

JAVNI VODOOSKRBNI SISTEMI V VLOGI HIDRANTNIH OMREŽIJ

Public water supply systems functioning as hydrant networks

Daniel Kozelj*, Sašo Šantl**, Karin Kozelj***, Franci Steinman**** UDK 614.843.1

Povzetek Abstract

Delovanje javnih vodooskrbnih sistemov kot hidrantnih omrežij predstavlja eno od nalog, ki jih mora zagotavljati, čeprav je vloga v nasprotju s ciljnim stanjem oskrbe s pitno vodo. Nasprotujoče si zahteve o oskrbi s pitno vodo in zagotavljanje vode za gašenje požarov zahteva vključevanje alternativnih virov vode za gašenje. Neuskkljeni predpisi in iz njih izhajajoče težave pri delovanju vodooskrbnih sistemov kot hidrantnih omrežij zahtevajo vrednotenje razpoložljivih količin vode za gašenje iz vodooskrbnih sistemov in dopolnjevanje z drugimi viri. Hidravlično modeliranje in iz njih izhajajoče analize zanesljivosti delovanja hidrantnih omrežij (model PIVC) omogočajo načrtovanje ukrepov za izboljšanje stopnje varstva pred požarom.

Public water supply systems' function as hydrant networks is only one of the functions which need to be satisfied; however it is still in conflict with the target of water supply. Conflicting regulations on potable water supply and adequate fire flows in water supply systems involve the inclusion of alternative sources to satisfy fire flow requirements. Non-harmonized regulation and the evolving difficulties in hydrant networks require an analysis of available fire flows from water supply systems and complementing quantities from other sources. Hydraulic modeling and reliability analyses of hydrant networks (PIVC model) allow the planning of measures to improve the level of fire protection.

Uvod

Zakon o varstvu pred požarom (Zakon o varstvu ..., 2007) predpisuje, da je pri pripravi prostorskih aktov treba upoštevati prostorske ukrepe varstva pred požarom in med drugim zagotoviti vire za zadostno oskrbo z vodo za gašenje. Tehnično podlago in pogoje za zadostno oskrbo z vodo za gašenje daje pravilnik o tehničnih normativih za hidrantna omrežja za gašenje požarov (Pravilnik o tehničnih ..., 1991), ki predstavlja osnovni tehnični predpis, kateremu mora ustrezati zunanje hidrantno omrežje in vsi drugi viri vode za gašenje. Predpise za preverjanje stanja in delovanja hidrantnih omrežij in hidrantov določa pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij (Pravilnik o preizkušanju ..., 1995). Zahteve in ukrepe za zagotavljanje požarne varnosti v stavbah

določa pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Pravilnik o požarni ..., 2004), ki podaja tudi pravni okvir za sprejem in delovanje tehnične smernice o požarni varnosti v stavbah TSG-1-001:2007 (Tehnična smernica ..., 2007). Ta v 4. poglavju določa tehnične smernice za projektiranje naprav za gašenje in dostop gasilcev. Podana je tudi razmejitev med pristojnostmi predpisov na javnem hidrantnem omrežju (Tehnična smernica ..., 2007).

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo (Pravilnik o oskrbi ..., 2006) določa zahteve pri opravljanju storitev obvezne občinske gospodarske javne službe varstva okolja oskrbe s pitno vodo in pri lastni oskrbi prebivalcev s pitno vodo. Pravilnik v 18. členu govori o prednostni rabi vode iz vodovoda in določa, da je treba pri načrtovanju in zagotavljanju odvzema pitne vode iz vodovodov upoštevati, da ima oskrba prebivalstva s pitno vodo prednost pred rabo voda za druge namene. Uporaba vodooskrbnega sistema (v nadaljnjem besedilu: VS) kot hidrantnega omrežja je torej podrejena (sekundarna) raba, zato mora biti doseganje standardov oskrbe s pitno vodo primarno. Oskrba hidrantnega omrežja z vodo se lahko zagotovi iz katerega koli vira, če le zagotavlja ustrezno količino in primerno kakovost vode za gašenje (Pravilnik o tehničnih ..., 1991). S tem je določeno, da je ob drugih virih, kakor so požarni bazeni in neizčrpani vodni viri (naravni in umetni vodni viri), VS le eden

* Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KMTe, Hajdrihova 28, Ljubljana, daniel.kozelj@fgg.uni-lj.si

** mag., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KMTe, Hajdrihova 28, Ljubljana

*** Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KMTe, Hajdrihova 28, Ljubljana

**** prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KMTe, Hajdrihova 28, Ljubljana, franci.steinman@fgg.uni-lj.si

od virov vode za gašenje. Alternativni viri za oskrbo hidrantnega omrežja morajo biti hidravlično ločeni od javnega VS, razen če se s priključkom nanj izvede samo napajanje požarnega bazena (Pravilnik o oskrbi ..., 2006). VS je torej ustrezen vir vode za gašenje požarov le tedaj, kadar je zagotovljena zadostna količina vode pri ustreznem dinamičnem tlaku (izjemoma tudi z napravo za povečanje tlaka).

Naloge in pristojnosti nad VS

VS so pomembna dejavnost občinske gospodarske javne službe varstva okolja, ki je življenjskega pomena iz več razlogov. Področje oskrbe s pitno vodo se obravnava v okviru različnih zakonodajnih področij, s katerimi se vzpostavlja pravni okvir za uresničevanje javnega in skupnega interesa. Razlog za to, da so VS pod posebnim nadzorom javnosti, je, da opravljajo številne naloge, ki predstavljajo naravni monopol. Naloge, ki jih opravljajo VS, so (Steinman in sod., 2004):

- dobava ustreznih količin pitne vode,
- dobava vode pod ustreznim tlakom,
- dobava vode ustrezne temperature in kakovosti,
- dobava vode uporabnikom za ustrezno ceno,
- delovanje VS kot hidrantnih omrežij v času požara,
- ustrezen raven spremljivih storitev za uporabnike,
- ustrezen raven zanesljivosti delovanja VS,
- dolgoročno naravnan razvoj delovanja VS,
- sprejemljivi okoljski vplivi delovanja VS,
- družbeni vidik VS.

Optimalno upravljanje VS je stalen izziv za širok nabor disciplin in strokovnjakov, ki se z njimi ukvarjajo. Ob vseh navedenih nalogah, ki so ključnega pomena za razvoj družbe, spremlja delovanje VS pester nabor subjektov (različna ministrstva, lokalne skupnosti, individualni

porabniki in druge organizacije). Za potrebe »celovitih« analiz je treba prikazano večplastnost zmanjšati in različne poglede medsebojno uskladiti, kar je temeljna naloga medsektorskega sodelovanja. Pri tem želimo posebej izpostaviti osebne poglede, ki jih je treba obravnavati strogo individualno (osebna odgovornost, obilgacijsko pravo ipd.) za izvedbo celovitih (družbenih) ciljev, kar VS vsekakor so, čeprav je treba individualne poglede nujno tudi združiti (institucionalizirati).

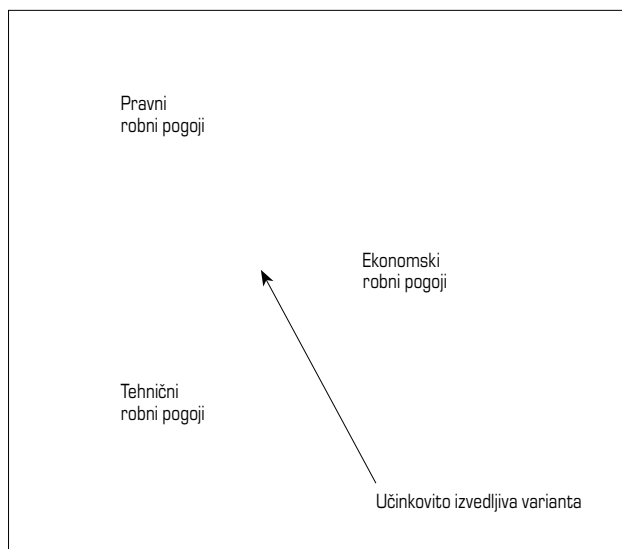
V primeru uporabe VS želi uporabnik v vsakem trenutku dobavo zadostne količine pitne vode z zadostnim tlakom. Koliko vode bo v določenem trenutku priteklo, je odvisno od transportnih zmogljivosti cevovodov in razpoložljivega tlaka dobavljene vode. Zagotavljanje vode za gašenje požarov je eden od konkurenčnih interesov rabe VS, ki zahteva visoke standarde oskrbe za nemoteno delovanje.

Zagotavljanje vode za gašenje požarov iz VS

Predstavljeni so bili glavni predpisi, ki urejajo VS glede delovanja kot hidrantna omrežja. Doseganje ciljnega stanja zahteva usklajevanje veliko interesov in predpisov, ki so si običajno celo nasprotujoči. V standardu SIST EN 805 je zapisano, da je količina vode, potrebna za gašenje požara iz VS, veliko večja v primerjavi s povprečno količino pitne vode, ki jo mora zagotavljati upravljalec za potrebe oskrbe s pitno vodo (SIST EN 805, 2000). Prav tako ta veljavni slovenski standard ugotavlja, da so VS dejansko predimenzionirani, saj so premeri cevovodov znatno večji, kakor so potrebni za oskrbo s pitno vodo.

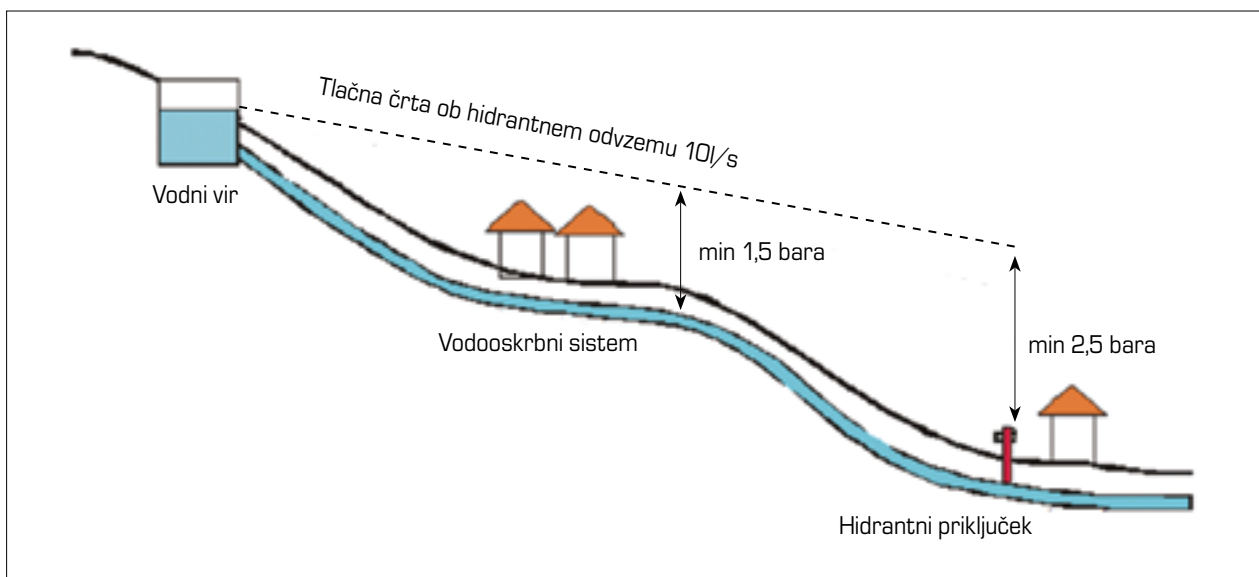
Glavni problem pri tem predstavlja zagotavljanje ustreznih dinamičnih tlakov ob zahtevanih količinah vode, katerih predvsem na območjih z redkejšo poselitvijo ni mogoče zagotoviti. Za zgrajena ali rekonstruirana hidrantna omrežja pred uveljavitvijo predpisa (Pravilnik o tehničnih ..., 1991) ni treba izpolnjevati zahtevanih količin vode in tlakov, vendar je treba določiti načine, kako ta poselitvena območja varovati pred požarom. V teh okoliščinah nastane potreba po vključevanju alternativnih virov vode. Pri hkratnem vključevanju več vodnih virov za gašenje je treba s hidravličnim preračunom dokazati, da sta ob njihovem obratovanju zagotovljena zahtevana količina in tlak ter da je zagotovljeno nemoteno delovanje intervencijskih enot.

Pri delovanju javnega VS kot hidrantnega omrežja imajo odvzemi vode za gašenje požarov velik vpliv na hidravlične razmere pri oskrbi z vodo. Zagotavljanje in odvzemi zahtevanih količin vode za gašenje ne smejo negativno vplivati na oskrbo uporabnikov s pitno vodo. Pri ugotavljanju zahtev oskrbe z vodo se upoštevajo gospodinjstva poraba, industrijska poraba in poraba v storitvenih dejavnostih ter požarna poraba, če je mogoča ali zahtevana. Upoštevajo se dnevna nihanja



Slika 1. Prikaz pravno-ekonomsko-tehničnih robnih pogojev

Figure 1. Legal-economic-technical boundary conditions



Slika 2. Najmanjši možni dinamični tlak na celotnem VS (1,5 bara) pri odvzemu vode za gašenje požarov
 Figure 2. Minimal dynamic pressure (1.5 bars) of the entire water supply system during fire flow withdrawal

porabe, količine vode in dejavniki, s katerimi se določajo srednje, minimalne in maksimalne dnevne in letne porabe. Pri hidravličnem preračunu potrebne vode za gašenje se upošteva najmanjša zahtevana količina vode za gašenje pri 2-urnem trajanju. Količine vode za gašenje enega požara se določajo glede na število prebivalcev, ki pripadajo hidravlično neodvisni coni na poselitvenem območju, in računskemu številu hkratnih požarov znotraj posamezne cone (Pravilnik o tehničnih ..., 1991). Najmanjša količina vode je opredeljena z vrednostjo 10 l/s.

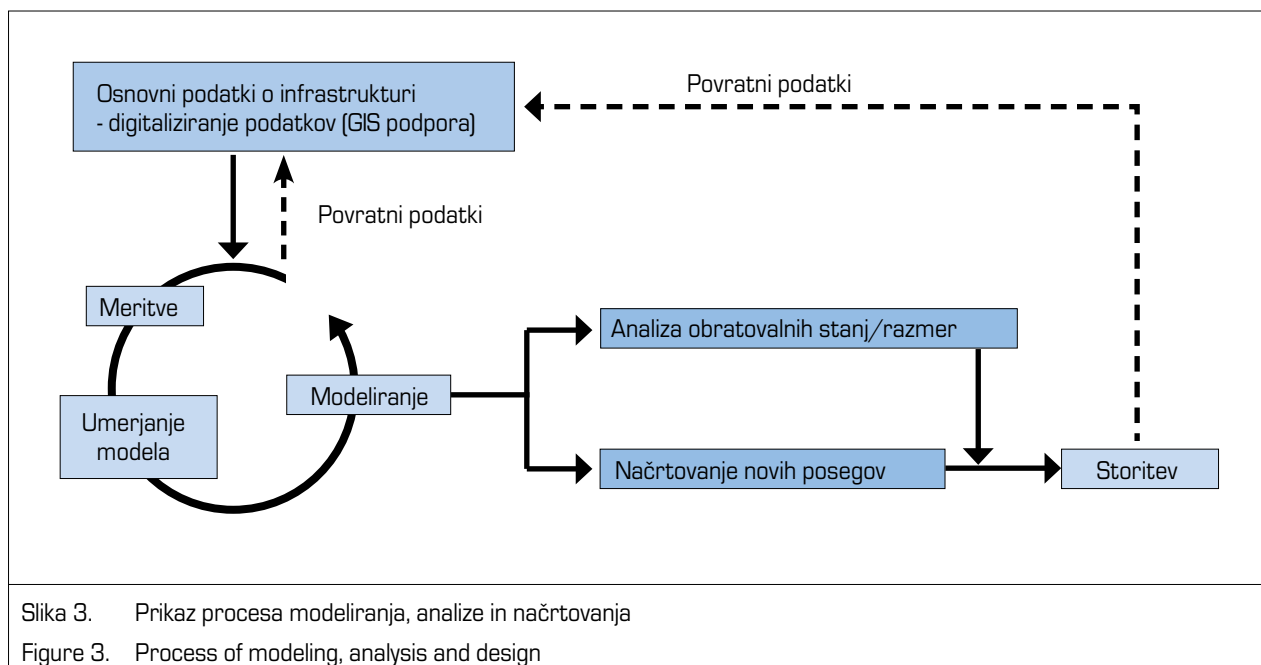
Za doseg zahtevanih pretokov morajo biti v VS zagotovljeni tudi zadostni tlaki, ki so običajno med 2 in 7 bara. Zahtevani minimalni tlak ob požarni obremenitvi na zunanjem hidrantnem omrežju je 2,5 bara ali se izračuna glede na višino varovanega objekta (Pravilnik o tehničnih ..., 1991). Treba bi bilo določiti tudi najmanjši dinamični tlak v VS v času odvzema vode za gašenje, ki ne bi smel biti nižji od 1,5 bara (slika 2) na nobenem mestu VS, ki bi moral biti ob posebnih tlačnih režimih pomembnih odjemalcev celo v območju višjih tlakov (DVGW W 405, 1978). Omejitev najnižjega tlaka na celotnem VS zagotavlja nemoteno delovanje oskrbe z vodo drugim odjemalcev in zaščito VS. Omejitev je absolutna, saj je to najmanjši možni operativni tlak, ki zagotavlja, da ne pride do podtlakov in poškodb omrežja ali vnosa nevarnih onesnaževal.

Poleg hidravlične soodvisnosti tlaka in pretoka so tudi pretočne hitrosti v cevovodih pomembno merilo za delovanje VS. Pretočne hitrosti naj bi bile omejene s spodnjo mejo, ki preprečuje predolgo zadrževanje vode v cevovodu, in zgornjo mejo, ki poudarja ekonomičnost in izogibanje velikih hitrosti v ceveh. Za zagotavljanje primernih tehničnih in ekonomskih meril so VS načrtovani in izvedeni za pretočne hitrosti pri srednji porabi med 0,8 in 1,4 m/s s še sprejemljivim območjem

intervala med 0,5 in 2,0 m/s. Izjemoma je v določenih okoliščinah (npr. ob požaru) dopustna najvišja hitrost pretoka do 3,5 m/s in kot najnižja 0,1 m/s (SIST EN 805, 2000).

Kakor že rečeno, so VS zaradi zahtev po zagotavljanju vode za gašenje v večini primerov predimenzionirani. Zahteva, da se zunanje hidrantno omrežje izdelava kot obročast sistem cevovodov, je primeren za območja goste poselitve in industrijska območja (Pravilnik o tehničnih ..., 1991), hkrati pa predstavlja neracionalno zasnovano na manj poseljenih območjih. Kljub možnosti izvedbe slepega cevovoda v dolžini največ 180 m (stanovanjska območja), so ti še vedno predimenzionirani, saj zahtevani najmanjši premer takega cevovoda znatno presega premer, potreben za vodooskrbo porabnikov. V nekaterih primerih večje težave zaradi zastajanja vode nastajajo v obročastih sistemih kakor pa v slepih cevovodih. Pri napajanju obročastega sistema z dveh strani lahko pride do nastanka »mrtvih« con znotraj zanke, kjer se voda nikoli ne premakne in lahko tam ostane več let, kar zelo vpliva na kakovost pitne vode v takih sistemih.

Predimenzioniranje VS in zmanjšanje hitrosti v cevovodih ima za posledico odlaganje usedlin, ki ob naknadnem povečanju hitrosti dvignejo usedline in obarvajo vodo. Ukrepi za preprečevanje in odstranjevanje usedlin so različni (izpiranje cevovodov, obdelava pitne vode ipd.), lahko pa se z zmanjšanjem premerov cevovodov zagotovi, da pretočne hitrosti vsaj enkrat na dan dosežejo 0,4 m/s, kar omogoča samočiščenje cevovodov in onemogoča odlaganje usedlin (Vreeburg, 2007). Za uspešno načrtovanje in analizo hidravličnih razmer VS je nujno računalniško modeliranje. S pravilno vzpostavljenim in umerjenimi modelom (podprtim z meritvami) sta analiza ter načrtovanje veliko enostavnejša, verodostojni rezultati pa udeležencem in organom



odločanja jasno kažejo učinke prihodnjih ukrepov. Na sliki 3 je predstavljen primer poteka, ki naj bi ga uporabljali pri predvidenih posegih in dejavnostih. Končni cilj je seveda zagotavljanje ustreznosti predpisanih/dogovorjenih storitev.

za nakup dodatnih vozil za gašenje požarov z ustrežno zmogljivostjo za kritje manjkajočih količin vode, ki so krajevno razpoložljivi.

Sekundarni viri vode za gašenje požarov

Zagotavljanje vode za gašenje požarov je naloga, ki zahteva presojo vseh razpoložljivih virov vode v bližini območja, ki se varuje pred požarno ogroženostjo. Razpoložljive količine vode za gašenje, ki jih lahko zagotavlja VS, so predvsem na ruralnih območjih omejene in pogosto ne zagotavljajo predpisanih količin. Treba je preveriti, v kolikšni meri lahko alternativni viri vode za gašenje (požarni bazeni in drugi neizčrpani viri) dopolnjujejo oskrbo iz VS za dosego predpisanih količin vode za gašenje, da skupna količina zagotavlja stalno in nemoteno oskrbo z vodo za gašenje. Pri tem je treba ponovno omeniti, da mora biti vodooskrba odjemalcev v vsakem primeru zagotovljena in nemotena (ustrezni pretoki in tlaki). Prav tako zaradi zagotavljanja vode za gašenje ne smejo biti nevarnosti za omrežje in naprave, ki bi lahko vodila v okvare in prekinitve vodooskrbe.

Če VS ne zagotavlja ustreznih količin vode za gašenje požarov in v bližini varovanega območja ni neizčrpanih virov vode, lahko pristojni organ uporabi naslednje možnosti za zagotavljanje skupne količine vode za gašenje:

- odvzem vode iz požarnih bajerjev in vodnjakov,
- odvzem vode iz požarnih bazenov,
- odvzem vode iz okrasnih ribnikov in bazenov,
- razširitev VS (če ni v nasprotju s standardi kakovosti pitne vode).

Dodatno lahko lokalna skupnost uporablja druge tehnologije gašenja, ki zmanjšujejo potrebo po vodi, ali se odloči

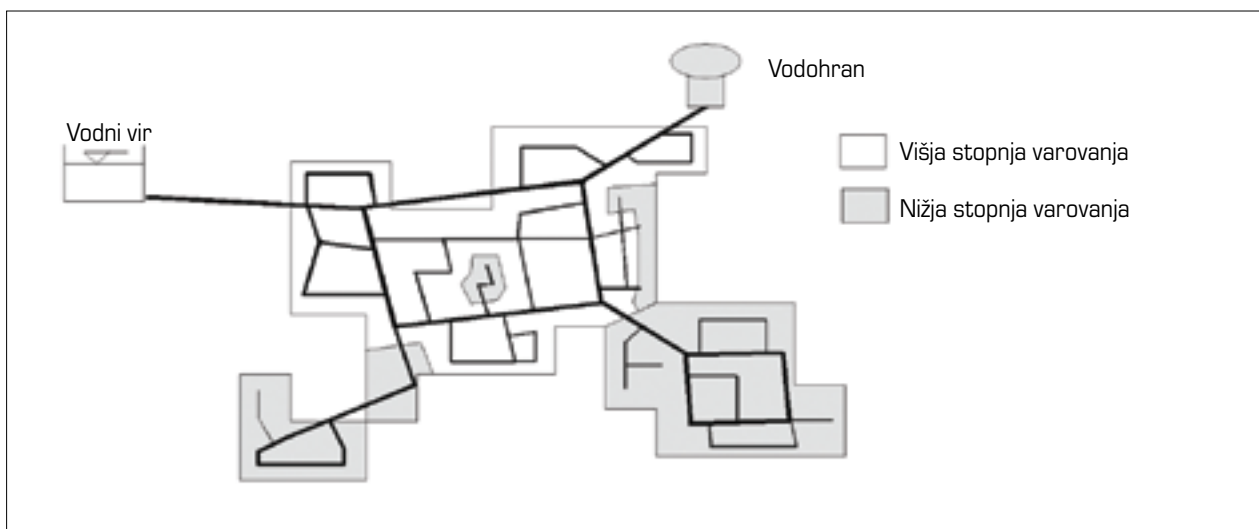
Modeliranje VS

za potrebe gašenja požarov

Doseganje ciljnega stanja zadostne in zanesljive oskrbe z vodo, s katero bi lahko zagotavljali tudi vodo za gašenje požarov, je glavno vodilo pri načrtovanju VS. Zaradi razsežnosti in zapletenosti infrastrukture, informatizacije upravljanja in nadzora ter pogojenosti z drugimi tehničnimi in družbenimi področji, se vse bolj uvaja pristop matematičnega modeliranja, ki omogoča analitičen, hiter in natančen vpogled v trenutno stanje obratovanja ter preverjanje načrtovanih posegov v vodooskrbno infrastrukturo.

V širšem pogledu je načrtovanje in modeliranje infrastrukture za zagotavljanje požarne varnosti, npr. VS v vlogi hidrantnih omrežij, enako načrtovanju in modeliranju drugim VS (pitna in tehnološka voda). Koliko vode bo v določenem trenutku na voljo na mestu odvzema, je odvisno od transportne zmogljivosti VS. Obratovalne razmere, v katerih se upošteva izjemni obtežbeni primer požara, se upoštevajo pri modeliranju zmogljivosti hidrantnega omrežja in upoštevajo veljavne predpise. Hidravlične veličine, ki se določijo s hidravličnimi računskimi modeli (hitrost in smer pretokov, tlaki, zadrževalni čas vode), omogočajo preverjanje izpolnjevanja zahtev iz različnih predpisov in obratovalne razmere v celotnem VS.

Računalniško modeliranje VS se vzpostavi s podatki o topoloških, tehničnih in obratovalnih lastnostih sistema. Za natančno modeliranje z verodostojnimi in potrje-



Slika 4. Določitev predelov območja poselitve z različno stopnjo zanesljivosti oskrbe z vodo za gašenje požarov
 Figure 4. Evaluation of supply areas with different fire flow reliability

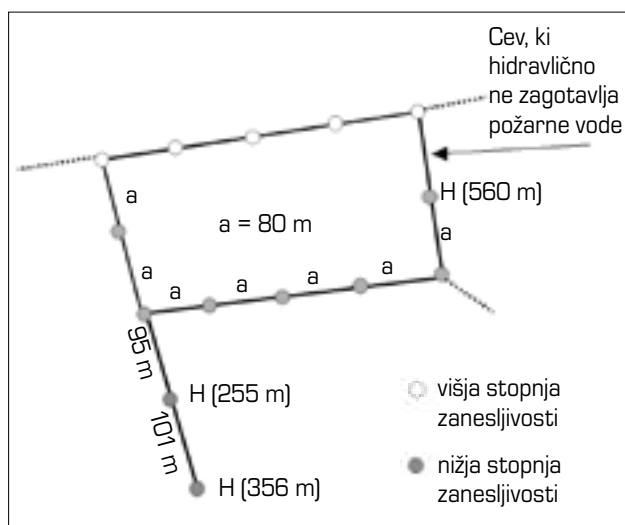
nimi rezultati hidravličnih razmer so pomembne tudi dinamične meritve pretokov in tlakov na VS ter natančni podatki o porabi. Obseg in razsežnost opravljenih analiz je odvisna od njihovega namena in problematike sistema (obratovanje, rekonstrukcija, novogradnje ipd). Za hidravlično analizo VS je treba zbrati veliko število informacij, kar posledično zahteva natančen in osvežen kataster infrastrukture in evidence o obratovalnih lastnostih in porabnikih VS.

Vrednotenje hidrantnih omrežij glede zanesljivosti delovanja ob požaru

Pri načrtovanju VS, kadar deluje kot hidrantno omrežje, sta najpomembnejša zanesljivost obratovanja in zagotavljanje najmanjših predpisanih količin vode in tlakov. Enako velja tudi za upravjalce in nadzorne organe, ki presojujejo

o skladnosti delovanja in sprejemanju odločitev. Oceno tveganja za izpad posameznega hidranta temelji na verjetnostni analizi izpada ene ali več cevi, ki zagotavlja delovanje posameznega hidranta.

Predstavljen je poenostavljeni pristop preverjanja zanesljivosti hidrantnega omrežja s simulacijo izpadov posamičnih cevovodov (model je v nadaljnjem besedilu označen kot »PIVC«). Pristop omogoča učinkovito in hitro oceno zanesljivosti delovanja hidrantnega omrežja ter razvrščanje posameznih hidrantov glede njihove zanesljivosti. Če oskrba določenega hidranta ni motena v nobenem primeru izpada katerega koli cevovoda (pretoki in tlaki), je hidrant ocenjen kot hidrant višje stopnje zanesljivosti. Enako velja za območje, ki ga hidrant varuje. Če prihaja do motene oskrbe z vodo za gašenje ali je ta celo prekinjena, sta hidrant in njegovo območje varovanja označena z nižjo stopnjo zanesljivosti. Na sliki 4 so prikazani rezultati presoje z modelom PIVC, npr. za primere izpada (lom ipd.) posameznega cevovoda.



Slika 5. Kategorije zanesljivosti hidrantov pri oskrbi z vodo za gašenje požarov
 Figure 5. Categories of hydrant reliability according to fire flow supply

Za posamezni hidrant se ugotavlja skupna dolžina cevovodov, ki bi ob izpadu preprečevali nemoteno oskrbo z vodo (slika 5). Primere slepih cevovodov je mogoče enostavno določiti z zanesljivostjo nižje stopnje, pomembna pa je analiza zankastih cevovodov, saj pri njih oskrba ob izpadu še vedno poteka z ene smeri. Če v zankastem cevovodu pride do motene oskrbe z vodo (slika 5), je treba pripadajočim hidrantom spremeniti stopnjo zanesljivosti v nižjo in prišteti pripadajoče dolžine cevi, zaradi katerih je motena njihova oskrba.

Slika 5 kaže, da je hidrant s pripadajočo dolžino 560 m najmanj zanesljiv in da je njegovo območje označeno z zanesljivostjo nižje stopnje kljub krožnemu cevovodu. Vrednotenje hidrantnih omrežij z modelom PIVC je ob razpoložljivem in umerjenem hidravličnem modelu dovolj enostavno in hitro. Vrednotenje omogoča upravljalcu identifikacijo območij, ki potrebujejo dodatne ukrepe za povečanje stopnje zaščite pred požarom.

Sklepne misli

Delovanje javnih vodooskrbnih sistemov nadzorujejo predpisi različnih ministrstev, ki odražajo pester nabor interesov na področju oskrbe s pitno vodo in pri zagotavljanju vode za gašenje požarov. Neusklajenost predpisov in njihove nasprotujoče zahteve so glavna težava pri obravnavi in upravljanju vodooskrbnih sistemov, saj kakovostna oskrba s pitno vodo zahteva drugačne tehnične značilnosti vodooskrbnih sistemov, kakor jih zahteva učinkovito varovanje pred požarom. To nasprotje je še posebej očitno na manjših poselitvenih območjih, kjer zagotavljanje ustreznih količin vode za gašenje požarov občutno presega količine za oskrbo uporabnikov. Potreba po vključevanju alternativnih vodnih virov za gašenje požarov je nujna za izboljšanje varstva pred požarom na teh območjih. Postopki modeliranja, podprti s terenskimi meritvami, omogočajo analizo obstoječih hidravličnih razmer ob požarnih obremenitvah in učinke načrtovanih ukrepov za izboljšanje hidravličnega stanja hidrantnega omrežja. Z njimi je mogoče identificirati in načrtovati ukrepe, ki zvišujejo stopnjo zanesljivosti oskrbe z vodo za gašenje kakor tudi nemoteno oskrbo ostalih uporabnikov in zaščito vodooskrbnega sistema pred negativnimi posledicami ekstremnih obremenitev.

Viri in literatura

1. DVGW W 405. 1978. Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung. Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. Bonn, Nemčija.
2. Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij, 1995. Uradni list Republike Slovenije 22/1995.
3. Pravilnik o oskrbi s pitno vodo, 2006. Uradni list Republike Slovenije 35/2006, 41/2008.
4. Pravilnik o požarni varnosti v stavbah, 2004. Uradni list Republike Slovenije 31/2004, 10/2005, 83/2005, 14/2007.
5. Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov, 1991. Uradni list SFRJ 30/1991, Uradni list Republike Slovenije 83/2005.
6. SIST EN 805, 2000. Oskrba z vodo - Zahteve za zunanje vodovode in dele. CEN.
7. Steinman, F., Banovec, P., Gosar, L., Šantl, S., Kozelj, D., 2004. Delovanje javnih vodovodnih omrežij kot hidrantnih omrežij. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana.
8. Tehnična smernica TSG-1-001:2007. Požarna varnost v stavbah. Ministrstvo za okolje in prostor. Številka: 35102-15/2007. Ljubljana.
9. Vreeburg, J., 2007. Discolouration in Drinking Water Systems - A Particular Approach. Doktorska disertacija, TU Delft. Delft, Nizozemska.
10. Zakon o varstvu pred požarom, 2007. Uradni list Republike Slovenije 3/2007.