

36. Goljevščkov spominski dan, FGG  
23.3.2017, Ljubljana, Slovenija

# Stabilni izotopi v hidroloških raziskavah v Sloveniji

Nejc BEZAK<sup>1</sup>, Klaudija SAPAČ<sup>1</sup>, Mitja BRILLY<sup>1</sup>, Andrej VIDMAR<sup>1</sup>, Sonja LOJEN<sup>2</sup>, Metka PETRIČ<sup>3</sup>, Simon RUSJAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

<sup>2</sup>Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju

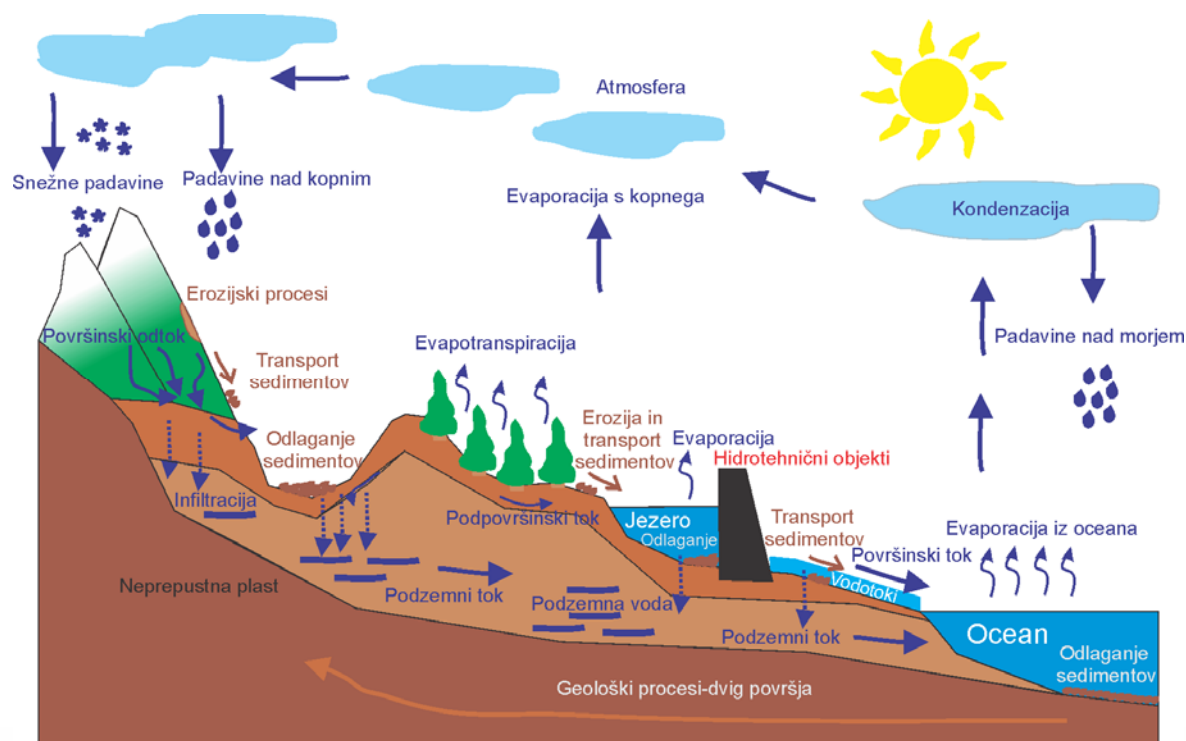
<sup>3</sup>ZRC SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa

# Povzetek

- **Zakaj uporabljati stabilne izotope kisika in vodika v hidroloških raziskavah?**
- **Kratek povzetek osnov uporabe oz. meritev stabilnih izotopov kisika in vodika.**
- **Predstavitev projekta Modeliranje hidrološkega odziva nehomogenih povodij del katerega je tudi uporaba stabilnih izotopov kisika in vodika.**

# Zakaj stabilni izotopi?

- Kam se steka voda, ko dežuje?
- Po katerih poteh voda potuje proti površinskih vodnim telesom?
- Koliko časa voda ostane v porečju, preden jo lahko zaznamo (izmerimo, opazimo) v iztočnem profilu porečja (t.i. zadrževalni čas)?



# Stabilni izotopi

- Izotopi so atomi istega elementa, ki imajo v jedru enako število protonov, a različno število nevtronov (različna masa->različne fizikalne lastnosti).
- Za snovi, ki jih gradijo težji izotopi: večja gostota, višje tališče, višje vrelišče in manjša reaktivnost, kot za snovi, ki jih gradijo lažji izotopi.
- Beseda „izotop“ izhaja iz grščine (isto mesto) in pomeni, da izotopi istega elementa zasedajo isto mesto v periodnem sistemu.
- Če je konfiguracija jedra nestabilna, taki izotopi s časom razpadajo (radioaktivni izotopi).
- Stabilni izotopi pa so tisti, ki ne razpadajo oz. katerih razpad je tako počasen, da ga tudi z najbolj občutljivimi merilnimi tehnikami ne moremo zaznati.

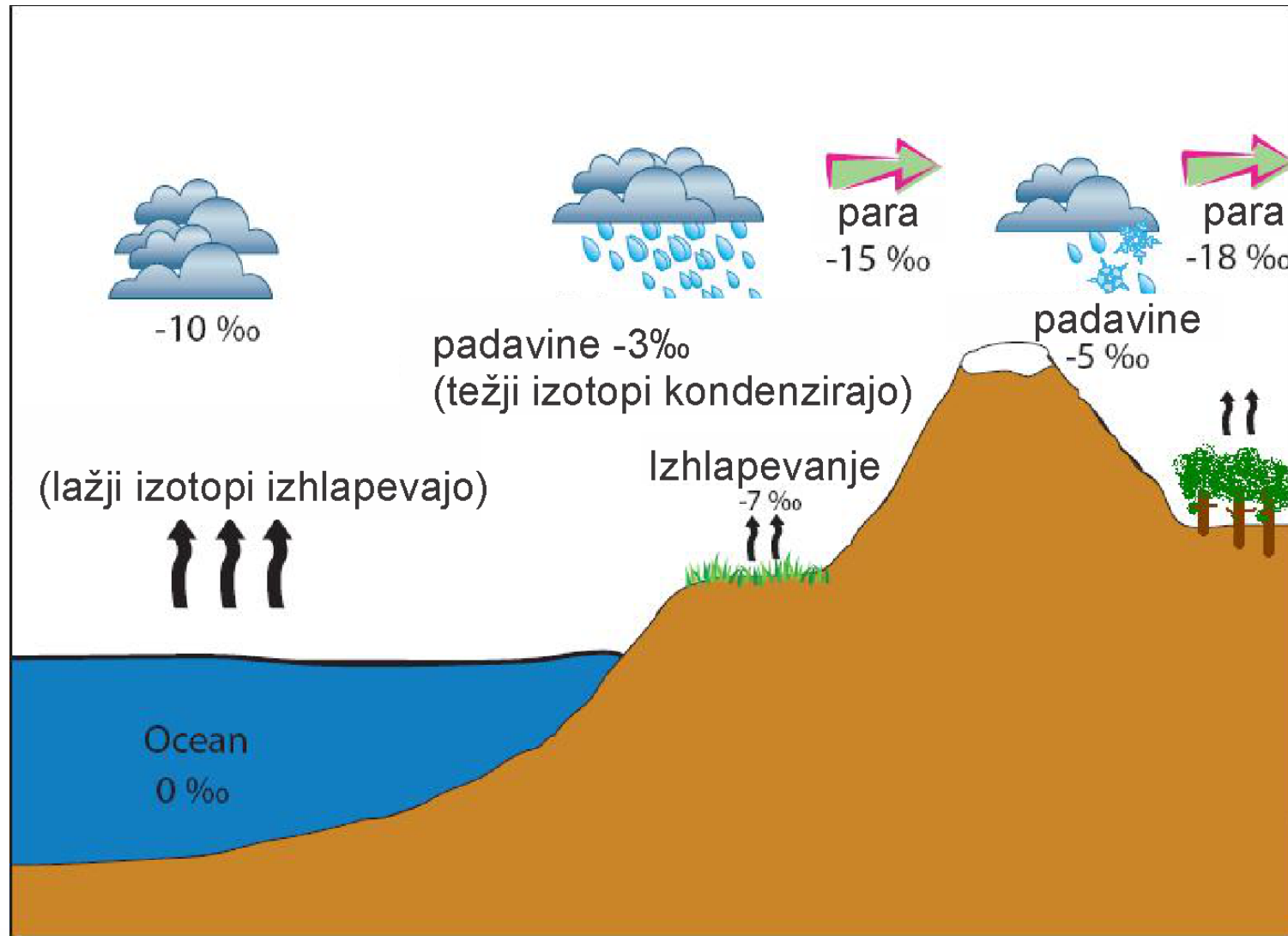
## Stabilni izotopi v hidrologiji

- Za uporabo v hidrologiji so najprimernejši izotopi, ki gradijo molekulo vode, torej stabilni izotopi kisika ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ , v zadnjih letih tudi  $^{17}\text{O}$ ) ter vodika (procij- $^1\text{H}$ , devterij- $^2\text{H}$ ), saj omogočajo neposredno sledenje vode (neodvisno od v vodi raztopljenih snovi). Uporablja se tudi radioaktivni izotop vodika (tritij- $^3\text{H}$ ).
- Izotopsko sestavo vzorca podajamo z naslednjim izrazom:
- $$\delta = \left( \frac{R_{\text{vzorec}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) * 1000 \text{ [‰]}$$
- kjer je R razmerje težjega izotopa proti lažjemu (npr.  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ali  $^2\text{H}/^1\text{H}$ ).  $\delta$  vrednost 0 pomeni, da imata vzorec in standard (VSMOW-Vienna Standard Mean Ocean Water), enako razmerje izotopov. Bolj pozitivna vrednost  $\delta^{18}\text{O}$  pomeni, da je vzorec v primerjavi s standardom obogaten s težjim kisikom ( $^{18}\text{O}$ ); bolj negativna vrednost pa obratno.

# Stabilni izotopi v hidrologiji

- Do razlik v porazdelitvi stabilnih izotopov v naravi prihaja zaradi t.i. izotopske frakcionacije (različne fizikalne lastnosti).
- Zaradi manjše mase lažji izotopi reagirajo nekoliko hitreje od težjih, kar privede do t.i. kinetičnega efekta oz. kinetične izotopske frakcionacije.
- Do izotopske frakcionacije pride tudi zaradi termodinamičnih efektov pri faznih pretvorbah (npr. taljenje/kondenzacija, izparevanje/kondenzacija).
- Izotopska frakcionacija spremlja večino kemijskih, fizikalnih in bioloških procesov in je v večini primerov zadostna, da jo lahko izmerimo s sprejemljivo negotovostjo.

# Stabilni izotopi v hidrologiji

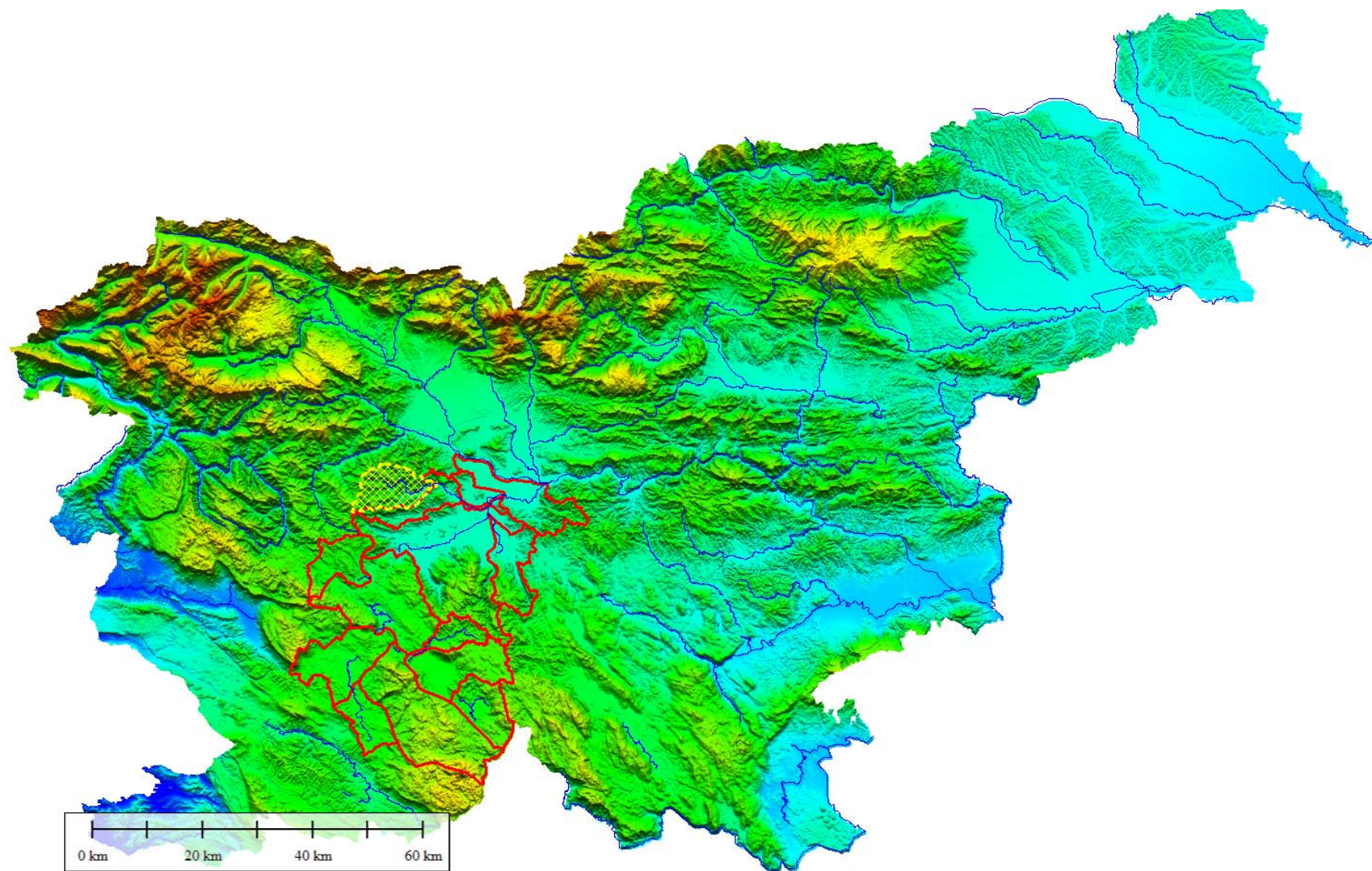


# Stabilni izotopi v hidrologiji

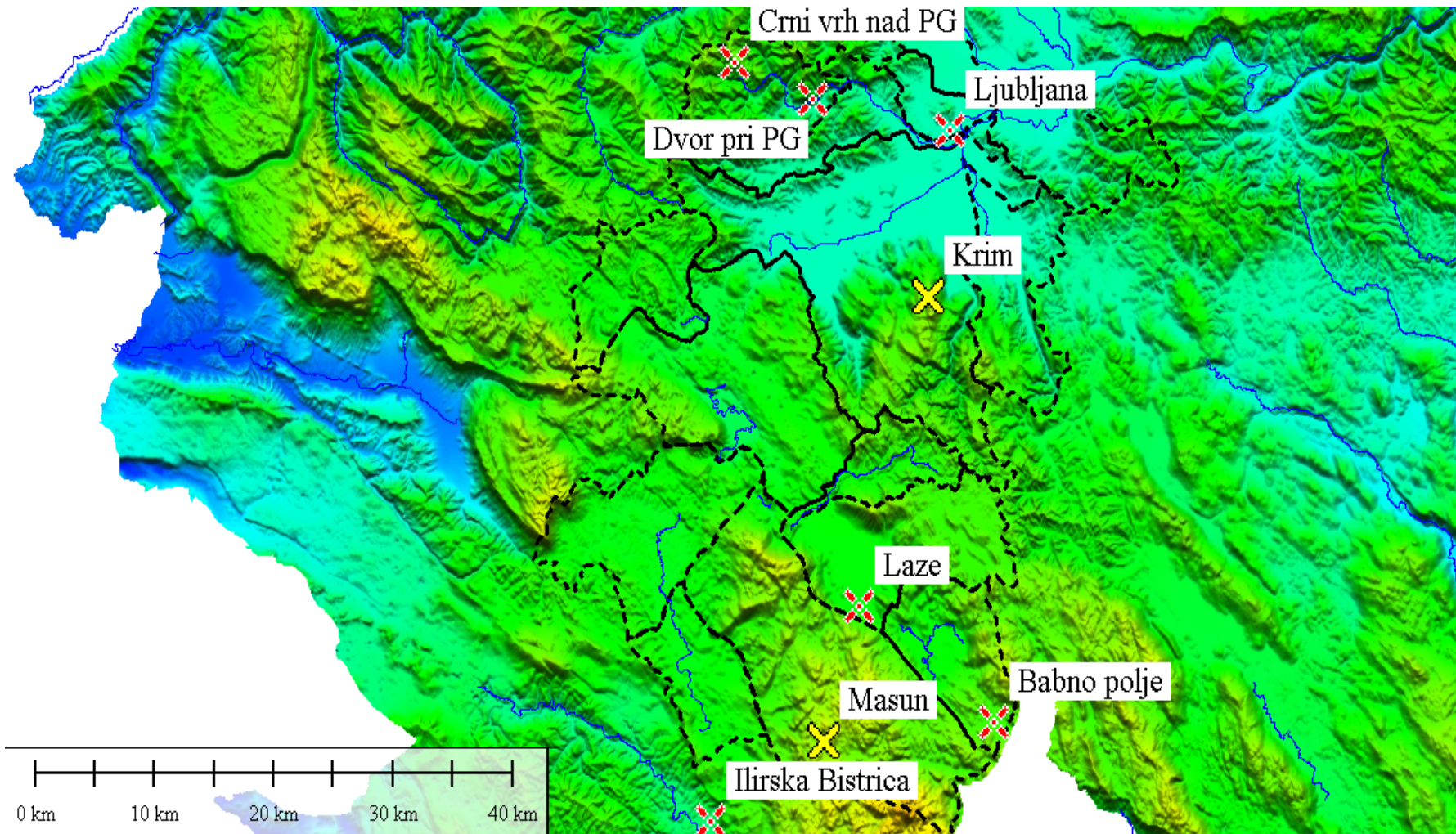
- **Vplivi na padavine:**
  - vpliv zemljepisne širine (izotopsko najtežje padavine so značilne za ekvatorialna obmorska območja);
  - višinski efekt (med -0,1 in -0,6 ‰  $\delta^{18}\text{O}/100\text{ m}$ );
  - sezonski efekt (hladnejša obdobja->nižja izotopska sestava).
- **Površinske in podzemne vode:**
  - za padavine, ki se neposredno transformirajo v odtok je značilna nespremenjena izotopska sestava (hiter površinski odtok);
  - v vodonosnikih se večinoma akumulirajo jesenske, zimske ter spomladanske padavine (delež izhlapevanja je v poletnih mesecih večji);
  - v vodonosnikih prihaja do homogenizacije;
  - različni viri napajanja->različna izotopska sestava



# Lokacija (porečje Ljubljance)



# Mesečno vzorčenje padavin



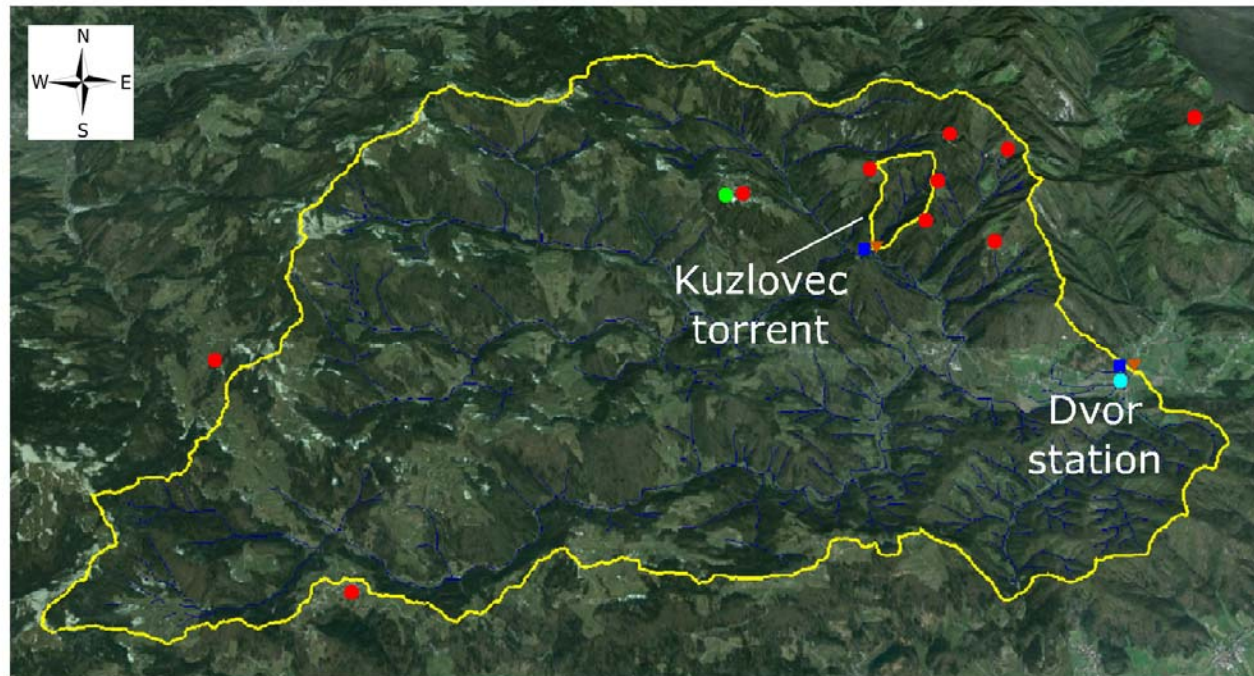
# Mesečno vzorčenje padavin

Lokacija meritve	Nadmorska višina [m.n.v.]	Koordinate postaje (Lat. [°])	Koordinate postaje (Long. [°])
Hajdrihova (Lj.)	291	46,041603	14,492924
Dvor pri PG	344	46,062289	14,344869
Črni vrh nad PG	811	46,086579	14,259629
Cerknica	586	45,72297	14,39894
Babno polje	754	45,64518	14,5449
Ilirska Bistrica	455	45,577727	14,240621

# Mesečno vzorčenje padavin in ostale meritve



# Hidro-meteorološke meritve (Gradaščica)

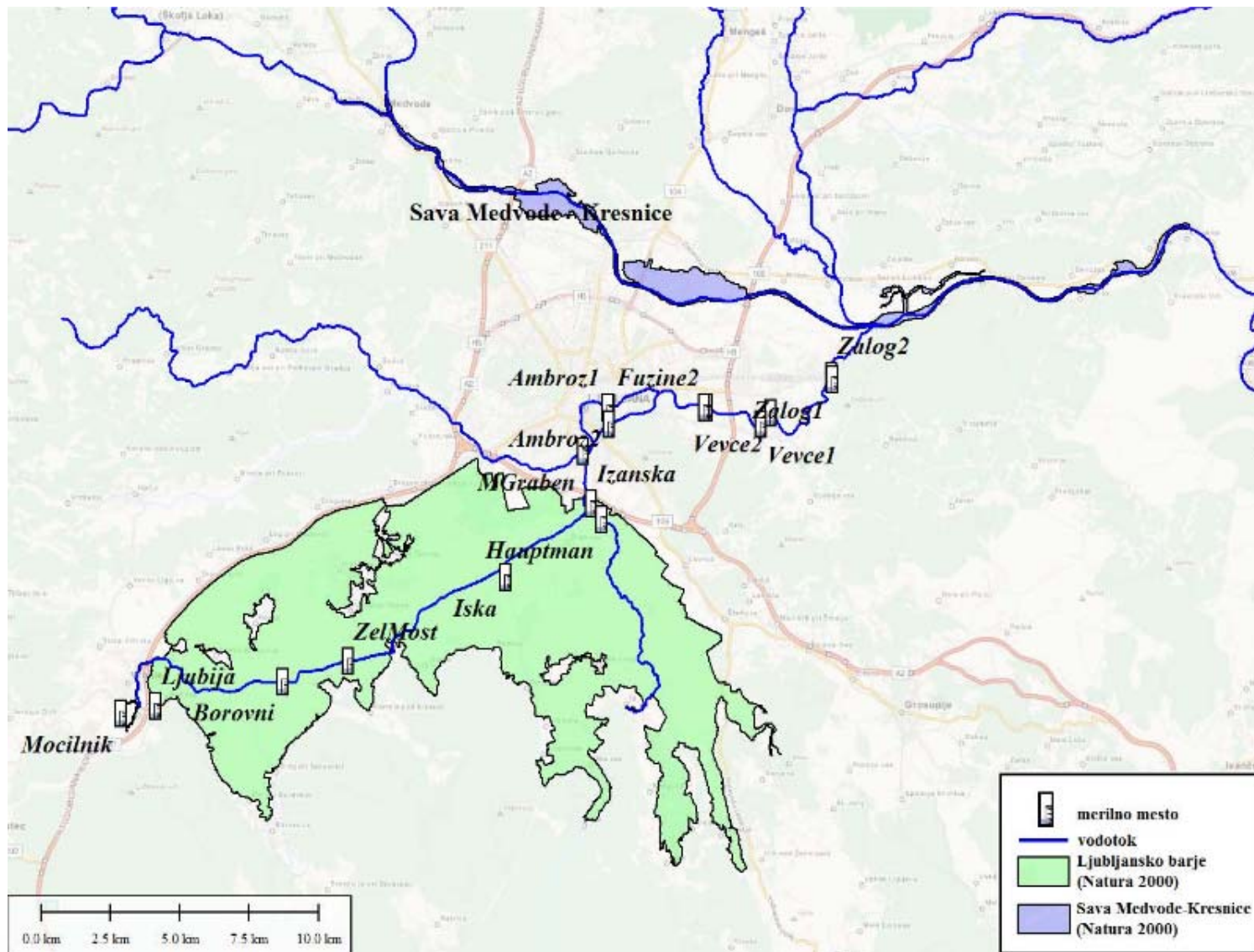


0 1 2 km

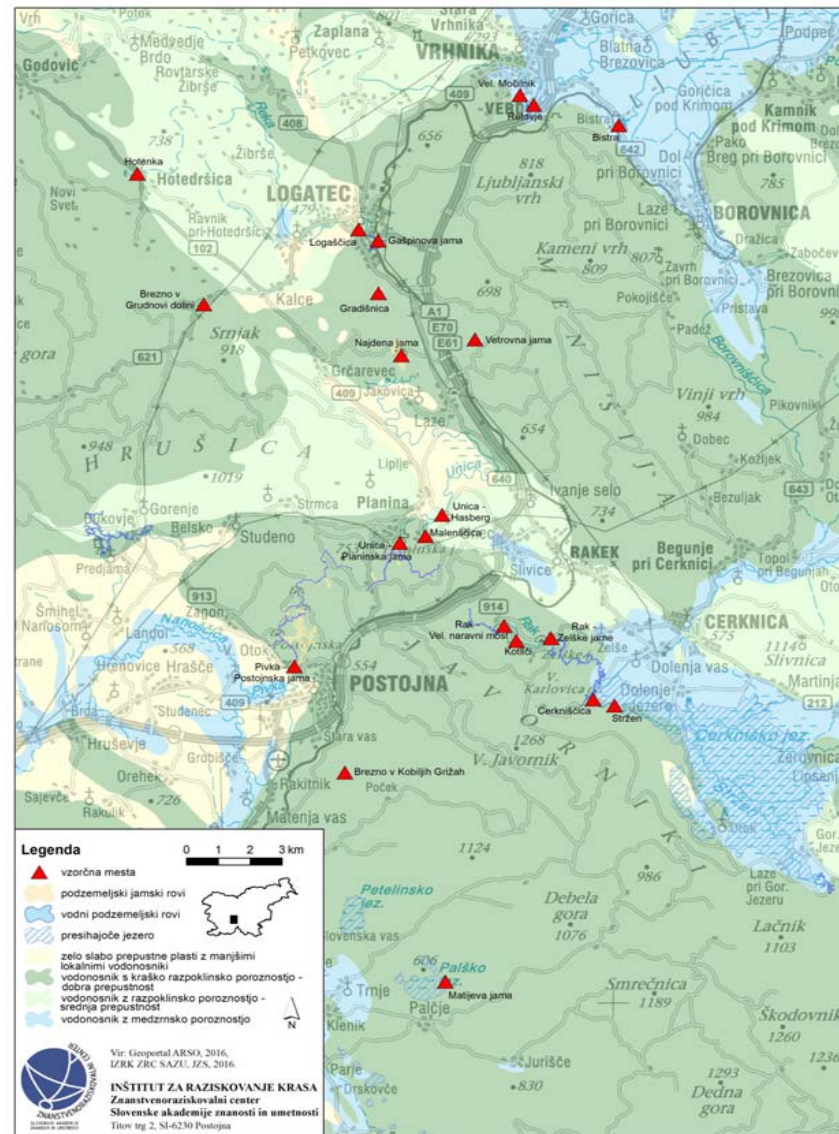


- Meteo station
- Rain gauge
- Disdrometer
- Water level gauge
- ▼ Turbidity sensor

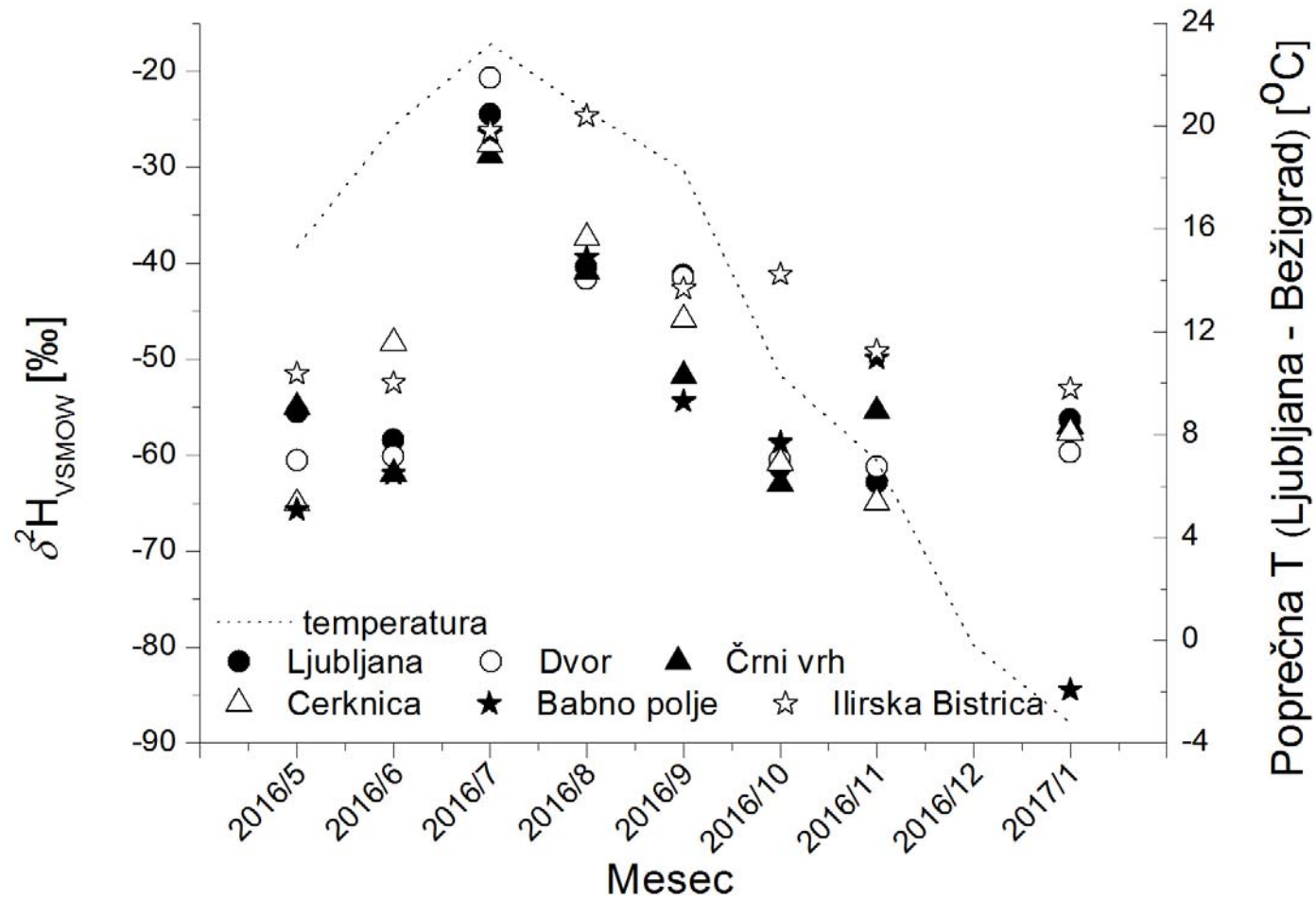
# Hidro-meteorološke meritve (Ljubljana)



# Vzorčenje v jamah, ponorih ter izvirih

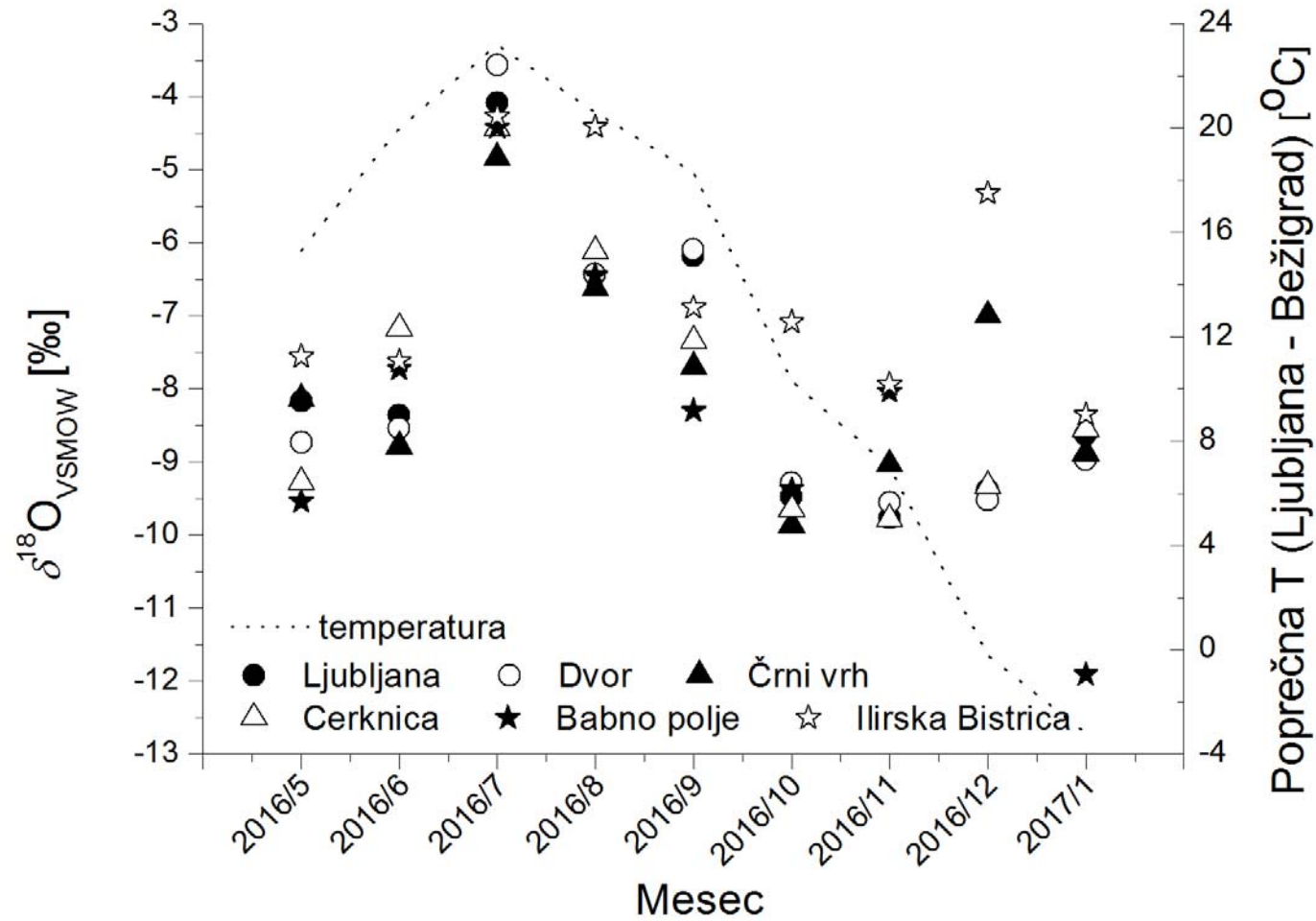


# Vzorčenje padavin-vmesni rezultati

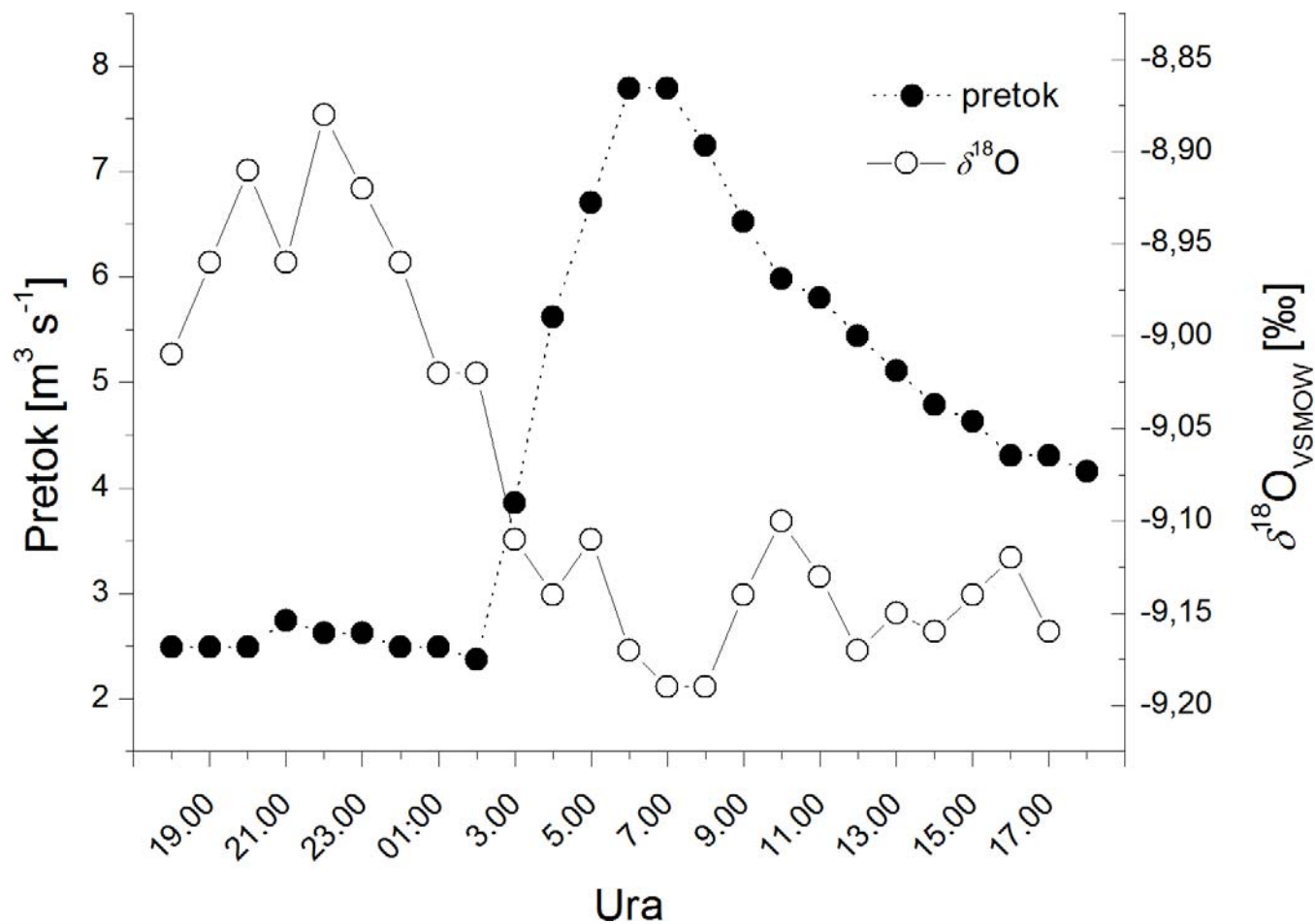




# Vzorčenje padavin-vmesni rezultati



# Vzorčenje površinskega odtoka-vmesni rezultati



# Zaključki

Na podlagi vzorčenj in meritev bomo:

- analizirali povezavo med izotopsko sestavo vode v kraških izvirih ter povprečno izotopsko sestavo padavin;
- ovrednotili prostorsko izotopsko sestavo padavin na porečju Ljubljane;
- preučevali spremembe v izotopski sestavi Gradašnice med padavinskimi dogodki različnih magnitud;
- ??

# Zahvala

**Raziskovalno delo poteka v okviru projekta  
Modeliranje hidrološkega odziva nehomogenih  
povodij, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno  
dejavnost Republike Slovenije (ARRS J2-7322)**