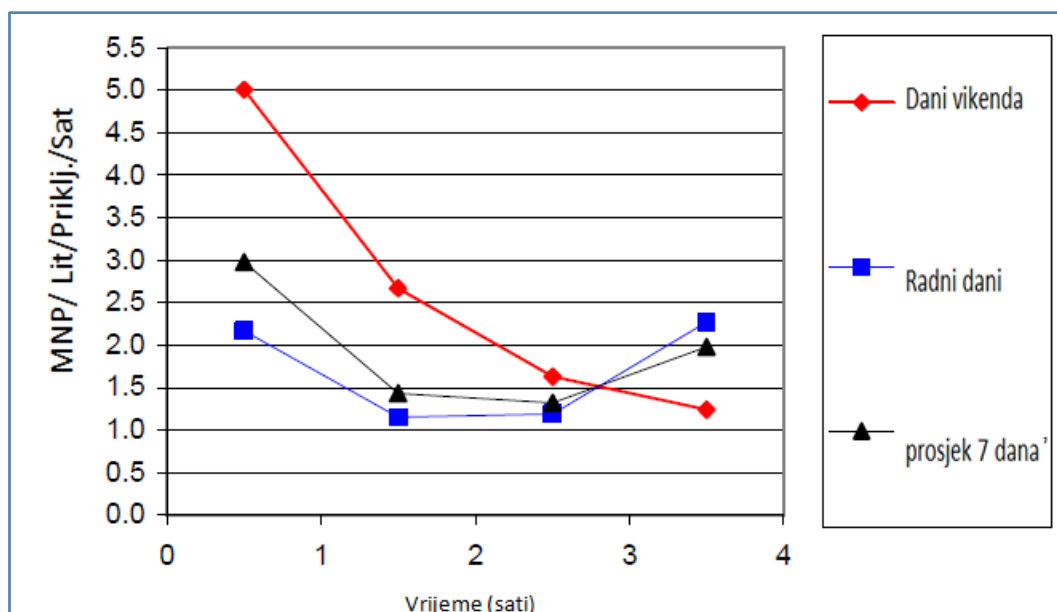


Slika 2: Utjecaj % aktivnih stanovnika na MNP - Personalna noćna potrošnja vode kod rez. potrošača radnim danima (Queensland, Australia)
Izvor: A. Lambert, 2009. (Prijevod: Đ Koldžo)



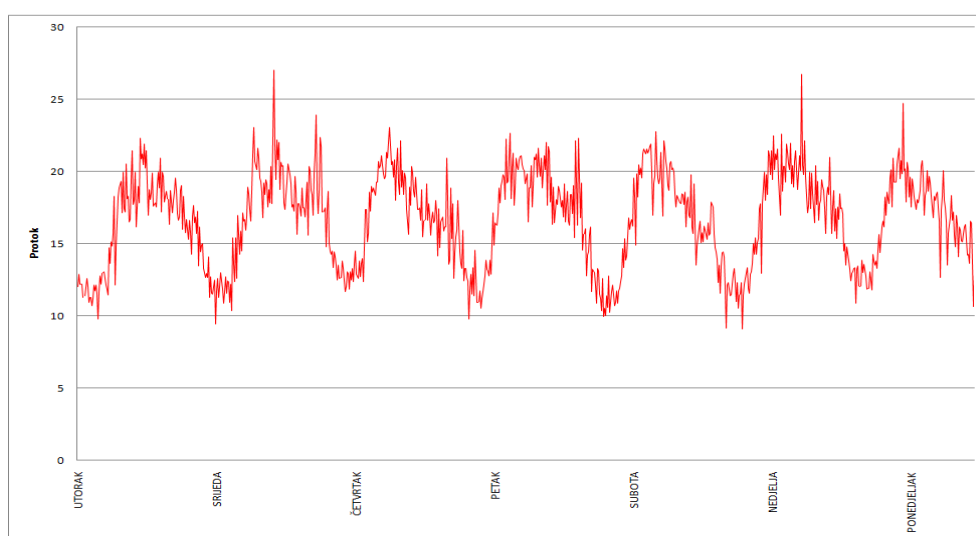
Slika 3: Utjecaj % aktivnih stanovnika na MNP - Personalna noćna potrošnja vode kod rez. potrošača danima vikenda (Queensland, Australia)
Izvor: A. Lambert, 2009. (Prijevod: Đ Koldžo)

Lambert je u daljoj analizi izradio linije noćnih protoka u radnim danima i danima vikenda, kao i srednju sedmičnu liniju noćnog protoka (slika 4).



Slika 4 Srednji sedmični MNP (Queensland, Australia)
Izvor: A. Lambert, 2009. (Prijevod: Đ Koldžo)

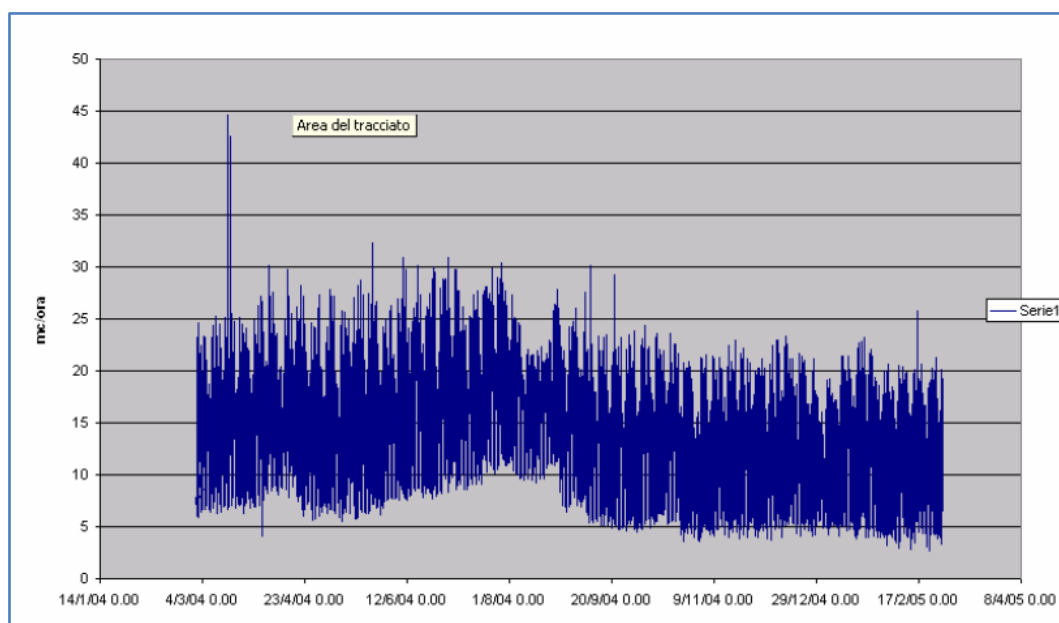
Rezultati istraživanja do kojih su došli Lambert i Villis se odnose na urbana naseljena mjesta. Na slici 5 je prikazana srednja sedmična kriva protoka u 5 vodovoda u kontinentalnom dijelu Bosne i Hercegovine u martu 2012. godine. Mjerači su bili opremljeni skupljačem podataka i podešeni u intervalima od 1 minut. Iz dijagrama je vidljivo da vrijednost MNP varira od 8,1 (nedjelja 03:00 do 04:00 sati) do 12,2 l/s (četvrtak 02:00 do 03:00), što predstavlja neravnomjernost od 51% u odnosu na vrijednost najmanje zabilježene vrijednosti MNP u toku sedmice. U sedmici u kojoj je izvršeno mjerenje nije bilo nikakvih posebnih događaja koji su mogli utjecati na promjenu ustaljenog ponašanja potrošača kada je u pitanju korištenje vode.



Slika 5: Srednja sedmična kriva protoka u 5 vodovoda u BiH
Izvor: Đevad Koldžo

Sezonska neravnomjernost

Kada je u pitanju utjecaj sezonske neravnomjernost pojave i vrijednosti minimalnih noćnih protoka, najveći faktori stvaranja ove pojave su geografski položaj i klima. Mada su ova dva utjecaja ovisna jedno o drugom, ipak se moraju razmatrati odvojeno. Ovo se posebno odnosi na mjesta koja zbog svoje klime ali i geografskog položaja, u toku sezone privlače veliki broj turista, koji svojim boravkom znatno utiču na ukupnu potrošnju vode, a samim tim i na pojavu i veličinu minimalnih noćnih protoka, a što se dalje veže i za godišnje doba. Na slici 6 je kriva minimalnih protoka u jednoj mjernoj zoni (MZ) u sjevernoj Italiji dobivena kontinuiranim mjerenjem sa zapisom podataka u trajanju od godinu dana. Iz dijagrama se vidi da u zimskim mjesecima minimalni izmjereni protok ima vrijednost cca 3 l/s, dok u ljetnim mjesecima postoje dani kada je minimalni noćni protok veći od 12 l/s, te da je najpovoljnije vrijeme za mjerenje minimalnog noćnog protoka u periodu od novembra do marta, odnosno period od aprila do oktobra treba izbjegavati za implementaciju mjerenja minimalnih protoka u svrhu determinacije vrijednosti stvarnih gubitaka.

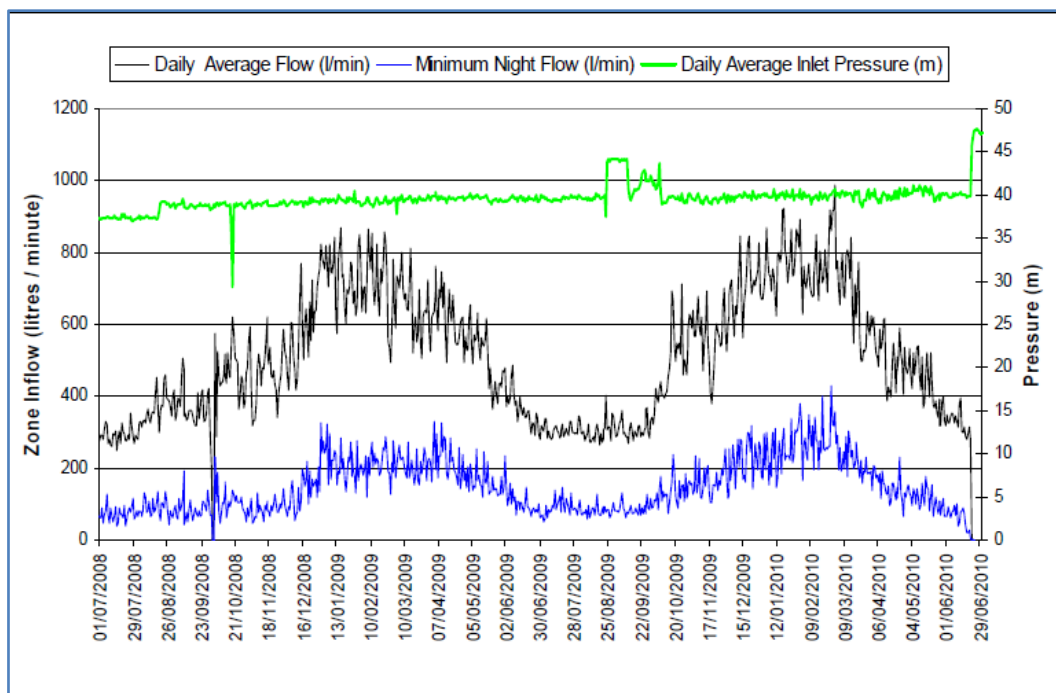


Slika 6: Sezonska neravnomjernost minimalnih i maksimalnih protoka u jednoj MZ u sjevernoj Italiji

Izvor: A M. Fantozzi, A. Lambert,

Na slici 7 je prikazana kriva minimalnih protoka izmjerena u periodu od godinu dana u jednoj MZ u Australiji, gdje je najpovoljniji period za mjerenje minimalnih noćnih protoka u periodu od juna do septembra¹³.

¹³ zima na južnoj hemisferi

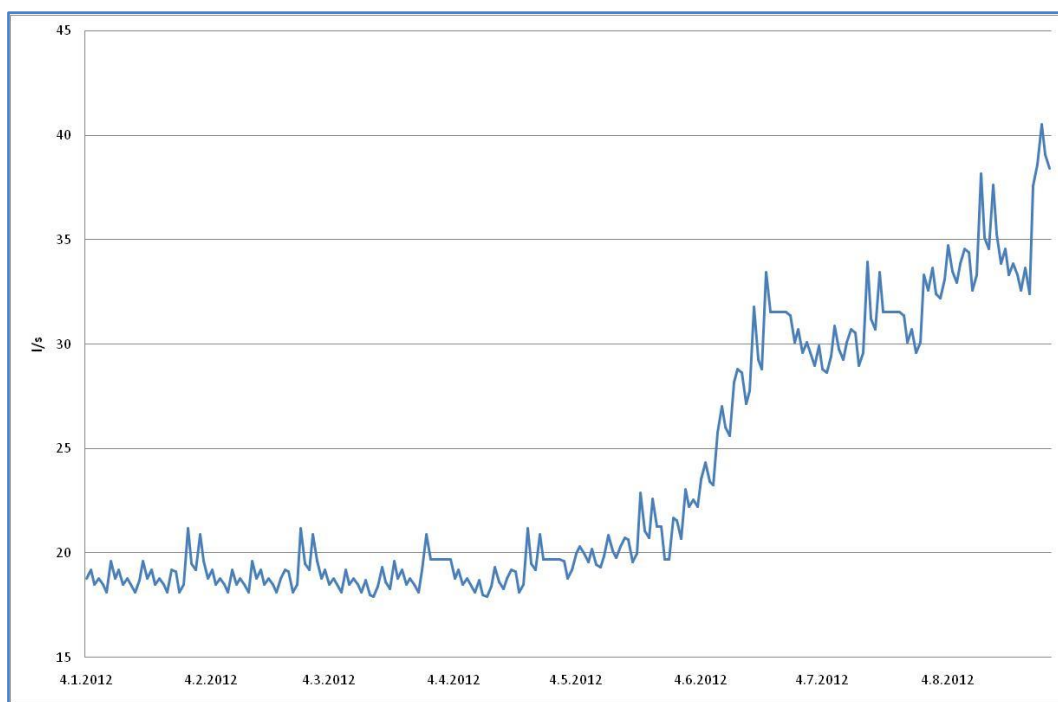


Slika 7: Sezonska neravnomjernost minimalnih i maksimalnih protoka u jednoj MZ u Australiji

Izvor: A M. Fantozzi, A. Lambert,

Sezonski utjecaj je svakako izraženiji u vodovodnim sistemima koji u određenom periodu godine moraju obezbjediti vodo-snabdijevanje za veći broj korisnika. Nekada taj broj korisnika višestruko nadmaši broj domicilnih stanovnika. Prema podacima Zavoda za statistiku Crne Gore - MONSTAT-a, u Ulcinju živi nešto manje od 21.000 stanovnika, dok je u augustu 2012. prosječan broj prijavljenih turista koji su boravili u ovom gradu premašio broj od 60.000. Slična situacija je i u ostalim obalnim općinama. Podrazumjeva se da turisti imaju potpuno drugačije običaje, i da su mnogo aktivniji kada je u pitanju potrošnja vode u noćnim satima.

Na slici 8 je prikazana vrijednost minimalnih srednja vrijednost minimalnih noćnih protoka u 9 MZ- u tri crnogorske primorske općine.



Slika 8: Sezonska neravnomjernost prosječnih minimalnih protoka u 9MZ-a u tri primorska vodovoda u Crnoj Gori
Izvor: Đevad Koldžo

Osim klime i geografskog položaja faktori utjecaja na vrijednost minimalnog protoka mogu biti kulturno religijski običaji, način življenja ovisan o urbanizaciji sredine odnosno gustine naseljenosti kao i doba godine. Analiza noćne potrošnje u ruralnim područjima će u mnogome zavisiti od potreba poljoprivredne proizvodnje. Bez obzira što je gotovo isključena mogućnost da se zalijevanje većih poljoprivrednih površina vrši vodom iz vodovoda¹⁴, ipak treba imati na umu ovu opciju kada su u pitanju manji privatni vrtovi, a posebno u situacijama kada se radi o potrošačima kojima se voda naplaćuje na osnovu paušala.

Zaključak

Idealno bi bilo kada bi se mjerenja mogla vršiti permanentno u svim zonama, što u zemljama u jugo-istočnoj Evropi uglavnom nije slučaj, već se mjerenja vrše povremeno i na veoma limitiranom broju mjernih mjesta, odnosno mjernih zona. Zbog toga je jako bitno odrediti pravo vrijeme kada će mjerenje biti izvršeno ili što je još bolje definisati koeficijente za korekciju izmjerenih rezultata, ovisno od vremena kada je mjerenje izvršeno.

U sljedećem broju: Analiza učestalosti pojave minimalnih noćnih protoka u vodovodima u BiH i Crnoj Gori

¹⁴ Osim što bi to zahtjevalo znatna materijalna sredstva, istovremeno hlór koji se dodaje vodi štetno utiče na poljoprivredne kulture.