

# Hidrologija v Sloveniji: razvoj, izzivi in vplivi podnebnih sprememb

DOI: 10.4312/SSJLK.62.57-68

**Mira Kobold**, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana; Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana; mira.kobold@gov.si, mira.kobold@fgg.uni-lj.si

Hidrologija preučuje vodo nad in pod površjem Zemlje, njene pojave, kroženje in porazdelitev v naravi, njene lastnosti ter njen vpliv na okolje in družbo. Ukvarja se z ugotavljanjem razpoložljivih vodnih virov in nam pove, koliko vode je na voljo v rekah, jezerih in podtalnici. Prispevek predstavlja razvoj hidrologije od najzgodnejših civilizacij do sodobnih metod spremljanja in napovedovanja hidroloških razmer. Na ozemlju današnje Slovenije se je hidrologija začela sistematično razvijati v 19. stoletju, ko so bile vzpostavljene prve vodomerne postaje in organizirana hidrološka služba. Čeprav je Slovenija vodnata država z gosto rečno mrežo in s številnimi vodnatimi kraškimi izviri, se zaradi podnebnih sprememb vodne količine zmanjšujejo, hkrati pa vse pogosteje doživljamo izjemne pojave, kot so poplave in suša.

hidrologija, vodni krog, poplave, suša, podnebne spremembe

Hydrology studies water on and below the Earth's surface, its phenomena, circulation, and distribution in nature, its properties, and its impact on the environment and society. It determines the availability of water resources and indicates how much water is available in rivers, lakes, and groundwater. This article presents the development of hydrology from the earliest civilizations to modern methods of monitoring and forecasting hydrological conditions. In Slovenia, hydrology began to develop systematically in the nineteenth century, when the first water gauging stations were established and a hydrological service was organized. Although Slovenia is a water-rich country with a dense river network and many high-volume karst springs, water quantities are decreasing due to climate change, and extreme events such as floods and droughts are becoming more frequent.

hydrology, water cycle, floods, drought, climate change

## 1 Uvod

Hidrologija je znanost, ki se ukvarja z vodami nad in pod površino Zemlje, s pojavljanjem, kroženjem in porazdelitvijo vode v času in prostoru, z njenimi biološkimi, kemičnimi in fizikalnimi lastnostmi ter njenim odnosom z okoljem, vključno z živimi bitji (Mikoš idr. 2002: 137). Hidrologija se ukvarja predvsem s kroženjem vode na kopnem. S pojavi in z gibanjem vode v oceanih se ukvarja oceanografija.

Urška Perenič (ur.): *Voda v slovenskem jeziku, literaturi in kulturi*.

Ljubljana: Založba Univerze v Ljubljani, 2026

(zbirka Seminar slovenskega jezika, literature in kulture, 62)

ISSN 2386-0561, e-ISSN 2386-057X

ISBN 978-961-297-845-7, 978-961-297-846-4 (PDF)



Voda je ena najpomembnejših naravnih dobrin na Zemlji, saj brez nje življenje ne bi bilo mogoče. Je osnovni pogoj za obstoj ljudi, živali in rastlin ter ključni dejavnik delovanja naravnih ekosistemov. Čeprav se zdi, da je vode na našem planetu v izobilju, saj pokriva približno 71 % Zemljine površine, je sladke vode le 2,5 %. Večina sladke vode (68,7 %) je vezana v ledenikih in trajni snežni odeji, 30,1 % je podzemne vode in 1,2 % površinske vode (Bat idr. 2003: 9). Zaradi izjemnega pomena sladke vode za življenje in vse večje ogroženosti naravnih vodnih virov je Generalna skupščina Organizacije združenih narodov (OZN) leta 1992 razglasila 22. marec za svetovni dan voda. Ta dan nas vsako leto znova opominja, kako pomembna je voda za življenje.

Voda je osnovna naravna dobrina, ki je del neprekinjenega naravnega kroženja in se nenehno obnavlja. Uravnava podnebje, omogoča rast rastlin in ohranja biotsko raznovrstnost. Razumevanje, kaj se zgodi z dežjem, ko pade na tla, nas pripelje do pojma hidrološkega oz. vodnega kroga. Vodni krog je stalno kroženje vode med zemeljskim površjem in ozračjem, ki vključuje izhlapevanje, kondenzacijo, padavine ter odtok in pronicanje, pri čemer se voda vrača v oceane in ponovno izhlapeva. Na ta način voda neprestano kroži, celoten proces pa poganjata energija Sonca in gravitacija.

Voda je tudi pomembna družbena dobrina. Ljudje jo vsakodnevno uporabljamo za pitje, pripravo hrane, osebno higieno, kmetijstvo, industrijo, proizvodnjo energije. Dostop do čiste pitne vode je temeljna človekova pravica, vendar je v mnogih delih sveta dostop še vedno omejen. Pomen vode se kaže tudi v njenem kulturnem, gospodarskem in simbolnem pomenu. Voda povezuje ljudi, omogoča razvoj naselij in civilizacij ter predstavlja vir življenja.

Hidrologija pa se ukvarja z ugotavljanjem razpoložljivih vodnih virov, njihovo kakovostjo ter vplivi na živo in neživo naravo. Hidrologija nam pove, koliko vode je na voljo v rekah, jezerih in podtalnici ter koliko te vode lahko uporabimo za različne namene, od oskrbe prebivalstva do industrije in kmetijstva. Z razumevanjem vodnega kroga lahko napovedujemo poplave in suše, upravljamo z vodnimi viri ter skrbimo za odgovorno rabo vode. Hidrologija ima pomembno vlogo pri zmanjševanju poplavne ogroženosti, pomembna je pri načrtovanju in gradnji infrastrukturnih objektov, kakor so jezovi, vodovodi, kanalizacijski sistemi in drugi vodni objekti.

Slovenija je zelo vodnata država, kar je predvsem posledica velike količine padavin. So pa med pokrajinami zelo velike razlike v letni količini padavin. Količina padavin se od zahoda proti vzhodu postopoma zmanjšuje (ARSO 2016). V povprečju pade več kot 3000 mm na severozahodu v Julijskih Alpah, na skrajnem severovzhodu države, v Prekmurju, pa le okrog 750 mm padavin na leto. Osrednja Slovenija prejme povprečno med 1400 in 1600 mm padavin na leto. Na prostorsko porazdelitev padavin vplivata geografska lega Slovenije in razgibanost površja. Slovenija leži na stičišču štirih velikih geografskih enot: Alp, Dinarskega gorstva, Panonske nižine in Sredozemlja, kar ji daje izjemno pokrajinsko pestrost. Leži ob Jadranskem morju, vendar kar 81 % ozemlja Slovenije pripada porečju Donave oz.

Črnomorskemu povodju in le 19 % Jadranskemu povodju. Najdaljša reka, ki teče po slovenskem ozemlju, je Sava, ki meri od izvirov Save Dolinke v Zelencih do hrvaške meje 221 km. Porečje Save v Sloveniji s površino 11.735 km<sup>2</sup> zavzema več kot polovico slovenskega ozemlja. Po srednjem letnem pretoku je najbolj vodnata reka Drava, ki na meji s Hrvaško presega 320 m<sup>3</sup>/s (Bat idr. 2003: 29).

Pestrost slovenskega prostora se odraža tudi v številnih pojavnih oblikah površinskih voda, od izvirov, hudournikov, potokov, rečic, rek, jezer in morja. Že Valvasor (2018: 26) je blagostanje dežele meril tudi z obilico vode, ko je v *Slavi vojvodine Kranjske* zapisal: »Ako se hoče katera dežela ponašati, da se v njej pretakata med in mleko, hočem reči, da jo je Bog obilno blagoslovil z vsem, kar potrebuje za dobro prehrano, se mora ponašati tudi z mnogimi rekami, potoki in studenci.« Rečna mreža se začinja s stalnimi ali občasnimi izviri, ki se nadaljujejo v hudournike in potoke ter se združujejo v vedno večje reke. S pojmom vodotok zaobjamemo po površinskih strugah tekoče vode ne glede na njihovo velikost. Skupna dolžina vodotokov v Sloveniji znaša okoli 28.000 km, kar daje povprečno gostoto približno 1,4 km/km<sup>2</sup> (Bat idr. 2003: 27). Vendar rečna mreža kot posledica hidrogeoloških razmer po Sloveniji ni enako gosta. Najredkejša je na območju Dinarskega krasa. Tam je padavin sicer veliko, vendar zaradi kraške poroznosti hitro poniknejo in napajajo podzemne kraške sisteme in kraške izvire.

Da je Slovenija bogata z vodami, kaže tudi povprečni letni odtok, ki je kar trikrat večji od evropskega povprečja (Kolbezen, Pristov 1998: 65–66). Vendar vodne količine v Sloveniji niso enakomerno prostorsko in časovno razporejene. Razporeditev odtoka je zelo podobna razporeditvi padavin, saj je odtok tisti del padavin, ki po tleh površinsko odteče. Največji letni odtok, več kot 2000 mm, je v severozahodni Sloveniji. Proti jugu in vzhodu države se postopoma zmanjšuje. Na območju osrednje Slovenije znaša povprečni letni odtok med 600 in 800 mm, v severovzhodni Sloveniji pa komaj okoli 200 mm (Frantar 2008). Na količino in razporeditev odtoka vpliva več dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši podnebje, relief, tla, geološka sestava, vegetacija in človekove dejavnosti. V Sloveniji je najpomembnejši dejavnik podnebje.

## 2 Zgodovinski pregled razvoja hidrologije

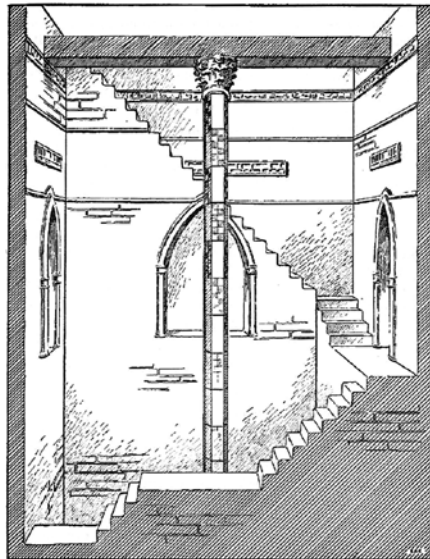
Hidrologijo zasledimo že pri prvih znanih civilizacijah, ko so ljudje zaradi potreb po oskrbi z vodo, kmetovanja in rečnega prometa začeli opazovati in razumevati vodne procese. Voda je bila bistvenega pomena za preživetje, zato so se najstarejše civilizacije razvijale ob bregovih velikih rek. Dokaze o zgodnjih civilizacijah in ostanke objektov, ki pričajo o znanju s področja hidrologije v antičnih časih, so našli ob rekah Tigris in Evfrat v Mezopotamiji, Nil v Egiptu, Ind v Indiji in Rumeni reki na Kitajskem (Biswas 1970: 1–24). Približno 3000 pr. n. št. so bili ob Nilu postavljeni prvi nilometri (Slika 1). To so bile naprave za merjenje gladine reke Nil in nadzorovanje poplav (Selin 2008). Nil je vsako leto poplavljal in poplave so bile ključne za egiptovsko kmetijstvo. Višina poplav je neposredno vplivala na

letino in tudi na obdavčitev prebivalstva. Med pomembnejše hidrotehnične dosežke Rimljanov spada gradnja akvaduktov, s katerimi so v mesta dovajali svežo vodo. Mnogi so se ohranili do današnjih dni.

K razvoju hidrologije ter razumevanju kroženja vode v naravi so pomembno prispevali predvsem starogrški filozofi Heraklit, Platon in Aristotel. Heraklit (535–475 pr. n. št.) je trdil, da je svet v nenehnem spreminjanju. Njegova znana izreka sta »vse teče, nič ne miruje« in »nihče ne stopi dvakrat v isto reko«, kar pomeni, da reka nenehno odteka in ko vanjo stopiš drugič, je to že druga voda (Tian idr. 2026: 17–18). Platon (427–347 pr. n. št.) in Aristotel (384–322 pr. n. št.) sta s svojimi razmišljanji postavila temelje poznejšemu razvoju hidroloških znanosti. Platon je prispeval k razumevanju naravnih pojavov kot medsebojno povezanih delov enotnega sistema, Aristotel pa je prvi celovito opisal kroženje vode v naravi in tako pomembno vplival na razvoj poznejših hidroloških teorij (Biswas 1970: 36–51). Po zatonu Rimskega imperija je razvoj hidrologije, podobno kot številnih drugih znanstvenih področij, zamrl.

Znanstveni pristop k hidrologiji se je začel razvijati na začetku 16. stoletja, v obdobju renesanse. Za hidrologijo se je zanimal tudi Leonardo da Vinci (1452–1519), ki ni bil le eden izmed največjih umetnikov svojega časa, temveč tudi izjemen inženir in znanstvenik. Velik del svojega raziskovalnega dela je posvetil razumevanju gibanja, kroženja in fizikalnih lastnosti vode v njenih različnih oblikah (Pfister idr. 2009). Na podlagi opazovanj in eksperimentov se je približal sodobni definiciji hidrološkega kroga. Njegova teorija je bila, da voda neprestano kroži in se vrača v naravo. Svoje napredne misli o hidrologiji je podprl s fizikalnimi poskusi, med drugim z meritvami hitrosti toka vode (Slika 2) (Rosbjerg, Rodda 2019: 110).

Sledilo je obdobje meritev in razvoj novih inštrumentov, tako za merjenje padavin kakor pretoka vode (Brilly, Šraj 2005: 3–5). V 19. stoletju so bili postavljeni temelji sodobne hidrologije in razvite osnovne enačbe v hidrologiji. V 20. stoletju je hidrologija doživela znaten napredek z uvajanjem sodobnih tehnologij, kakor so daljinsko zaznavanje, računalniški modeli in merilne postaje. Močno se je razvijalo mednarodno sodelovanje na področju hidroloških raziskav. Danes je v ospredju težnja po trajnostnem razvoju in izboljšanju kakovosti voda.



Slika 1: Nilometer iz leta 1798 pr. n. št., rekonstrukcija po opisu (vir: Biswas 1970: 11)

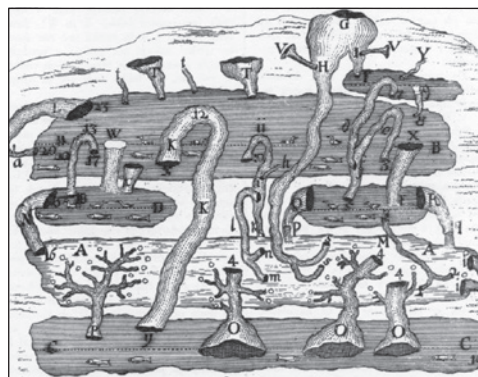


Slika 2: Leonardo de Vinci izvaja meritve hitrosti vode v vodotoku (vir: Rosbjerg, Rodda 2019: 110)

### 3 Razvoj hidrologije v Sloveniji

Vodno bogastvo Slovenije ter pestrost vodnega režima na razmeroma majhnem prostoru sta pripomogla k intenzivnemu razvoju hidrotehnične stroke in hidroloških znanosti tudi v Sloveniji. Na razvoj so vplivale tudi potrebe po izkoriščanju vodne energije, posegi v vodotoke zaradi pridobivanja obdelovalnih površin in zaščita pred poplavami. O visoki stopnji hidrotehničnega znanja pričajo številni zgodovinski objekti, med njimi klavže na reki Idrijci iz 18. stoletja, zgrajene za plavljenje lesa.

Z raziskavami kraških pojavov se je že v 17. stoletju ukvarjal Janez Vajkard Valvasor (1641–1693), ki je intenzivno raziskoval delovanje presihajočega Cerkniškega jezera (Slika 3).



Slika 3: Valvasorjeva upodobitev Cerkniškega jezera in ponazoritev njegovega delovanja s sifoni v *Slavi vojvodine Kranjske* (vir: Wikipedia)

Njegove razlage delovanja jezera, ki temeljijo na obstoju podzemelskih votlin ter delovanju naravnih »nateg« oz. sifonov, so mu prinesle članstvo v londonski Kraljevi družbi.

Prvi zapisi o delovanju vodomernih postaj na ozemlju današnje Slovenije segajo v leto 1850 (Bat 2008: 27–34). Postavljene so bile na večjih rekah, kakor so Sava, Drava, Mura, Savinja in Ljubljanica, pri čemer na večini teh lokacij meritve potekajo še danes. Organiziran razvoj hidrološke službe se je začel v času Avstro-Ogrske z ustanovitvijo Centralnega hidrografskega urada na Dunaju leta 1893. Urad je zbiral podatke in jih objavljaj v hidrografskem letopisu *Jahrbuch des hydrographischen Zentralbureaus* (1895–1918). Pred začetkom prve svetovne vojne je na ozemlju današnje Slovenije delovalo približno 130 vodomernih postaj, od katerih so bile nekatere že opremljene z napravami za neprekinjeno zapisovanje višine vodne gladine. Hidrografska dejavnost je bila v času Avstro-Ogrske dobro organizirana in na visoki ravni, kar kaže tudi izsek hidrografskega letopisa za leto 1895 za porečje Save na slovenskem ozemlju (Slika 4).



Slika 4: Padavinska karta za porečje Save na slovenskem ozemlju za leto 1895; na karti so vrisane tudi padavinske in vodomerne postaje (*Jahrbuch des hydrographischen Central-Bureaus, Jahrgang 1895*)

V obdobju obeh svetovnih vojn in med njima je razvoj hidrološke dejavnosti močno zastal. Izvajale so se le osnovne meritve, in še te v omejenem obsegu, kar je bila tudi posledica pogostih reorganizacij služb (Brilly idr. 2020). Ponovno se je razvoj okreplil po drugi svetovni vojni. Takrat je na ozemlju Slovenije delovalo okrog 120 vodomernih postaj. V naslednjih letih se je število postaj povečevalo, največ jih je bilo v 70. letih prejšnjega stoletja, preko 300 (Bat 2008: 28). Sledila sta racionalizacija merilne mreže in posodobitev vodomernih postaj. Zaradi vse večjih potreb po dostopnosti podatkov, napovedovanju ter opozarjanju zlasti na poplave se je začela razvijati samodejna merilna mreža. Obsežna posodobitev merilne mreže je bila izvedena v obdobju 2009–2016 (Roškar 2015).

Mreža vodomernih postaj je zasnovana tako, da omogoča čim boljši prostorski pregled količinskega stanja površinskih voda in drugih hidroloških parametrov. Hidrološke meritve zajemajo meritve vodostaja (višine vodne gladine), pretoka, hitrosti vodnega toka, temperature vode, motnosti vode in vsebnosti suspendiranih snovi, na morju pa še valovanja in morskih tokov. Poleg spremljanja in napovedovanja hidroloških razmer so podatki osnova za ocenjevanje količinskega stanja voda in hidroloških značilnosti vodnih teles, za pripravo načrtov upravljanja z vodami in načrtov zmanjševanja poplavne ogroženosti ter za ocenjevanje kemijskega in ekološkega stanja voda. Za zaznavanje dolgoročnih časovnih sprememb hidroloških spremenljivk sta ključnega pomena dolžina in zveznost časovnih nizov. Hidrološko dejavnost v Sloveniji ureja Zakon o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi (Uradni list RS, št. 60/17). Naloge državne hidrološke službe se danes izvajajo na Agenciji Republike Slovenije za okolje.

#### **4 Spremljanje in napovedovanje hidroloških razmer**

Zaradi pokrajinske pestrosti Slovenije ter neenakomerne prostorske in časovne razporeditve padavin se pretoki rek skozi leto nenehno spreminjajo (Kobold 2015a). Največji vpliv na pretok imajo padavine, saj večina Slovenije leži v povirjih rek. Vode tako po približno 100 km dolgem toku v enem do dveh dneh že zapustijo naše ozemlje. Ozke doline z velikimi vzdolžnimi padci dajejo rekam hudourniški značaj, kar pomeni zelo hitro naraščanje in prav tako hitro upadanje vodnih količin. Ker se podnebje spreminja in vse večji delež padavin pade ob kratkotrajnih, vendar močnih padavinah, se na eni strani vse pogosteje soočamo s sušo in pomanjkanjem vode, na drugi pa z razlivanji rek in poplavami. Obe skrajnosti se lahko pojavita celo v istem letu. Pogosto se hidrološke razmere iz nizkovodnega ali sušnega obdobja nenadoma prevesijo v poplavne. V povirnih rekah prevladujejo kratkotrajne hudourniške poplave, ki običajno trajajo le nekaj ur, medtem ko lahko poplave na kraških rekah ter na Dravi in Muri trajajo tudi več dni. Obsežne poplave praviloma ne zajamejo celotne države hkrati, niti ne celotnega porečja, temveč so običajno omejene na posamezna območja.

Ravno spremljanje, napovedovanje in obveščanje pred izrednimi hidrološkimi pojavi je bilo ves čas pomembno gonilo razvoja na področju posodabljanja merilnih mest, uvedbe

samodejnega prenosa podatkov in uporabe matematičnih modelov za napovedovanje hidroloških razmer. Prve samodejne postaje so v Sloveniji začele delovati sredi 80. let prejšnjega stoletja (Bat 2008: 31). Podatki samodejnih postaj, ki jih je bilo leta 2025 na površinskih vodah, torej na rekah, jezerih in morju, 194, se sprti zbirajo in prenašajo v podatkovno zbirko Agencije Republike Slovenije za okolje. Podatki so z majhno zakasnitvijo dostopni javnosti, kar omogoča hitrejšo zaznavanje nevarnih hidroloških razmer in boljše upravljanje z vodnimi viri.

Razvoj računalnikov je močno pospešil napredek in uporabo matematičnih modelov. Na področju meteorologije se je modeliranje ozračja hitro razvijalo in meteorološki modeli so danes osnovno orodje za napovedovanje vremena in posameznih vremenskih spremenljivk, kot so temperatura zraka, padavine in veter. V hidrologiji je potekal razvoj hidroloških modelov (modelov padavine–odtok), ki na podlagi izmerjenih podatkov in rezultatov meteoroloških modelov omogočajo napovedovanje poplav (Kobold 2015b). Danes smo tako sposobni predvideti poplave in visoke vode za več dni vnaprej. Zaradi razgibanega površja ter velike časovne in prostorske spremenljivosti padavin je hudourniške poplave bistveno težje napovedati kot poplave večjih rek.

Poplave so v zadnjih desetletjih vse pogostejše (Kobold, Ulaga 2012; Kobold, Dolinar 2014: 128–129). Skoraj vsako leto se v različnih delih Slovenije zgodijo poplave, ki poleg velike gmotne škode ob izjemnih razmerah zahtevajo tudi človeška življenja. Do poplav prihaja zaradi dolgotrajnega deževja, kratkotrajnih močnih nalivov ali kombinacije dežnih padavin in taljenja snega. Po razsežnosti in povzročeni škodi je poplava, ki je Slovenijo prizadela 4. avgusta 2023, najhujša v zgodovini Slovenije (Kobold 2024a; 2024b). Bila je presenečenje, saj se je tako obsežna poplava prvič v zgodovini meritev v Sloveniji zgodila poleti. Večinoma so se doslej največje poplave zgodile v jesensko-zimskem obdobju.

Poplava mora biti pravočasno napovedana, da lahko preprečimo izgubo življenj, poškodbe ljudi in škodo na premoženju. Napoved mora zato čim bolj natančno opredeliti območje oz. vodotoke, ki jim grozi poplava, pričakovano velikost poplavnega vala oz. višino vode in čas nastopa konice vala. Če je napoved zanesljiva in opozorilo izdano dovolj zgodaj, imamo na voljo več časa za ukrepanje, kar pomeni, da se lahko bolje pripravimo na poplavo in ublažimo njene posledice, v nekaterih primerih pa tudi pravočasno evakuacijo prebivalcev. Pri majhnih porečjih pa tako dolgega predopozorilnega časa ni mogoče zagotoviti. V takih primerih lahko ljudje zgolj preselijo svoje dragocenosti v višje nadstropje in se po možnosti zaščitijo pred vdorom vode v objekt.

Poplave so naravni pojav, ki ga ne moremo preprečiti, lahko pa se mu prilagajamo. Pri tem imata pomembno vlogo izobraževanje in ozaveščanje javnosti o poplavnih območjih in višinah poplavnih voda. V ta namen poteka označevanje najvišjih zabeleženih gladin ob vodotokih in na kraških poljih. V Sloveniji so ohranjene tudi zgodovinske oznake poplavnih voda. Najstarejša je na Vodnem stolpu v Celju, kjer napis v nemščini pravi: »25. septembra 1672 je voda segala tako visoko, kakor kaže prst« (Slika 5). Na gradu Snežnik je oznaka iz



Slika 5: Kamnita plošča z napisom kot spomin na poplavo leta 1672 v Celju (vir: Mira Kobold, osebni arhiv)

leta 1851. Te oznake nas opominjajo na poplavno nevarnost in na nujnost upoštevanja omejitev pri načrtovanju rabe prostora. Kljub temu da se zavedamo poplavnih tveganj in dejstva, da živimo na poplavnih območjih, pa nas poplave vedno znova presenetijo.

V nasprotju s poplavami je za sušo značilno, da se razvija počasi in postopoma. Gre za zapleten naravni pojav regionalnega značaja, ki ga ni mogoče enostavno opredeliti, napovedati in spremljati, čeprav je običajen in ponavljajoč del podnebja. Suša nastane zaradi dolgotrajnega pomanjkanja padavin, najpogosteje v enem letnem času ali tudi v daljšem obdobju. Kaže se kot pomanjkanje vode za različne dejavnosti, skupine ali sektorje, kot so kmetijstvo, gozdarstvo in proizvodnja hidroenergije. Lahko vpliva tudi na zmanjšano oskrbo gospodinjstev z vodo ter na omejevanje rabe vode. V kombinaciji z visokimi temperaturami zraka pa povečuje tveganje za bolezni, lakoto in umrljivost ter spodbuja nastanek množičnih migracij (t. i. podnebnih beguncev).

Pogostost hidroloških suš v Sloveniji se je v zadnjih desetletjih povečala (Kobold 2025). Ker gre za pojav regionalnega obsega, suša nikoli ne prizadene celotne države enakomerno. Po letu 1960 kot hidrološko najbolj suho izstopa leto 2003, ko je suša prizadela večji del Slovenije. Leta 1993 je bila najintenzivnejša na severu države, leta 2003 in 2012 v Prekmurju, leta 2011 na jugu države, leta 2022 pa v zahodni in osrednji Sloveniji. Ker se suša razvija počasi, se škoda, ki jo povzroča, kopiči postopoma. S težavami zaradi suše se običajno začnemo ukvarjati šele, ko je ta že močno izražena. Če bi ukrepali prej, ko je vode še dovolj, bi lahko z zgodnjimi preventivnimi ukrepi, kakor so varčna raba vode, zbiranje in zadrževanje vode, omejitev nepotrebnih odvzemov, prilagoditve v kmetijstvu, obnova mokrišč, zmanjšali kasnejše pomanjkanje vode.

## 5 Vpliv podnebnih sprememb na pretoke rek

Zmanjševanje letne količine padavin, najbolj spomladi in poleti, povečanje jesenskih padavin, spremembe trajanja in višine snežne odeje, rast temperature zraka in s tem povežana povečana evapotranspiracija so glavni dejavniki, ki vplivajo na spreminjanje pretočnih režimov slovenskih rek. Tako kot v večjem delu sveta tudi meritve v Sloveniji kažejo, da se podnebje segreva. S tem se sočasno spreminjajo tudi druge podnebne spremenljivke, predvsem padavine in snežna odeja, ki pomembno vplivajo na razporeditev vodnih količin (Bertalanič idr. 2018: 20–37). Analize trendov pretokov kažejo upadanje srednjih letnih pretokov po celotni Sloveniji, kar pomeni, da se zmanjšuje letna količina razpoložljive vode v strugah vodotokov (Bertalanič idr. 2018: 38–40). Kazalnik letne rečne bilance kaže, da se neto odtok z ozemlja Slovenije zmanjšuje za približno 2,5 odstotka na desetletje. Hkrati se reke, jezera in morje segrevajo (Bertalanič idr. 2018: 41–42). Dvig temperature vode sledi trendu naraščanja temperature zraka, najizrazitejši pa je v poletnih mesecih kot posledica visokih temperatur zraka in nizkih vodostajev.

Podnebne projekcije kažejo spremembe podnebja, ki jih lahko pričakujemo v prihodnosti. Projekcije kažejo znaten dvig letne povprečne temperature zraka do konca 21. stoletja na celotnem območju Slovenije v vseh letnih časih ter povečanje letne količine padavin, pri čemer bo povečanje najizrazitejše pozimi (Bertalanič idr. 2018: 89–127). Pričakovati je tudi povečanje jakosti in pogostosti izjemnih padavin. Te spremembe bodo vplivale na pretoke rek (Kobold, Frantar 2021). Večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji do konca 21. stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 ni pričakovati, z izjemo severovzhoda, kjer bi se pretoki lahko povečali do 30 odstotkov. Visokovodni pretoki se bodo povečali povsod po državi, v povprečju od 20 do 30 odstotkov, pri čemer se povečanje proti koncu stoletja stopnjuje. Največje povečanje bo na severovzhodu države. Spremembe malih (sušnih) pretokov bodo prostorsko neenotne. Le ponekod v severni polovici države se kaže statistično značilno povečanje do 20 odstotkov. Bodo pa zaradi daljših sušnih obdobj, krajših in krajevno razporejenih intenzivnih padavin ter visokih temperatur zraka daljša obdobja sušnih pretokov. Zanesljivost predvidenih sprememb pretokov je odvisna od zanesljivosti podnebnih projekcij, predvsem padavin, ki imajo med podnebnimi spremenljivkami največji vpliv na odtok površinskih voda.

## 6 Zaključek

Hidrologija je temeljna znanstvena veda, ki nam omogoča razumevanje vodnega kroga, pojavov v vodnem okolju in razpoložljivosti vodnih virov. Njena vloga je danes pomembnejša kot kadarkoli prej, saj se soočamo z izzivi podnebnih sprememb, ki vse izraziteje vplivajo na pretočne režime rek, pogostost in intenzivnost poplav ter pojavnost hidroloških suš. Razvoj hidrologije temelji na nenehnem izboljševanju metod merjenja, modeliranja in napovedovanja hidroloških razmer.

Voda je ključen dejavnik v vremenskih in podnebnih procesih, zato so meritve hidro-meteoroloških spremenljivk ter dolgi in neprekinjeni nizi podatkov temeljnega pomena za razumevanje dinamike vodnega kroga. Agencija Republike Slovenije za okolje izvaja hidrološke meritve in zbiranje podatkov s sodobnimi merilnimi metodami in sistemi. Podatki so ključni za učinkovito ukrepanje v primeru povečane nevarnosti zaradi vremenskih in vodnih ujm. Vključevanje podatkov v prognostične sisteme pa zagotavlja zanesljivejše modelske produkte ter pravočasno in natančnejše opozarjanje na izjemne pojave, kakor so visoke vode in poplave.

Čeprav Slovenija sodi med z vodo bogate države, kljub temu postaja voda vse bolj dragocena. Vodne količine v Sloveniji se zmanjšujejo, pretočni režimi si postajajo vse bolj podobni, vse več je lokalnih nalivov in hudourniških poplav. Hkrati vse pogosteje občutimo sušo in pomanjkanje vode. Vse te spremembe so odraz podnebnih sprememb, ki se dogajajo zaradi segrevanja ozračja. Pogosto se šele ob pomanjkanju zavemo resnične vrednosti vode, kar nazorno povzema misel Benjamina Franklina: »Ko se vodnjak posuši, spoznamo vrednost vode.«

## Viri in literatura

- ARSO, 2016: *Letna povprečna višina padavin, obdobje 1981–2010*. Na spletu (dostop 6. 1. 2026).
- BAT, Marjan, 2008: 60 let slovenske državne hidrološke službe. Marjan Bat idr. (ur.): *60 let slovenske meteorološke in hidrološke službe*. Ljubljana: MOP – Agencija RS za okolje. 27–34.
- BAT, Marjan, BELTRAM, Gordana, CEGNAR, Tanja, DOBNIKAR TEHOVNIK, Mojca, GRBOVIČ, Jasna, KRAJNC, Marjeta, MIHORKO, Polonca, REJEC BRANCELJ, Irena, REMEC REKAR, Špela, UHAN, Jože, 2003: *Vodno bogastvo Slovenije*. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje.
- BERTALANIČ, Renato, DOLINAR, Mojca, DRAKSLER, Andrej, HONZAK, Luka, KOBOLD, Mira, KOZJEK, Katja, LOKOŠEK, Neža, MEDVED, Anže, VERTAČNIK, Gregor, VLAHOVIČ, Živa, ŽUST, Ana, 2018: *Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja*. Sintezno poročilo – prvi del. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- BISWAS, Asit K., 1970: *History of Hydrology*. Amsterdam-London: North-Holland Publishing Company.
- BRILLY, Mitja, ŠRAJ, Mojca, 2005: *Osnove hidrologije*. Univerzitetni učbenik. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- BRILLY, Mitja, ZABRET, Katarina, SAPAČ, Klaudija, BEZAK, Nejc, VIDMAR, Andrej, MIKOŠ, Matjaž, KOBOLD, Mira, KRYŽANOWSKI, Andrej, ŠRAJ, Mojca, 2020: Razvoj hidrologije v Sloveniji. Miran Kuhar (ur.): *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2019*. Ljubljana: Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko. 123–133.
- FRANTAR, Peter, 2008: *Vodna bilanca obdobja 1971–2000*. Peter Frantar (ur.): *Vodna bilanca Slovenije 1971–2000*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. 71–79.
- KOBOLD, Mira, 2015a: Hidrološko stanje voda kot posledica vremenskega dogajanja. *Vetrnica, glasilo Slovenskega meteorološkega društva* 8/15. 4–7.
- KOBOLD, Mira, 2015b: Uporaba modelskih orodij pri hidroloških analizah in napovedih. *Vetrnica, glasilo Slovenskega meteorološkega društva* 8/15. 8–13.
- KOBOLD, Mira, 2024a: Analiza poplav na reki Savi v zgodovini meritev. *Ujma* 38. 124–135.

- KOBOLD, Mira, 2024b: Največje poplave na Savi in Dravi v zgodovini meritev. *Zbornik 35. Mišičev vodarski dan*. Maribor: Vodnogospodarski biro; Ptuj: Drava Vodnogospodarsko podjetje. 19–28.
- KOBOLD, Mira, 2025: Hidrološke suše in pomanjkanje vode v Sloveniji. Dunja Dobaja (ur.): *Suše v zgodovini in njihov vpliv na okolje, družbo in prebivalstvo*. Ljubljana: Inštitut za novejšo zgodovino. 193–207. (Zbirka Vpogledi 28)
- KOBOLD, Mira, DOLINAR, Mojca, 2014: Podnebne spremembe v Sloveniji in njihov vpliv na vodni režim. Stanka Cerkvenik, Enisa Rojnik (ur.): *Vodni dnevi 2014: zbornik referatov*. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda. 117–131.
- KOBOLD, Mira, FRANTAR, Peter, 2021: Ocena sprememb vodnih količin v Sloveniji do konca 21. stoletja. Stanka Cerkvenik (ur.): *Vodni dnevi 2021: zbornik referatov*. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda. 151–161.
- KOBOLD, Mira, ULAGA, Florjana, 2012: Hidrološko stanje voda in podnebna spremenljivost. Tanja Cegnar (ur.): *Okolje, v katerem živimo*. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje. 61–68.
- KOLBEZEN, Marko, PRISTOV, Janko, 1998: *Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije.
- MIKOŠ, Matjaž, KRANJC, Andrej, MATIČIČ, Branivoj, MÜLLER, Jakob, RAKOVEC, Jože, ROŠ, Miljenko, BRILLY, Mitja, 2002: Hidrološko izrazje. *Acta hydrotechnica* 20/32.
- PFISTER, Laurent, SAVENIJE, Hubert, H. G., FENICIA, Fabrizio, 2009: *Leonardo Da Vinci's Water Theory: on the origin and the fate of water*. Oxford: IAHS.
- ROSBJERG, Dan, RODDA, John, 2019: IAHS: a brief history of hydrology. *History of Geo- and Space Sciences* 10/1. 109–118.
- ROŠKAR, Jožef, 2015: BOBER, Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji. *Vetrnica, glasilo Slovenskega meteorološkega društva* 8/15. 38–53.
- SELIN, Helaine, 2008: Nilometer. *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*. Volume 1. 1751–1760.
- TIAN, Fuqiang, WESCOAT, James L. Jr., LOUCKS, Daniel Peter, MONTANARI, Alberto, MUKHERJI, Aditi, Di BASSARRE, Giuliano, WEI, Jing, KREIBICH, Heidi, CAI, Ximing, CABELLO VILLAREJO, Violeta, ZWARTEVEEN, Margreet, 2026: Chapter One - Panta Rhei: Coevolutionary change in hydrology and society. Fuqiang Tian idr. (ed.): *Coevolution and Prediction of Coupled Human-Water Systems*. Elsevier.
- VALVASOR, Janez Vajkard, 2018: *Slava vojvodine Kranjske: izbrana poglavja*. Ljubljana: Mladinska knjiga.