

ZNANSTVENO STRUČNI SKUP S MEĐUNARODNIM SUDJELOVANJEM

*Hidrologija u službi zaštite i korištenja voda,
te smanjivanja poplavnih rizika –
Suvremeni trendovi i pristupi*

Brela, 18. - 20. listopada 2018.

**MJERODAVNA OBORINA ZA DIMENZIONIRANJE
SUSTAVA ODVODNJE PREMA INTEGRALNOM
PRISTUPU**

**DESIGN STORMS IN INTEGRAL APPROACH TO
SIZING STORMWATER SYSTEMS**

Nino Krvavica^a, Josip Rubinić^a

KLJUČNE RIJEČI: pljusak za projektiranje, LID, BMP, odvodnja oborinskih voda

KEYWORDS: design storm, LID, BMP, stormwater drainage system

1. UVOD

Sustavi odvodnje oborinskih voda se u novije vrijeme, zbog prisutnih ograničenja pri primjeni konvencionalnih rješenja temeljenih na što bržoj odvodnji uglavnom cijevnim sustavima, sve češće planiraju u skladu s integralnim pristupom (tzv. *Low Impact Development* LID, ili *Best Management Practice* BMP). Ovaj pristup se temelji na principu manjih intervencija u prostoru kojima se hidrološke karakteristike, prvenstveno propusnost podloge, vraćaju u stanje što bliže prirodnom, a oborinske vode zadržavaju što bliže mjestu njihovog nastanka te potom lokalno zadržavaju i infiltriraju u podzemlje (Dietz, 2007). Za dimenzioniranje ovakvih suvremenih sustava odvodnje nužno je poznavati ne samo kritični intenzitet oborine, već i cjelokupni hijetogram pale oborine. U tu svrhu nisu dostatne samo uobičajene analize značajki maksimalnih oborina, najčešće izražene kroz HTP ili ITP krivulje, već i vremenska

^a Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, Zagreb, 10000, Hrvatska, mfilipovic@hgi-cgs.hr

raspodjelu u vidu mjerodavne oborine, odnosno pljuska za projektiranje.

2. PLJUSAK ZA PROJEKTIRANJE

Pljusak za projektiranje (eng. *Design Storm*), za razliku od ravnomjernog intenziteta oborine, definiran je vremenski varijabilnim intenzitetom oborine, kako bi se što realnije prikazala stvarna oborina (Watt i Marsalek, 2013). U ovome je radu odabrana metoda Prosječne varijabilnosti oborinskog intenziteta (Pilgrim, 1987) koja se temelji na statističkoj obradi niza pojedinačnih jakih oborina na određenom području. Rezultat ove metode je bezdimenzionalni oblik kumulativne oborine, kojem se onda dodjeljuju poznate vrijednosti iz HTP, odnosno ITP krivulja, određenog trajanja i vjerojatnosti pojavljivanja. U radu Krvavice i drugih (2018) razrađen je spomenuti metodološki pristup, te je definiran preliminarni oblik pljuska za projektiranje za područje Rijeke definiran iz desetgodišnjeg uzorka zabilježenih oborina u razdoblju od 1961.-1990. godine.

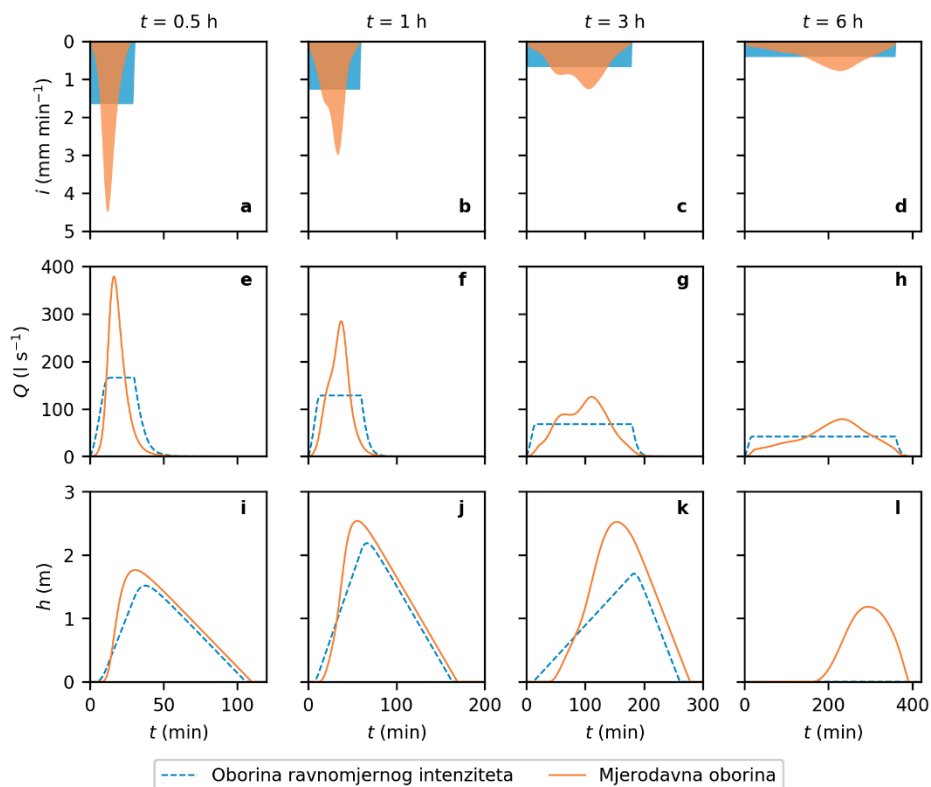
Uz odgovarajuću vremensku raspodjelu oborine, odnosno oblik hijetograma, neophodno je definirati i mjerodavno trajanje oborine. Naime, za određene dijelove sustava, kao što su infiltracijski sustavi koji predstavljaju ključni element LID pristupa, mjerodavni parametar je volumen oborine. U tom slučaju nije definirano kritično trajanje oborine na koje treba dimenzionirati retencijski prostor, s obzirom da je vrlo teško unaprijed procijeniti nelinearnu interakciju između svih utjecajnih parametara, kao što su vremenska raspodjela oborine, vrijeme koncentracije sliva, volumen retencijskog prostora i brzina infiltracije. Zbog toga je neophodno provesti sukcesivni proračun za niz različitih trajanja oborine i odabrati najkritičniji slučaj.

Preostali dio proračuna za dimenzioniranje sustava odvodnje temelji se na numeričkim modelima površinskog otjecanja te promjene volumena unutar infiltracijske građevine. Pritom, površinsko otjecanje oborine opisano je metodom kinematičkog vala, dok je promjena volumena vode u građevini opisana zakonom očuvanja mase (Krvavica i drugi, 2018). U oba slučaju procesne jednadžbe aproksimirane su metodom konačnih razlika.

3. REZULTATI

Kako bi se usporedili različiti pristupi definiranju mjerodavne oborine, u nastavku se daje primjer hidrološko-hidrauličkog proračuna jedne infiltracijske građevine na području Rijeke. Pritom, analizirane su oborine različitog trajanja $t_k = 30$ min, 1, 3 i 6 h prema dva pristupa: a) oborina ravnomjernog intenziteta i b) pljusak za projektiranje. Izračunati su pripadajući hidrogrami površinskog otjecanja te promjene volumena vode u građevini. U oba slučaja, ukupne količine oborine izračunate su iz HTP krivulja

20-god. povratnog perioda za Rijeku (Rubinić i drugi, 2009). Proračun hidrograma proveden je za hipotetski sliv koji može odgovarati različitim urbanim površinama, kao što su krovovi većih objekata, parkirališta, određene dionice lokalnih prometnica i slično. Detalji ostalih proračunskih parametara dostupni su u radu Krvavice i drugih (2018).



Slika 1. Usporedba pristupa s oborinom ravnomjernog intenziteta i mjerodavnom oborinom za različita trajanja: a) - d) intenzitet oborine, e) - h) hidrogram otjecanja te i) - l) razina vode u infiltracijskoj građevini (Krvavica i drugi, 2018)

Rezultati proračuna prema obje metode prikazani su na Slici 1. Razlike između dva pristupa evidentne su već kod prikaza vremenske raspodjele intenziteta oborine, s time da su razlike izraženije kod kraćih trajanja oborine (Slike 1a-d). Otjecanje mjerodavne oborine (Slike 1e-h) također karakterizira skoro dvostruko veći vršni protok u usporedbi s otjecanjem ravnomjernog intenziteta. Također, razvidno je kako proračun s ravnomjernom oborinom podcjenjuje, ne samo vršni protok, već i potrebni volumen infiltracijske građevine. Kritično trajanje oborine za dani primjer je 3h.

4. ZAKLJUČAK

Rad je ukratko prikazao važnost odgovarajućeg odabira mjerodavne oborine za dimenzioniranje sustava odvodnje prema integralnom pristupu. Provedene analize sugeriraju kako je neophodno ovakav tip građevina dimenzionirati na vremenski varijabilnu oborinu, odnosno na pljusak za projektiranje, te naglašavaju važnost sukcesivnog proračuna za različita trajanja oborine kako bi se odabrao kritični slučaj. Naime, oborina ravnomjernog intenziteta, jednako kao i neodgovarajuće odabrano trajanje oborine, može značajno podcjeniti vršni protok te potrebni volumen građevine.

LITERATURA

- [1] Dietz, M.E. (2007): *Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions*. Water, air, and soil pollution, (186/1-4), 351-363.
- [2] Krvavica, N., Jaredić, K., Rubinić, J. (2018): *Metodologija definiranja mjerodavne oborine za dimenzioniranje infiltracijskih sustava*, Građevinar (prihvaćen za objavljivanje).
- [3] Pilgrim, D.H. (1987): *Australian rainfall and runoff, a guide to flood estimation*. The Institution of Engineers, ACT.
- [4] Rubinić, J., Lukarić, S., Rukavina, J. (2009): *Engineering Analysis of Short-Term Heavy Rainfalls–Rijeka Area Case Study*. - Suvremene metode odvodnje oborinskih voda urbanih sredina na obalnim područjima (Urednici: Rubinić, J, Zmaić, B.). Hrvatsko društvo za zaštitu voda i Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Hrvatska.
- [5] Watt, E., Marsalek, J. (2013): *Critical review of the evolution of the design storm event concept*. Canadian Journal of Civil Engineering, (40/2), 105-113.