

OCENA ZMOGLJIVOSTI VODOVODNEGA SISTEMA KOT STROKOVNA PODLAGA ZA ODLOČANJE O USMERJANJU RAZVOJA NASELIJ NA LOKALNI RAVNI

ASSESSMENT OF WATER DISTRIBUTION SYSTEM CAPACITY AS SETTLEMENT- DEVELOPMENT DECISION- MAKING EXPERT BASIS AT THE LOCAL LEVEL

Ajda Kafol Stojanović, Daniel Kozelj, Maruška Šubic Kovač

UDK: 349.414:628.1:711.4
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 14. 8. 2019
Sprejeto: 4. 11. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.479-490
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 14. 8. 2019
Accepted: 4. 11. 2019

IZVLEČEK

Razvoj naselij je odvisen od številnih dejavnikov, med drugim od razpoložljivosti komunalne infrastrukture. V zvezi s tem znanstveniki ugotavljajo, da le integrirano načrtovanje komunalne infrastrukture in načrtovanje razvoja naselij ustvarjata razmere za trajnosten in ekonomičen urbani razvoj, kar pa se v praksi prostorskega načrtovanja v Sloveniji ne upošteva. V članku smo iskali odgovor na raziskovalno vprašanje: Na podlagi katerih podatkov in na podlagi kakšnega modela lahko v Sloveniji ocenimo zmogljivost vodovodnega sistema, ki je strokovna podlaga za odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni? V ta namen smo analizirali rezultate že izdelanih raziskav z obravnavanega področja in oblikovali integriran dinamični model za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema, ki izhaja iz simulacije gradnje na nepozidanih stavbnih zemljiščih in potreb novih porabnikov na teh zemljiščih po vodi. Hidravlična preveritev za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema je izvedena z računalniškim programom Aquis 7.0. Glede na rezultate hidravlične preveritve so predlagani ukrepi in ocenjeni stroški ustreznih izboljšav obstoječega vodovodnega sistema oziroma njegove dograditve. Model za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema je bil apliciran na primeru mestne občine Kranj.

KLJUČNE BESEDE

prostorsko načrtovanje, strokovne podlage, razvoj naselij, zmogljivost vodovodnega sistema, komunalno gospodarstvo

ABSTRACT

Settlement development depends on many factors, including the availability of municipal infrastructure. Scientists find that only integrated municipal infrastructure planning and settlement-development planning create conditions for sustainable and economical urban development. This is not taken into account in spatial planning practise in Slovenia. This paper seeks a response to the research question: Based on what data, and based on what model can the capacity of the water supply system in Slovenia be assessed, which constitutes the expert basis for settlement development decision-making at the local level. To this end, we analysed the results of relevant existing research and devised an appropriate integrated and dynamic model for assessing the capacity of the water supply system, which was generated from a simulation of construction on vacant building land and relevant water requirements of new water consumers. In assessing the capacity of the public water supply system, the Aquis 7.0 Software was applied in accomplishing the hydraulic system validation. In line with the hydraulic system validation results, the respective measures are proposed, and the costs of necessary improvements of the existing water supply system or its upgrading are envisaged. The model was applied on the example of the Municipality of Kranj.

KEY WORDS

spatial planning, expert basis, settlement development, water distribution system capacity, municipal economics

1 UVOD

Slovenija je enako kot številne druge vzhodnoevropske države na začetku 90. let prejšnjega stoletja prešla na sistem tržnega gospodarstva. Na prehodu iz tako imenovanega »dogovornega« sistema prostorskega načrtovanja v sistem prostorskega načrtovanja v tržnem gospodarstvu bi morala spremeniti tudi izhodišča glede izdelave strokovnih podlag za odločanje v procesu prostorskega načrtovanja. Ne le, da tega ni naredila, tako kot ugotavljata tudi Niedziałkowski in Beunen (2019) za Poljsko, poleg načel in orodij za integralno prostorsko načrtovanje na lokalni ravni je zanemarila tudi dolgoročni vidik prostorskega načrtovanja, ki je bil prisoten v prostorskih aktih prejšnjega družbeno-ekonomskega sistema.

Šele 27 let po prehodu v nov sistem je bil v Zakonu o urejanju prostora (ZUreP - 2, 2017) poudarjen pomen strokovno utemeljenega prostorskega načrtovanja z jasno opredeljeno etapnostjo načrtovanja. Uveden je bil elaborat ekonomike (Pravilnik o elaboratu ekonomike, 2019), s katerim se v vseh fazah priprave prostorskih izvedbenih aktov preverja ekonomičnost načrtovanih prostorskih ureditev, tudi komunalne infrastrukture, oceni se investicija, določi vir finančnih sredstev ter etapnost izvajanja načrtovanih ureditev. Take strokovne podlage omogočajo preglednejše odločanje glede usmerjanja razvoja naselij, pri čemer se upošteva tudi stanje komunalne infrastrukture in njena zmogljivost.

V zvezi s tem je bilo v raziskavi postavljeno naslednje raziskovalno vprašanje: Na podlagi katerih podatkov in na podlagi kakšnega modela lahko v Sloveniji ocenimo zmogljivost vodovodnega sistema, ki se uporablja kot strokovna podlaga za odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni, že v procesu prostorskega načrtovanja?

Metoda dela in struktura članka sta zasnovani v skladu z raziskovalnim vprašanjem. Najprej so prikazane že izdelane raziskave s tega področja. Z upoštevanjem rezultatov obstoječih raziskav ter stanja v Sloveniji je prikazan način ocenjevanja zmogljivosti vodovodnega sistema. Opredeljene so morebitne izboljšave in dograditve vodovodnega sistema ter s tem povezani stroški in predvidena etapnost gradnje. Tovrstne ocene se v Sloveniji v fazi priprave prostorskih aktov do zdaj niso izdelovale, so pa pomembna strokovna podlaga pri načrtovanju razvoja naselij in nasprotno (Kafol Stojanović, 2018).

2 PROSTORSKO NAČRTOVANJE IN KOMUNALNA INFRASTRUKTURA

V preteklosti je obstajala dilema, ali je komunalna infrastruktura ena izmed podlag za dimenzioniranje različnih funkcij in velikosti naselja ter za določanje rabe prostora ali velja nasprotno. Danes znanstveniki (Brown, Keath in Wong, 2009) ugotavljajo, da ne velja prvo ne drugo. Z zaporednostjo upoštevanja posameznih dejavnikov pri načrtovanju razvoja naselij se ne ustvarjajo pogoji za trajnost in ekonomičen urbani razvoj, kar danes potrjujejo dela številnih avtorjev (Kathlene et al., 2010; Beckwith, 2014; Grimaldi Pellecchia in Fasolino., 2017; Sproul, 2017). Ti v svojih raziskavah poudarjajo pomembnost integriranega načrtovanja komunalne infrastrukture in načrtovanja razvoja naselij. Težave se pogosto pojavljajo predvsem zato, ker se v sistemu načrtovanja komunalne infrastrukture ne upošteva načrtovana raba prostora na nekem območju, pri ocenjevanju prihodnjih potreb po storitvah se ne upoštevajo predvideni prostorski načrti glede razvoja naselij, primanjkuje prostorskih podatkov o razporeditvi potreb po storitvah in prihodnjih investicijah (Grimaldi Pellecchia in Fasolino, 2017). Podobno je treba pri prostorskem načrtovanju upoštevati in v prostorske načrte vključevati elemente upravljanja komunalne infrastrukture (Kathlene et al., 2010).

Gradnja komunalne infrastrukture je povezana z relativno visokimi stroški, zato je za smotno in ekonomično načrtovanje izredno pomembno upoštevati ne le njeno fizično prisotnost, temveč tudi njeno

zmogljivost, vključno s primerno predimenzioniranostjo. Zmogljivost komunalne infrastrukture, s tujko jo lahko imenujemo tudi kapaciteta, je v našem primeru opredeljena kot sposobnost komunalne infrastrukture za zagotavljanje določenega obsega potreb. Zmogljivost komunalne infrastrukture je lahko večja oziroma manjša od obstoječih oziroma predvidenih potreb ali pa jim je izjemoma enaka.

V postopku načrtovanja komunalne infrastrukture je pomembna tudi ocena izvedljivosti različnih možnosti razvoja komunalne infrastrukture, kar pomeni bolj trajnosten pristop k načrtovanju in odločanju o nadaljnjem razvoju naselij (Mitchell, Mein in McMahon, 2001; Hardy, Kuczera in Coombes, 2005; Mitchell in Diaper, 2005; Brown, Keath in Wong, 2009). V ta namen so bili razviti številni modeli načrtovanja vodovodnih sistemov, ki vključujejo različne elemente, ki vplivajo na njihovo vodno bilanco. Najprej so se razvijali statični modeli načrtovanja vodovodnih sistemov, ki ne vključujejo dolgoročnega vidika razvoja naselij zaradi spremembe števila prebivalstva in sprememb v gospodarstvu. Modeli, ki so primerni za dolgoročno načrtovanje vodovodnih sistemov, morajo biti dinamični ter vključevati tudi socialne in ekonomske spremenljivke (Mitchell et al., 2007). Willuweit in O'Sullivanu (2013) v dinamičnem modelu načrtovanja vodovodnih sistemov, apliciranem v Dublinu, povezujeta koncepte urbane vodne bilance z modelom dinamike rabe tal in podnebnim modelom, kar zagotavlja platformo za dolgoročno načrtovanje mestne oskrbe s pitno vodo in povpraševanja po vodi.

Obstajajo tudi integrirani modeli načrtovanja komunalne infrastrukture, ki vključujejo različne spremenljivke in modele z drugih področij (Schönhart et al., 2018). Kot primer integriranega modela je v študiji avtorjev Mair et al. (2014) uporabljen model DynaMind, ki primerjalno analizira vpliv novih priključkov na spremembe obstoječega kanalizacijskega sistema. Pomembno vlogo na področju modelov za načrtovanje komunalne infrastrukture in rabe prostora imajo modeli VIBe (angl. Virtual Infrastructure Benchmarking) in DynaVIBe (angl. Dynamic Virtual Infrastructure Benchmarking). Z orodji je mogoče generirati mrežo mestnih vodovodnih sistemov za neko območje, pri čemer se upoštevajo podatki spreminjanja prebivalstva in rabe prostora. Modeli omogočajo tudi vključitev analize verjetnostnih scenarijev v prihodnosti (Sitzenfrei et al., 2010; Sitzenfrei, Möderl in Rauch, 2013).

Praksa v Sloveniji glede vključenosti komunalne infrastrukture v proces prostorskega načrtovanja je še v začetni fazi razvoja. V veljavnih občinskih prostorskih načrtih (Zakon o prostorskem načrtovanju. ZPNačrt, 2007) večinoma ni ustrezno opredeljena predvidena komunalna infrastruktura, vključno s predvideno dinamiko njene izgradnje kot posledice potreb prostorskega razvoja. Ta se običajno načrtuje šele v naslednjih fazah podrobnega prostorskega načrtovanja oziroma ob izdelavi idejne zasnove ali projektno dokumentacije za izdajo gradbenega dovoljenja (MOP, 2018), finančni in časovni vidik je pogosto zanemarjen (Štravs, Dekleva in Ivanič, 2010). Zato je v nadaljevanju prikazan prvi poskus vzpostavitve ustreznih podatkov in oblikovanja integriranega dinamičnega modela za odločanje o prihodnjem razvoju naselij na lokalni ravni glede na stanje in zmogljivosti vodovodnega sistema.

3 METODOLOGIJA ZA OCENO ZMOGLJIVOSTI VODOVODNEGA SISTEMA KOT STROKOVNA PODLAGA ZA ODLOČANJE O RAZVOJU NASELIJ

Metodologija oblikovanja modela za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema je zasnovana v več korakih. Najprej je treba vzpostaviti nove podatke o predvidenih površinah za prostorski razvoj naselij in predvideni porabi pitne vode. Izvede se hidravlična preveritev zmogljivosti vodovodnega sistema in glede na

rezultate hidravlične preveritve se odloči o ustreznih ukrepih za izboljšanje zmogljivosti ter oceni stroške teh ukrepov. Zmogljivost vodovodnega sistema, ustrezni ukrepi in z njimi povezani stroški so eno izmed meril za opredelitev namenske rabe prostora in etapnosti razvoja naselij. Preveritev zmogljivosti se periodično ponavlja glede na dinamiko spreminjanja razvoja naselij.

3.1 Predpostavke in omejitve

Model za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema sloni na več predpostavkah in omejitvah.

- V raziskavi smo se omejili le na dejavnost oskrbe s pitno vodo in oceno zmogljivosti vodovodnega sistema. Objekte in omrežje vodovodnega sistema delimo na magistralno, primarno in sekundarno, ki so v celoti v javni lasti. Priključki v zasebni lasti (terciarno omrežje) v raziskavo niso vključeni.
- V nasprotju s številnimi študijami iz bolj sušnih območij sveta (Kathlene et al., 2010; Urban Water Management Plan, 2010; Sproul, 2017) smo predpostavljali, da so na obravnavanem območju, to je na območju izbrane lokalne skupnosti, vodni viri dovolj izdatni, zanimala nas je le zmogljivost vodovodnega sistema. Sicer bi morali v model vključiti tudi oceno zadostne količine vode za oskrbo novih porabnikov.
- Ključna vhodna podatka za oceno zmogljivosti sta obstoječa in predvidena poraba vode v izbranem oziroma predpostavljenem obdobju. Poraba vode ni konstantna, ampak je odvisna od številnih dejavnikov, spreminja pa se tekom letoa, meseca in dneva. Na porabo vode močno vplivata tipologija poselitve in gostota pozidave (Rakar, 1980; Urban Water Management Plan, 2010; Kenway et al., 2013). Poraba vode je v veliki meri odvisna tudi od dejavnosti oziroma skupine porabnikov, spremembe števila prebivalstva, podnebnih razmer, vpliva staranja infrastrukture, gospodarskega razvoja, tehnološkega napredka, sprememb v rabi tal, velikosti naselja, življenjskega standarda in vedenja porabnikov (Petrešin, 1980; Panjan, 2005). Pri dimenzioniranju vodovodnega sistema smo upoštevali nihanja porabe vode čez dan, izračunana na podlagi koeficienta neenakomernosti urne porabe, ki predstavlja razmerje med maksimalno dnevno in srednjo dnevno porabo vode.
- Izhodiščni podatek za odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni so tudi predvidene površine nepozidanih stavbnih zemljišč in površine, kjer je predvidena zgostitev, prenova ali prestrukturiranje. V analizo so vključena nepozidana stavbna zemljišča, ki v obstoječih občinskih prostorskih aktih oziroma drugih evidencah o stavbnih zemljiščih niso opredeljena. V raziskavi smo pri njihovi opredelitvi upoštevali podrobno namensko rabo prostora, prostorske izvedbene pogoje, velikost in pravne režime na obravnavanih območjih nepozidanih stavbnih zemljišč. Iz predvidene velikosti in dejavnosti nepozidanih stavbnih zemljišč izhaja ocena predvidene porabe vode, upoštevajoč predpostavko, da se relativna obstoječa poraba vode na prebivalca v prihodnosti ne bo povečala.
- Zmogljivost obstoječega vodovodnega sistema je ključno izhodišče v procesu prostorskega načrtovanja in razmeščanja dejavnosti v prostoru (Haynes et al., 1984). Zmogljivost vodovodnega sistema se lahko preveri s hidravlično preveritvijo obstoječega vodovodnega sistema, torej s simuliranjem dejanskega delovanja vodovodnega sistema z matematičnimi modeli. Osnovni pogoj za izvedbo različnih simulacij je vzpostavljen in umerjen model vodovodnega sistema (Walski et al., 2003). Za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema smo v raziskavi uporabili računalniški program Aquis 7.0 (Petrol, d. d., 2018).
- Pomemben element pri preveritvi hidravličnih razmer v omrežju v prihodnosti, ki pogosto predstavlja neznancko, je etapnost prihodnjega razvoja naselij na območju lokalne skupnosti (Haynes et al.,

1984). Od predvidene etapnosti so odvisni scenariji, za katere se hidravlično preverja zmogljivost vodovodnega sistema. Z modeli za načrtovanje vodovodnega sistema se običajno analizirajo različni načrtovani scenariji glede zmogljivosti vodovodnega sistema: obstoječe stanje, predvideno stanje čez pet let, deset let, dvajset let in stanje, ko so predvidene zmogljivosti vodovodnega sistema dosežene v celoti (Planning Guidelines ..., 2010). Mutschmann in Stimmelmayer (2011) navajata, da naj se za scenarije izberejo obdobja, ki sovpadajo z državnimi in občinskimi načrti. Smiselno je najprej analizirati zmogljivost vodovodnega sistema ob pogoju, da se v trenutku izvede vsa predvidena gradnja. Če zmogljivost vodovodnega sistema ni zadostna za vso predvideno gradnjo, potem se izvede preverjanje vsaj za vsakih pet let. Od tega, kdaj so vse kapacitete sistema zapolnjene, je odvisno nadaljnje načrtovanje etapnosti razvoja naselij.

- V oceni stroškov za izvedbo ukrepov, ki omogočajo predvideno poselitev, se upoštevajo samo investicijski stroški za izvedbo ukrepov in gradnjo novega omrežja v vodovodnem sistemu.

3.2 Model za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema in odločanje o razvoju naselij v izbrani lokalni skupnosti

1. korak: Ocena predvidene porabe vode glede na etapnost pozidave

Najprej je treba določiti obseg nepozidanih stavbnih zemljišč v lokalni skupnosti. Tega podatka v obstoječih evidencah ni na voljo, zato smo za namen te raziskave v skladu z zakonom (ZUreP-2, 2017) opredelili nepozidana stavbna zemljišča. To so zemljišča, na katerih je mogoča gradnja objektov, ki za delovanje potrebujejo komunalno infrastrukturo (ZUreP-2, 2017) oziroma v našem primeru oskrbo s pitno vodo. Območja, kjer podrobna namenska raba prostora ne predvideva gradnje stavb (na primer območja zelenih površin in območja prometne infrastrukture), niso obravnavana. Prav tako niso obravnavana območja, kjer pravni režimi, velikost območja ali drugi prostorski izvedbeni pogoji iz prostorskega akta ne dopuščajo gradnje stavb.

Za vsako območje nepozidanih stavbnih zemljišč se predvidena poraba vode oceni na podlagi obstoječe povprečne letne porabe vode na primerljivih že pozidanih območjih. Primerljivost območij je določena glede na lego območja, predvideno namensko rabo prostora, prostorske izvedbene pogoje, velikost območja, predvidene dejavnosti in tip pozidave.

2. korak: Hidravlična preveritev obstoječega vodovodnega sistema glede na ocenjeno porabo vode

Hidravlična preveritev se izvede z računalniškim programom Aquis 7.0 (Petro, d. d., 2018). Izdela se točkovni sloj novih porabnikov vode (pridobljeno v 1. koraku), potem se točke povežejo z najkrajšo razdaljo z obstoječim vodovodnim omrežjem po načelu Thiessenovih poligonov. Opredelijo se nihanja porabe vode čez dan, torej koeficienti neenakomernosti urne porabe.

Hidravlična preveritev se izvede za uro v dnevu, ko je poraba največja oziroma ko je koeficient neenakomernosti urne porabe največji, in sicer v naslednjem vrstnem redu:

- Hidravlična preveritev obstoječega vodovodnega sistema (brez novih porabnikov).
- Hidravlična preveritev obstoječega vodovodnega sistema z dodanimi novimi porabniki vode.
- Preveritev ustreznosti zmogljivosti vodohranov z vidika dodatne porabe vode.
- Preveritev ustreznosti obstoječega vodovodnega sistema v primeru požara ob srednji dnevni porabi vode v dnevu z najvišjo letno porabo vode, tj. najvišjim koeficientom letne neenakomernosti.

3. korak: Odločanje o ukrepih za kritje potreb po vodi in ocena stroškov

Rezultat hidravlične preveritve obstoječega vodovodnega sistema pokaže, ali njegova zmogljivost ustreza povečanim potrebam tudi po priključitvi predvidenih novih porabnikov vode. Če zmogljivost vodovodnega sistema kot celote ni zadostna, se predvidi gradnja novega vodovodnega omrežja, lahko tudi vključitev novega vodnega vira v sistem. Če na nekem delu omrežja zmogljivost ni zadostna, se tam predvidijo konkretne izboljšave, kot so vgradnja ali zamenjava črpalnih agregatov, zamenjava posameznega cevovodnega odseka s cevmi večjega premera in podobno. Vsi ukrepi so povezani s stroški.

V raziskavi so za oceno stroškov upoštevani rezultati iz študij (Rakar, 1979; Rakar in Makuc, 1985; Komunala Kranj, 2018), ki odražajo razmere v Sloveniji. Strošek izgradnje vodovoda je sestavljen iz stroškov materiala, izkopa, zasutja ter polaganja (dela). Odvisen je od lokacije posega in tipa zemljine ter dolžine cevi in njenega premera.

4. korak: Vključitev rezultatov ocenjene zmogljivosti vodovodnega sistema in stroškov v odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni

Rezultati glede ocenjene zmogljivosti vodovodnega sistema, ukrepov in stroškov za zagotavljanje predvidene porabe vode se upoštevajo pri opredelitvi nove namenske rabe prostora ali prostorskih izvedbenih pogojev v procesu prostorskega načrtovanja ter pri načrtovanju etapnosti razvoja naselij. Z ustrezno načrtovano etapnostjo razvoja naselij se lahko krijejo potrebe po predvideni porabi vode in optimizirajo stroški za zagotavljanje predvidene porabe vode, tako da so predvidene potrebe pokrite z minimalnimi stroški.

Navedeni štirje koraki se ponovijo vsaj za vsakih pet let, s čimer se v model vključi dinamika spreminjanja razvoja naselij na lokalni ravni.

4 APLIKACIJA MODELA ZA OCENO ZMOGLJIVOSTI VODOVODNEGA SISTEMA: PRIMER VODOVODNEGA SISTEMA V MESTNI OBČINI KRANJ

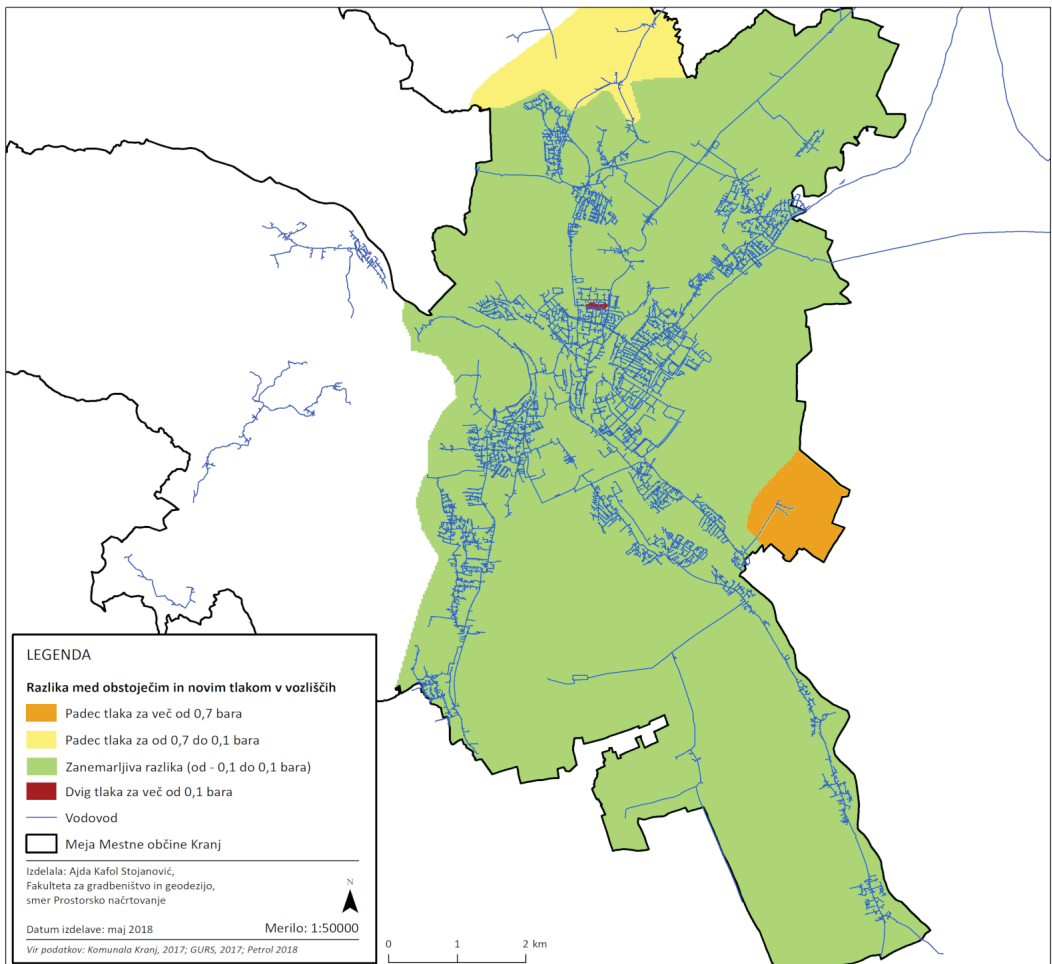
Ocena zmogljivosti obstoječega vodovodnega sistema ter stroškov za njegovo izboljšavo in morebitno razširitev je bila izdelana za mestno občino Kranj. Mestna občina Kranj je ena izmed enajstih mestnih občin v Sloveniji, stoji v gorenjski statistični regiji na zahodu Slovenije, ima površino 151 km² in v njej je leta 2018 živel 55.795 prebivalcev (SURS, 2019). Za oskrbo s pitno vodo v občini skrbi javno podjetje Komunala Kranj, ki je upravljavec 19 vodovodnih sistemov v sedmih občinah (mestna občina Kranj, občine Naklo, Preddvor, Šenčur, Jezersko, Cerklje na Gorenjskem in Medvode).

Najprej so bila po navedenih merilih določena nepozidana stavbna zemljišča v mestni občini Kranj, ocenjena je bila predvidena poraba vode na teh zemljiščih. Izdelana je bila hidravlična preveritev sistema, če bi bili na obstoječi vodovodni sistem priključeni vsi obstoječi in predvideni novi porabniki vode na nepozidanih stavbnih zemljiščih. Hidravlična preveritev sistema je bila narejena na podlagi preveritve tlačnih razmer v obstoječem vodovodnem sistemu in preveritve ustrezne zmogljivosti vodohranov. Poleg tega je bila narejena dodatna hidravlična preveritev tlačnih razmer ob simulaciji požarnih odvzemov.

V hidravlični preveritvi obstoječega vodovodnega sistema smo ugotavljali razliko med tlakom v sistemu pri obstoječih in po priključitvi predvidenih novih porabnikov vode. To je pomemben podatek, na podlagi katerega opredelimo morebitne neustrezne dele sistema glede na tlak in razloge za neustrezne

lastnosti (slika 1). V večini vozlišč vodovodnega sistema so bile te razlike minimalne (največ 0,1 bara), tlaki pa znotraj ustreznega območja od 2,5 do 6 barov. Večje razlike so bile le v vozliščih v delu omrežja pri poslovno-proizvodni coni Hrastje, kjer je tlak po priključitvi novih porabnikov padel za med 0,86 in 0,78 bara. Opazna razlika med tlakoma se je pokazala tudi na majhnem območju v severnem delu mesta Kranj, kjer se je tlak povečal za 0,25 bara.

V hidravlični preveritvi tlačnih razmer ob simulaciji požarnih odvzemov se je pokazalo, da se na enem območju zaradi velikih pretokov skozi sekundarno cev manjšega premera (DN 80) povečajo energijske izgube v cevovodnem odseku, posledica česar je prenizek tlak v sistemu. Zato je treba v cevovodnem odseku, ki izkazuje neustrezno prevodno sposobnost, obstoječe cevi zamenjati s cevmi večjih premerov.

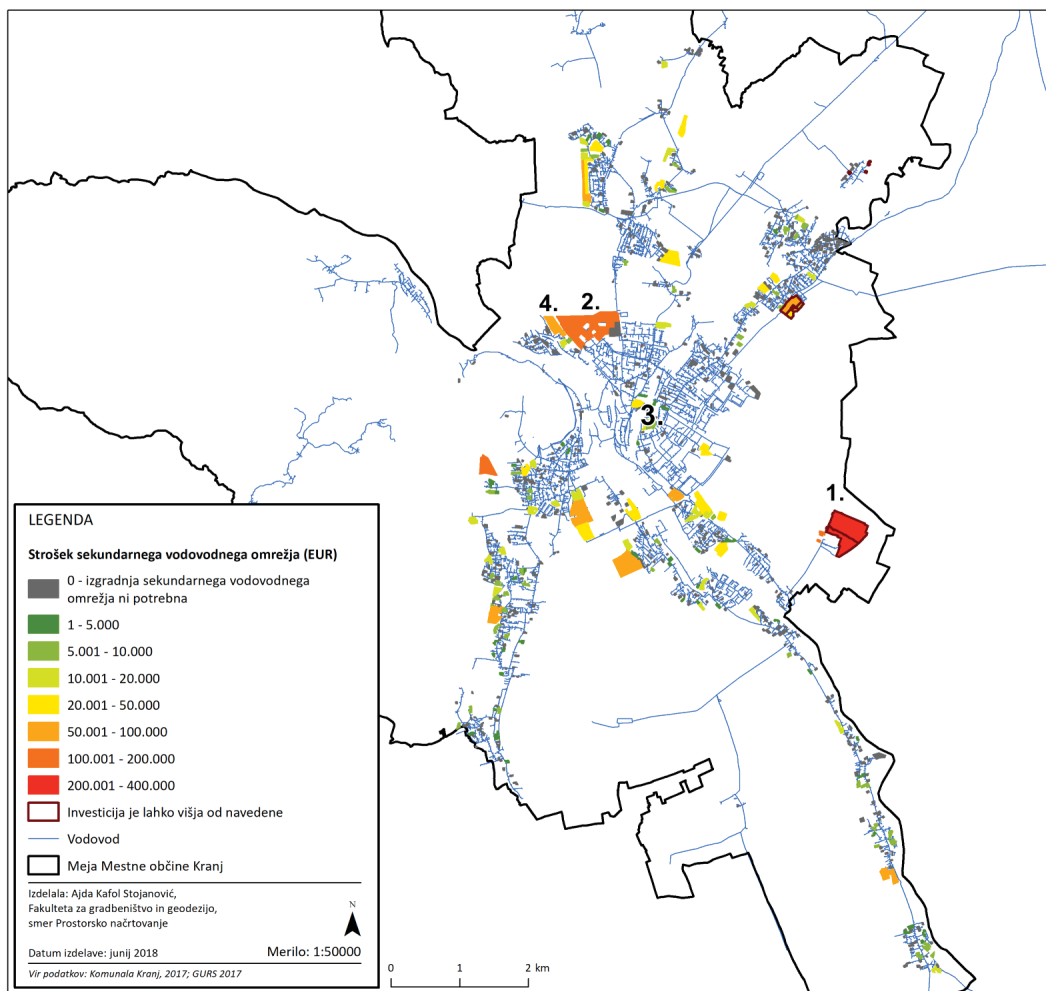


Slika 1: Razlika med obstoječim in simuliranim tlakom v vodovodnem sistemu, ki nastane po priključitvi novih porabnikov s še nepozidanih stavbnih zemljišč.

V raziskavi smo na podlagi hidravlične preveritve ugotovili, da obstoječi vodovodni sistem v mestni občini Kranj prenese povečanje porabe pitne vode tudi, če se nanj v trenutku priključijo vsi novi porabniki. Tako

ni potrebe po graditvi novih magistralnih vodov, primarnih vodov ali vključevanju novih vodnih virov v vodovodni sistem. Zato dodatna preveritev kratkoročnih scenarijev, to je na pet let, v tem primeru ni bila smiselna. Za priključitev novih porabnikov je potrebna le zgraditev priključka na omrežje, izboljšava obstoječega sekundarnega omrežja ali dograditev obstoječega sekundarnega omrežja.

Za posamezna območja nepozidanih stavbnih zemljišč so bili, na podlagi rezultatov hidravlične preveritve in povprečnih dolžin vodovodnega omrežja na hektar bruto stavbnega zemljišča, izračunani stroški predvidenih ukrepov.



Slika 2: Območja nepozidanih stavbnih zemljišč glede na razred ocenjenih stroškov gradnje sekundarnega vodovoda.

Območja (slika 2), označena s števkami 1–4, so območja z največjo predvideno porabo pitne vode. Zanje so ocenjeni stroški investicij v obstoječe vodovodno omrežje navedeni v preglednici 1. Kar za 78 % območij nepozidanih stavbnih zemljišč v mestni občini Kranj ni potrebnih dodatnih investicij, omogočena je priključitev na omrežje iz zgraditve priključka in po potrebi regulacijske naprave za uravnavanje

tlaka na odjemnem mestu. Na preostalih 22 % območij nepozidanih stavbnih zemljišč je treba zgraditi ali zamenjati sekundarno vodovodno omrežje, za katero je bil ocenjen tudi strošek izgradnje na podlagi lokacije ter tipa zemljine ter dolžine in premera cevi.

Preglednica 1: Ocena ukrepov, vključno s stroški, za območja s predvideno največjo porabo vode.

	1. Poslovno-proizvodna cona Hrastje	2. Izobraževalne in druge centralne dejavnosti Zlato polje	3. Večstanovanjska soseska Planina	4. Poslovne, trgovske, oskrbne in storitvene dejavnosti Struževo
Povprečna poraba pitne vode (l/s)	2,03	1,69	0,78	0,73
Predviden vodovod – dolžina cevi (m)	3.585	2.563	347	624
Predviden vodovod – DN cevi (mm)	125 in 100	125 in 100	100	100
Okvirni stroški (EUR)	430.720	316.500	64.000	71.500

V preglednici 1 so prikazana območja s predvideno največjo porabo pitne vode ter predvidenimi ukrepi in stroški, ki zagotavljajo kvantitativno podlago za medsebojno primerjavo območij ter strokovno podlago tako za odločanje o etapnosti razvoja posameznih območij oziroma naselij kot tudi za načrtovanje razvoja vodovodnega sistema. Poleg skupnih stroškov bi lahko pri odločanju o etapnosti razvoja naselij opredelili tudi relativne stroške glede na število novih oskrbovanih prebivalcev po območjih nepozidanih stavbnih zemljišč in druge podobne relativne stroške, odvisno od ciljev prostorske politike v lokalni skupnosti.

5 RAZPRAVA IN SKLEP

Raziskava daje odgovor na vprašanja: (1) na podlagi katerih podatkov in (2) na podlagi kakšnega modela lahko v Sloveniji ocenimo zmogljivost vodovodnega sistema, ki se uporablja kot strokovna podlaga za odločanje o razvoju naselij na lokalni ravni že v procesu prostorskega načrtovanja, in sicer:

1. Za oceno zmogljivosti vodovodnega sistema potrebujemo podatke o predvidenih površinah nepozidanih stavbnih zemljišč in predvideni porabi pitne vode predvidenih prebivalcev na teh površinah. Predvidenih površin nepozidanih stavbnih zemljišč ni mogoče pridobiti iz nobene obstoječe baze podatkov, zato smo jih za namene te raziskave ocenili. Ocena predvidene porabe vode na posameznih območjih je v zgodnjih fazah procesa prostorskega načrtovanja težavna zaradi nepoznavanja predvidenega števila prebivalcev oziroma porabe vode na nekem območju. Povezana je z negotovostjo in tveganjem. Število prebivalcev oziroma njihove potrebe po vodi smo zato ocenili na podlagi podatkov o površini nepozidanih stavbnih zemljišč za posamezno podrobno namensko rabo prostora, o predvideni dejavnosti in o sedanji povprečni porabi vode na primerljivih območjih.

2. Na podlagi predstavljenega integriranega dinamičnega modela lahko ocenimo zmogljivosti vodovodnega sistema. Model je zasnovan tako, da omogoča stalno spremljanje zmogljivosti sistema in njegovih prostih zmogljivosti. Uporaben je tudi za načrtovanje etapnosti razvoja naselij ter preveritev ekonomičnosti načrtovanih ureditev. Rezultati hidravlične preveritve v modelu zagotavljajo podlago za oceno ukrepov in stroškov za njihovo izvedbo. Poleg tega so ustrezna strokovna podlaga za odločanje v procesu prostorskega načrtovanja. Smiselno je, da strokovnjaki s področja prostorskega načrtovanja pri interpretaciji dobljenih rezultatov sodelujejo tudi s strokovnjaki s področja projektiranja in upravljanja vodovodnih sistemov.

Ključna dodana vrednost hidravlične preveritve v predstavljenem modelu je opredelitev šibkih točk vodovodnega sistema kot celote ob različnih obremenitvah z novimi porabniki. Prav to je v fazah podrobnejšega prostorskega načrtovanja, ki se osredotoča na posamezno območje, pogosto prezrto. Zato je smiselno, da se hidravlična preveritev izdela v več ponovitvah za različne scenarije razvoja v prostoru, in to obenem z nastankom prostorskega akta in načrtovanjem poselitve ter drugih dejavnosti v prostoru na ravni celotne lokalne skupnosti. Zmogljivost vodovodnega sistema sicer ni edini dejavnik, ki vpliva na odločanje o razvoju naselij, zato so rezultati analize zmogljivosti vodovodnega sistema le ena izmed strokovnih podlag za odločanje v procesu prostorskega načrtovanja. Sama odločitve o razvoju naselij je namreč odvisna tudi od številnih drugih dejavnikov (Fischel, 1999). Poleg tega je po Deng et al. (2013) zaradi podnebnih sprememb in hitre urbanizacije odločanje o dolgoročnih projektih, kot so infrastruktturni, težko oziroma je povezano z negotovostjo in tveganjem.

Za vključitev tovrstnih modelov v prakso prostorskega načrtovanja in načrtovanja vodovodnih sistemov bi bilo torej treba vzpostaviti ustrezen, primerljiv in dostopen nabor vhodnih podatkov, in to vsaj za: površine območij nepozidanih stavbnih zemljišč, količino obstoječe porabe pitne vode glede na dejavnost na pozidanih stavbnih zemljiščih in stroške gradnje/zamenjave posameznih delov vodovodnega sistema. Postopek hidravlične preveritve bi bilo treba približati širšemu krogu strokovne javnosti in zagotoviti interdisciplinarno ekipo strokovnjakov za interpretacijo rezultatov v povezavi z razvojem naselij v lokalni skupnosti. Predstavljeni model bi lahko bil del strokovnih podlag pri izdelavi občinskega prostorskega načrta, na primer elaborata ekonomike (Pravilnik o elaboratu ekonomike, 2019), v okviru katerega bi se v povezavi z evidenco stavbnih zemljišč (ZUreP-2, 2017) tudi vzpostavili ustrezni podatki za uporabo navedenega modela.

Na primeru analize zmogljivosti vodovodnega sistema v mestni občini Kranj je bilo ugotovljeno, da se na obstoječi vodovodni sistem lahko priključijo vsi novi porabniki vode. Etapnost pozidave z vidika zmogljivosti vodovodnega sistema bi se lahko izvedla le glede na različne stroške investicij v obstoječi vodovodni sistem ali glede izgradnje novega (sekundarnega) vodovodnega omrežja. Če pa zmogljivost obstoječega vodovodnega sistema ne bi zadoščala, bi morali postopek ponoviti s predpostavljanjem različnih scenarijev razvoja naselij in analizirati, v katerem časovnem obdobju bi bila zmogljivost vodovodnega sistema dosežena. To bi vplivalo na odločitev, katera območja se lahko pozidajo prva.

Pred vključitvijo ocene zmogljivosti komunalne infrastrukture v postopke prostorskega načrtovanja za namen smotrnega razvoja naselij je treba v nadaljnjih raziskavah preveriti še način izdelave ocene tudi za območja prenove, zgojitve in prestrukturiranja, ki so pomembne z vidika spremembe potreb po komunalni infrastrukturi v prihodnje. Smiselno je razviti in preizkusiti ocene zmogljivosti tudi za druge vrste komunalne infrastrukture, predvsem za kanalizacijski in elektroenergetski sistem. Zaradi narave komunalnih sistemov, ki presegajo meje občin, je smiselno načrtovanje komunalne infrastrukture in preveritve njihove zmogljivosti tudi na regionalni ravni.

Zahvala

Raziskava je nastala v sodelovanju z javnim podjetjem Komunala Kranj, d. o. o., in podjetjem Petrol, d. d., ki sta omogočila dostop do podatkov in uporabo računalniškega programa Aquis 7.0.

Literatura in viri:

- Beckwith, D. (2014). Integrating land use and water planning. *Journal – American Water Works Association*, 106 (9), 75–79. DOI: <https://doi.org/10.5942/jawwa.2014.106.0131>
- Brown, R. R., Keath, N., Wong, T. H. F. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science & Technology*, 59 (5), 847–855. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2009.029>
- Deng, Y., Cardin, M.-A., Babovic, V., Santhanakrishnan, D., Schmitter, P., Meshgi, A. (2013). Valuing flexibilities in the design of urban water management systems. *Water Research*, 47 (20), 7162–7174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.064>
- Fischel, A. W. (1999). Zoning and Land Use Regulation, Boudewijn, Bouckaert and Gerrit De Geest, (ur.) *Encyclopedia of Law and Economics*, Volume II. Civil Law and Economics, Cheltenham, Edward Elgar, ISBN 1 85898 985X, <https://www.dartmouth.edu/~wfischel/Papers/WAF-zoning%20ELEpdf.pdf>, pridobljeno 12. 4. 2019.
- Grimaldi, M., Pellicchia, V., Fasolino, I. (2017). Urban Plan and Water Infrastructures Planning: A Methodology Based on Spatial ANP. *Sustainability*, 9 (5), 1–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9050771>
- Hardy, M. J., Kuczera, G., Coombes, P. J. (2005). Integrated urban water cycle management: the UrbanCycle model. *Water Science and Technology*, 52 (9), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0276>
- Haynes, K. E., Krmenc, A. J., Georgianna, T. D., Whittington, D., Echelberger, W. F. (1984). Planning for Water Capacity Expansion. *Journal of the American Planning Association*, 50 (3), 359–364. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944368408976604>
- Kafol Stojanović, A. (2018). Ocena kapacitete vodovodnega sistema kot strokovna podlaga v procesu prostorskega načrtovanja [Estimation of Water Distribution System Capacity as an Expert Basis for Spatial Planning Process]. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103594>, pridobljeno 18. 2. 2019.
- Kathlene, L., Lynn, J., Greenwade, A., Sullivan, W., Lung, Q. (2010). *Colorado Review: Water Management and Land Use Planning Integration*. Denver: Center for Systems Integration.
- Kenway, S. J., Turner, G. M., Cook, S., Baynes, T. (2013). Water and energy futures for Melbourne: implications of land use, water use, and water supply strategy. *Journal of Water and Climate Change*, 5 (2), 163–175. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2013.188>
- Komunala Kranj (2018). Stroški gradnje in obnove vodovoda. Osebna komunikacija, pridobljeno 30. 5. 2018.
- Mair, M., Mikovits, C., Sengthaler, M., Schöpf, M., Kinzel, H., Urich, C., Kleidorfer, M., Sitzenfri R., Rauch, W. (2014). The application of a Web-geographic information system for improving urban water cycle modelling. *Water Science & Technology*, 70 (11), 1838–1846. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2014.327>
- Mitchell, V. G., Mein, R. G., McMahon, T. A. (2001). Modelling the urban water cycle. *Environmental Modelling & Software*, 16 (7), 615–629. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00029-9)
- Mitchell, V. G., Diaper, C. (2005). UVQ: A tool for assessing the water and contaminant balance impacts of urban development scenarios. *Water Science & Technology*, 52 (12), 91–98. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0435>
- Mitchell, V. G., Duncan, H., Inman, M., Rahilly, M., Stewart, J., Vieritz, A., Holt, P., Grant, A., Fletcher, T. D., Coleman, J., Maheepala, S., Sharma, A., Deletic, A., Breen, P. (2007). State of the Art Review of Integrated Urban Water Models. V *Novatech 2007, Workshop 2, GRAIE*, Lyon, France., <http://hdl.handle.net/2042/25394>, pridobljeno 15. 1. 2019.
- Ministrstvo za okolje in prostor, Direktorat za prostor, graditev in stanovanja (2018). *Elaborat ekonomike*. Osebna komunikacija, pridobljeno 4. 6. 2018.
- Mutschmann, J., Stimmelmayer, F. (2011). *Taschenbuch der Wasserversorgung*. Wiesbaden: Vieweg Teubner Verlag.
- Niedziałkowski, K., Beunen, R. (2019). The risky business of planning reform – The evolution of local spatial planning in Poland. *Land Use Policy*, 85, 11–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.041>
- Panjan, J. (2005). *Osnove zdravstveno tehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvodnjavanje in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo.
- Petrešin, E. (1980). *Vodovodni sistemi*. Ljubljana: [s. n.].
- Petrol d. d. (2018). *Vodovodni sistem v Mestni občini Kranj in hidravlični model vodovodnega sistema Kranj*. Osebna komunikacija. (1. 3. 2018, 10. 3. 2018, 28. 3. 2018, 15. 5. 2018 in 8. 6. 2018.)
- Pravilnik o elaboratu ekonomike (2019). *Uradni list RS*, št. 45/2019, 12. 7. 2019.
- Rakar, A., Makuc, J. (1985). *Valorizacija objektov in naprav komunalne hidrotehnike na osnovi podatkov GPKN – primer mesta Maribor*. *Geodetski vestnik*, 29 (2-3), 91–104.
- Rakar, A. (1979). Nekateri vidiki rasti urbanih aglomeracij [Some aspects of urban agglomeration growth]. *Doktorska disertacija*. Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.
- Schönhart, M., Trautvetter, H., Parajka, J., Blaschke, A. P., Hepp, G., Kirchner, M., Mittera, H., Schmida, E., Strenn, B., Zessner, M. (2018). Modelled impacts of policies and climate change on land use and water quality in Austria. *Land Use Policy*, 76, 500–514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.031>
- Sitzenfrei, R., Möderl, M., Rauch, W. (2013). Assessing the impact of transitions from centralised to decentralised water solutions on existing infrastructures – Integrated city-scale analysis with ViBe. *Water Research*, 47 (20), 7251–7263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.038>
- Sitzenfrei, R., Fach, S., Kleidorfer, M., Urich, C., Rauch, W. (2010). Dynamic virtual infrastructure benchmarking: DynaViBe. *Water Science and Technology: Water Supply*, 10 (4), 600–609. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2010.188>
- Sproul, K. (2017). Chapter 594: Making California's Water Supply Planning Process More Fluid with Large-Scale Development Projects. *University of the Pacific Law Review*, 48, 647–669.
- SURS (2019). *Statistični urad RS*. SiStat. <https://pxweb.stat.si/SiStat>, pridobljeno 20. 5. 2018
- Štravs, L., Dekleva, J., Ivanič, L. (2010). *Opremljanje stavbnih zemljišč*. Komunalni

prispevek, pogodba o opremljanju. Ljubljana: GV založba.

Urban Water Management Plan. Section 2: Land Use and Water Demand. (2010). Vallecitos Water District, 1–15. https://water.ca.gov/LegacyFiles/urbanwatermanagement/2010uwmpps/Vallecitos%20Water%20District/F_Section_2_Land_Use_and_Water_Demand_Final.pdf, pridobljeno 20. 5. 2018.

Walski, T. M., Chace, D. V., Savic, D. A., Grayman, W., Beckwith, S., Koelle, E. (2003). Advanced Water Distribution Modelling and Management. Civil and Environmental Engineering and Engineering Mechanics Faculty Publications, 18. https://ecommons.udayton.edu/cee_fac_pub/18, pridobljeno 20. 5. 2018.

Willuweit, L., O'Sullivan, J. J. (2013). A decision support tool for sustainable planning of urban water systems: Presenting the Dynamic Urban Water Simulation Model. *Water Research*, 47 (20), 7206–7220. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.060>

ZPNačrt (2007). Zakon o prostorskem načrtovanju. Uradni list RS, št. 33/2007, 70/2008 – ZVO-1B, 108/2009, 80/2010 – ZUPUDPP, 43/2011 – ZKZ-C, 57/2012, 57/2012 – ZUPUDPP-A, 109/2012, 76/2014 – odl. US, 14/2015 – ZUUJFO in 61/2017 – ZUreP-2.

ZUreP-2 (2017). Zakon o urejanju prostora. Uradni list RS, št. 61/2017.



Kafol Stojanović A., Kozelj D., Šubic Kovač M. (2019). Ocena zmogljivosti vodovodnega sistema kot strokovna podlaga za odločanje o usmerjanju razvoja naselij na lokalni ravni. *Geodetski vestnik*, 63 (4), 479–490.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.04.479-490>

Ajda Kafol Stojanović, mag. prost. načrt.

Geodetski inštitut Slovenije,
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: ajda.kafol@gis.si

izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač, univ. dipl. inž. gradb.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: maruska.subic-kovac@fgg.uni-lj.si

asist. dr. Daniel Kozelj, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: daniel.kozelj@fgg.uni-lj.si