

Upozorenja DHMZ-a na opasne hidrološke pojave i značaj nevidljive podzemne vode

Oliver Rajković & dr. sc. Tatjana Vujnović

DHMZ, Sektor za hidrologiju, Odjel za hidrološke prognoze

Zagreb, 25. ožujak 2022.



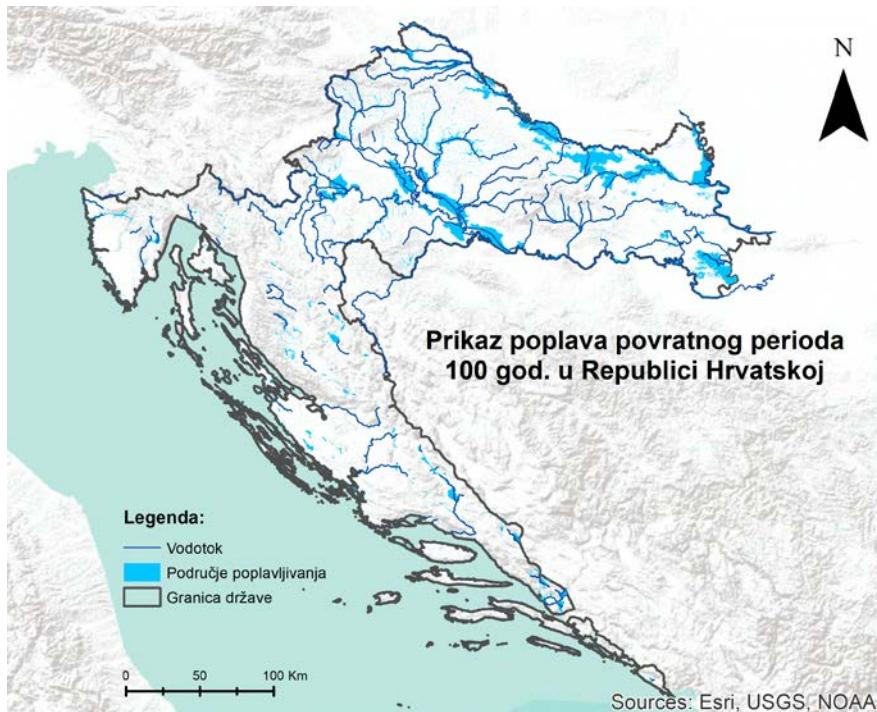
DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD
CROATIAN METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL SERVICE

www.meteo.hr

Svjetski meteorološki dan i Svjetski dan voda, 25.3.2022.



Hidrološka prognoza - Poplave



Poplavama 100-godišnjeg povratnog perioda može biti ugroženo 3,4% stanovništa RH

https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/karte_opasnosti_od_poplava_i_karte_rizika_od_poplava_-_2019.pdf

<https://preglednik.voda.hr>

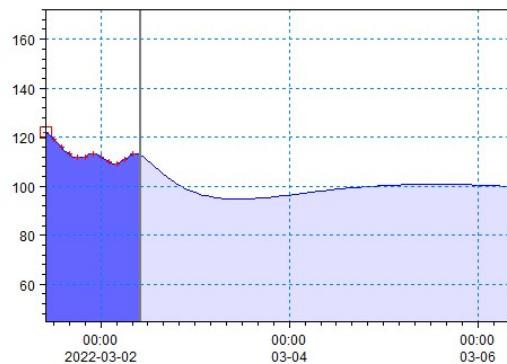


Hidrološka prognoza

Hidrološka prognoza – prognoza o očekivanim hidrološkim elementima za određeni vodotok, za određeno vremensko razdoblje i određeno mjesto.

Odjel za hidrološke prognoze

[cm] 4107 KUPA (JAMNIČKA KISELICA)



Vrijeme	Vodostaj	Vrijeme	Protok
Mar 02 08:00	113	Mar 02 10:00	89.7
Mar 02 09:00	113	Mar 02 11:00	88.4
Mar 02 10:00	113	Mar 02 12:00	87.0
Mar 02 11:00	113	Mar 02 13:00	85.4
Mar 02 12:00	112	Mar 02 14:00	83.9
Mar 02 13:00	111	Mar 02 15:00	82.5
Mar 02 14:00	110	Mar 02 16:00	81.1
Mar 02 17:00	108	Mar 02 19:00	77.9
Mar 02 20:00	106	Mar 02 22:00	75.8
Mar 02 23:00	104	Mar 03 01:00	74.3
Mar 03 02:00	103	Mar 03 04:00	73.4
Mar 03 05:00	103	Mar 03 07:00	72.9
Mar 03 08:00	102	Mar 03 10:00	72.7
Mar 04 08:00	102	Mar 04 10:00	75.6
Mar 05 08:00	101	Mar 05 10:00	77.3
Mar 06 08:00	98	Mar 06 10:00	76.2
Mar 07 08:00	93	Mar 07 10:00	73.0



Hidrološka prognoza

U prošlosti

Dežurna služba obavješćivanja za vrijeme opasnosti od poplava, primjer iz 1942.

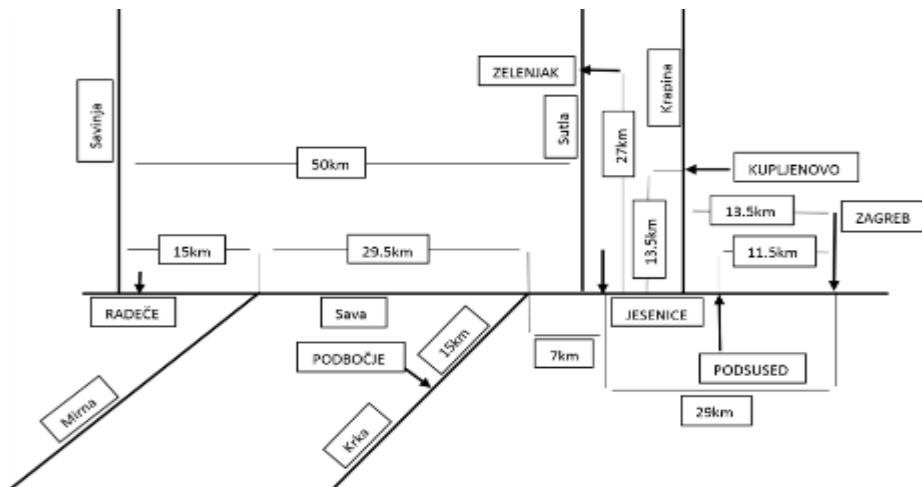
10 ⁴⁵	Letovia je učinio na Volimku, da vodostaj na riječi, slabo i niska vrijesta na morju, bez moga i potrebe.
11 ⁰⁵	gar Radala vodostaj Lave od 11.05 - 6 sati - pada (brojao telefonom).
11 ¹⁵	Litija vodostaj u 8 sati 120 (brojao telefonom)
12 ¹²	Vodostaj Lave u Zagrebu 126 : 150 (gorje Bubice)
12 ¹⁵	Stičko vodostaj u 15.10 (brojao telefonom)
12 ²⁵	Vodostaj Križe-Kalovac u 12.5. 532 (stiholic)
12 ⁴⁵	Brod - Lave u 10.5. 770; u 11.5. 771 voda (brojao i posle Zagreb).
13 ⁰⁵	Radio stanica Zagreb javljava vodostaj po zemljini
17 ⁰⁰	Biskovac javio vodostaj Zagreb - Lave u 17.5.
17 ⁴⁵	Kroatia javio vodostaj Počitelj u 17.5. 1.



Hidrološka prognoza

U prošlosti

Empirijske metode 1980-tih, podaci skupljeni u realnom vremenu koristili su se za izradu prognoza nailaska, propagacije i transformacije vodnog vala



$$1 \quad Q_{Zg}^M = f(Q_R^M, Q_P^*)$$

$$2 \quad Q_{Zg}^M = f(Q_R^M, Q_{Z,K,P}^*)$$

$$3 \quad Q_{Zg}^M = f(Q_R^M, Q_Z^*, Q_K^*, Q_p^*, Q_J^*, Q_{Pd}^*)$$

$$4 \quad Q_{Zg}^M = f(Q_R^M, Q_P^*, Q_{Zg}^*)$$

$$5 \quad Q_{Zg}^M = f(Q_R^M, Q_P^*, Q_{Zg}^*, \Delta t_{Zg}^R)$$

$$Q_{Zg}^M = 229,0 + 0,5103 Q_R^M + 2,601 Q_P^* \quad R=0,952$$

$$Q_{Zg}^M = 288,6 + 0,4779 Q_R^M + 1,377 Q_{Z,K,P}^* \quad R=0,947$$

$$Q_{Zg}^M = 171,7 + 0,009155 Q_R^M - 1,596 Q_Z^* + 3,073 Q_K^* + 1,489 Q_P^* + 0,9755 Q_J^* - 0,4390 Q_{Pd}^* \quad R=0,985$$

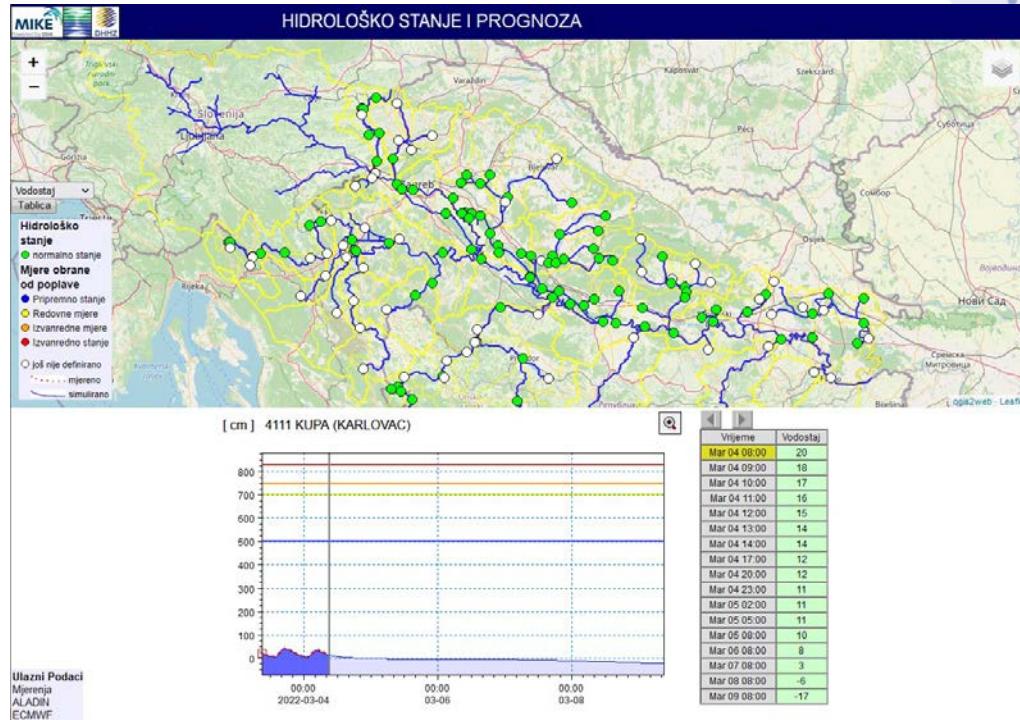
$$Q_{Zg}^M = 177,2 + 0,4911 Q_R^M + 2,248 Q_P^* + 0,134 Q_{Zg}^* \quad R=0,953$$

$$Q_{Zg}^M = -541 + 0,1044 Q_R^M + 0,05115 Q_P^* + 0,6172 Q_{Zg}^* + 69,09 \Delta t_{Zg}^R \quad R=0,967$$



Hidrološka prognoza

Suvremene prognoze
Računalni modeli



Hidrološka prognoza

Suvremene prognoze

- Vlastiti hidrološki prognostički operativni model sliva rijeke **Save** u RH (43% teritorija Republike Hrvatske) - razvijen u suradnji s Hrvatskim Vodama u svrhu prognoziranja poplava.
 - Prognozirane vrijednosti do 120 h unaprijed za protok, vodostaj, vodostaj u poprečnom presjeku, temperaturu, vlažnost tla i količinu vode u snijegu, kartografski i tabelarni prikazi
- Savska Komisija- Flood Forecasting and Warning System (FFWS)
 - cijeli sliv rijeke Save

Powered by **Delft-FEWS**
© Deltares



Hidrološka prognoza

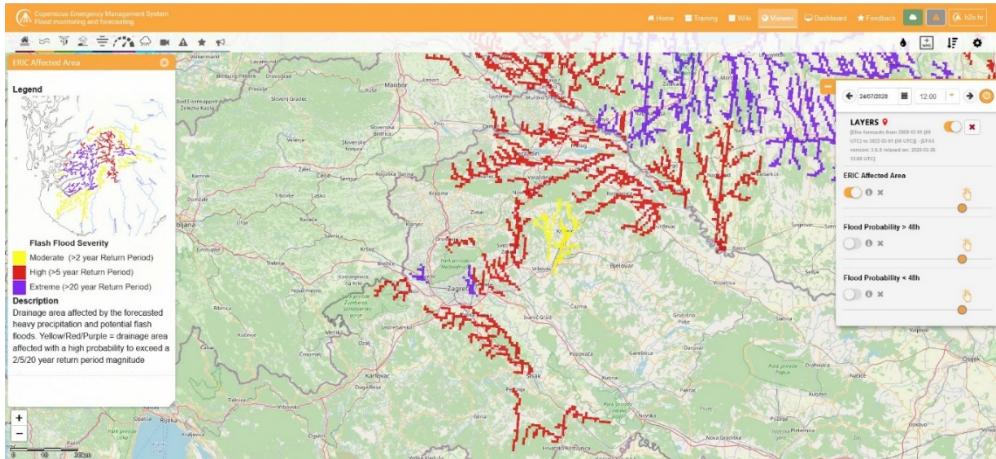
Suvremene prognoze

- Europski sustav upozorenja na poplave (EFAS, <https://www.efas.eu/>), DHMZ partner za RH od 2013.
 - Riječne poplave (10 dana unaprijed)
 - Bujične poplave (5 dana unaprijed)
 - Sezonski i unutarsezonski izgledi otjecanja za sljedećih 8 tjedana
- Sustav upozorenja na bujične poplave jugoistočne Europe (SEEFFGS), DHMZ pristupio 2013., sustav za RH operativan od 2015.
 - FFG 6 h unaprijed
 - FFR do 36 h unaprijed

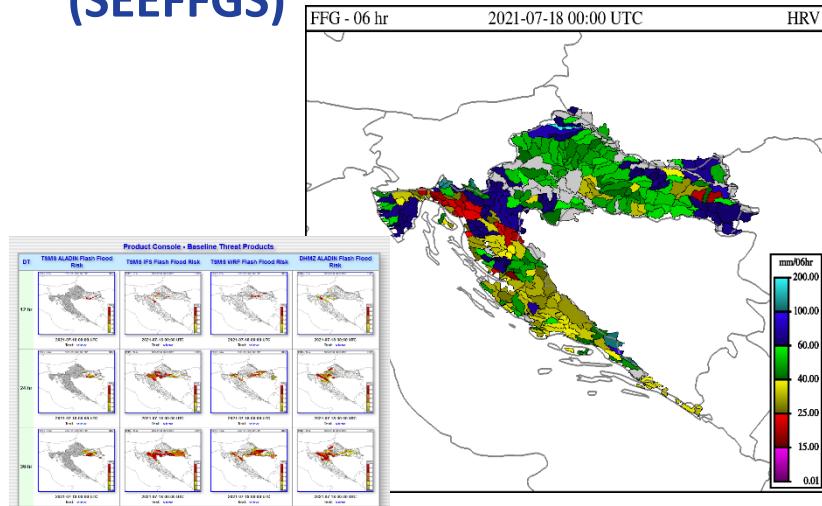


Hidrološka prognoza - Upozorenja

Europski sustav upozorenja na poplave (EFAS)



Sustav upozorenja na bujične poplave jugoistočne Europe (SEEFFGS)



Hidrološka prognoza - Upozorenja - Jasenovac 03/2018.

Od sredine tjedna očekuje se porast vodostaja rijeka zbog zatopljenja i oborina

DHMZ, 5. 3. 2018. - S porastom maksimalnih dnevnih temperatura zraka započeo je proces topljenja snijega čija je posljedica porast vodostaja rijeke diljem Hrvatske.

Prema podacima o visinama snijega, u Delnicama je na dan 5. 3. 2018. u 7 h izmjereno 153 cm snijega, a prije samo četiri dana, 1. 3. 2018. bilo je gotovo 20 cm više (172 cm). Nadalje, na postaji Risnjak-Crni Lug, 5. 3. izmjereno je 112 cm snijega, a 1. 3. 2018. 130 cm, na postaji NP Plitvička jezera 112 cm 5. 3., a 138 cm 1. 3., na postaji Ogulin 100 cm 5. 3., a 110 cm 1. 3. 2018. dok je na postaji RC Puntjarka (Sjeme) izmjereno 134 cm 5. 3., a 137 cm 1. 3. 2018.), što znači da se u ova četiri dana u prosjeku otopilo 10-20 cm snježnog pokrivača.

Količina vode od otopljenog snijega nije za sada utjecala na porast vodostaja koji su još uvijek u domeni malih voda s tendencijom stagnacije u sljedeća 24 sata. No, s obzirom da meteorolozi predviđaju od srijede 7. 3. značajniji porast temperature, kišu i južni vjetar, očekuje se pojačano površinsko otjecanje i porast vodostaja na području Like, Gorskog kotara, središnje Hrvatske i Bosne.

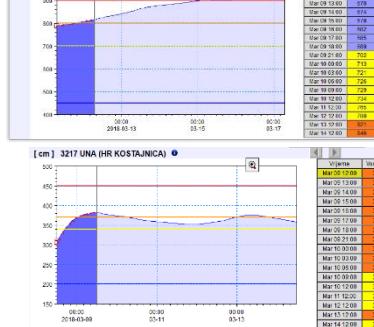
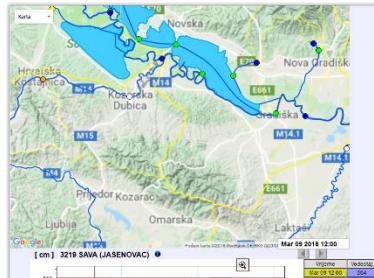
Intenzivni porast vodostaja prognozira se na gornjem toku Kupe, posebno Dobre, Korane i Une, također se prognozira porast topljenja snijega na području sliva Sutle, Krapine, Medvednice te u Sloveniji i Papuku, što će posljedично izazvati porast vodostaja od 8. 3. na lijevim pritocima Save (Ilava, Pakra, Orjava). Budući da južno strujanje zahvaća Bosnu i Hercegovinu, značajan porast vodostaja prognozira se na desnim pritocima Save (Una, Vrbas, Bosna). Prema današnjim rezultatima hidrološkog prognostičkog modela vodostaji na tim rijekama bi u vikend i početkom sljedećeg tjedna mogli biti u domeni redovnih i izvanrednih mjera obrane od poplava.

I dalje visoki vodostaji rijeka

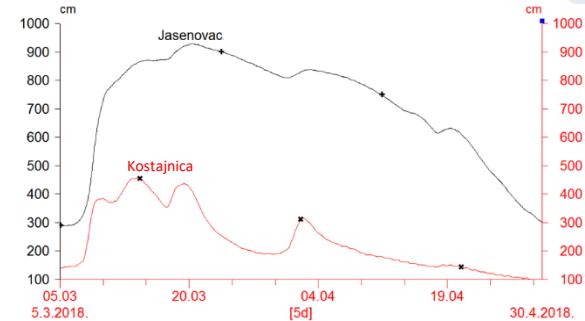
DHMZ, 16. 3. 2018. - Intenzivni proces topljenja snijega se nastavio te se snijeg zadražao još samo u višim predjelima Hrvatske (Zavižan 203 cm, Puntjarka 20 cm), Gorskom Kotaru i Lici. Posljedica su visoki vodostaji, posebice na sливу Save, Kupe, Une i Like. Obzirom na dosegнутu maksimalnu vlažnost tla i trenutni vodostaje, očekivane oborine tijekom vikenda (17. - 19. 3. 2018.) bi mogle prouzrokovati novo podizanje voda krajem vikenda.

Prema podacima o visinama snijega na svim meteorološkim postajama na dan 16. 3. u 7 h utvrđen je trend sniženja visine snijega u odnosu na protekla 24 sata, kako slijedi: NP Plitvička jezera -9 cm, Zavižan -8 cm, Delnice, Crni Lug-Risnjak i Parg Čabar -5 cm, RC Puntjarka i Ogulin -4 cm. Intenzitet topljenja snijega je visok što se može vidjeti i iz naših prognoza. Tako je u većem dijelu Hrvatske (većina postaja gdje se mjeri snijeg) snijeg potpuno otopljen već u razdoblju od 6. do 10. 3. 2018., dok je u posljednjih deset dana otopljeno 149 cm snijega u Delnicama, 105 cm na području Risnjaka, 101 cm na području Plitvice te 91 cm u Ogulinu.

Vodostaji Save do Dubrovčaka su u porastu s tendencijom porasta, u domeni srednjih i srednje visokih voda. Od pondjeljka (12. 3. 2018.) otvorena je ustava Prevlake te se dio vode iz Save zadržava u sustavu retencija Lonjskog polja te omogućuje sniženje vrha vodnog vala nizvodno od Prevlike. Vodostaji na hidrološkoj postaji Crnac nalaze se u redovnim mjerama obrane od poplava s tendencijom porasta. Krajem vikenda (18./19. 3. 2018.) bi u Crncu vodostaji mogli dosegnuti izvanredne mjere obrane od poplava,



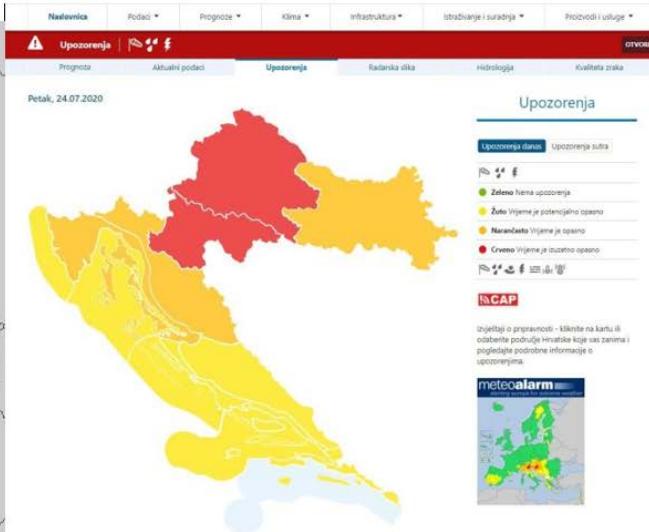
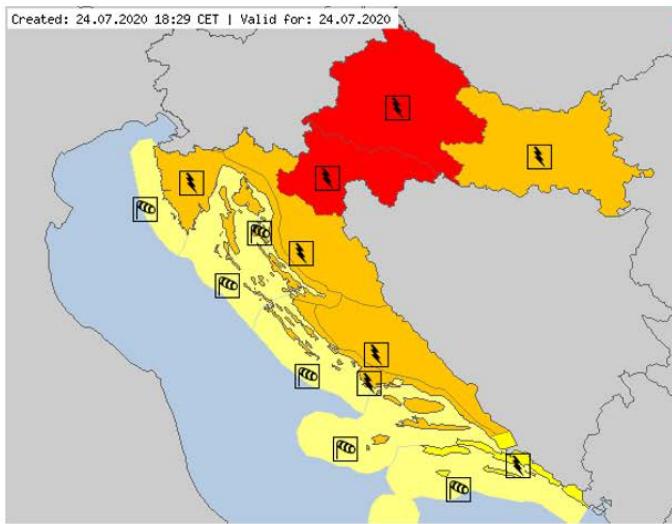
TOF 9.3.2018, 12:00 UTC



Una, Hrvatska Kostajnica HRel = 457 cm /
1623 m3/s (RP>25 god), 13/14.3.2018.
(HMax = 514 cm, 18.5.2014.)

Sava, Jasenovac novi HMax = 931 cm /
2819 m3/s (RP>100 god), 20.3.2018. (ex
HMax = 907 cm, 18.1.1970.)

Hidrološka prognoza - Upozorenja - Zagreb 07/2020.



Hidrološka prognoza

Budućnost

EU projekt unaprjeđenja negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava u Republici Hrvatskoj – Hrvatske Vode (korisnik) i DHMZ (proj. partner)

Vodno-Ekološko Praćenje, Analize i Rješenja – VEPAR

- Trajanje 6.9.2019. - 5.9.2023. (produženje roka do kraja 2023.)
- Ukupna vrijednost je 250.100.545,00 kuna, 85 % iz sredstava Europskog fonda za regionalni razvoj unije, u sklopu Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020.



Hidrološka prognoza - Upozorenja

Javnost

- Meteoalarm sa Službom za vremenske prognoze i upozorenja na opasne vremenske pojave - od 2015. upozorenja na bujične i urbane poplave
- Hidrološki bilten - jednom / više puta dnevno
(<https://hidro.dhz.hr/hidroweb/skripte/hidrobazahtml.py?funkc=bilten>)
- Posebna priopćenja
- Suradnja s medijima

Standardna operativna procedura

Hrvatske vode, Civilna zaštita

Zemlje u okruženju, Savska komisija...

Na vrijeme, jasno, jednoznačno!



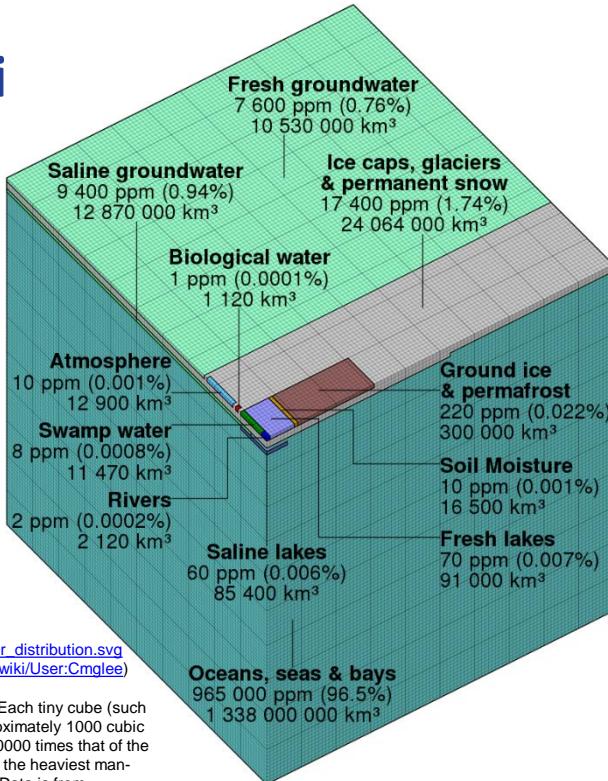
Podzemne vode: Učinimo nevidljivo vidljivim

Voda na Zemlji

97% oceani

3% slatkovodno

- 2 % smrznuto
- 1% tekuća slatka voda, od čega je većina podzemna voda



Preuzeto sa: https://bs.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Earth_water_distribution.svg
Autor: Cmglee - Vlastito djelo (<https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Cmglee>)

Visualisation of the distribution (by volume) of water on Earth. Each tiny cube (such as the one representing biological water) corresponds to approximately 1000 cubic km of water, with a mass of approximately 1 trillion tonnes (200000 times that of the Great Pyramid of Giza or 5 times that of Lake Kariba, arguably the heaviest man-made object). The entire block comprises 1 million tiny cubes. Data is from <http://ga.water.usgs.gov/edu/waterdistribution.html>.

https://commons.wikimedia.org/wiki/Commons:GNU_Free_Documentation_License,_version_1.2



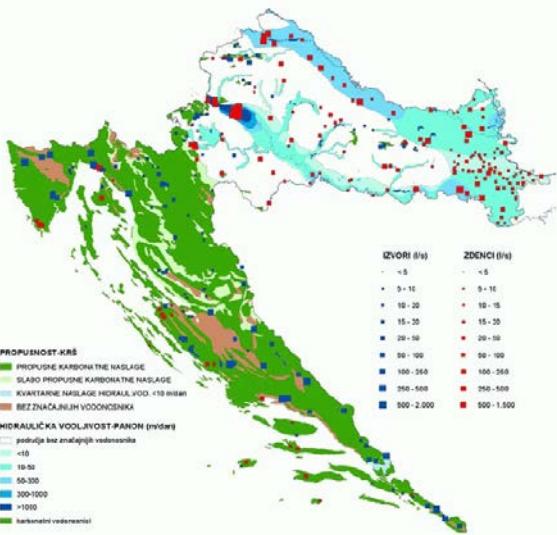
Podzemna voda RH

Javna vodoopskrba u Republici Hrvatskoj 2020. g.

(Izvor: Državni zavod za statistiku)



Učinimo nevidljivo vidljivim - podzemne vode



Strategija upravljanja vodama
(NN 91/2008)

- DHMZ, Odjel za mjerjenja i opažanja podzemnih voda prati podzemne vode kroz 703 postaje, nisu toliko vizualno istaknute, ali imaju veoma važnu ulogu
- Međusobna povezanost površinskih i podzemnih voda



Podzemna voda RH

Količinsko stanje na postajama podzemnih voda RH za 2017. godinu
(izvor: Hrvatske vode)

RIJEČNI SLIV	TIP VODONOSNIKA	POVRŠINA (km ²)	BILANCA PODZEMNIH VODA (10 ⁶ m ³ /god)	ZAHVAĆENO 2017. (%)	POUZDANOST
DUNAV	ALUVIJALNI	29129	3257		VISOKA
	PUKOTINSKO - KARBONATNI	5942	5966		
	UKUPNO	35071	9223	3.07	
JADRAN	PUKOTINSKO - KARBONATNI	26685	13207	1.86	NISKA
UKUPNO		61756	22430		



Podzemna nevidljiva voda

Podzemna voda je vitalni resurs koji osigurava gotovo polovicu pitke vode u svijetu, oko 40% vode za navodnjavanje u poljoprivredi, te oko 1/3 vode potrebne za industriju. Podzemna voda održava ekosustave, održava temeljni tok rijeka, svojim zadržavanjem u vodonosnicima sprječava slijeganje kopna, sprječava prođor morske vode.

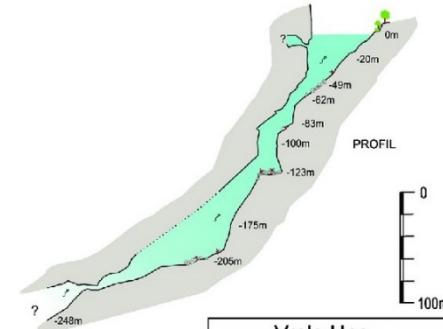
1. Demistificiranje → **nevidljiva** jer je u porama ili pukotinama stijena
2. Kompleksnost → voda resurs + stijena nosilac (vodonosnik) – štititi zajedno
3. Podaci o korištenju → tko, gdje, koliko crpi / prekogranični vodonosnici
4. Klimatske promjene → rast temperature zraka = veća evapotranspiracija = smanjeno napajanje podzemlja
5. Sakupljanje kišnice, pročišćavanje otpadnih voda i upuštanje u podzemlje/vodonosnike (**umjetno prihranjivanje**) povećava sigurnost proizvodnje hrane, ljudsko zdravlje i bioraznolikost.



Podzemne vode: Učinimo nevidljivo vidljivim



DDISKF
DINARID - DRUŠTVO ZA ISTRAŽIVANJA I SNIMANJA KRŠKIH FENOMENA
DINARID - SOCIETY FOR THE RESEARCH, SURVEYING AND FILMING OF KARST PHENOMENA



Vrelo Une

izmjerili: Jean-Jacques Bolanz,
srpanj 2007. do -205m
Gigi Casati,
kolovoz 2016., do -248m

objedinio: Damir Pavelić

Hvala na pažnji!



DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD
CROATIAN METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL SERVICE

www.meteo.hr

Svjetski meteorološki dan i Svjetski dan voda, 25.3.2022.

