

# Využití hydrologického modelu SMODERP pro model Živé krajiny

Petr Kavka<sup>1</sup>, Ondřej Pešek<sup>2</sup>, Martin Landa<sup>2</sup>, Jakub Jeřábek<sup>1</sup>, Jan Devatý<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

<sup>2</sup>Katedra geomatiky

Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze





# Obsah prezentace

- Motivace
- Co je SMODERP?
- SMODERP - nástroj Živé krajiny?
- SMODERP - implementace





# Motivace

- Degradace zemědělské půdy - vodní eroze
- Rychlá složka odtoku a retence vody v krajině
- Nástroj pro krajinné plánování a návrh opatření pro zadržení vody v krajině

→ otevřený procesně založený model pro  
Návrh opatření v krajině

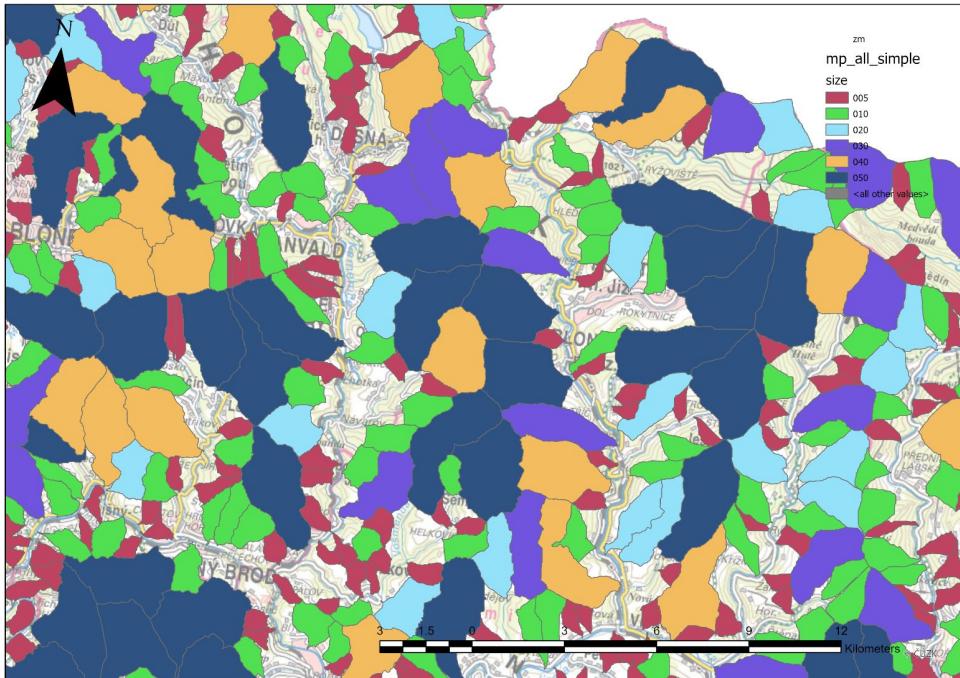




11.10.2023 Humpolec Živá krajina



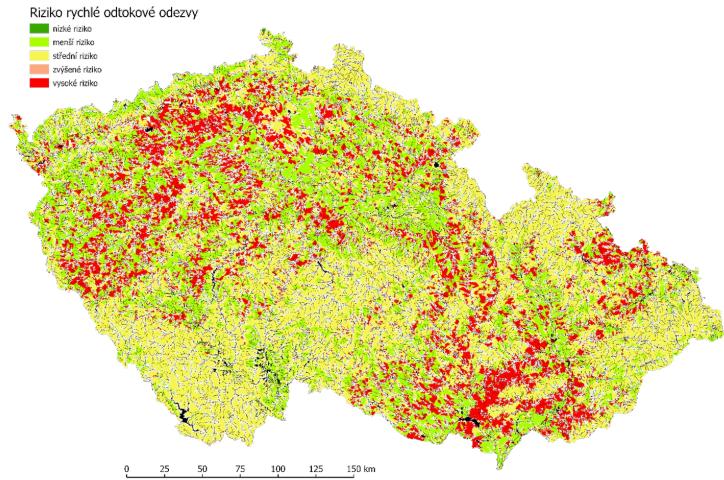
# Malá povodí



80 % plochy České republiky

Kavka, 2021. "Spatial Delimitation of Small Headwater Catchments and Their Classification in Terms of Runoff Risks." Water (Switzerland) 13 (23). <https://doi.org/10.3390/W13233458>.

Kavka, 2023 - Malá zdrojová povodí – jejich prostorové vymezení a klasifikace z hlediska rizika ohrožení rychlým odtokem, VTEI, <https://www.vtei.cz/>



[https://rain1.fsv.cvut.cz/?PROJECT=rain/small\\_catchment](https://rain1.fsv.cvut.cz/?PROJECT=rain/small_catchment)





# Současný stav

- Ochrana a rozmístění prvků - volná (kulturní...zemědělská....krajina)
  - Koncepce uspořádání krajiny
  - Územní plán
  - Pozemkové úpravy
  - ÚSES
- Metody
  - Eroze ⇔ USLE, monitoring eroze....
  - Hydrologické posouzení ⇔ SCS-CN
- Dotační politika, tlak na využití krajiny
- Adaptace krajiny na změny klimatu

**ČSN 75 4500 – Protierozní ochrana zemědělské půdy**

*Metodika protierozní ochrana  
(Janeček, 2007, 2012)*

**!!! Vznikající inovace této metodiky - 2024**



**Vlastníci a hospodařící subjekty**

11.10.2023 Humpolec Živá krajina

**Model Živá krajina**



# Simulační model SMODERP

- Profilové (1D) řešení od roku 1986
- Součást - "Metodika protierozní ochrana" (Janeček, 2007, 2012)
  - !!! Vznikající inovace této metodiky - 2024
- ČSN 75 4500 – Protierozní ochrana zemědělské půdy
- TP 53 - Protierozní opatření na svazích pozemních komunikacích

## SMODERP 2D od 2009

- Prostorové řešení modelu
- Vazba mezi elementy
- Integrace do GIS
- Řešení numerické stability
- Oddělení procesů plošného a soustředěného odtoku
- Zpřesňování parametrů modelu
- Vstupní data

## Procesně založený epizodní model

- Infiltrace
- Povrchová retence
- Intercepce
- Odtok
  - Plošný odtok
  - Soustředěný odtok v rýhách
  - Vodní toky

Vznik odtoku → bilance vody na povrchu

Průběh odtoku → kinematická vlna





# Metody výzkumu → model SMODERP

## Studium vzniku a forem povrchového odtoku

- Příčiny, počáteční podmínky
- Bilance vody a co ji ovlivňuje
- Náhodnost srážek
- Formy povrchového odtoku
  - Plošný odtok → selektivní smyv
  - Soustředěný odtok → erozní rýhy

## Ochrana před možnými dopady

- Snížení transportu látek (eroze, dopad na vodní toky a nádrže)
- Návrh technických opatření v krajině
- Ochrana svahů zemních těles





11.10.2023 Humpolec Živá krajina



11.10.2023 Humpolec Živá krajina



# Metody výzkumu

- DPZ (letecké snímkování, UAV, fotogrammetrie)
- Stabilní plochy - dlouhodobý monitoring



Báčová, M.; Krásá, J.; Devátý, J.; Kavka, P. A GIS method for volumetric assessments of erosion rills from digital surface models. *Eur. J. Remote Sens.* 2018, 52, 96–107. <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1543556>.

Kavka, P.; Devaty, J.; Vlaciłova, M.; Krásá, J.; Dostal, T. Comparison of soil erosion rills identificatiaon by mathematical models and aerial photographs. In *Proceedings of the 14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Albena, Bulgaria, 19–25 June 2014; Volume 1*, pp. 521–528.

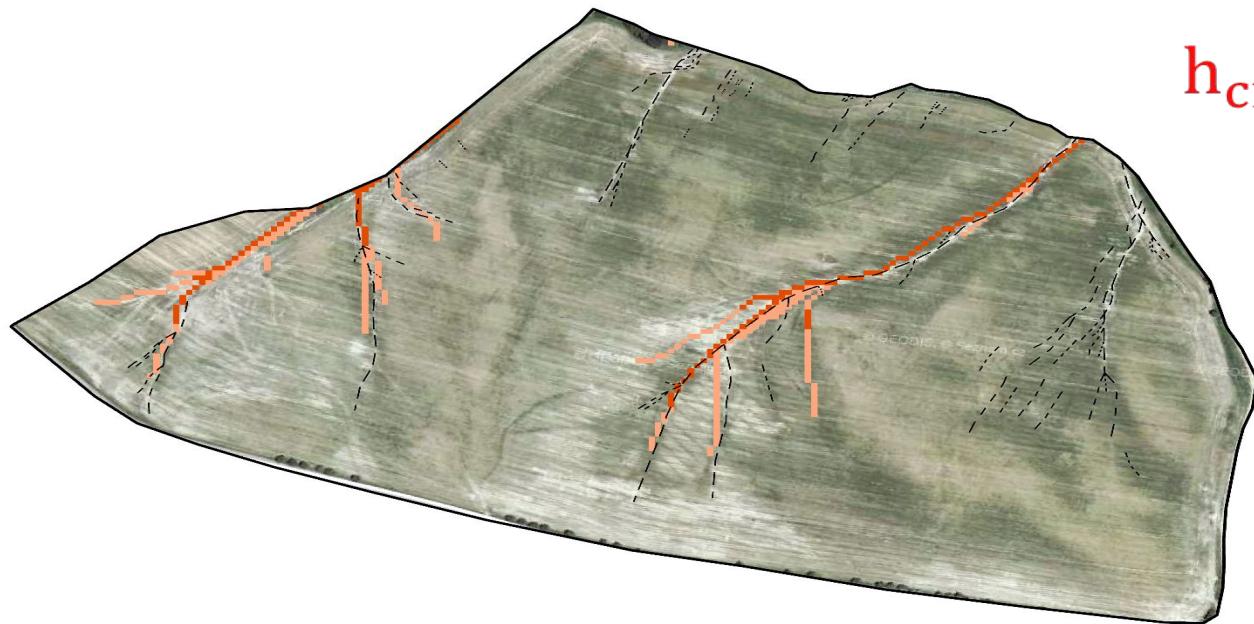
Bauer, M.; Kavka, P.; et al. 2014 ‘Experimental research of soil erosion processes in the Czech Republic’, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 2(3), pp. 131–138. doi: 10.5593/sgem2014/b32/s13.018. 2014





# Erozní rýhy

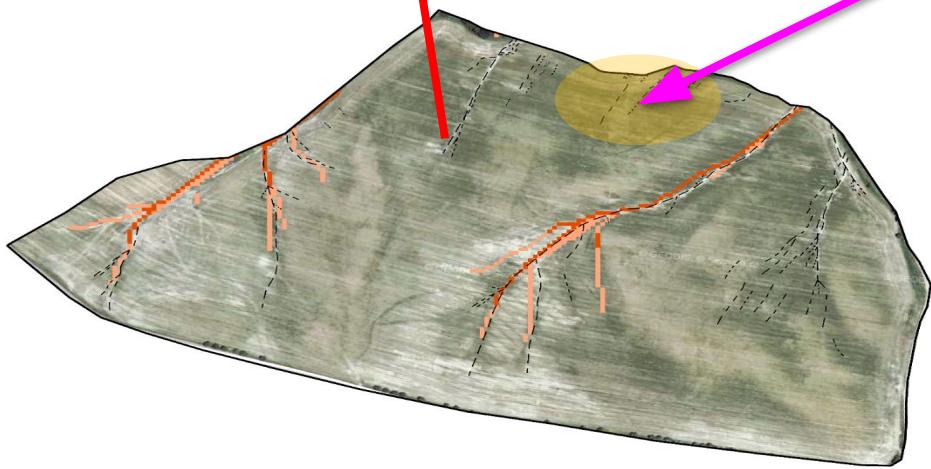
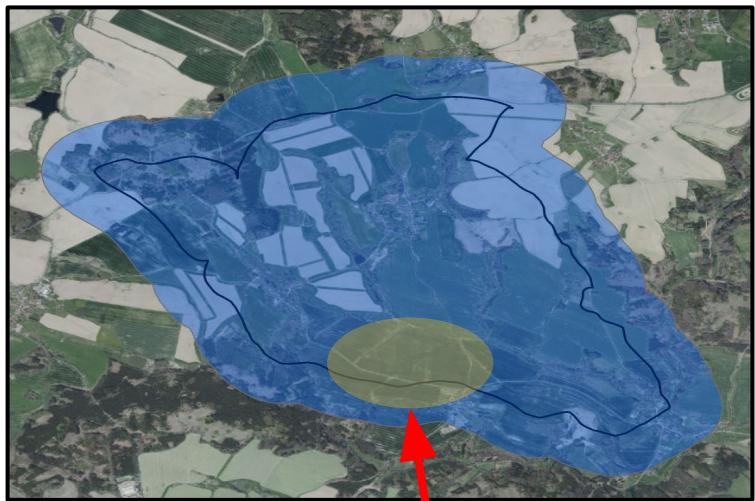
Pozorované rýhy  
Modelované rýhy



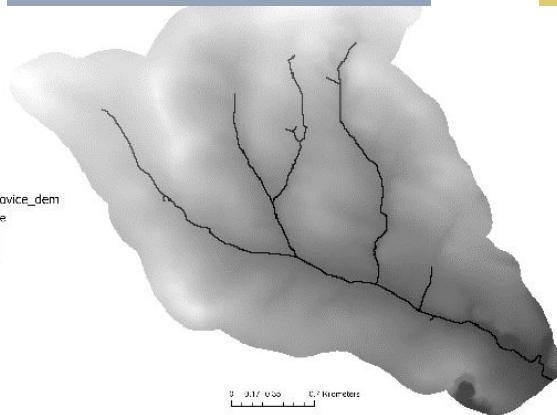
$$h_{\text{crit}} \leftarrow v_{\text{crit}}, \tau_{\text{crit}}$$

Validace  
kritických/limitnch  
hodnot

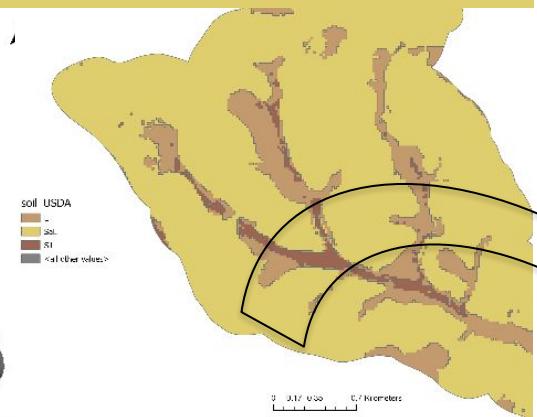




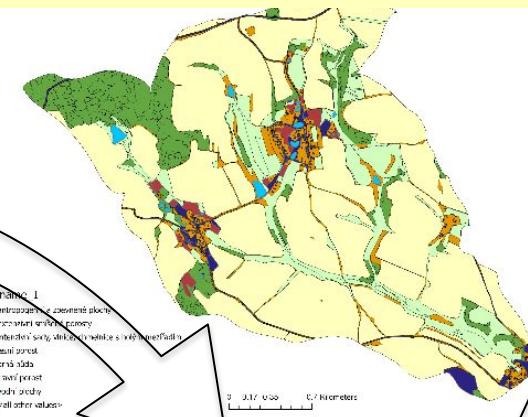
# MORFOLOGIE



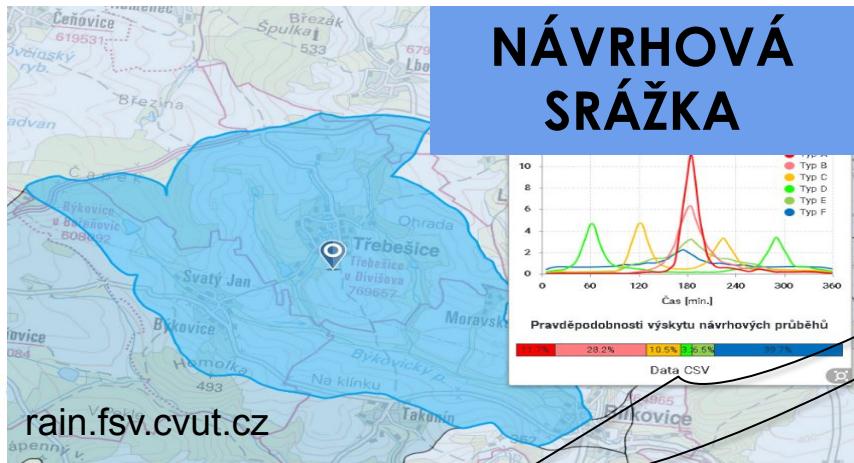
# PŮDNÍ DATA



# VYUŽITÍ ÚZEMÍ



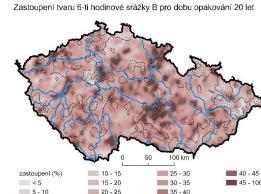
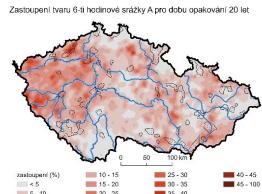
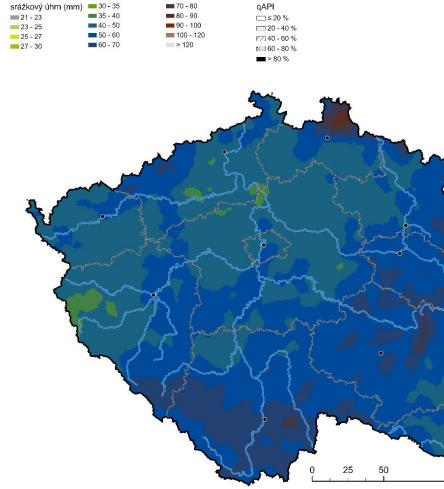
# NÁVRHOVÁ SRÁŽKA



# MODEL SMODERP2D

# NÁVRH & POSOUZENÍ

## Návrhové 6-ti hodinové srážky pro dobu opakování 20 let



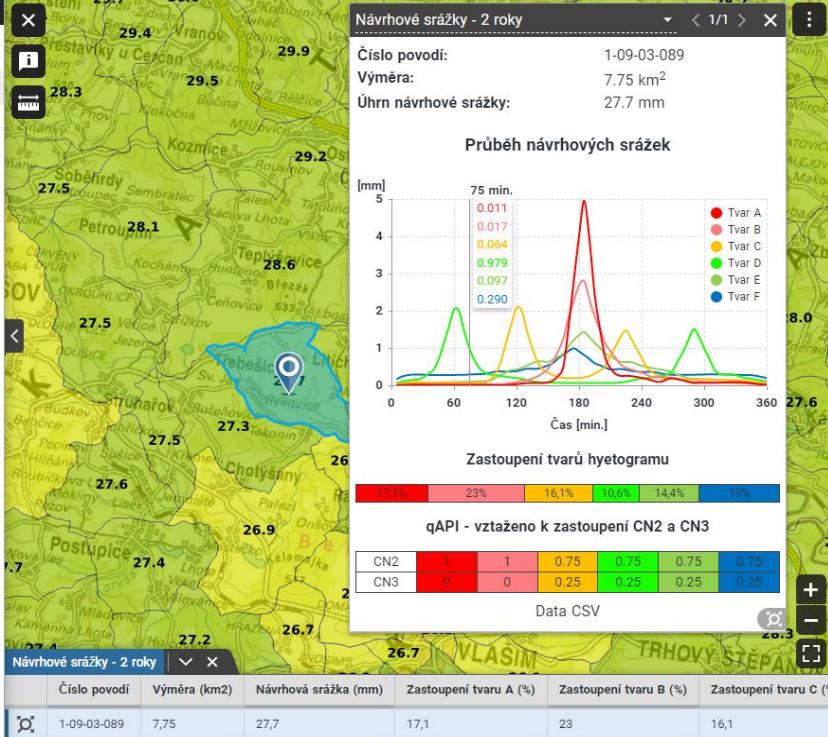
[rain.fsv.cvut.cz](http://rain.fsv.cvut.cz)

## Srážková data

## Fyzikální vlastnosti půd

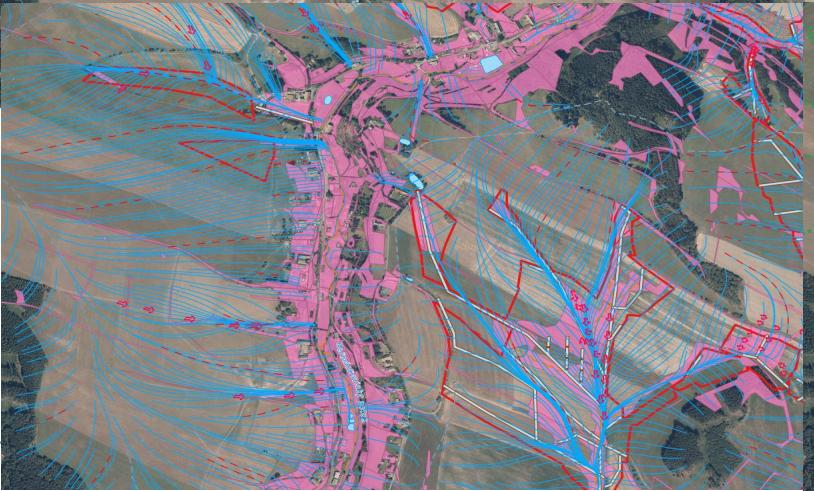
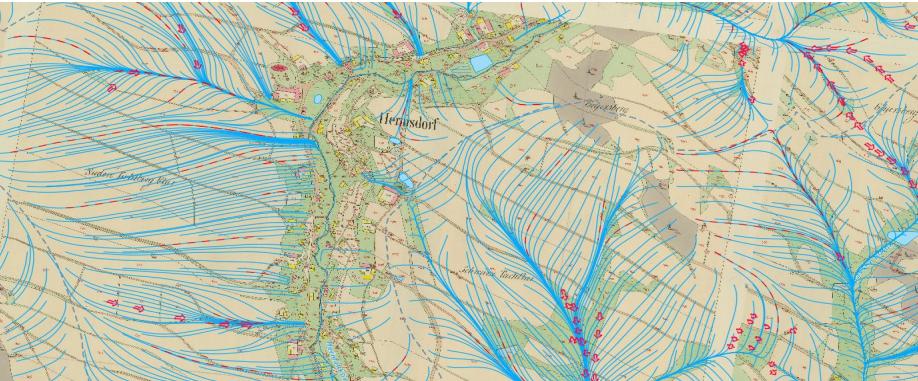
The legend shows saturation levels for different soil types:

- zeminové typy (Soil types):** 10 - 15, 15 - 20, 20 - 25, 25 - 30, 30 - 35, 35 - 40.
- zatopení (%) (Saturation (%)):** 
  - ≤ 5
  - 5 - 10
  - 10 - 15
  - 15 - 20
  - 20 - 25
  - 25 - 30
  - 30 - 35
  - 35 - 40
  - 40 - 45
  - 45 - 50
  - 5 - ≤ 5
  - 10 - 15
  - 15 - 20
  - 20 - 25
  - 25 - 30
  - 30 - 35
  - 35 - 40
  - 40 - 45
  - 45 - 50
  - 5 - ≤ 5
  - 10 - 15
  - 15 - 20
  - 20 - 25



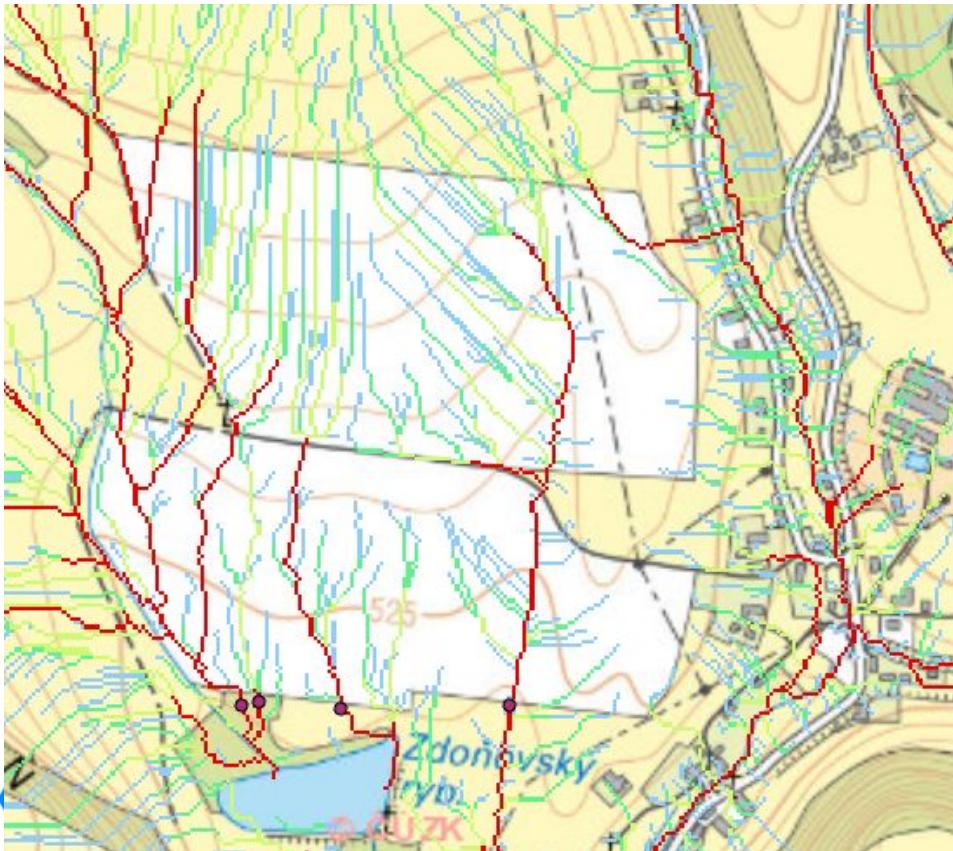


# SMODERP - nástroj Živé krajiny?

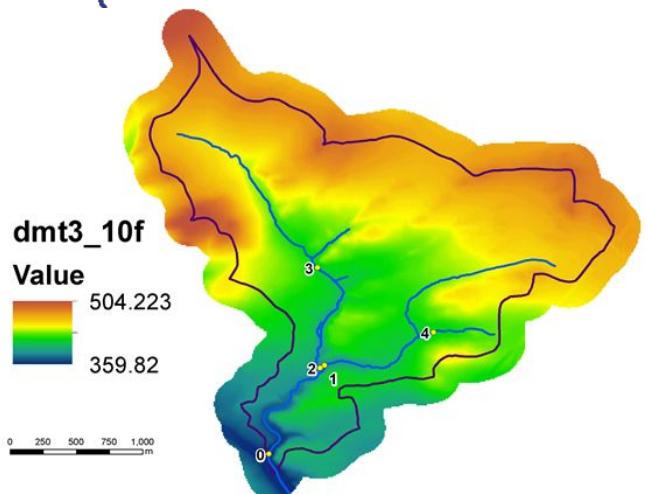
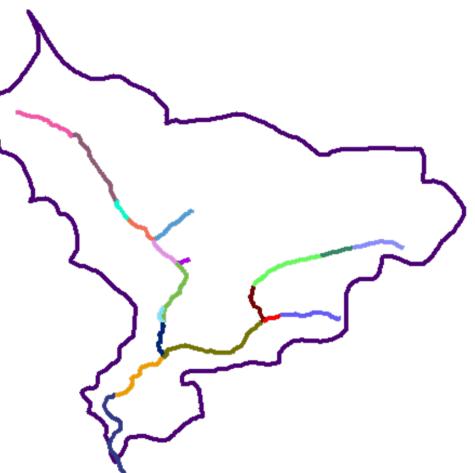




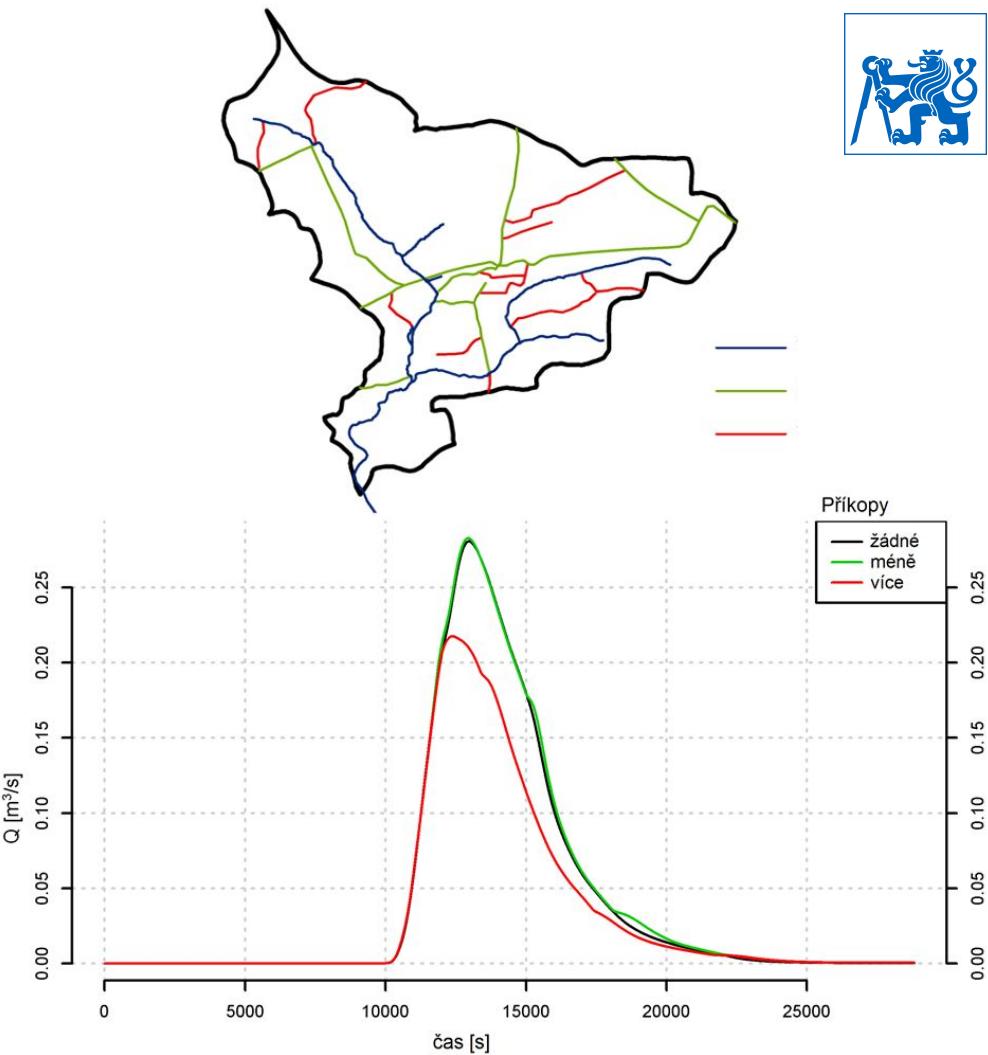
# SMODERP - nástroj Živé krajiny?

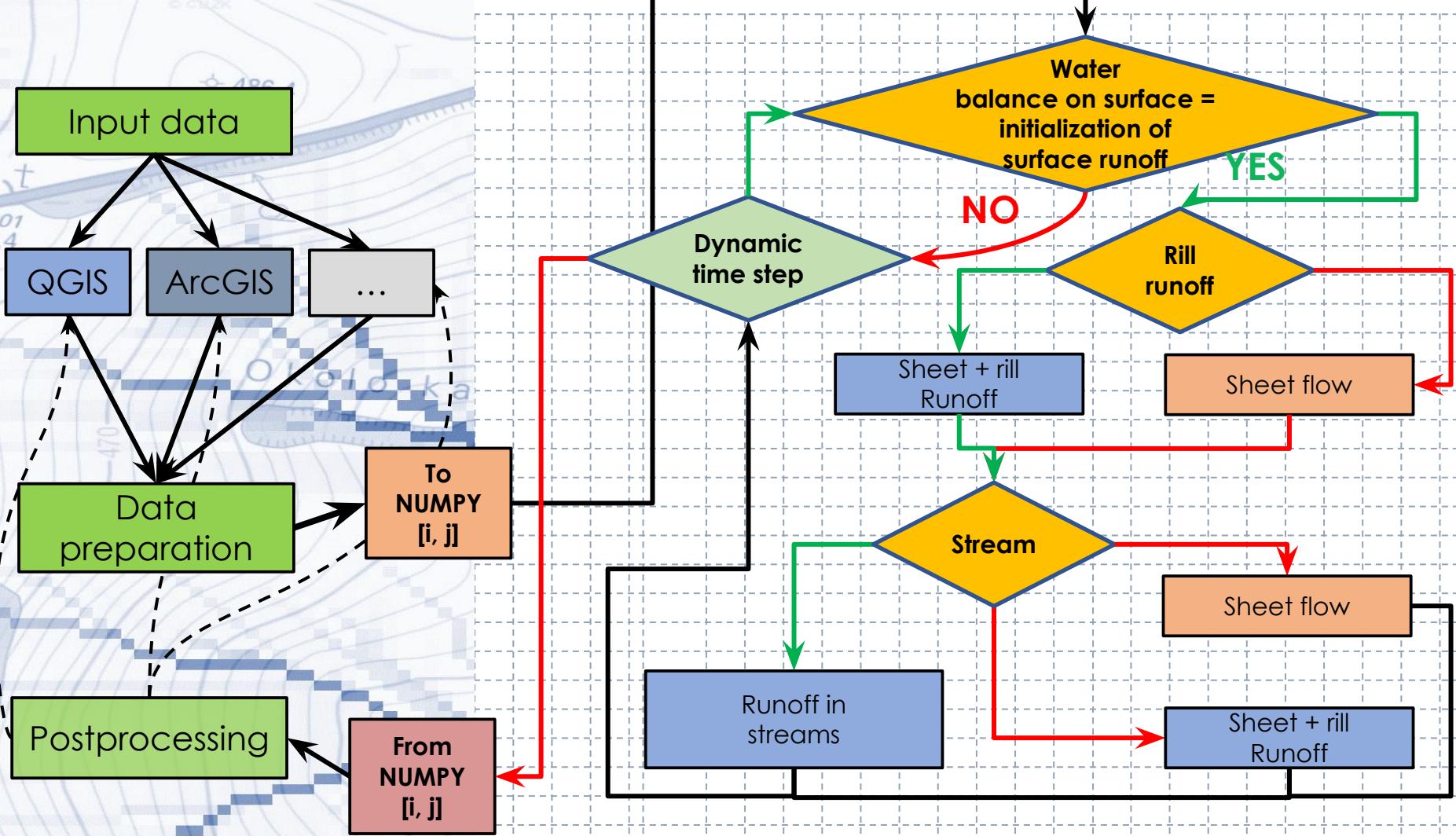


- Současný stav návrhů → pravidelné geometrické umístěných záchytných prvků
- Využití SMODERP
  - Vizualizace průtoků a objemů
  - Efektivní rozmístění prvků v krajině na základě výsledků modelu
  - Charakteristiky povrchového odtoku (průtok, objem) → podklady pro dimenzování
  - Ověření dopadu plánovaných/projektovaných prvků



11.10.2023 Humpolec Živá krajina







# Výpočetní jádro SMODERP

- Implementováno v programovacím jazyku Python
- Jediná závislost: NumPy
- SMODERP 1.0: Výpočet na bázi buněk
  - Data 16 kB: 6s
  - Data 660 kB: 31min
- SMODERP 2.0: Výpočet na celé ploše v maskovaných NumPy polích
  - Data 16 kB: 21s (**3.5x pomalejší**)
  - Data 660 kB: 5min (**6.2x rychlejší**)
- SMODERP ?
  - Implicitní řešení





# Automatizované testy

- Běží jako GitHub workflows
- Implementováno pomocí pytest
- Zajišťuje konzistenci výpočtu

**Actions** New workflow

All workflows

CMD provider

CMD provider consistency test reusable...

GRASS GIS provider

Management

Caches

<b>✓ add longer, deeper tests</b> CMD provider #242: Pull request #196 opened by pesekon2 <span>add_long_tests</span>	4 hours ago 11m 14s	...
<b>✓ add longer, deeper tests</b> GRASS GIS provider #242: Pull request #196 opened by pesekon2 <span>add_long_tests</span>	4 hours ago 1m 58s	...
<b>✓ .gitignore: add more GRASS junk</b> CMD provider #241: Commit 3d28c20 pushed by pesekon2 <span>master</span>	yesterday 3m 32s	...
<b>✓ .gitignore: add more GRASS junk</b> GRASS GIS provider #241: Commit 3d28c20 pushed by pesekon2 <span>master</span>	yesterday 1m 35s	...





# Uživatelská rozhraní

## 1. ArcGIS toolbox

## 2. GRASS GIS

## 3. Příkazová řádka

## 4. QGIS plugin





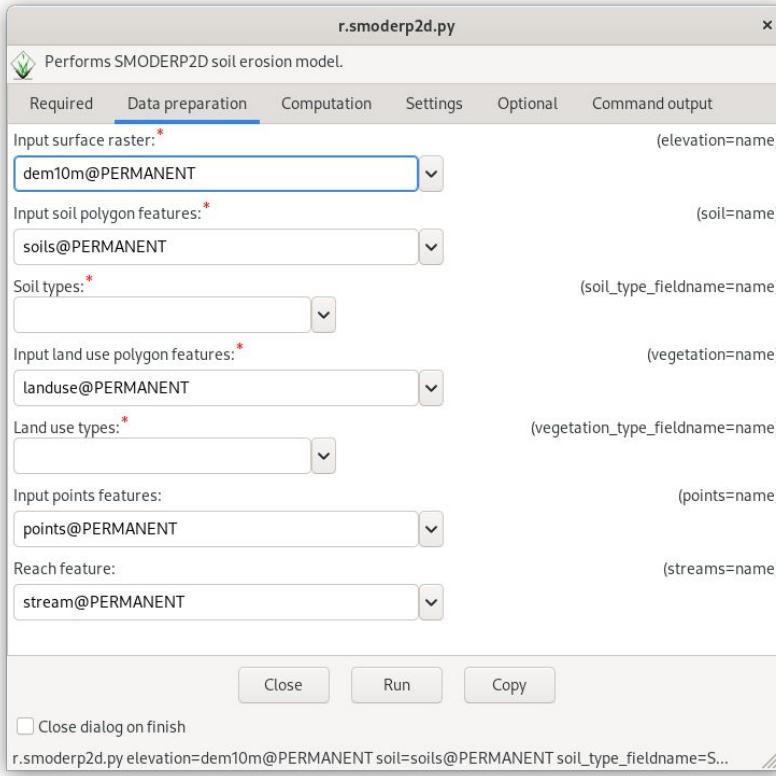
# Uživatelská rozhraní

1. ArcGIS toolbox

2. GRASS GIS

3. Příkazová řádka

4. QGIS plugin



# Uživatelská rozhraní



1. ArcGIS toolbox
  2. GRASS GIS
  3. Příkazová řádka
  4. QGIS plugin

```
martin@dell: ~/git/storm-fsv-cvut/smoderp2d
```



```
martin@dell: ~/git/storm-fsv-cvut/smoderp2d
```

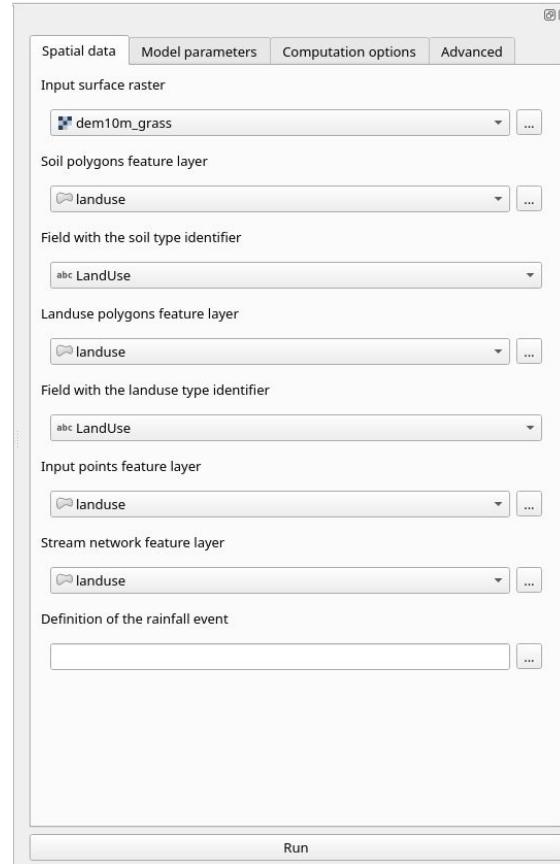
```
2023-10-11 11:23:21,239 - SMODERP2D - DEBUG - Size of loaded data is 1584 bytes - [__init__:432]
2023-10-11 11:23:21,256 - SMODERP2D - INFO - Surface: ON - [surface:120]
2023-10-11 11:23:21,256 - SMODERP2D - INFO - Kinematic approach - [kinematic_diffuse:14]
2023-10-11 11:23:21,256 - SMODERP2D - INFO - D8 flow algorithm - [flow:44]
2023-10-11 11:23:21,260 - SMODERP2D - INFO - Stream: OFF - [stream:213]
2023-10-11 11:23:21,260 - SMODERP2D - INFO - Rill flow: ON - [surface:138]
2023-10-11 11:23:21,260 - SMODERP2D - INFO - Subsurface: - [subsurface:241]
2023-10-11 11:23:21,260 - SMODERP2D - INFO - Subsurface: OFF - [subsurface:206]
2023-10-11 11:23:21,260 - SMODERP2D - INFO - Save cumulative and maximum values from: Surface - [cumulative_max:89]
2023-10-11 11:23:21,261 - SMODERP2D - INFO - Corrected time step is 30.0 [s] - [runoff:177]
2023-10-11 11:23:21,262 - SMODERP2D - INFO - Hydrographs files has been created... - [hydrographs:155]
2023-10-11 11:23:21,264 - SMODERP2D - INFO - -----
2023-10-11 11:23:21,264 - SMODERP2D - INFO - Start of computing... - [runoff:225]
/usr/lib/python3/dist-packages/numpy/core/_pyr58: RuntimeWarning: underflow encountered in multiply
    return umath.absolute(a) * self.tolerance >= umath.absolute(b)
2023-10-11 11:23:21,713 - SMODERP2D - INFO - -----
2023-10-11 11:23:21,713 - SMODERP2D - INFO - Total time      [secs]: 180.80 - [logger:46]
2023-10-11 11:23:21,713 - SMODERP2D - INFO - Time step       [secs]: 8.03e-01 - [logger:47]
2023-10-11 11:23:21,713 - SMODERP2D - INFO - Time iterations : 2 - [logger:48]
2023-10-11 11:23:21,713 - SMODERP2D - INFO - Percentage done  [%]: 5.02 - [logger:49]
2023-10-11 11:23:21,713 - SMODERP2D - INFO - Time to end     [secs]: 8.49 - [logger:66]
2023-10-11 11:23:21,713 - SMODERP2D - INFO - -----
2023-10-11 11:23:21,713 - SMODERP2D - PROGRESS - 14 - [logger:40]
```





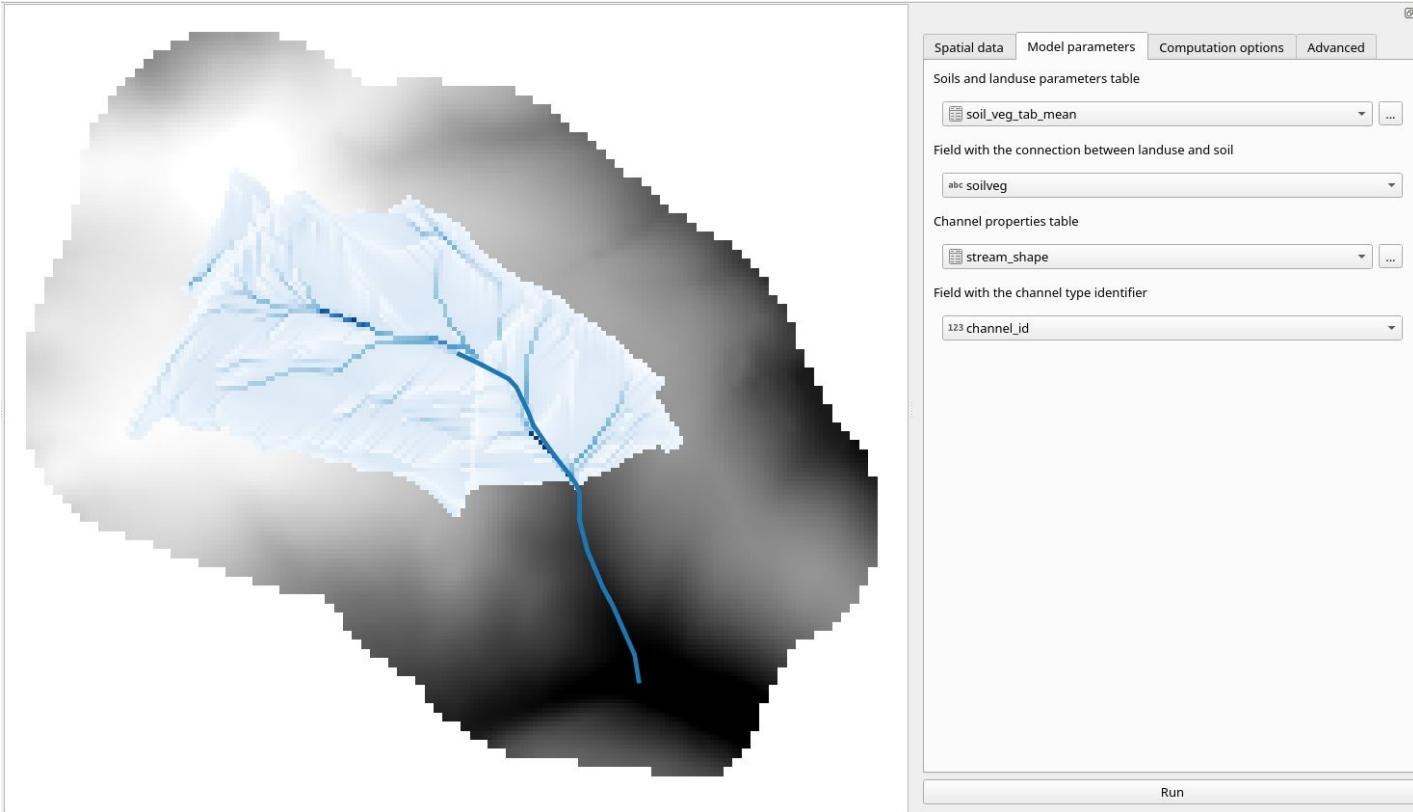
# QGIS plugin

- Uživatelské rozhraní pro QGIS umožňující spustit výpočet na pozadí v GRASS GIS
- Experimentální prototyp





# QGIS plugin





Open-source projekt (GNU GPL)

<https://github.com/storm-fsv-cvut/smoderp2d/>  
[smoderp.fsv.cvut.cz](http://smoderp.fsv.cvut.cz)  
[rain.fsv.cvut.cz](http://rain.fsv.cvut.cz)

Děkujeme za pozornost!

