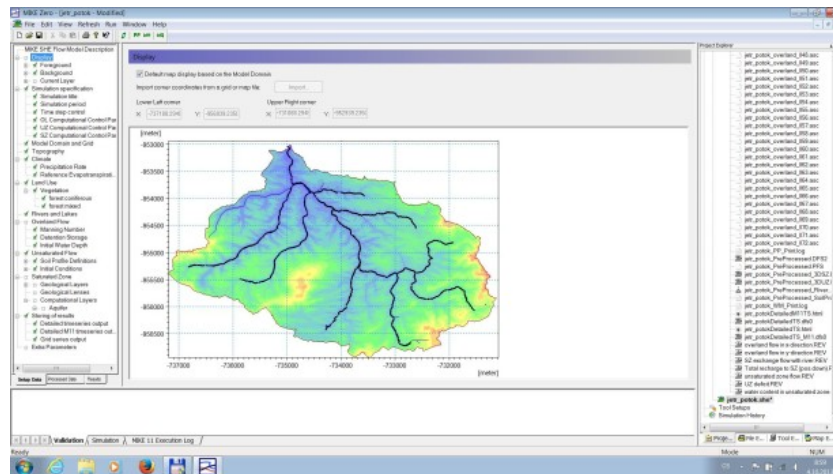


# Plně distribuované modely nejen pro flash floods



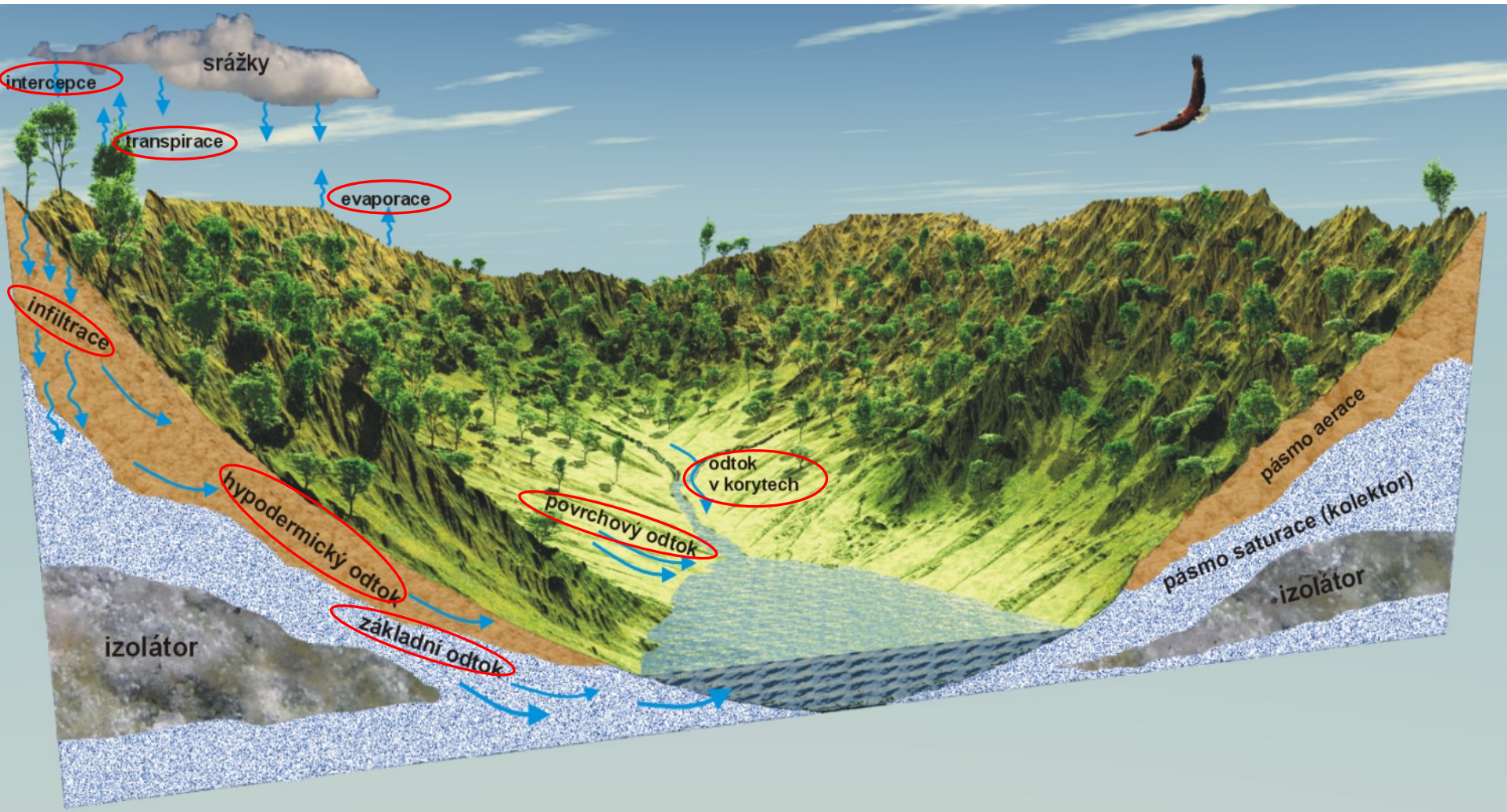
*Zkušenosti z povodí Ploučnice, Kamenice a Křinice.*



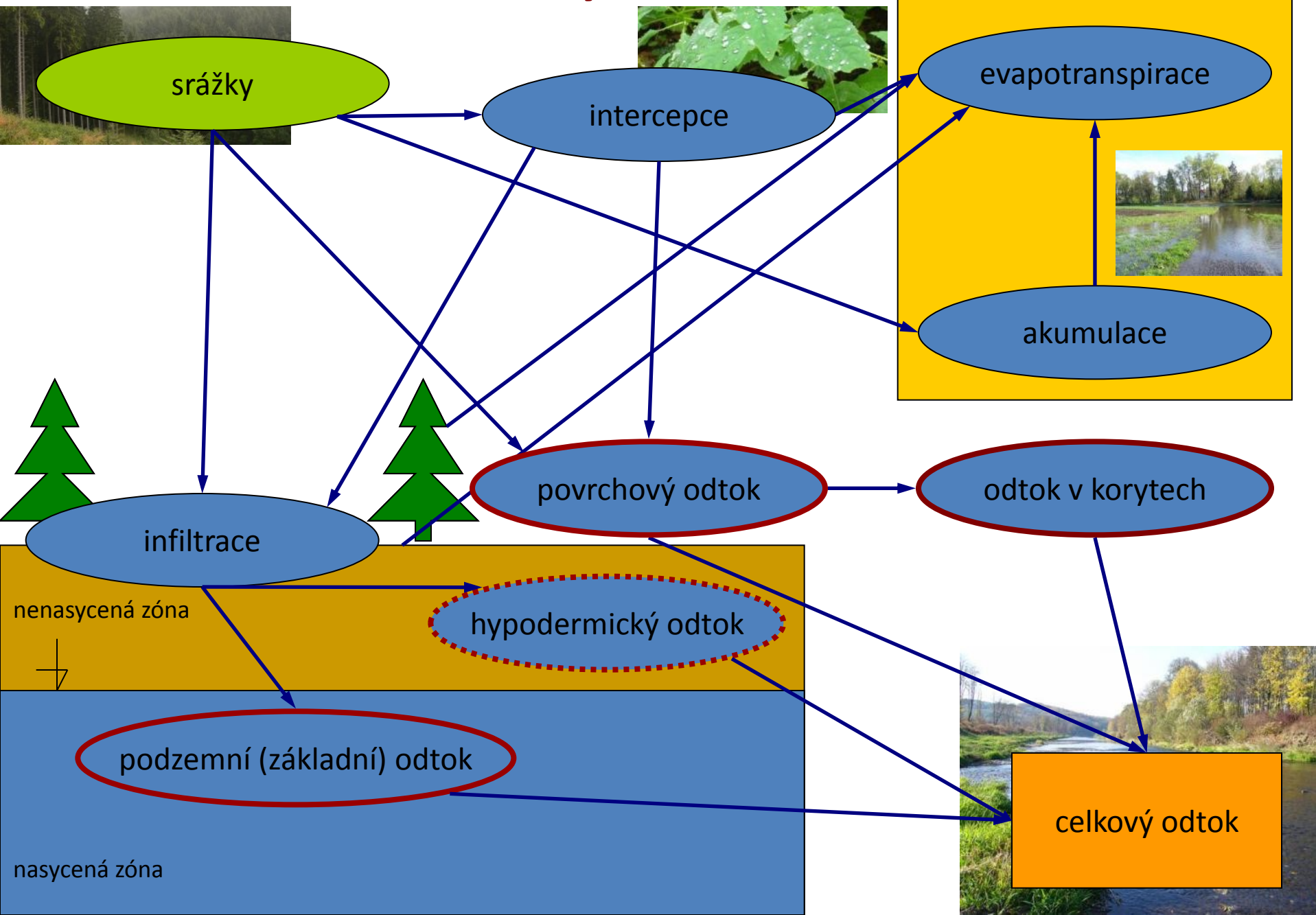
Jan Unucka VŠB-TUO a PŘF OU  
Vladimír Fárek, ČHMÚ Ústí n.L.  
Veronika Říhová, ČHMÚ Ostrava



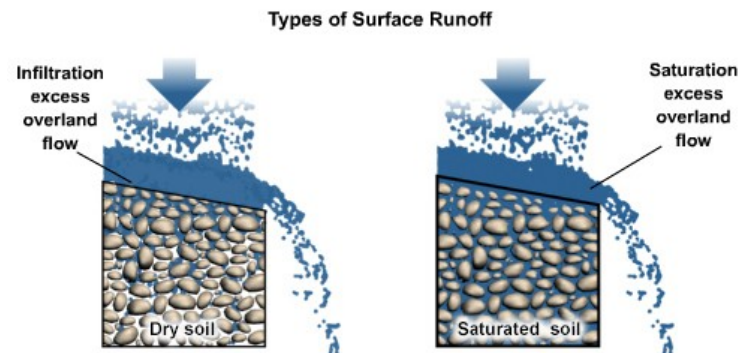
# Srážkoodtokový (s-o) proces



# Modelované „domény“



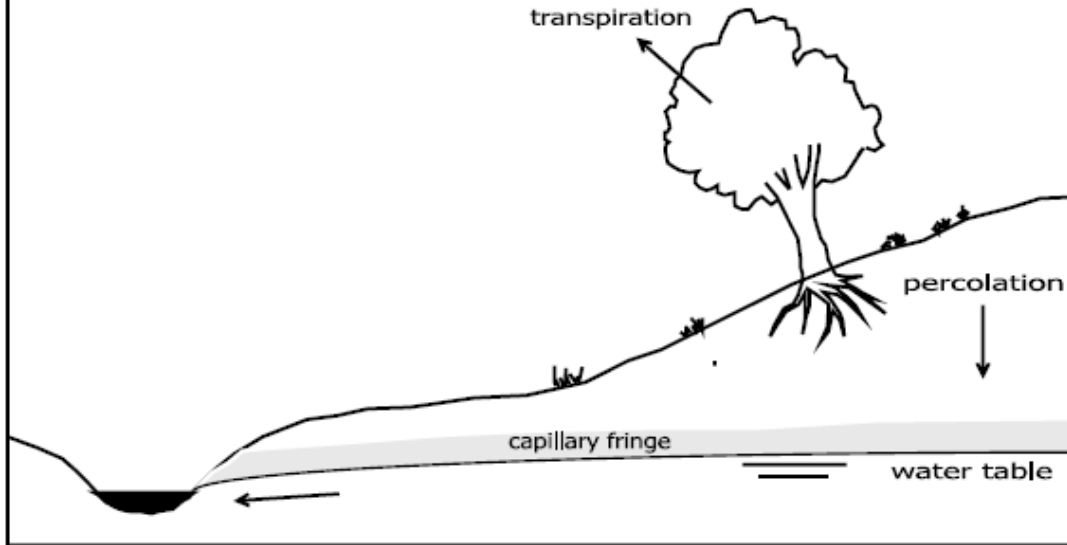
# Problematika infiltrace do půdy



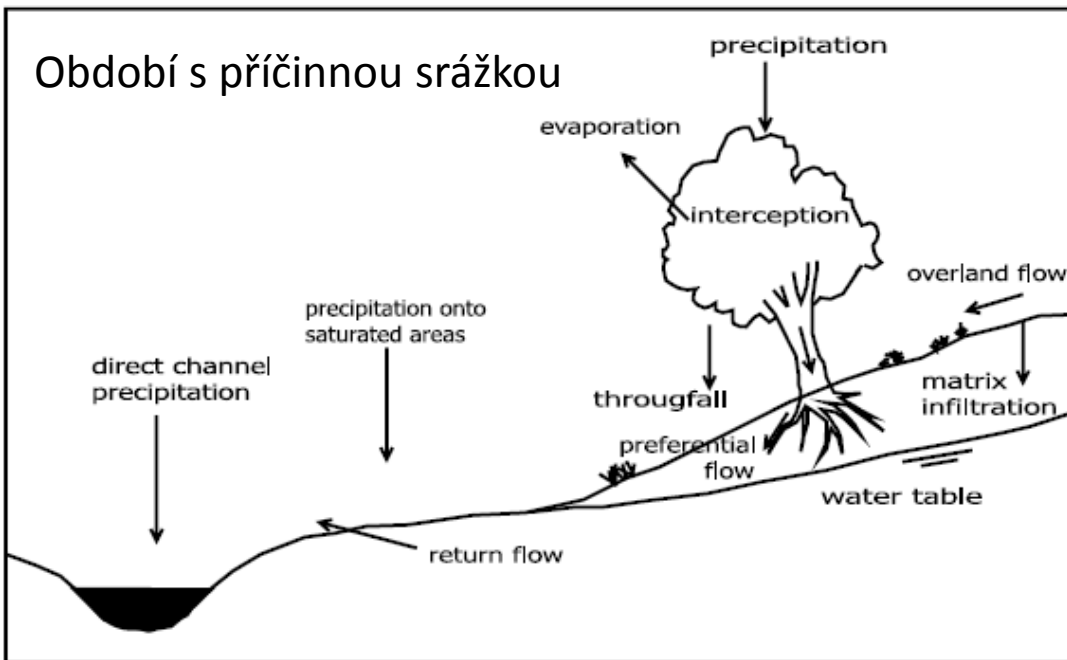
Note: Enlarged soil particles are not drawn to scale.

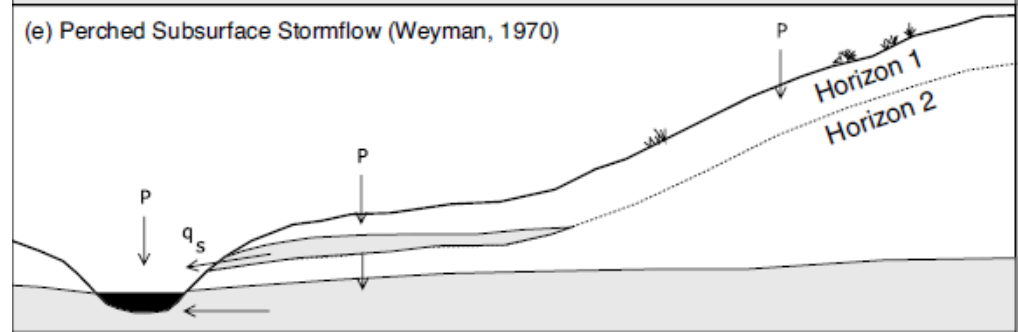
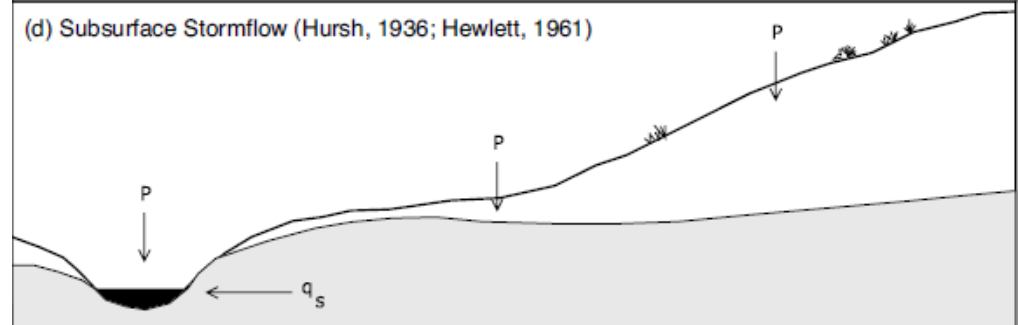
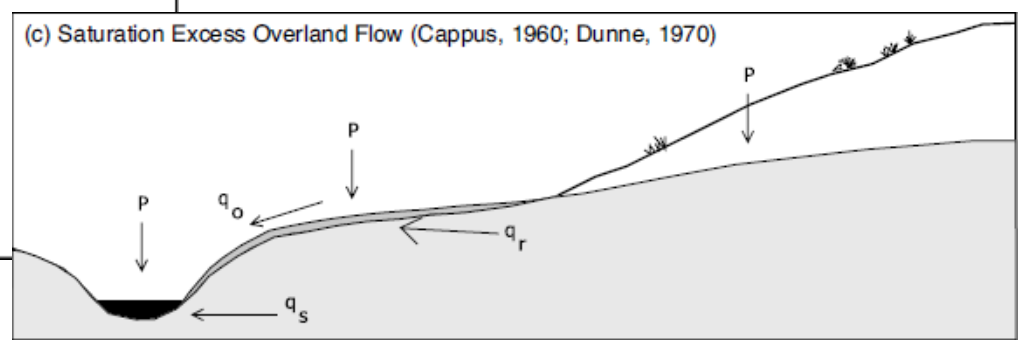
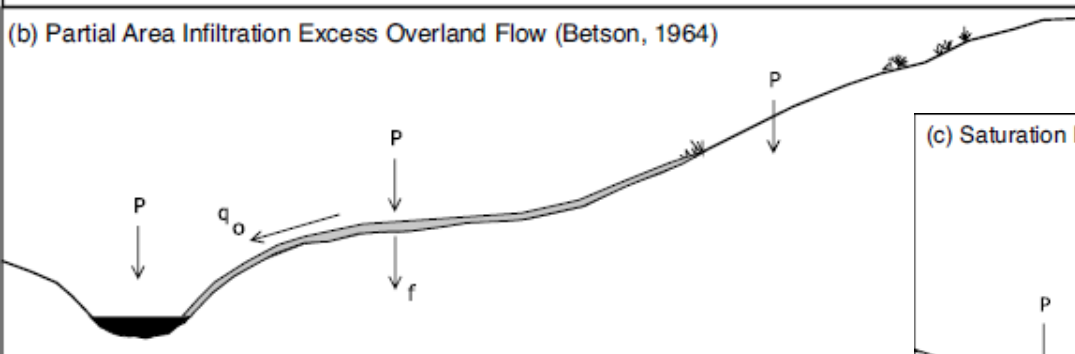
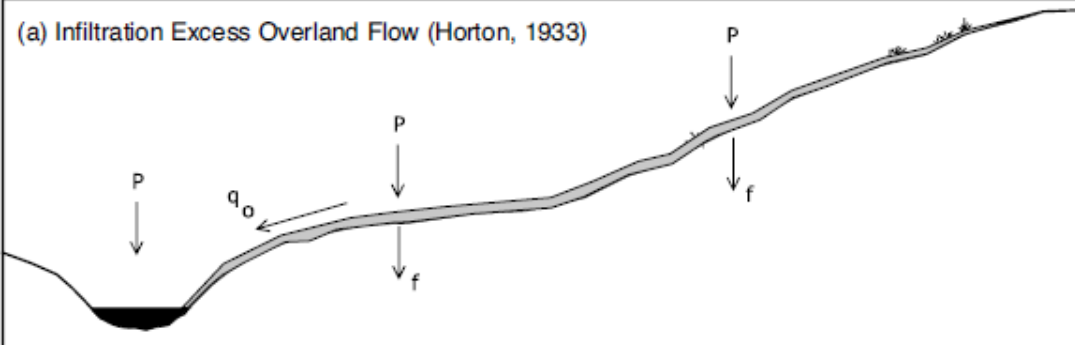
©The COMET Program

## Období bez srážek

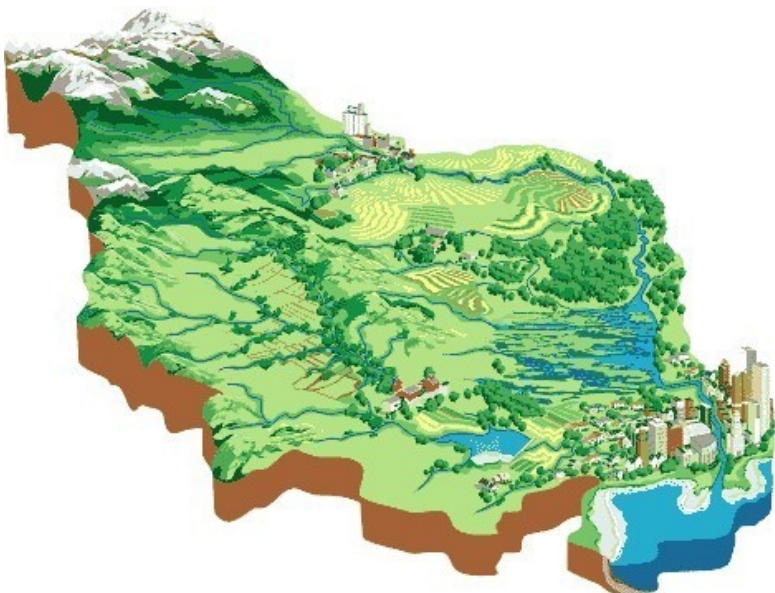


## Období s příčinnou srážkou

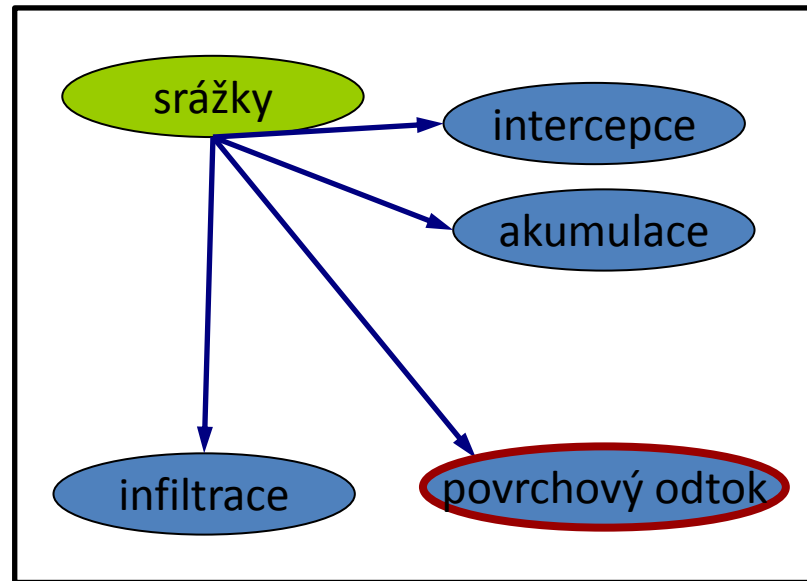




## Percepční model



## Konceptuální model

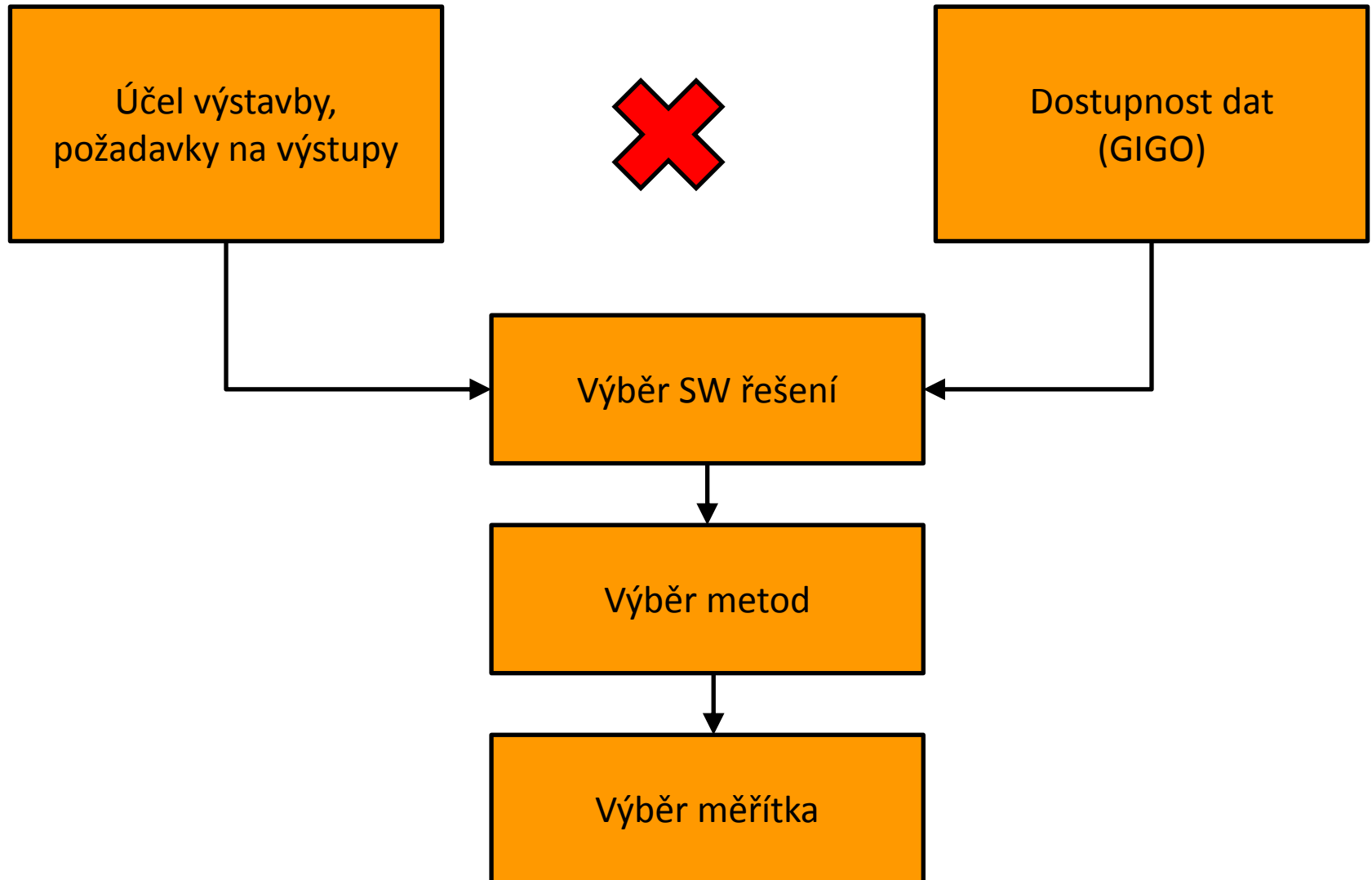


## Matematický model



```
= TextBox5.Text.ToString  
Extension = True  
ter = "Textové soubory|*.txt"  
tialDirectory = Schematizace 'uloží textový soubor'  
eName = "kal_koeficienty.txt"  
  
ShowDialog() = DialogResult.OK Then  
= SFDialo5.FileName  
FileStream(SFDialo5.FileName, FileMode.Create)  
= "Kalibrační koeficienty pro metodu Green-Ampt,"
```

# Kritéria pro výběr a výstavbu modelu





# Základní kritéria rozdělení hydrologických modelů

## Základní rozdělení:

### A) aspekt počtu dimenzí (X, Y, Z):

- **1D** – ustálené/neustálené proudění v korytech toků (HEC-RAS, MIKE 11 )
- **2D** – povrchový odtok a odtok v korytech toků (HEC-HMS, MIKE SHE, SIMWE, TOPMODEL, MIKE 21c)
- **3D** – podzemní odtok v nasycené zóně (MIKE SHE, MODFLOW, FEFLOW)

### B) aspekt distribuce jednotlivých prvků modelu:

- **celistvé** (angl. *lumped models*)
- **semidistribované** (angl. *semidistributed models*)
- **distribované** (angl. *distributed models*)

### C) aspekt určitosti / náhodnosti:

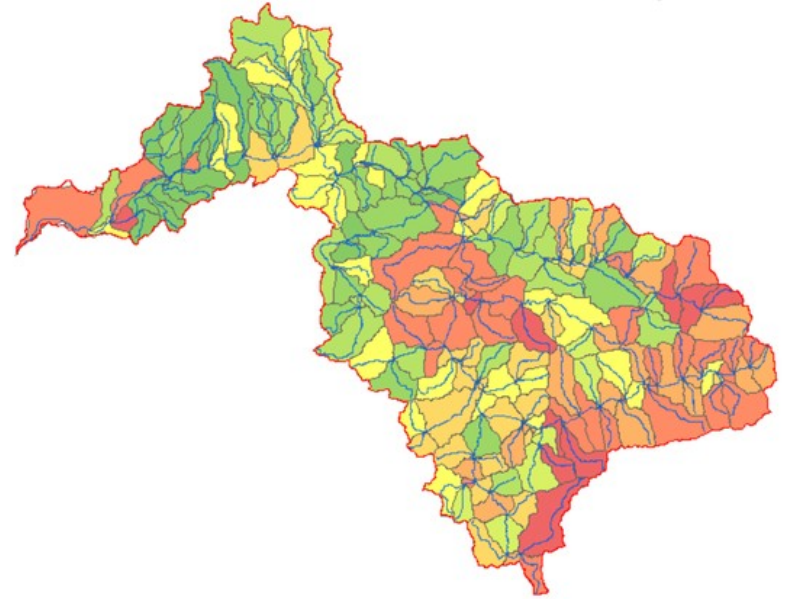
- **deterministické** – ve vstupních datech nejsou zohledněny prvky náhodnosti, zanedbává prostorová závislost veličin a uvažuje se pouze časová závislost
- **stochastické** – neurčitost hydrologického jevu, vyznačují se absencí vazebnosti mezi příčinou a následkem hydrologického jevu, fuzzy modelování atd.

*Toto rozdělení je pouze orientační, protože konkrétní modely (ve smyslu SW) splňují více kritérií a kategorií (např. model MIKE SHE 1D-3D, semidistribovaný až distribuovaný apod.).*

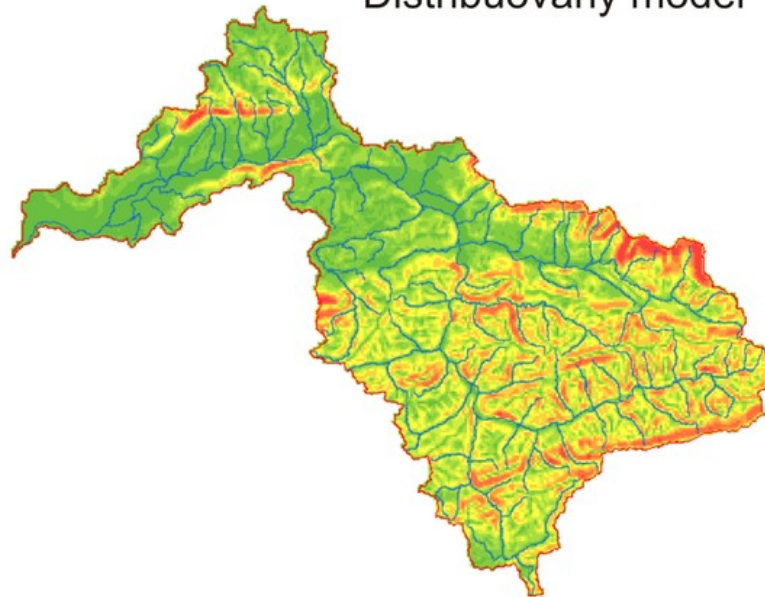
Celistvý model



Semidistribovaný model



Distribovaný model



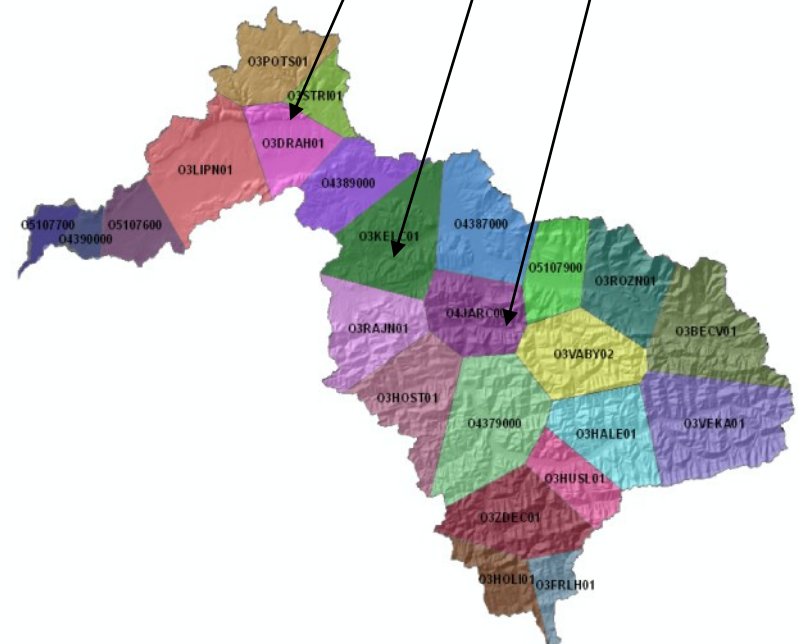
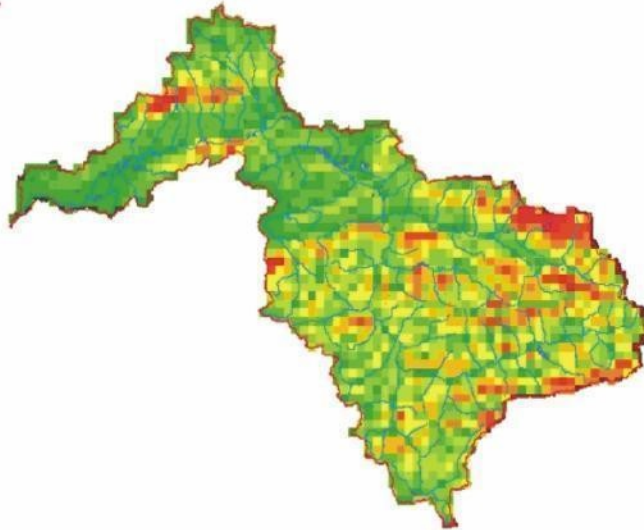
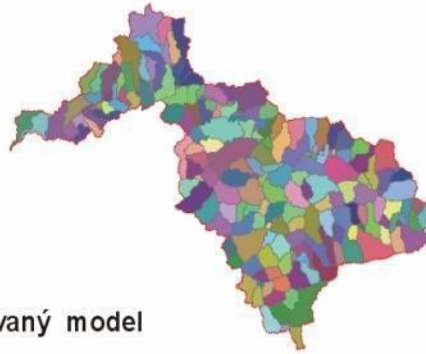
# Problém distributivnosti modelu x datových vstupů



Celistvý model

Semidistribučovaný model

Distribučovaný model



# K čemu jsou dobré distribuované modely...

- **Postihují časoprostorovou distribuci** hydrologických parametrů a procesů **v principu přesněji** než semidistribuované modely
- Většinou umožňují **propojení** (přímé, OpenMI) s **hydraulickými modely** (např. MIKE 11), modely urbání hydrologie (SWMM, MIKE URBAN) a **modely proudění podzemních vod** (MODFLOW, FEFLOW)
- **Efektivnější konektivita na GIS** pre- a postprocesing (import/export rastrů, shapefiles etc.)
- Ty nejpokročilejší umožňují i **hybridní časový a prostorový krok**

# K čemu se používají D modely a MIKE SHE

- Studie odtokových poměrů, studie zranitelnosti
- Komplexní simulace dopadu regionální (stratiformní) a konvektivní srážky v povodí
- Integrovaný výpočet záplavových území pro reálné hydrosynoptické situace
- Integrované bilanční studie povodí (včetně zásob v kolektorech podzemních vod), studie zranitelnosti
- Studie kvality a znečištění vod
- Odvodňování a závlahy
- Simulace scénářů dopadu *climate change* a *land use*
- Dimenzování vodních děl (údolní nádrže, poldry apod.)
- Dimenzování stokových sítí, urbánní hydrologie

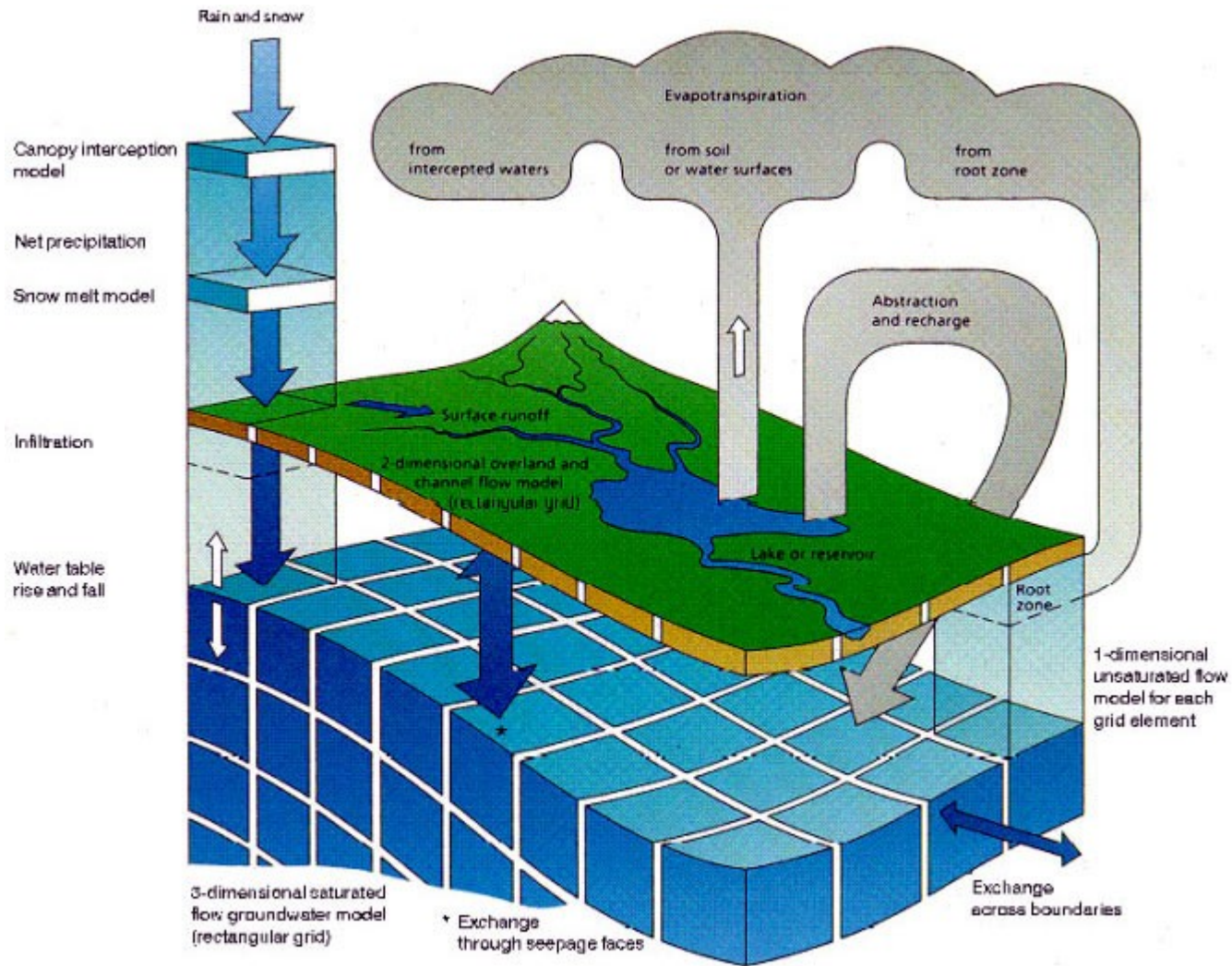
# K čemu se nehodí D modely...

- Rychlá simulace s-o epizody pro např. HPPS ČR (stále dosti náročné na systémové prostředky, při velkém zjednodušení degradace principu D a komplexního SO modelování)
- V povodích bez adekvátní datové základny (zejména na úrovni srážek, DMT, LULC, půdních dat)
- Pokud je zapotřebí rychlé tvorby a schematizace modelu (časově náročné)
- V podmínkách nedostatku dat pro parametrizace a kalibrace modelu (problém tzv. „*overparametrization*“)
- Při nedostatečných zkušenostech provozovatele modelu, popř. odběratele výstupů

# Model MIKE SHE

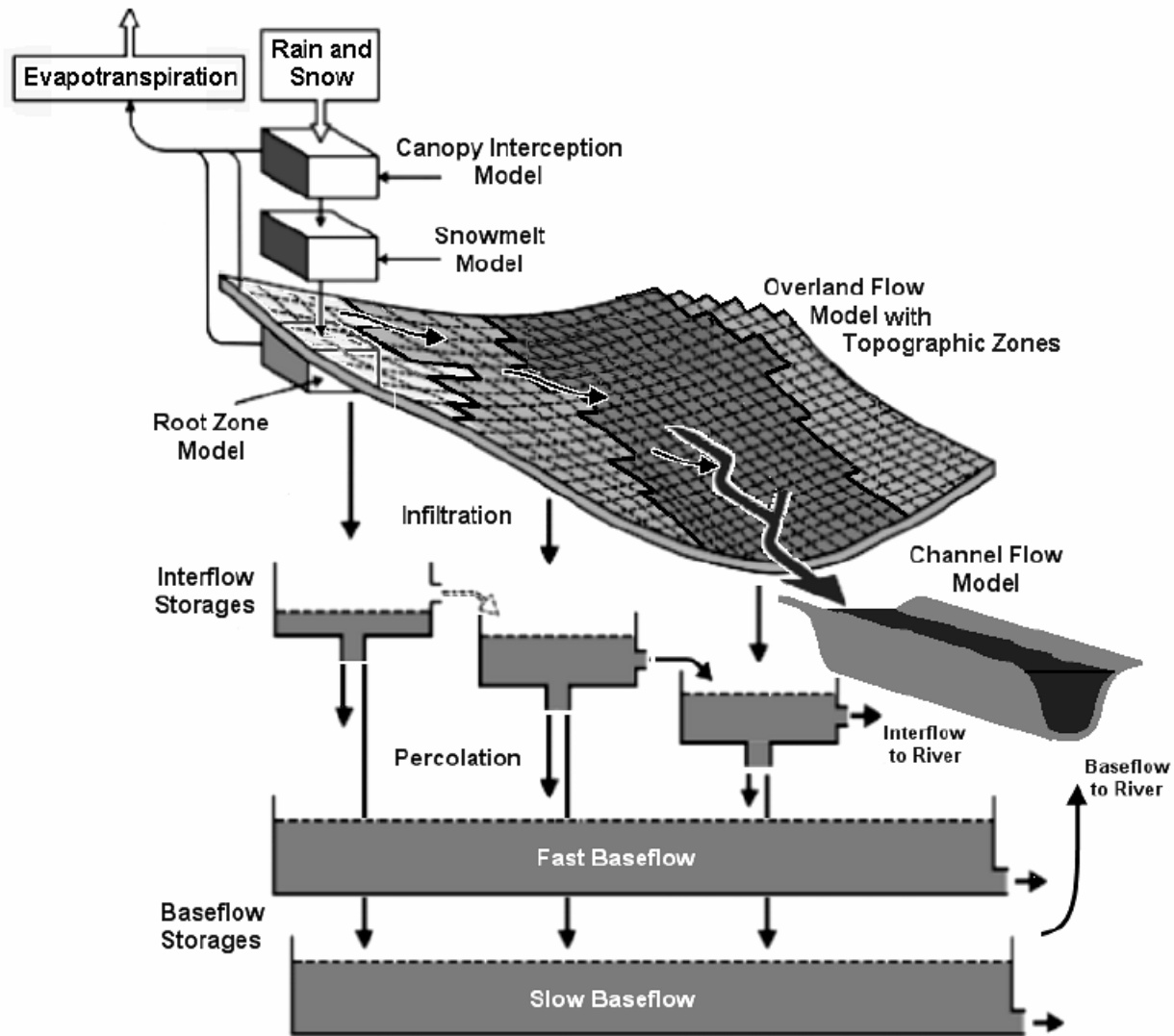
- **1977** – konsorcium institucí „The Institute of Hydrology of U.K.“, „SOGREAH France“ a „Danish Hydraulic Institute“ prezentuje první verzi of SHE (**S**ystéme **H**ydrologique **E**uropeén), primárně výpočetní jádra pro OS UNIX
- V 80. letech vyvíjen spolu s dalším komplexním modelem SWAT
- V 90. letech distribuován jako komerční SW DHI pro OS Windows

# Konceptce MIKE SHE 1

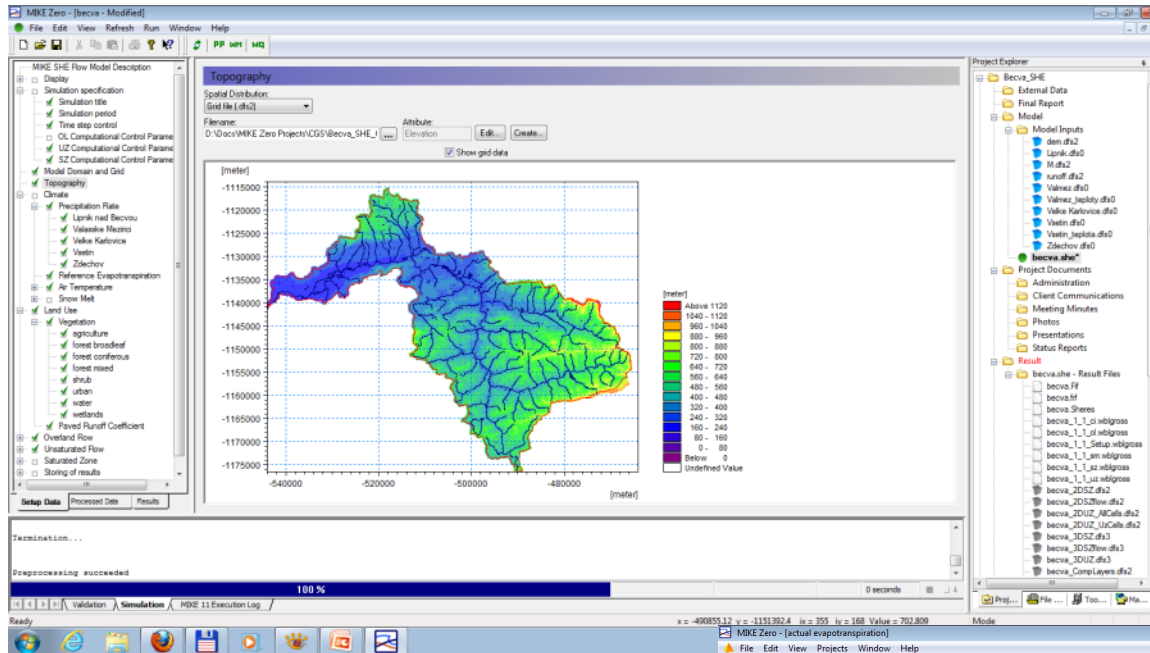




# Konceptce MIKE SHE 2



# Charakteristika MIKE SHE



➤ Asi nejpokročilejší s-o model v současnosti.

➤ Možnost práce v semi- i distribuovaném režimu, hybridní časový krok (OL, UZ, SZ)

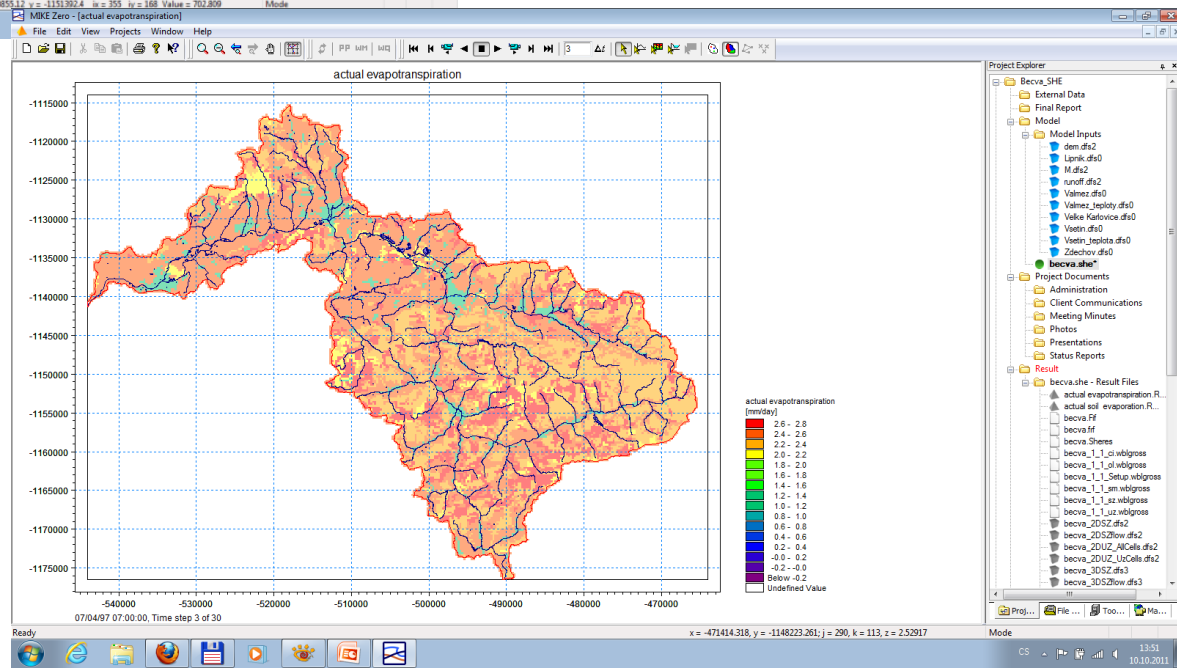
➤ Napojení na MIKE 11, MODFLOW, FEFLOW, MOUSE.

➤ Integrace GIS funkcí

➤ Správa a konverze geodat (vektorová, rastrová)

➤ Dávkové spouštění

➤ Náročný na systémové prostředky

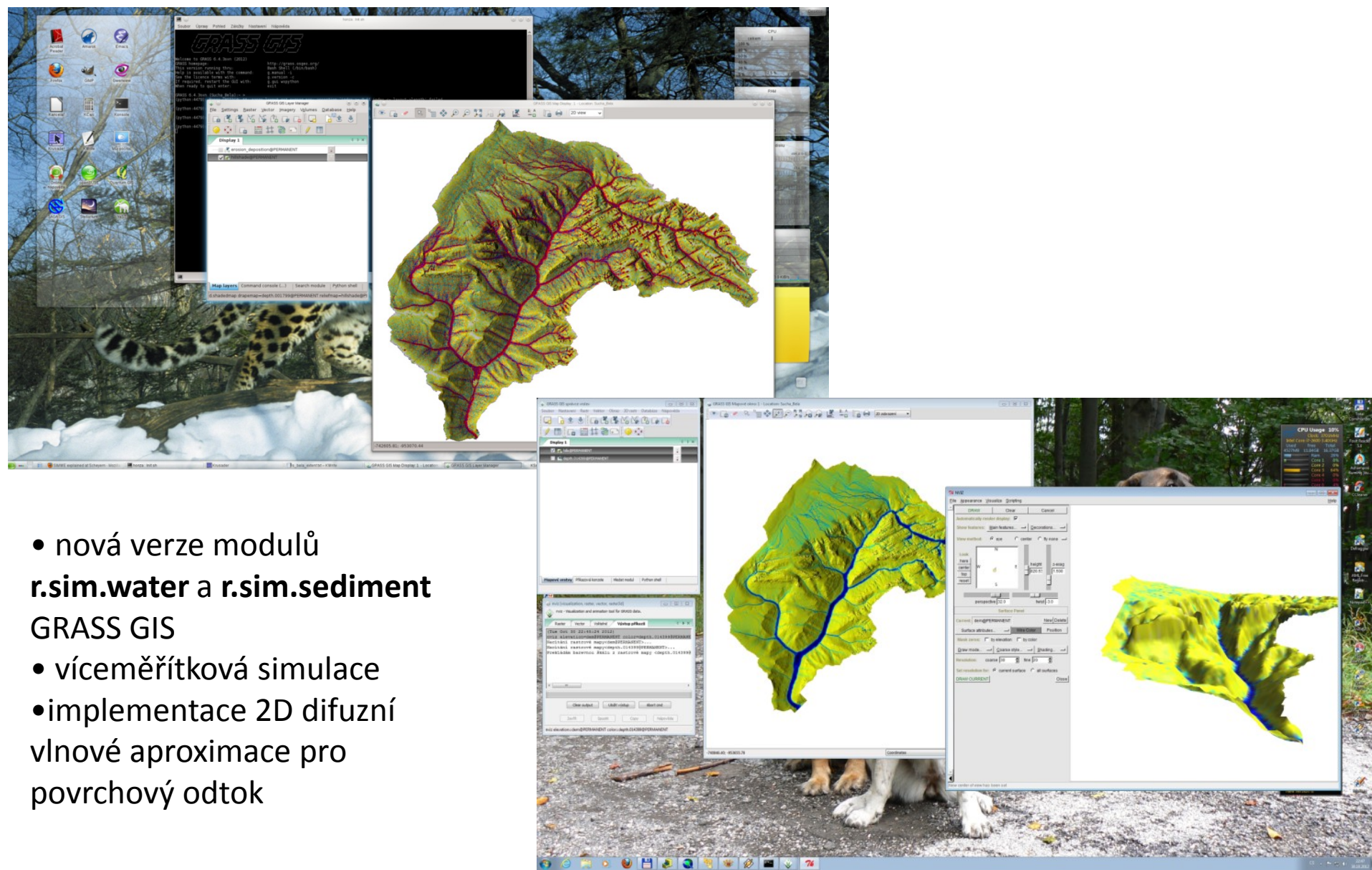


# Charakteristika MIKE SHE

Charakteristika modelu	Popis
Výrobce, aktuální verze	DHI, 2012 SP1
webové stránky	<a href="http://www.dhigroup.com">http://www.dhigroup.com</a>
Platforma OS	OS Windows 98 – Windows 7, Windows Server x86/x64
Ovládání	grafické uživatelské rozhraní / DHI Simulation Engine (od verze 2007)
Distributivnost	semidistribuovaný/distribuovaný model
Napojení na GIS	MIKE Zero, ESRI knihovny
Import/správa časových řad	editor MIKE Zero, úprava ASCII souborů
Editace schematizace	GUI interaktivní / tabelární (polo)automatická
Kalibrace	poloautomatická
Možnost schematizace VH nádrží	Podporováno (MIKE 11)
Radarové odhady srážek	k definovaným souřadnicím bodů, import rastru
Metody hydrologické transformace	Kristensen-Jensen, Richardsova rovnice, Green-Ampt, nasycená zóna pomocí 3D metody konečných prvků, MODFLOW, FEFLOW, degree/day, nepřímá podpora metody SCS-CN
Metody hydraulické transformace	St.Venant / kinematická vlnová aproximace / MIKE 11 (KW, DyW, DiW) pro neustálené, energy equation (Bernoulli) pro ustálené pr.
Licence	komerční software, demo
Dokumentace	uživatelské a technické manuály, FAQ, případové studie



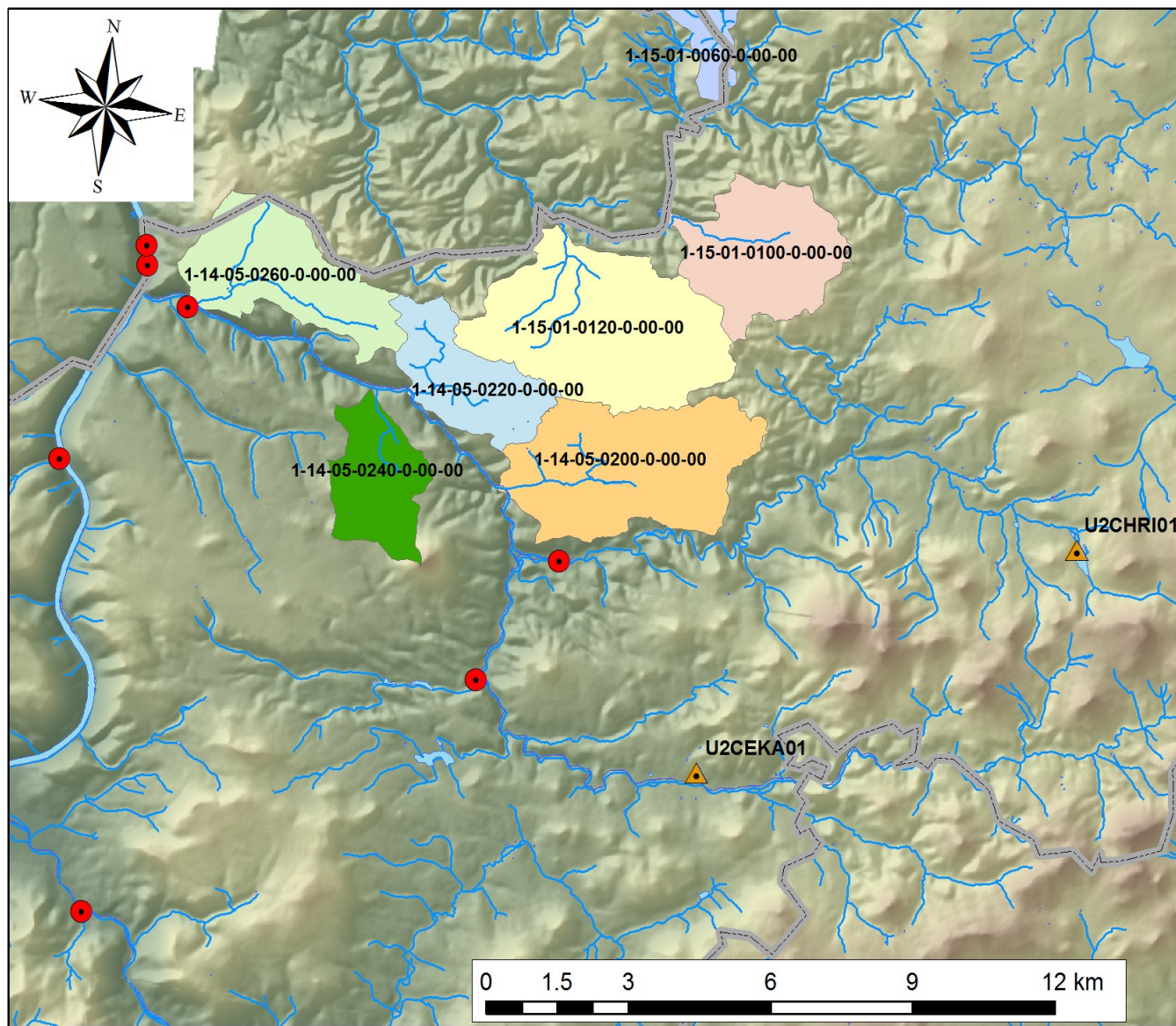
# SIMWE pro GRASS GIS



- nová verze modulů **r.sim.water** a **r.sim.sediment** GRASS GIS
- víceměřítková simulace
- implementace 2D difuzní vlnové aproximace pro povrchový odtok

# **Stručný popis zájmových lokalit & pilotních povodí**

# Přehledová mapa zájmových povodí



Autoři: Vladimír Fárek, Jan Unucka & Veronika Říhová 2013  
Souřadnicový systém: S-JTSK  
Zdroj dat: DIBAVOD, ČHMÚ

# Vybrané parametry zájmových povodí (Subpovodí Kamenice, Křinice)

Název povodí	Hydrologické pořadí	Hypsometrický integrál	Meltonův index	Plocha [ha]	Střední výška [m n.m.]	Lesnatost [%]
Červený potok	1-15-01-0100-0-00	0.566	0.084	783.4	388.3	99.5
Suchá Bělá	1-14-05-0260-0-00	0.535	0.249	252.5	378.7	99.2
Jetřichovická Bělá	1-14-05-0200-0-00	0.349	0.085	12.0	291.0	99.0
Jetřichovický potok	1-15-01-0120-0-00	0.377	0.066	1377.0	335.5	99.5
Koutský potok	1-14-05-0220-0-00	0.435	0.120	558.0	289.7	97.0
Dlouhá Bělá	1-14-05-0260-0-00	0.432	0.156	797.5	313.2	98.1
Grosser Zschandbach	-	0.423	0.118	978.4	350.4	95.2
Bílý potok	1-14-05-0080-0-00	0.578	0.109	435.7	419.5	79.0
Kachní potok	1-14-05-0240-0-00	0.343	0.209	484.4	316.7	92.3

# Vybrané parametry zájmových povodí (Subpovodí Ploučnice)

	Robečský potok	Bobří potok
Plocha povodí (km <sup>2</sup> )	136.8	126.7
Délka údolnice (m)	23184	27321
Průměrná nadmořská výška (m n. m.)	303	376
Průměrný sklon povodí	0.07336	0.10109
Tvar povodí	0.24	0.17
Průměrná srážka (mm)	80.2	80.5
Počáteční ztráta I_LOSS (mm)	24.7	17.3
Průměrná hodnota CN	67.3	74.6
Doba koncentrace (h)	8.97	7.14
Lesnatost (%)	52	28

## DIGITÁLNÍ MODEL RELIÉFU

Povodí Robečského potoka



### Legend

- vodní toky
- vodní plochy
- povodí Robečského potoka

**Nadmořská výška (m n. m.)**



Únor 2013  
Zdroj dat: ZABAGED, ČHMÚ  
Souřadnicový systém: WGS 84



## Geologická mapa povodí Robečského potoka

### Legend

- povodí Robečského potoka
- mezozoické horniny - pískovce, jílovce
- kvartérní horniny - hlíny, spraše, písky, štěrky
- vulkanické horniny terciární - čediče, fenolity, tufy
- vodní plochy
- vodní toky

Únor 2013  
Zdroj dat: ZABAGED, ČHMÚ  
Čena Geologická-geomorfologie  
Souřadnicový systém: WGS 84





Černá brána, ústí  
Jetřichovického potoka do  
Křinice (4/2013)

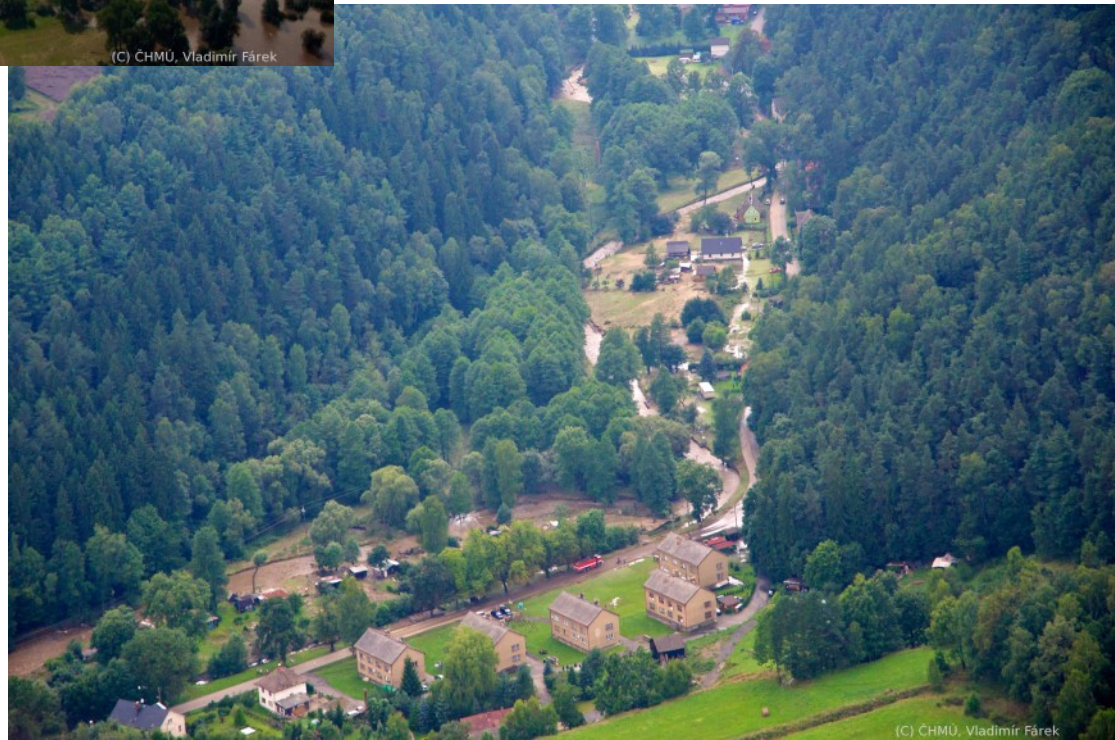


Povrchový odtok z polí,  
povodí Kamenice  
6/2009



Kamenice u Jánské, 2010

Ploučnice pod Č. Lípou – Stružnice,  
2010





Kamenice v Hřensku, 2010

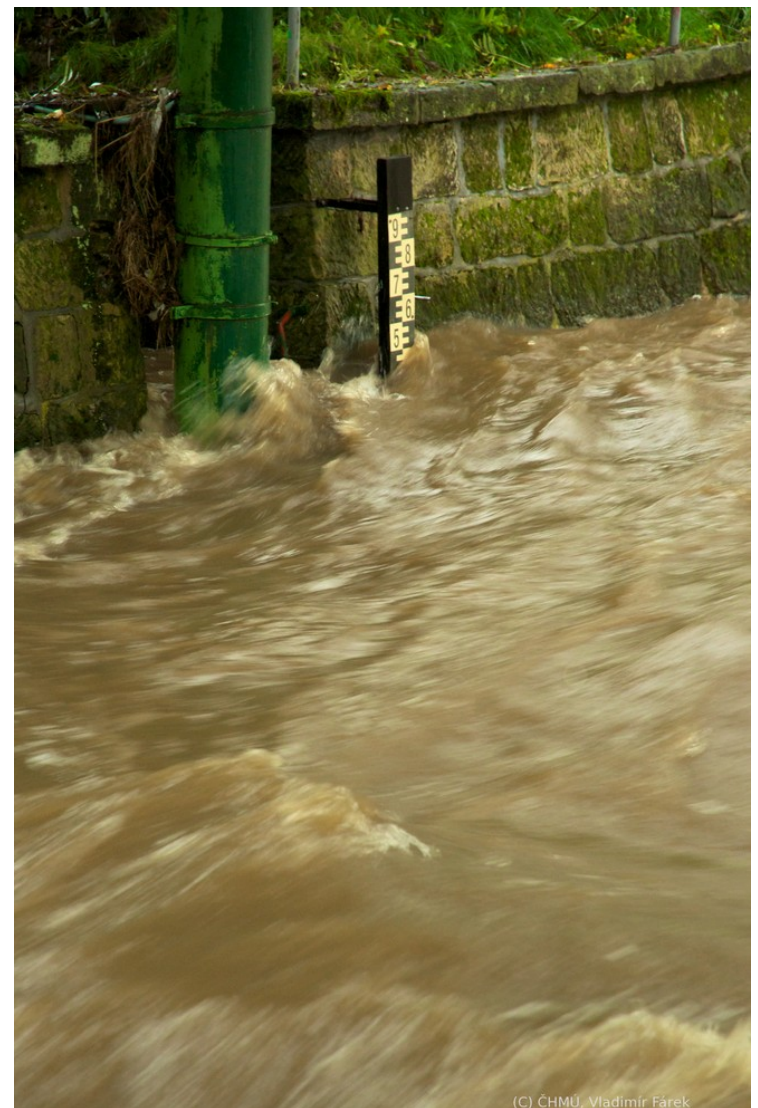
Bílý potok u Jánské, 2009





(C) CHMÚ, Vladimír Fárek

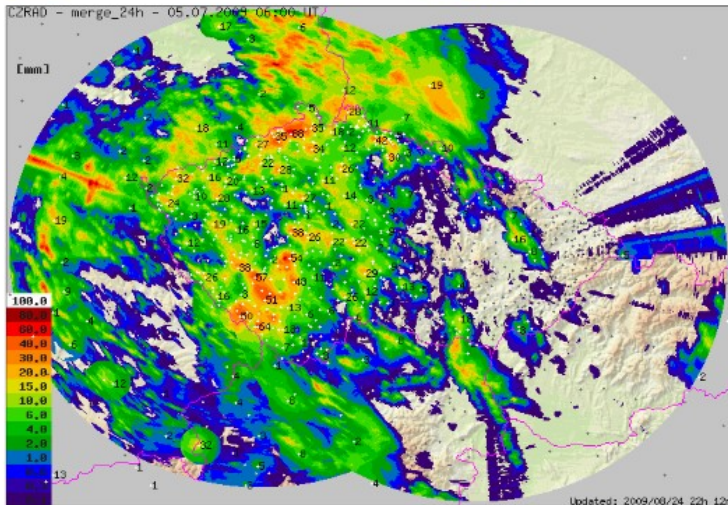
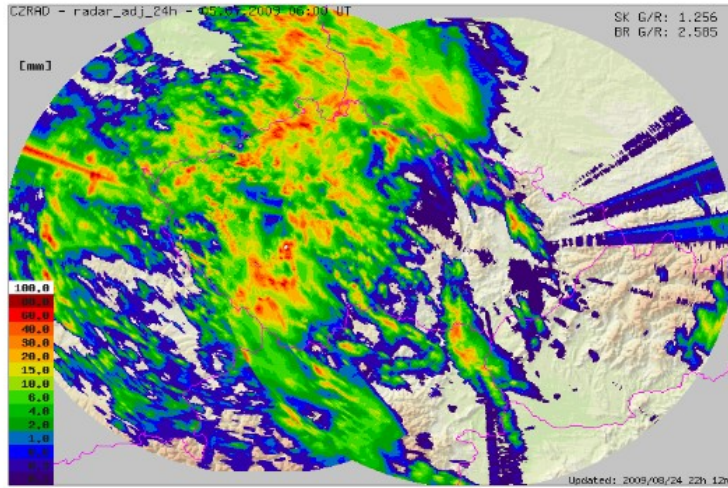
Měření ADCP na Chřibské Kamenici  
v profilu Všemily



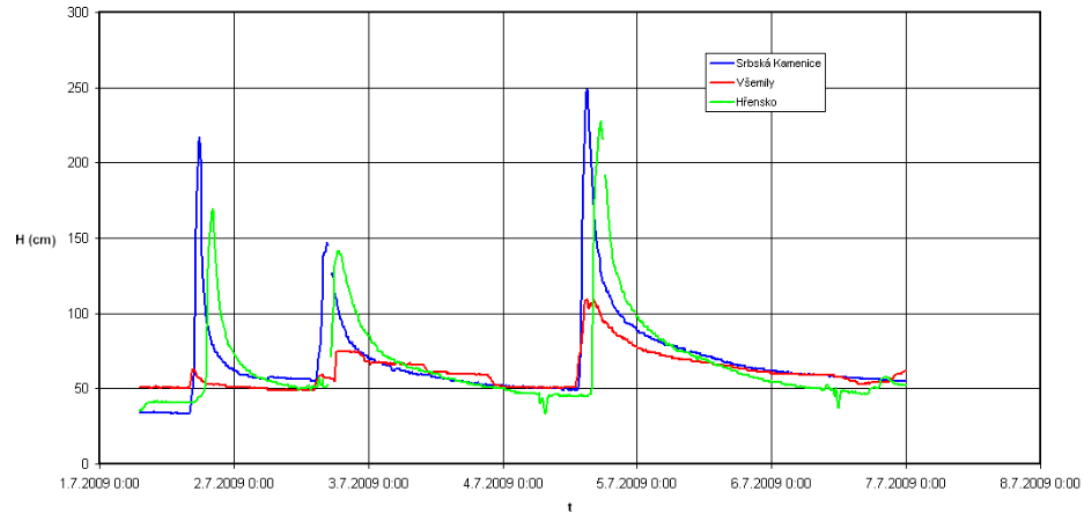
(C) CHMÚ, Vladimír Fárek

Kamenice v Srbské Kamenici

# Epizoda 7/2009



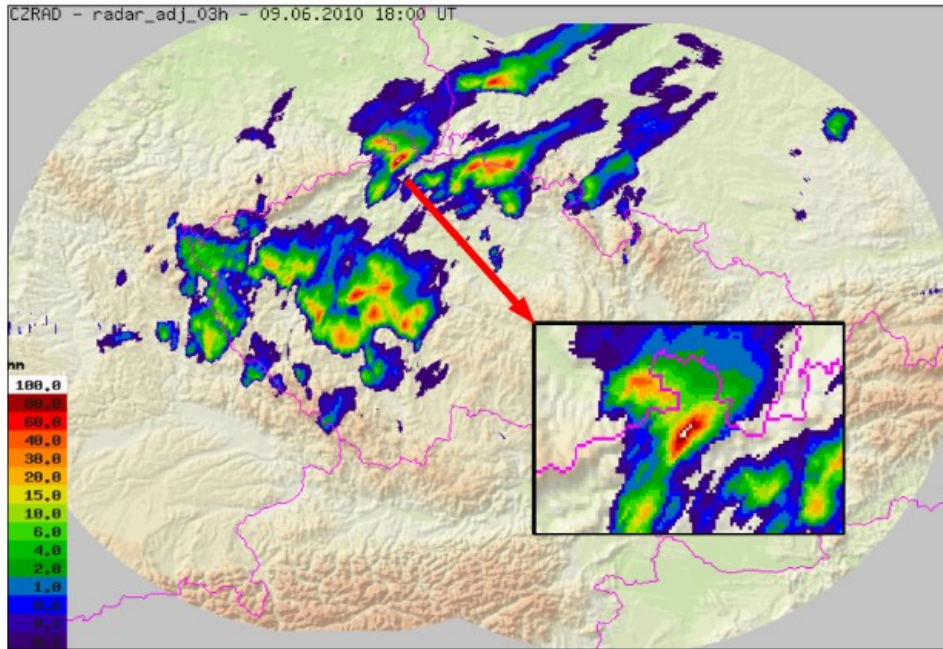
Průběh vodních stavů na povodi Kamenice ve dnech 1.7. - 7.7. 2009



Průběh hladin ve stanicích ČHMÚ na Kamenici

24h odhady srážek z meteorologického radaru od 4.7.2009 8:00 do 5.7.2009 8:00 hod.  
(adjustovaný radar, kombinace radar-srážkoměr)

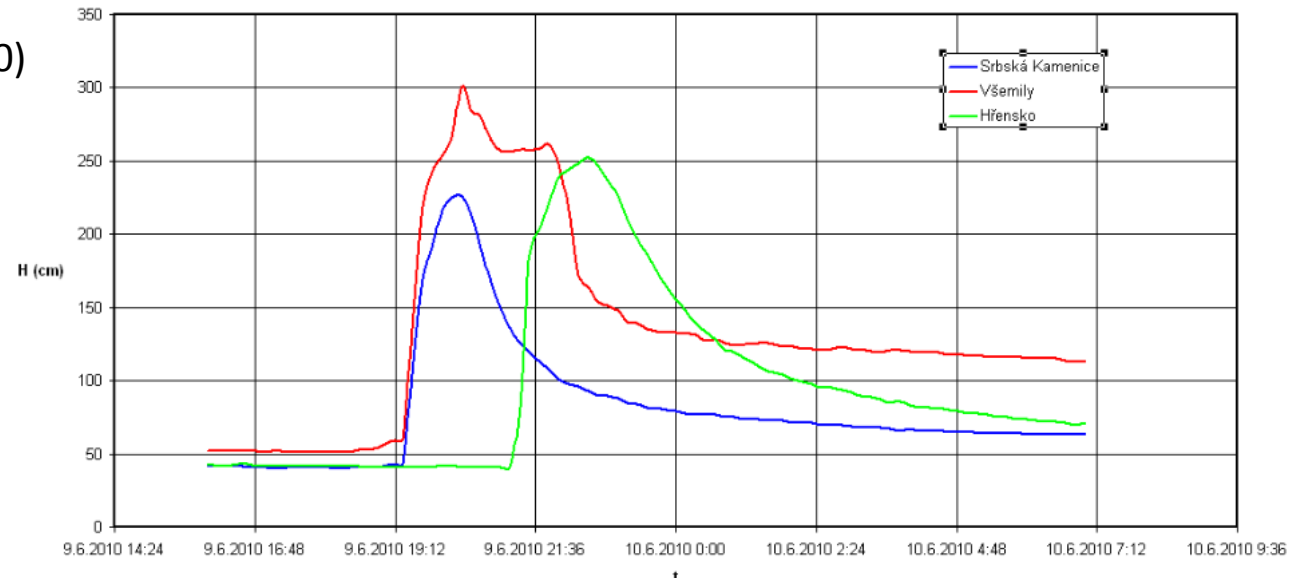
# Epizoda 6/2010



Adjustovaný radarový odhad  
plošné srážky (od 17:00 do 20:00)

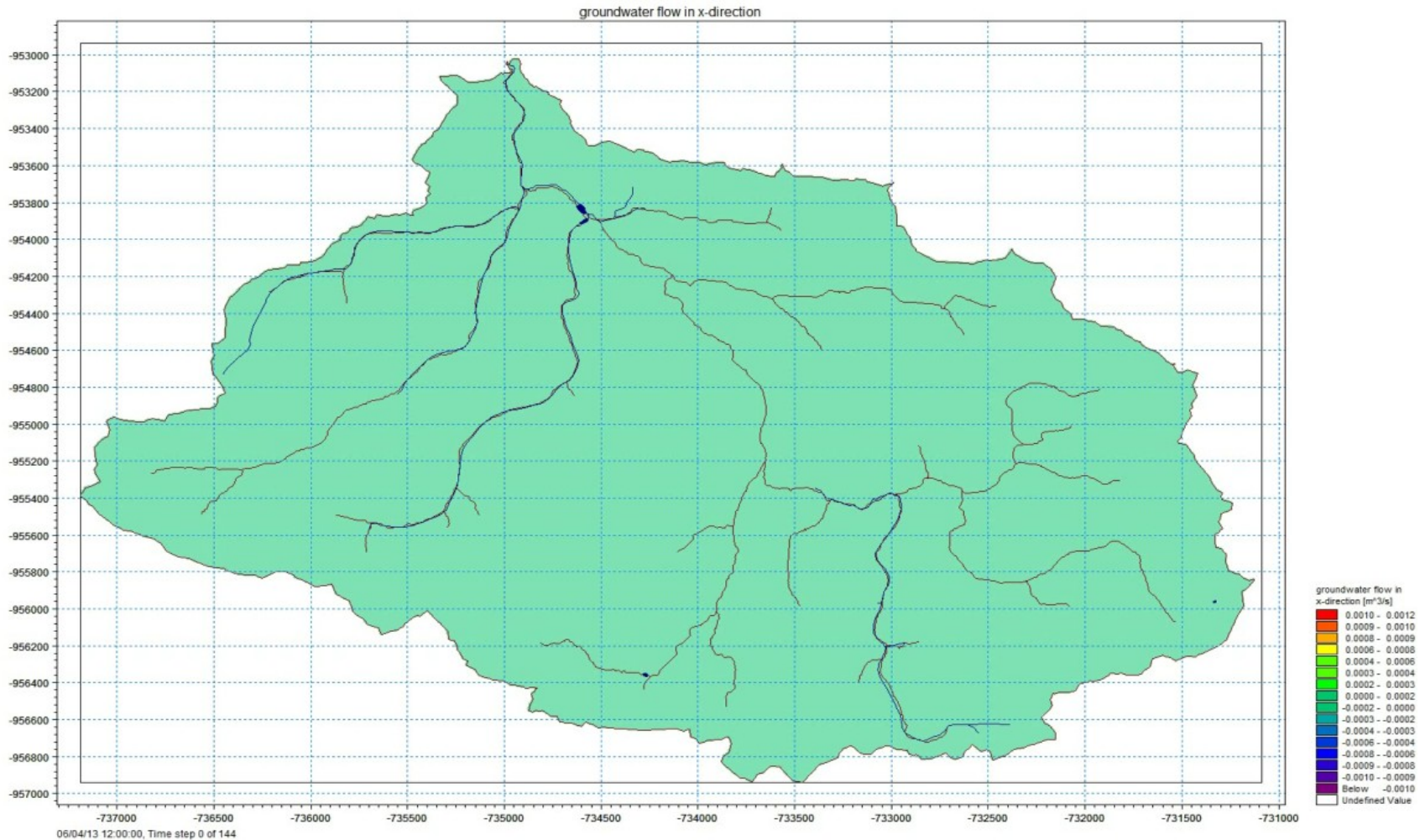
Průběh vodních stavů na stanicích ČHMÚ na  
Kamenici

Průběh vodních stavů na povodí Kamenice 9.6. - 10.6. 2010



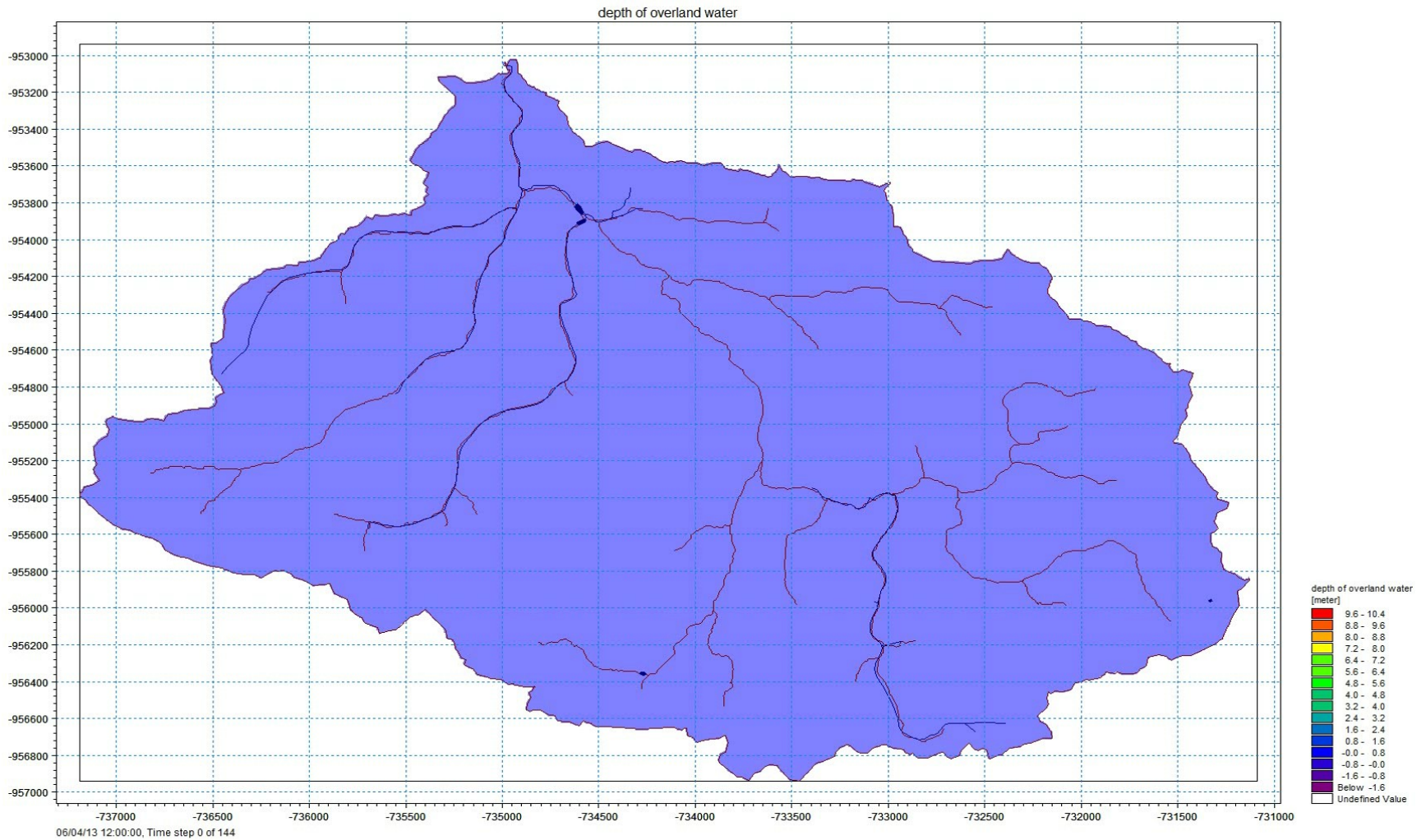


# Výběr z výsledků – Jetřichovický p.



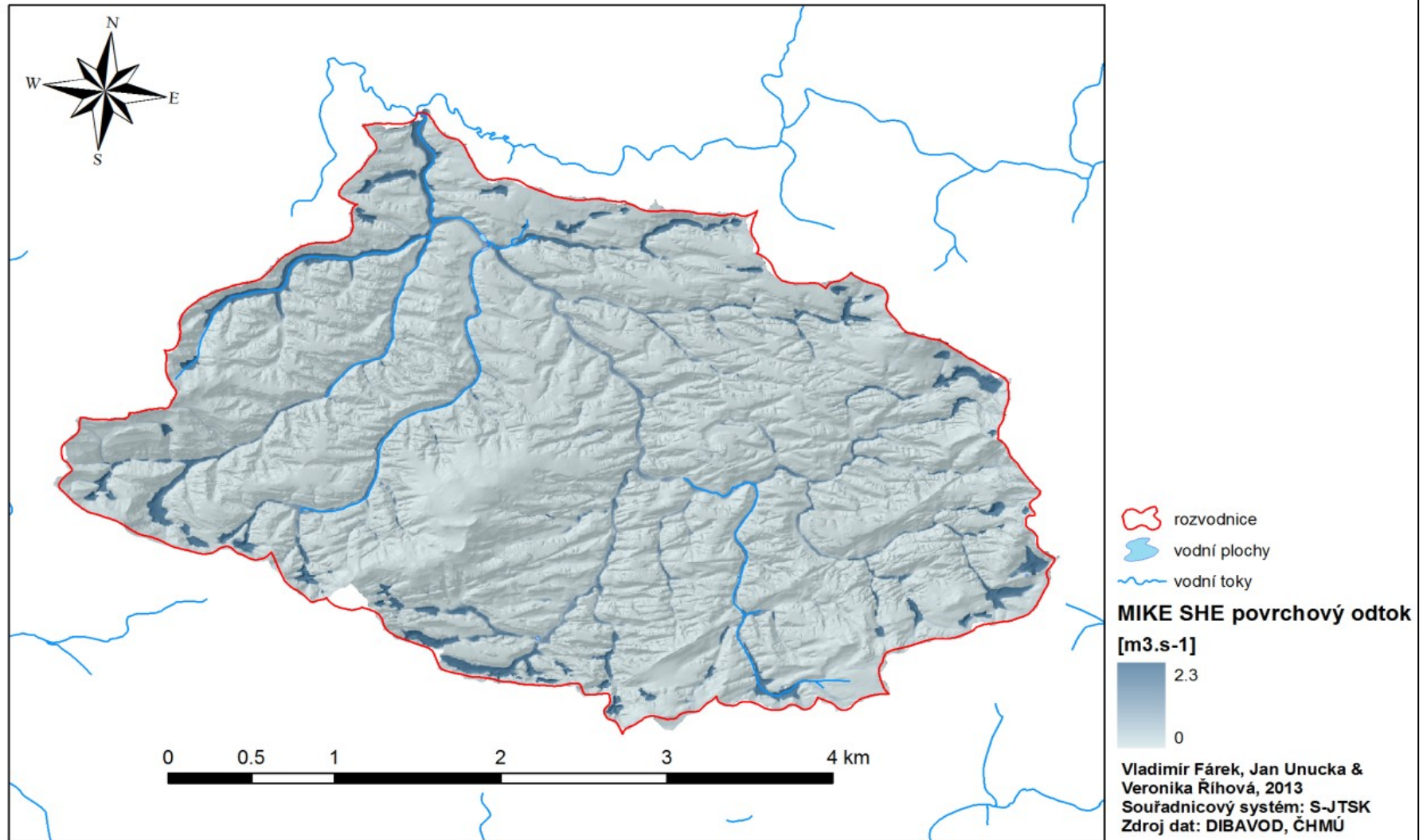


# Výběr z výsledků – Jetřichovický p.



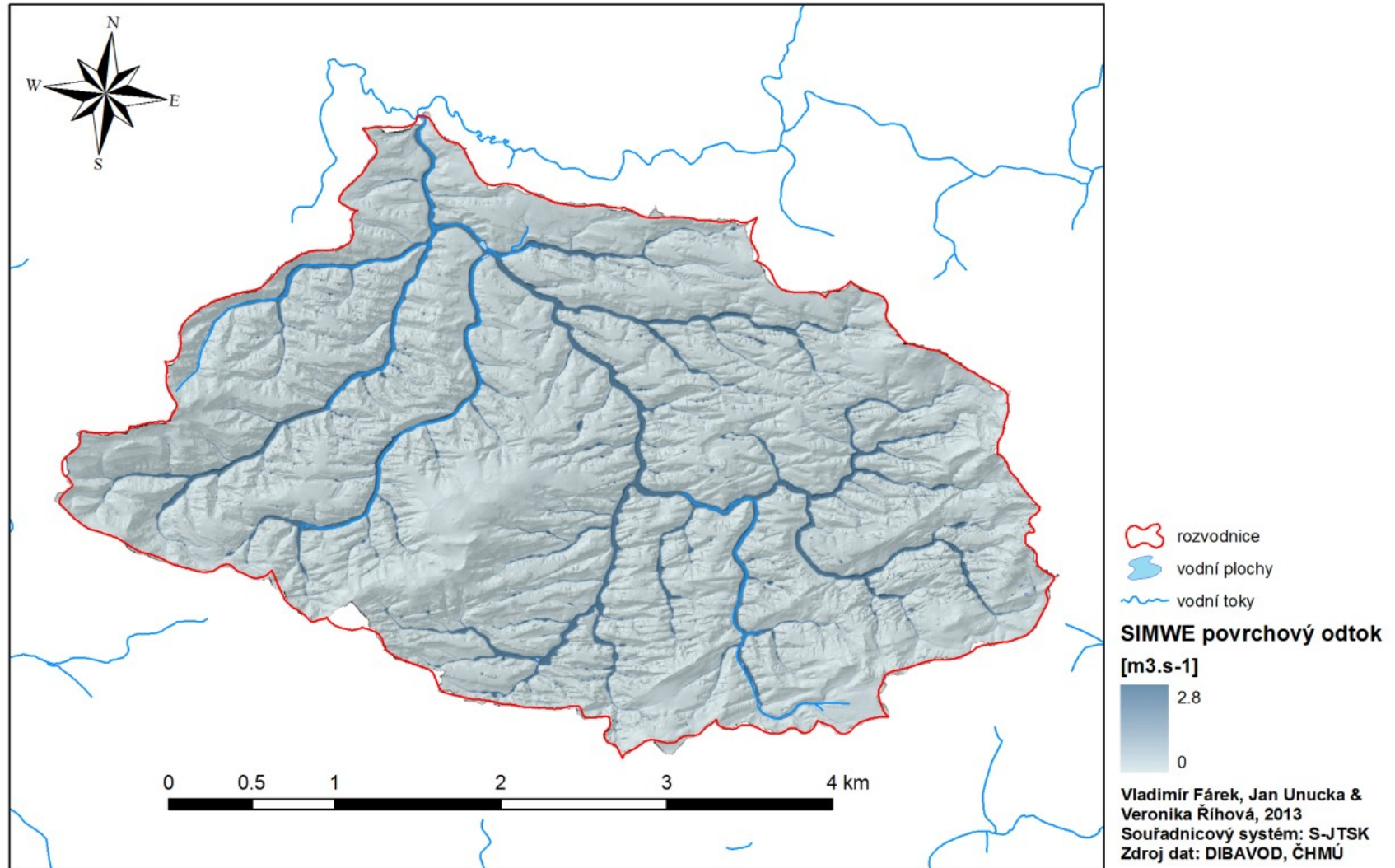
# Výběr z výsledků – Jetřichovický p.

Povrchový odtok generovaný MIKE SHE v povodí Jetřichovického potoka

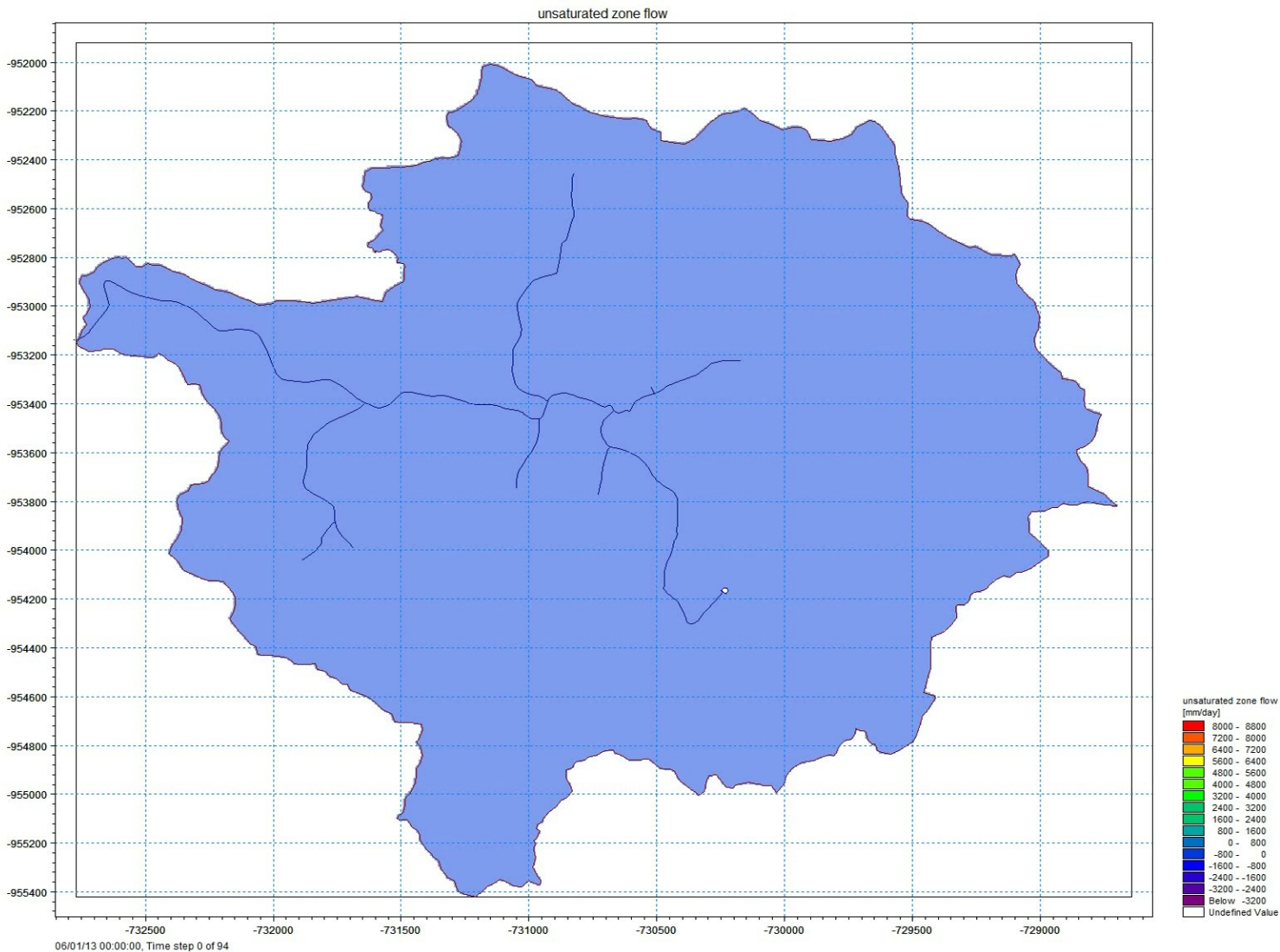


# Výběr z výsledků – Jetřichovický p.

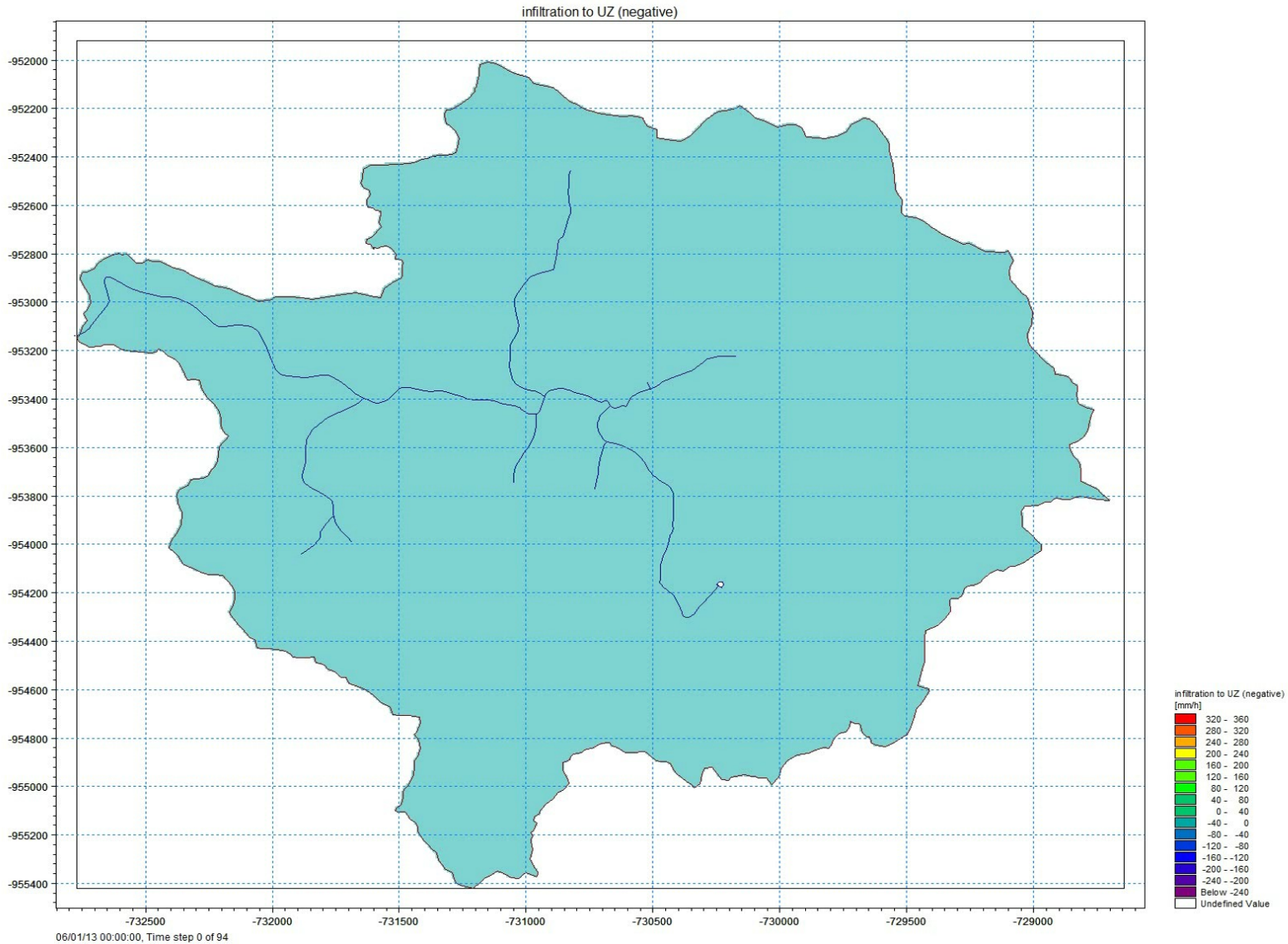
Povrchový odtok generovaný SIMWE v povodí Jetřichovického potoka



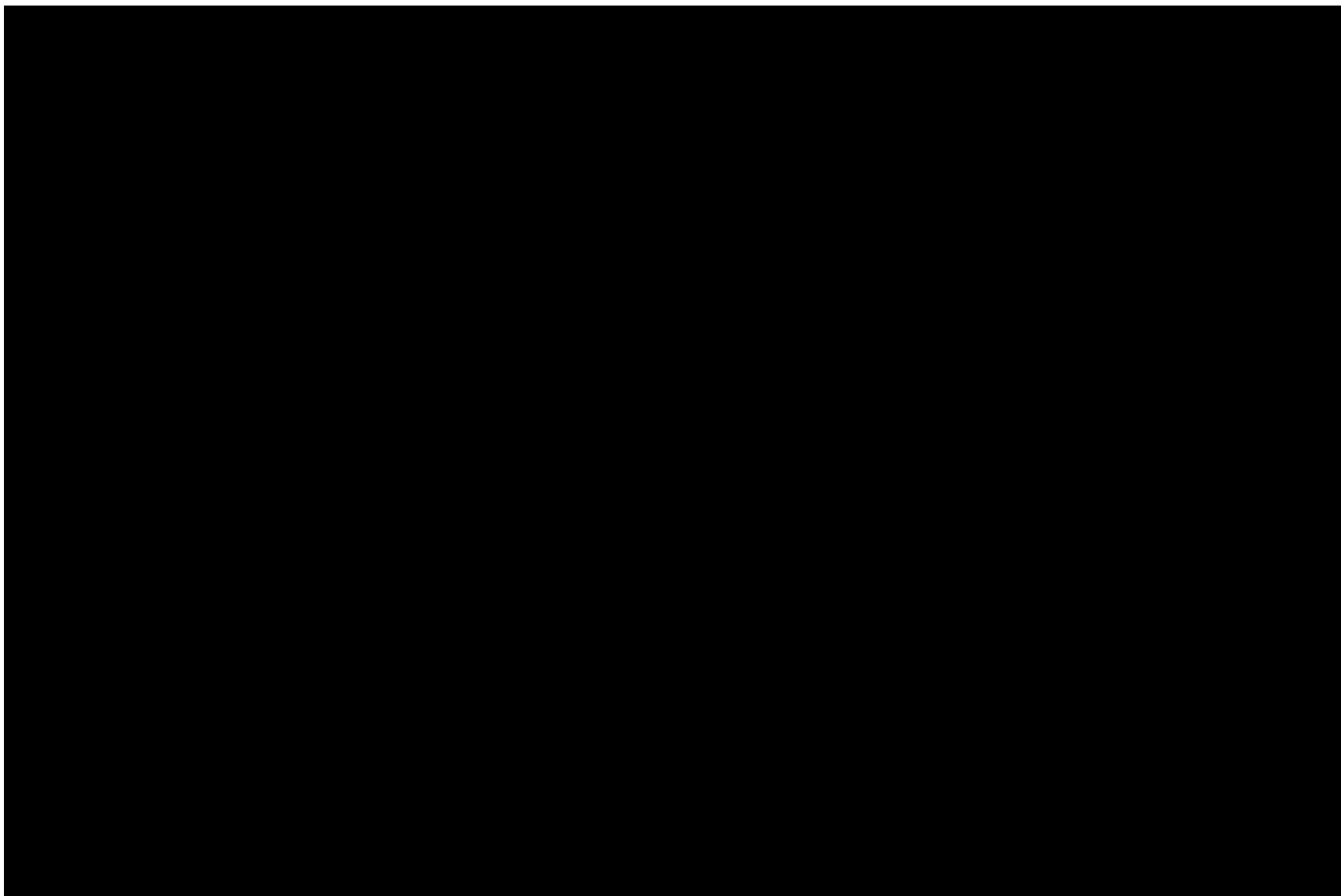
# Výběr z výsledků – Červený p.



# Výběr z výsledků – Červený p.



# Výběr z výsledků - Kamenice





# Závěr

- D modely MIKE SHE, SIMWE prokázaly „životaschopnost“ na vybraných povodích a epizodách
- Verifikace pomocí SD AquaLog a HEC-HMS
- TOPMODEL (pro GRASS GIS i SAGA GIS) – nutnost další verifikace (verze pro GRASS GIS a SAGA GIS)
- Studie z UK, Německa i Mediteránu poukazují na fakt, že D modely jsou cestou ke zkvalitnění srážkoodtokového modelování a rozvoji hydrologického výzkumu (případové studie -> verifikace -> validace)

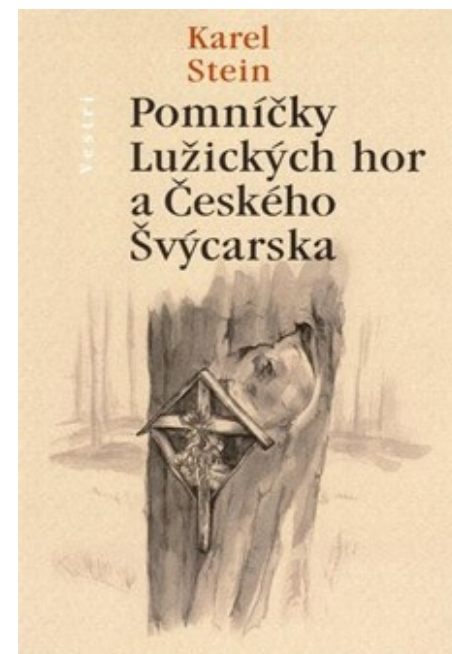
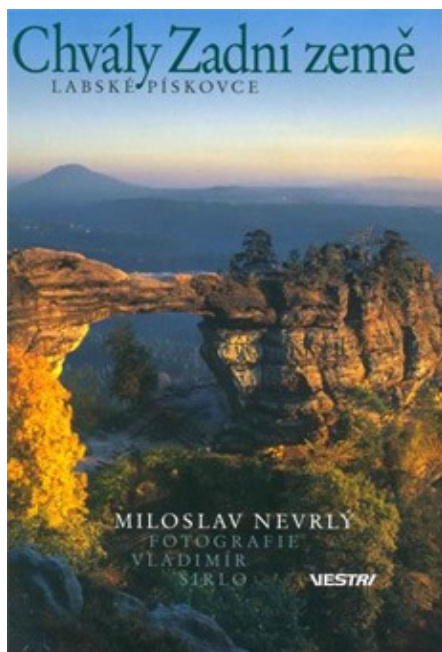


# Výběr z literatury



- **BEVEN, K.J.** (2009): *Environmental Modelling: An Uncertain Future ?* London, Routledge. 310 s. ISBN: 978-0-415-46302-7.
- **BEVEN, K.J.** (2012): *Rainfall-runoff Modelling. The Primer. 2<sup>nd</sup> ed.* Chichester, Wiley & Blackwell. 451 s. ISBN: 978-0-470-71459-1.
- **BLÖSCHL, G., SIVAPALAN, M., WAGENER, T., VIGLIONE, A., SAVENIJE, H. EDS.** (2013): *Runoff Prediction in Ungauged Basins Synthesis across Processes, Places and Scales.* Cambridge, Cambridge University Press. 492 s. ISBN: 978-1-107-02818-0
- **SINGH, V.P., FREVERT, D.K.** (2006): *Watershed Models.* Boca Raton, CRC Press. 653 s. ISBN: 978-08493-3609-6
- **VIEUX, B. E.** (2004): *Distributed Hydrologic Modeling Using GIS.* Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 289 s., ISBN: 978-1402024597

# Děkuji vám za pozornost



*Dík také patří Honzovi Šrejberovi a Ivě Ponížilové (ČHMÚ Ústí n. L.)*