

Indikatori gubitaka vode u vodovodnim sistemima Infrastrukturni indeks curenja



STRUČNA KONFERENCIJA
"GUBICI VODE U VODOVODNIM SISTEMIMA"

Doc.dr. Alma Džubur, dipl.inž.građ.
Univerzitet u Sarajevu – Građevinski fakultet
Odsjek za hidrotehniku i okolišno inženjerstvo
e-mail: a_dzubur@hotmail.com; alma.dzubur@gf.unsa.ba

Šta je važno znati?

- Značaj gubitaka vode
- Faktori nastanka stvarnih gubitaka vode
- Utjecaji curenja vode

💧 Prosjek u BiH/regionu: 50–70%
💧 Razvijene zemlje: 10–20%

👤 Grad od 100.000 stanovnika
Petrošnja: 12.000 m³/dan; Gubici 50% = 6.000 m³/dan; 2,2 miliona m³ godišnje → *nestane*

💰 Finansijski gubitak: ≈ 2,2 miliona € godišnje
⚡ Uzalud potrošena energija: ≈ 1 mil. kWh
🌍 CO₂ emisije: ≈ 450 t/god

- 💰 Ekonomski gubitci
- ⚡ Energetski gubitci
- 🌍 Ekološki utjecaji
- 🏠 Pouzdanost sistema
- 🛠️ Oštećenja infrastrukture

- 🏗️ Stanje infrastrukture
- 💧 Rad sistema
- 🌍 Spoljni utjecaji
- 👤 Ljudski faktor
- 📉 Nedovoljna detekcija

Koje su brojke gubitaka vode prikladne?



%

$\text{m}^3/\text{km}/\text{h}$

m^3/god

$\text{l}/\text{AL}/\text{dan}$

ILI

CRL

???

Standardni vodni bilans (prema IWA)

Isporučena voda	Legalna potrošnja	Fakturisana legalna potrošnja	Fakturisana izmjerena potrošnja (uključujući izvezenu vodu)	Obračunata voda (Fakturisana voda)
			Fakturisana neizmjerena potrošnja	
	Ukupni gubici	Nefakturisana legalna potrošnja	Nefakturisana izmjerena potrošnja	Neprihodovana voda (NRW)
			Nefakturisana neizmjerena potrošnja	
		Prividni gubici (komercijalni gubici)	Illegalna potrošnja	
			Greške u očitavanju	
			Sistemske greške u obradi podataka	
			Stvarni gubici (CARL; QVR)	
		neizbježni gubici		
		Curenja na priključcima		

≈ 0

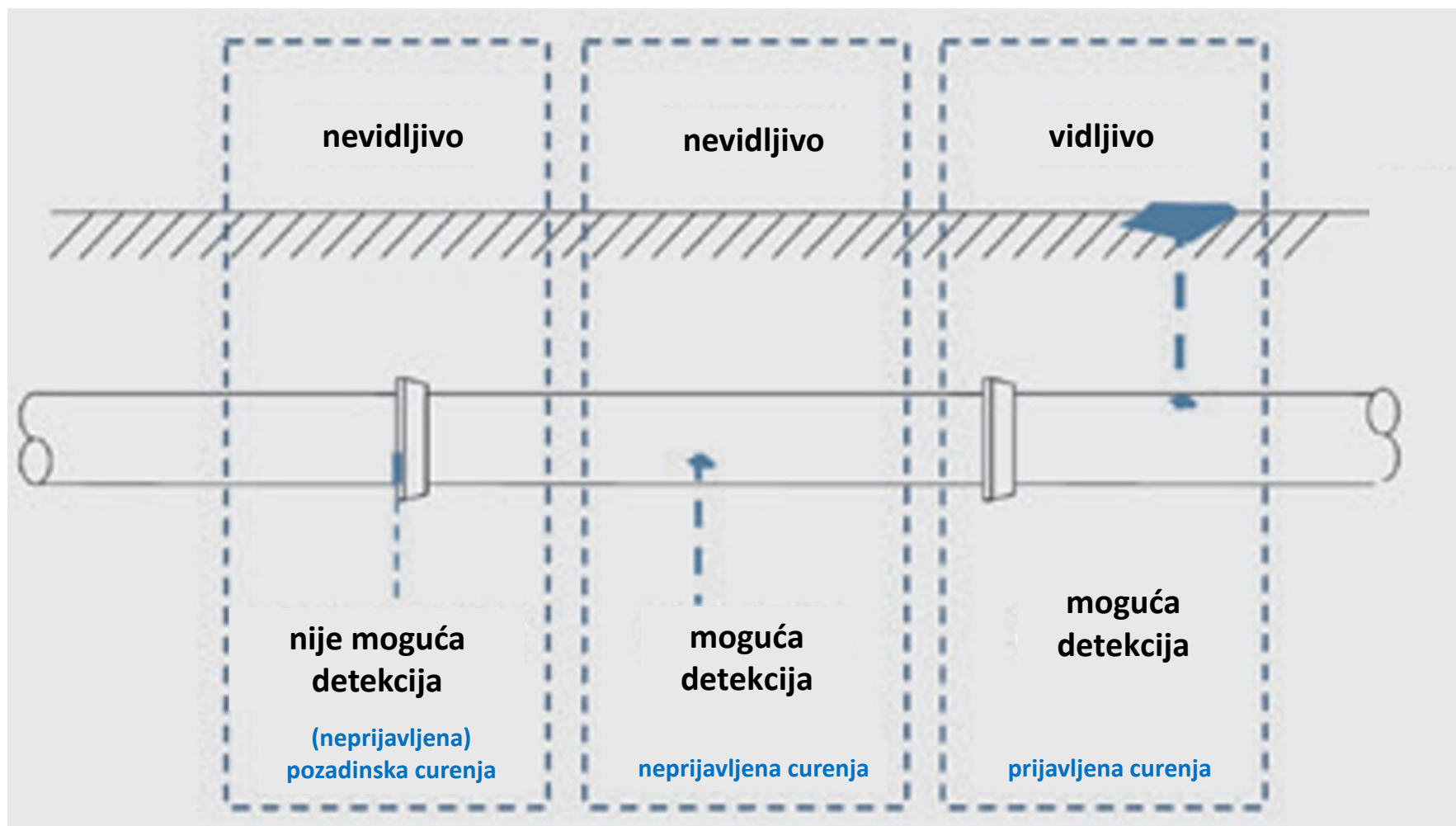
≈ neizbježni gubici

Vodni bilans – **mjerjenja** vs. **procjene** vs. **proračuni**

Isporučena voda	Legalna potrošnja	Fakturisana legalna potrošnja	Fakturisana izmjerena potrošnja (uključujući izvezenu vodu)	Obračunata voda
			Fakturisana neizmjerena potrošnja	
		Nefakturisana legalna potrošnja	Nefakturisana izmjerena potrošnja	Neprihodovana voda (NRW)
			Nefakturisana neizmjerena potrošnja	
	Ukupni gubici	Prividni gubici (komercijalni gubici)	Nelegalna potrošnja	
			Greške u očitavanju	
			Sistemske greške u obradi podataka	
		Stvarni gubici (CARL; QVR)	Curenja na transportnim i distributivnim cjevovodima	
			Curenja i prelivi na rezervoarima	
			Curenja na priključcima	

Vrste stvarnih gubitaka		Uzroci i mjesta nastanka	Vijek trajanja	Veličina isticanja
Prema mjestu nastanka	Curenje na transportnim i distributivnim cjevovodima	Vanjski i unutarnji faktori - najčešće na vanjskim cijevima, usljed raznih vanjskih utjecaja ili korozije, na spojevima usljed oštećenja na brtvi ili diskonekcije i na ventilima i fitinzima usljed nekvalitetne ugradnje i lošeg održavanja	Kratko	Srednje do veliki kvarovi
	Curenja na priključnim cjevovodima, do potrošačkih vodomjera	Obično je najveći broj ovakvih kvarova, jer su spojevi i fitinzi vrlo često neadekvatnog kvaliteta ili su nepravilno ugrađeni	Obično dugo	Mala curenja
	Curenja iz preliva i rezervoara	Curenja i prelivi iz rezervoara - loša kontrola nivoa i neizbalansiranosti sistema, nastanak pukotina u zidanim i betonskim zidovima rezervoara	Dugo	Gubici koji nastaju na ovim mjestima su obično veliki (mada ih je jako lako otkriti) iz razloga što za njihovo otklanjanje treba izdvojiti značajna materijalna sredstva

Vrste stvarnih gubitaka		Mjesto nastanka	Brzina i način otkrivanja gubitaka	Potrebna oprema za detekciju
Prema vrijednosti isticanja i vremena trajanja	Prijavljena curenja	Transportni i distributivni cjevovodi	Zависи od brzine pojavljivanja na površini (utiče: osobina tla, pritisak u mreži, veličina kvara)	Nije potrebna
	Neprijavljena curenja	$q > 0,07 \text{ l/s}$; $p=5 \text{ bara}$	Zonska mjerenja gubitaka	Potrebna posebna oprema
	Pozadinska curenja	Spojevi cijevi; $q < 0,07 \text{ l/s}$; $p = 5 \text{ bara}$	Pronalaze se i otklanjaju tek kada se izvrši rekonstrukcija cjevovoda (vrijeme trajanja veoma dugo)	Ne mogu se otkriti uz pomoć opreme za detekciju curenja



Koncept koji se
primjenjuje
kada se
prikazuju
mjesto curenja
vode

BABE - Bursts
And
Background
Estimates,
Lambert 1994

Šta je NRW?

- NRW – Non-Revenue Water (voda koja ne donosi prihod)

Uključuje:

Stvarni gubici (Fizički gubici) – curenja iz cjevovoda, kvarovi na ventilima, prelijevanje rezervoara.

Prividni gubici (komercijalni gubici) – greške u mjerenju, neovlaštena potrošnja (krađa vode), netačna očitavanja vodomjera.

Nefakturisana legalna potrošnja – npr. voda za gašenje požara, ispiranje mreže.



$$\text{NRW (\%)} = \frac{\text{Voda unesena u sistem} - \text{Naplaćena voda}}{\text{Voda unesena u sistem}} \times 100$$

Primjer:

Ukupno uneseno u mrežu: 1.000.000 m³/god

Naplaćeno: 800.000 m³/god

NRW = 200.000 m³ = 20 %

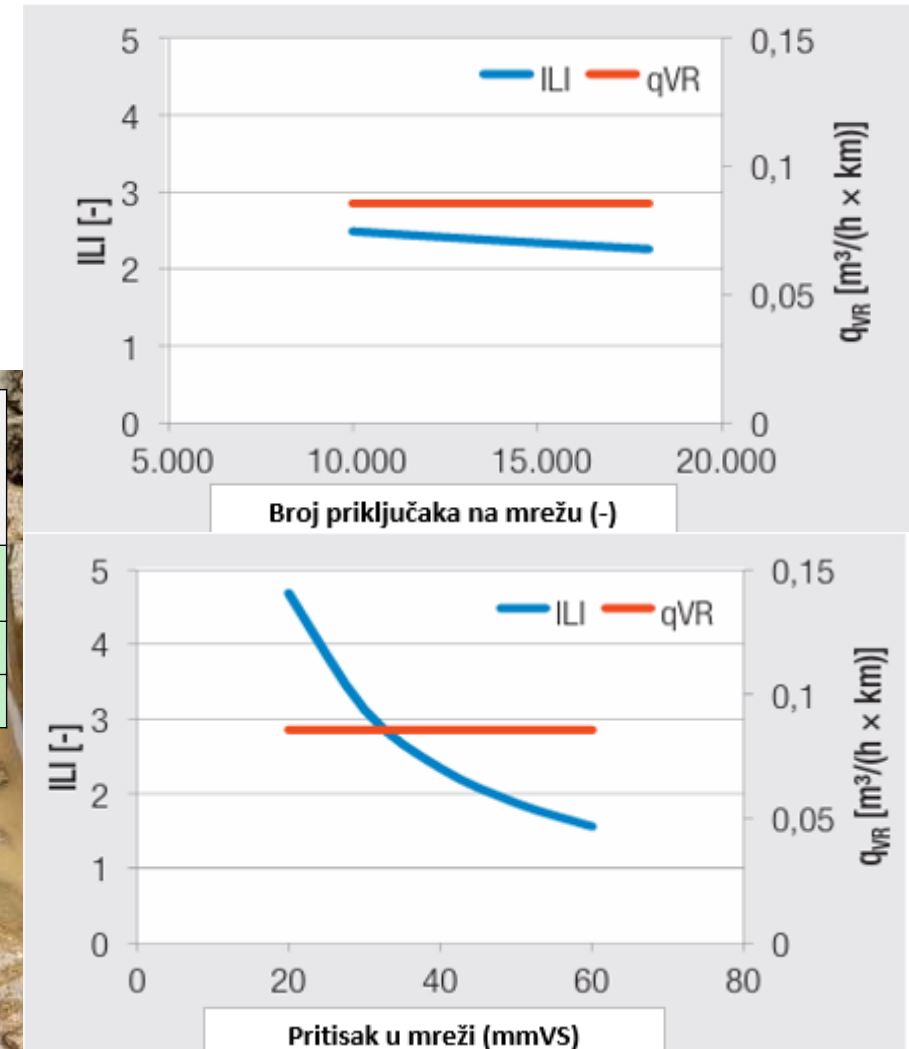
U IWA metodologiji, NRW je glavni pokazatelj efikasnosti vodovodnog sistema i direktno povezan sa finansijskim i tehničkim gubicima.

Zašto ILI?

• Gubitak vode u vodovodnoj mreži

Prema IWA i prema DVGW – Arbeitsblatt W 392E

Utjecajni faktori	Neprihodovana voda NRW (%)	Stvarni gubitak CARL (qVR)	Infrastrukturni indeks curenja ILI
Distributivni cjevovodi (L)	-	+	+
Priključni cjevovodi (L, n)	-	-	+
Radni pritisak (p)	-	-	+



<https://www.dvgw.de/medien/dvgw/wasser/netze/wasserverluste-preis1905.pdf>

ILI: Infrastrukturni indeks curenja

Izvor: Formula prema IWA (International Water Association)

$$ILI = CARL / UARL$$

CARL (Current Annual Real Losses) = QVR (Aktualni stvarni godišnji gubici) (l/d)

UARL (Unavoidable Annual Real Losses) (Neizbježni godišnji stvarni gubici) (l/d)

CARL - Zapremina vode koja se izgubi u jedinici vremena, kroz sve vrste fizičkih kvarova na sistemu (otkriveni i neotkriveni kvarovi ili greške operatera)

$$UARL \left(\frac{l}{dan} \right) = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$$

L_m: Ukupna dužina glavnih vodova u mreži (km)

N_c: Broj priključaka

L_p: Ukupna dužina priključnih cjevovoda od glavnog voda do vodomjera korisnika (km)

P: Prosječna vrijednost pritiska u mreži (bar)

Koeficijenti (18, 0.8, 25) izvedeni iz empirijskih analiza gubitaka u međunarodnim sistemima

Izvor: : Formula prema DVGW-Arbeitsblatt W 392

$$ILI = CARL / UARL$$

CARL (Current Annual Real Losses) = QVR (Aktualni stvarni godišnji gubici) (m³/god)

UARL (Unavoidable Annual Real Losses) (Neizbježni godišnji stvarni gubici) (m³/god)

CARL - Zapremina vode koja se izgubi u jedinici vremena, kroz sve vrste fizičkih kvarova na sistemu (otkriveni i neotkriveni kvarovi ili greške operatera)

$$UARL \left(\frac{m^3}{god} \right) = (6,57 \times L_N + 0,255 \times N_{AL} + 9,125 \times L_{AL}) \times P$$

L_N: Ukupna dužina glavnih vodova u mreži (km)

N_{AL}: Broj priključaka

L_{AL}: Ukupna dužina priključnih cjevovoda od glavnog voda do vodomjera korisnika (km)

P: Prosječna vrijednost pritiska u mreži (mVs)

Koeficijenti (6.57, 0.2555, 9.125) su konvertovana verzija IWA koeficijenata (uzimajući u obzir pretvaranje litara/dan → m³/god i bar → mWS).

ILI: Infrastrukturni indeks curenja

KATEGORIJA USPJEŠNOSTI		ILI	l/priklj./dan (sistem pod pritiskom)				
			$p = 10 \text{ m}$	$p = 20 \text{ m}$	$p = 30 \text{ m}$	$p = 40 \text{ m}$	$p = 50 \text{ m}$
RAZVIJENE ZEMLJE	A	1-2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2-4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
ZEMLJE U RAZVOJU	A	1-4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

- ILI - pokazatelj koji definira kvalitet upravljanja vodovodnim sistemom (održavanje, popravke, rekonstrukcija), za kontrolu stvarnih gubitaka
- Idealan za Benchmarking



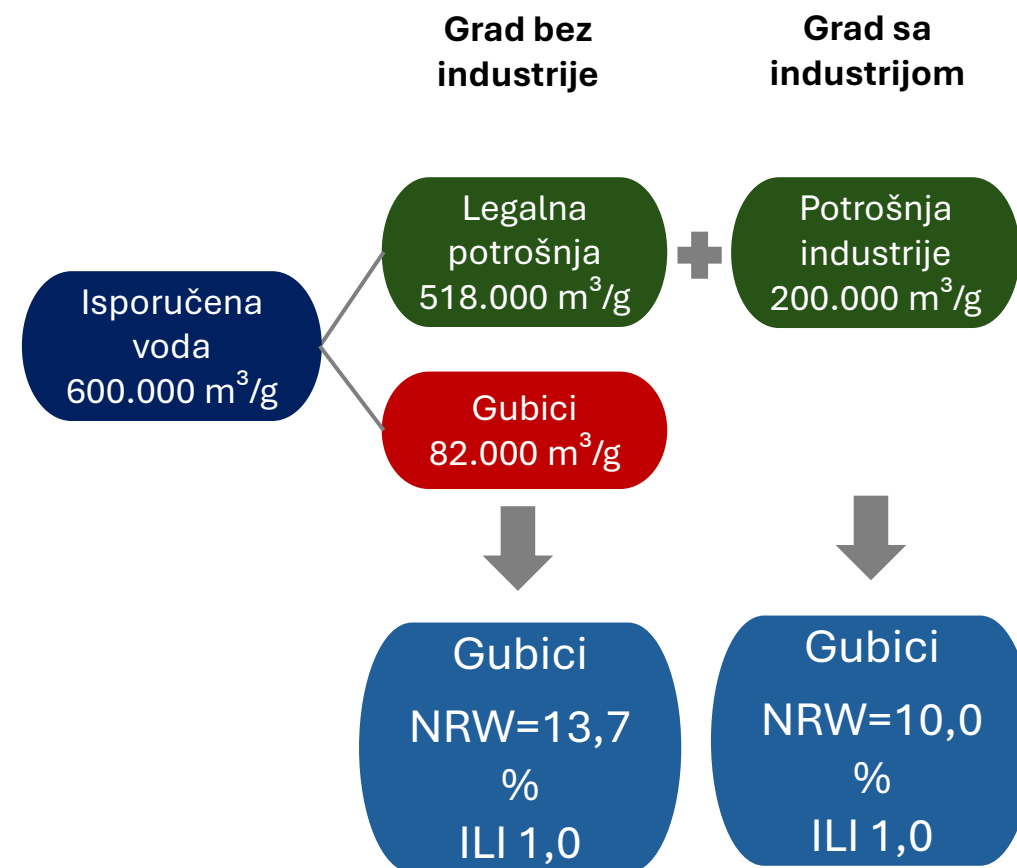
ILI: Infrastrukturni indeks curenja

<i>ILI</i>	<i>Kategorija tehničke izvedbe</i>	
A	1-4	Daljnje smanjenje gubitaka može biti neekonomično (osim ako postoje redukcije). Potrebna je pažljiva analiza kako bi se identificiralo isplativo poboljšanje.
B	4-8	Potencijal za značajna poboljšanja. Razmotriti upravljanje pritiskom, bolje prakse, aktivne kontrole curenja i bolje održavanje mreže.
C	8-16	Loša evidencija gubitaka. Podnošljivo samo ako je vode u izobilju i ako je jeftina (čak i tada, analizirati nivo i prirodu curenja i intenzivirati napore za smanjenje curenja).
D	> 16	Enormno neučinkovito korištenje resursa. Programi za smanjenje curenja su neophodni i visoki prioritet.

Primjer proračuna ILI

- Realni podaci iz prakse
- NRW vs ILI

	Grad bez industrije	Grad sa industrijom
Broj stanovnika	10.000,00	10.000,00
Dužina mreže (km)	80,00	80,00
Broj kućnih priključaka	2.700	2.700
Dužina priključnih cjevovoda (km)	34,60	34,60
Prosječni radni pritisak u mreži (bar)	5,50	5,50
Potrošnja vode (m ³ /god)	600.000,00	800.000,00
Potrošnja vode za industriju	-	200.000,00
Fakturisana potrošnja (m ³ /god)	518.000,00	720.000,00
Neizbježni stvarni gubici vode (m ³ /god)	82.000,00	80.000,00
Procentualni gubitak NRW (%)	13,7	10,0
ILI	1,0	1,0
Područje gubitaka prema ILI	A	A



Gubici vode iz sistema vs u BiH

ILI = 0,7 do 5,8 (Evropa)

NRW = 20 do 70%; često > 50% (u BiH)

NRW ≈ 60%

(istraživanje UNDP iz 2011.; uzorak od 20 općina)



KJKP ViK Sarajevo

ILI za Sarajevo

NRW ≈ 70%; ILI ≈ 28 (prema dostupnim podacima, prije 5-6 god.)

Preporučeni srednjoročni cilj: smanjenje ILI u raspon **8–16** (kategorija C prema Svjetskoj banci)

ILI > 16 → **katastrofalan nivo upravljanja sistemom**

Ambiciozan cilj: **ILI < 6** (neki strateški prijedlozi)

Šta treba činiti?

Takvi napori zahtijevaju sveobuhvatne mjere – detekcija i sanacija curenja, modernizacija mreže, reorganizacija ViK strukture itd.

AWWA Water Software



Namjena

Skup softverskih alata razvijenih prema standardima AWWA za planiranje, upravljanje i analizu vodovodnih sistema



Ključne performanse

- Visoka preciznost hidrauličkih proračuna
- Integracija sa GIS i SCADA sistemima
- Brza obrada velikih količina podataka
- Vizualizacija mreže u realnom vremenu



Glavne funkcije

- Hidrauličko modeliranje i simulacija mreže
- Analiza gubitaka vode i izračun NRW
- Upravljanje pritiskom i optimizacija pumpnih stanica
- Praćenje kvaliteta vode (hlor, mutnoća, temperatura)
- Planiranje investicija i održavanja



Prednosti

- Poboljšava efikasnost i pouzdanost sistema
- Omogućava bolje donošenje odluka
- Smanjuje operativne troškove

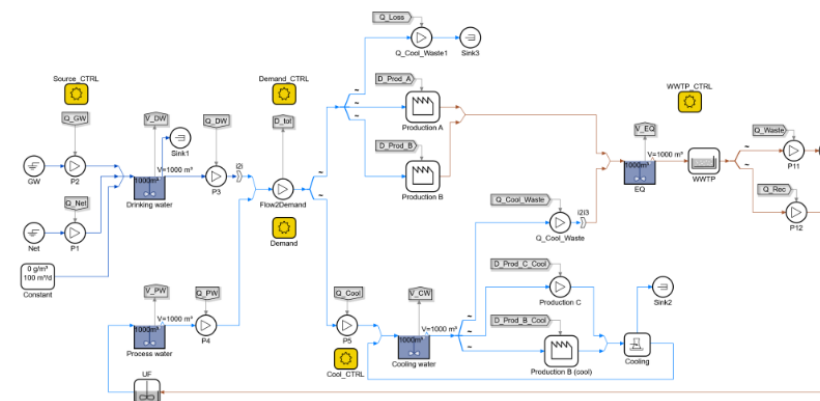


shared insights,
new value

SEWACO s.r.o.

Milady Horákové 12

602 00 Brno, Czech Republic



Zaključna razmatranja

- ✓ Gubici vode – direktno utiču na ekonomsku održivost i pouzdanost vs

ILI metoda:

- ✓ Standardizovana i međunarodno priznata metoda
- ✓ Omogućava poređenje sa drugim sistemima i zemljama (Benchmarking)
- ✓ Uvažava specifične uslove mreže (dužina, broj priključaka, pritisak)
- ✓ Preciznije pokazuje stvarni nivo gubitaka od klasičnih pokazatelja %
- ✓ Pomaže u postavljanju realnih ciljeva za smanjenje gubitaka



Hvala za pažnju!

