

Představení systému

FLOREON

FLOods **RE**cognition **O**n the **N**et

pro modelování, simulaci a predikci
povodňových situací
a jejich zprostředkování všem uživatelům
ve srozumitelné grafické podobě
(rozšířeno o znečištění ovzduší a dopravu)

Obsah

- Úvod
- Architektura systému
- GIS a zpracování vstupních dat
- Hydrologické modely, ukázky
- Vizualizace
- Závěr (video ukázky, 3D stereoprojekce)

Řešitelský tým

- **Hlavní koordinátor**

I. Vondrák

- **Sekce matematického modelování**

Z. Dostál, V. Vondrák, T. Kozubek, P. Kubíček

Externisté: ZČU - M. Brandner, J. Egermaier, H. Kopincová

- **Sekce informatická (architektura webové rozhraní, databáze, vizualizace)**

D. Ježek., D. Fedorčák, P. Gajdoš, J. Kožusznik, J. Martinovič, P. Moravec, L. Návrat, S. Štolfa, J. Platoš, T. Kocmán, M. Radecký

- **Sekce geoinformatická a hydrologická**

J. Unucka , P. Rapant , L. Hrubá, V. Jůchová

- **Externisté: ČHMÚ, Ústav informatiky AVČR-Medard, Povodí Odry, Povodí Labe**

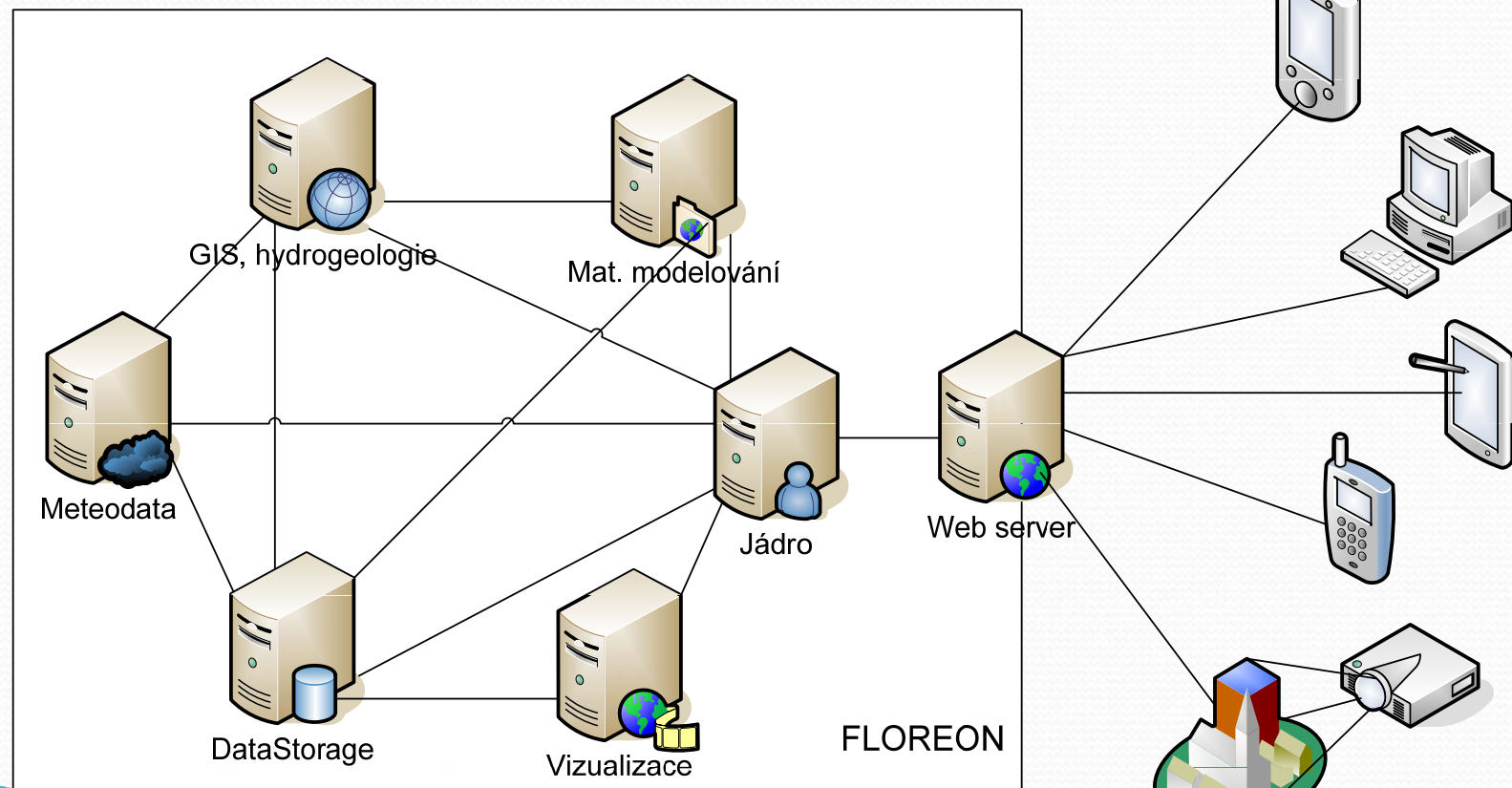
Úvod

- FLOREON
 - Systém pro zprostředkování krizových (povodně, kvalita ovzduší a doprava) informací laickým i profesionálním uživatelům
- Předávání aktuálních informací
 - Ve srozumitelné grafické podobě pomocí 2D a 3D náhledů na PC, PDA, mobilech
 - Doplnkové textové informace pro profesionály
- Dynamická konfigurace
- Otevřená modulární architektura
 - Možnost využití výsledků různých modelů
 - Výměna jednotlivých modulů

Proč systém FLOREON:

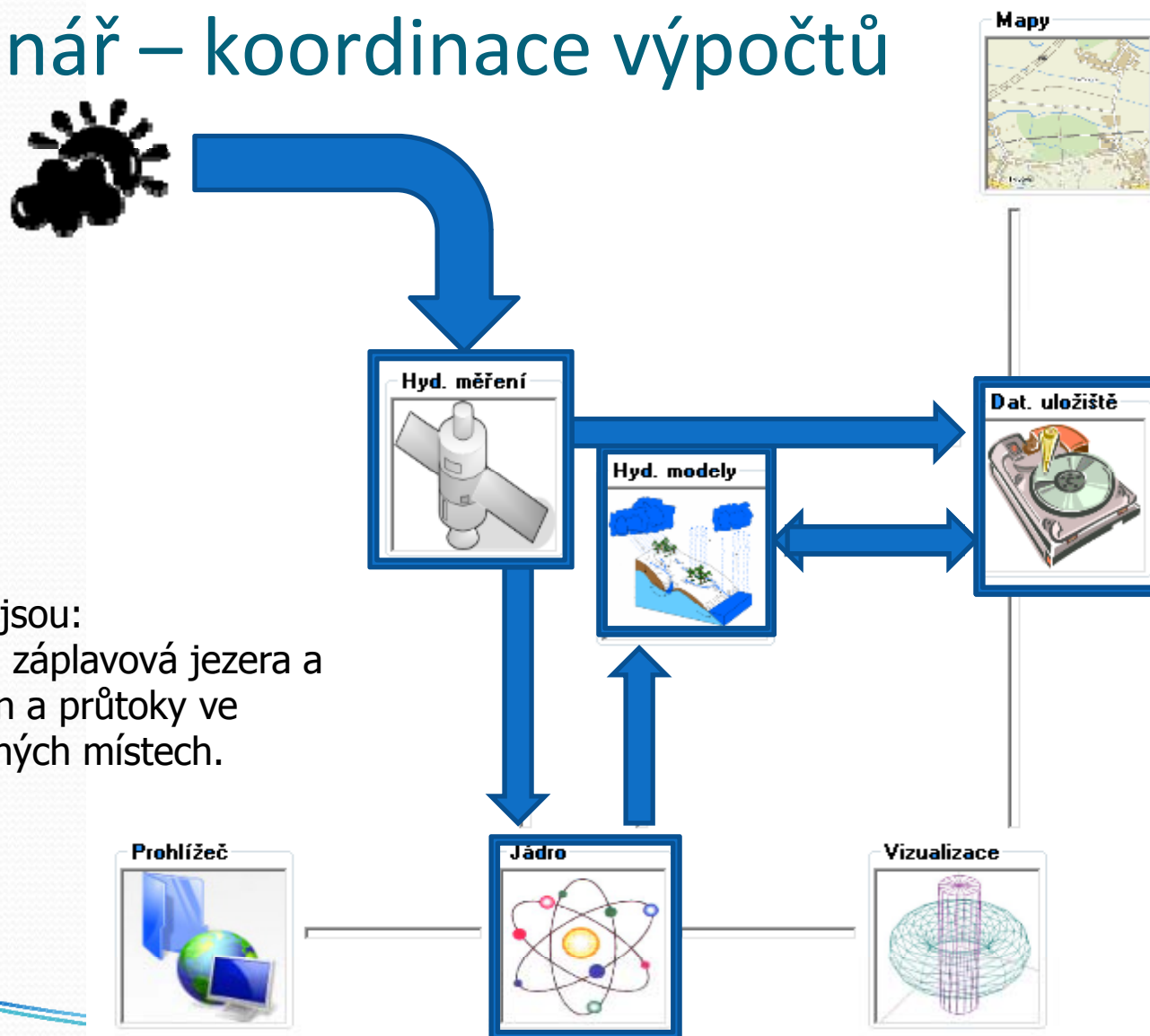
- Předpověď průtoků prakticky pro **libovolný profil** na povodí (tj. mimo hlásné profily HPPS)
- Využití pokročilých GIS a modelovacích technologií, využití HPC
- Nastavbové informace jako **mapy rozlivů, nasycení povodí** nebo zásob vody ve sněhové pokrývce
- Zohlednění požadavků **Flood Directive 2007/60/ES**
- Nenahrazuje Hlásnou a předpovědní povodňovou službu ČR dle zákona č. 254/2001 Sb., jedná se **nástroj pro její doplnění a rozšíření**

Architektura systému



Scénář – koordinace výpočtů

Výsledkem jsou:
Simulovaná záplavová jezera a
výšky hladin a průtoky ve
specifikovaných místech.



Scénář zobrazení povodňových informací koncovému uživateli

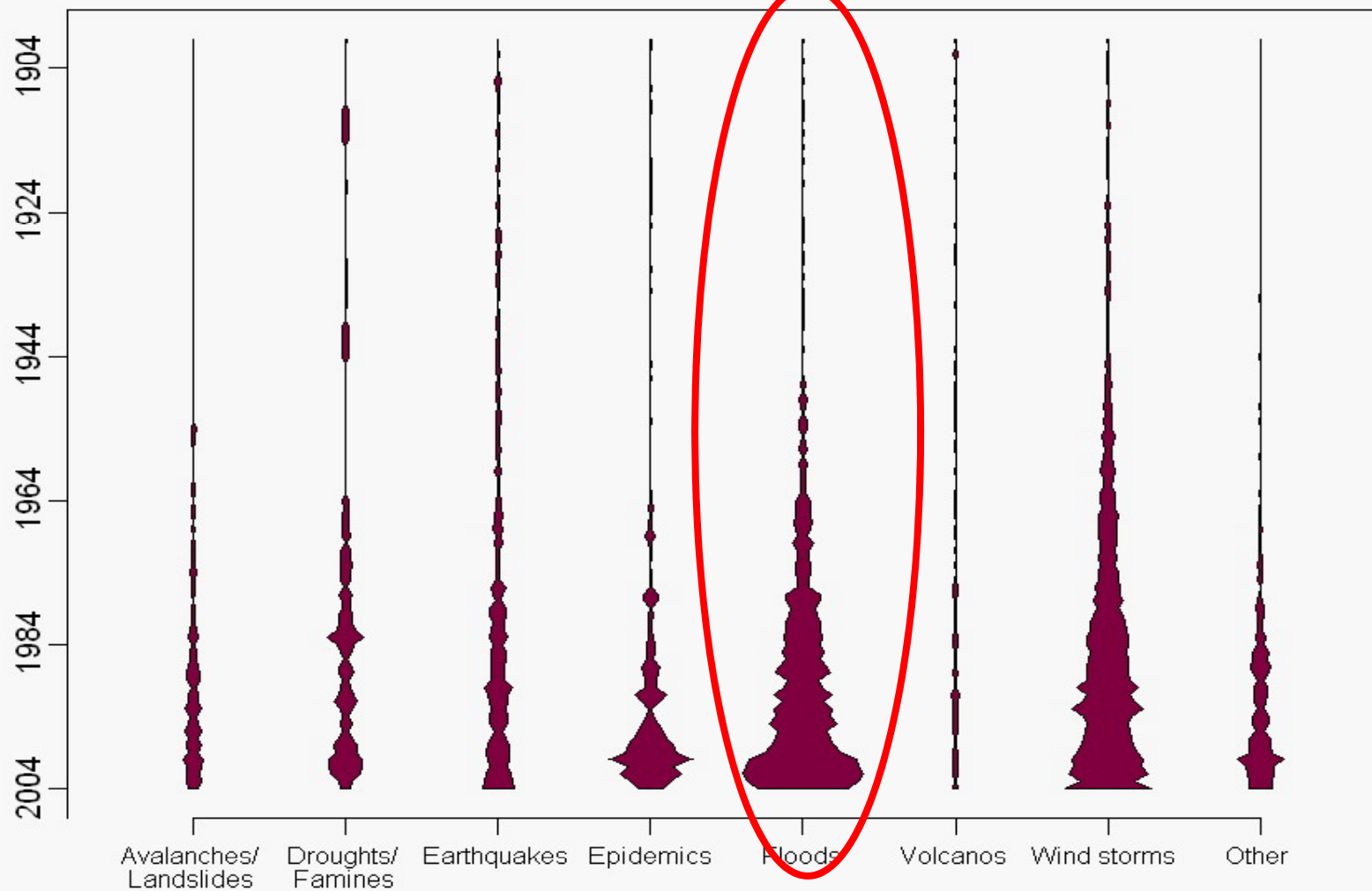


Použité technologie

- Analýza systému byla provedena s využitím:
 - Jazyka UML pro specifikaci, analýzu a návrh systému
 - Nástroj IBM Rational Software Architect
- Vývoj systému je založen na technologiích:
 - Visual Studio 2005
 - MS SQL Server
 - Oracle
 - Webové služby
- Vlastní profilovací nástroje pro sledování běhu aplikace

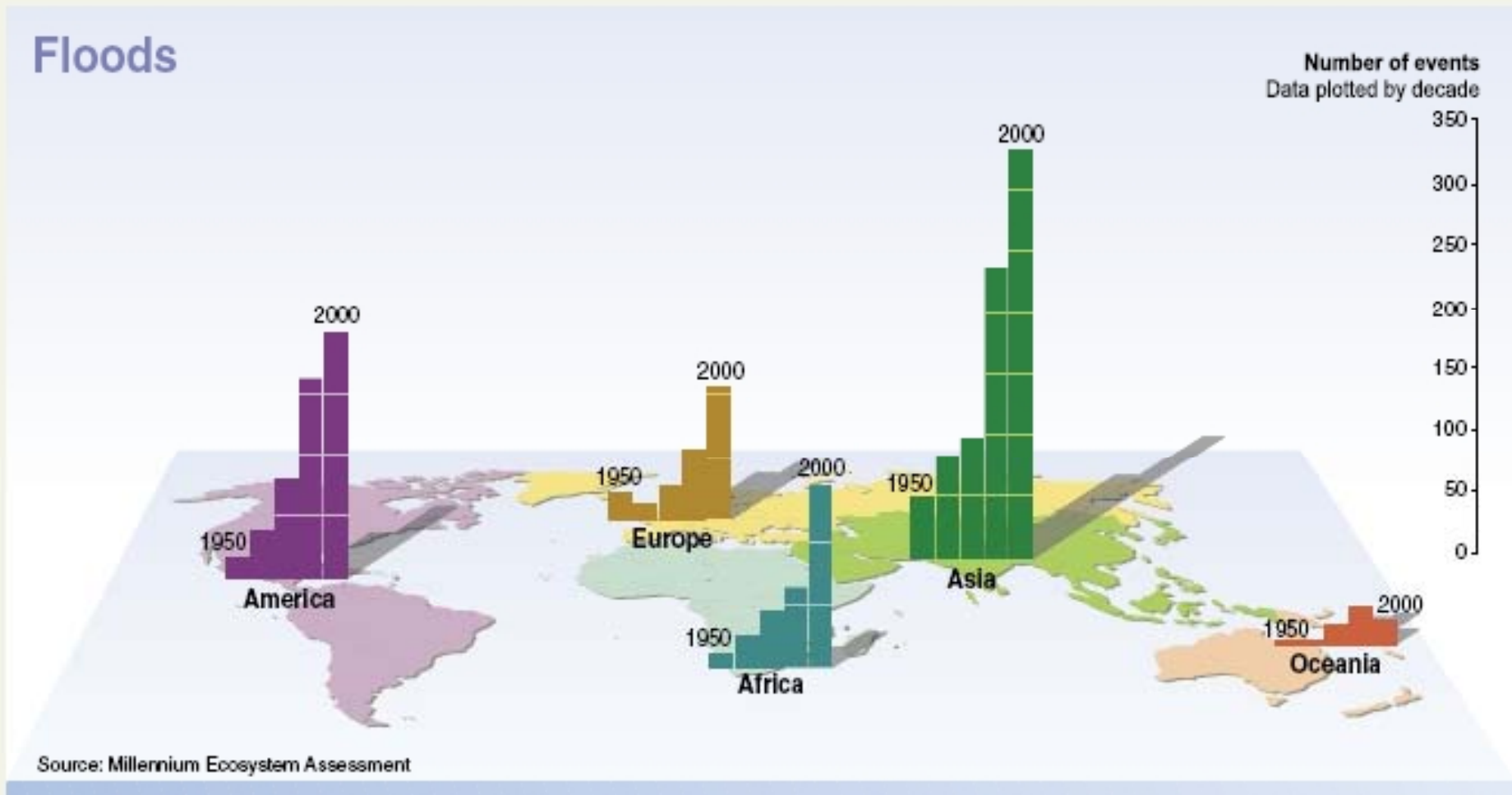
Četnost přírodních extrémů

Number of natural disasters reported by disaster type. 1900-2004



Vývoj četností povodní v dekáдах

Appendix Figure A.7. NUMBER OF FLOOD EVENTS BY CONTINENT AND DECADE SINCE 1950 (C16 Fig 16.6)

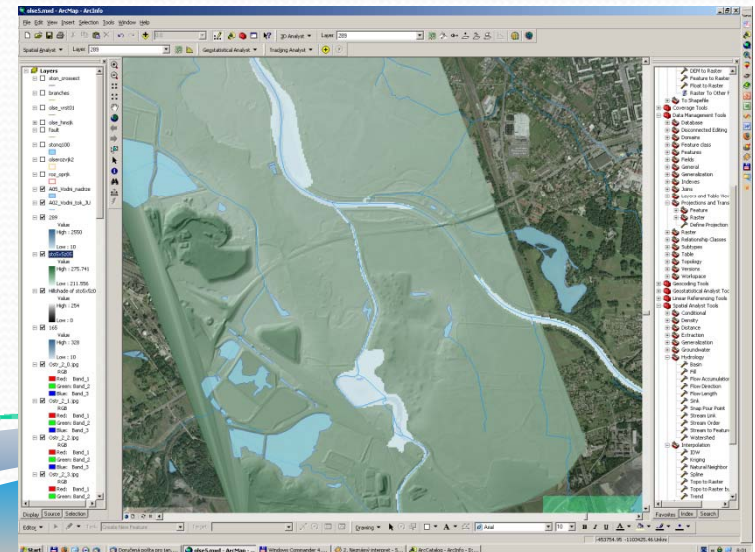
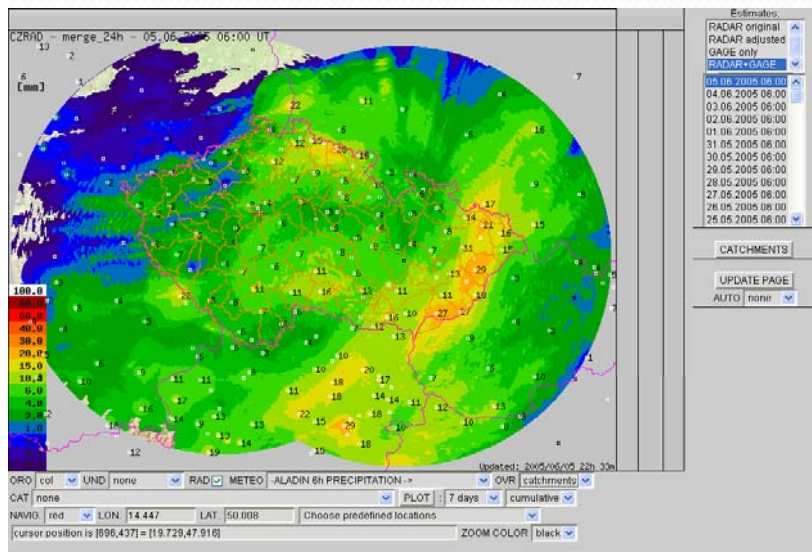


Proč používat hydrologické modely ?

- Jedná se o efektivní nástroj hydrologické prognózy (v současnosti se rutinně používají na RPP ČHMÚ a podnicích Povodí)
- Předpověď průtoků pro libovolný profil (i menší toky a mimo síť hlásných a předpovědních profilů ČHMÚ)
- Protože pracují se srážkami (déšť, sníh) a jejich prognózou, je možné předpovídat změny hladin a Q ještě před samotným započítáním srážkové epizody

Sekce geoinformatická a hydrologická

- sběr dat o povodí s využitím nejmodernějších technologií GIS a DPZ (radar, LIDAR, multispektrální snímky apod.)
- výstavba srážkoodtokových a hydrodynamických modelů a jejich zapojení do infrastruktury FLOREONu (definice rozhraní, datových formátů a konverzí apod.)

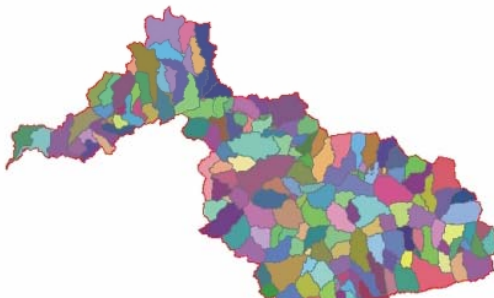


Úloha GIS

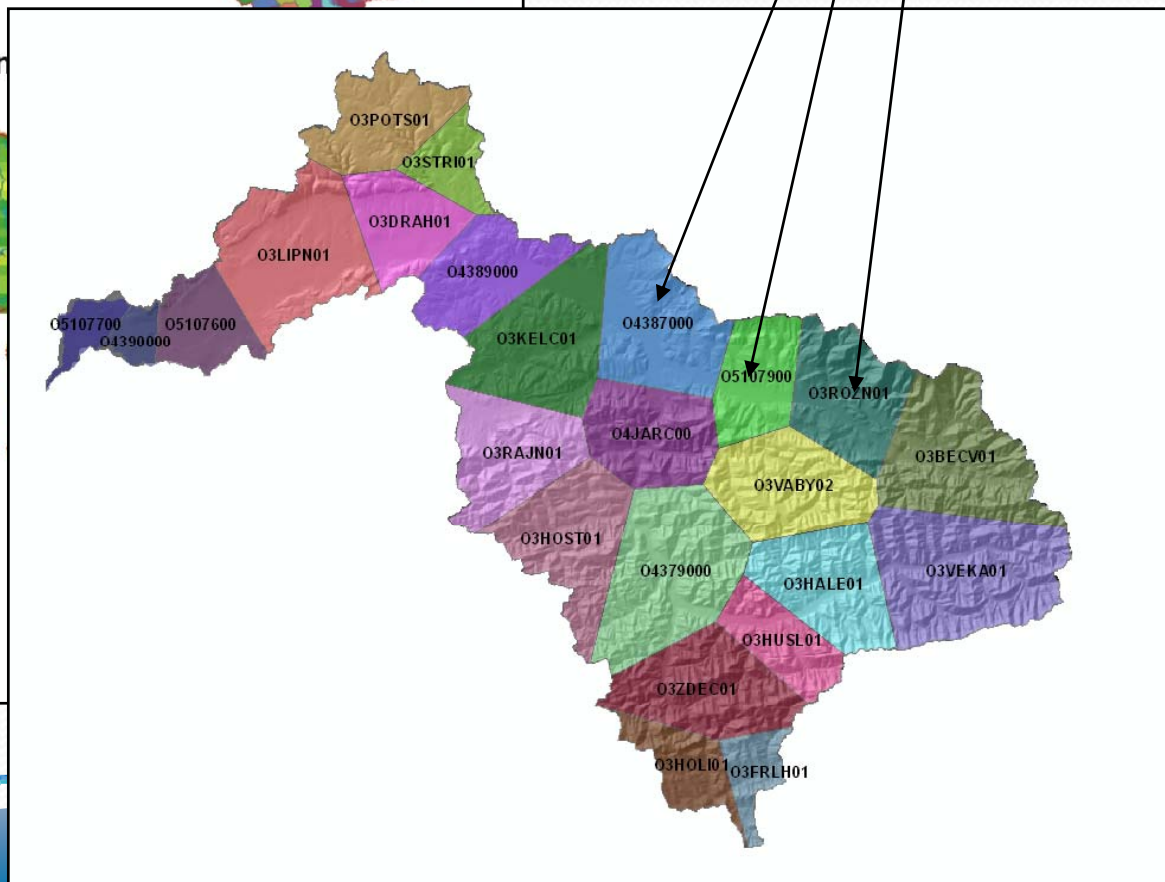
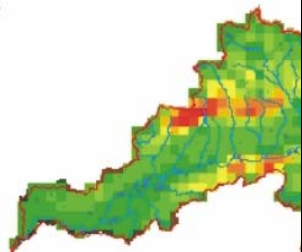
Celistvý model



Semidistribovaný model



Distribovaný

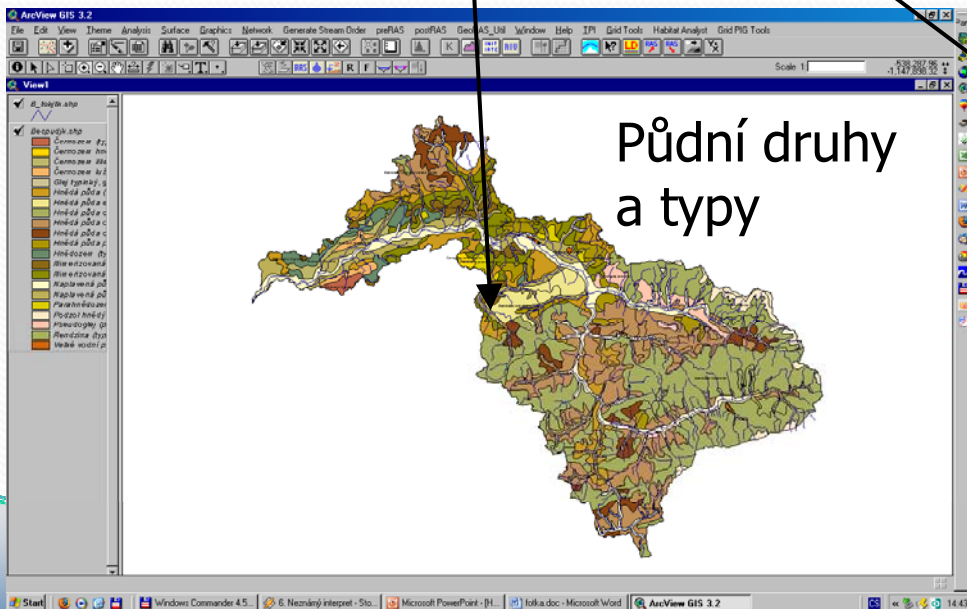
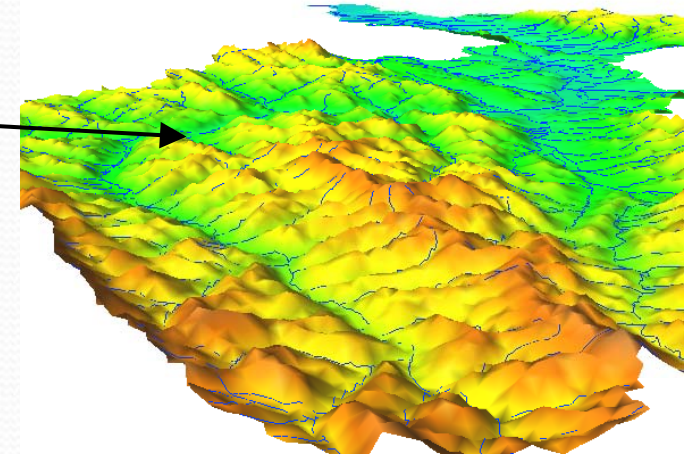


Úloha GIS

Reálná krajina povodí



Digitální model terénu



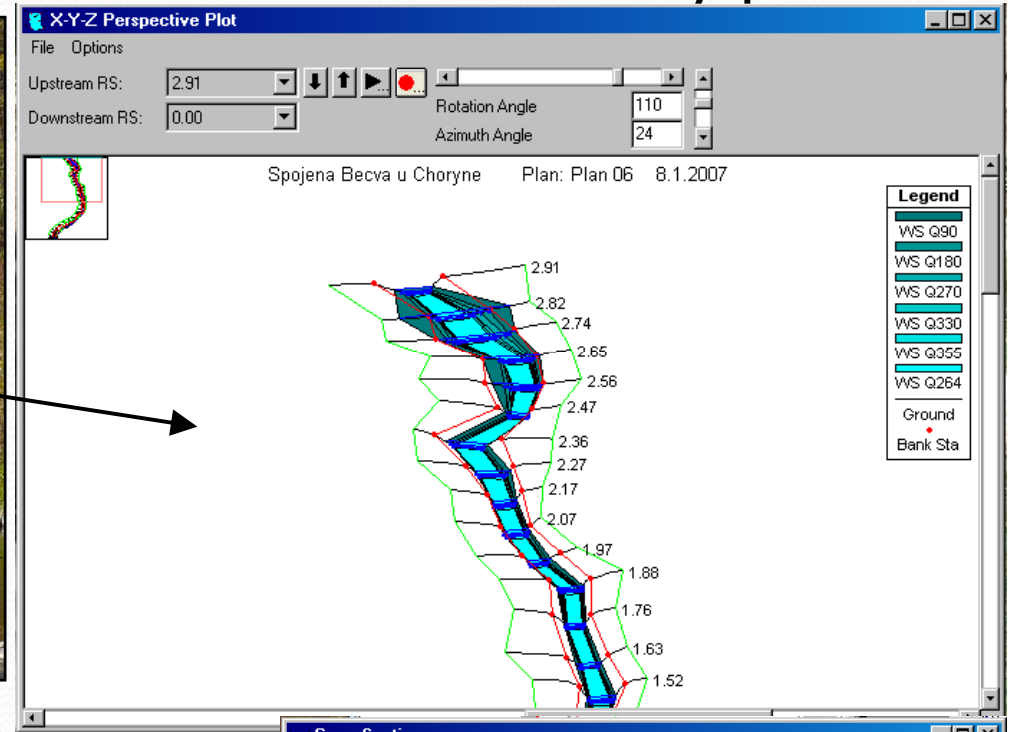
Družicové snímky



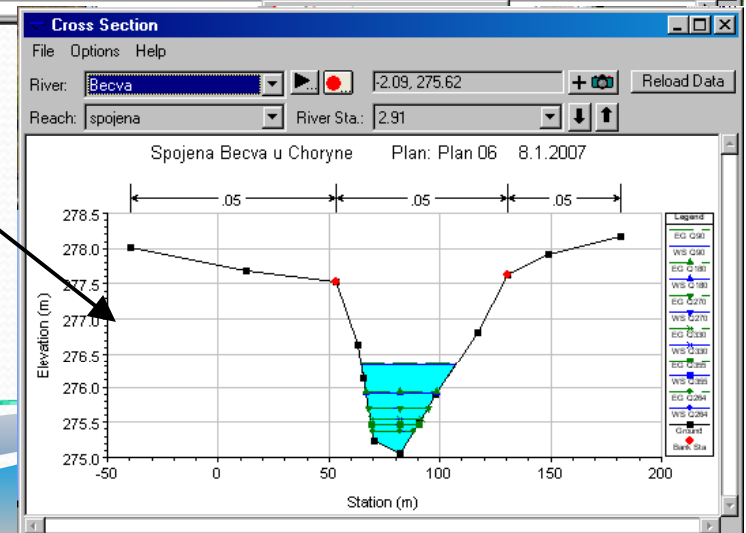
Úloha GIS

Podélný profil

Reálné koryto řeky



Příčný profil

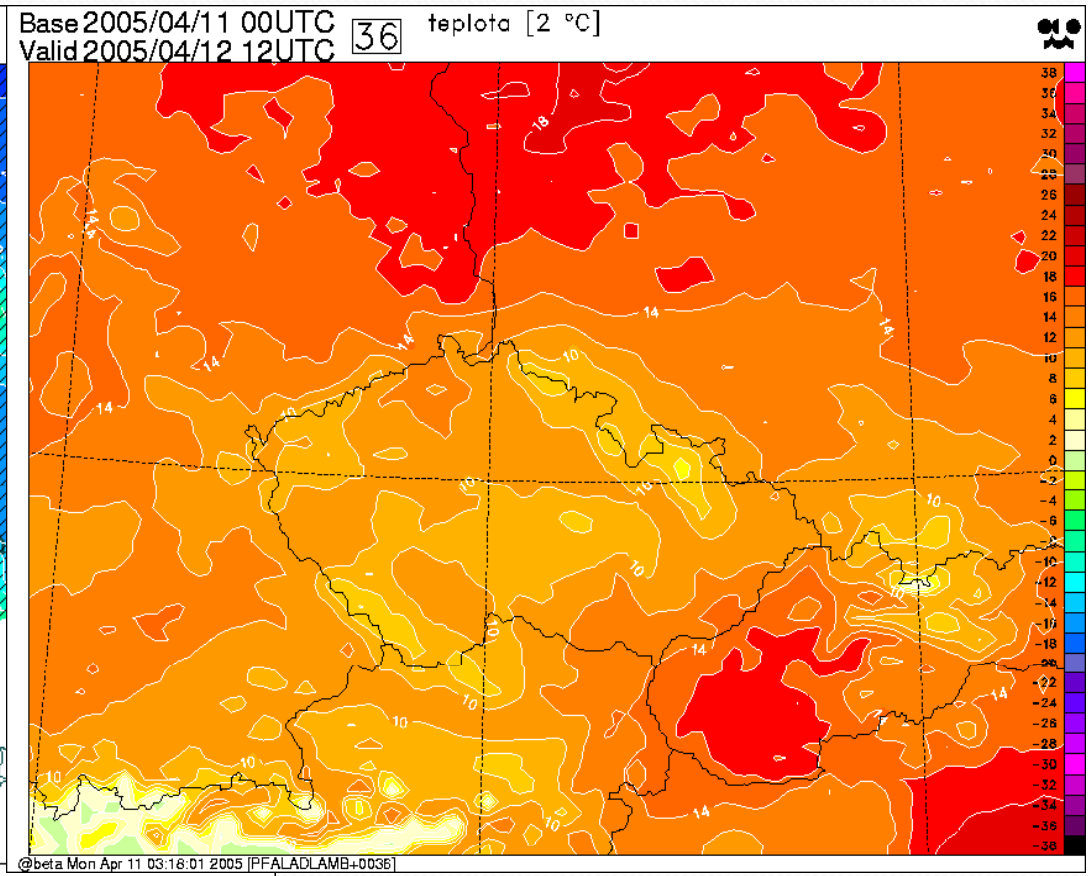
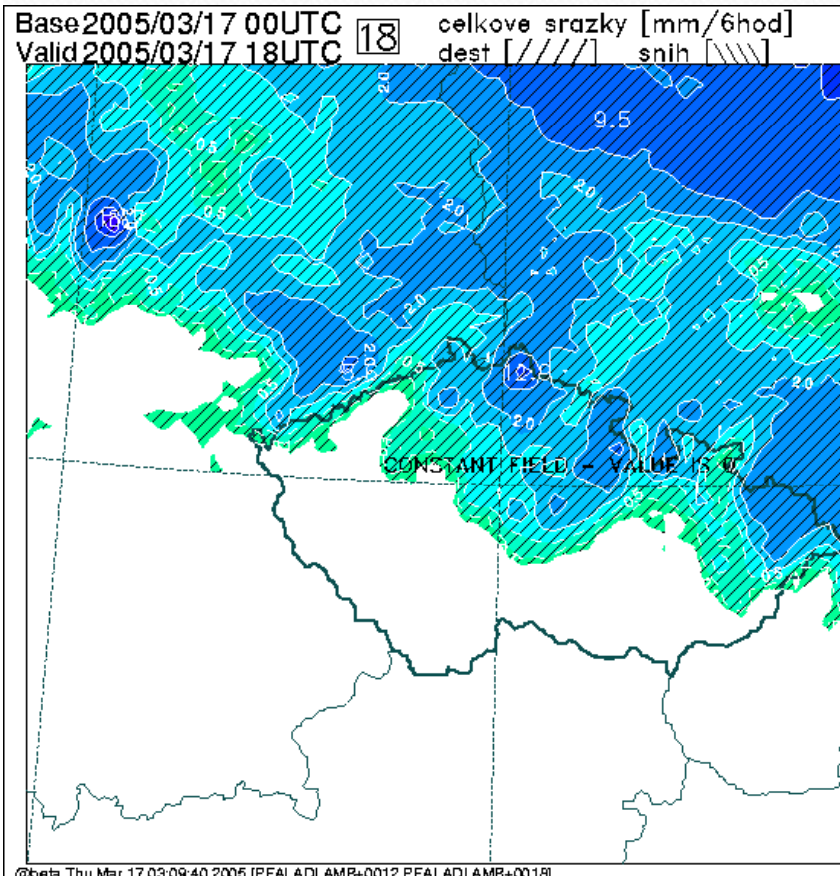


Hodnoty čísel CN křivek

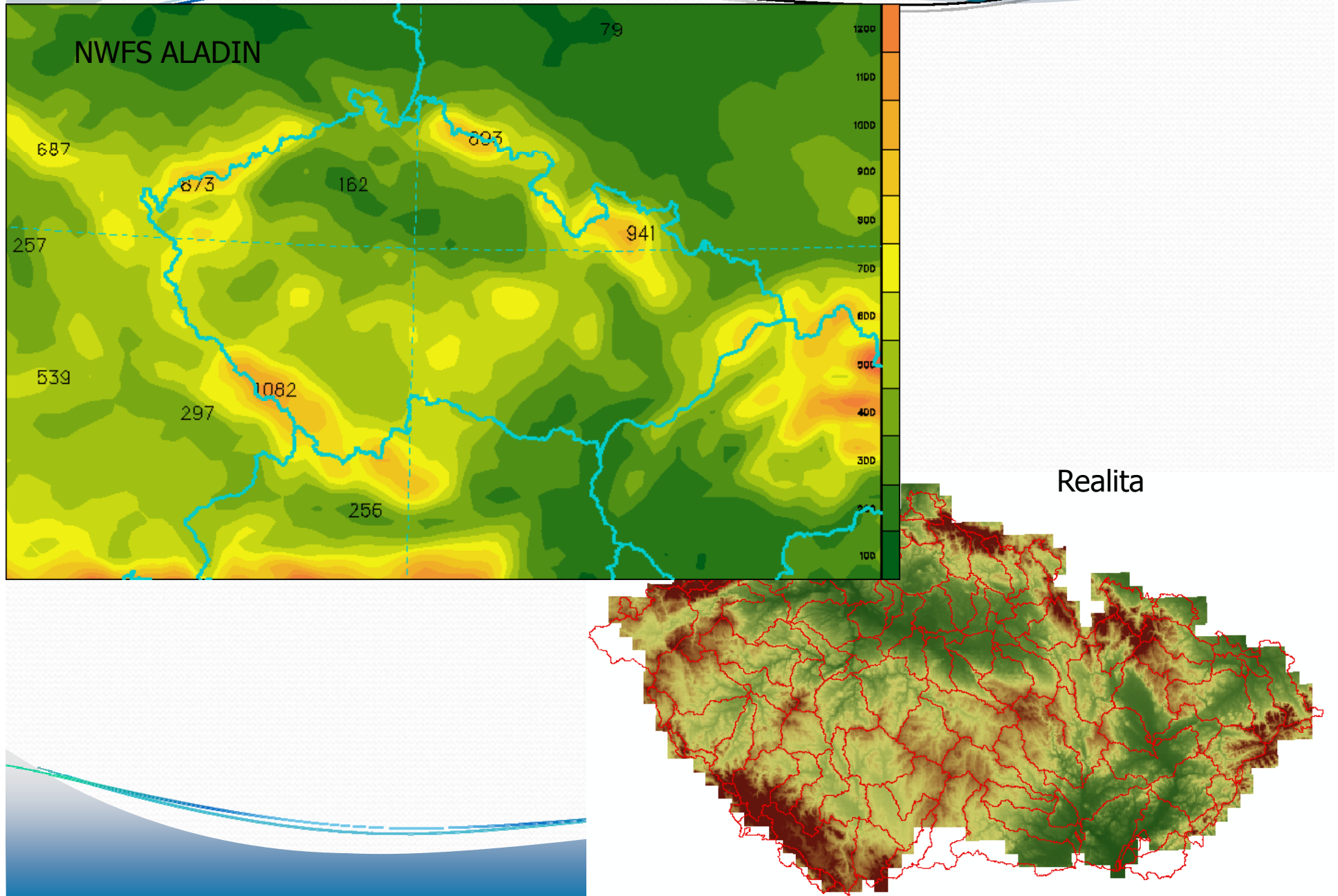
The screenshot displays the ArcView GIS 3.2 interface. The main window shows a map of a watershed with a grid of CN curve values overlaid. The legend on the left lists the following values: 58, 60, 61, 69, 70, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 93, 94, 100, and No Data. A context menu is open over the map, listing the following options: **GeoHMS Add-In**, **DEMAT**, **Nastavení tématu povodí**, **Charakteristiky z DEM**, **Výpočet CN**, **Výpočet podílu nepropustných ploch**, **Výpočet doby koncentrace**, **Výpočet průměrné srážky**, **Výpočet nárhového hyetogramu**, **Výpočet nárhové vlny**, **Export charakteristik povodí**, and **Aktualizace souboru pro HECHMS**. The status bar at the bottom indicates the current task: "Vypočítá průměrnou hodnotu CN na všechna subpovodí na základě gridu CN a zapíše do atributové tabulky." The system tray shows the time as 12:25.

Modely pro předpověď počasí

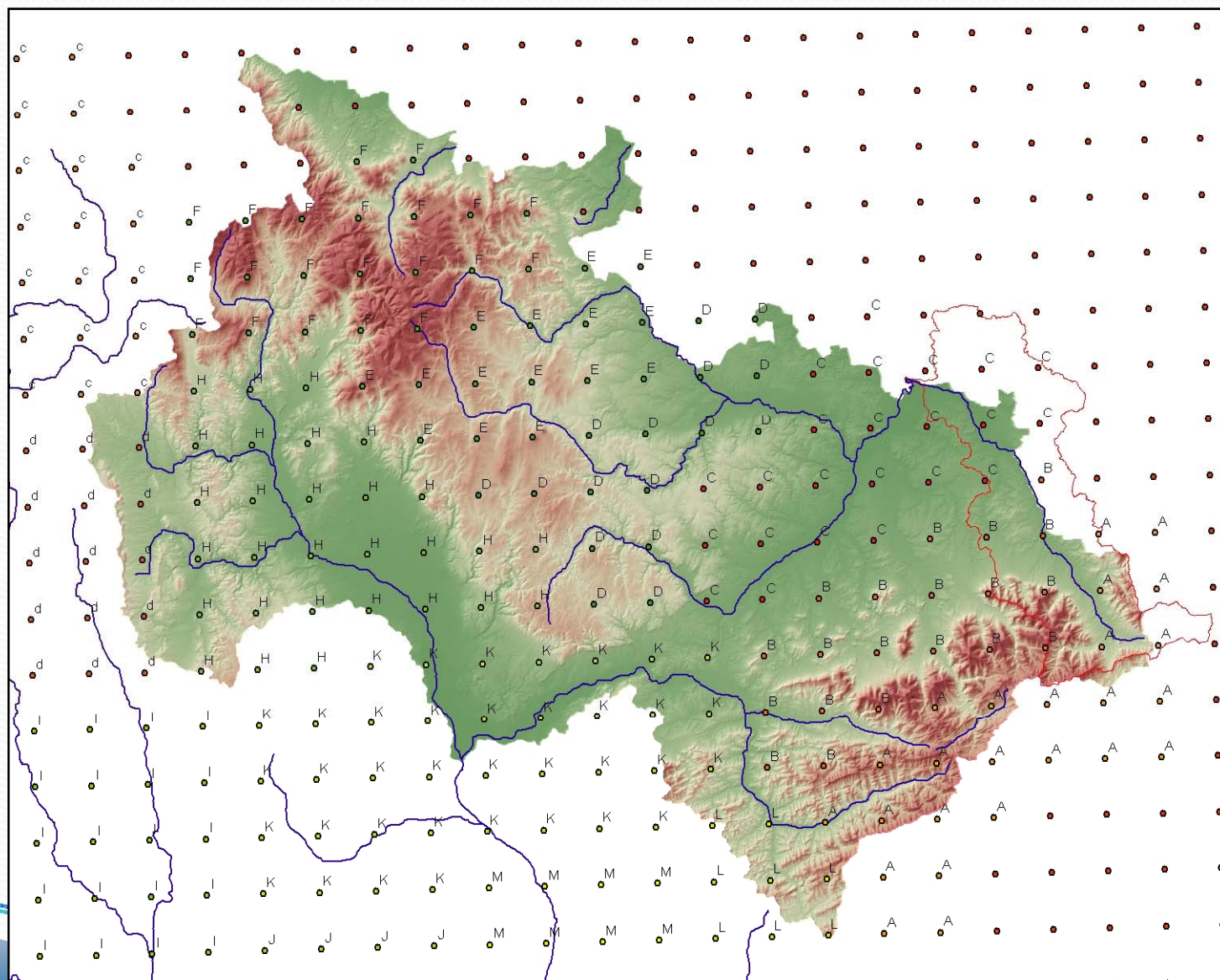
ALADIN, MEDARD



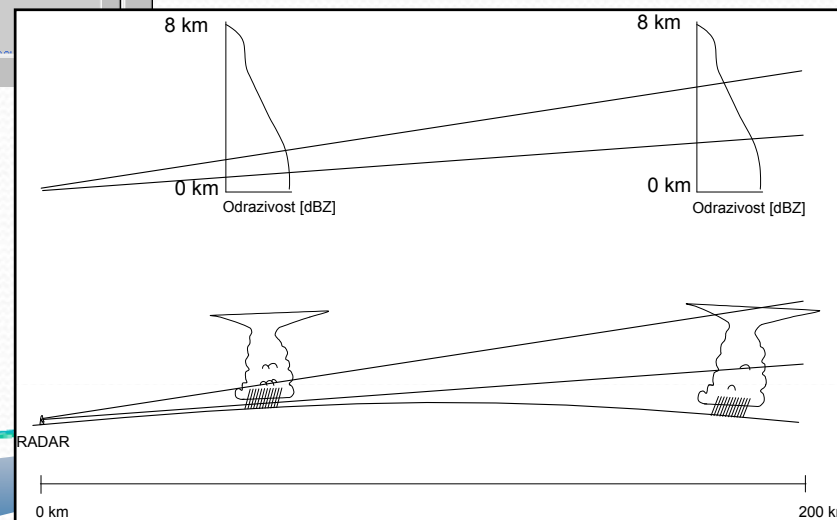
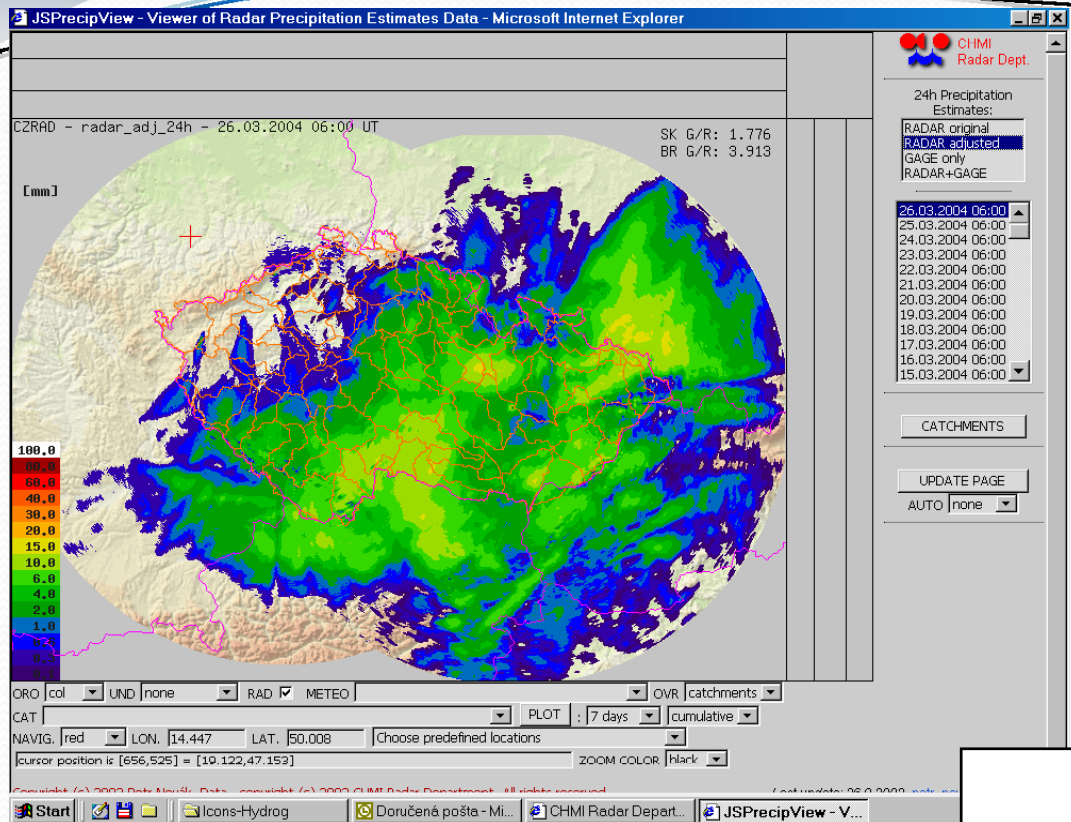
Reálná vs. modelová orografie



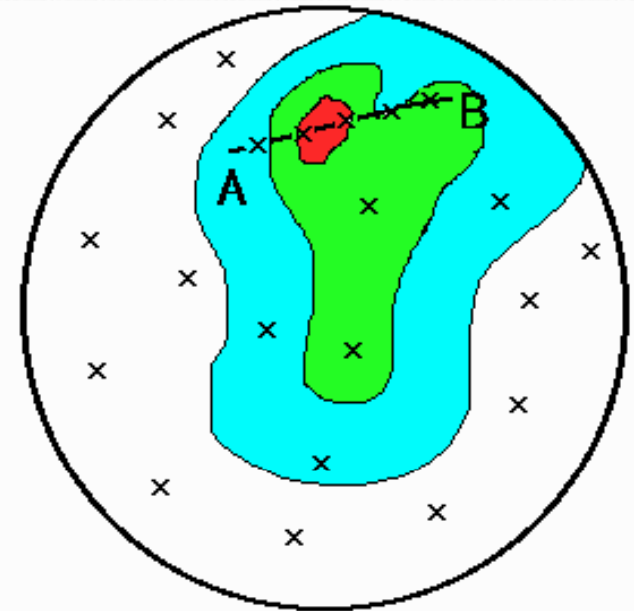
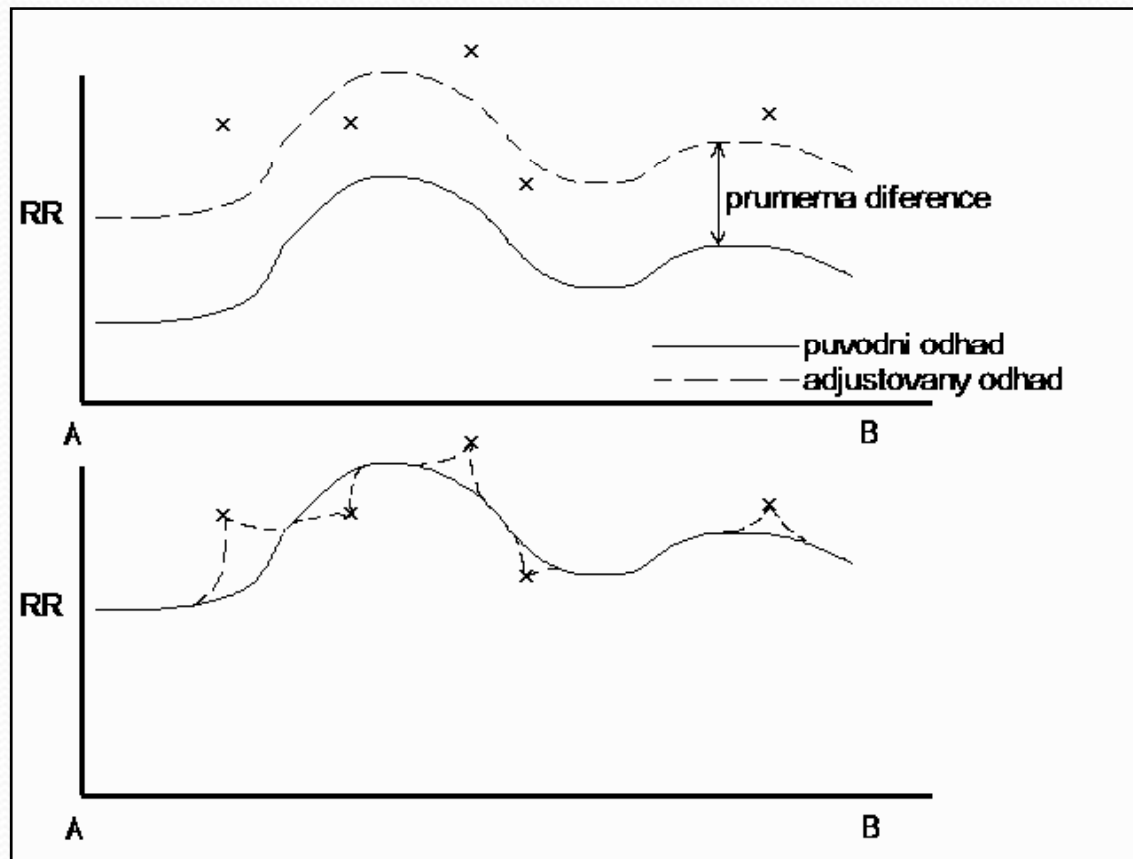
Uzlové body NWFS ALADIN v Ms. kraji



Problém datových vstupů

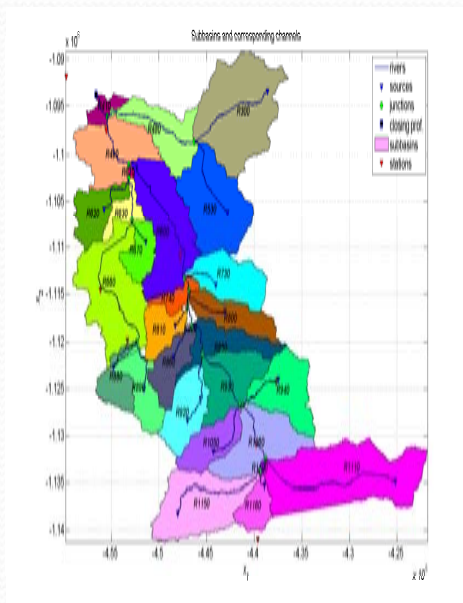


Problém datových vstupů



Hydrologické modely

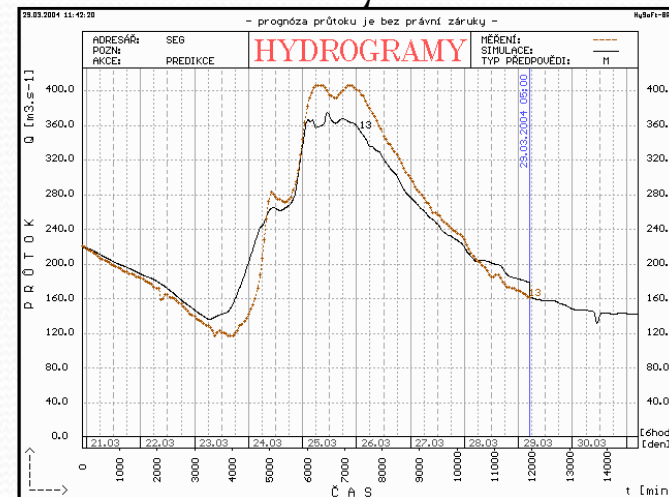
Schematizace povodí, analýza dat



Výpočet hydrogramů na
závěrových profilech

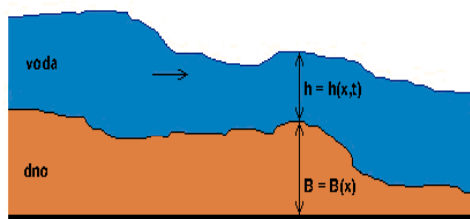
Počáteční a okrajové
podmínky

Srážko-odtokový model

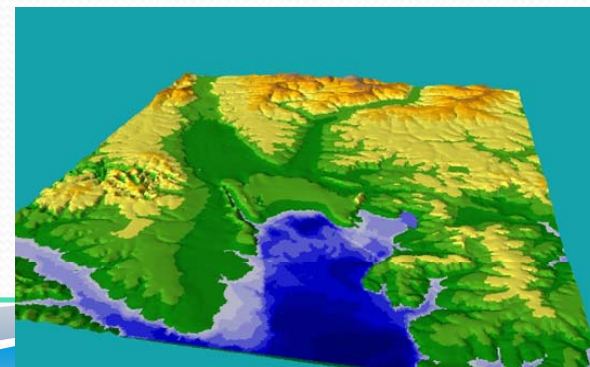
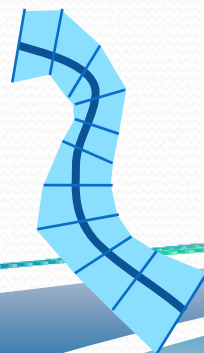


Počáteční
okrajové
podmínky

Výpočet průtoků a hladin
po celé délce koryta



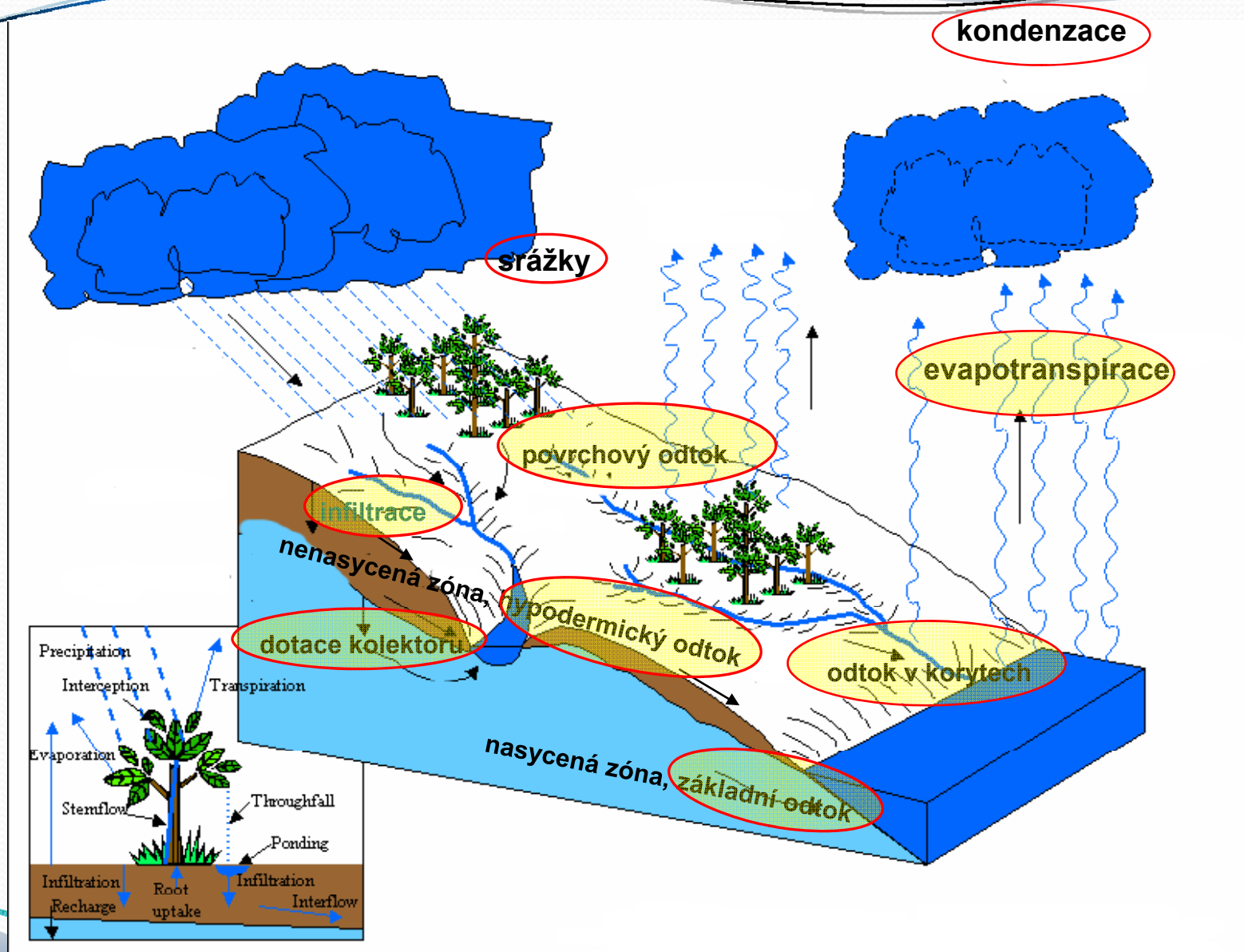
Výpočet
inundace



1D – hydrodynamický SV model

2D – hydrodynamický SV model

Schéma srážkoodtokového procesu



$$H_S = H_O + H_{ET} \pm \Delta W \pm R$$

1. hydrologická transformace
2. hydraulická transformace

Srážkoodtokové modely

- Vybudování s-o modelů povodí Olše (2-03-03) v programech HYDROG 9, HEC-HMS 3.1.0 a MIKE SHE
- Testování a kalibrace modelů na několika s-o epizodách o různé vodnosti a extremitě (např. 07/2002, 09/2007 atd.)
- Finalizují se práce na schematizacích povodí Ms. kraje (Olše, Odra, Opava, Ostravice, Bělá)
- Spolupráce s Povodím Labe, s.p. na povodí Jizery (HYDROG, MIKE 11)
- Vstupy z distančních měření (radar) a atmosférických předpovědních modelů (ALADIN), nowcasting a kombinace s krátkodobou a střednědobou numerickou předpovědí (předpovědi nad 48, resp. 54 hodin)
- Napojení hydrologických a hydrogeologických modelů

Parametry hydrologických a hydrogeologických modelů



mezní vrstva atmosféry a aktivní povrch: teplota, vlhkost, srážky (úhrn/typ), tlak, rychlost a směr větru, evaporace

vegetace: LAI (**L**ea**A**re**I**ndex), typ (HRU), land cover, land use, transpirace

povrch: geomorfologie (sklon, expozice atd.), drsnost, parametry povodí

nenasycená zóna: hloubka a typ půdního profilu, granulometrie, poréznost, hydraulická vodivost, CN křivka, stupeň/deficit nasycení, kapilární sání, polní kapacita (FC)

nasycená zóna: mocnost kolektoru Z a její průběh v X,Y, poréznost horninového prostředí, koeficient filtrace, transmisivity, storativity, průběh a typ hladiny podzemní vody (volná/napjatá), hydraulický gradient

koryta toků: příčný (průřez mezi břehy) a podélný profil (průběh dna, břehových linií a hladin od pramene po ústí), drsnost, soutoky, bifurkace, inundace, VH objekty (jezy, stupně apod.)

vodní plochy (jezera, vodní nádrže): geometrie, hladiny, transformační funkce, VH přehrady pak manipulace, parametry výpustí a přepadů



Hydrologické modely

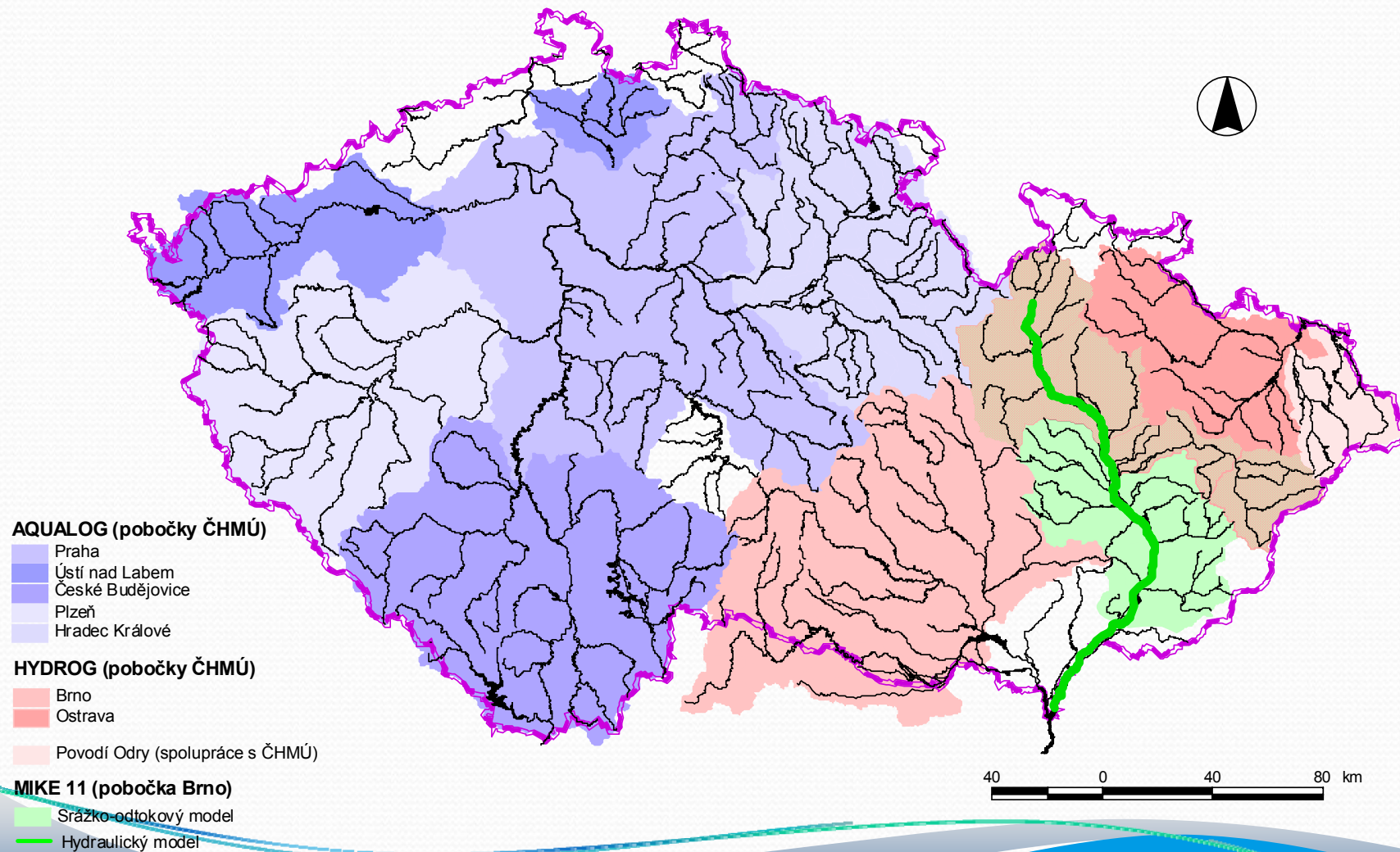
1. **DHI/MIKE** (Danish Hydraulics Institute) S: Win
2. **HEC-HMS** (U.S. Army Corps Of Engineers) S: Win/Solaris
3. **HEC-RAS** (U.S. Army Corps Of Engineers) S: Win
4. **Floodworks** (Wallingford Software) S: Win
5. **Waterware** (ESS) S: UNIX/Linux/FreeBSD
6. **SAC-SMA** Sacramento Soil Moisture Accounting Model (Riverside Technology Inc.,/NWS) S: Win
7. **GRASS modules** (r.topmodel, r.hydro.CASC2D, r.runoff, r.watershed, r.fill.dir, r.topidx, SIMWE) S: Linux/FreeBSD/Win (Cygwin)
8. **Topmodel** (Beven, implementace v GRASS GIS)
9. **WMS** (Environmental Modeling Systems)

Česká republika:

- **AquaLog** – ČHMÚ povodí Vltavy a Labe
- **Hydrog** – ČHMÚ pro povodí Odry a Moravy, Povodí Odry, Povodí Labe, Povodí Ohře
- **MIKE** – podniky povodí (hydraulika), ČHMÚ Brno (Morava)

Hydrologické modely v ČR

Pokrytí ČR hydrologickými předpovědními modely



Základní komponenty hydrologických modelů

- 1. Modul transformace srážkových impulsů na povodí**
Precipitation transformation and infiltration module
(Green & Ampt, Soil Conservation Service, Mod Clark, UH)
- 2. Modul transformace (pohybu) vody v korytech toků**
Channel routing module (Saint Venant, Muskingum Cunge, KW)
- 3. Model transformace odtoku nádrží a bilance nádrží**
Reservoir (dam) module (Storage-Elevation)
- 4. Model tání sněhu a odtoku tavných vod**
Snowmelt module (Anderson, Ven Te Chow, Rutger Dankers)

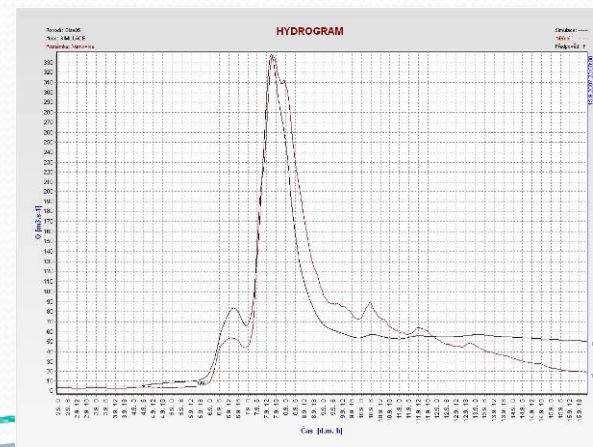
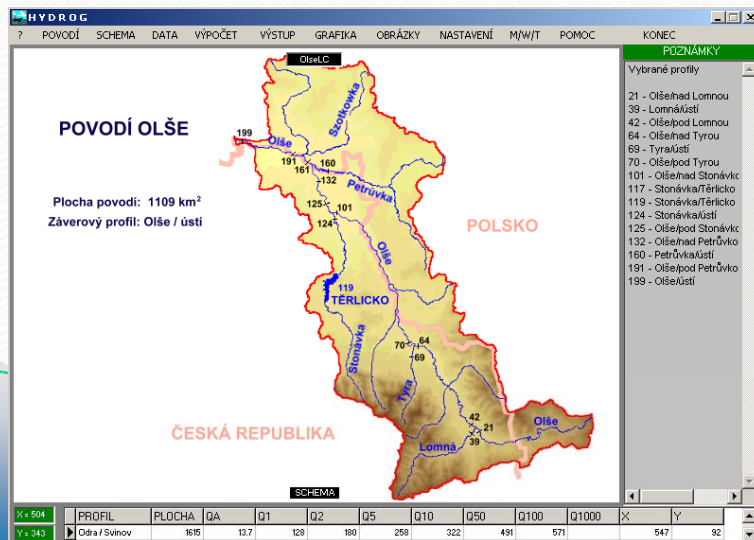
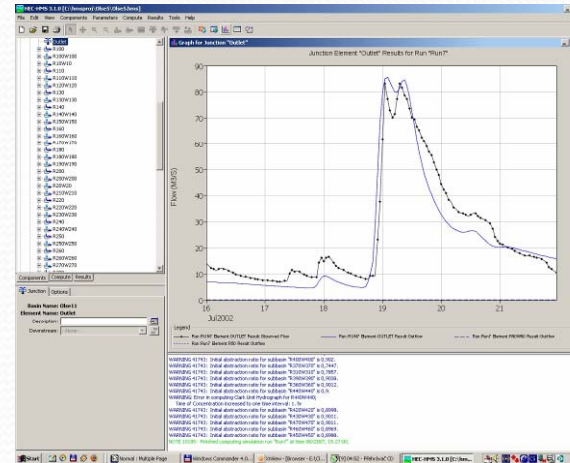
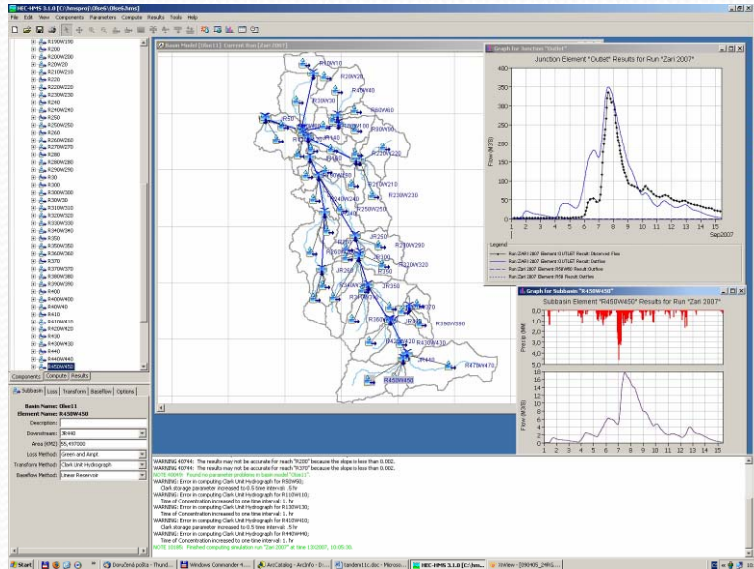
SCS metoda

- Vhodná, pokud máme nedostatek dat, stačí pouze
 - plošná znalost čísel CN odtokových křivek
 - nasycenost povodí pro případnou korekci CN
 - specifický odtok
 - digitální mapa terénu
- Výpočet přímého odtoku se provádí pomocí konvolučního integrálu z jednotkového hydrogramu a efektivní intenzity srážek,
- Odtok podzemních vod se běžně počítá recesní metodou (v naší verzi zatím zjednodušeně opět pomocí konvolučního integrálu)
- Jednoduché vztahy, jednoduchá implementace

Srážkoodtokové modely

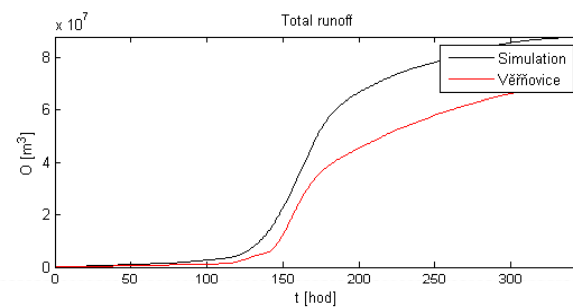
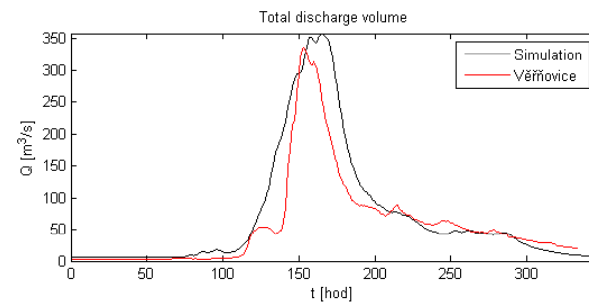
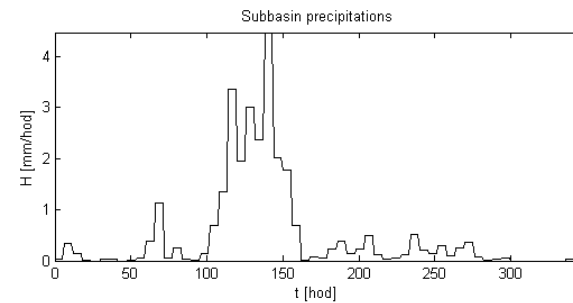
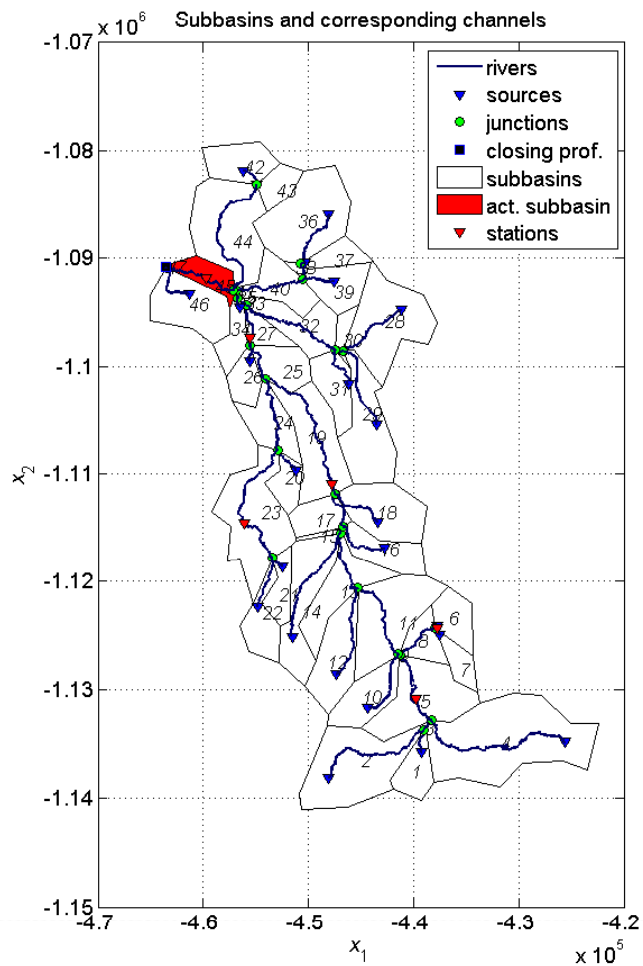
HEC-HMS 3.1.0. (freeware)

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>



HYDROG 9.0

Povodí Olše, událost 1.9.-15.9.2007



Hydrodynamické modely

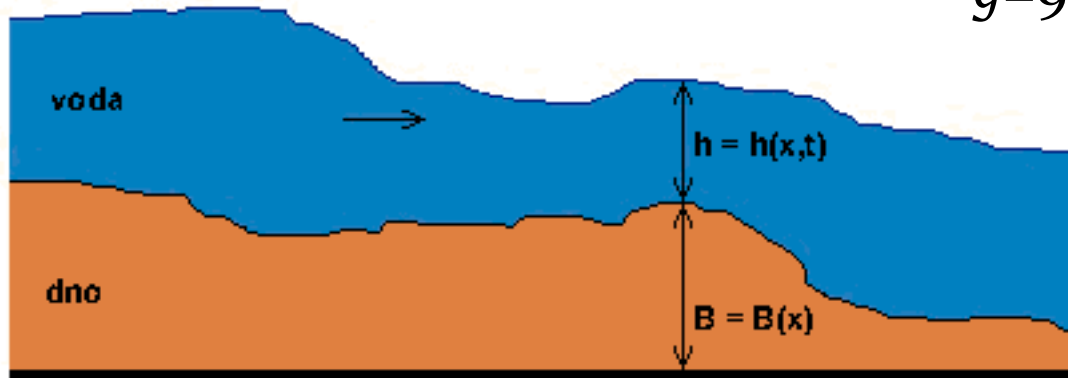
- slouží k numerickému řešení pohybu vody v korytech, nádržích a technických objektech (jezy, propustky atd.)
- řeší spolu s GIS i rozsahy záplavových zón pro jednotlivé n-letosti (Q_5 - Q_{100}) – povodňové plány
- poměrně náročné na parametrizaci a provoz (velké nároky na výpočetní výkon PC)
- existují freewareová i komerční řešení
- V ČR jsou nejpoužívanější:
 1. HEC-RAS – podniky Povodí, ČHMÚ, VŠB
 2. MIKE 11 – V.Ú.V. T.G.M., ČZU, VŠB
 3. HYDRUS 1-3D - ČVUT

Matematický popis pomocí Saint-Venantových rovnic v 1-D

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hv)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(hv^2 + \frac{1}{2}gh^2)}{\partial x} = \gamma h \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - gh \frac{\partial B}{\partial x}$$

- $h=h(x,t)$... hloubka vody
- $v=v(x,t)$... rychlost proudění
- $B=B(x)$... tvar dna
- $\gamma=\gamma(x)$... drsnost dna
- $g=9,81$... gravitační zrychlení



Saint-Venantovy rovnice ve 2-D

Hledáme časově proměnné pole rychlostí $\mathbf{v}(x,y;t)$ a výšky hladiny $h(x,y;t)$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (h \cdot \mathbf{v}) = \frac{1}{\rho} \cdot q \quad \text{v celé oblasti}$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} - \nu \cdot \nabla^2 \mathbf{v} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} + g \cdot \nabla h = -g \cdot \nabla h_{dno} \quad \text{v celé oblasti}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_{in/out} \quad \text{na vstup.-výstup. hranici}$$

$$h = h_{in/out} \quad \text{na vstup.-výstup. hranici}$$

$$h = 0 \quad \text{na volné hranici}$$

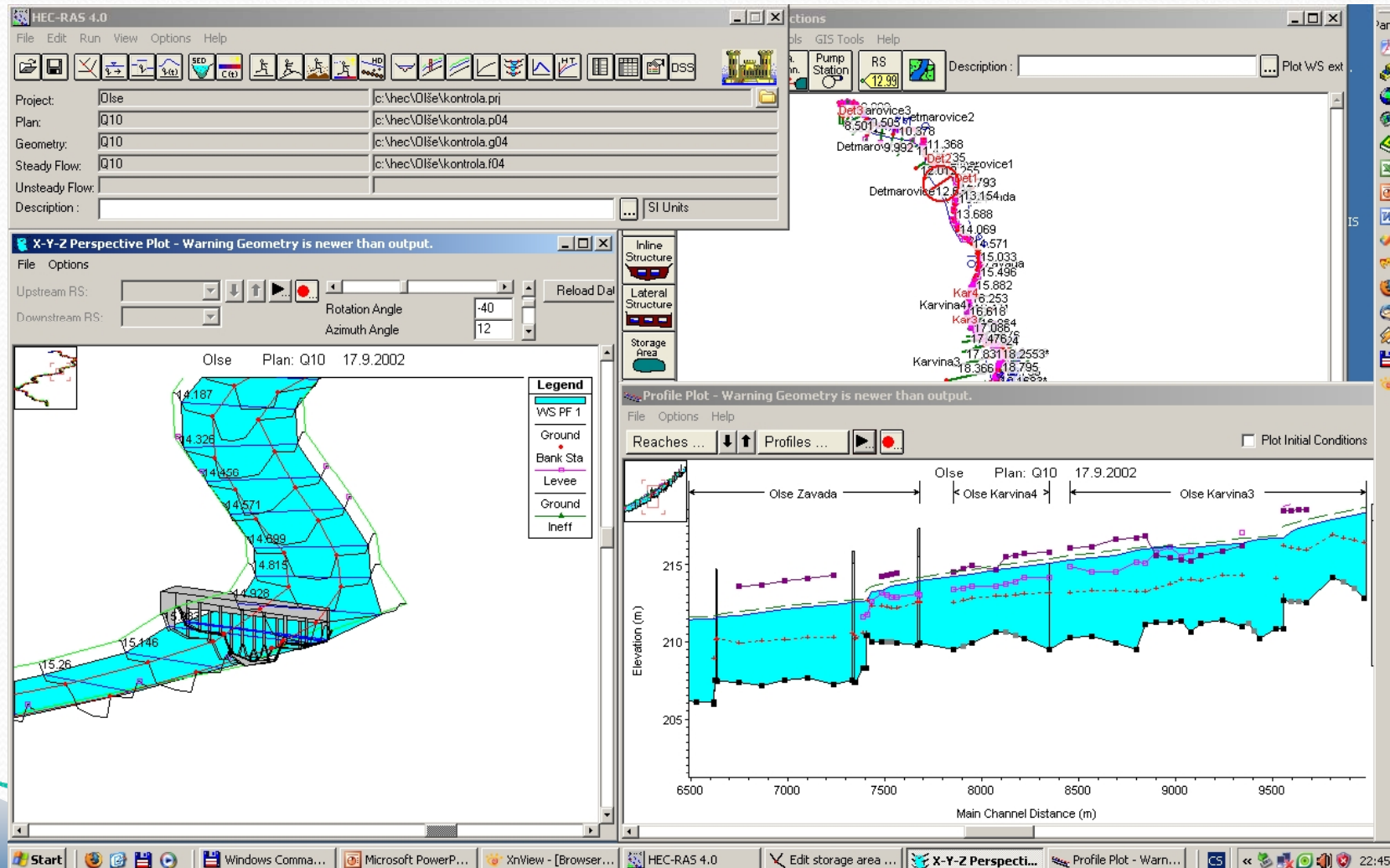
ν ... viskozita, g ... gravitační konstanta, ρ ... hustota vody, q ... srážkové zdroje.

Hranice výpočetní oblasti se v každém časovém kroce mění podle vypočtených rychlostí na volné hranici.

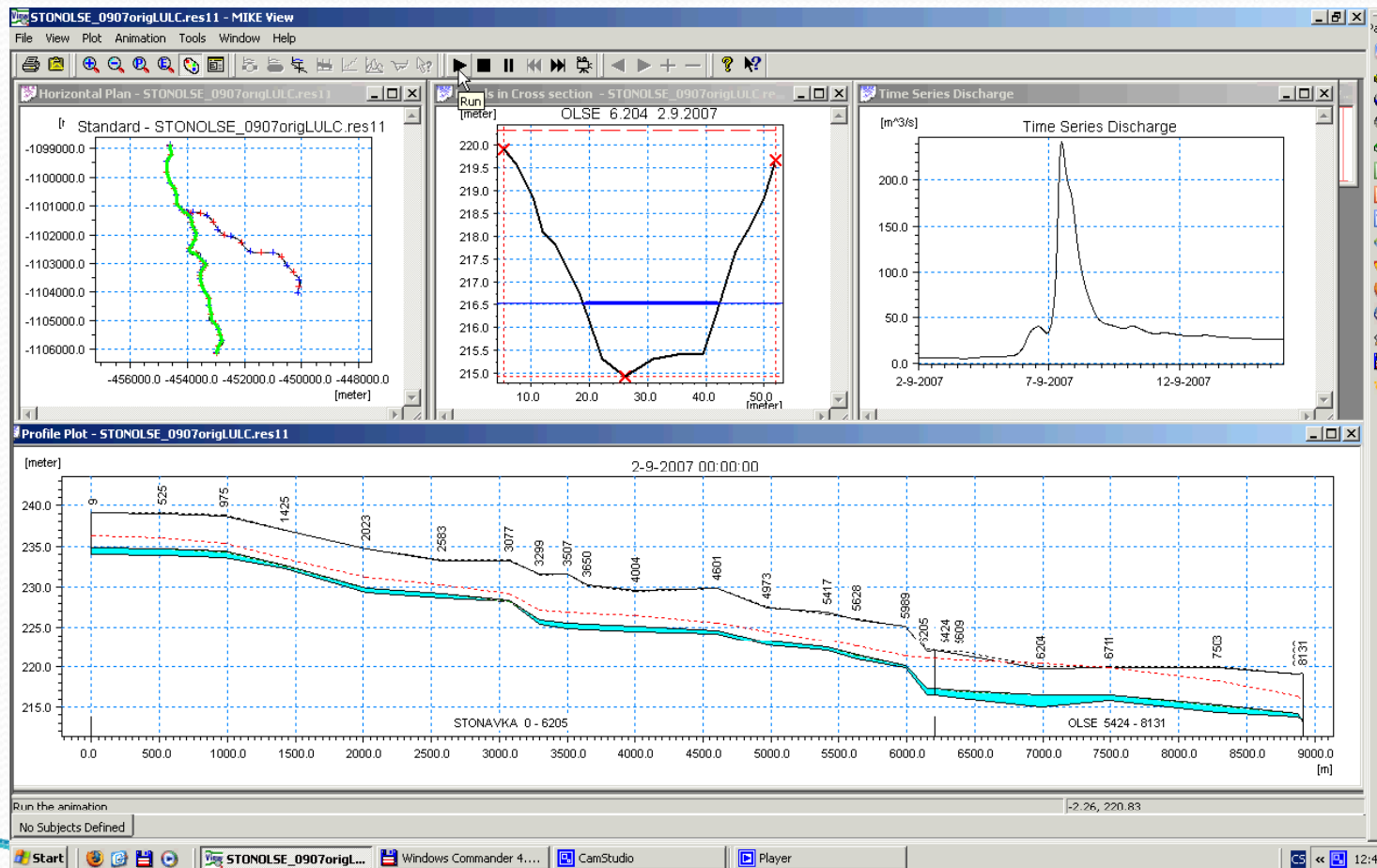
Hydrodynamické modely 4

HEC-RAS 4.0

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

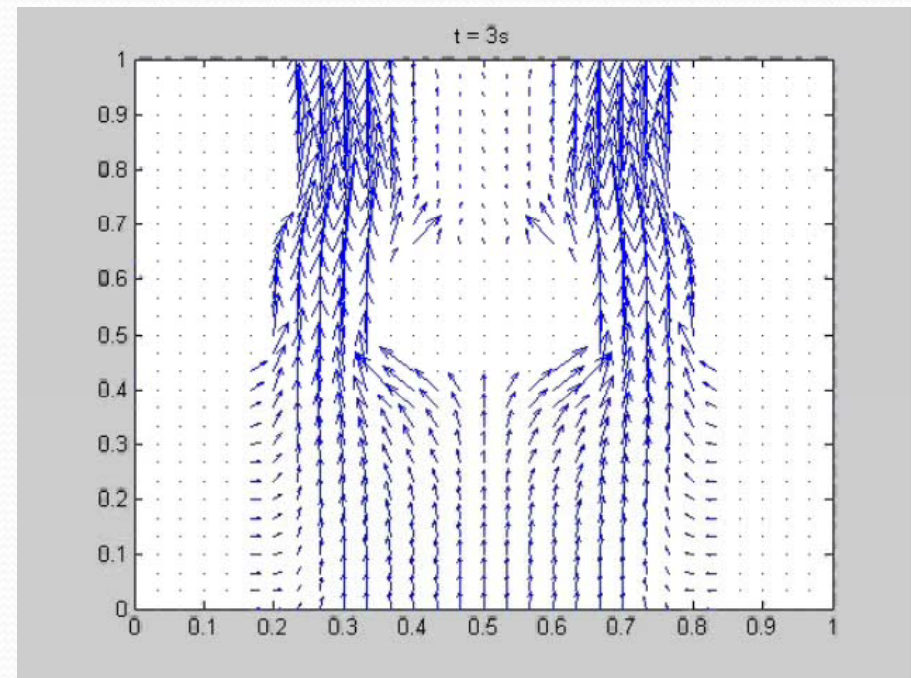
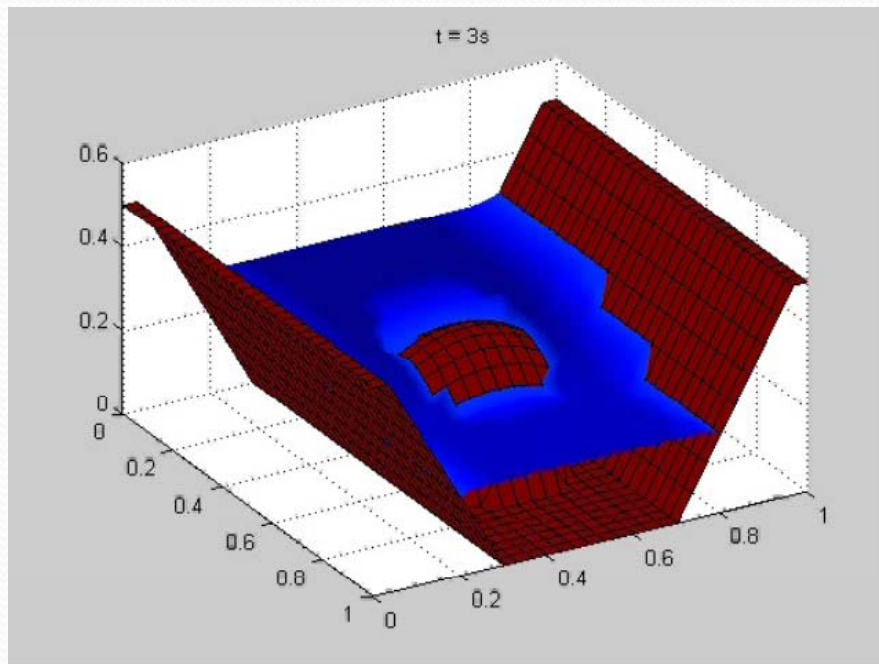


Hydrodynamické modely 5

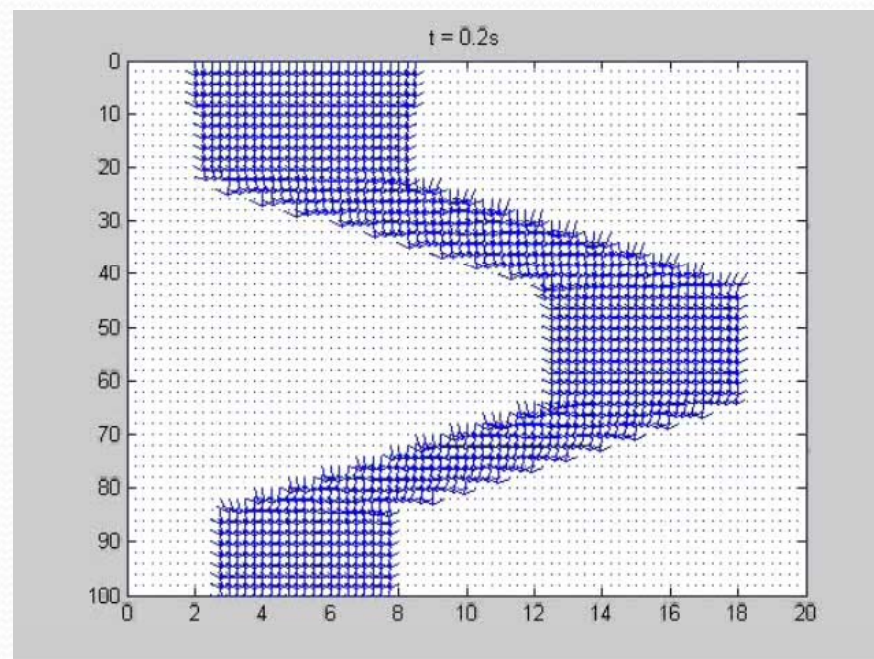
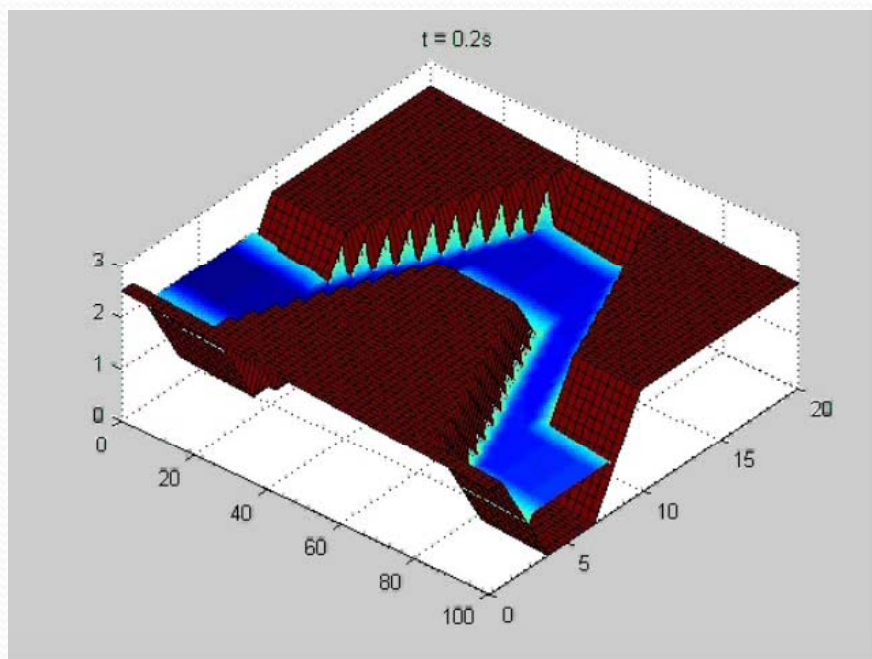




Modelový příklad



Modelový příklad



Vizualizace

- 2D rastrové náhledy, SVG
- 3D vizualizér
- 3D stereo projekce pomocí brýlí



2D obrazová vrstva

Zpracování požadavků
uživatele



Záplavové jezero

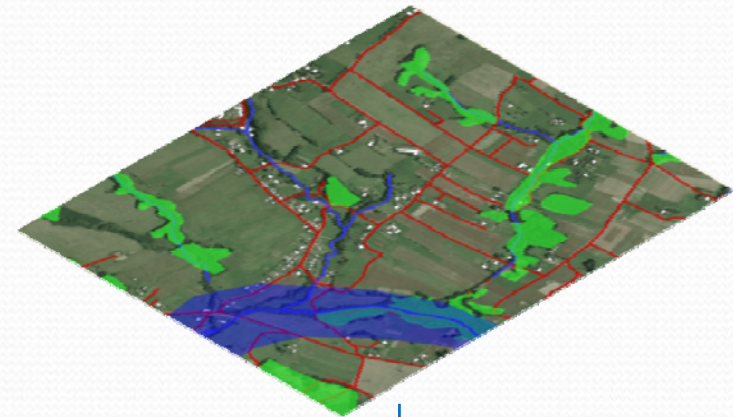
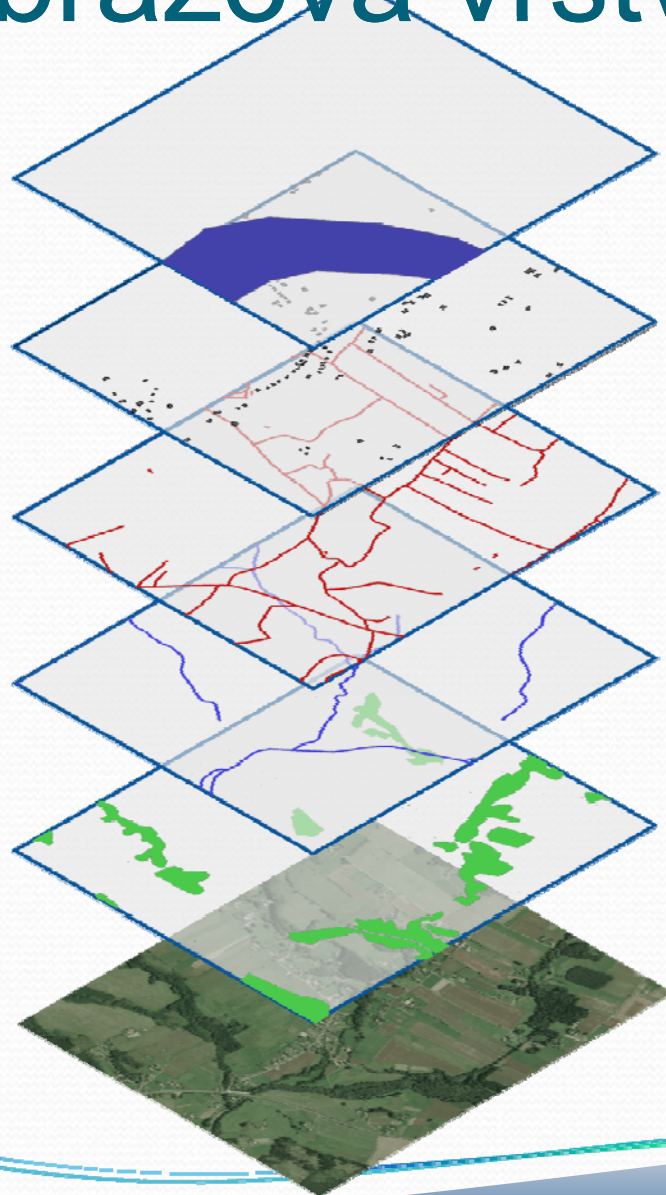
Budovy

Komunikace

Řeky, vodní plochy

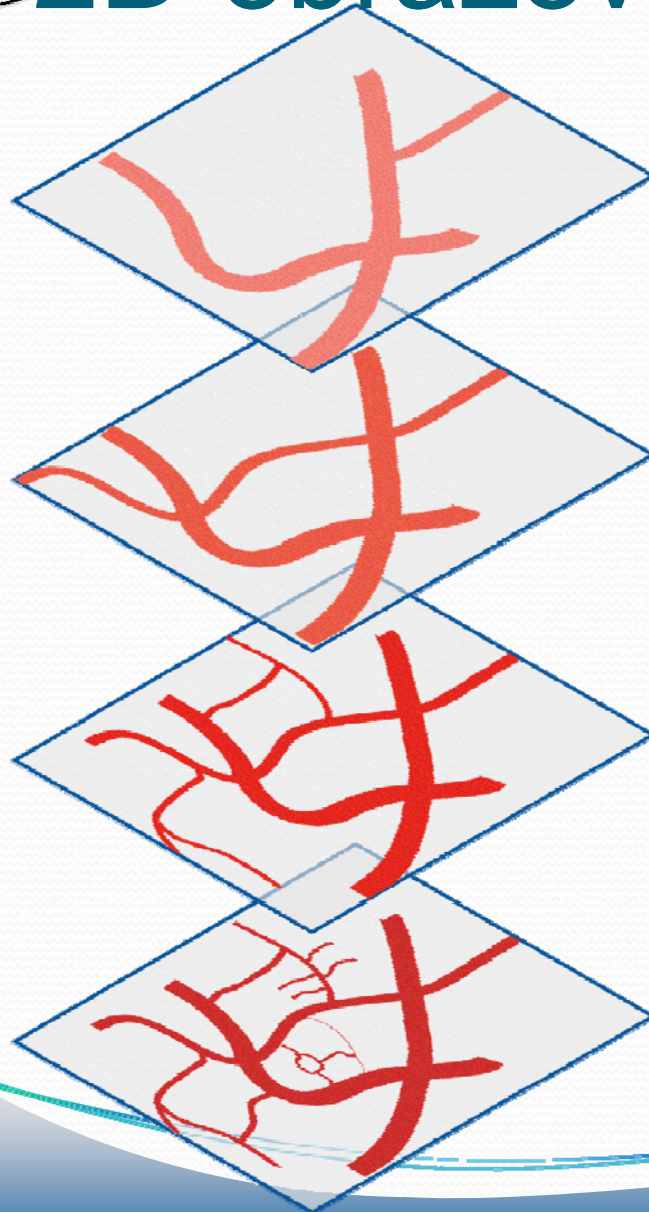
Porosty

Fotomapa



Webová aplikace

2D obrazová vrstva (úroveň detailů)

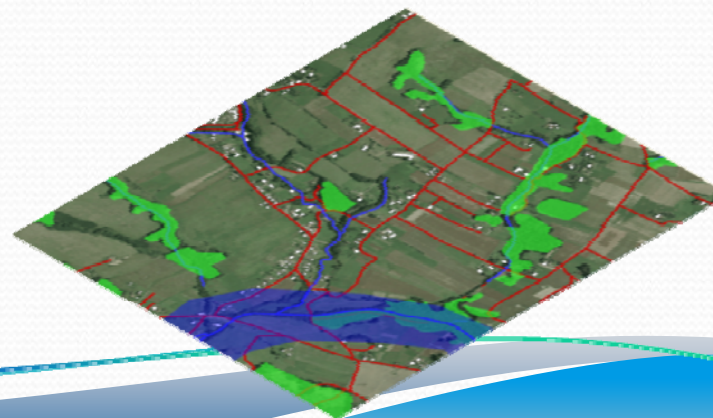


Nejmenší podrobnost

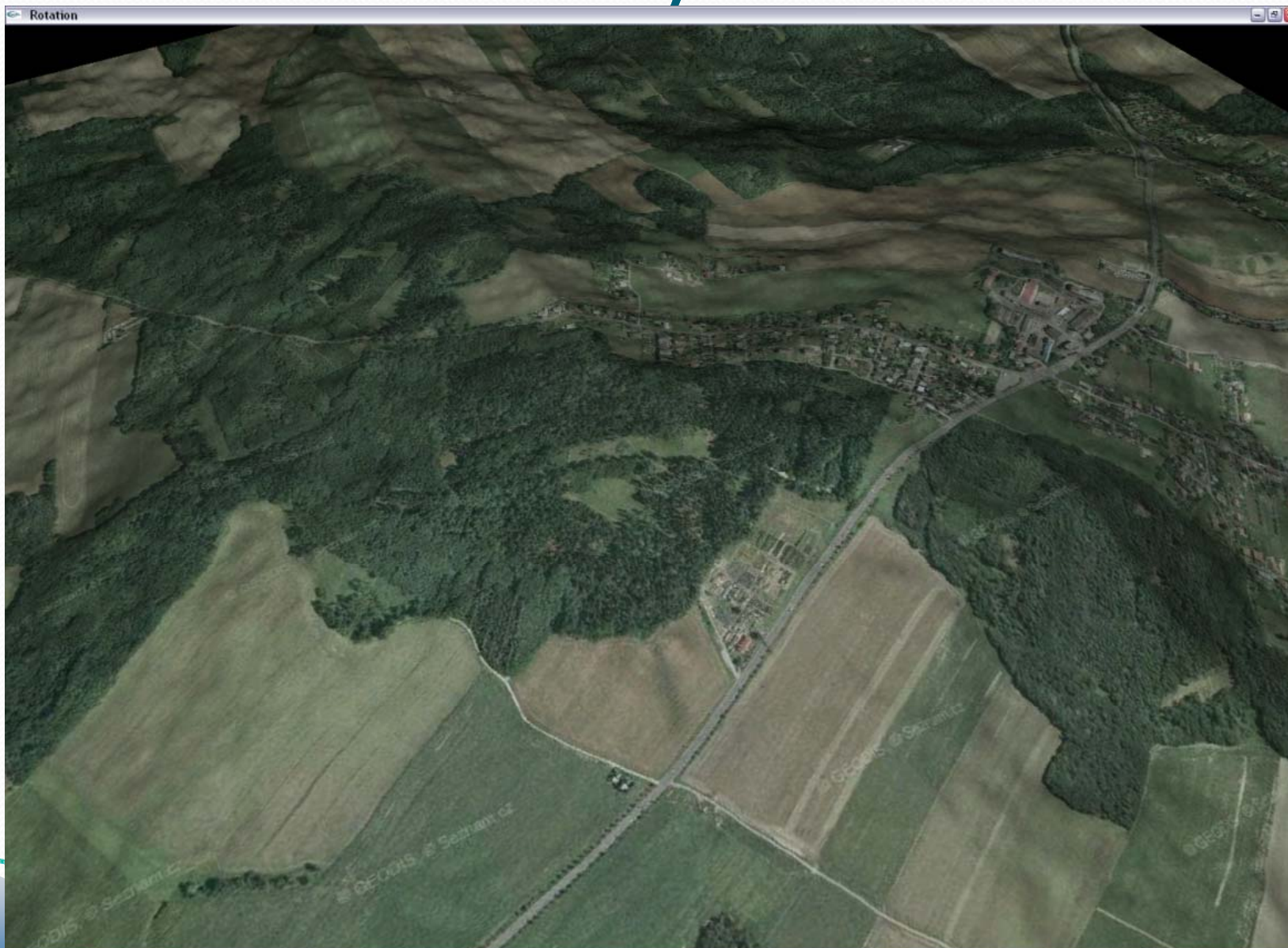


Filtrace na základě
GIS dat (s-typy)

Filtrace na základě
Vlastností objektů
(šířka)



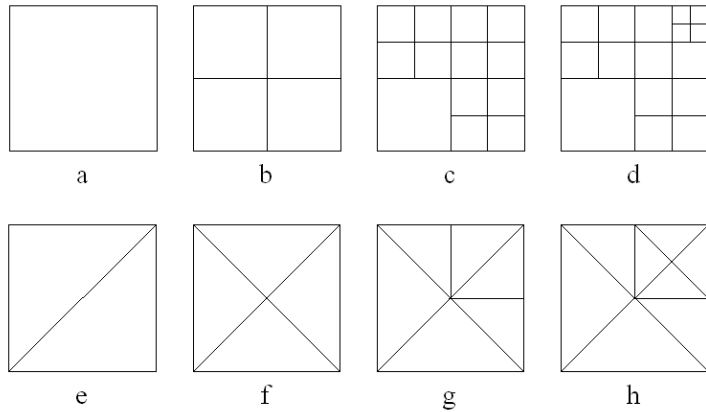
3D náhled scény



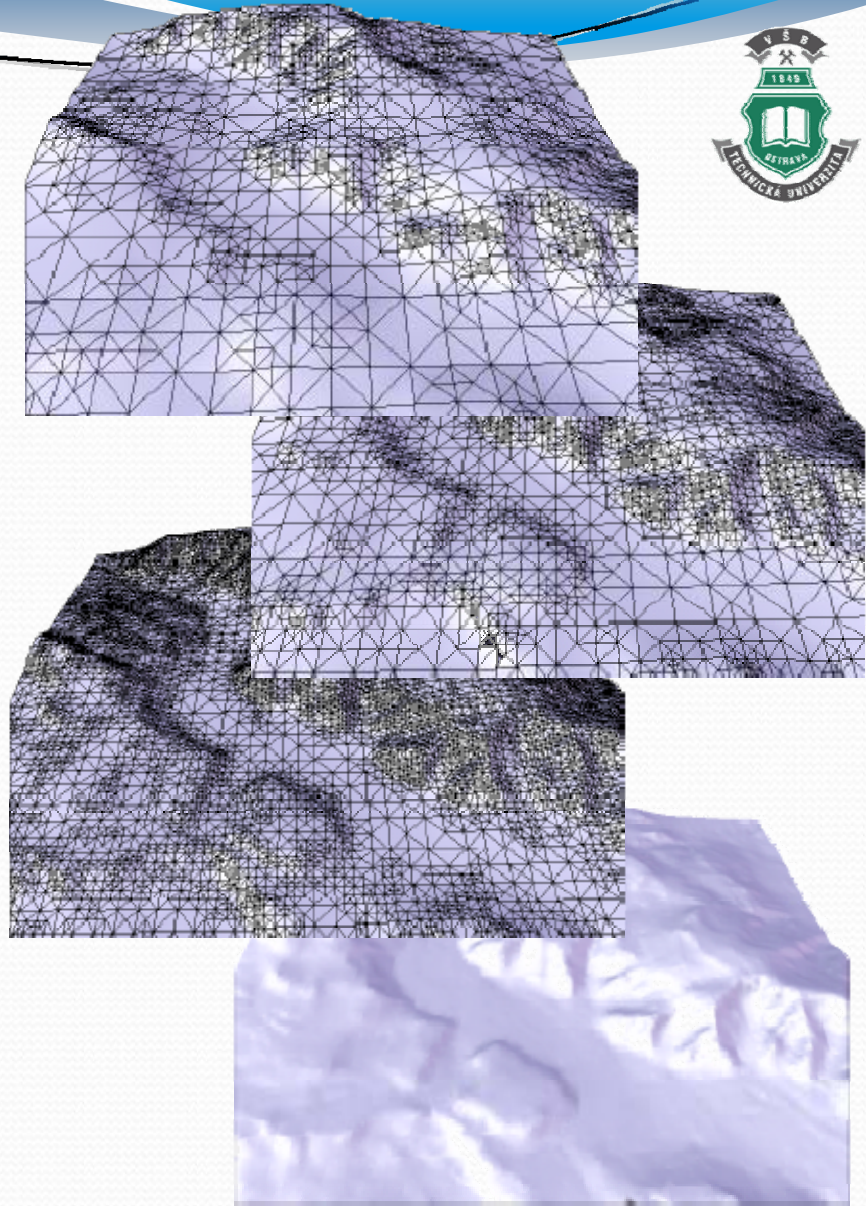
Datové struktury



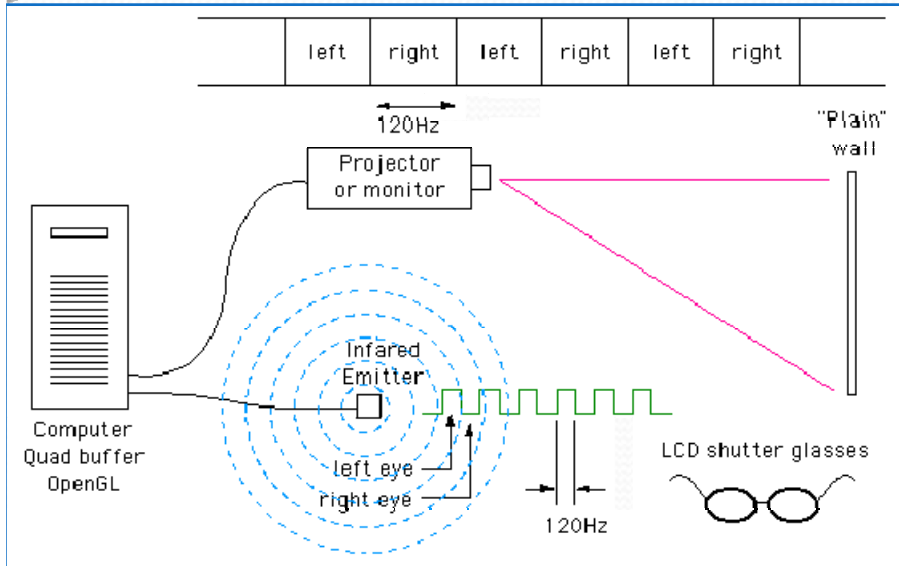
- Kvadrantové & binární stromy



- ROAM
 - Real-time Optimally Adapting Meshes
- SOAR
 - Stateless One-pass Adaptive Refinement

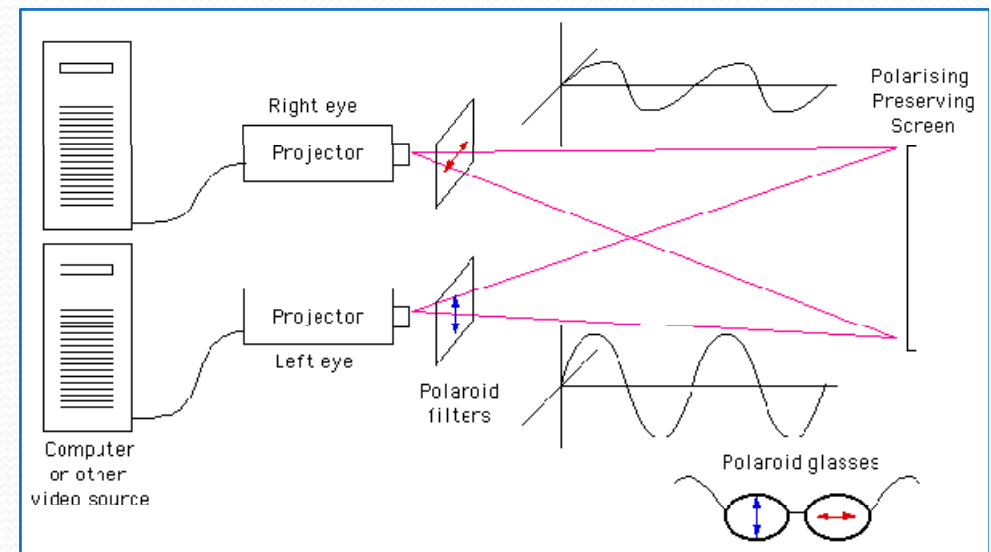


Stereo projekce



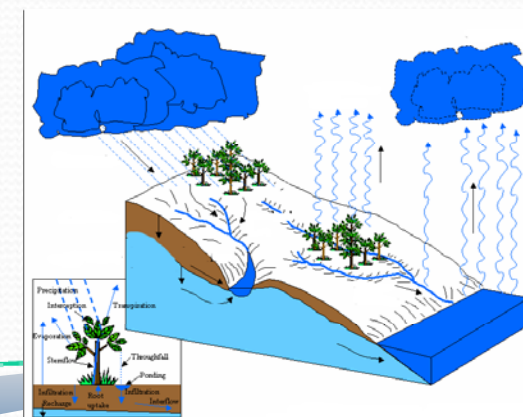
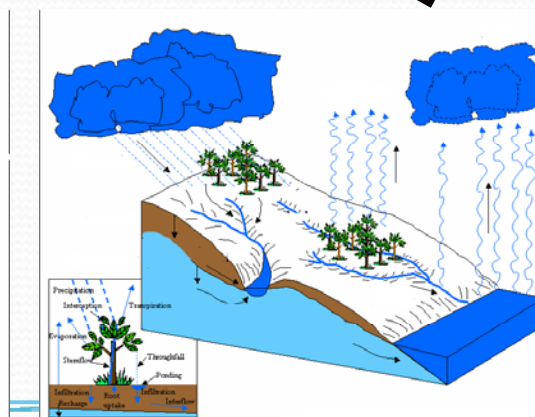
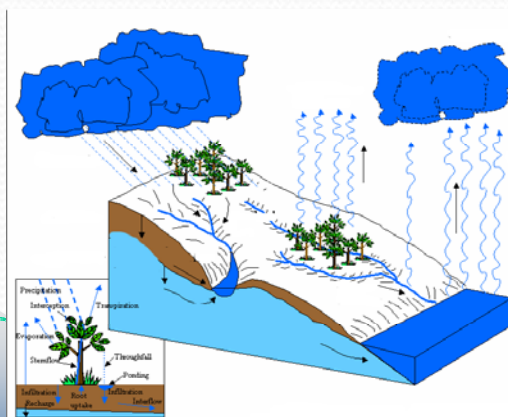
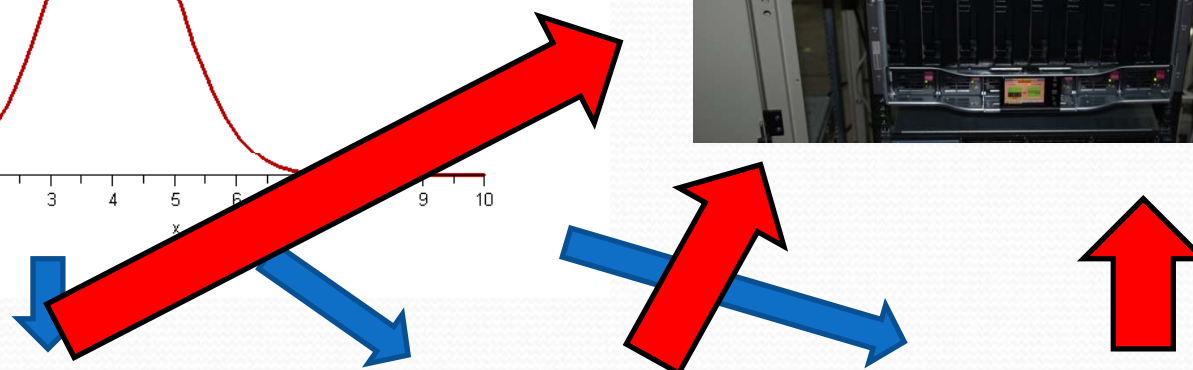
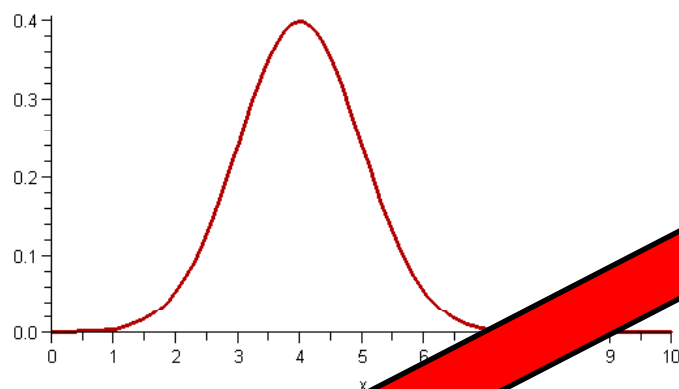
- Aktivní projekce

- Pasivní projekce

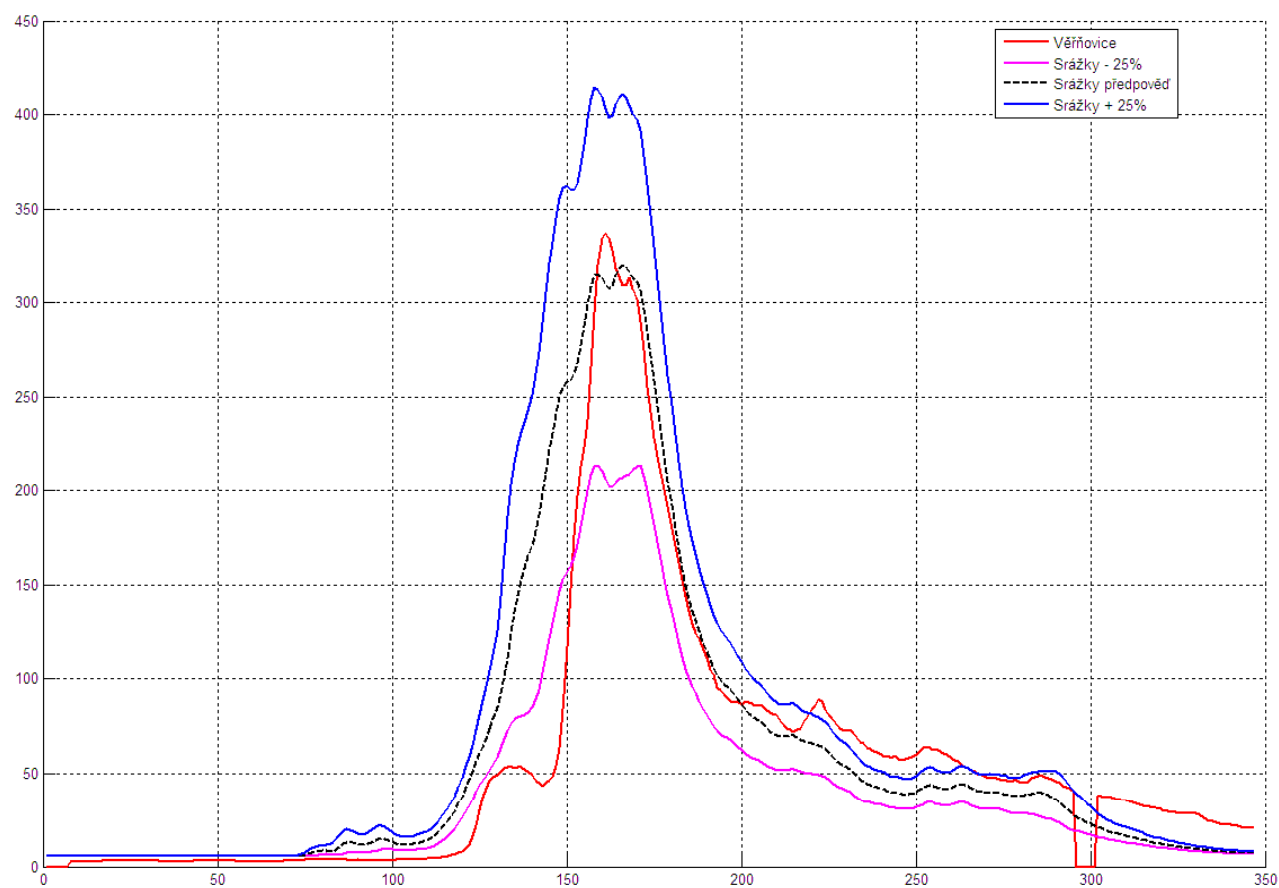


16 procesorový cluster

Paralelní řešení



Neurčitosti ve vstupních datech





Další práce

- Modelování kvality a znečištění povrchových a podzemních vod
- Modelování vodní eroze, plaveninového režimu a vývoje říčních koryt
- Bilanční modelování zásob vody ze sněhu a prognóza odtoku tavných vod
- Modelování vlivu extrémních odtokových situací (sucha, povodně) na hydrobiologii vodních útvarů a pobřežní ekosystémy
- Vytvoření modelů šíření znečištění ovzduší
- Nasazení modelů na výpočetní cluster s 16 procesory
 - Možnost řešit více scénářů za stejný čas
 - Stochastické modely

Modelování znečištění ovzduší

