Matej CERK*
doc. dr. Primož BANOVEC*
Ajda CILENŠEK*

PROJEKT WATERLOSS – RAZVOJ ORODJA ZA PODPORO ODLOČANJU ZA IZBOR UKREPOV S CILJEM ZMANJŠANJA IZGUB VODE IZ VODOVODNIH SISTEMOV

POVZETEK

Izgube vode iz vodovodnih sistemov so področje dela, ki je stalnica vseh upravljalcev vodovodnih sistemov, saj lahko močno vplivajo na uspešnost in učinkovitost izvajanja te javne službe. Pri tem je lahko vpliv izgub vode pomemben za številne dejavnike izvajanja javne službe, sama kompleksnost naslavljanja pa se prepoznava na specifičen način v vsakem vodovodnem sistemu posebej. Z uvajanjem okvirne direktive o vodah dobivajo izgube vode iz vodovodnih sistmov dodatno dimenzijo, saj jih je poleg uspešnosti in učinkovitosti izvajanja javne službe, potrebno obravnavati tudi z vidika njihovega vpliva na prizadeta vodna telesa. Ta hipoteza je osnova za evropski projekt v okviru programa transnacionalnega sodelovanja MED, kjer se izvaja projekt „WATERLOSS".

Za potrebe projekta WATERLOSS razvijamo, v partnerstvu z ostalimi inštitucijami, sistem za podporo odločanju (DSS) za zmanjšanje izgub vode iz vodovodnih sistemov. Sistem bo v prvem koraku nudil podporo pri odločanju o izboru prioritetnih ukrepov za zmanjšanje izgub vode (oziroma neobračunane vode) upravljalcem vodovodnih sistmeov, ki so vključeni v projekt, z zaključkom projekta pa bo orodje na razpolago tudi ostalim zainteresiranim uporabnikom.

V članku bo predstavljena struktura orodja za podporo odločanju, ki z vidika identifikacije stanja sloni na razširjenem naboru indikatorjev, ki jih podaja sistem benchmarkinga IWA. Sistem izbora ustreznih ukrepov bo slonel na integraciji ekspertnih znanj v DSS z dinamičnim odzivom na implementacijo dodatnih hipotez.

UVOD

Izgube vode iz vodovodnih sistemov v Republiki Sloveniji naslavljata dva dokumenta: Operativni program oskrbe s pitno vodo (julij 2006) in Pravilnik o oskrbi s pitno vodo (Ur.l. RS 35/2006). V okviru obeh dokumentov, predvsem pa pravilnika, se je vzpostavila tudi standardna terminologija na področju naslavljanja vodnih izgub, pri čemer se je kot osnova privzela terminologija in pristop, ki ga na področju upravljanja z vodovodnimi sistemi določa Mednarodno vodno združenje (International Water Association – IWA). Navedeni dokumenti tako opredeljujejo podrobnejšo definicijo različnih kategorij vodnih izgub, pri čemer imajo največjo vlogo kategorije: dejanske izgube, navidezne izgube in neobračunana poraba. Neobračunana poraba v osnovi ne spada v kategorijo vodnih izgub, temveč v sistemsko kategorijo neprodanih vodnih količin (non-rewenue water). Sistemsko lahko umeščamo kategorijo neobračunane nemerjene porabe v področje vodne bilance, kjer se poraba vode le ocenjuje. Naslednji dokument, ki specifično naslavlja pomen vodnih izgub je okvirna direktiva o vodah (2000/60). Okvirna direktiva naslavlja področje izgub vode iz vodovodnih sistemov in na splošno oskrbo s pitno vodo na različne načine. V prvi vrsti naslavlja zaščito vodnih virov za potrebe zagotavljanja virov pitne vode, rabo pitne vode kot prioritetno rabo, hkrati pa neposredno naslavlja vodne izgube in zmanjševanje vodnih izgub kot enega možnih in pomembnih ukrepov, ki lahko vodijo k izboljšanju količinskega stanja vodnih teles.

Navedene predpostavke so bile tudi izhodišča za oblikovanje evropskega projekta v okviru čezmejnega teritorialnega sodelovanja MED. V okviru mediteranskega prostora so namreč problemi oskrbe s pitno vodo močno pogojeni z omejenimi viri pitne vode, starajočo se infrastrukturo, in

* Matej CERK, univ. dipl. inž. gradb., *doc. dr. Primož BANOVEC, univ. dipl. inž. gradb., *Ajda CILENŠEK, univ. dipl. inž. VKI, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za operativno gradbeništvo, Jamova c. 2, 1000 Ljubljana

močnimi seznonskimi nihanji potrebe po vodi. Vprašanje izgub vode iz vodovodnih sistemov je bilo tako prepoznano kot prioritetna vsebina v mediteranskem prostoru. V projekt so vključene inštitucije iz naslednjih držav: Grčije, Italije, Francije, Španije, Cipra in Slovenije, pri čemer sta vodilni inštituciji za razvoj znanja in metodologij Univerza v Solunu (Aristotle University of Thessaloniki) in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Iz vseh navedenih držav pa prihajajo ciljne administracije in upravljalci vodovodnih sistemov, ki so jim rezultati projekta namenjeni.

Osnovni cilj projekta Waterloss je razvoj orodij za izboljšano analizo stanja sistemov oskrbe s pitno vodo, kjer je sam postopek izveden iz postopka vrednotenja stanja sistemov oskrbe s pitno vodo in upravljanja s temi sistemi. Na podlagi tega se razvija orodje, s katerim se bo upravljalcem vodovodnih sistemov predlagal nabor prioritetnih ukrepov, ki jih je možno oziroma potrebno izvesti za doseganje ciljnega zmanjšanja izgub vode iz vodovodnih sistemov oziroma zmanjšanje količine neobračunane vode (non-rewenue water).

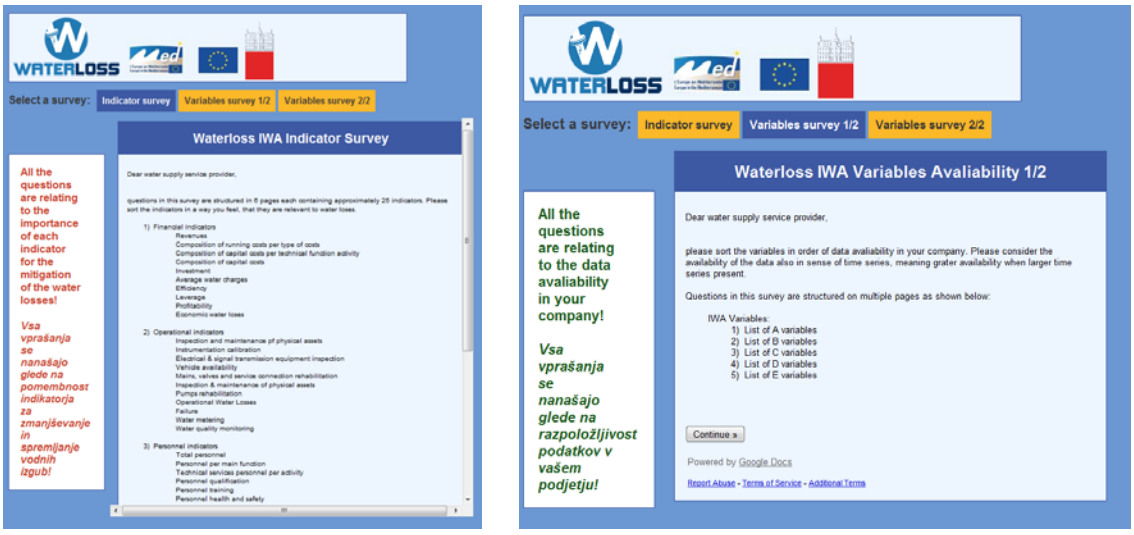
VREDNOTENJE STANJA VODOVODNIH SISTEMOV

Pri oceni stanja vodovodnih sistemov, smo se že v samem izhodišču projekta oprli na sistem vrednotenja vodovodnih sistemov (benchmarking), ki ga je razvilo Mednarodno vodno združenje (IWA). Pri analizi poročevalskega sistema IWA, ki sloni na 254 spremenljivkah, ki so razdeljene na 5 kategorij in izpeljanih 95 indikatorjev, se je v okviru projekta Waterloss hitro izkazalo več specifičnih ugotovitev:

1) Sistem indikatorjev IWA je usmerjen v široko vrednotenje delovanja vodovodnih sistemov. Samo področje vrednotenja izgub vode iz vodovodnih sistemov naslavlja z vidika vodne bilance in indikatorjev (npr. ILI) ustrezno, vendar ne podaja dovolj informacij, na podlagi katerih bi bilo mogoče že usmerjeno iskati ukrepe za zmanjševanje vodnih izgub.
2) Sistem ne pokriva specifičnih potreb po podatkih glede stanja vodnih virov, ki jih narekuje okvirna direktiva o vodah.
3) Izvedene analize o razpoložljivosti spremenljivk med primeri vodovodnih sistemov, ki so vključeni v projekt Waterloss, so pokazale, da je obseg zbiranja podatkov o vodovodnih sistemih dokaj nizek.

Glede na navedene ugotovitve se je v projektni skupini oblikoval dodaten niz indikatorjev, s katerimi bi bilo mogoče bolje prepoznati stanje vodovodnih sistemov, hkrati pa so se razvila dodatna orodja, s katerimi bi bilo mogoče učinkoviteje zbirati spremenljivke.

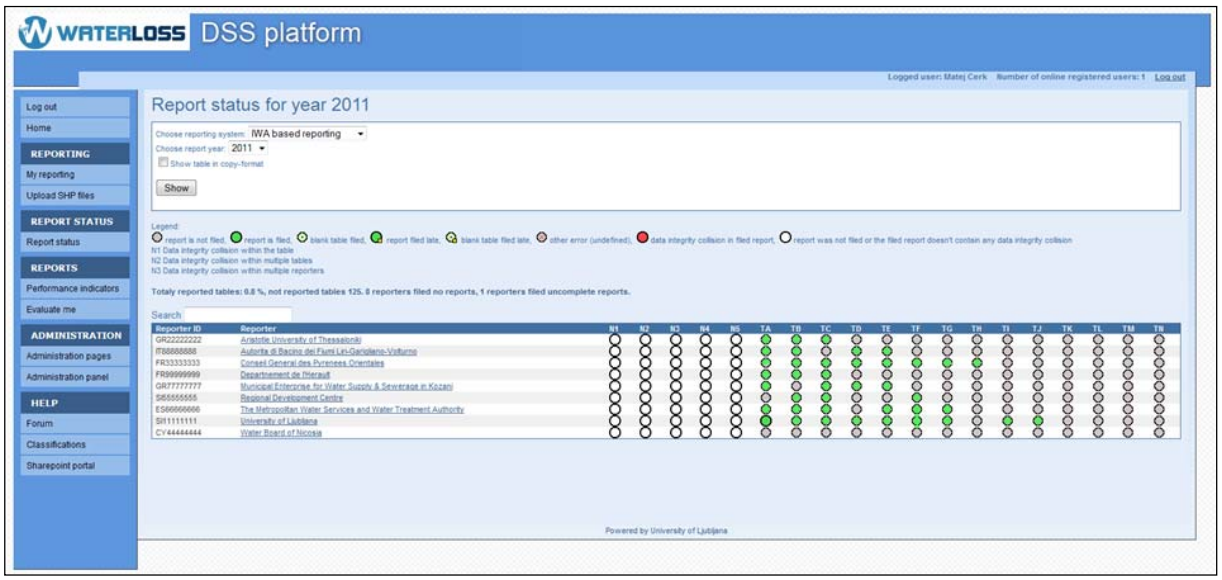
Orodje za oceno indikatorjev IWA z vidika upravljanja z vodnimi izgubami je anketno orodje, s katerim izkušeni inženirji upravljalcev vodovodnih sistemov določajo ožji nabor indikatorjev, ki so potrebni za oceno stanja vodovodnega sistema z vidika upravljanja z vodnimi izgubami. Anketni sistem je zasnovan kot spletna anketa in omogoča učinkovito zbiranje in analizo posredovanih odgovorov. Vhodna maska navedenega sistema je prikazana na sliki 1:



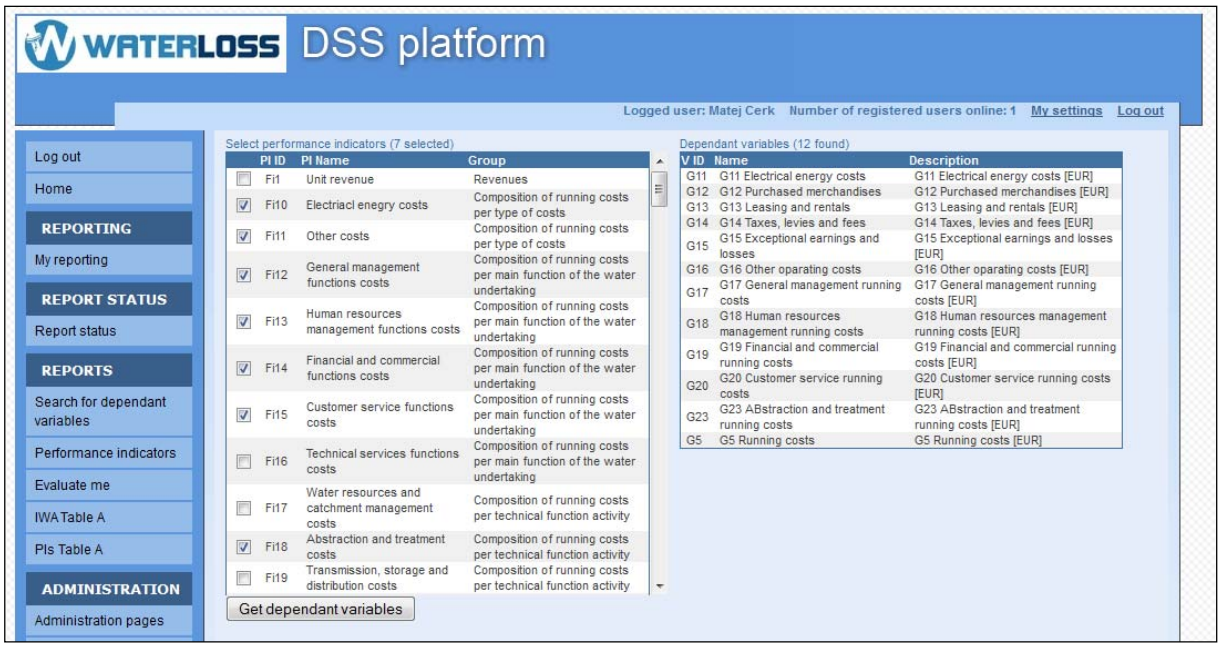
Slika 1: **Prikaz anketnega sistema o pomenu indikatorjev in razpoložljivosti spremenljivk**

Z naslednjim modulom, ki je bil razvit v projektu Waterloss s strani UL FGG, smo vzpostavili učinkovito orodje, ki vzpostavlja transparenten most med spemenljivkami in indikatorji, hkrati pa je tudi osnova za primerjavo indikatorjev med različnimi primerljivimi vodovodnimi sistemi. Na ta način je mogoče preko spletne strani identificirati katere spremenljivke je potrebno zajemati, da bi pridobili določeni indikator, indikatorje pa je mogoče tudi vrednotiti (npr. po razponih indikatorjev po R. Liembergu).

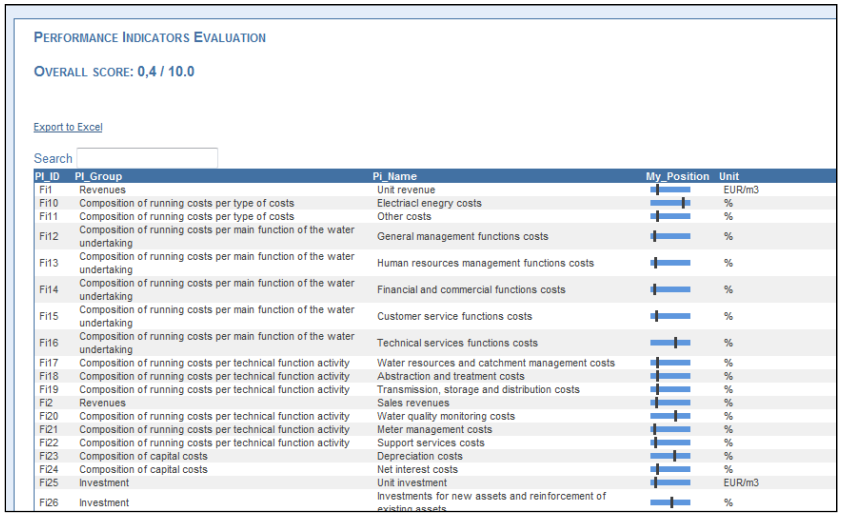
Spletno orodje, je zasnovano kot poročevalski sistem, v katerega se vključujejo partnerski upravljalci vodovodnih sistemov in vanj v proces vrednotenja indikatorjev vključujejo spremenljivke s podatki o svojih vodovodnih sistemih, hkrati pa ta poročevalski sistem izvaja usmerjanje pri določitvi ključnih spremenljivk. Trenutno je v fazi razvoja sistem za indukcijo možnih ukrepov za zmanjšanje vodnih izgub, s čemer bo izpolnjen glavni namen projekta Waterloss. Ključni elementi aplikacije za (1) identifikacijo potrebnih spremenljivk glede na ciljne indikatorje, (2) poročanje spremenljivk, (3) izračun indikatorjev in (4) vrednotenje indikatorjev so prikazani na sliki 3.



Slika 2: **Primer poročanja spremenljivk za vodovodne sisteme vključene v projekt WATERLOSS.**



Slika 3: **Modul za analizo relacij med indikatorji in spremenljivkami.**



PERFORMANCE INDICATORS EVALUATION

OVERALL SCORE: 0,4 / 10.0

Export to Excel

Search

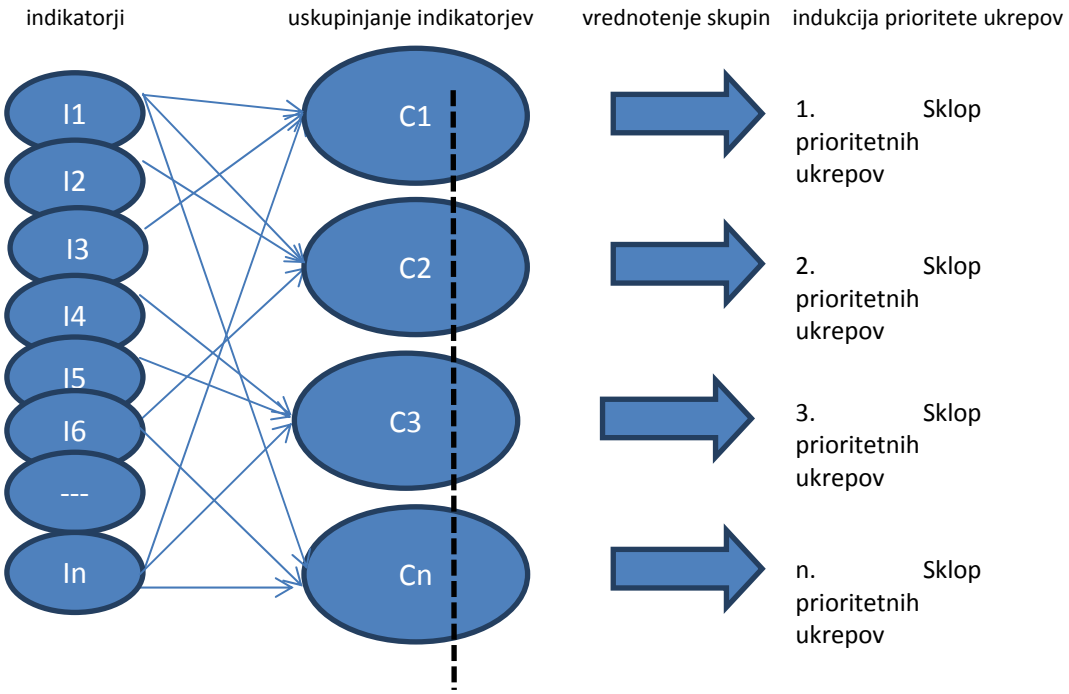
PI_ID	PI_Group	PI_Name	My_Position	Unit
Fi1	Revenues	Unit revenue		EUR/m3
Fi10	Composition of running costs per type of costs	Electriacl enegry costs		%
Fi11	Composition of running costs per type of costs	Other costs		%
Fi12	Composition of running costs per main function of the water undertaking	General management functions costs		%
Fi13	Composition of running costs per main function of the water undertaking	Human resources management functions costs		%
Fi14	Composition of running costs per main function of the water undertaking	Financial and commercial functions costs		%
Fi15	Composition of running costs per main function of the water undertaking	Customer service functions costs		%
Fi16	Composition of running costs per main function of the water undertaking	Technical services functions costs		%
Fi17	Composition of running costs per technical function activity	Water resources and catchment management costs		%
Fi18	Composition of running costs per technical function activity	Abstraction and treatment costs		%
Fi19	Composition of running costs per technical function activity	Transmission, storage and distribution costs		%
Fi2	Revenues	Sales revenues		%
Fi20	Composition of running costs per technical function activity	Water quality monitoring costs		%
Fi21	Composition of running costs per technical function activity	Meter management costs		%
Fi22	Composition of running costs per technical function activity	Support services costs		%
Fi23	Composition of capital costs	Depreciation costs		%
Fi24	Composition of capital costs	Net interest costs		%
Fi25	Investment	Unit investment		EUR/m3
Fi26	Investment	Investments for new assets and reinforcement of existing assets		%

Slika 4: **Primer vrednotenja poročanih podatkov (indikatorjev) z analizo doseženega rezulata.**

V navedenem procesu se je oblikovala potreba po cca. 50 dodatnih indikatorjih, s katerimi je po eni strani mogoče z boljšo resolucijo prepoznati vzroke za izgube vode iz vodovodnih sistemov, po drugi strani pa prepoznati tudi ukrepe za zmanjšanje vodnih izgub, ki jih določeni upravljalec vodovodnega sistema že izvaja.

INDUKCIJA PRIORITETNIH UKREPOV

Sestavni del orodja za podporo odločanju (decision support system) je indukcija ukrepov, s katerimi bi lahko upravljalci vodovodnih sistemov prepoznavali prioritetne ukrepe, ki jih je mogoče oz. jih je potrebno izvajati glede na stanje njihovega vodovodnega sistema. Pri analizi možnih načinov izvedbe orodja za indukcijo prioritetnih ukrepov smo v sami osnovi izhajali iz teorije odločanja, ki sloni na bayesovi logiki in jo je mogoče uokviriti v sistemsko okolje bayesovih naivnih omrežij (Bayesian naive networks). Ta pristop omogoča vgrajevanje ekspertnega znanja v sisteme za podporo odločanju. Drugačni pristopi, ki bi sloneli na indukciji ukrepov na podlagi velikega vzorca izvedenih in implementiranih procesov zmanjšanja vodnih izgub, bi bili prav tako uporabni, vendar so praktično neizvedljivi, saj ne obstaja dovolj velika baza podakov, ki bi jo bi bilo mogoče uporabljati kot učni niz.



Slika 5: **Osnovna shema večdimenzijskega skaliranja za potrebe vrednotenja možnih ukrepov za zmanjšanje izgub vode iz vodovodnih sistemov.**

Pri poskusu implementacije se je izkazalo, da je tudi vzpostavitev sistema odločanja na osnovi bayesove logike izjemno zahtevno opravilo, saj sistemski pristop na tem področju še ni bil izveden in je zato potrebno uporabiti še bolj robustno orodje za izvajanje analiz. Kot ustrezno orodje se sedaj izkazuje orodje večdimenzijskega skaliranja (multidimensional clustering), s katerim je mogoče sistem indukcije ukrepov za zmanjšanje izgub vode iz vodovodnih sistemov dovolj poenostaviti in ga narediti ustrezno učinkovitega. Osnovni koncept večdimenzijskega skaliranja je prikazan na sliki 5.

V procesu, ki je v sliki 5 opredeljen kot vrednotenje skupin, se lahko izvaja tako kvalitativna kot kvantitativna analiza uskupinjenih katogorij indikatorjev, kar daje sistemu za podporo odločanju dodatno robustnost. Pri razvoju sistema, ki trenutno poteka, je pomemben element tudi razvoj kataloga možnih ukrepov za zmanjšanje vodnih izgub. Razvoj le-tega je izredno pomemben, žal pa do sedaj še ni bil izveden, kataloga možnih ukrepov za zmanjšanje vodnih izgub kot enotne klasifikacije v dostopni literaturi namreč nismo zasledili.

ZAKLJUČEK

Ustrezen način obravanave izgub vode iz vodovodnih sistemov je pomemben element celovitega upravljanja s sistemi oskrbe s pitno vodo. V okviru projekta Waterloss razvijamo orodje, ki bo podprlo proces odločanja na področju upravljanja z izgubami vode iz vodovodnih sistemov, ki vključuje tudi specifičnost držav na mediteranskem območju. Orodje izhaja iz dosedanjega dela, ki je bilo izvedeno v okviru Mednarodnega vodnega združenja (IWA), nadgrajuje pa se s specifičnimi moduli, ki bodo omogočali upravljalcem vodovodnih sistemov, pa tudi dotičnim skupnostim uporabnikom, boljše razumevanje stanja sistema in lažji postopek pri odločanju o potrebnih ukrepih za ciljno zmanjšanje vodnih izgub.

VIRI IN LITERATURA

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo (Ur.l. RS 35/2006)

Operativni program oskrbe s pitno vodo (junij 2006)

R. Liemberger, R. Mckenzie, “Aqualibre: A New Innovative Water Balance Software. IWA & AWWA Conference on Efficient Management of Urban Water Supply, Tenerife, April 2003

Aqualibre R. (2003): A New Innovative Water Balance Software. IWA & AWWA Conference on Efficient Management of Urban Water Supply, Tenerife

Ovirna direktiva o vodah (EC 2000/60)

ALEGRE H, HIRNER W, BAPTISTA J.M, PARENA R: Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Manual of Best Practice, July 2000. ISBN 900222272

LAMBERT A, BROWN T.G, TAKIZAWA M, WEIMER D: A Review of Performance Indicators for real Losses from Water Supply Systems. AQUA, Vol. 48 No 6, Dec 1999. ISSN 0003-7214

Lee P.M., (1997), Bayesian statistics, Arnold Press, London, Sydney, Auckland

Trevor F.C., M.A.A: Cox, Multidimensional scaling, On statistics and applied probability 88, Chapman and Hall (2001).