

Izotopová hydrologie II.

doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební

Obsah přednášky

- **Podpovrchová hydrologie**
- **Datování pomocí tritia a helia**
- **Izotopy lithia – kontakt vody s podložím**
- **Izotopy uhlíku – hydrobiochemie povodí**

Hydrologie - voda v prostředí

Sledování hydrologických veličin

především srážka, odtok, hladina podzemní vody, půdní vlhkost

Popis prostředí

především topografický, pedologický, geologický, a geofyzikální průzkum

Sledování pohybu vody

především přirozené látky ve vodě

Proč stopovače?

- prostředek k ověření konceptů tvorby povrchového a podpovrchového odtoku
- identifikace procesů pohybu vody, především pod zemským povrchem
- matematické modelování tvorby odtoku

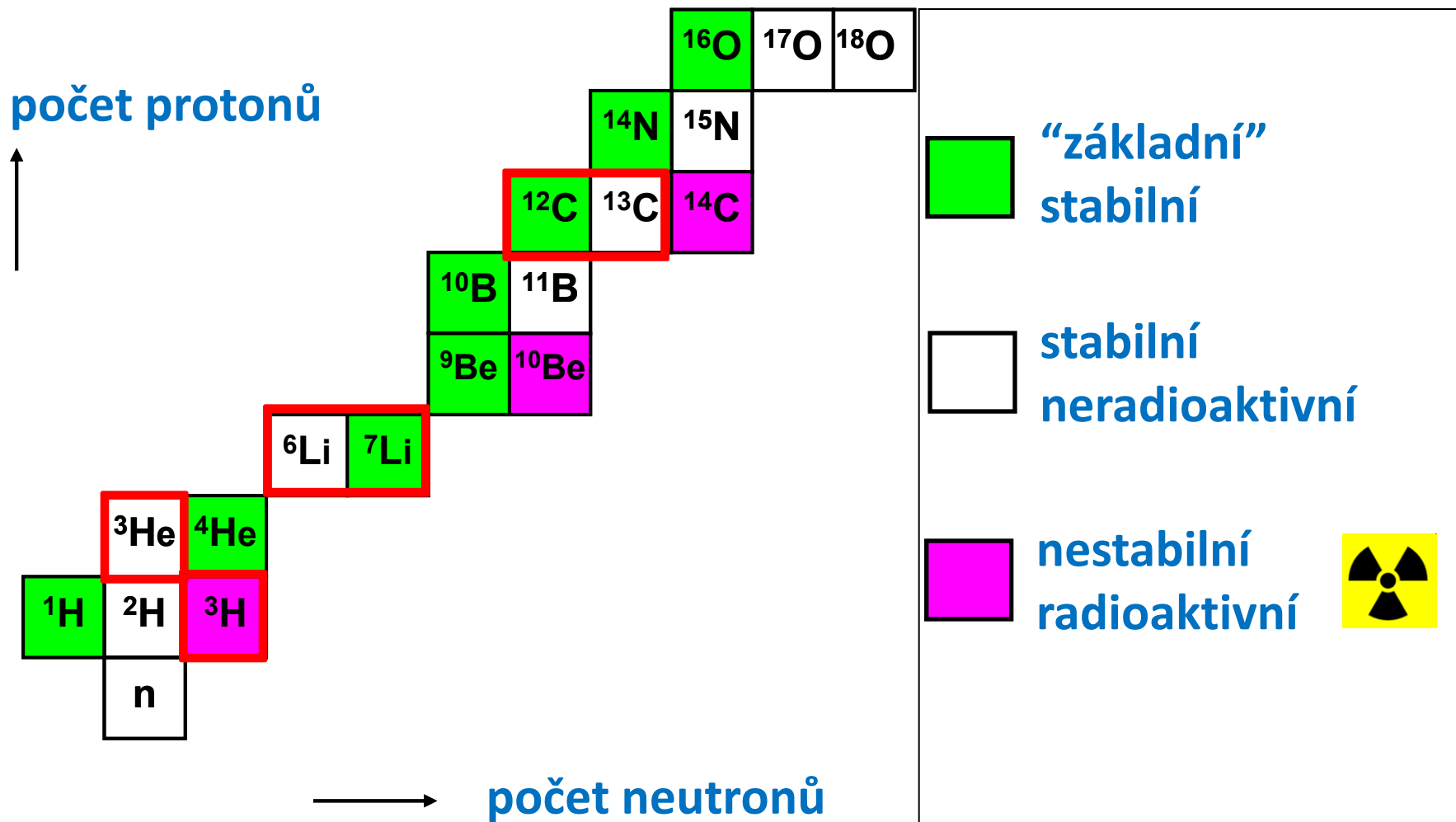
Přirozené stopovače v hydrologii

Dostupné ionty a sloučeniny: např. Ca^{2+} , SiO_2 , DOC
změna koncentrace látek ve vodě po kontaktu s půdně-
horninovým prostředím – původ vody

Izotopy: především stabilní ^{18}O , ^2H
proměnlivá koncentrace ve srážkách – dynamika vody

**Globálně rozšířené látky (antropogenní činností):
např. ^3H - ^3He , freony (CFC)**
měnící se zdroj koncentrace v atmosféře - stáří vody

Použité izotopy



IAEA

Kombinované použití environmentálních izotopů pro sledování cest odtoku



Proměnlivý vstup ve srážkách, mísení v povodí

- rychlý odtok – doby zdržení, izotopová separace



Odlišné koncentrace ve srážkách a minerálních materiálech

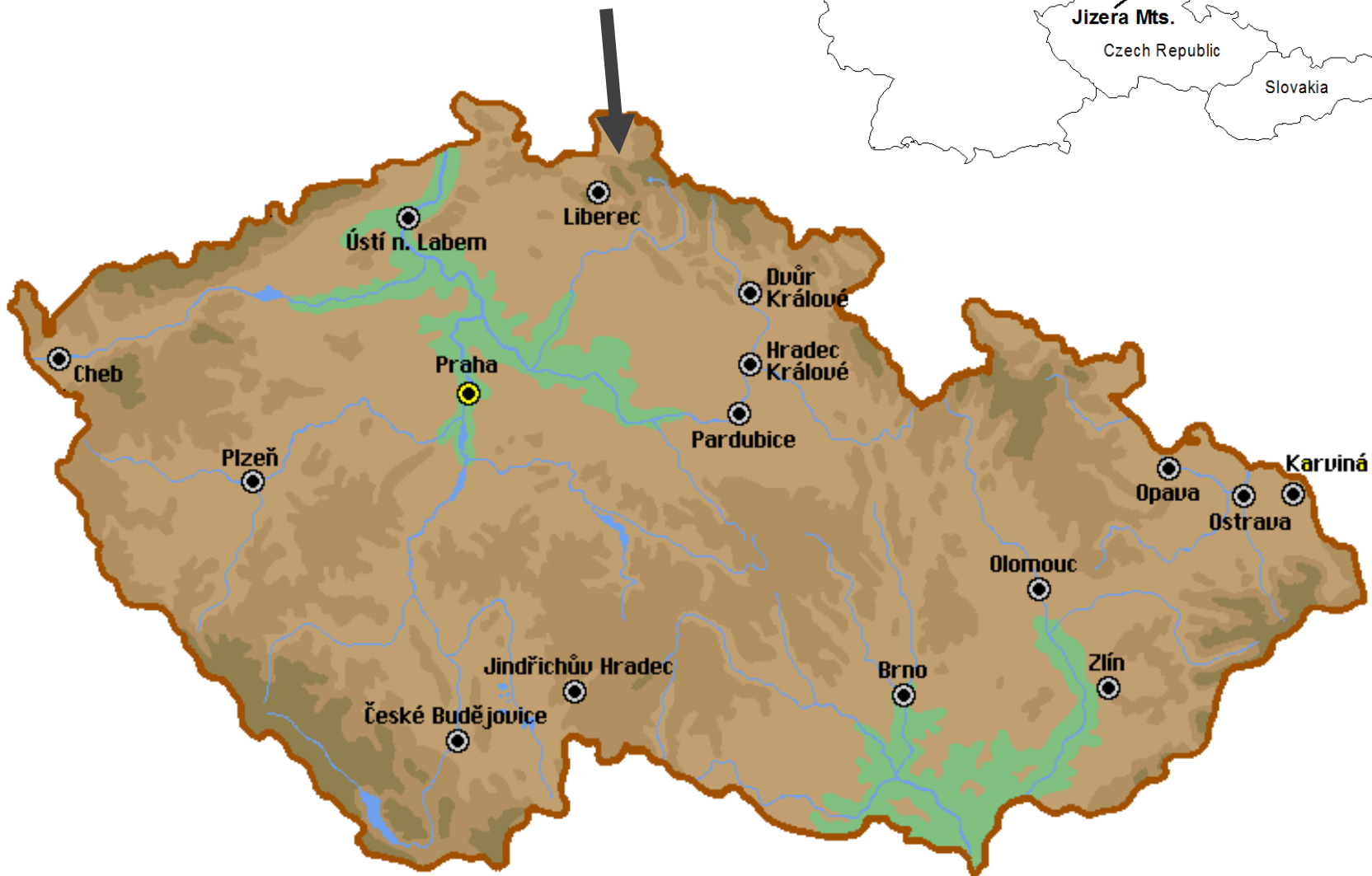
- analýza koncových členů, důkaz zdrojů vody



Poločas rozpadu 12.33 let z ^3H na ^3He – datování vod bez kontaktu se vzduchem (tj. podzemních)

- Hluboký oběh vod v povodí

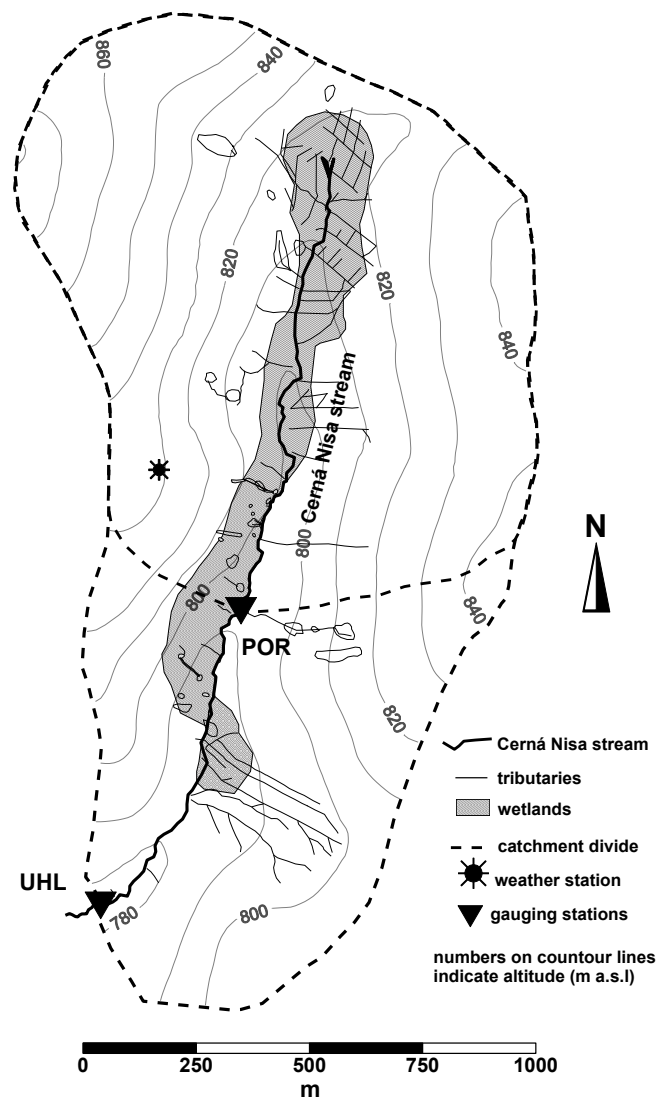
Jizerské hory



Experimentální povodí Uhlířská

Uhlířská (1.78 km²)
(700-900 m n.m.)

- srážky (1200 mm/r) and teplota (5°C)
- kambizemě, podzoly, rašeliny
- 10-60 m hluboká zvědeň
- rozpukané žulové podloží



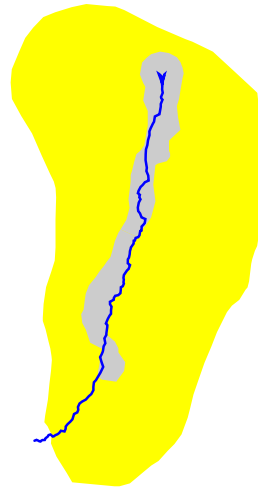
Svahové půdy

Kambizemě a podzoly

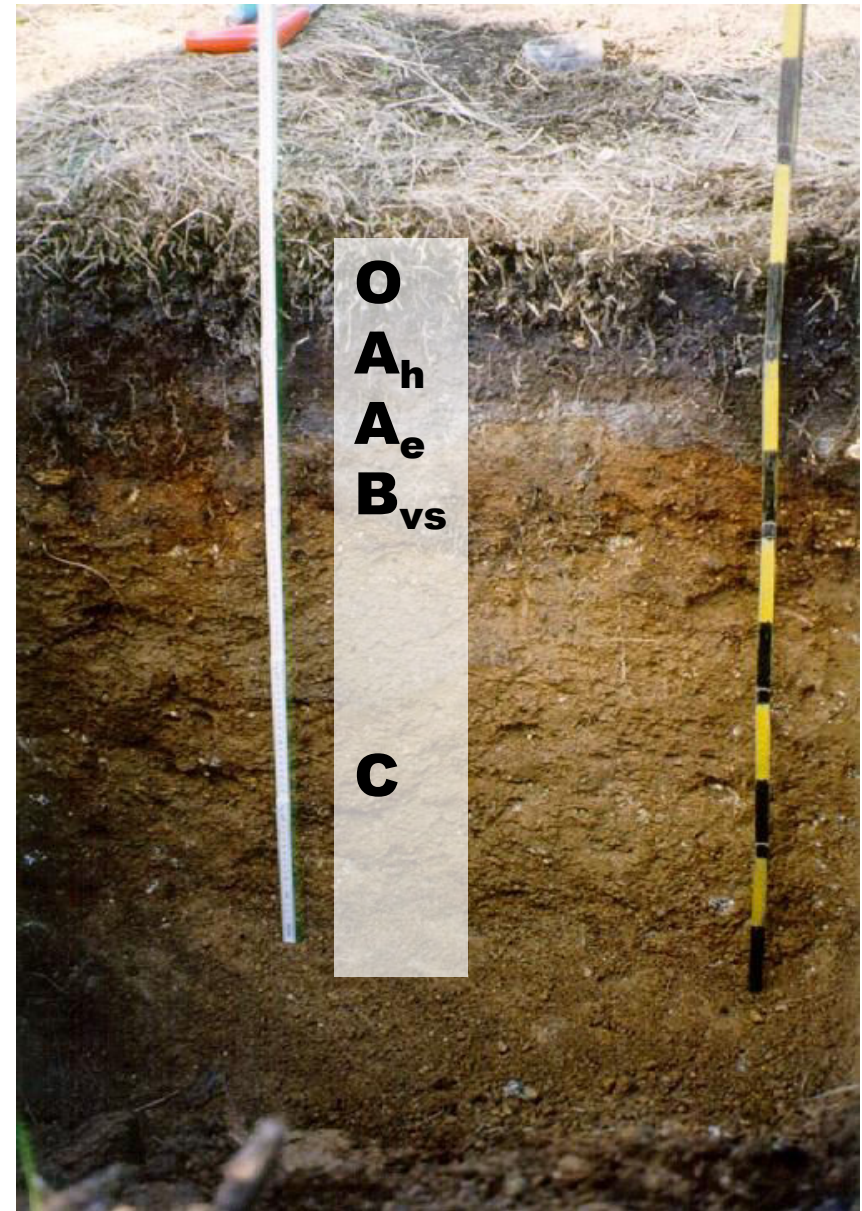
na rozloženém žulovém
podloží

mělké (asi 80 cm)

velmi heterogenní
(zrašelinělý povrch,
kamenité)



90%
plochy



Údolní půdy

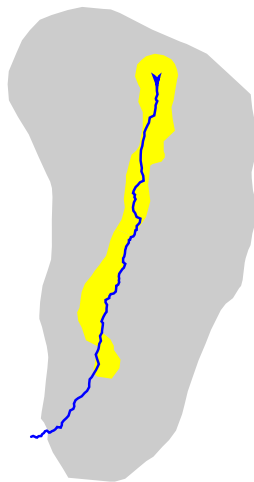
organozemě

na svahových sedimentech

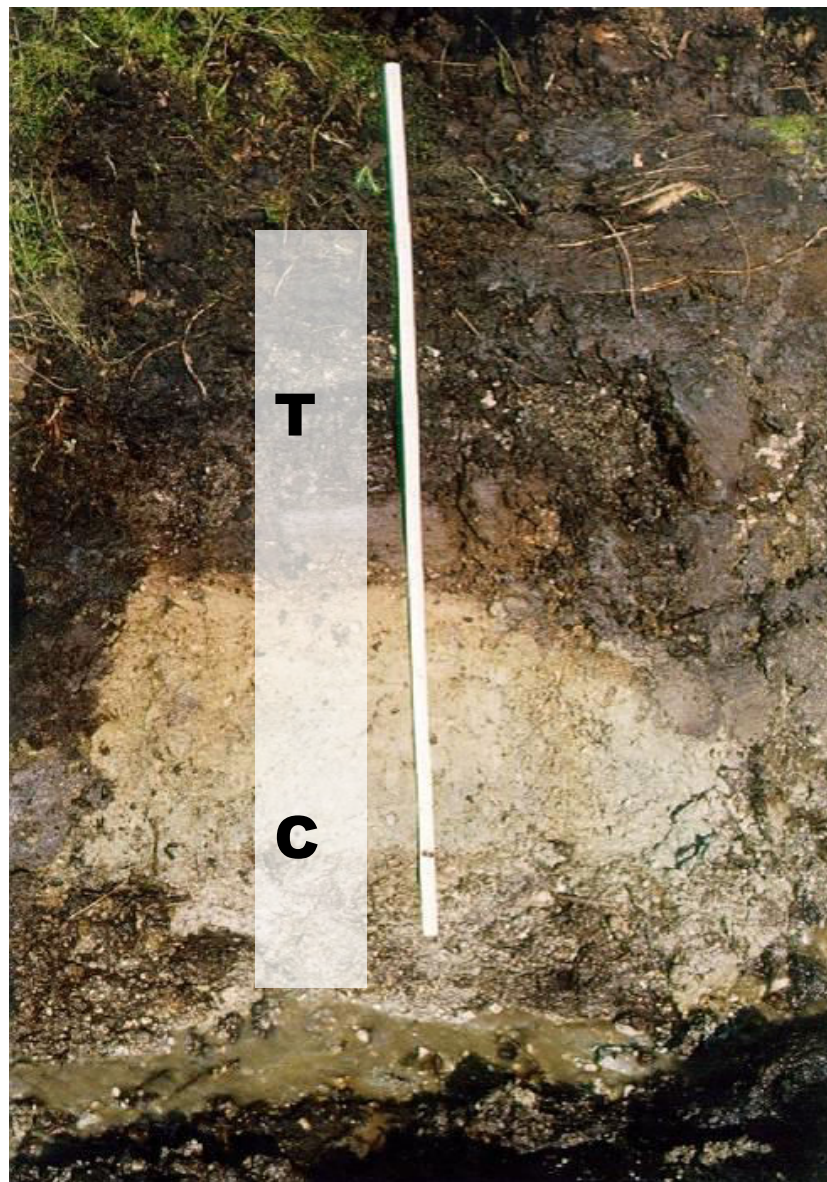
1-3 m rašeliny proměnlivé
tloušťky

10-60 m sedimentů

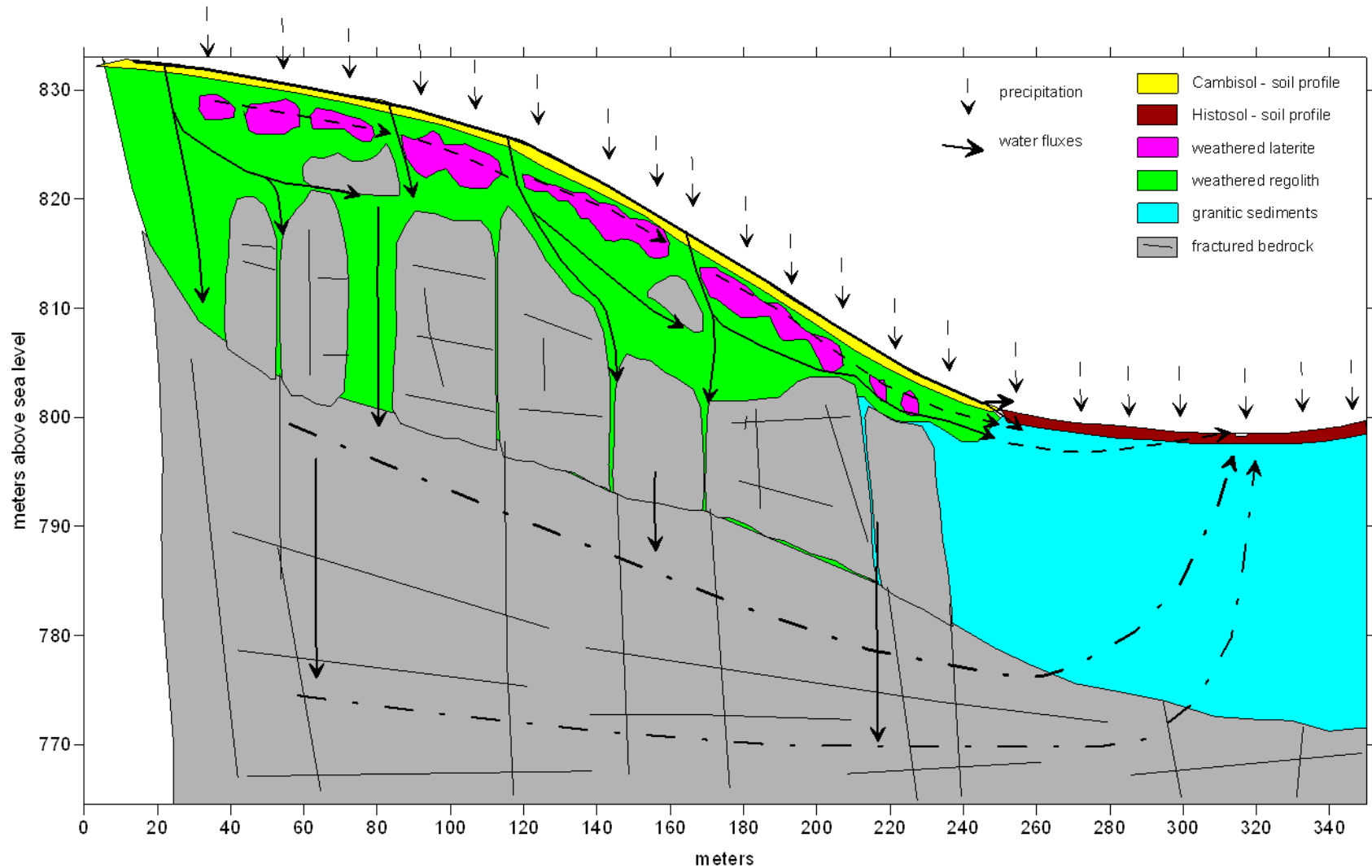
Lesnické příkopy k odvodu
vody z pěstovaných
monokultur



10%
area



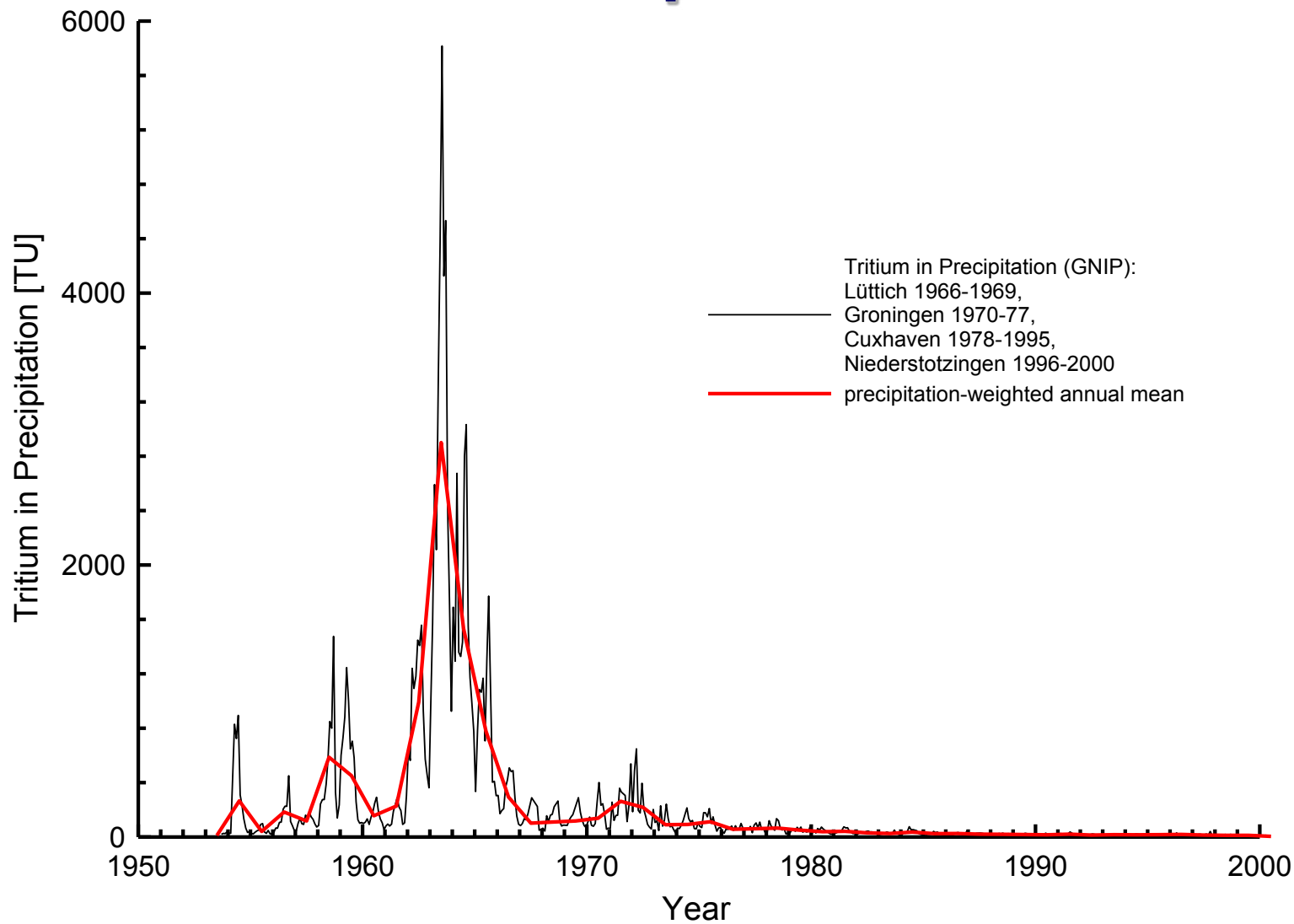
Možné cesty proudění vody



Tritium / Helium



Tritium input function



Datování podzemní vody pomocí izotopů vodíku, kyslíku a rozpuštěných plynů v sedimentech a rozpukaném podloží Jizerských hor

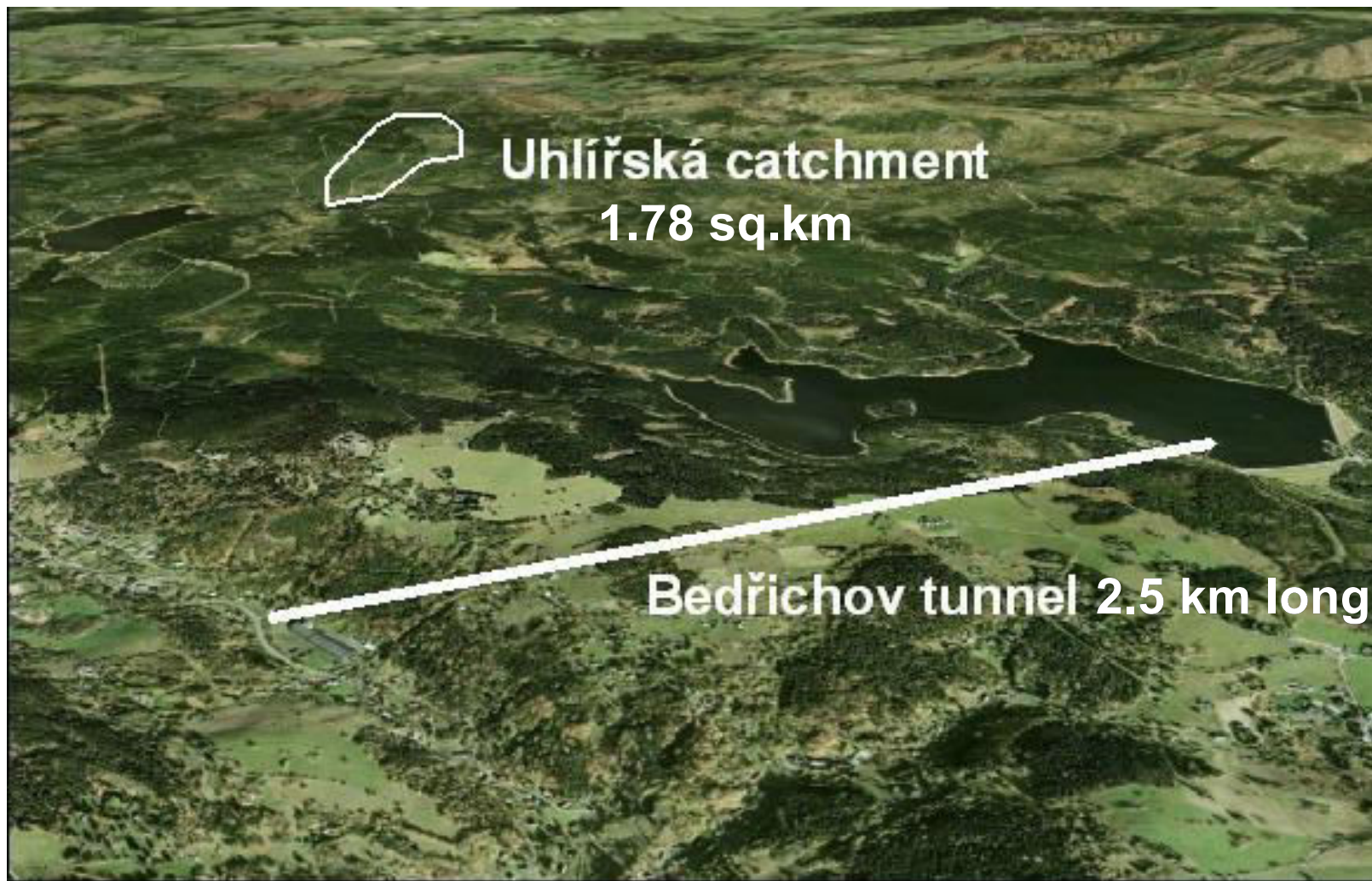


Martin Šanda, Tomáš Vitvar, Jakub Jankovec
ČVUT v Praze
martin.sanda@fsv.cvut.cz



Milan Hokr, Aleš Balvín, Petr Rálek
TU v Liberci
milan.hokr@tul.cz

Sedimenty v povodí Uhlířská Puklinové systémy Bedřichov. tunelu



Elektrická rezistivní tomografie v sedimentárním povodí a puklinách nad tunelem

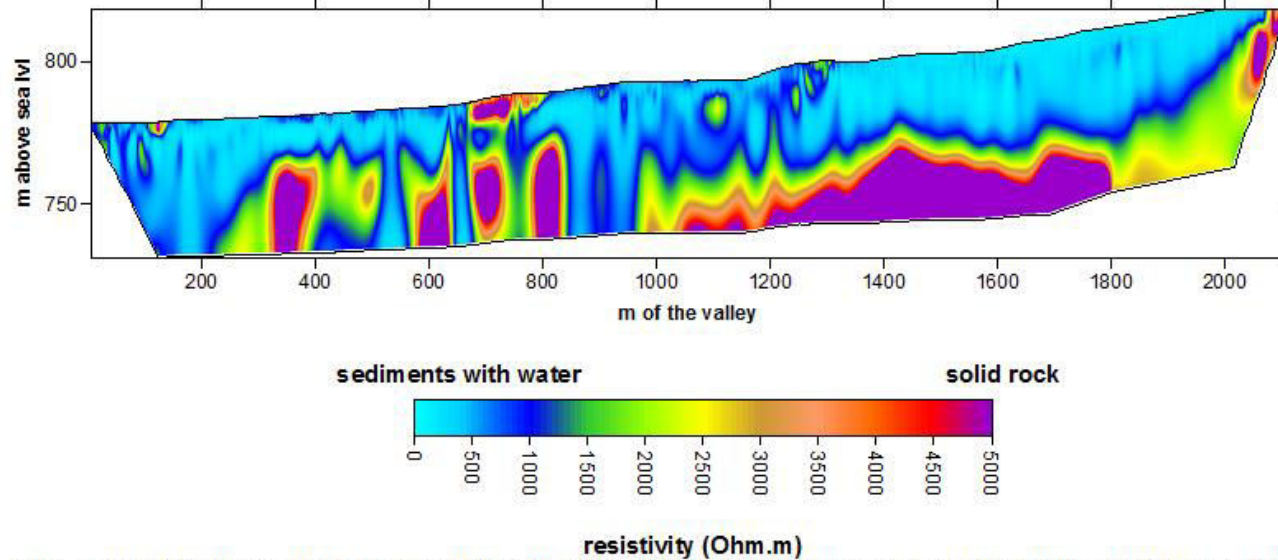


FIG. 3: Electrical resistivity tomography along the catchment stream down to the depth of 50 m from the surface.

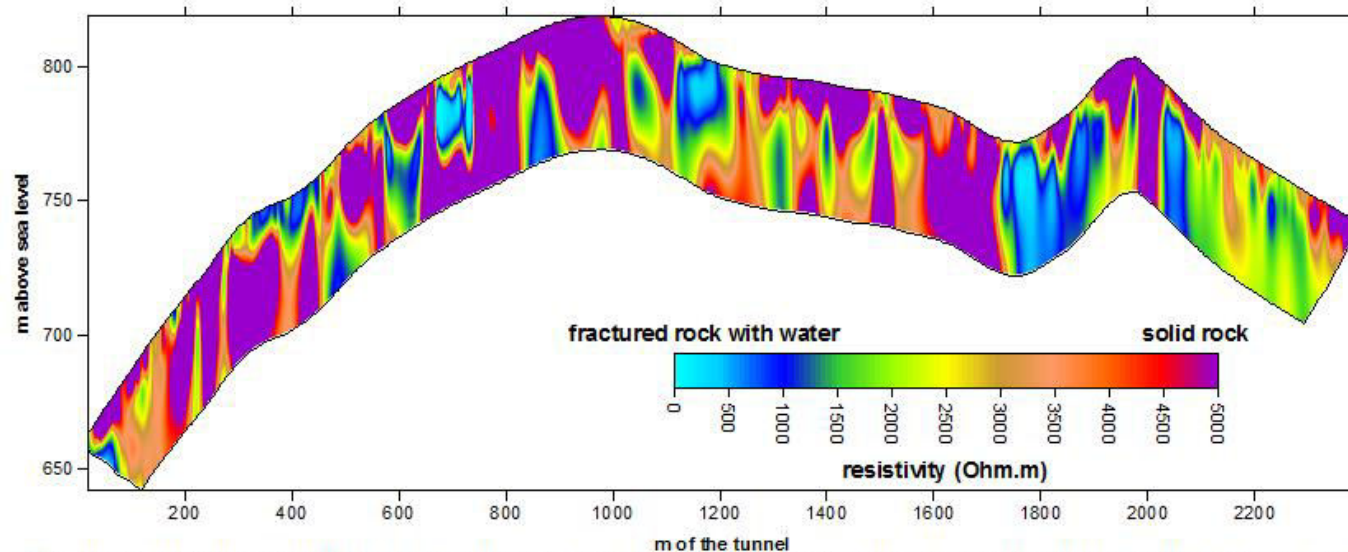
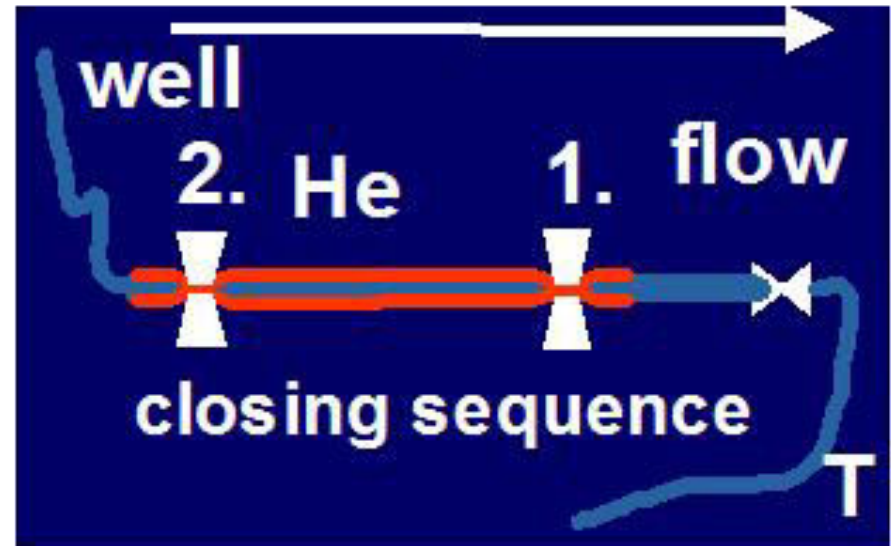


FIG. 2: Electrical resistivity tomography measurement above the tunnel down to the depth of 50 m from the surface.

Vzorkování vzácných plynů (^3He)



Vzorkování difuzním způsobem



Bedřichovský tunel

Jizerskohorský žulový masiv

Tunel pro vedení potrubí z Josefodolské nádrže do úpravny
Bedřichov 2500 m dlouhý

Hloubka 0-150 m pod terénem

Průměr tunelu 3.3m, potrubí 0.8m

700m vrtáno, 1800 m stříleno



Almost dry compact bare rock

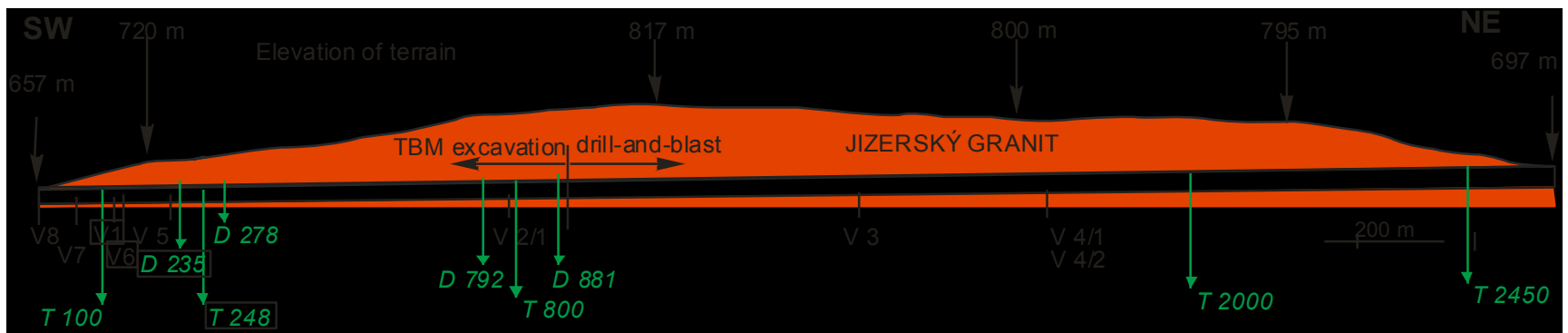


Měřené prameny

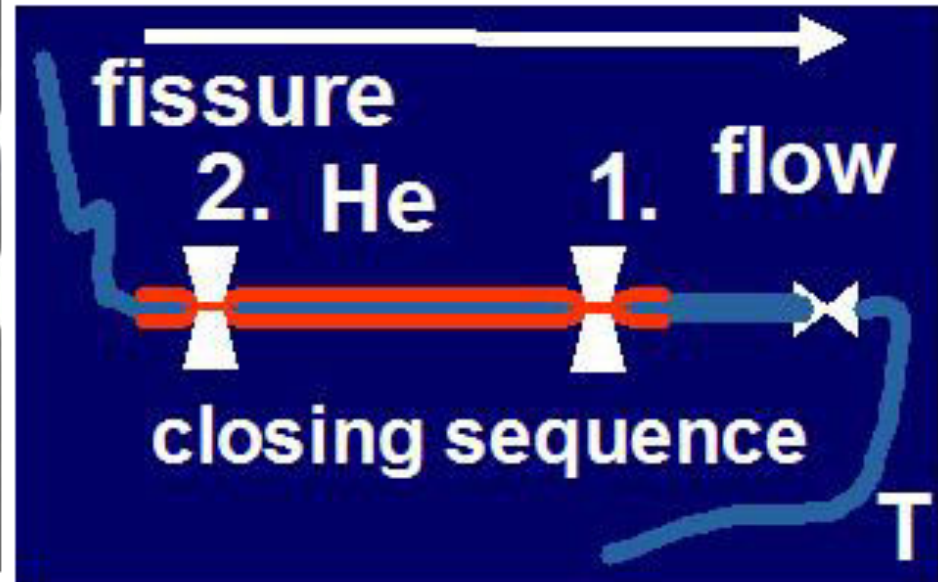
Skapy po 5 sec V1-V3

Kontinulání tok 10-200ml/s V4-V7

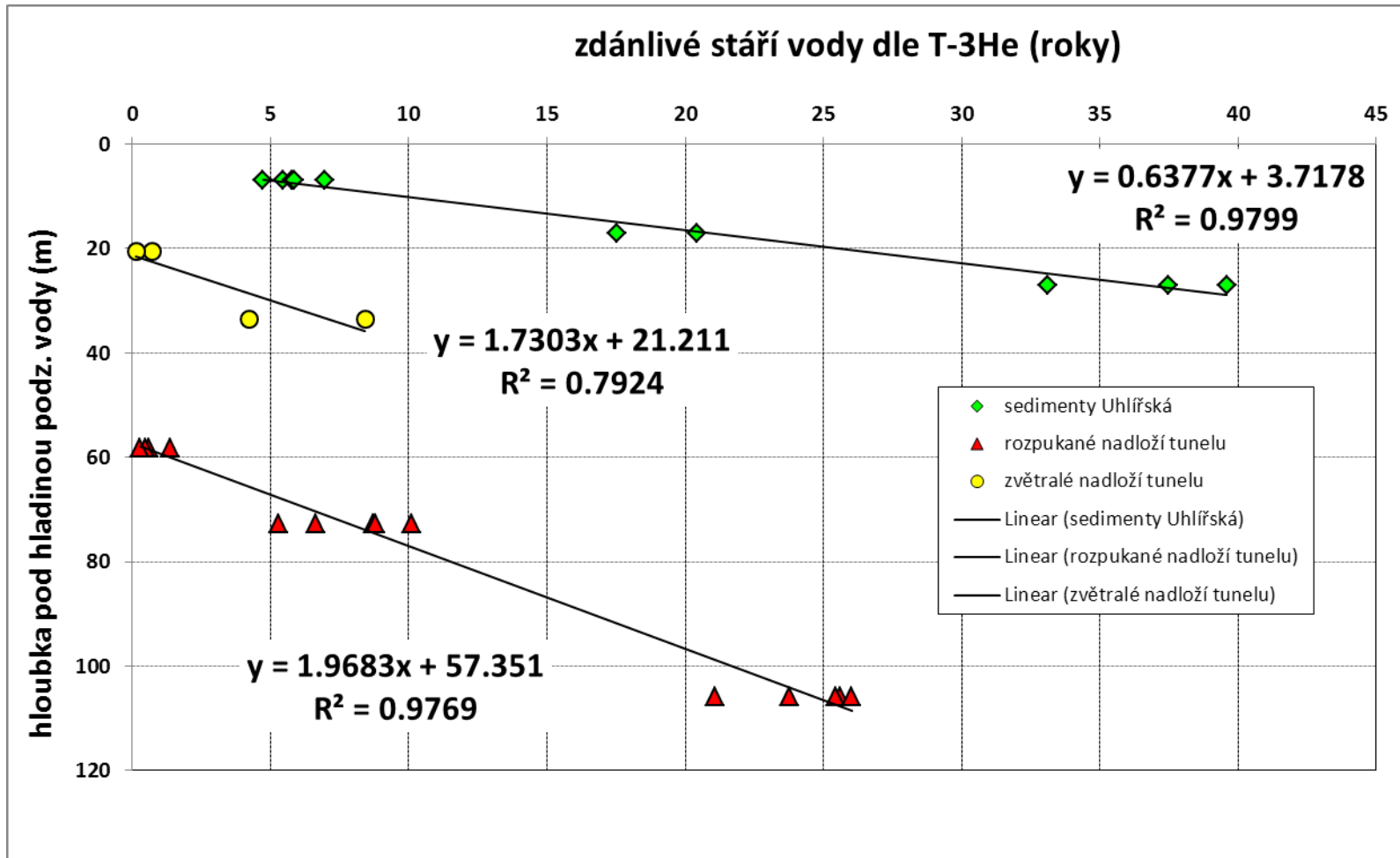
Vodní režim: stálý / sezónní /
dle počasí



Vzorkování vzácných plynů (^3He)



Vyhodnocení stáří podzemních vod metodou ^3H - ^3He



Závěry

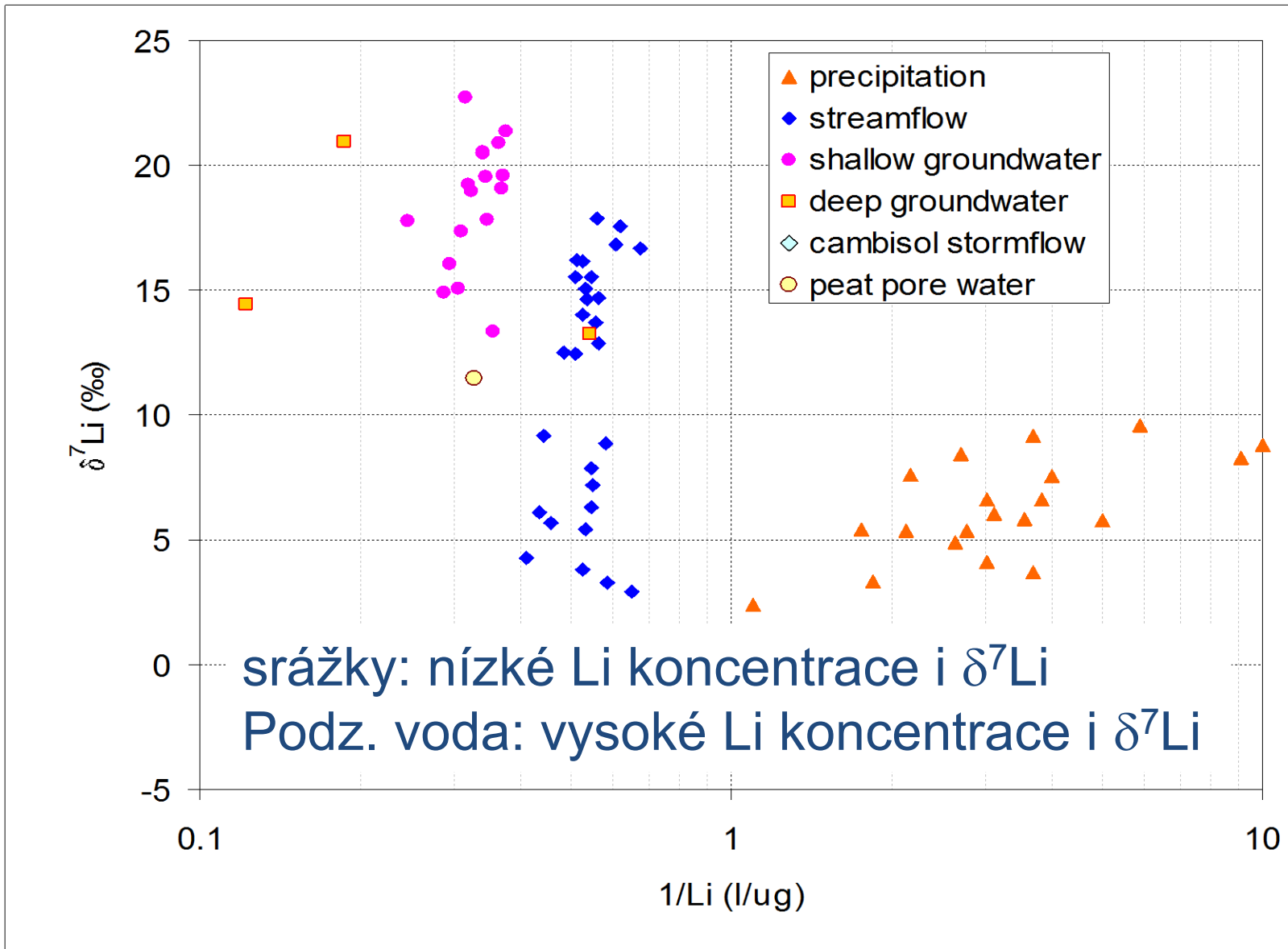
Sedimenty v povodí

Při uvážení efektivní pórovitosti sedimentů 0.2 se jedná o doplňování hluboké zvodně rychlostí 120 mm / rok (10% ročního úhrnu)

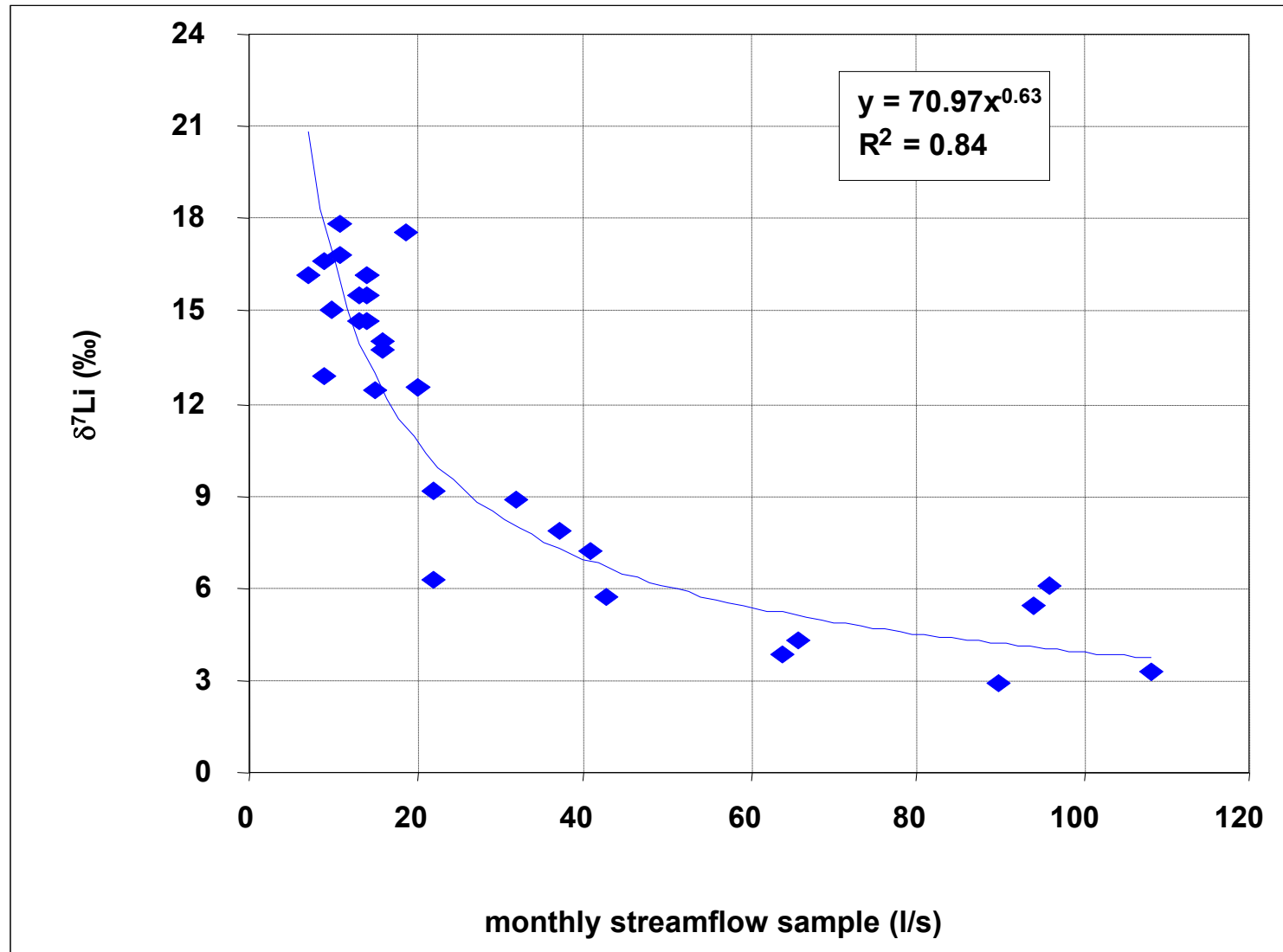
Pukliny v tunelu

Při uvážení efektivní pórovitosti rozpukané horniny 0.02 se jedná o pohyb vody do hlouky o rychlosti v řádu 40 mm / rok (3% ročního úhrnu srážek)

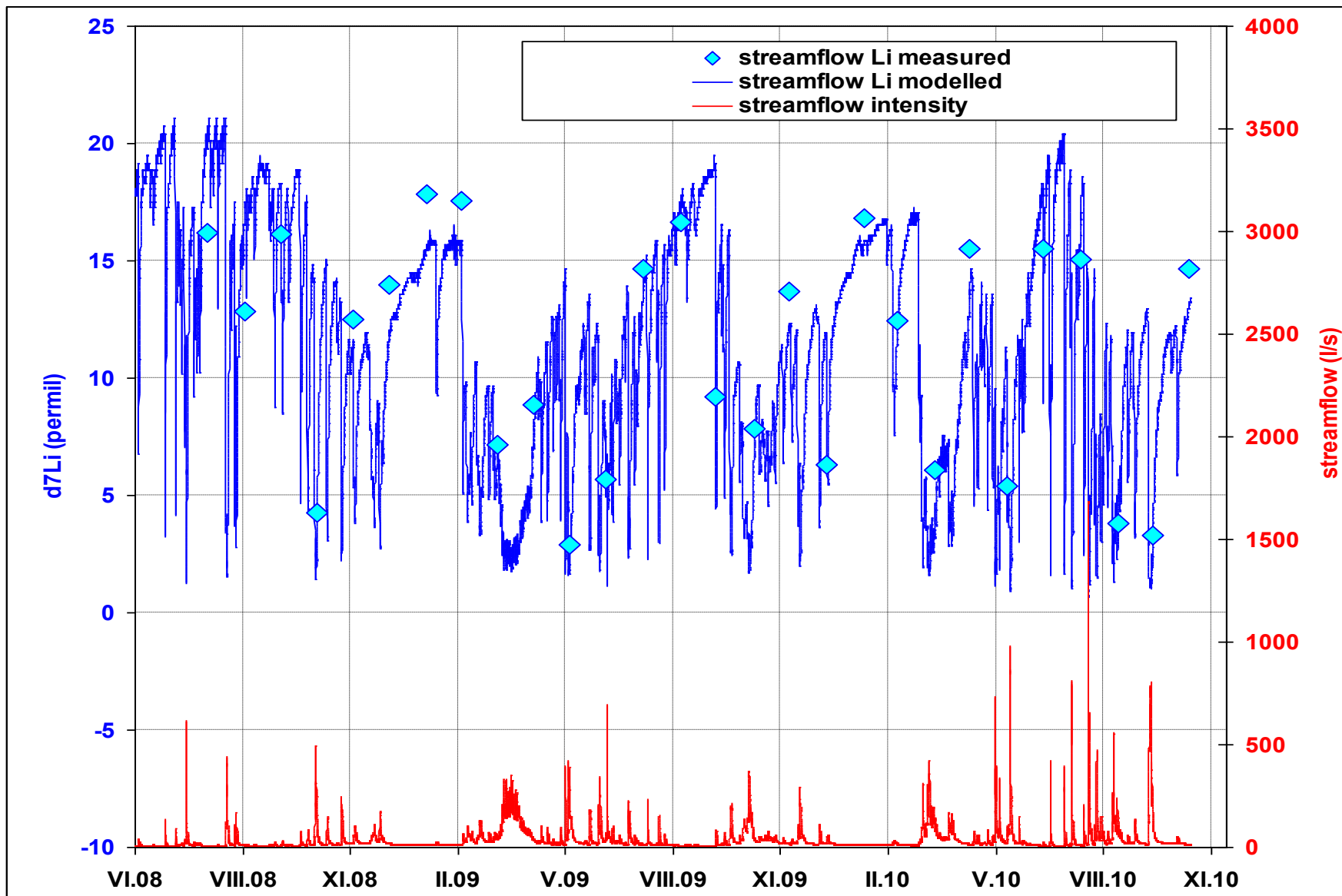
Li izotopy – kauzality – koncové členy



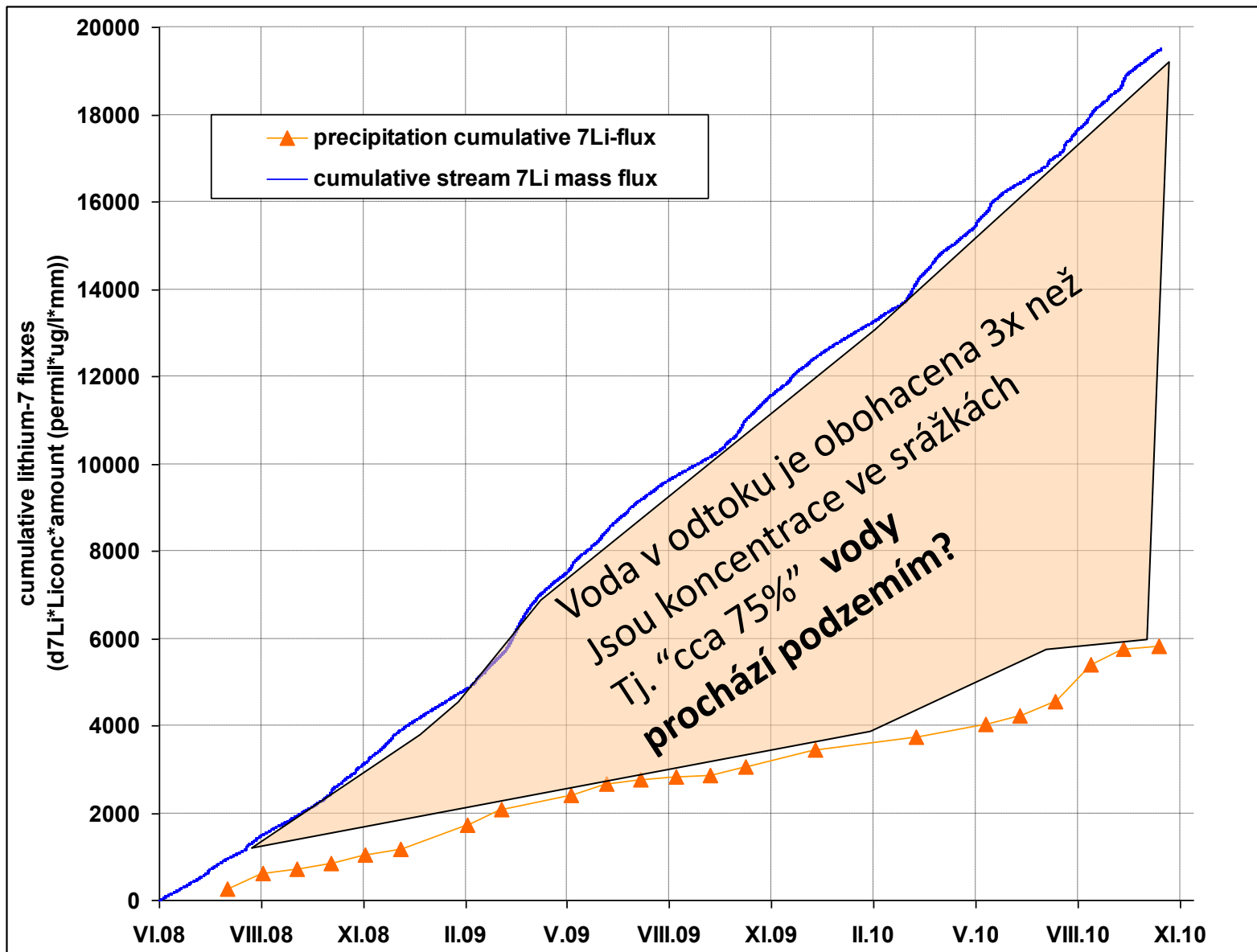
“Horninové” $\delta^7\text{Li}$ je přítomno v základním odtoku, méně v epizodním odtoku



Odtok a obsah $\delta^7\text{Li}$ v odtoku



kumulativní hmotnostní toky $\delta^7\text{Li}$



Výskyt forem uhlíku ve vodách horského povodí

Martin Šanda, Anne Marx, Jakub
Jankovec, Simone Hintze, Johannes
Barth, Tomáš Vogel

Robert van Geldern, Christian Hanke

Czech Technical University in Prague
Friedrich Alexander Universitaet Erlangen-Nuernberg

martin.sanda@fsv.cvut.cz

Výskyt forem uhlíku ve vodách

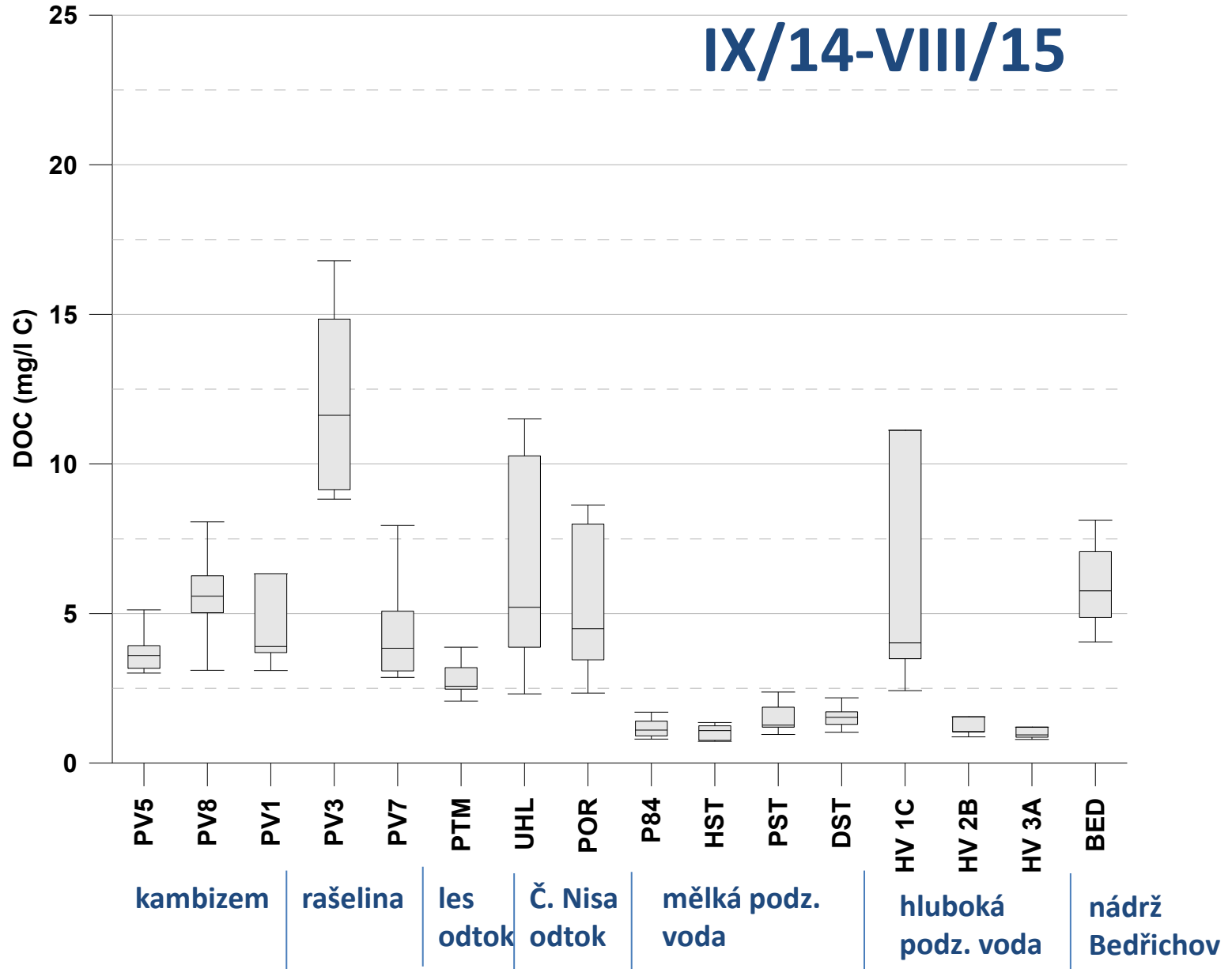
Anorganický DIC – dle $\text{pH} < 6$ (CO_2^* , HCO_3^- a CO_3^{2-}) – z půdy a horniny

Organický DOC – produkce z vegetace-kořeny, houby, z půdní org. hmoty (nejvíce při pH 4-4,5)

Procesy tvorby DIC/DOC nejsou významně ovlivněny teplotou

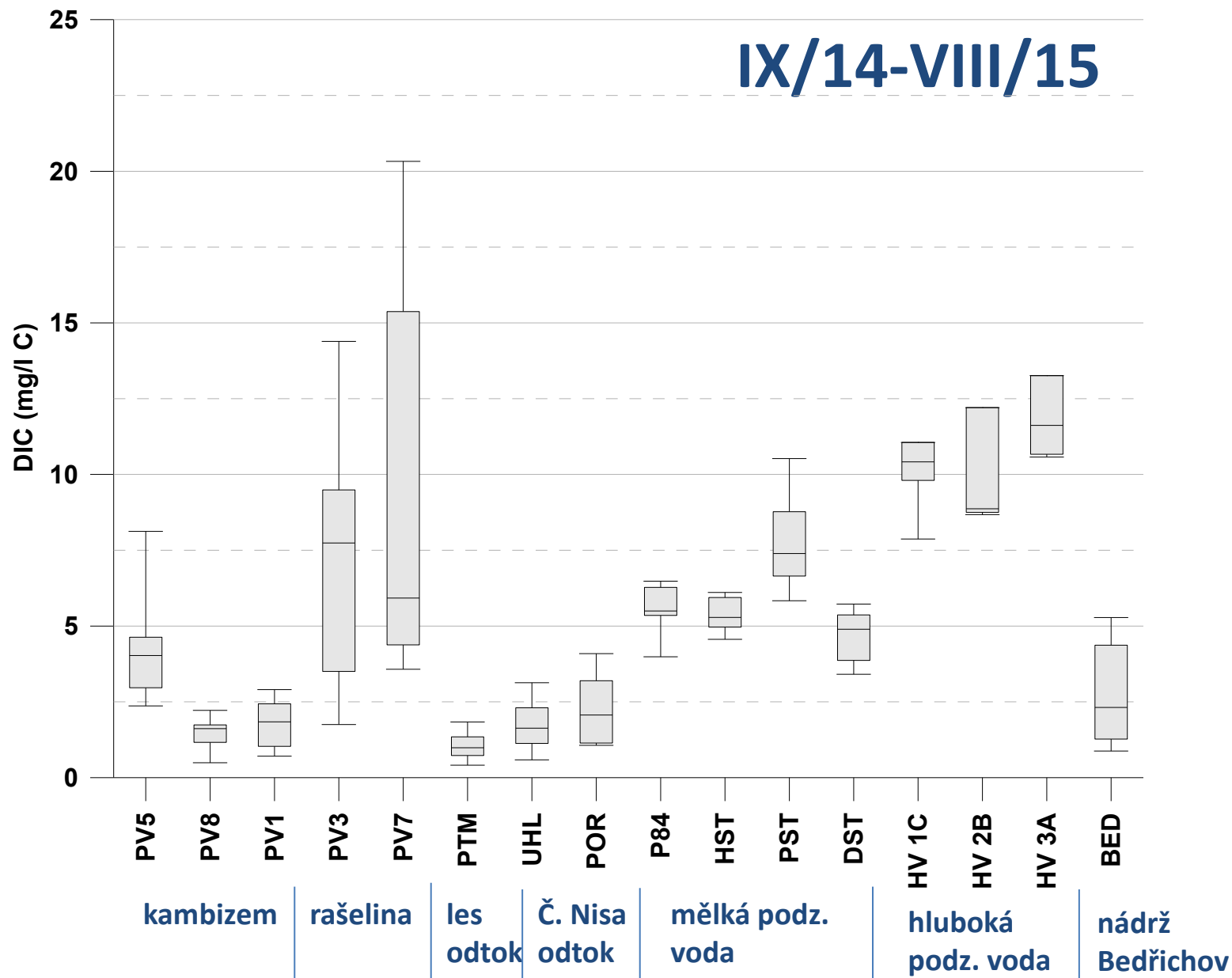
DOC ve vodách Uhlířské

IX/14-VIII/15

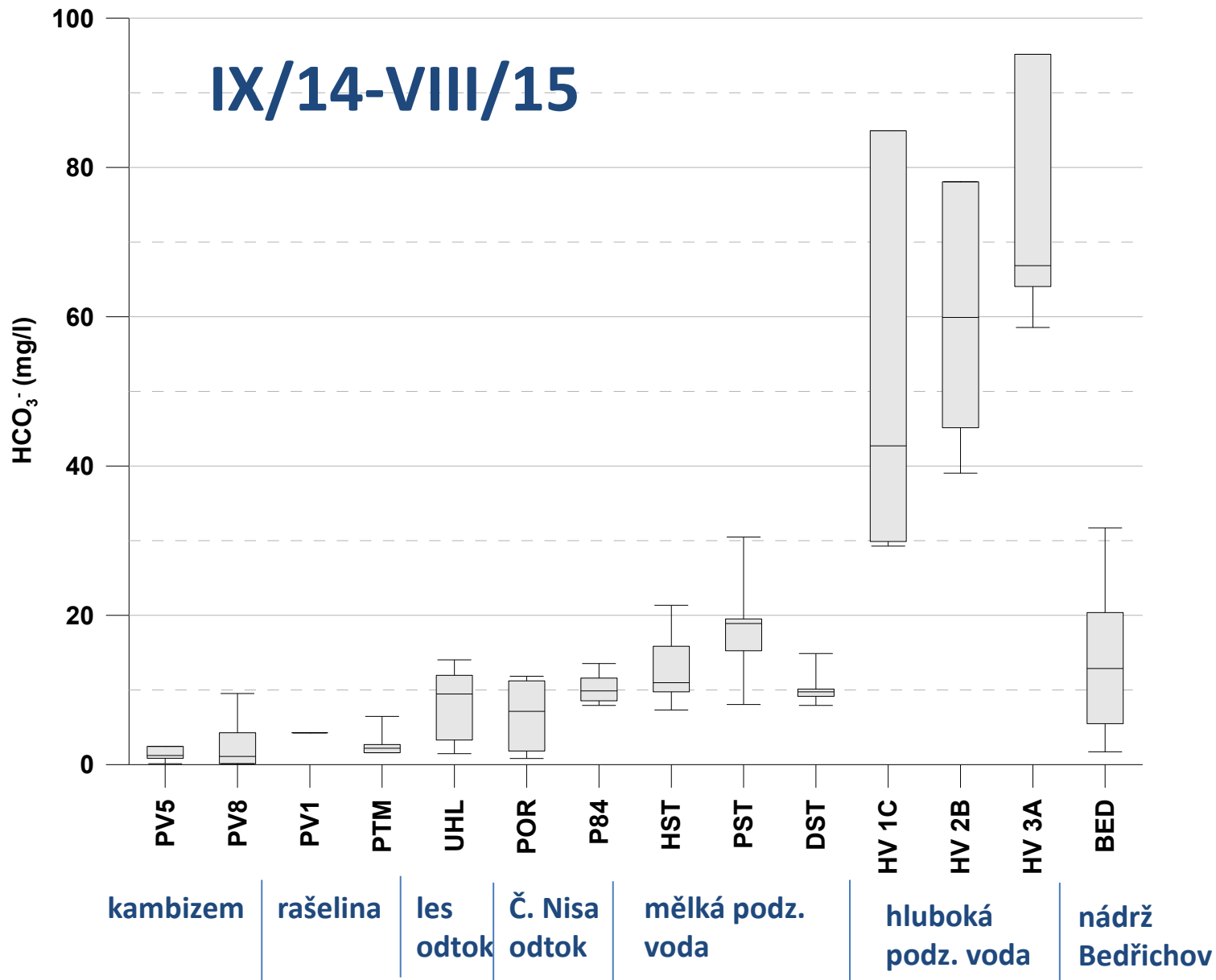


DIC ve vodách Uhlířské

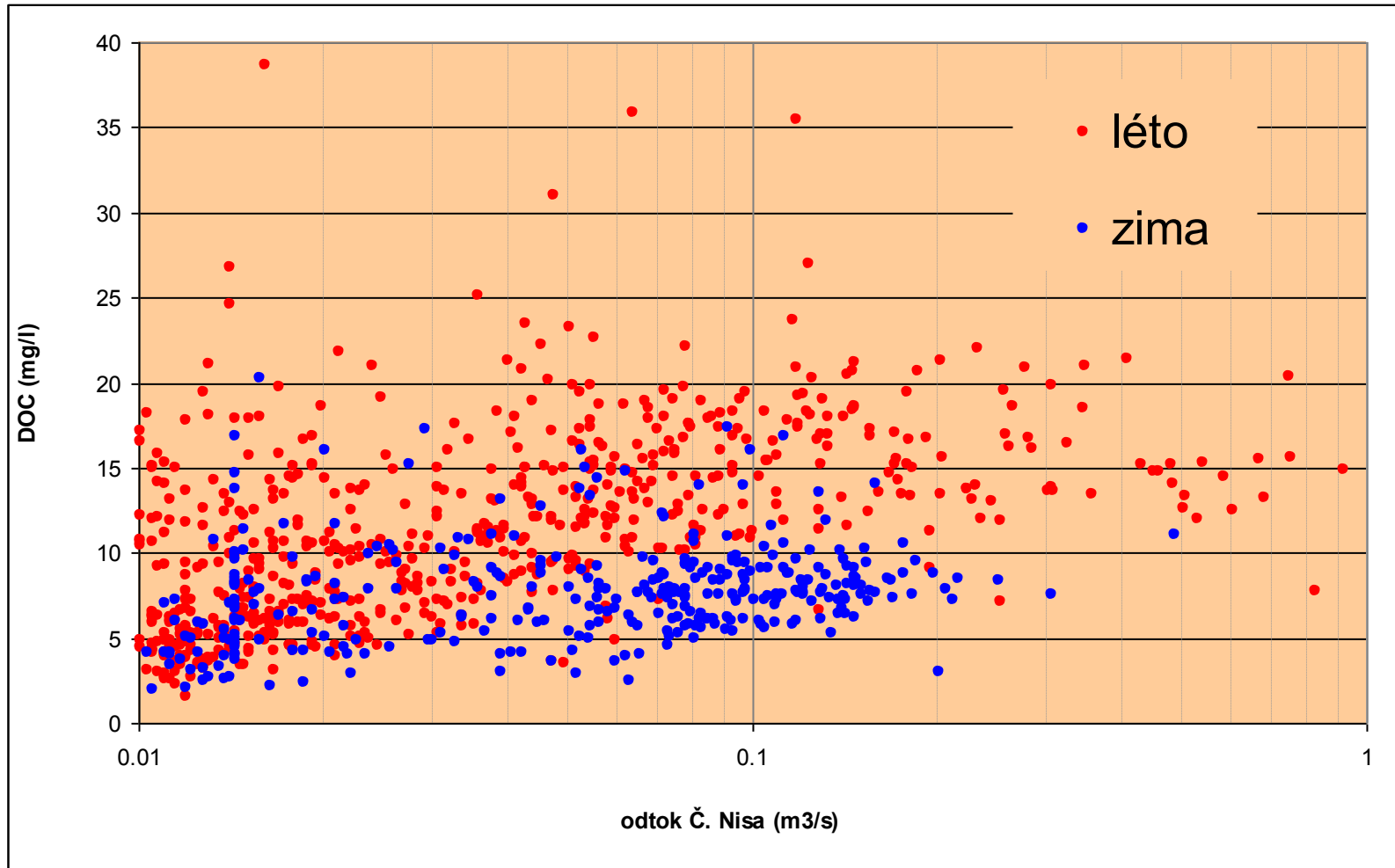
IX/14-VIII/15



HCO₃⁻ ve vodách Uhlířské



DOC v odtoku - Č. Nise 2011-15



Výskyt **stabilních izotopů** uhlíku

V přírodě ^{12}C : $^{13}\text{C} \sim 99:1$

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{vzorek}} = \left(\frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{vzorek}}}{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{VPDB}}} - 1 \right) * 1000 [\text{‰}]$$

Standardem Vienna Pee Dee Belemnite (V-PDB) vápencové sedimenty mořských živočichů v S. Karolíně s vysokým obsahem ^{13}C

Výskyt stabilních izotopů uhlíku

$\delta^{13}\text{C}$ v DOC ovlivněno typem fotosyntézy dané rostliny (C3/C4)

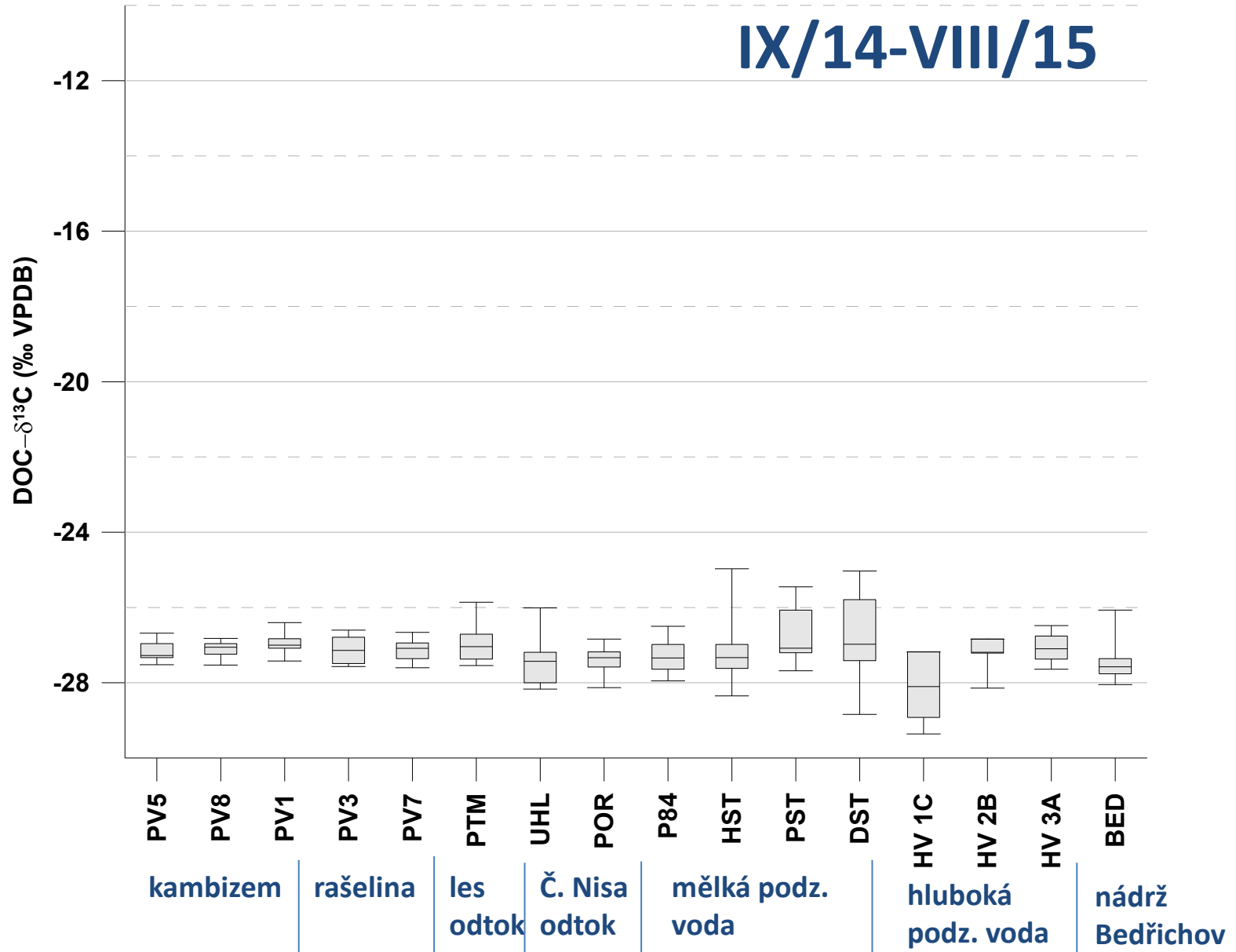
C3 rostliny („mírného pásma“) tj. všechny dřeviny a většina bylin produkuje $\delta^{13}\text{C}$ **-32 až -22‰**

C4 rostliny („teplého pásma“) produkuje $\delta^{13}\text{C}$ **-16 až -9 ‰**

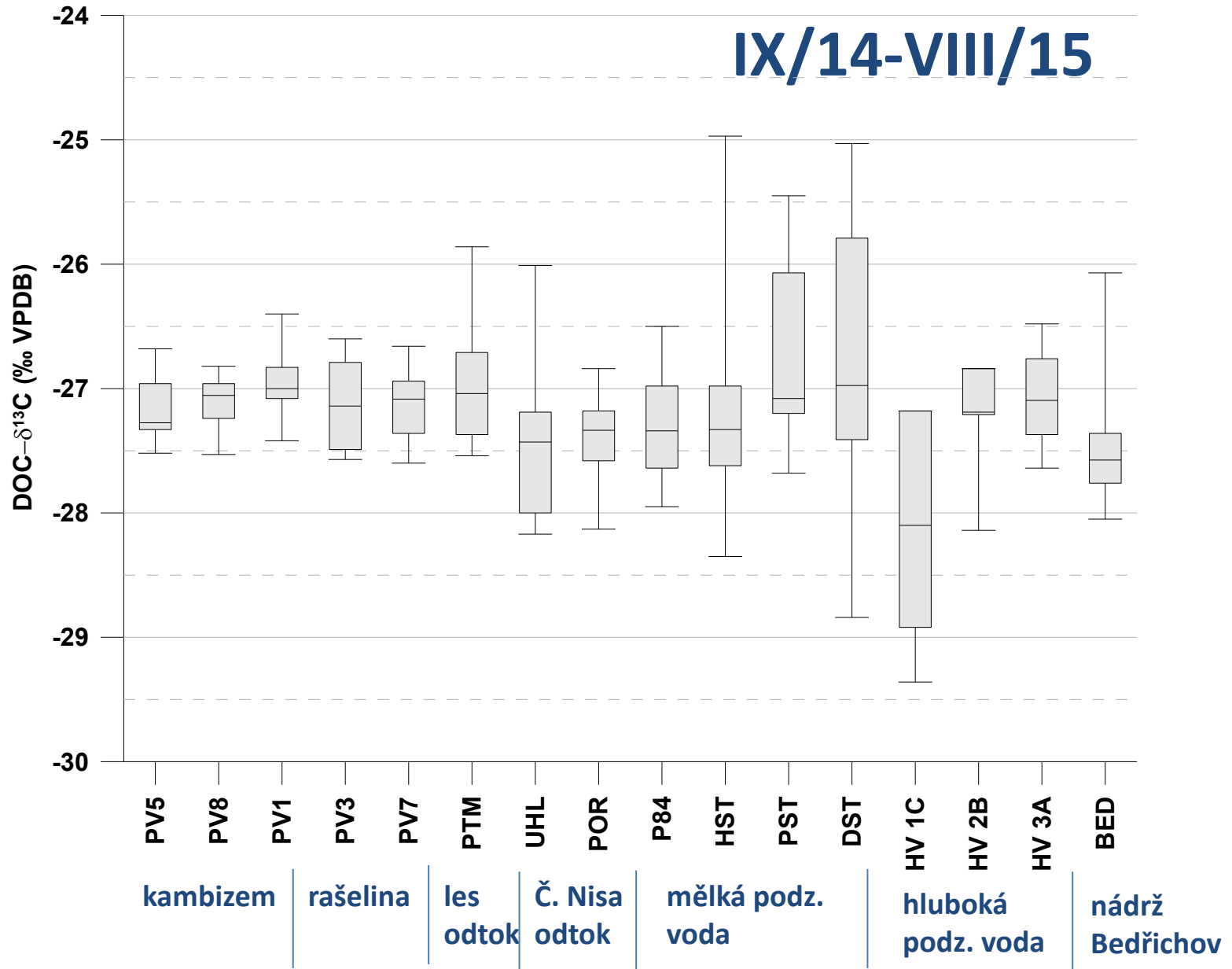
$\delta^{13}\text{C}$ v DIC - HCO_3^- $\delta^{13}\text{C} \sim 0 \text{ ‰}$, atmosf. $\text{CO}_2 \sim -8 \text{ ‰}$

^{13}C v DOC ve vodách

IX/14-VIII/15

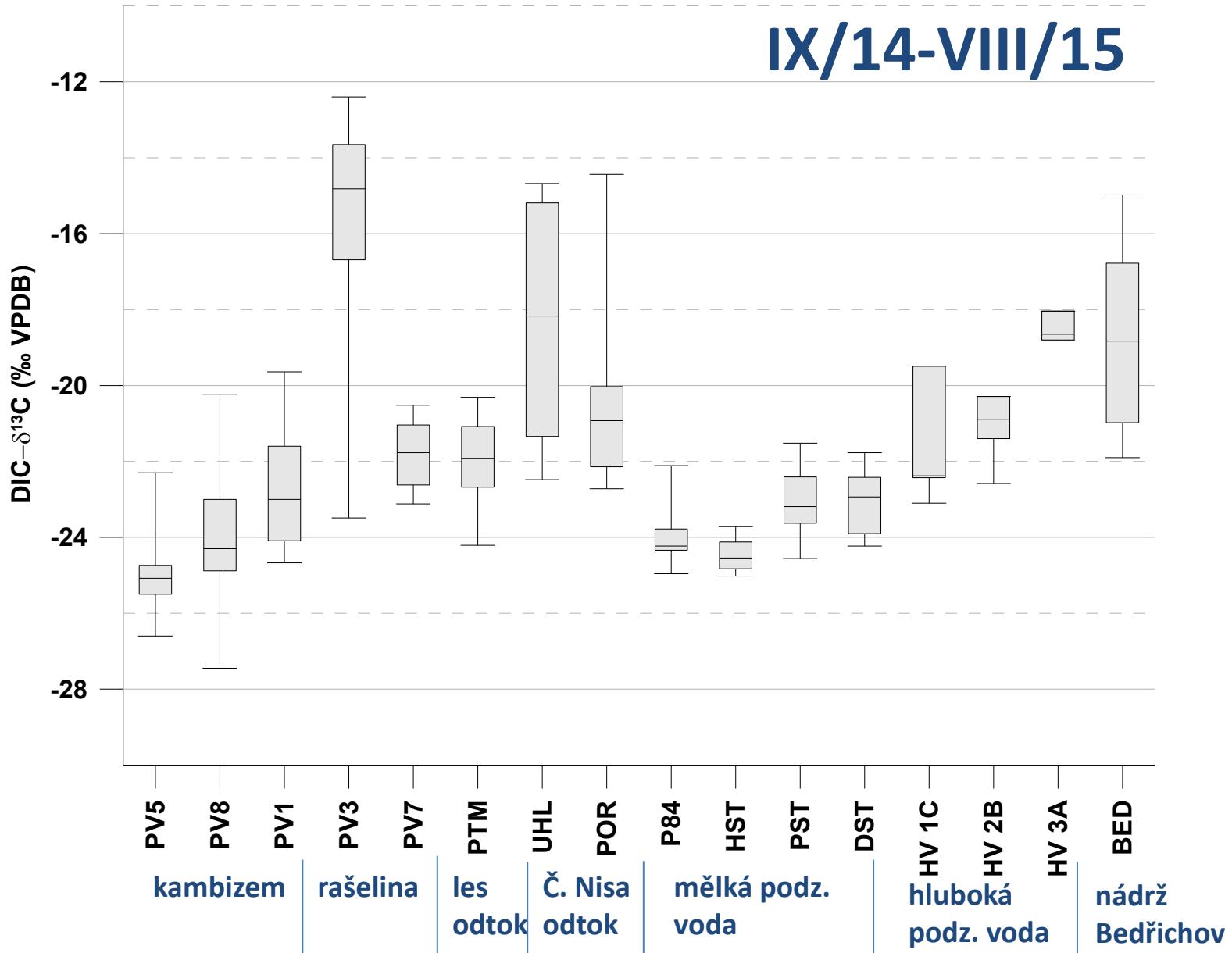


^{13}C v DOC ve vodách



^{13}C v DIC ve vodách

IX/14-VIII/15



Předběžné závěry

- ^{13}C -DOC je na povodí Uhlířská pouze z C_3 rostlin
- ^{13}C -DIC má vyšší koncentrace než ^{13}C -DOC.
- Během fixace C rostlinami je $\delta^{13}\text{C}$ nižší v porovnání s atmosférou, převažuje biogenní C
- Infiltrující voda vytváří s biogenním CO_2 kyselinu uhličitou, která zvětrává silikáty.
- Pro DIC z půdního CO_2 jsou předpokládány nižší hodnoty ^{13}C v letních měsících z důvodu vyšší biologické aktivity.
- Odtok C v Černé Nise je převážně organického původu vlivem vegetace.
- Jelikož je celkový únik CO_2 z povodí významný, nelze doposud potvrdit že celkový koloběh uhlíku je řízen vegetací

Děkuji za pozornost

