

Vliv změn vlastností geosféry na vývoj transportu radionuklidů z hlubinného úložiště do biosféry

Matěj Černý¹, Tomáš Hroch², Jiřina Královcová³, Jiří Maryška³, Naďa Rapantová⁴

¹ PROGEO, s.r.o

² Česká geologická služba

³ Technická univerzita v Liberci

⁴ Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

odborný garant:

Správa úložišť radioaktivních odpadů

Projekt s finanční podporou Technologické agentury ČR

Představení projektu

▪ **Motivace projektu**

- podpora hodnocení dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v horizontu 200 000 let
- analýza možného vývoje klima a geomorfologie
- možnosti modelování transportu v dlouhém časovém horizontu

▪ **Predikce vývoje klima a reliéfu terénu**

- Česká geologická služba

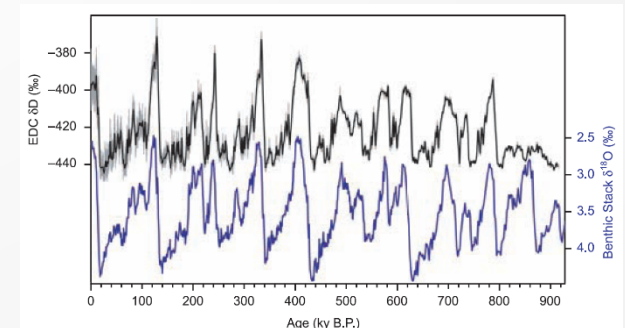
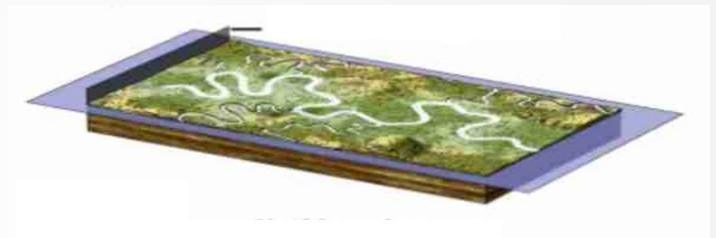
▪ **Realizace modelů transportu rozpuštěných látek z prostoru HÚ**

- MODFLOW 2005 & MT3DS (PROGEO)
- Flow123d (TUL)
- Feflow (VŠB-TUO)

Klimatický vývoj

Česká geologická služba

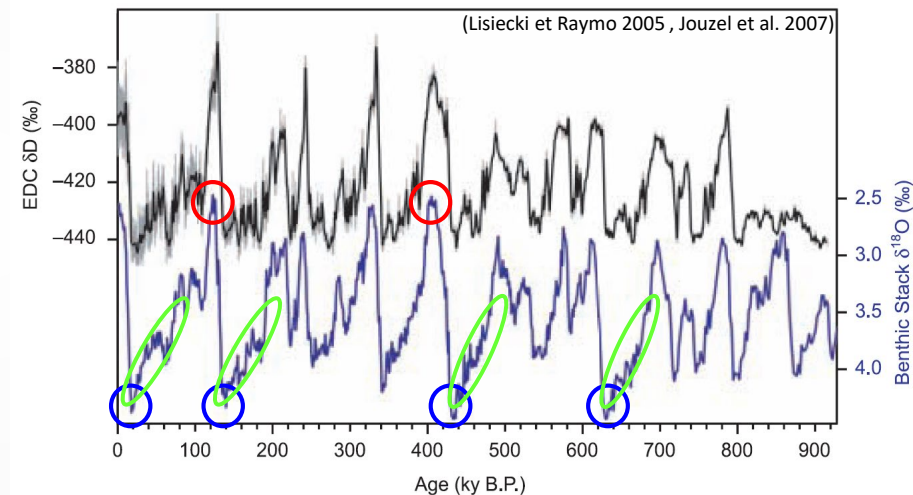
- Popis výchozích podmínek
- Klimatický a morfologický vývoj lokalit v minulosti
- Definování pravděpodobného vývoje v následujících 200 000 let na základě vývoje v minulosti
- Popis jednotlivých navržených scénářů a jejich dopad na změny v morfologii, v charakteru drenážních sítí a strukturní charakteristice.



Klimatický vývoj

Historická data

- Humidního klima a oteplení (trvání do 20% celkového období) :
 - vzrůst teplot o 2 °C
 - nárůst srážek cca o 20 až 25%
- Běžné glaciální podmínky (trvání do 70% celkového období)
 - pokles teplot o 3 až 5 °C
 - pokles srážek o 30%
- Scénář nástupu aridního klimatu a ochlazení (trvání do 15% celkového období) :
 - pokles teplot o 5 až 10 °C
 - redukce srážek o 50%



Klimatický vývoj

Hlavní uvažované scénáře pro modeláře

▪ Suché klima

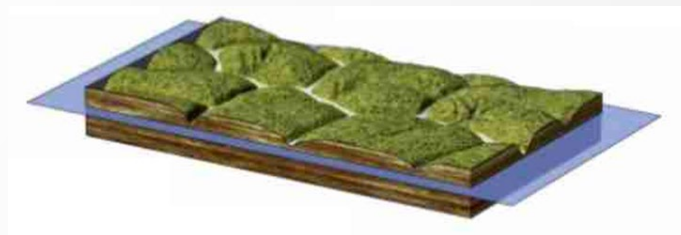
- převažuje větrná a mrazová eroze
- dochází k zarovnání terénu

▪ Vlhké klima

- zařezávání toků v důsledku vyšších průtoků
- prohloubení drenážního systému o 0,03 až 0,7 mm za rok

▪ Permafrost (trvalé zamrznutí půdy)

- mocnost může dosahovat několik desítek až první stovky metrů
- hluboký hydrogeologický oběh bude vrstvou permafrostu efektivně oddělen od mělkého hydrogeologického oběhu v přípovrchové zóně
- mělký hydrogeologický oběh se bude odehrávat pouze v nejsvrchnější přípovrchové zóně (první metry pod povrchem) a bude aktivní jen po krátké letní období (cca 3 měsíce)

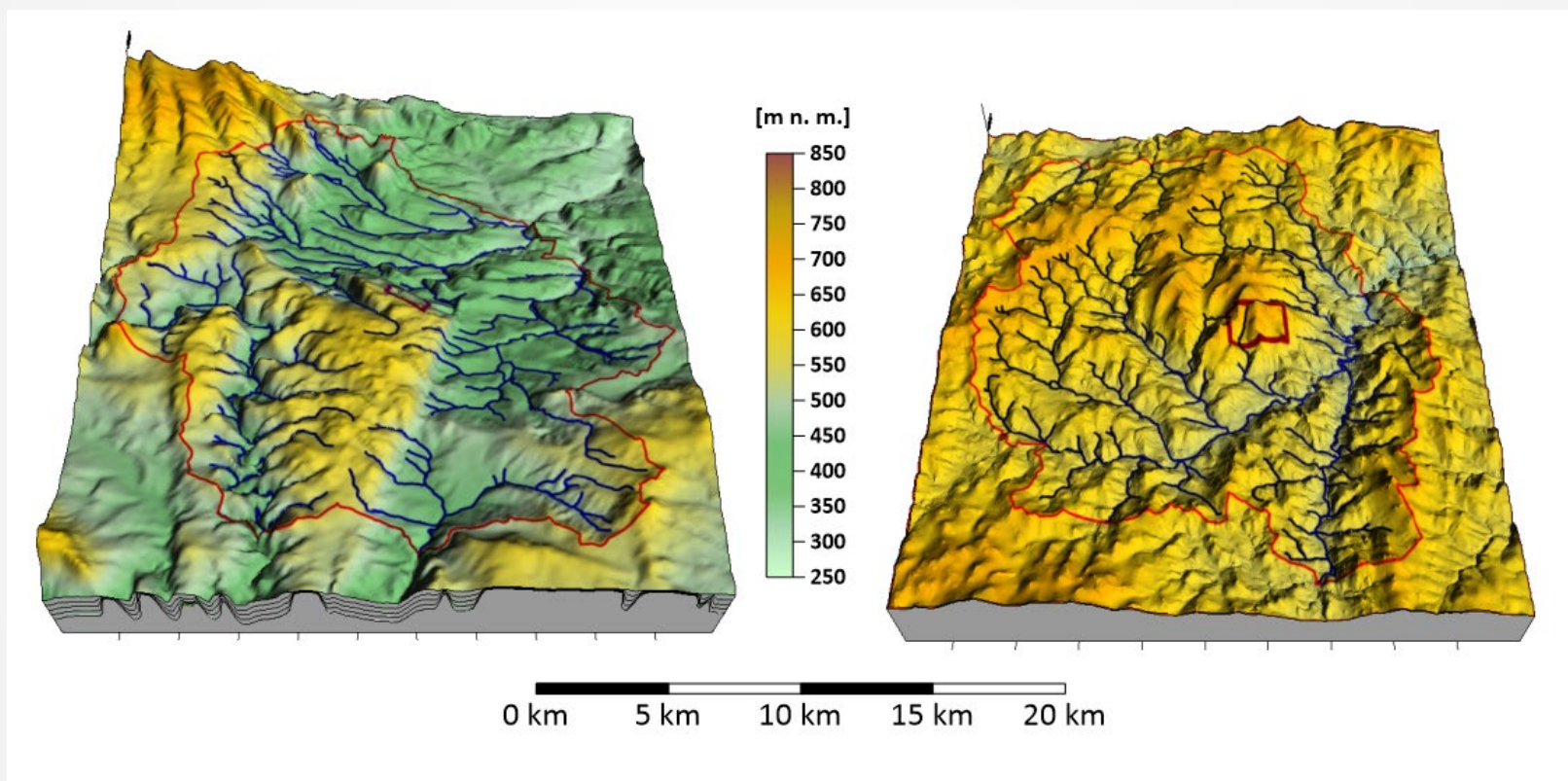


Souhrn zpracovaných modelových scénářů

- **Scénář A** – základní varianta – stávající geomorfologie a infiltrace konstantní zdroj stopovače 10 jednotek za sekundu
- **Scénář B** – eroze říční sítě (pokles) 0,7 mm/rok
oproti základní variantě zde zůstává pouze jedna hlavní změna, a to průběžný pokles terénu (140 m za 200 000 let)
- **Scénář C** – eroze říční sítě 0,7 mm/rok v kombinaci s humidním klimatem navýšení efektivní infiltrace pro humidní klima o 20 %
- **Scénář D** – komplexní scénář s nástupem glaciálu
 - 0 - 50 tis. let: současné klima, eroze říční sítě 0,03 mm/rok
 - 50 - 150 tis. let: eroze říční sítě 0,03 mm/rok, infiltrace +20 %
 - 150 - 175 tis. let: glaciál (infiltrace * 0,1 %)
 - 175 - 200 tis. let: eroze říční sítě 0,7 mm/rok, infiltrace +30 %;
- **Scénář E** – podmínky postglaciálu
Navýšení hydraulické vodivosti přípovrchové vrstvy a poruchových linií, infiltrace +30 %

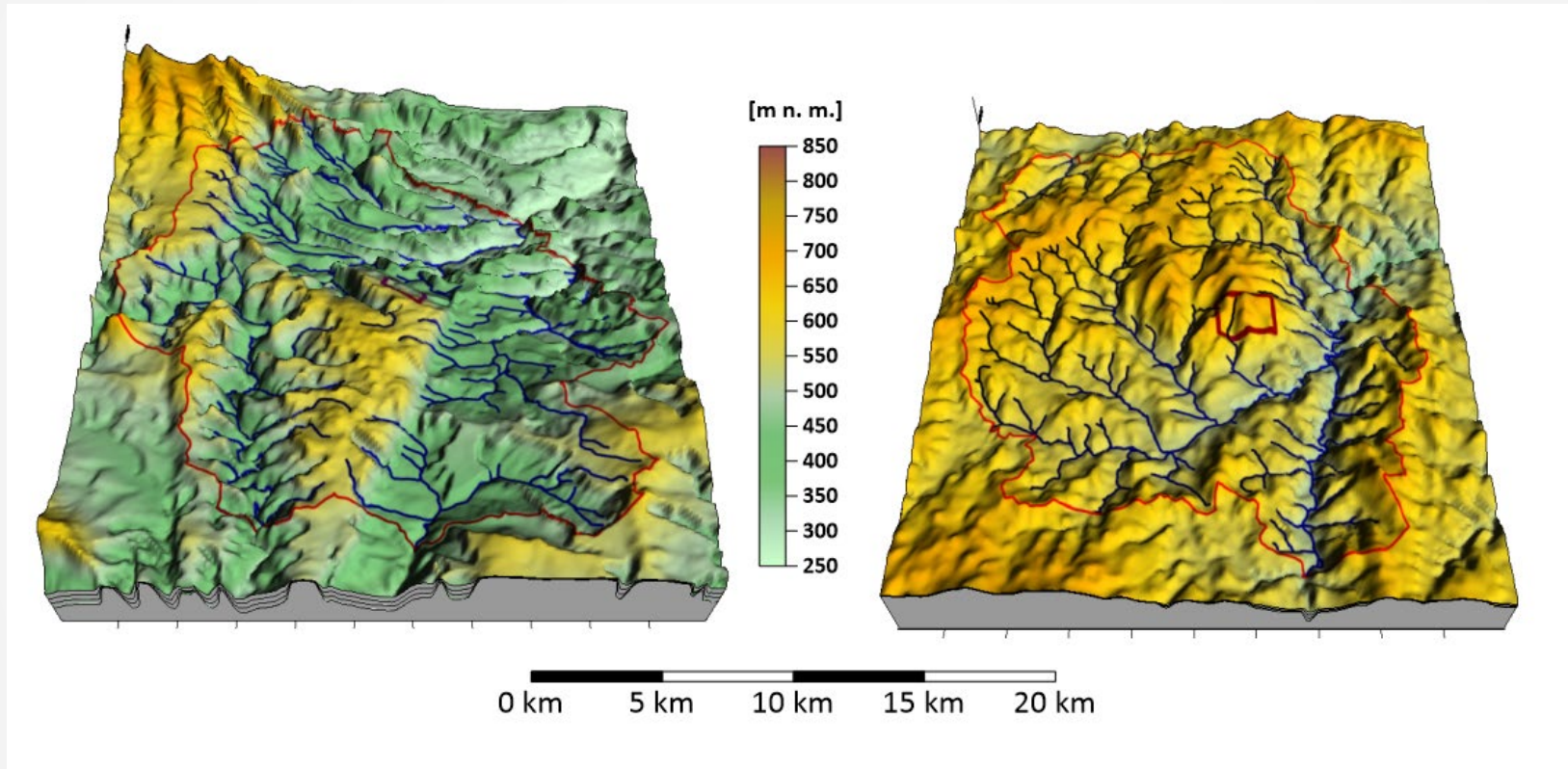
Prohloubení drenážního systému

současný reliéf terénu



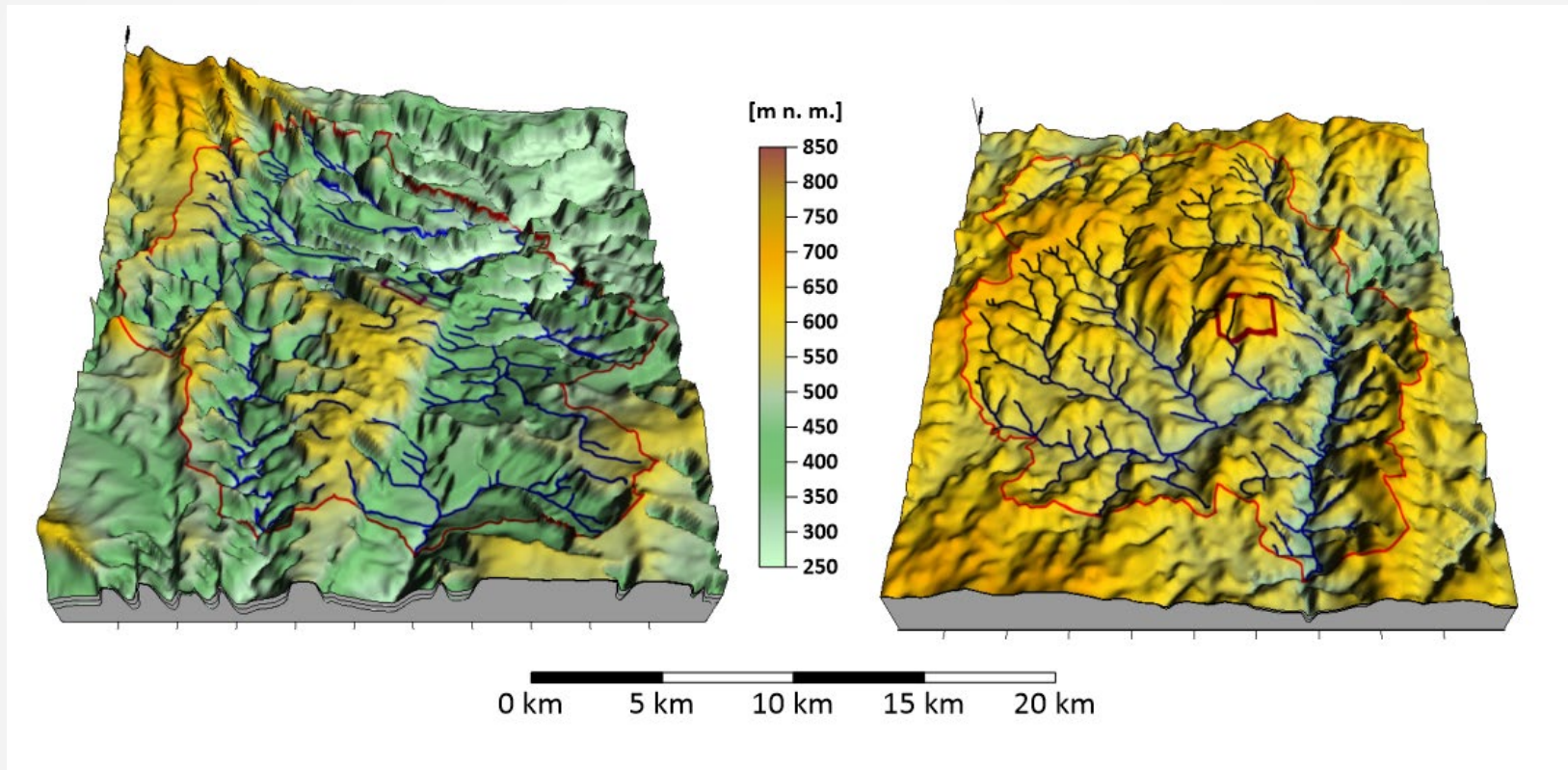
Vývoj reliéfu terénu

+50 tis. let



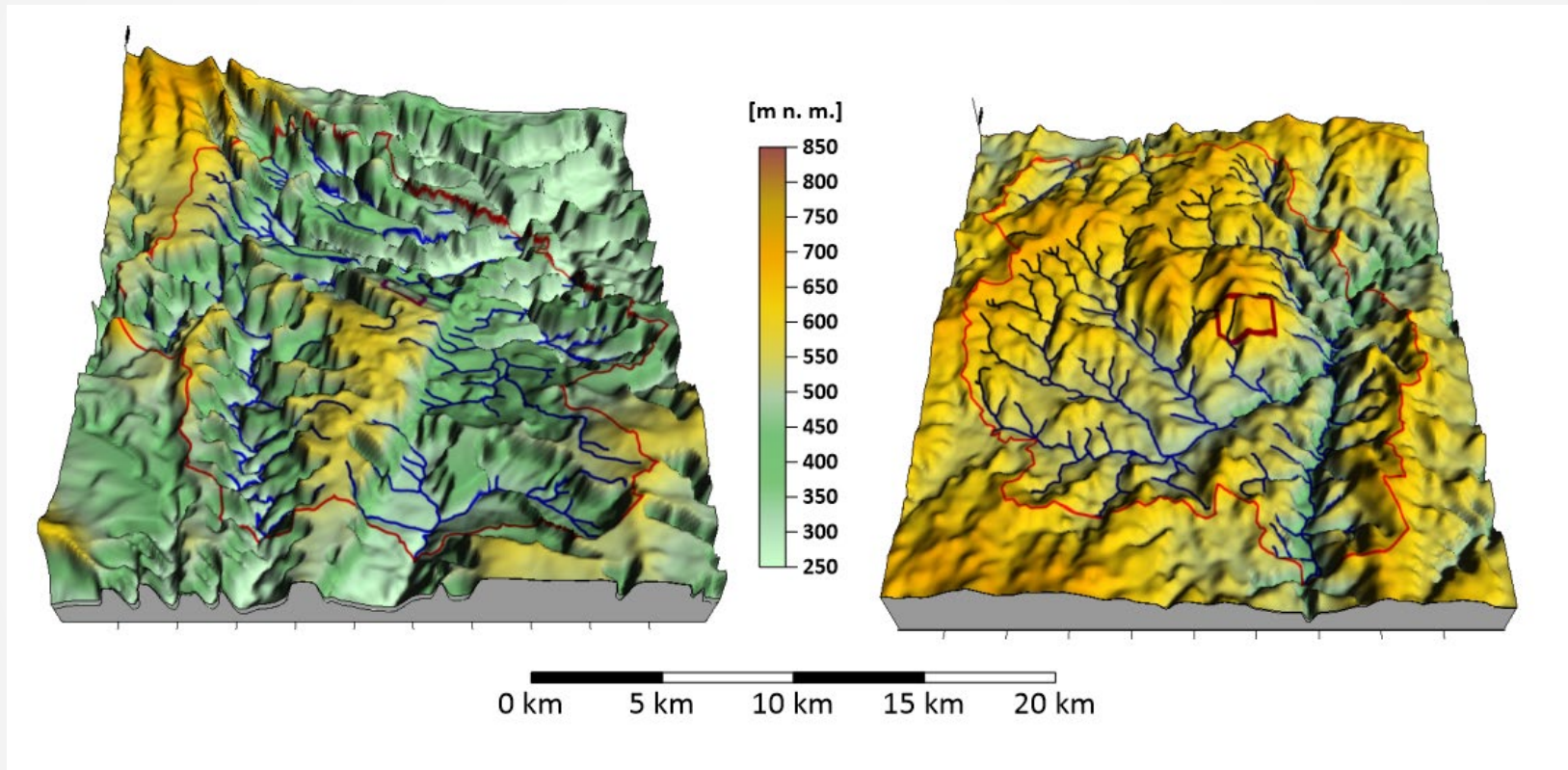
Vývoj reliéfu terénu

+100 tis. let



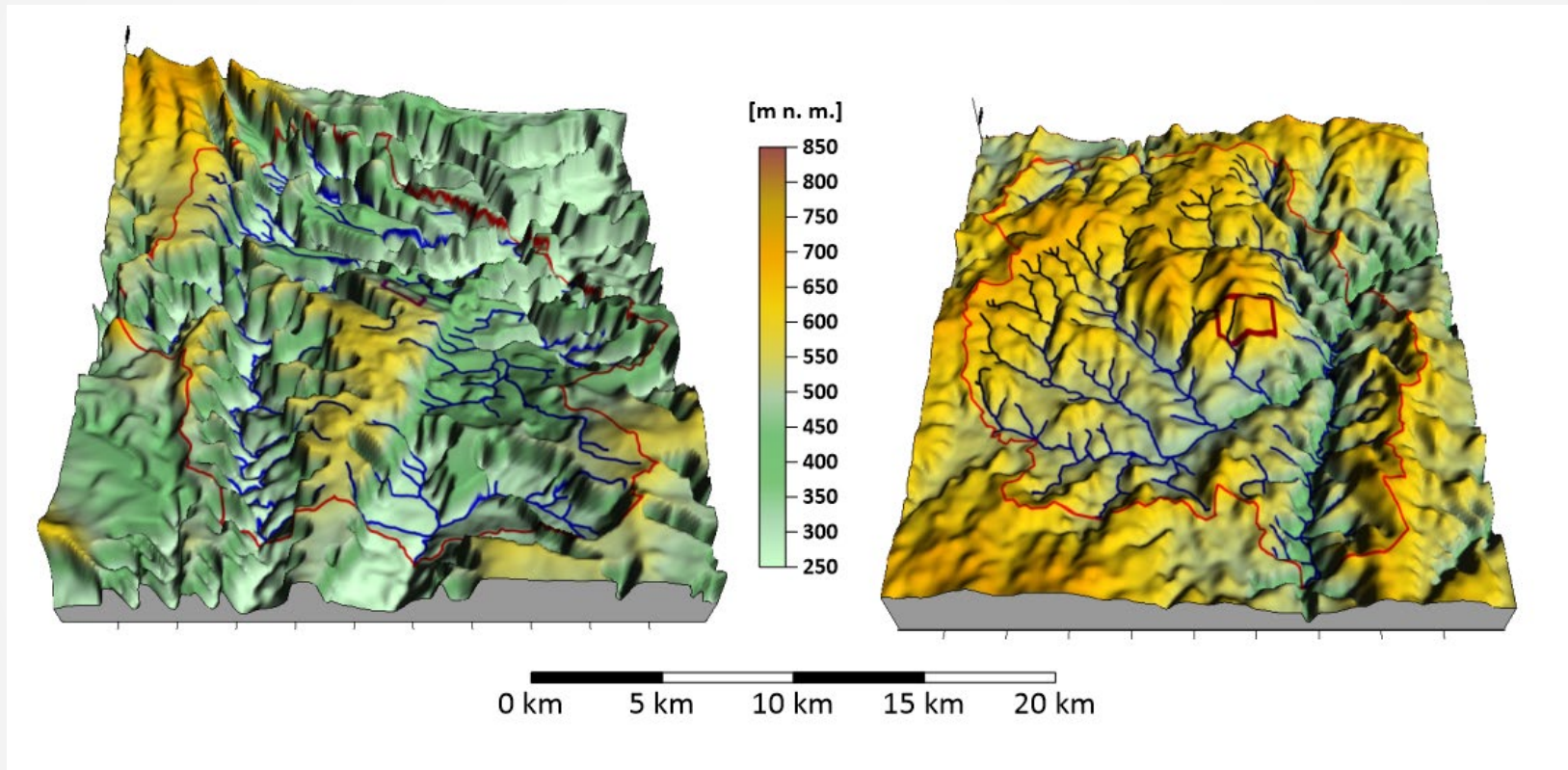
Vývoj reliéfu terénu

+150 tis. let



Vývoj reliéfu terénu

+200 tis. let



Realizace modelů transportu rozpuštěných látek z prostoru HÚ

MODFLOW 2005 & MT3DMS

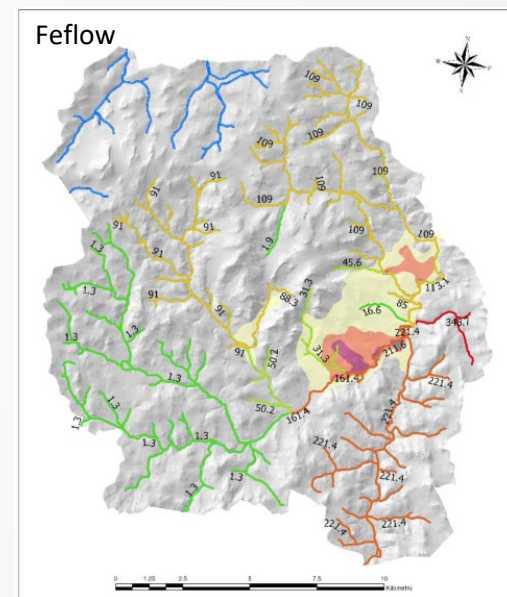
- pracoviště PROGEO, s.r.o.
- výpočetní model volně dostupný (USGS), pre- a post-procesor obvykle komerční (Groundwater Vistas)
- metoda konečných prvků (pravidelná čtvercová síť)

Flow123d

- pracoviště Technické univerzity v Liberci (TUL)
- open-source SW, vývoj na TUL, spolupráce se SÚRAO
- metoda konečných objemů s možností zadání diskretních prvků (např. zlomů)

Feflow

- pracoviště Vysoké školy báňské – Technická univerzita Olomouc
- plně komerční
- metoda konečných prvků s možností zadání diskretních prvků



Realizace modelů transportu rozpuštěných látek z prostoru HÚ

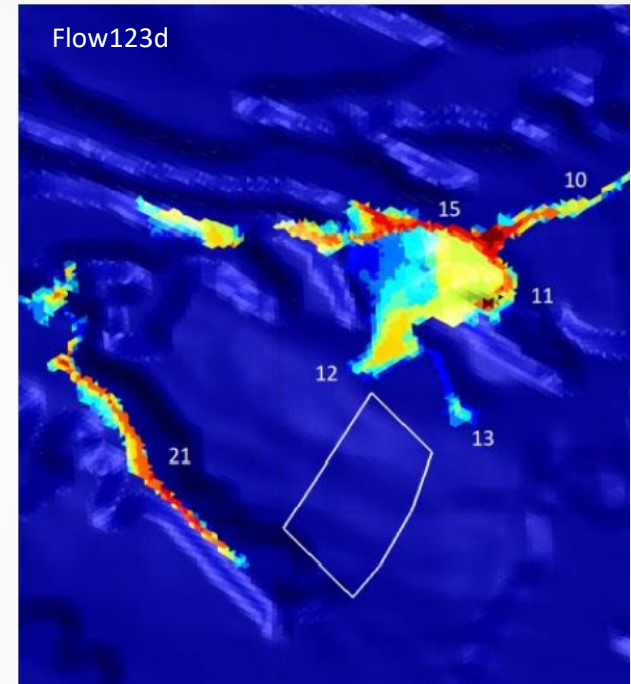
Úskalí modelových nástrojů

- modely neumožňují zadat časový vývoj tvaru terénu natož geometrie modelu jako celku
 - při zahlubování reliéfu tak dochází k zaříznutí báze pod úroveň modelové vrstvy
- modely neumožňují zadat časový vývoj polohy okrajových podmínek
 - nelze měnit polohu dna toků nebo polohu vypouštěného stopovače z prostor HÚ
- vzniká nutnost modely dělit do více kratších period a výměnu dat provést ručně

Vyhodnocení modelů

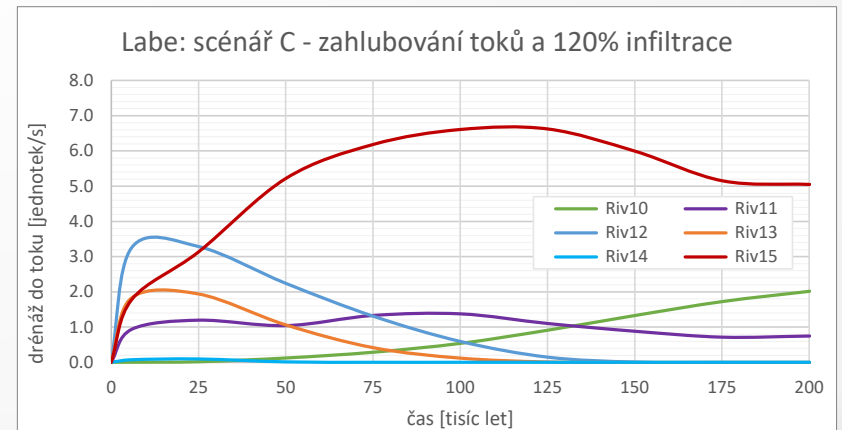
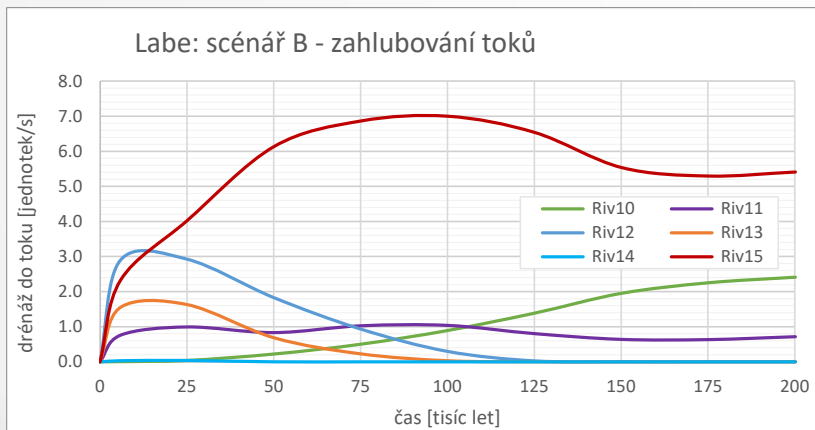
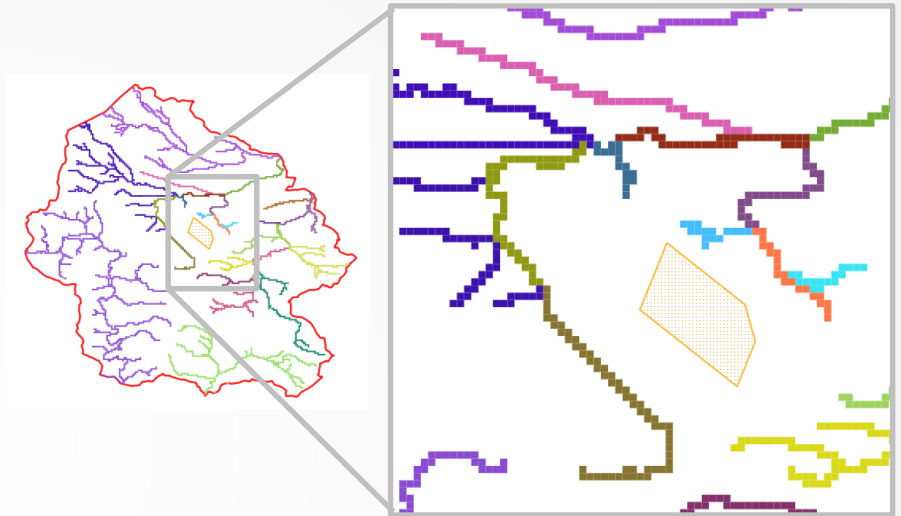
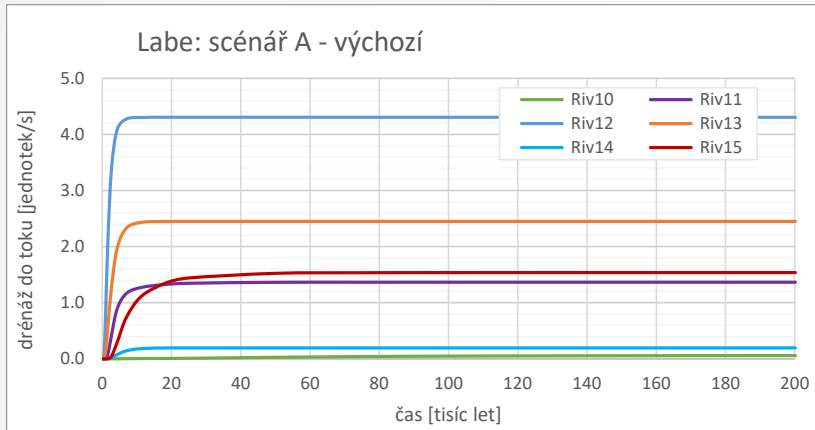
Výsledkem modelů jsou:

- tlakové úrovně podzemní vody v každé výpočetní vrstvě
- koncentrační pole stopovače v každé výpočetní vrstvě
- množství drénované podzemní vody do říční sítě
- koncentrace stopovače ve vodě

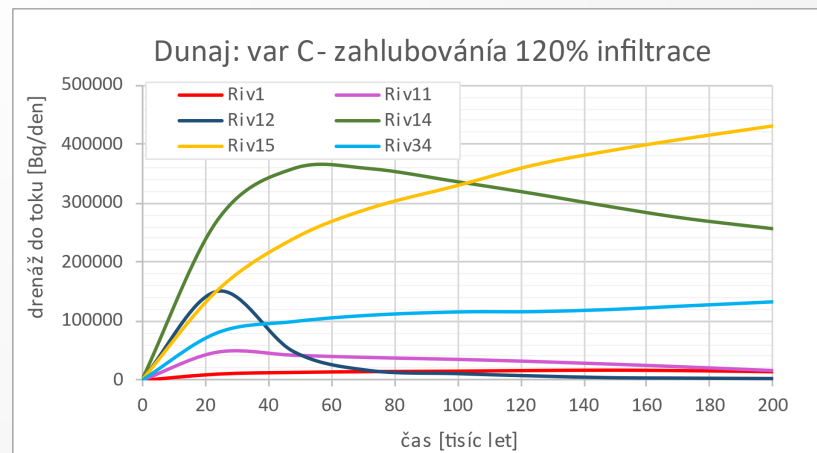
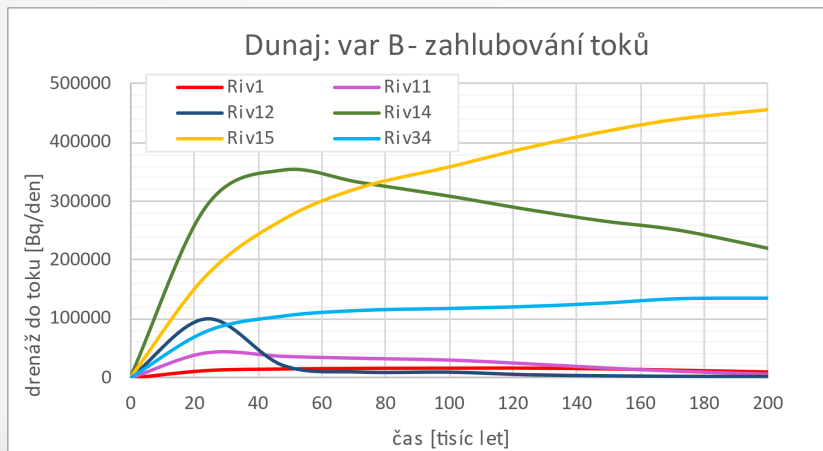
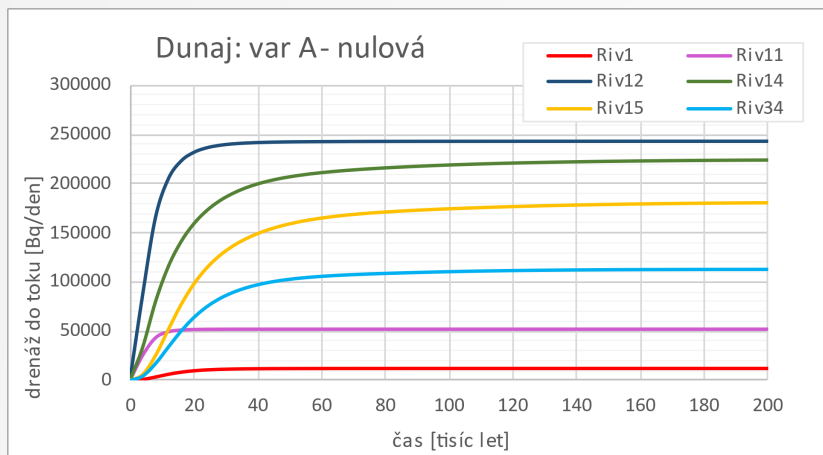


Samotné vyhodnocení bylo založeno na množství drénovaného stopovače v jednotlivých úsecích toků

Vyhodnocení modelů

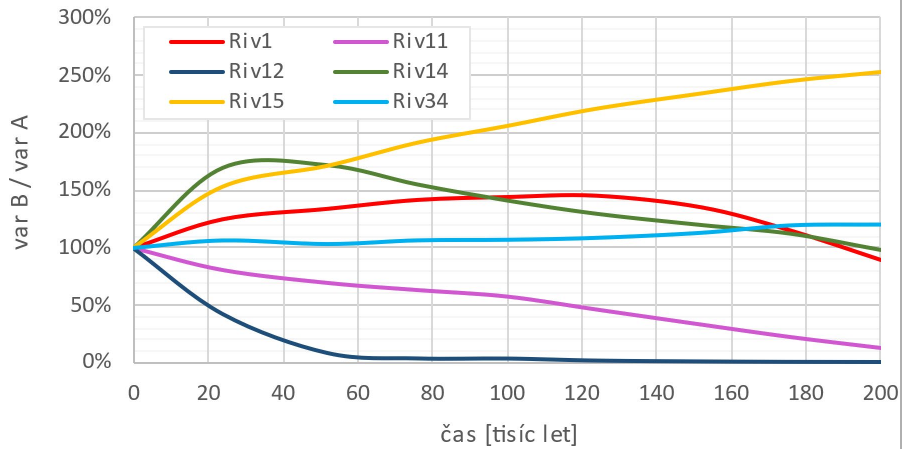


Úroveň drenáže z HÚ: lokalita Dunaj

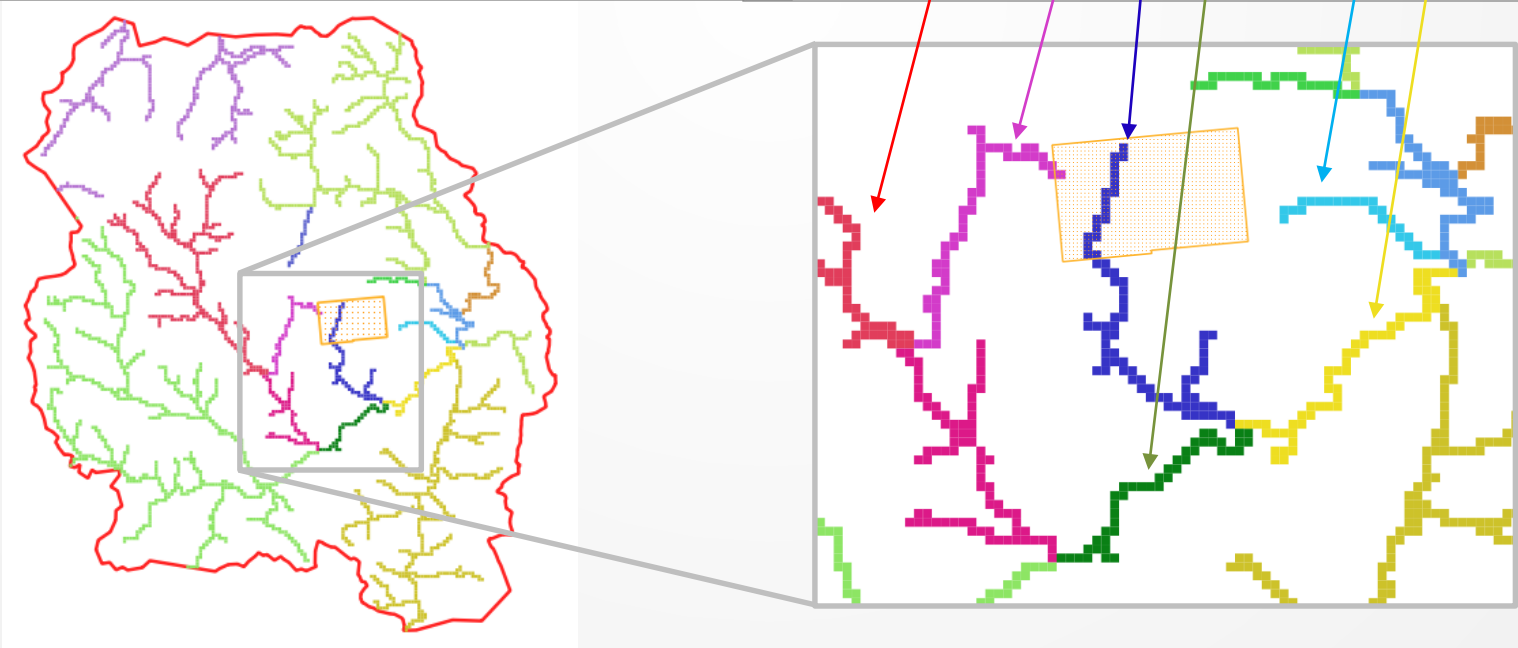
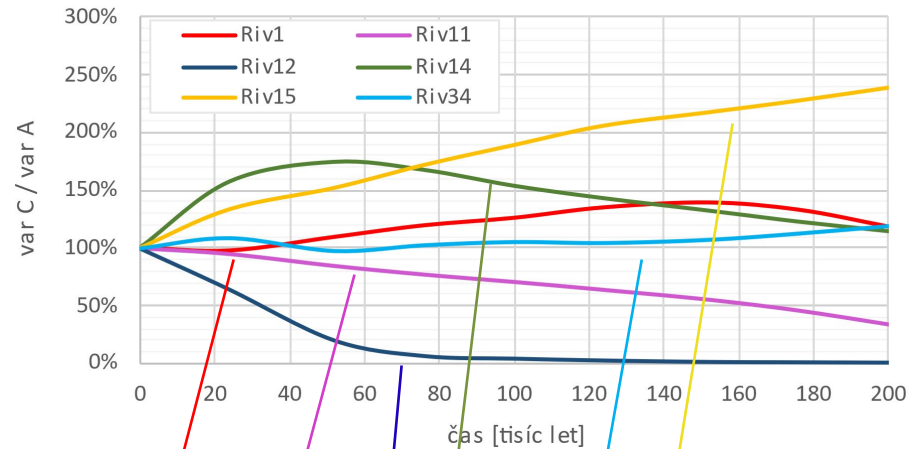


Poměr drenáží z HÚ: Dunaj

Dunaj: var B / var A

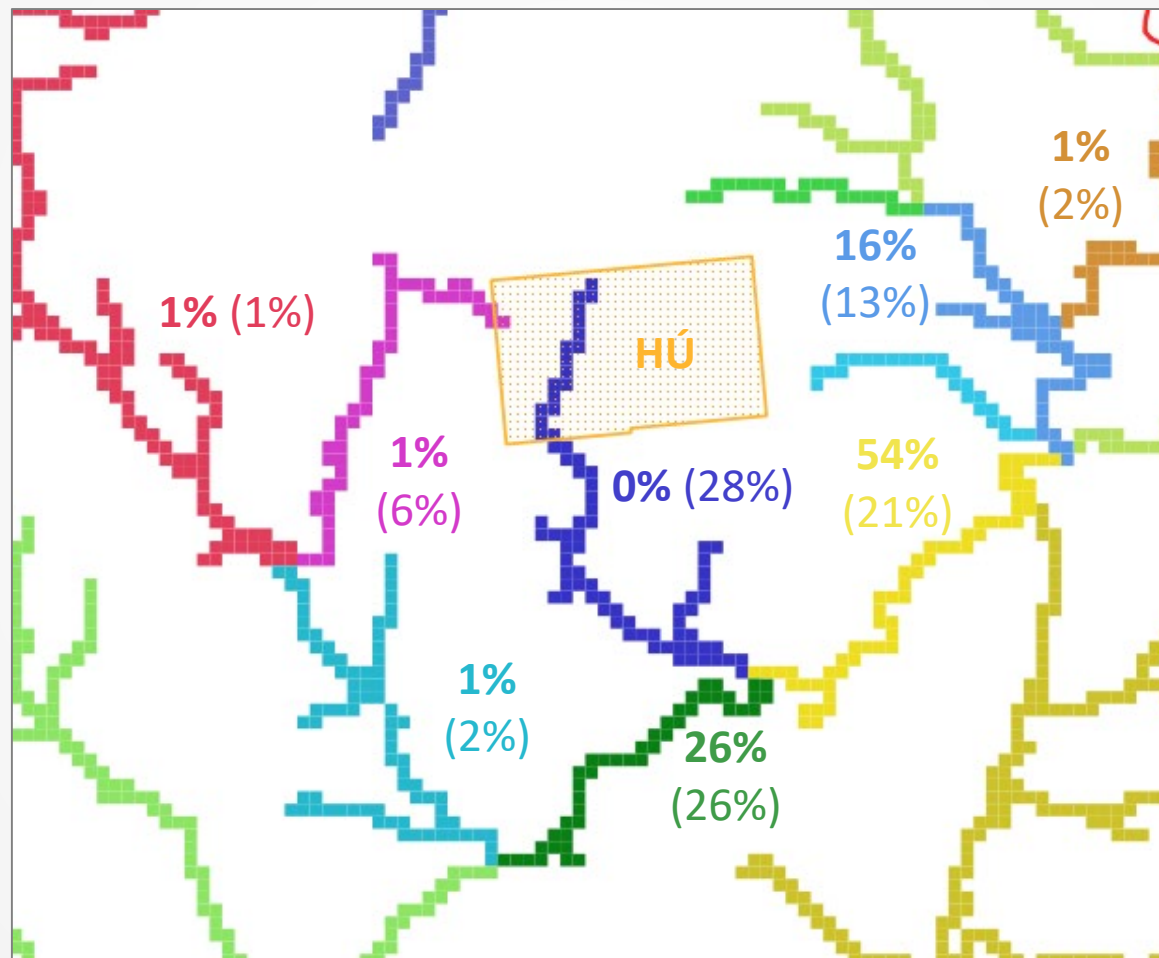


Dunaj: var C / var A



Podíl drenáže z HÚ: Dunaj - var B

zaklesávání toků



(v závorce podíl ve variantě A)

Obecné závěry

- Při změně parametrů geosféry dochází k redistribuci vypouštěného stopovače do jednotlivých drenážních toků
- Nemáme hydrogeologický a transportní model umožňující simulaci vývoje geosféry
- TUL připravuje modul pro Flow123d

Děkuji za pozornost

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu TK02030120 „*Vliv změn vlastností geosféry na vývoj transportu radionuklidů z prostoru HÚ do biosféry*“. Projekt je realizován za finanční podpory z prostředků programu THETA Technologické agentury ČR s garancí a spoluprací Správy úložišť radioaktivních odpadů.