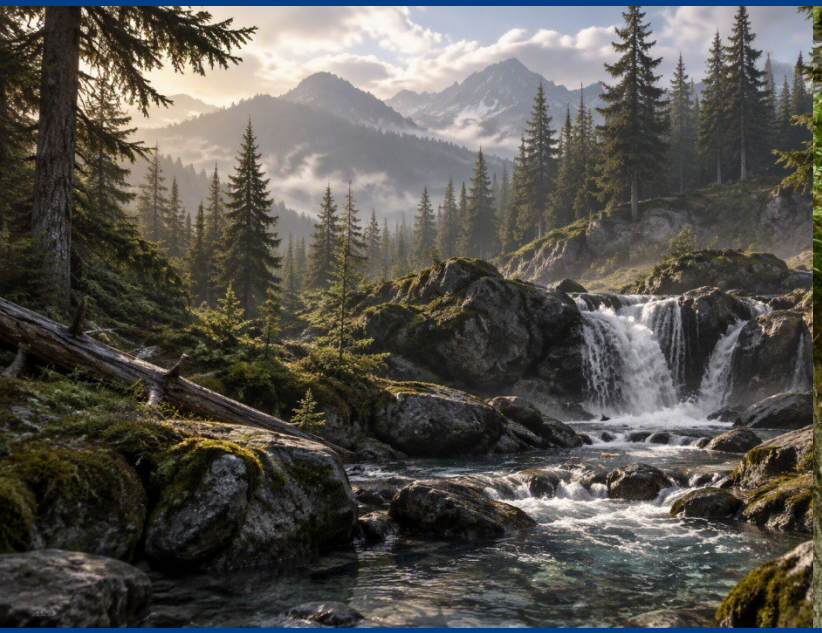
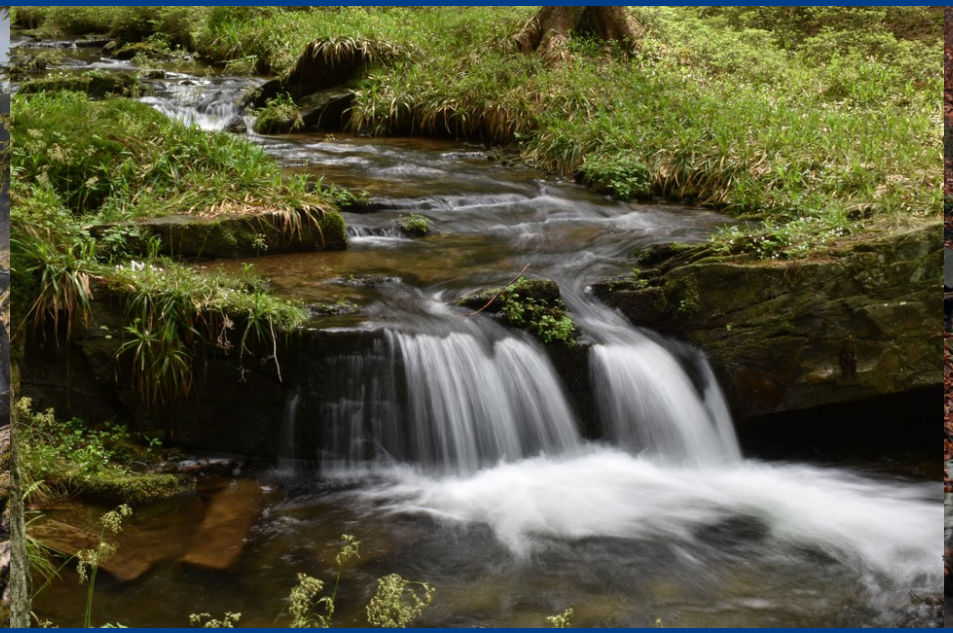

Český
hydrometeorologický
ústav

Lesy a povodně, zkušenosti nejen z povodně 2024.


Jan Unucka a kolektiv Oddělení hydrologie
Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava

LESY A POVODNĚ

Zdravé lesy zadržují vodu v krajině a zmírňují povodňové průtoky.

Funkční lesy
= bezpečnější krajina



LESNÍ PLOCHA

- ✓ Intercepce srážek
- ✓ Rozptýlené podkorunové srážky
- ✓ Větší infiltrace
- ✓ Nižší eroze
- ✓ Zpomalení odtoku
- ✓ Vyšší retence vody

VOLNÁ PLOCHA (bez lesa)

- ✗ Přímý dopad srážek
- ✗ Vyšší energie kapek
- ✗ Utužování půdy
- ✗ Nižší infiltrace
- ✗ Větší eroze
- ✗ Rychlejší odtok
- ✗ Nižší retence vody

Hlavní procesy

1 Intercepce
Koruny stromů zachytí část srážek. Voda ulpívá na listech, jehličí a větvích a část se odpaří zpět do atmosféry.

2 Podkorunové srážky
Na půdu dopadá menší množství vody s nižší energií kapek.

3 Infiltrace
Voda se vsakuje do půdy přes hrabanku a humusový horizont. Lesní půda má vysokou pórovitost a mnoho makropórů po kořenech.

4 Perkolace
Voda se přesouvá do hlubších vrstev, doplňuje podzemní vody a podporuje základní odtok v období sucha.

5 Transpirace
Stromy čerpají vodu kořeny a vypařují ji průduchy listů. Výpar snižuje obsah vody v půdě a vytváří retenční prostor pro další srážky.

6 Retence
Dočasné zadržení vody v korunách, hrabance, půdě i podzemních vodách.

7 Retardace odtoku
Zpomalení pohybu vody krajinou, prodloužení doby koncentrace povodí a rozdělení odtoku v čase.

Podkorunové srážky vs. srážky na volné ploše

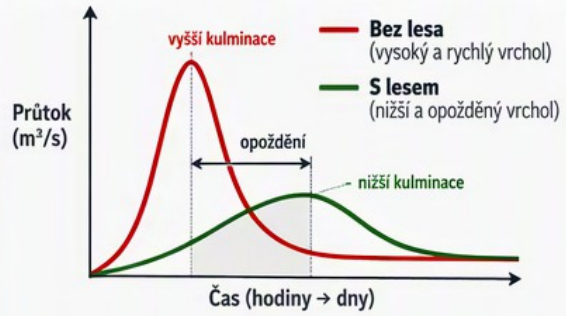


- ✓ méně vody dopadá na půdu
- ✓ nižší energie kapek
- ✓ menší eroze
- ✓ vyšší infiltrace



- ✗ přímý dopad srážek
- ✗ vyšší energie kapek
- ✗ utužování povrchu
- ✗ větší eroze
- ✗ nižší infiltrace

Povodňová vlna – srovnání



Výsledek: odolnější krajina

- Menší povodňové průtoky a nižší kulminace.
- Méně eroze půdy.
- Stabilnější vodní režim krajiny a doplňování zásob podzemních vod.
- Lepší odolnost vůči suchu i povodním.



PŘÍRODA DRŽÍ VODU

www.chr

eorologický

LES A OCHRANA PŮDY

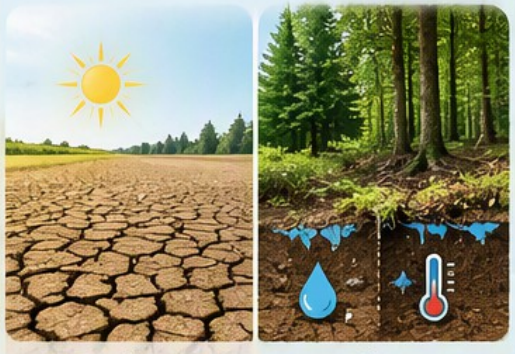
Zdravé lesy – živá půda – stabilní krajina

Půda v lese je základem života, chraňme ji!

LES
ZADRŽUJE
CHRÁNÍ
OBNOVUJE
PRO BUDOUCÍ GENERACE

Režim půdní vláhy a teploty

- Les zvyšuje infiltrační schopnost půdy a **zadržuje vodu**.
- Lesní půda se méně vysušuje, má vyrovnanější teplotní režim.
- Stín korun, vrstva humusu a vegetace chrání půdu před přehříváním i promrzáním.



Bez lesa
rychlé vysychání, větší výkyvy teplot

V lese
vyšší vlhkost, stabilnější teplota

Ochrana edafonu

- Les vytváří vhodné podmínky pro půdní **organismy** – edafon (bakterie, houby, prvoci, roztoči, žížaly aj.).
- Edafon rozkládá organickou hmotu, tvoří **humus** a zajišťuje koloběh živin.
- Šetrné hospodaření v lese chrání půdní organismy před poškozením (omezení těžké techniky, ponechávání mrtvého dřeva, minimální narušení půdy).



Zlepšení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy

- Lesní opad a kořeny zlepšují strukturu půdy (vyšší pórovitost, lepší provzdušnění).
- Zvyšuje se obsah organické hmoty a humusu.
- Stabilizuje se pH a zlepšuje se retenční **schopnost** půdy.
- Podporuje se biologická aktivita a přírodní **koloběh** živin.



Snižování eroze

- Lesní vegetace a kořenový systém **drží půdu** na svazích.
- Snižuje se povrchový odtok a odnos půdních částic vodou i větrem.
- Lesy chrání půdu před splavováním, **stržemi** a **sesuvy**.
- Ponechávání porostního krytu, podrostu a mulče zvyšuje **odolnost** půdy vůči erozi.



Bez lesa
silná eroze

V lese
půda drží na svém místě

VÍCE VODY V KRAJINĚ

ÚRODNÁ A ŽIVÁ PŮDA

STABILNÍ LESNÍ EKOSYSTÉMY

OCHRANA KLIMATU A BIODIVERZITY

PŮDA I LES PRO DALŠÍ GENERACE

Les chrání půdu – půda chrání život.

PŘÍRODA
POZNÁNÍ
ODPOVĚDNOST
BUDOUCNOST

www.chr
eorologický

PŘÍRODNÍ ŘEŠENÍ FUNGUJÍ

MECHOVÉ PATRO, MRTVÉ DŘEVO A TŮNĚ V LESE

Klíčové prvky vodní bilance a biodiverzity lesních ekosystémů

MALÉ PRVKY VELKÝ VÝZNAM

VODA ŽIVOT ROZMANITOST ODOLNÝ LES

MECHOVÉ PATRO

PŘÍRODNÍ HOUBA LESA



- Zachycuje srážkovou vodu a omezuje povrchový odtok.
- Má vysokou retenční schopnost (až několik a násobek své hmotnosti).
- Udržuje vyšší vzdušnou i půdní vlhkost.
- Snižuje teplotní extrémy půdního povrchu.
- Poskytuje mikrostanoviště pro bezobratlé, houby a mikroorganismy.



MRTVÉ DŘEVO

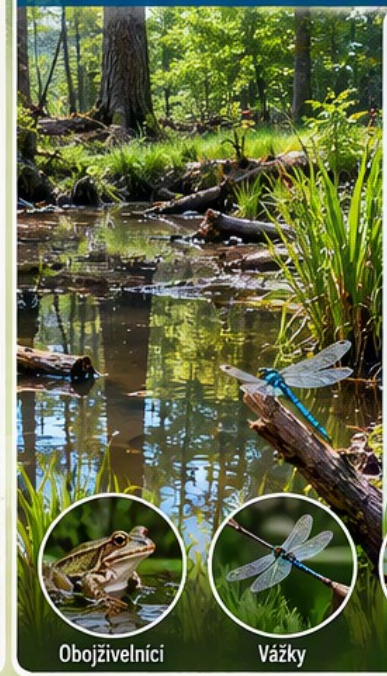
ZÁSOBÁRNA VODY, ŽIVIN A ŽIVOTA



- Zadržuje vodu během dešťových epizod.
- Postupně uvolňuje vlhkost do okolního prostředí.
- Zdroj živin a organické hmoty.
- Stanoviště hub, hmyzu, obojživelníků a mikroorganismů.
- Podporuje tvorbu humusu a zlepšuje půdní strukturu.

LESNÍ TŮNĚ

MALÉ VODNÍ SVĚTY S VELKÝM VÝZNAMEM



- Zpomalují odtok vody z povodí.
- Podporují infiltraci vody a dotují podzemní vody.
- Zadržují vodu během suchých období.
- Jsou rozmnožovacím prostředím obojživelníků a dalších druhů.
- Zvyšují druhovou rozmanitost lesa (vodní rostliny, hmyz, obojživelníci, ptáci).

VODNÍ BILANCE LESA – OD SRÁŽEK K ŽIVÉ KRAJINĚ



HLAVNÍ PŘÍNOSY

- Vyšší retence vody v krajině
- Snížení povodňových špiček
- Stabilnější půdní vlhkost a mikroklima
- Vyšší biodiverzita
- Odolnější les vůči suchu
- Lepší ochrana půdy před erozí
- Přirozené koloběhy živin

„Každý mechový polštář, každý padlý kmen a každá lesní tůň představují přírodní zásobárnu vody a života."

ZDRAVÉ LESY | VODA V KRAJINĚ | BOHATÁ PŘÍRODA | BEZPEČNĚJŠÍ BUDOUCNOST

LES SPOJUJE VODU, PŮDU A ŽIVOT.

www.chr
eorologický

SUCHO, KALAMITNÍ ROZPAD POROSTŮ A HYDROFOBNÍ PŮDY

VĚTŠÍ RIZIKO FLASH FLOODS A AKCELERACE EROZE

Když les ztrácí vitalitu, půda ztrácí schopnost zadržet vodu.

DLOUHODOBÉ SUCHO
- nižší srážky
- vyšší teploty
- vyšší výpar
- půdní stres

PŘÍVALOVÉ DEŠTĚ
- kratší a intenzivnější srážky
- vysoký povrchový odtok
- bleskové povodně (flash floods)
- větší erozní škody

1. SUCHO OSLABUJE LES

- nedostatek vody → stres stromů
- vyšší náchylnost k škůdcům (kůrovec aj.)
- odumírání stromů a prořídnutí porostů
- vznik holin a snížení ochranné funkce lesa



2. KALAMITNÍ ROZPAD POROSTŮ

- odumřelé a padlé stromy
- menší pokryvnost korun a opadu
- méně kořenů ve svrchní půdě
- narušený půdní život a koloběh živin



3. HYDROFOBNÍ PŮDY

- rozklad organické hmoty se snižuje
- zaniká půdní struktura, klesá obsah humusu
- na povrchu se tvoří hydrofobní (vodoodpudivé) vrstvy
- voda se nevsakuje, stéká po povrchu



4. FLASH FLOODS – RYCHLÝ ODTOK

- intenzivní srážky nemají šanci se vsáknout
- voda rychle stéká po povrchu a stržemi
- vznikají bleskové povodně (flash floods)
- odnáší se půda, sedimenty, dřevo i živiny
- ohrožení obcí, infrastruktury a vodních toků



5. AKCELERACE EROZE

- odnos nejúrodnější svrchní vrstvy půdy
- vznik erozních rýh, strží a sesuvů
- zanášení toků, nádrží a vodních děl
- dlouhodobá ztráta produkční schopnosti půdy i biodiverzity



SROVNÁNÍ PŮDY V LESE A NA HOLINĚ

ZDRAVÝ LESNÍ POROST



- vysoký obsah organické hmoty
- dobrá půdní struktura
- vysoká infiltrace vody
- aktivní půdní organismy
- stabilní teplotní režim

HOLINA / KALAMITNÍ PLOCHA



- nízký obsah organické hmoty
- zhutnění a hydrofobní vrstvy
- nízká infiltrace, vysoký odtok
- úbytek půdních organismů
- výkyvy teplot, přehřívání půdy

ŘETĚZEC NÁSLEDKŮ

SUCHO
vysoké teploty
nízké srážky

→

OSLABENÍ POROSTŮ
kůrovec, odumírání stromů

→

HYDROFOBNÍ PŮDY
voda se nevsakuje

→

FLASH FLOODS
rychlý povrchový odtok

→

EROZE
odnos půdy, sesuvy, škody

ZDRAVÉ LESY ZADRŽUJÍ VODU. DEGRADOVANÉ PŮDY VODU ZTRÁCEJÍ.

CO POMÁHÁ SNIŽOVAT RIZIKA?

- Druhově pestré a stabilní lesy
- Obnova lesa a péče o půdu
- Zachování organické hmoty a půdního života
- Technická a přírodě blízká opatření (protipovodňová, protierozní)
- Zadržování vody v krajině (malé nádrže, mokřady)

PŮDA JE NAŠE SPOLEČNÁ BUDOUCNOST."

www.chr
eorologický

ODOLNÉ LESY | ŽIVÁ PŮDA | BEZPEČNĚJŠÍ KRAJINA

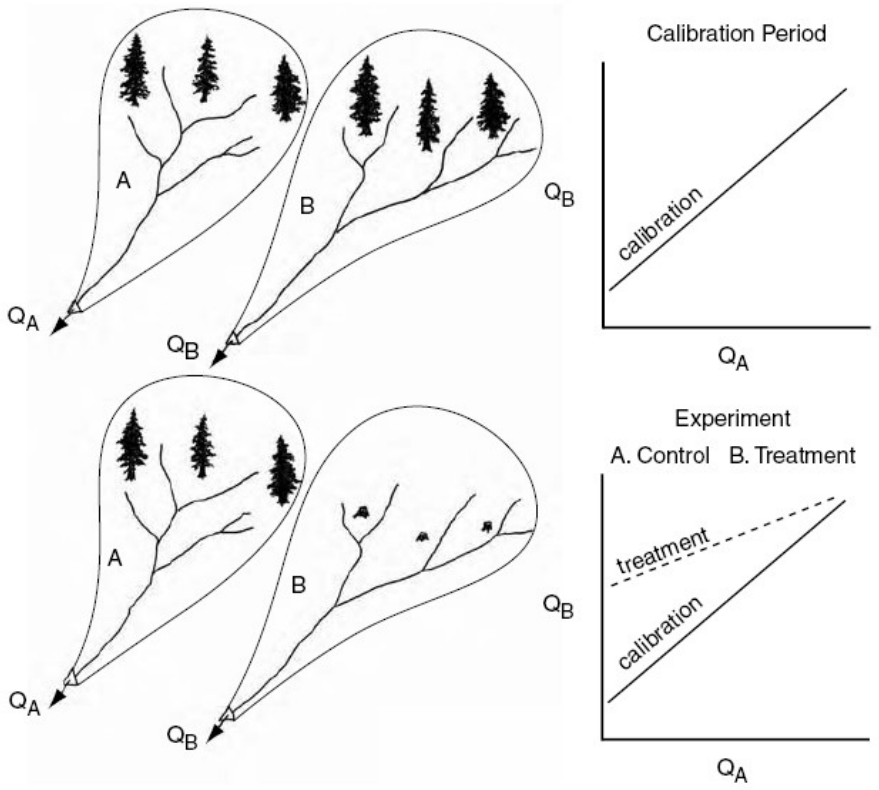
SUCHO DNES. **POVODNĚ ZÍTRA.** CHRAŇME LESY, CHRAŇME PŮDU.

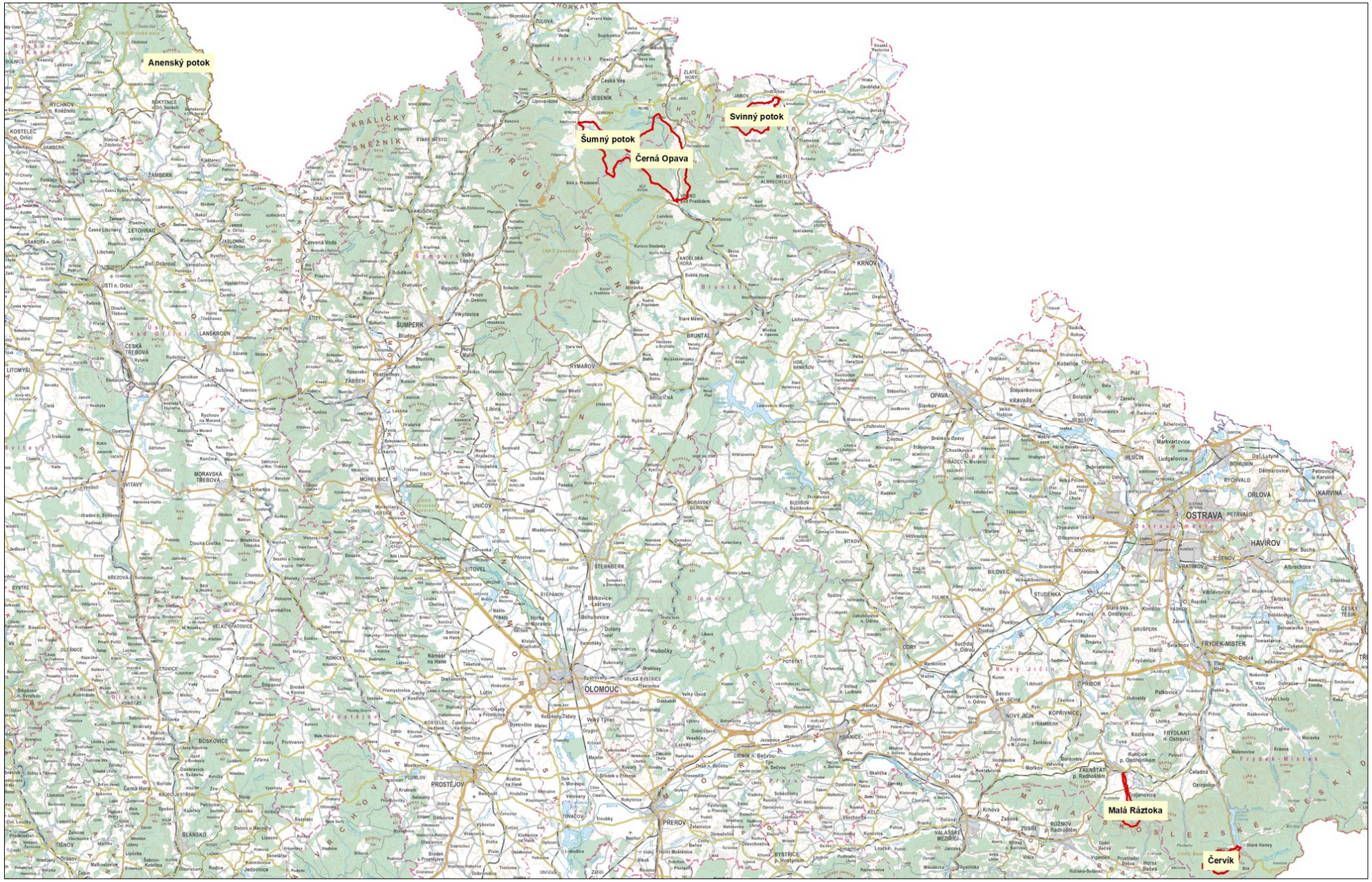
Druhy výzkumných lesnických povodí

Reprezentativní - povodí, u kterého jsou jak režim odtoku, tak fyzicko-geografické vlastnosti dostatečně objasněné, takže poznatky z nich získané slouží především při aplikaci na jiné povodí, vykazující podobné vlastnosti, ale nejsou podložené dostatečnými měřeními.

Experimentální - povodí, které je zaměřeno na získávání nových poznatků, předem plánovanými metodami. Slouží především k řešení problémů tvorby a průběhu odtoku, pomocí cílených experimentů.

Výzkumná – tzv. malá povodí. Za taková povodí se považují povodí menší než 100 km2. Dolní hranice u malých povodí nebyla definována.

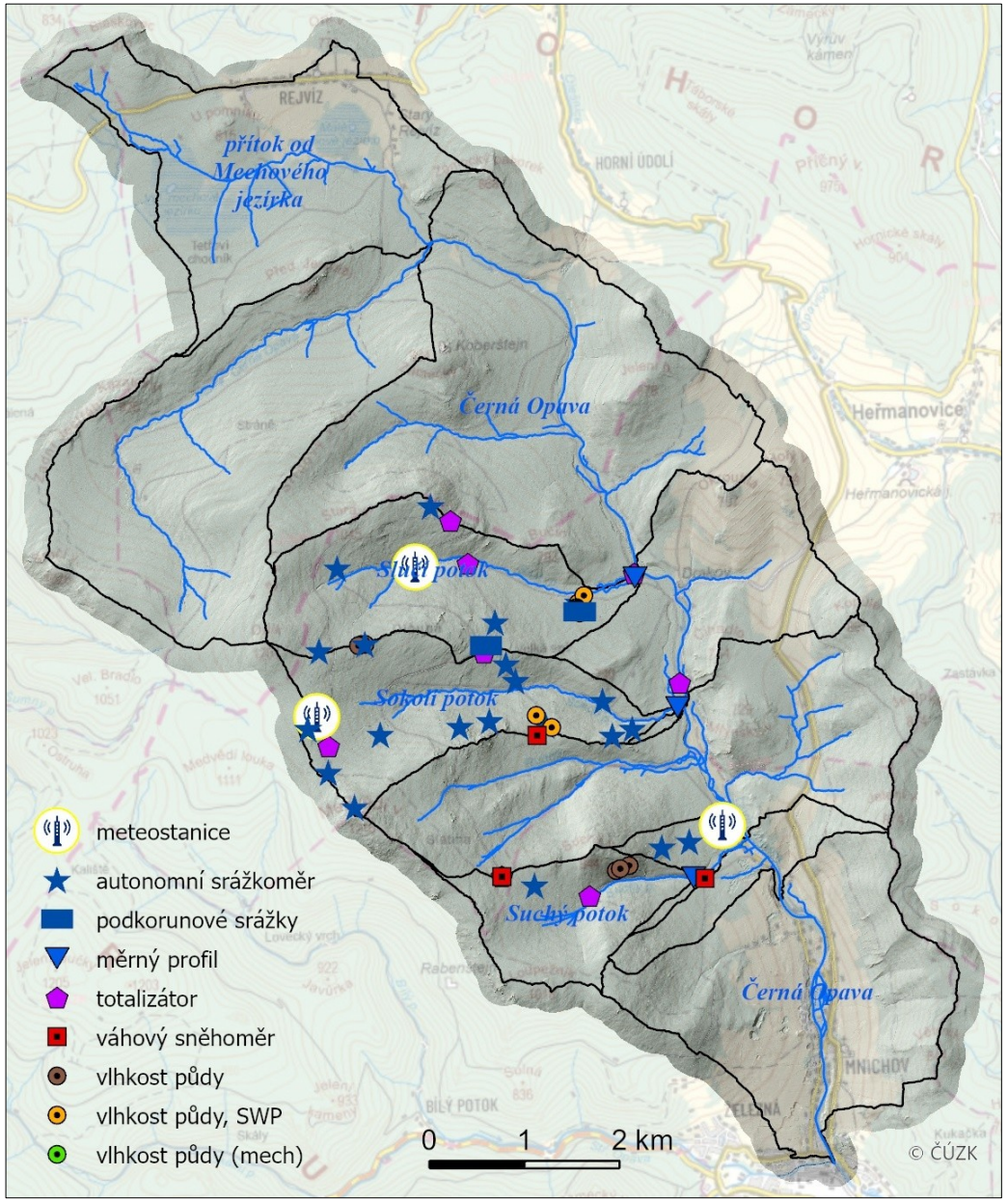




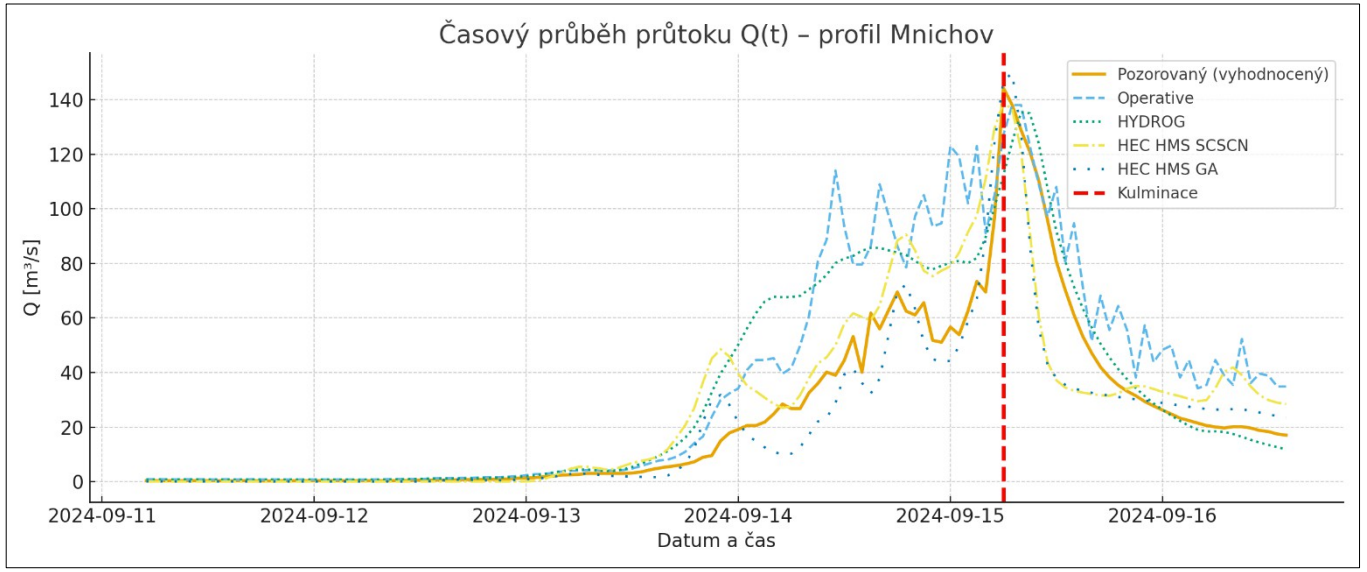
www.chmi.cz

Český hydrometeorologický ústav

Povodeň 9/2024 na výzkumných povodích 3S (Černá Opava)












VSTUP ZAKÁZÁN
ČEZ




Registration and Control Unit
M4016
FIEDLER
F1
F2
F3
F4

REKONSTRUKCE EXTRÉMNÍ POVODNĚ:
VÝPADEK LIMNIGRAFICKÝCH STANIC A MODELOVÝ PŘÍSTUP

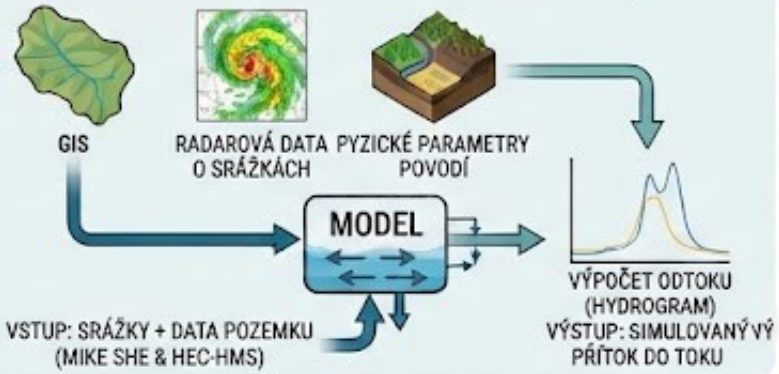
A4

VÝCHOZÍ SITUACE: POVODEŇ A VÝPADEK DAT

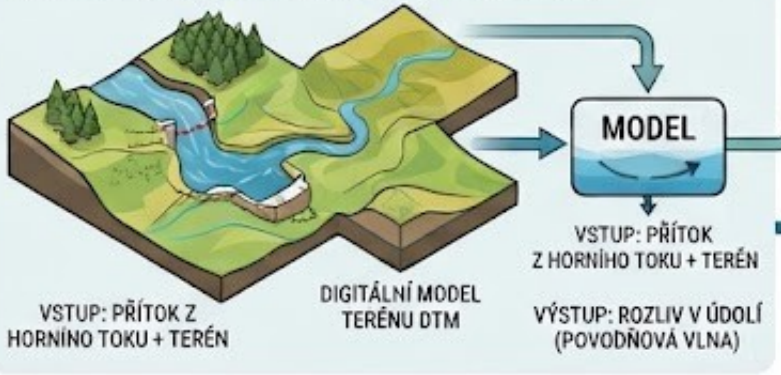


MODELOVÝ PŘÍSTUP REKONSTRUKCE

1. SRÁŽKOODTOKOVÝ MODEL (MIKE SHE / HEC-HMS)

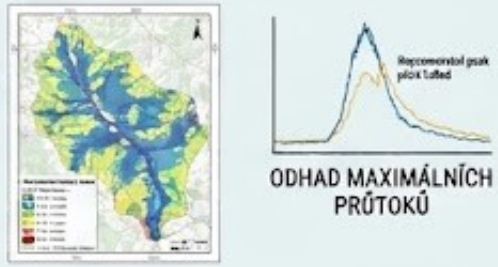


2. HYDRAULICKÝ MODEL (HEC-RAS / MIKE HYDRO)



VÝSTUPY REKONSTRUKCE & APLIKACE

MAPY ZÁPLAVOVÝCH ÚZEMÍ



ANALÝZA VODNÍCH STAVŮ



APLIKACE



VYUŽITÍ DAT ADCP MĚŘENÍ, GEODETICKÉHO ZAMĚŘENÍ STOP POVODNĚ A DRUŽICOVÉHO SNÍMKOVÁNÍ

KOMPLEXNÍ REKONSTRUKCE A ANALÝZA POVODNÍ

Z PŘÍRODY K BEZPEČNĚJŠÍ BUDOUCNOSTI

DATA POZNÁNÍ BEZPEČNĚJŠÍ KRAJINA

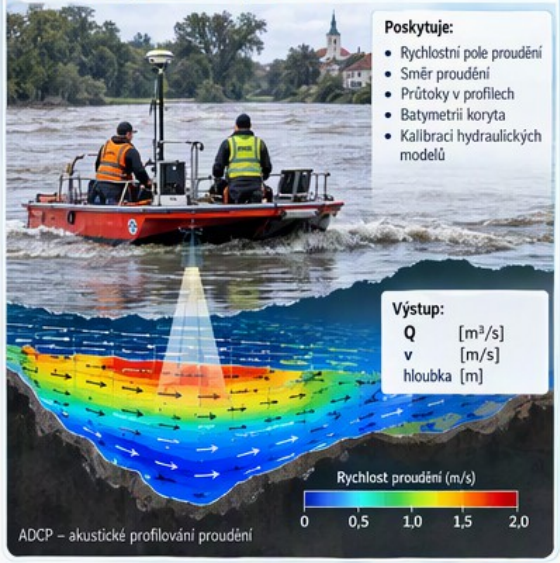
LIDÉ DATA ODOLNÁ KRAJINA

1 TERÉNNÍ SBĚR DAT

Přesná měření v terénu jako základ spolehlivé analýzy

ADCP MĚŘENÍ PROUDĚNÍ

Profilování proudění a batymetrie koryta



Poskytuje:

- Rychlostní pole proudění
- Směr proudění
- Průtoky v profilech
- Batymetrii koryta
- Kalibraci hydraulických modelů

Výstup:

Q	[m³/s]
v	[m/s]
hloubka	[m]

GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ STOP POVODNĚ

Přesné určení výšek a rozsahu záplavy



Zaměřované prvky:

- Kulminační hladiny
- Povodňové značky
- Rozsah záplavy
- Objekty ovlivněné povodní
- Kontrolní body pro modelování

Přesnost:

± 2 až 5 cm
(GNSS RTK)

GNSS RTK · Rychle · Přesně · Spolehlivě

2 DRUŽICOVÉ SNÍMKOVÁNÍ

Široký pohled na povodí – od regionu k detailu



Sentinel-2

Multispektrální snímkování

- Mapování rozsahu záplav
- Monitoring vegetace
- Změny využití krajiny
- Analýza vlhkosti povrchu

Rozlišení: 10–20 m
Frekvence: 5 dní



GeoEye

Vysoké prostorové rozlišení

- Detailní mapování škod
- Identifikace objektů
- Urbanizovaná území
- Kritická infrastruktura

Rozlišení: až 0,5 m
Vhodné pro detailní analýzy



ICEYE

Radarové snímkování (SAR)

- Měření ve dne i v noci
- Průnik oblačností
- Povodně během extrémních událostí
- Operativní krizové řízení

Rozlišení: 1–3 m
Frekvence: až několikrát denně









3 ANALÝZY, MODELOVÁNÍ A VÝSTUPY

Integrace dat pro rozhodování a vyšší odolnost území

INTEGRACE DAT V GIS

Všechny zdroje v jednom prostředí

QGIS · ArcGIS · PostGIS



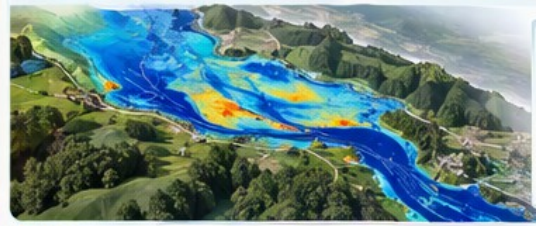
- **Satelitní snímky** (Sentinel-2 / GeoEye / ICEYE)
- **ADCP data** (průtoky, batymetrie)
- **Geodetická data** (stopy povodně, GNSS)
- **DTM / DSM** (terénní model)
- **Hydrologická data** (srážky, průtoky)
- **Infrastruktura a hranice** (budovy, komunikace, územní celky)



1D/2D HYDRAULICKÉ MODELOVÁNÍ

Simulace proudění a rozlivů

HEC-RAS · MIKE 21 by DHI · TUFLOW



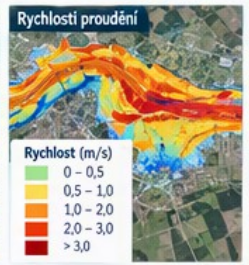
Výstupy modelů:

- Hloubky zaplavení
- Rychlosti proudění
- Doby přítoku
- Mapy nebezpečí
- Simulace scénářů
- Kalibrace na reálná data

VÝSTUPY – MAPY A ANALÝZY

Od dat k praktickým rozhodnutím







Kulminační průtok · Rozsah záplavy · Doba trvání povodně · Kritická místa · Návrh opatření

4 WORKFLOW – OD MĚŘENÍ K BEZPEČNĚJŠÍ KRAJINĚ

ADCP měření (proudění, batymetrie) → Geodetické zaměření (stopy povodně) → Sentinel-2 / GeoEye / ICEYE (družicové snímkování) → GIS integrace dat (všechny vrstvy) → Hydraulický model (1D/2D) → Mapy povodňového ohrožení (analýzy a scénáře) → Návrh protipovodňových opatření (odolnější území)

ZNALOST DAT CHRÁNÍ LIDI I KRAJINU

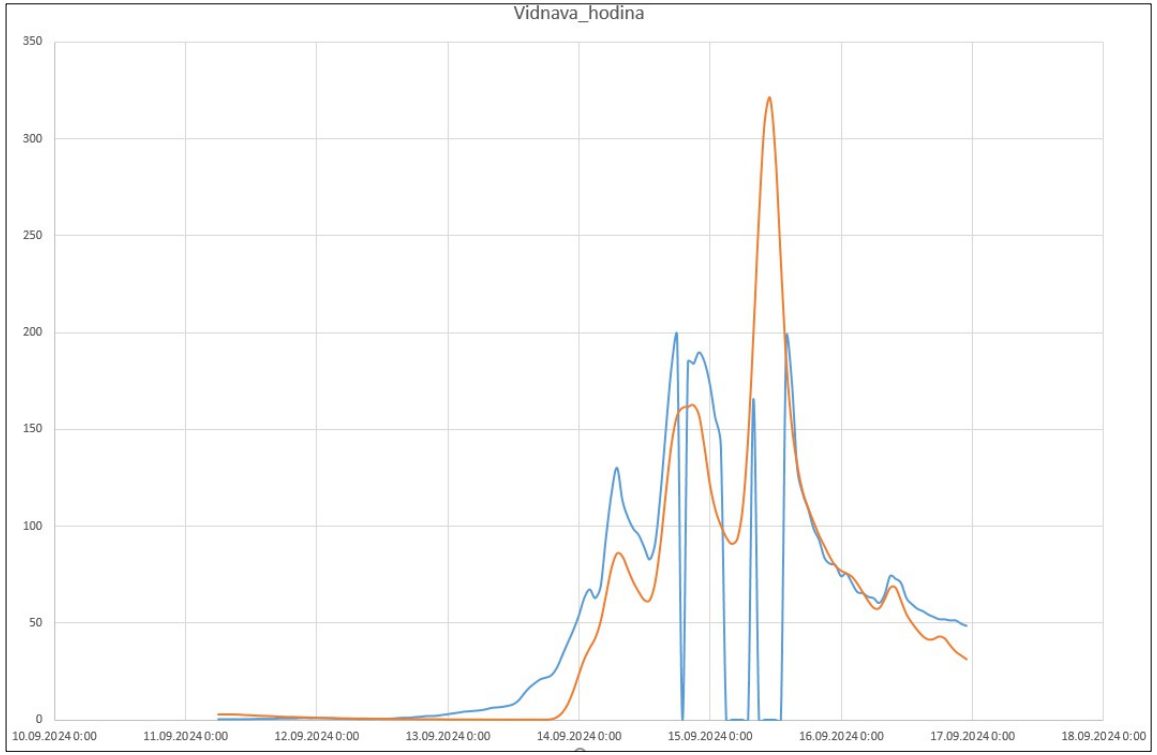
Hydrologické modelování (SO + HD)

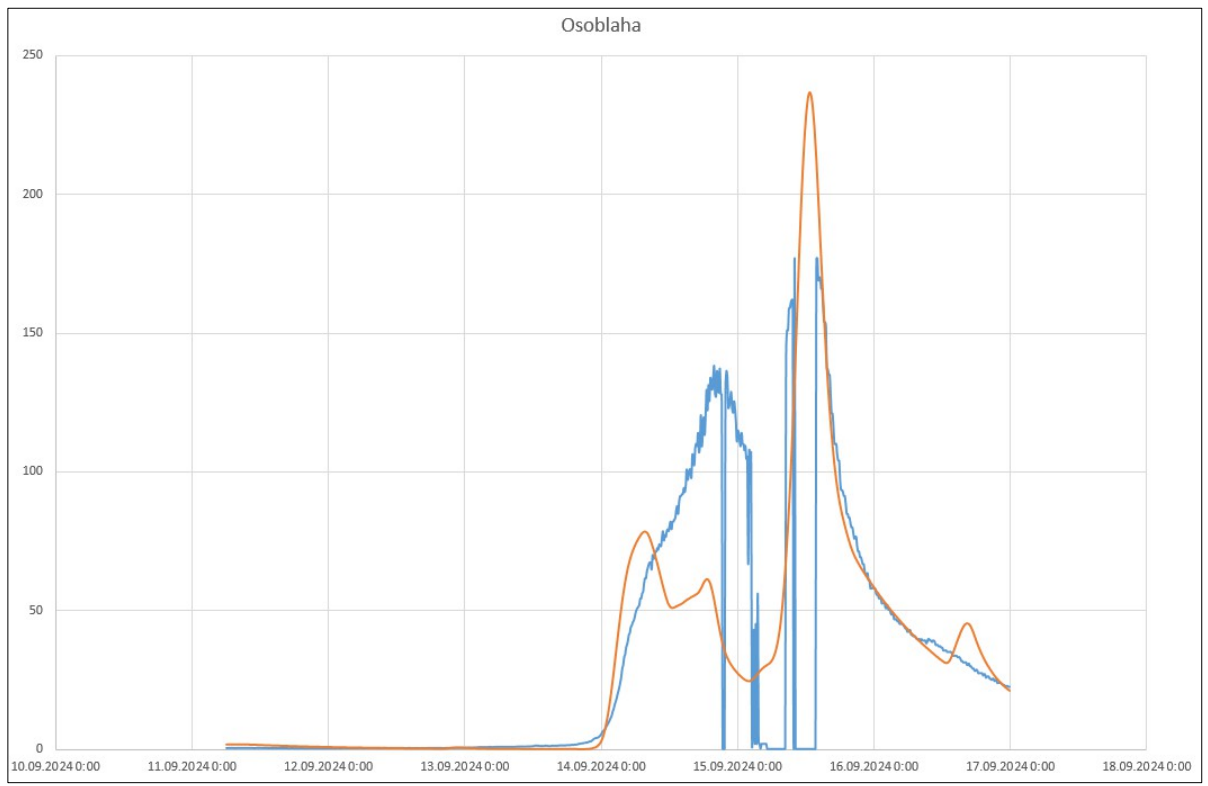
1. U výpočtu hladin a rozsahu záplavových územích je nutné krom digitálního modelu reliéfu (DMR 5G), **použít i data o povrchu a zástavbě v inundačních územích** (DMP 1G, ZABAGED, katastrální mapy, DTM apod.). Např. v Opavě ani v Krnově nemohly být zaplavené vícepatrové panelové domy nad úroveň střechy jak v roce 1997, tak v roce 2024.

2. Změny v úpravách koryt toků a VH infrastruktuře, zástavbě a konfiguraci terénu jsou také zásadním faktorem pro srovnávání povodní (např. 1903 versus 1997 a 2024).

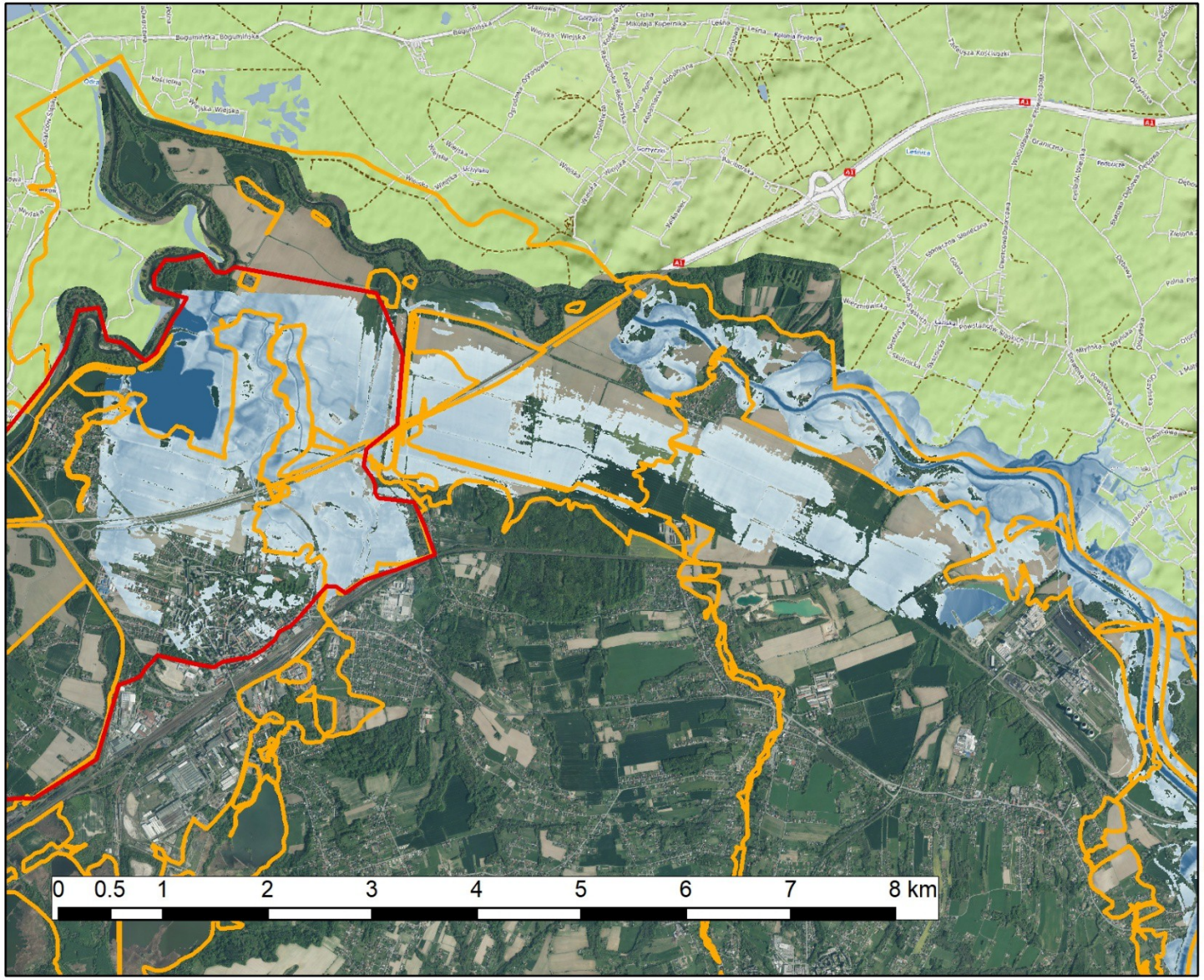
3. **Kvalita dat v těchto analýzách hraje větší roli** než zvolená metoda výpočtu nebo SW pro HD modelování (HEC-RAS, DHI MIKE).




Vidnava_hodina
350
300
250
200
150
100
50
0
10.09.2024 0:00
11.09.2024 0:00
12.09.2024 0:00
13.09.2024 0:00
14.09.2024 0:00
15.09.2024 0:00
16.09.2024 0:00
17.09.2024 0:00
18.09.2024 0:00


Osoblaha
250
200
150
100
50
0
10.09.2024 0:00
11.09.2024 0:00
12.09.2024 0:00
13.09.2024 0:00
14.09.2024 0:00
15.09.2024 0:00
16.09.2024 0:00
17.09.2024 0:00
18.09.2024 0:00

IceEye DPZ data rozlivů Bohumín



N

hranice rozlivů 2024 Armáda ČR

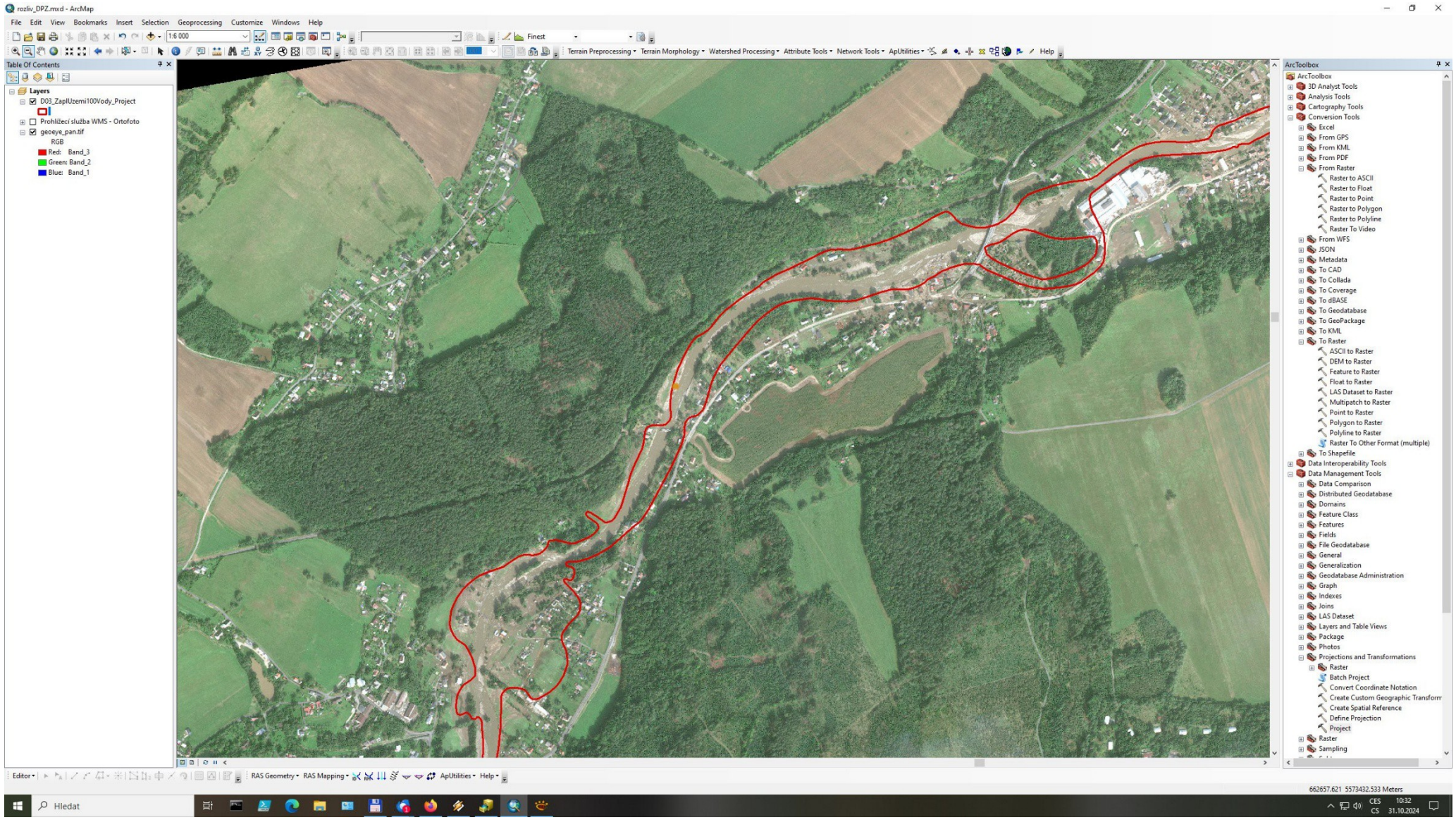
záplavové území Q100 DIBAVOD

IceEye data hloubka [cm]

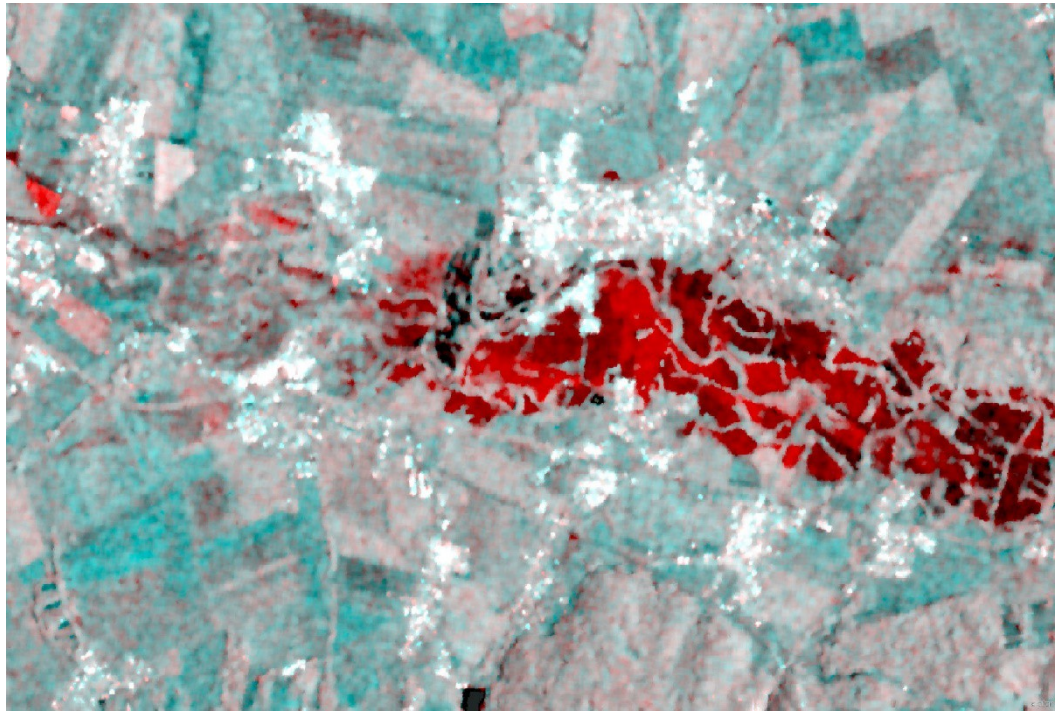
500

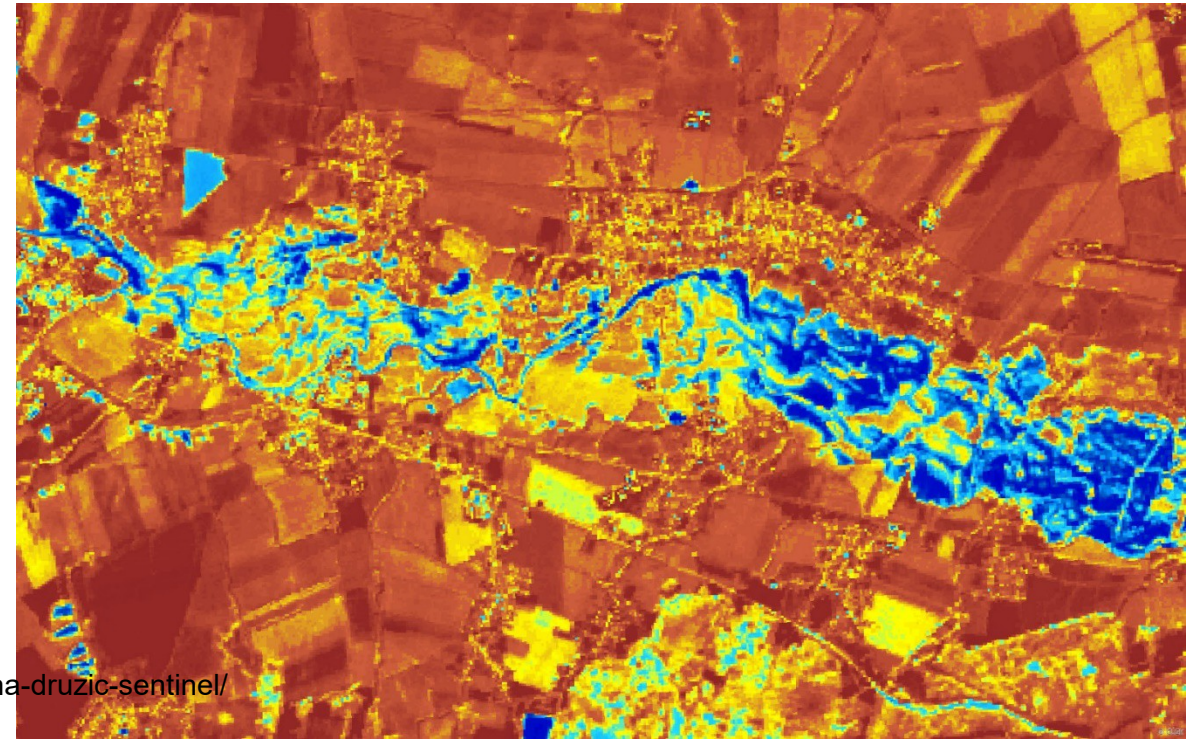
1

GeoEye data Mikulovice



Sentinel „RGB kompozit“ a „Custom Water Index“





https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndwi/

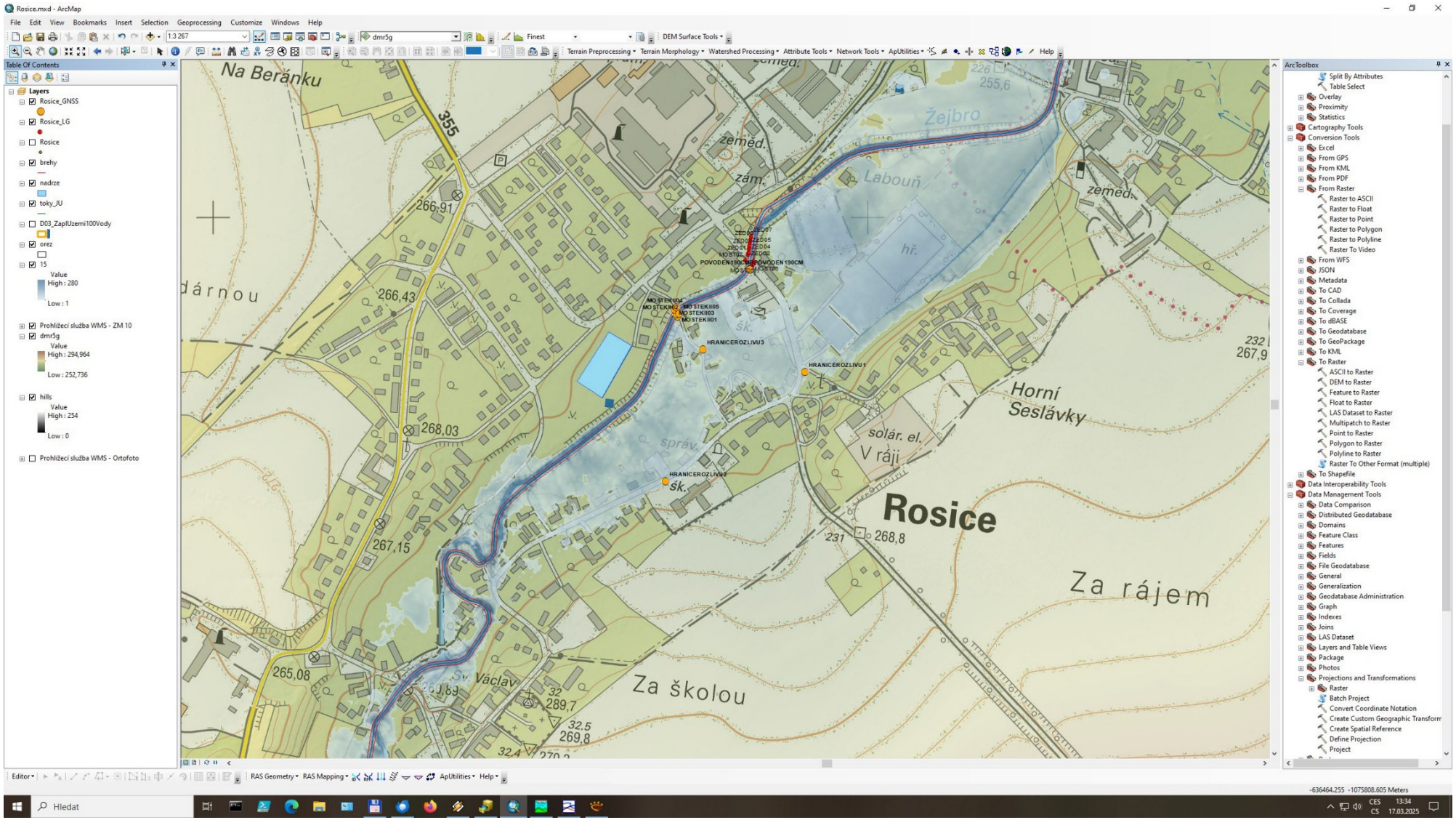
https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/composites/

https://copernicus.chmi.cz/index.php/o-copernicu/infrastruktura/kosmicka-komponenta/skupina-druzic-sentinel/

Výsledky hydrologického modelování (SO + HD)



Výsledky hydrologického modelování (SO + HD)



Děkuji vám za pozornost



Tým OH ČHMÚ Ostrava:

RNDr. Martin Adamec, Ph.D.
Milan Gregořica
Mgr. Hana Hanzelková
Mgr. Kristýna Heryánová
Mgr. Tereza Holáňová
Ing. Kateřina Jurajdová Šťastná
Mgr. Stanislav Kaleta
Jana Káňová
Ing. Adam Lacman
Mgr. Boris Mleziva
Ing. Irena Pavlíková
Ing. Petra Šutarová, Ph.D.
Mgr. Alexandra Trličíková
Mgr. Matěj Wagner

Český hydrometeorologický ústav

- doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D., ČHMÚ OH Ostrava
- ✉ jan.unucka@chmi.cz, ☎ +420 736 260 350