



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

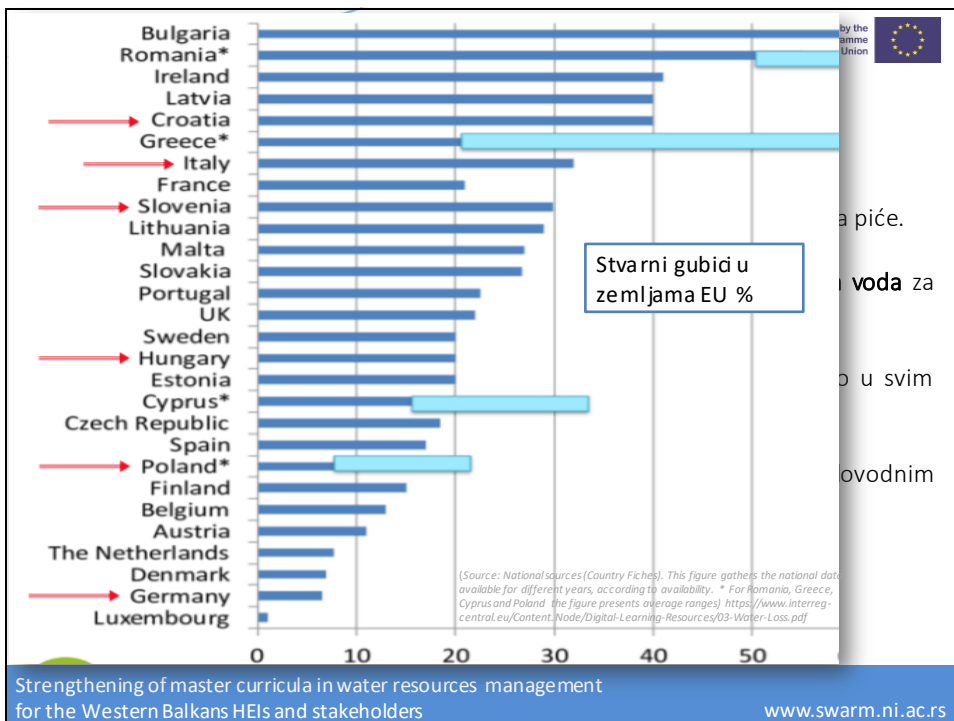
Gubici u vodovodnim sistemima



Doc. dr Ivana Ćipranić
Građevinski fakultet
Univerzitet Crne Gore

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

University of Nis  www.swarm.ni.ac.rs

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders
Project number: 597888-EPP-1-2018-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP





 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Nesu mnjivo, povećanje potrošnje vode po glavi stanovnika, je posljedica i **povećanja gubitaka u vodovodnim sistemima**.
Zbog toga je aktivnost na njihovom smanjenju i kontroli jedna od aktivnosti kojoj se posvećuje velika pažnja.
 Spisak problema koje donose gubici vode je dugačak.

Neki od njih su:

- potrebna je dodatna energija, koja se troši za prečišćavanje i transport vode;
- visoki gubici vode koji uzrokuju nedostatak i restrikcije u snabdijevanju vodom, mogu biti ograničavajući faktor razvoja države!!!

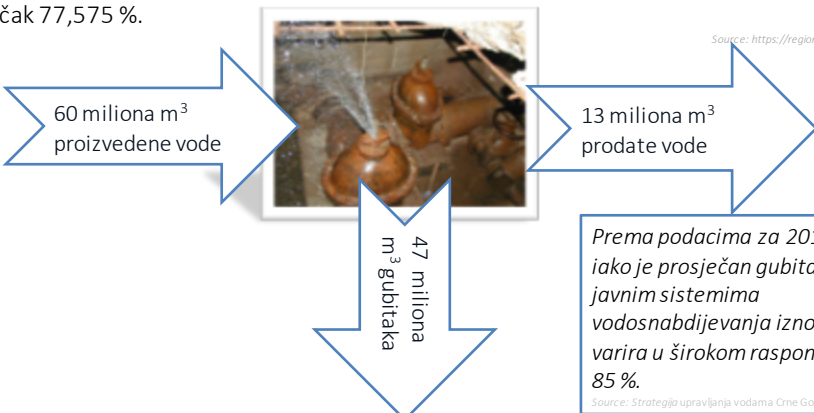
Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Gubici u vodovodnim sistemima zemalja regiona su veliki.

Npr. tokom 2015. godine u vodovodne sisteme opština na crnogorskom primorju, potisnuto je ukupno oko 60.274.947 m³ vode, a fakturisano je svega oko 13.486.659 m³ vode. Prosječna vrijednost ukupnih gubitaka vode - na nivou ovog područja iznosila je čak 77,575 %.

Source: <https://regionalnivodovod.me/?p=1063>



Prema podacima za 2011. godinu, iako je prosječan gubitak vode u javnim sistemima vodosnabdijevanja iznosio 45%, on varira u širokom rasponu od 24 do 85 %.

Source: Strategija upravljanja vodama Crne Gore, jun 2017

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs



 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

- U svijetu se velika pažnja posvećuje aktivnostima na smanjenju i kontroli gubitaka.
- U zemljama regiona, takođe postoje vodovodni sistemi, koji se uspješno bore sa gubicima.






Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 



Gubici imaju više aspekata:

- **Ekološki aspekti,**
- **Higijenski aspekti,**
- **Ekonomski aspekti** (izvoz vode, troškovi proizvodnje),
- **Sigurnost snabdijevanja vodom:** (na primjer, otvor od 5 mm i pritisak od 5 bara mogu izazvati 32.000 litara gubitaka vode u toku dana. To odgovara dnevnoj potrošnji vode za 266 osoba pri prosječnoj potrošnji od 120 litara po stanovniku na dan).



(Source: <https://www.internationalwatercontact.com/Contact/Node/Display/News/Resource/03-Water>)

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 



Sve analize se rade na godišnjem nivou (m^3/god).

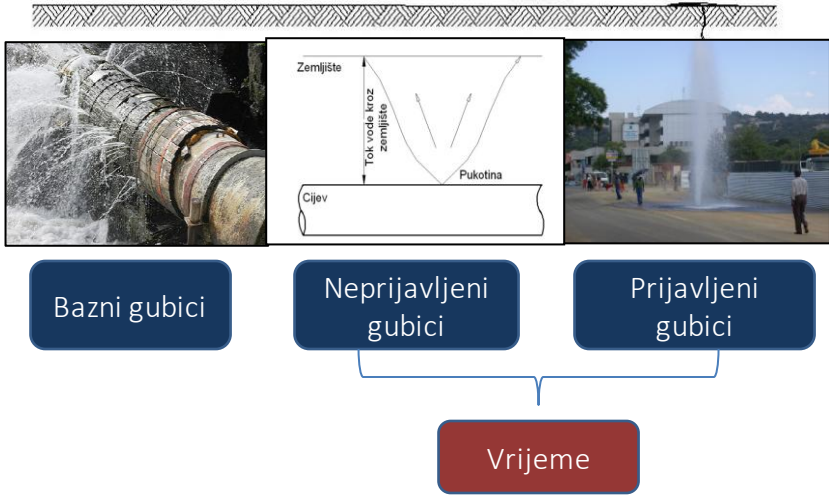
Godišnji obim gubitaka vode sastoji se od dva odvojena tipa gubitaka:

- *stvarni (fizički)*
- *prividni (nefizički) gubici.*

Stvarni (fizički) mogu biti: bazni, neprijavljeni i prijavljeni gubici.

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 



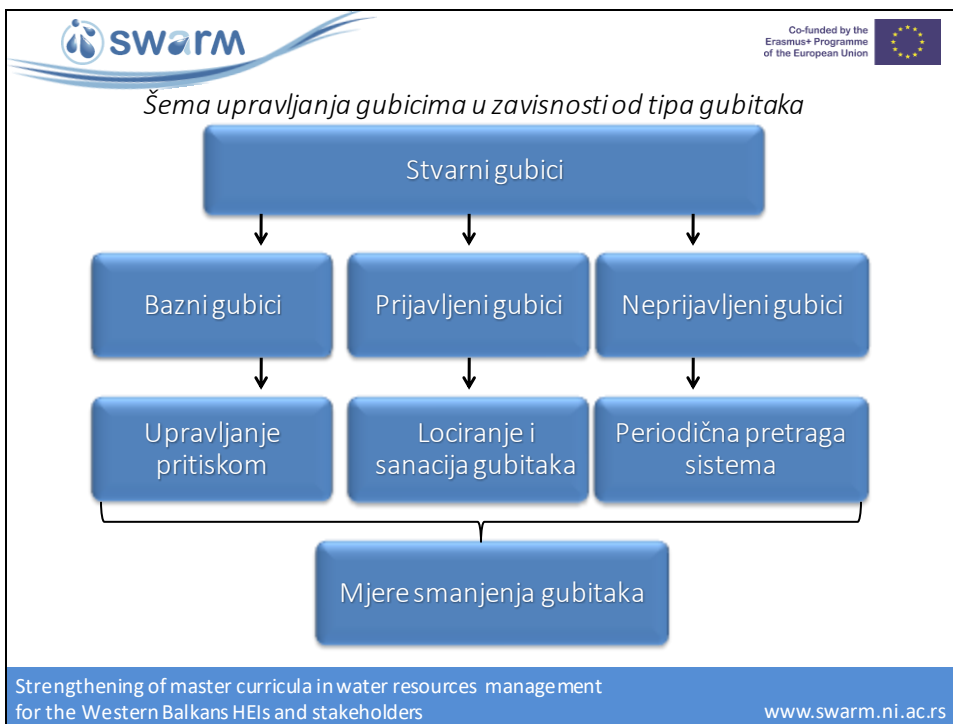
Bazni gubici



Neprijavljeni gubici

Prijavljeni gubici

Vrijeme

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs




 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

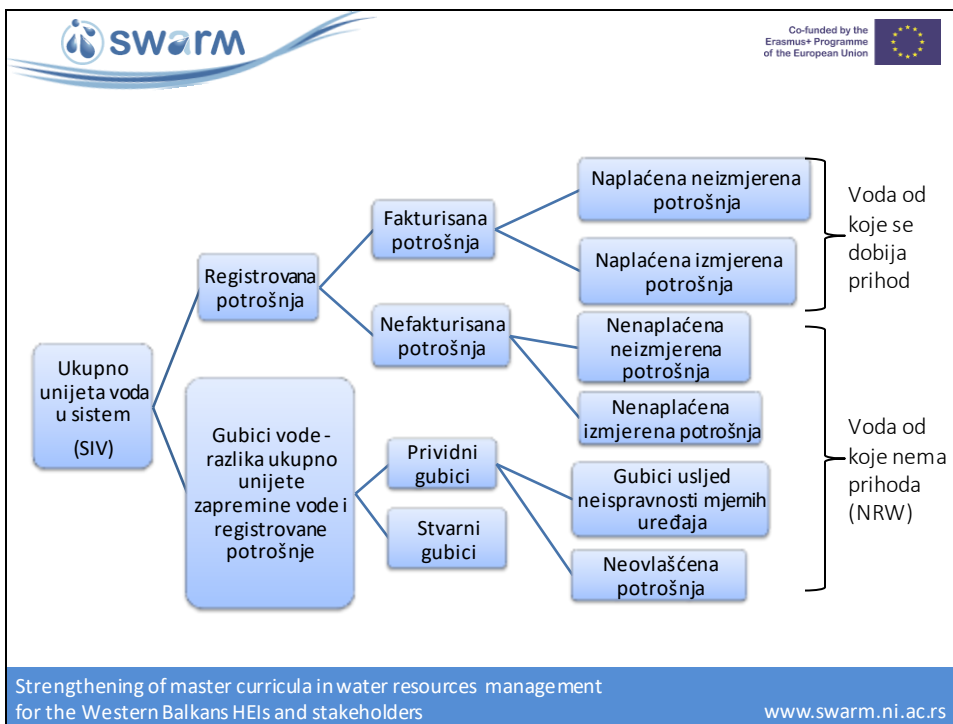
U cilju što preciznijeg definisanja gubitaka u različitim državama, uvedena je **STANDARDIZOVANA MEĐUNARODNA TERMINOLOGIJA**.

Radna grupa **IWA** (The International Water Association) je, na osnovu pozitivne prakse iz većeg broja država, preporučila kao međunarodni standard tabelu za računanje bilansa vode.

Tabela služi kao ključna postavka praktičnijeg proračuna gubitaka vode.

 **the international water association**

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

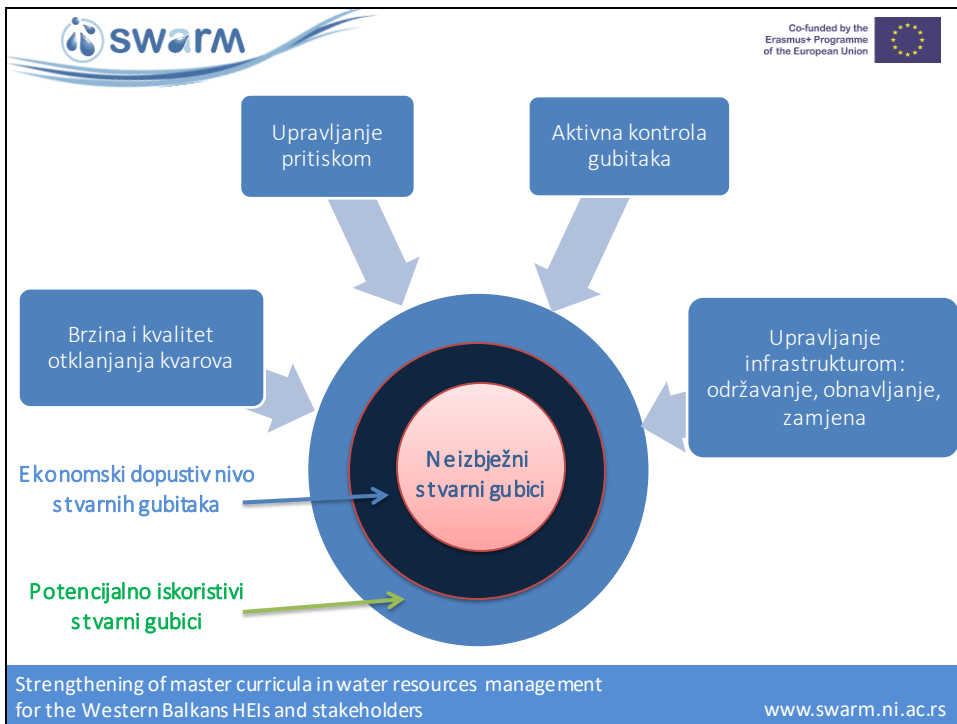


Radna IWA grupa je identifikovala četiri strategije za smanjenje stvarnih gubitaka vode:

1. Upravljanje pritiskom,
2. Aktivna kontrola pritisaka,
3. Upravljanje infrastrukturom: održavanje, obnavljanje, zamjena,
4. Brzine i kvalitet otklanjanja kvarova.

Četiri strategije upravljanja gubicima međusobno imaju uticaja jedna na drugu!

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

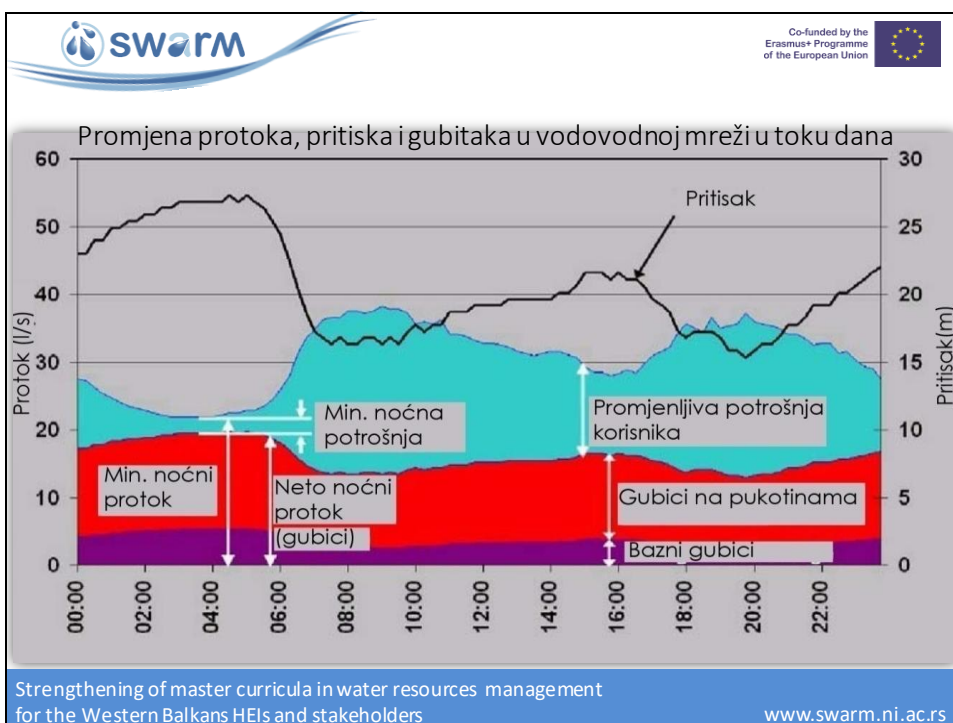




 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

- Kao ključni faktor u borbi protiv gubitaka izdvaja se **upravljanje pritiskom**.
- **Količina vode koja ističe na mjestu pukotine** na vodovodnoj cijevi je u vezi sa pritiskom.
- Gubici su u funkciji od pritiska u sistemu: **veći pritisak znači veći gubitak i obrnuto**.
- **Učestalost pojave novih pukotina** je takođe funkcija pritiska u sistemu.



Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs



U praksi je u upotrebi sledeća veza između pritiska i protoka na mjestu curenja:



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

gdje je:

P_0 - početni pritisak na mjestu curenja;
 L_0 - početni protok na mjestu curenja;
 P_1 - korigovani pritisak na mjestu curenja;
 L_1 - korigovani protok na mjestu curenja;
 N - eksponent.

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders

www.swarm.ni.ac.rs

Hikki (1981) je definisao da je eksponent $N=0.5$ za ustaljene pukotine na cijevima.

Ashcroft i Taylor (1983) ustanovili da se eksponent N kreće u opsegu $1.39 \div 1.72$ za proreze na cijevima.

Germanopoulos (1985) je predložio nelinearnu jednačinu koja daje zavisnost protoka i pritiska, sa stepenom $N=1.18$.



May (1994) je ustanovio da eksponent N varira u zavisnosti od tipa pukotine: $N=0.5$ za ustaljenu površinu pukotine, $N=1.5$ za pukotinu čija veličina varira sa promjenom pritiska, $N=2.5$ za podužnu pukotinu.

Lambert (1997, 2001) definiše vrijednost eksponenta N u opsegu $0.52 \div 2.79$, sa srednjom vrijednošću $N=1.15$.

Lambert et al. (1998) i *May* (1994) su se složili u tome da eksponent gubitka može biti čak 2.5, pogotovo za plastične cijevi.

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders

www.swarm.ni.ac.rs

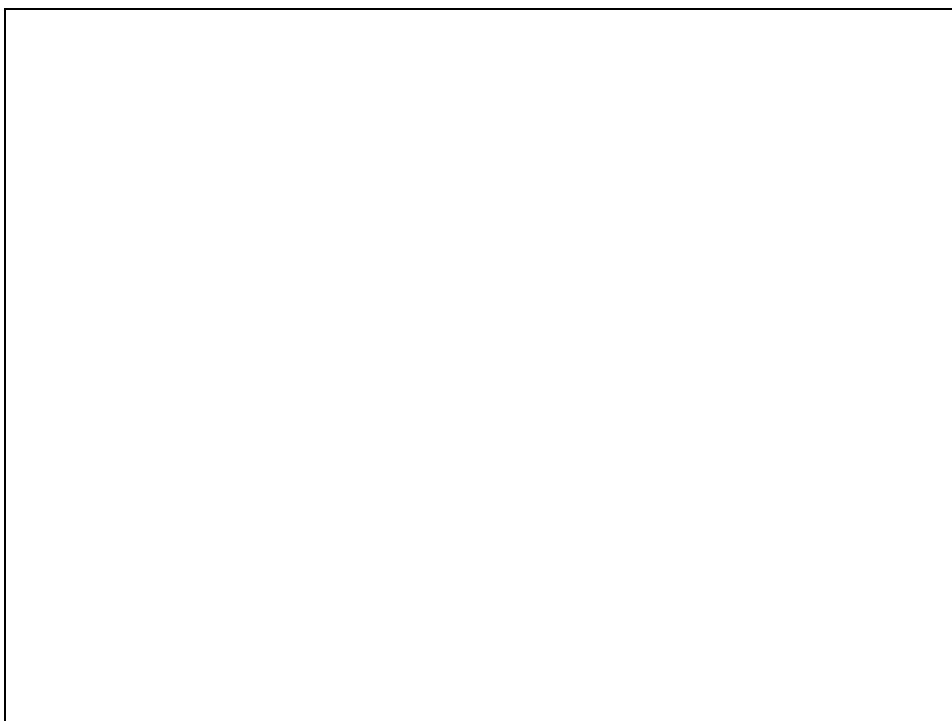


Da bi upravljanje pritiskom bilo efikasna mjera u cilju smanjenja gubitaka, potrebno je:

- definisati **zone** potrošnje;
- uraditi **analizu** potrošnje, da bi se identifikovali tipovi potrošnje i ograničenja;
- odrediti **položaj mjernih uređaja** za mjerenje protoka i pritiska i položaj **reducira pritiska**;
- uraditi **model** svih režima rada;
- **analizirati troškove i dobiti** koji nastaju primjenom metoda upravljanja pritiskom.

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders



www.swarm.ni.ac.rs



 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

AKTIVNA KONTROLA GUBITAKA


Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Proces otkrivanja, lociranja i popravke pukotina poznat je kao aktivna kontrola gubitaka - **AKG (Active Leakage Control, ALC)**.


AKG se sastoji od dvije faze:

- Monitoring curenja;
- Lociranje mjesta curenja.




Source: <https://www.subsurfaceleak.com>

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union




- ✓ U slučaju velikih vodovodnih sistema, koji se sastoje od stotina kilometara cijevi, pronalaženje mjesta curenja nije ni malo jednostavno.
- ✓ Podjelom sistema na zone (sektore) znatno se olakšava posao kontrole gubitaka.
- ✓ Opšte prihvaćen naziv za te zone je "**District Metered Areas**" (DMA), tj **osnovne zone bilansiranja (OZB)**.
- ✓ OZB je definisana kao zasebna oblast vodovodnog sistema, obično kreirana zatvaranjem zatvarača ili potpunim prekidom cjevovoda, koja ima svoj ulaz i izlaz. U zoni se mjeri količina vode koja ulazi i izlazi iz te oblasti.

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders

www.swarm.ni.ac.rs



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

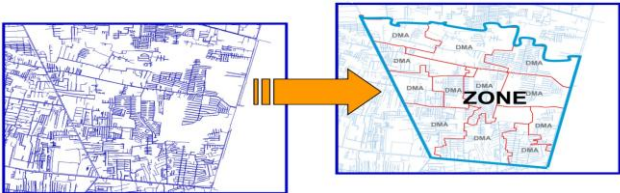


Da ne postoji vodovodni sistem koji nema gubitaka primjetio je još davne 1892. godine William Hope.

Morris (1967) je dao pregled potencijalnih uzročnih faktora koji dovode do pojave pukotina na vodovodnim cijevima.

U Velikoj Britaniji, 1980. godine je objavljen izvještaj **Strategija i praksa u kontroli gubitaka**. Cilj izvještaja je bio da se definiše postupak koji bi bio najpogodniji za kontrolu curenja u bilo kom vodovodnom sistemu. U izvještaju je dat priručnik za kontrolu gubitaka.

U priručniku je predloženo formiranje **zona**, sa preporučenom veličinom 1000-3000 priključaka unutar zone, u kojima bi bilo omogućeno mjerenje protoka.



Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders



www.swarm.ni.ac.rs

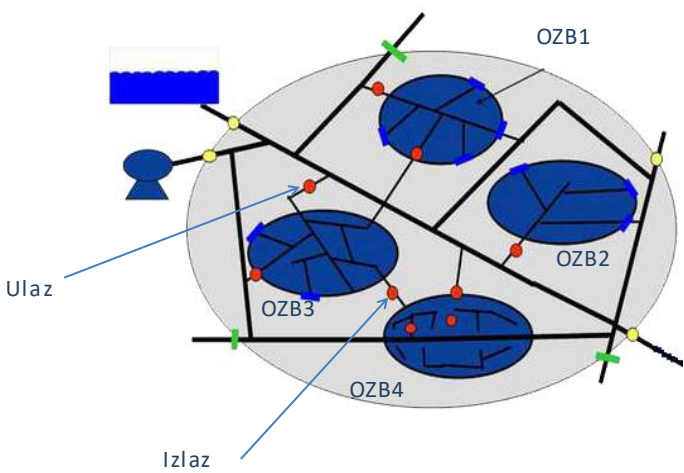
 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

- Ova metodologija je 80-tih godina prošlog vijeka primjenjena u Velikoj Britaniji.
- Uspjeh koji je postignut u borbi protiv gubitaka, primjenom OZB, je uglavnom bio usljed brzog razvoja mjerne tehnike i tehnologije prikupljanja podataka.





Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 



Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Da bi upravljanje gubicima u sistemu pomoću OZB, bilo održivo moraju biti zadovoljena tri ključna uslova:

- 1 posvećenost problemu ljudi iz preduzeća, koji upravljaju vodovodnim sistemom;
- 2 pravilno tehničko razumijevanje problematike;
- 3 postojanje organizacionog i informacionog sistema, kao npr SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Kao što joj ime kaže, SCADA nema potpunu kontrolu nad sistemom, već je više orijentisana ka nivou nadgledanja i nadziranja.

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

SCADA sistem je, u preduzeću koje upravlja vodovodnom mrežom grada Podgorice, implementiran 2012. godine. Njegove osnovne funkcije su prikupljanje podataka i nadzor, dok se kontrolna funkcija još ne primjenjuje na centralnoj lokaciji, na čemu će se raditi u budućnosti.



Osobine SCADA sistema:

- pristup kvantitativnom određivanju važnih procesa;
- otkrivanje kao i ispravljenje problema čim počnu;
- mjerenje trendova tokom vremena;
- otkrivanje i eliminisanje neefikasnosti;
- za kontrolu velikih složenih procesa potreban mali broj stručnog osoblja.

Na terenu postoji 30 mjernih stanica, koje su instalirane u prepoznatljivim objektima, postavljenim širom Podgorice.



Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

FAKTORI KOJI UTIČU NA FORMIRANJE VELIČINE OZB:

- ekonomski faktori;
- zahtijevani ekonomski nivo gubitaka;
- veličina (geografska oblast i broj priključaka potrošača);
- tip izgradnje (blokovi zgrada, pojedinačne porodične kuće...);
- varijacija u visinskim kotama terena;
- moguća promjena kvaliteta vode;
- zahtijevani pritisci;
- potrošnja neophodna za zaštitu od požara;
- broj mjerača koji se koriste za monitoring protoka;
- stanje infrastrukture...

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders



www.swarm.ni.ac.rs




**UPRAVLJANJE INFRASTRUKTUROM:
ODRŽAVANJE, OBNAVLJANJE, ZAMJENA**

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders

www.swarm.ni.ac.rs

Gubici u vodovodnim sistemima

Upravljanje infrastrukturom podrazumjeva **obnavljanje sistema kako bi se smanjila stopa pojave novih curenja, kao i ulaganje u sistem** :



- Kroz formiranje OZB;
- Opremanjem sistema telemetrijskom opremom, radi poboljšanja efikasnosti AKG.

U sistemima sa velikom učestanosti pojave pukotina i visokim stopama porasta curenja, može se donijeti ekonomski opravdana odluka **da se nastavi sa popravljanjem in frastrukture ili čak da se ona zamijeni**.

- Kao jedna od mogućnosti za smanjenje curenja, zamjena vodovodne infrastrukture je skupa opcija u poređenju sa aktivnom kontrola curenja (AKG) i upravljanjem pritiskom (UP). Međutim, u nekim sistemima je stanje infrastrukture toliko loše da AKG i UP nijesu održiva rješenja.

Kontrolisanje stanja sistema može se sprovesti povremenom pretragom sistema !

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

Troškovi pretrage zone (OZB) iznose:

$$C_{\text{pretraga}}^{\text{OZB}} = \frac{L_{\text{OZB}}}{v_{\text{pretraga}}} N_r \cdot P \cdot F_t$$

gdje je:

- L_{OZB} - dužina distributivnih cijevi (km);
- v_{pretraga} - brzina pretrage sistema (km/god/radni tim);
- N_r - broj radnika u radnom timu;
- P - godišnja plata radnika;
- F_t - koeficijent opštih troškova.

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

BRZINA I KVALITET OTKLANJANJA KVAROVA

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 



Brzo i efikasno popravlanje prijavljenog curenja jedan je od najjednostavnijih i najisplativijih načina smanjenja curenja.

Kvalitet popravki treba da nadgleda stručno osoblje, kako bi se rizik od ponovnog curenja sveo na minimum.

Cilj bi trebalo da bude izbjegavanje prekomjernog vremena popravke na mjestu curenja.




Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

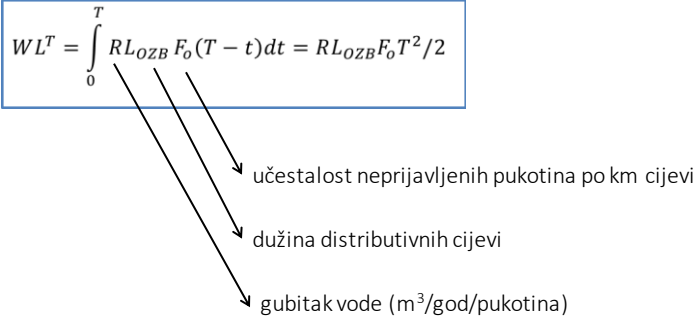
 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Brzina kojom se mjesto pukotine otkrije i kasnije popravi, utiče na ukupne gubitke iz pukotina:



Zapremina gubitka = (protok kroz pukotinu) x (vrijeme trajanja curenja)

Gubitak vode koji se dešava u periodu T iznosi:

$$WL^T = \int_0^T RL_{OZB} F_o (T - t) dt = RL_{OZB} F_o T^2 / 2$$




Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Prepreke efikasnoj borbi vodovodnih sistema sa gubicima:

- Nedovoljno razvijena svijest po ovom pitanju kod ljudi koji upravljaju vodovodnim sistemima;
- Netačni izmjereni podaci;
- Cilj održivog upravljanja vodovodnim sistemima, obično nije povezan sa ukupnim ciljevima održivosti, na nivou jedne države;
- Strah od negativne slike dovodi do toga da se prikazuju lažni % o gubicima u sistemu;
- Korupcija koja može da dovede do neefikasnih projekata, smanjenja gubitaka...

 **pokrenutih sa ciljem**

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs



Hvala na pažnji!

Doc. dr Ivana Čipranić

*Građevinski fakultet
Univerzitet Crne Gore*

E – mail: ivanac@ucg.ac.me

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders

www.swarm.ni.ac.rs