

Projekt -Strategické zdroje vody

Spolupráce mezi Povodím Vltavy , s.p. a Ústavem
výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.

**Miroslav Trnka, Milan Fischer, Jana Bernsteinová, Evžen Zeman,
Václav Rára, Petr Fučík, Antonín Zajíček, Pavel Tachecí**

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i,
Povodí Vltavy, státní podnik, VUMOP v.v.i. , DHI a.s.



Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.

Simulační nástroje pro matematické modelování změn kvantity a jakosti vody v povodí Želivky a v nádrži Švihov



Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. (CzechGlobe)
řízení projektu, měření, data, modely



DHI a.s.: software, analýza dat a modely



Výzkumný ústav monitoringu a ochrany půdy VUMOP v.v.i.
výzkumná data, měření, analýza dat



Povodí Vltavy s.p.: data, rozbory, konečný uživatel výstupů

Zástupci farem a zemědělských podniků : vstupní data ze zemědělské výroby

Práce podpořeny v rámci projektů Trans-Adapt and Adapt-Želivka (CzechGlobe)

Vodní bilance povodí Želivky



Hlavní motivace:

*“Tvorba nástroje pro objektivní posuzování vlivu adaptačních opatření a jejich vzájemných interakcí na povodí **Želivky** – jednoho z **nejvýznamnějších strategických vodních zdrojů vody** - pro současné a budoucí podmínky včetně vlivu klimatických změn.”*

Vodní nádrž Švihov v povodí Želivky

- Je nejvýznamnější vodárenská nádrž v ČR
- Množství a kvalitu surové vody pro pitné účely je nutné udržovat a chránit i do budoucna
- Nádrž i její povodí je nutno zohlednit jako jeden celek
- Pásma hygienické ochrany: omezení činností



foto: Povodí Vltavy s.p.

Simulační nástroj (digitální dvojče) pro matematické modelování kvality a kvantity vod v povodí Želivky a v nádrži Švihov

Propojená sada nástrojů umožňující efektivní matematický popis pohybu vody a látek:

1. **Bilanční nástroj pro identifikaci zdrojových oblastí znečištění (dusík, fosfor) v ploše povodí**
2. **Komplexní hydrologický model povodí a vodních toků.**
(simuluje dopady na množství odtoku z povodí do nádrže)
včetně modelu šíření látek v ploše povodí
(simuluje transport látek na povrchu a pod povrhem půdy a vodními toky)
3. **3D model proudění vody v nádrži včetně transportu a šíření látek v nádrži**

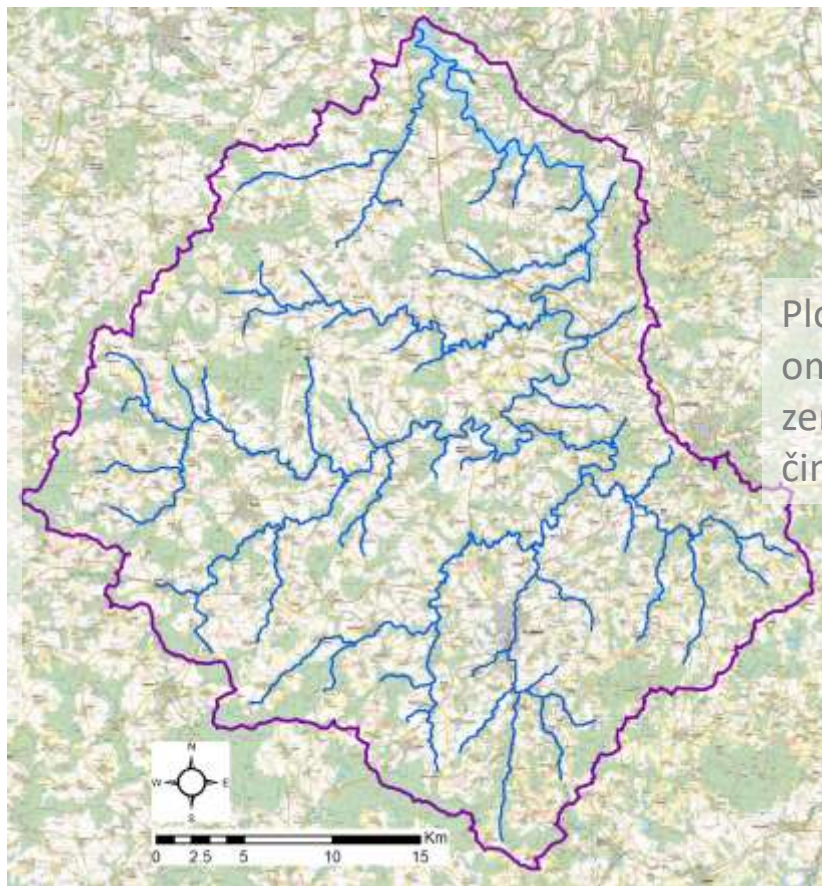
Matematické modely jsou kalibrovány vůči měřeným datům. Umožňují variantní simulace („co se stane, když“) a také simulace dopadů různých scénářů budoucího vývoje

Povodí Želivky

Plocha povodí : 1178 km²
Výškové poměry
(315-765 m n.m.)

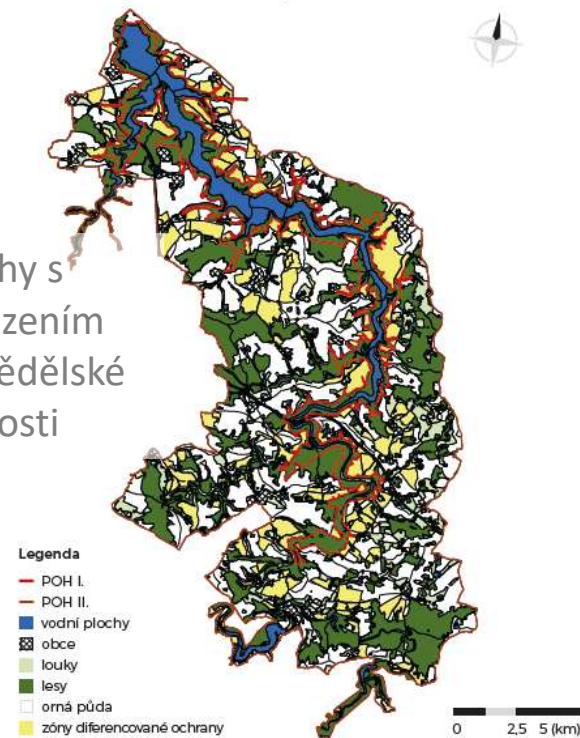
Obdělávané plochy: 51%
Zalesnění : 30%
Neobdělávané plochy :
16%

Větší aglomerace:
Pelhřimov, Pacov,
Čechovice



Obrázek 52: Současný stav OPVZ - I. etapa
(v rozsahu bývalého PHO II. stupně).

Plochy s
omezením
zemědělské
činnosti



zdroj: Kvítek T. (ed.) Retence a jakost v
povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce

Dlouhodobé cíle projektu na Želivce

Vytvořit simulační nástroj - digitální dvojče povodí Želivky , který umožní:

- Analyzovat problémy ve vodní bilanci (změny možné akumulace vody v nádrži)
- Analyzovat změny kvality povrchové a podzemní vody
- Analyzovat pohyb znečištění v povrchových a podzemních vodách a v nádrži Švihov
- Posoudit možná adaptační opatření a jejich účinnost pro současné i budoucí podmínky !!!!!!!
- Posuzovat komplexní změny v povodí Želivky

Dlouhodobé cíle projektu na Želivce

Simulační nástroj - digitální dvojče povodí umožní hledat optimální řešení problematiky kvality vod, které bude :

- Účinné opatření bude analyzováno na simulačním nástroji
- Nejméně zasahující do hospodářských aktivit uživatelů pozemků v povodí
- Adresné a postavené na faktech, tedy bude možné kvantifikovat finanční náklady spojené s případnými úpravami – adaptačními opatřeními
- Analyzovat dopad potenciální havárie nebo hydrologických extrémů na pohyb vody a znečištění
- Zajistit podklady pro státní správu, PVI a IZS pro případný účinný zásah

Dopady činností a změn prostředí na množství a jakost vody

Časové hledisko:

- **mění se vnější podmínky**
- **Krátkodobý problém může mít významný dlouhodobý dopad, třeba i v budoucnu**

Prostorové hledisko:

- **Lokální havárie může způsobit problém ve velké ploše (a objemu vody v nádrži)**
- **Šíření látek v prostředí se obtížně popisuje**

Vlivy zohledňované v rámci projektu

1. Klimatická změna:

Zvýšení teplot, změna v rozdělení a intenzitě srážek, sucho

Příklady dopadů:

- Kúrovcová kalamita – prudká změna odtokových poměrů, splachy, změna hydrologického režimu
- Snížení přítoků do nádrže, zvýšení výparu
- Vhodnější podmínky pro vznik eutrofizace („kvetení“ nádrže)
- Pravděpodobnější vznik požárů v povodí

2. Aktivity v ploše povodí

- Změny ve vypouštění látek z bodových zdrojů (obyvatelstvo, průmysl, ČOV)
- Ošetřující látky používané v zemědělské výrobě

3. Mimořádné situace

- Havárie různého druhu (únik v povodí, lokální splach, dopravní nehoda)

Bilanční model povodí Želivky k hrázi VN Švihov

orná půda, les, drenáž

krystalinikum (břidlice), vrchovina

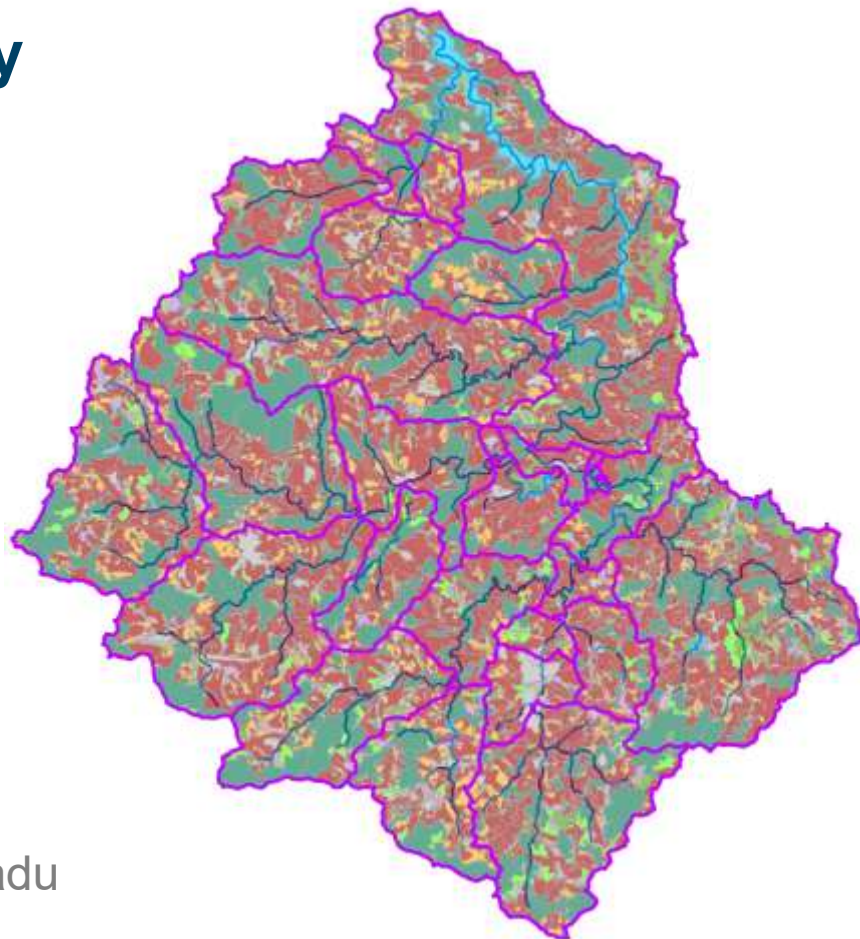
1 významný bodový zdroj: Pelhřimov,
jinak spíše malá sídla

4 nádrže na přítocích:
Sedlice, Vřesník, Trnávka, Němčice

18 stanic (průtoky)

26 míst vzorkování jakosti vody v tocích

Bilance je počítána pro celky povodí IV. řádu



Přístup

- látky: Pcelk, N-NH₄, N-NO₃, (Ncelk), CHSK, BSK5
- měsíční průměrný průtok, měsíční průměrný tok látek, 2015-2021
- zdroje znečištění jsou
 - a) bodové (připojené do konkrétního místa, známe množství a koncentraci)
 - b) ostatní (tj. všechny „plošné“ i bodové mimo datové vstupy)
- vychází se z
 - měřených hodnot průtoků a koncentrací v profilech na vodních tocích (PVI)
 - údajů o bodových zdrojích (hlášení, PVI)

**Sestaví se 12x statická bilance (pro každý měsíc) pro každou látku
v rozlišení povodí IV. řádu.**

Bilanční model: 159 povodí 111 bodových uživatelů 447 úseků = 539km vodních toků

Měření a odběry vzorků

Výzkumná data: od 2019

Podrobná měřicí kampaň: od 2024

Monitoring: vodní stavy, průtoky

Automatizované odběry vzorků vody

Sběr dat probíhá ve spolupráci
CzechGlobe, VÚMOP v.v.i. a
Povodí Vltavy s.p.



Onšov



Mohelnice



Suchý potok



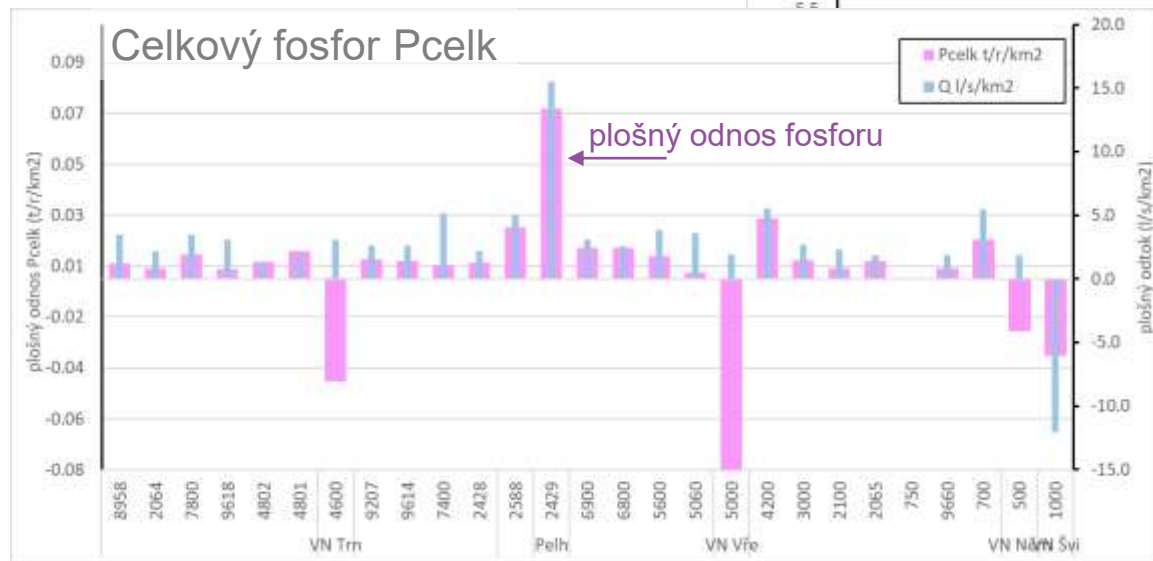
Černičí



Kontrolní bilance mezi profily vzorkování jakosti

Největším bodovým zdrojem je nadále Pelhřimov

nádrže (Vřesník, Trnávka, Němčice) množství živin snižují

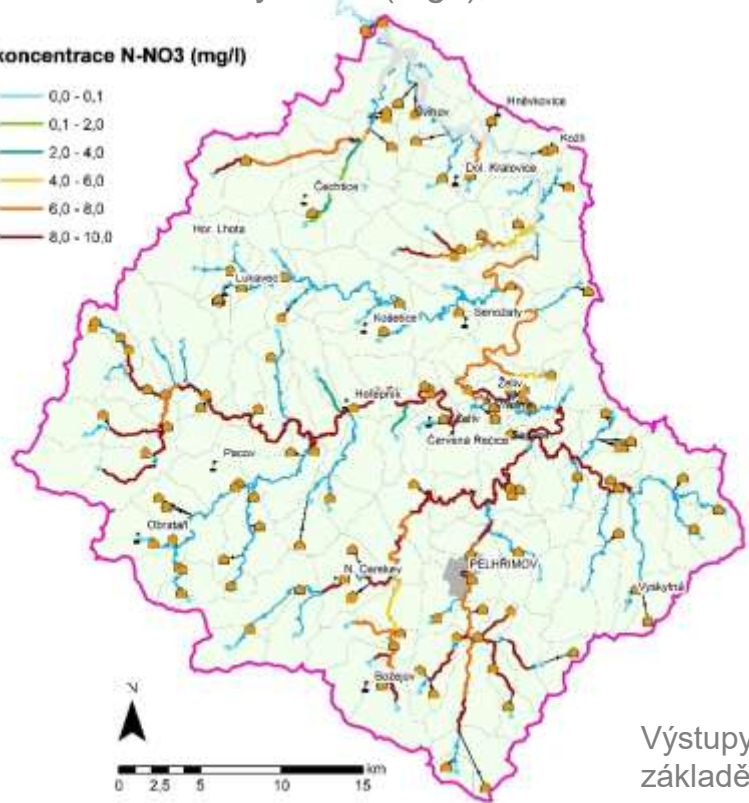
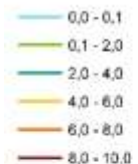


Pro analýzu použita data Povodí Vltavy, s.p.

Výsledky: mapy pro jednotlivé měsíce a celky povodí

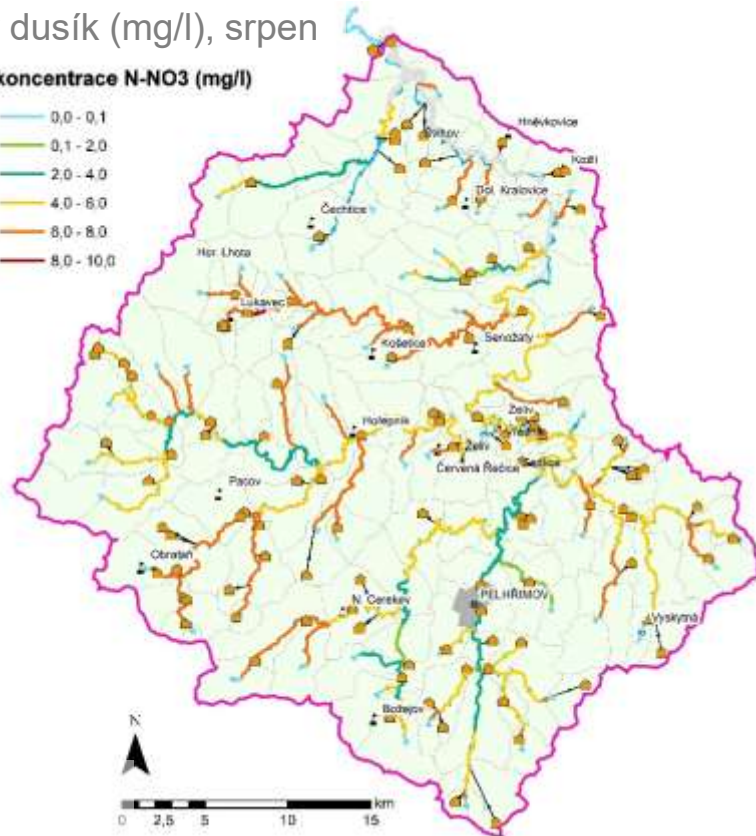
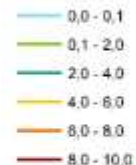
dusičnanový dusík (mg/l), březen

konzentrace N-NO₃ (mg/l)



dusičnanový dusík (mg/l), srpen

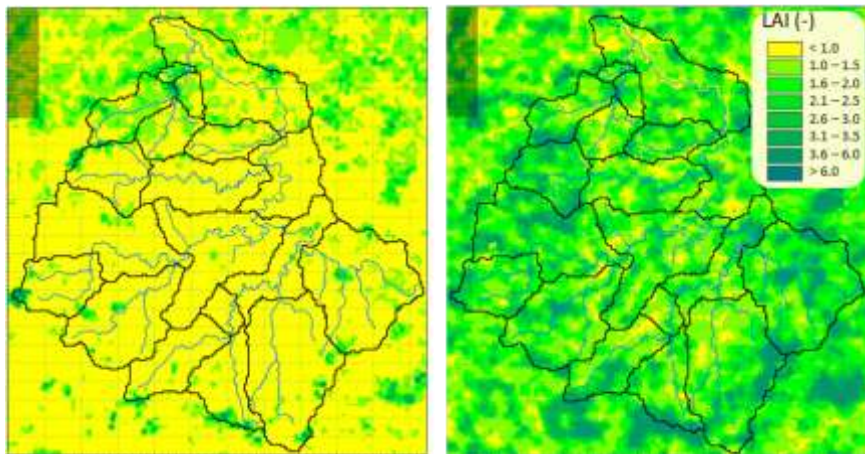
konzentrace N-NO₃ (mg/l)



Výstupy z modelové bilance na základě dat Povodí Vltavy, s.p.

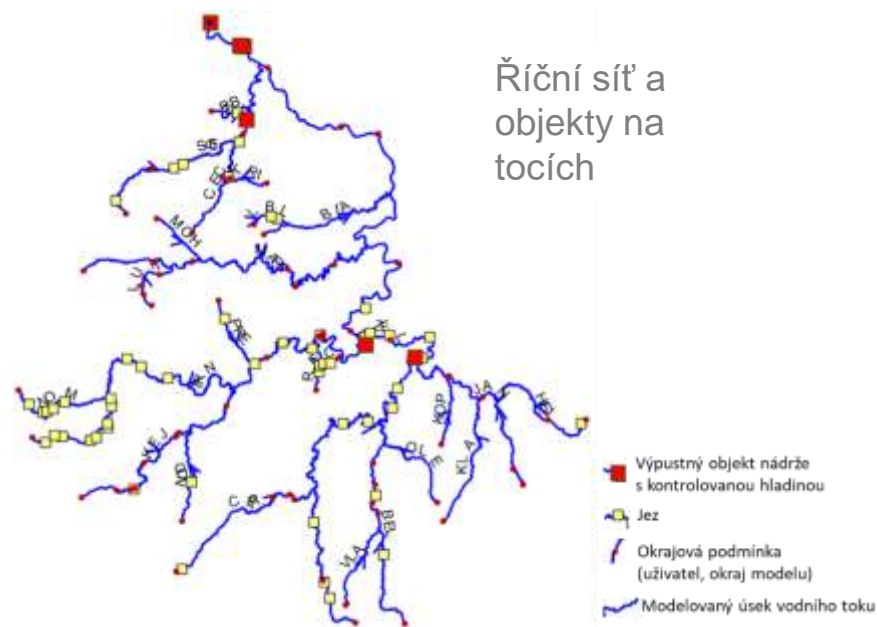
Ploště distribuovaný hydrologický model celého povodí Želivky

rozlišení 200x200m, časový krok 1den. Používá se pro dlouhodobé simulace dopadů (klimatických) změn



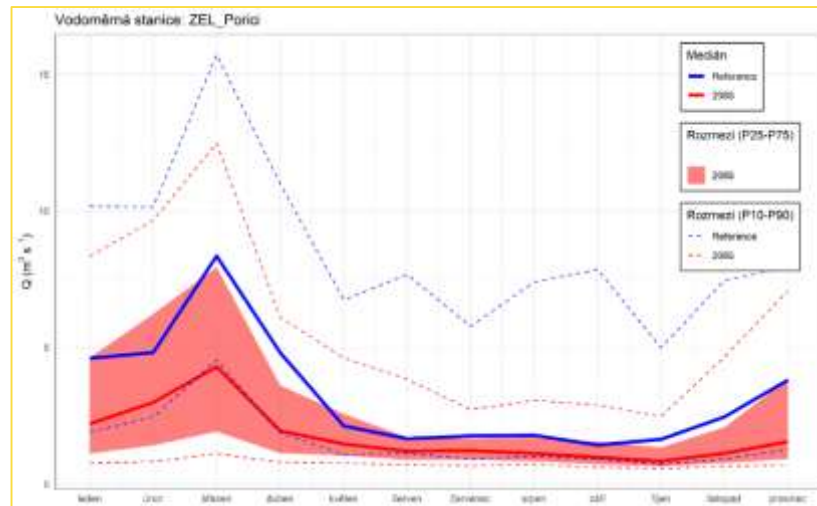
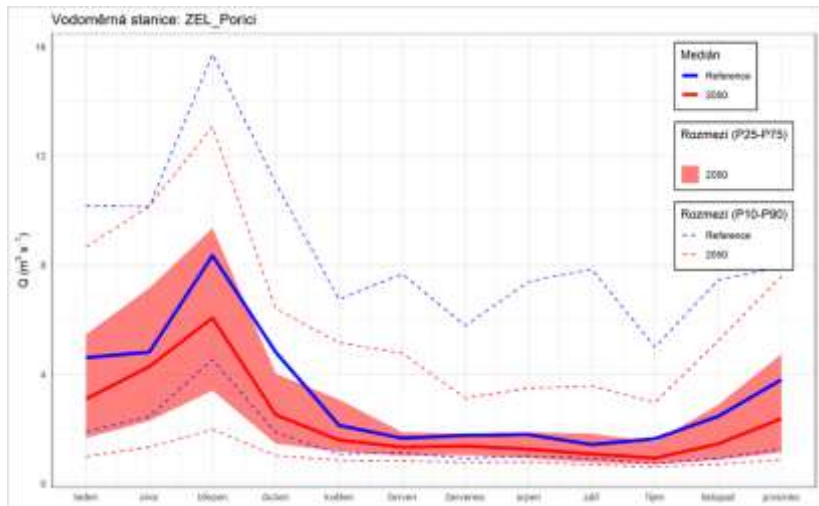
Příklad vegetačních vstupů (mapy pro každý den v roce)

Software: MIKE SHE (DHI)



Ploště distribuovaný hydrologický model celého povodí Želivky

Výsledky dopadu klimatické změny na vodní bilanci v povodí Želivky .



Vliv klimatické změny v horizontu roku 2050 na přítoku do nádrže Švihov – na řece Želivce

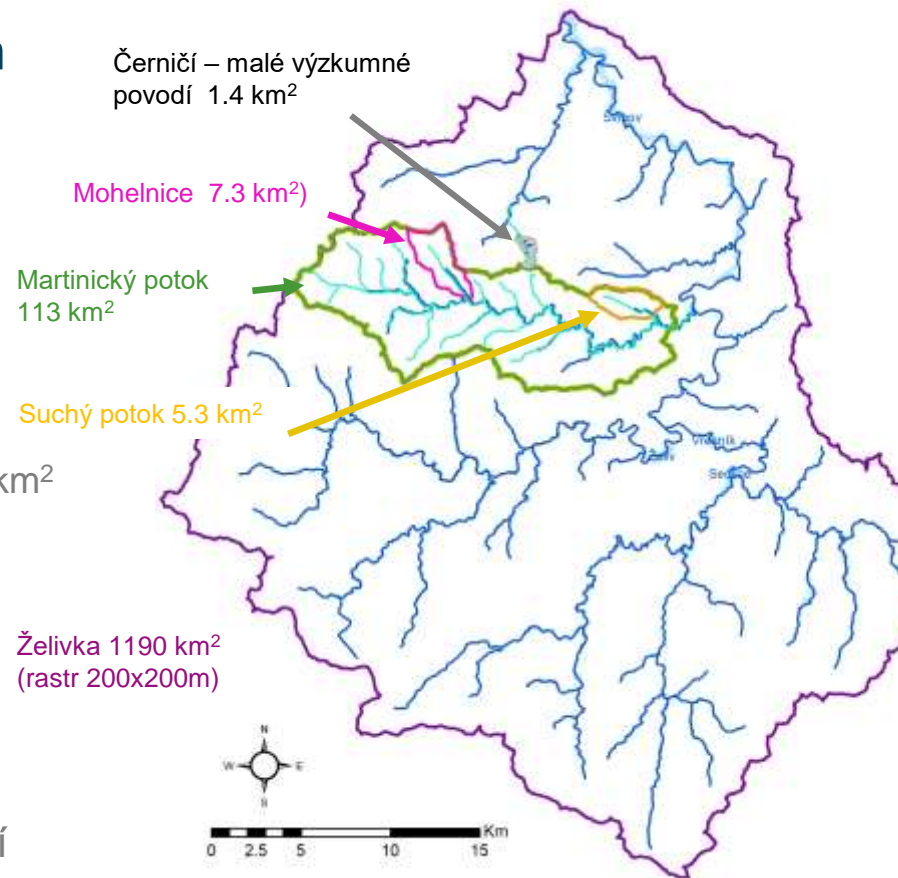
Vliv klimatické změny v horizontu roku 2085 na přítoku do nádrže Švihov – na řece Želivce

Kaskáda komplexních matematických modelů pro simulaci hydrologického režimu a transportu látek

V různém prostorovém a časovém rozlišení (od detailního měřítka po celé povodí)

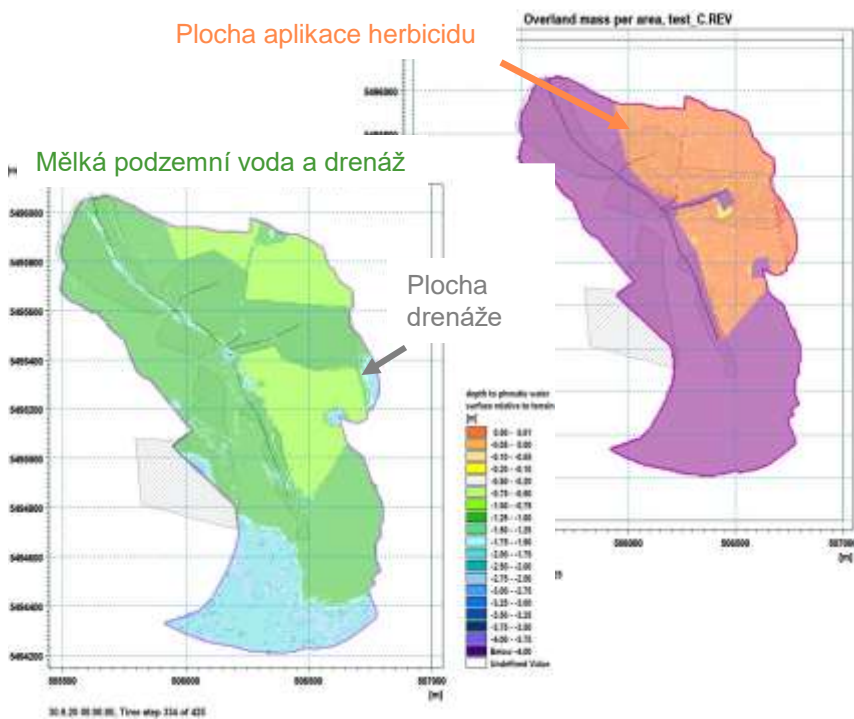
1. Výzkumné povodí Černičí – VÚMOP – 1.4 km²
2. Výzkumná zóna – Suchý potok 5.3 km²
3. Výzkumná zóna – Mohelnice – 7.3 km²
4. Povodí Martinického potoka 113 km²
5. Povodí Želivky - 1190 km²

Cílem je simulovat dynamiku odtoku z povodí a změny koncentrací na přítoku do nádrže



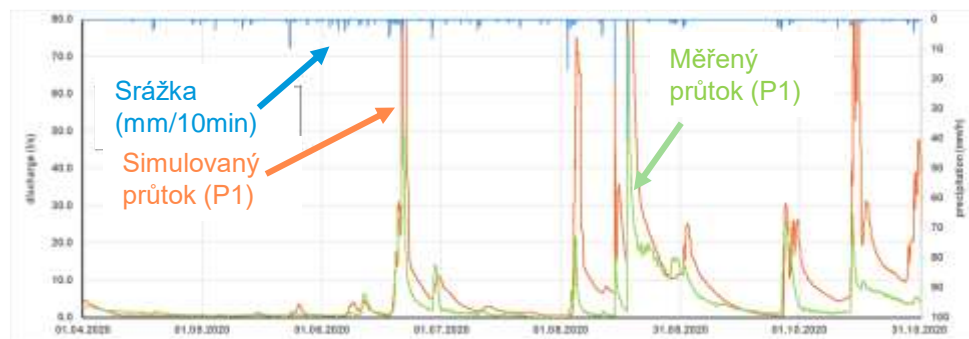
Detailní model odtoku a odnosu na výzkumném mikropovodí Černičí

1.4 km², rozlišení 16x16m, časový krok 10/15min, simulované období 2018-2022. Software: MIKE SHE



Vstupní a srovnávací data: VÚMOP v.v.i.

Simulovaný odtok v letní sezóně 2020



aplikace: 0.096 g/m² (13.5.2020)

a 0.06 g/m² (20.9.2020)



3D model proudění a transportu látek ve vodní nádrži Švihov

6 měrných kampaní pro získání dat
(rychlosti vody, větru, teplotní rozvrstvení)

Měření rychlostního
profilu v nádrži
(ADCP)



Měření rychlosti větru
nad hladinou



Vstupní data pro model: CzechGlobe, Povodí Vltavy s.p. a ČHMÚ

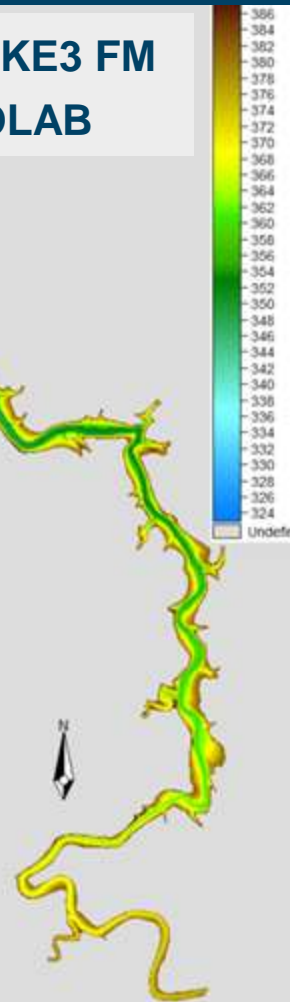
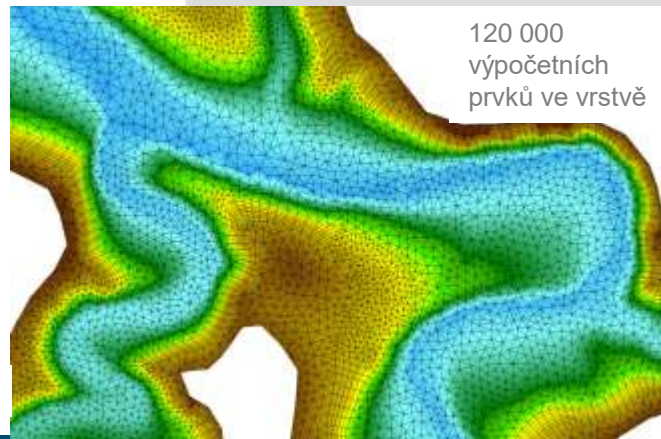
Software: MIKE3 FM
+ ECOLAB

topografie
dna nádrže

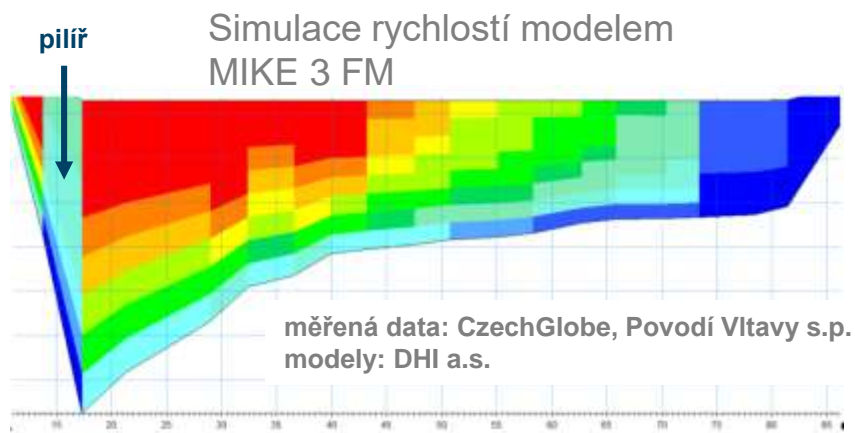
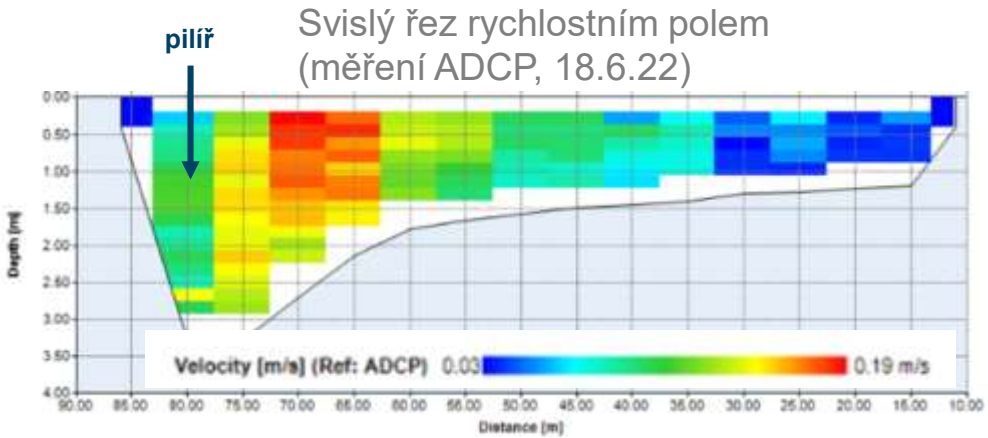
33 výpočetních
vrstev



120 000
výpočetních
prvků ve vrstvě



Kalibrace modelu



Simulace scénářů

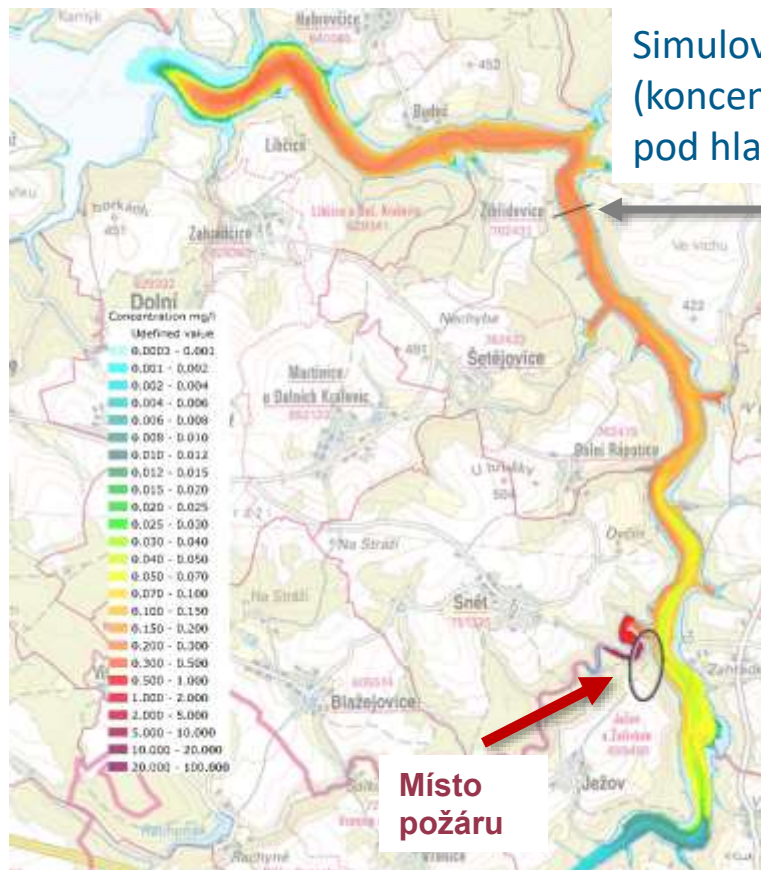
Zadání scénáře pro model zahrnuje kombinaci podmínek:

Výšku hladiny v nádrži, rychlost a směr větru, roční období, odběry a přítoky

+

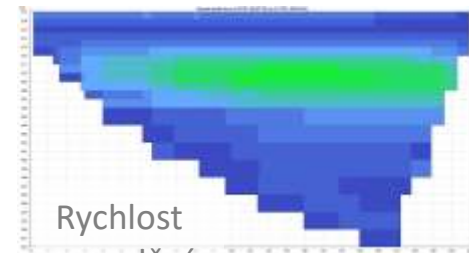
Místo a typ znečištění

Scénář: lesní požár + splach popela (plná nádrž, letní podmínky, přítoky)



Simulovaný postup znečištění (koncentrace) po 8 dnech, v hloubce 7m pod hladinou

Svislý řez nádrží

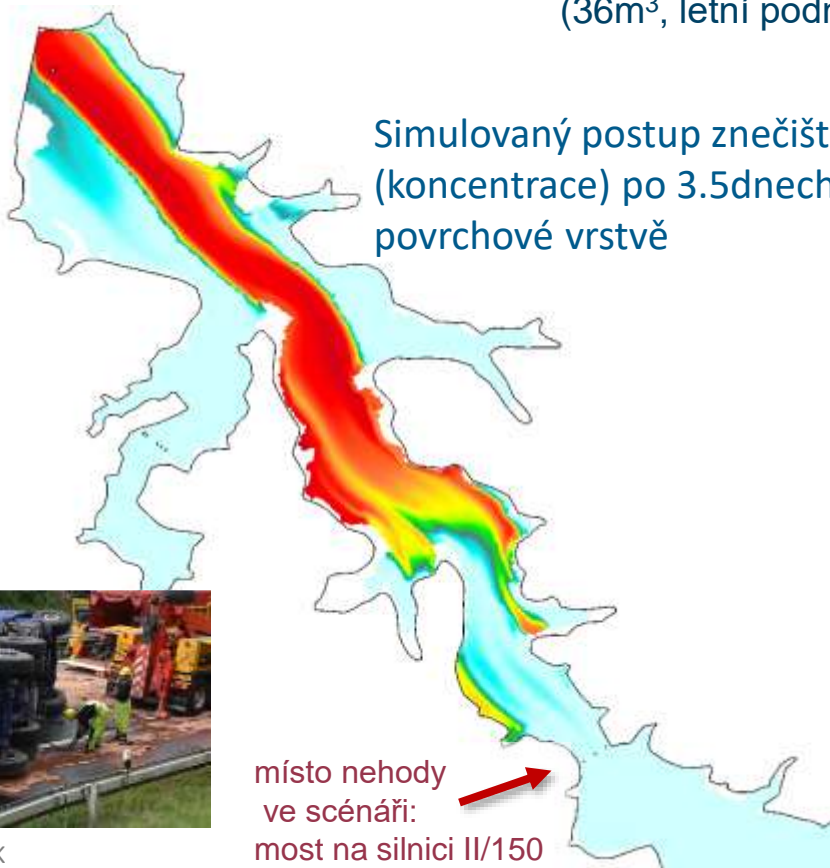
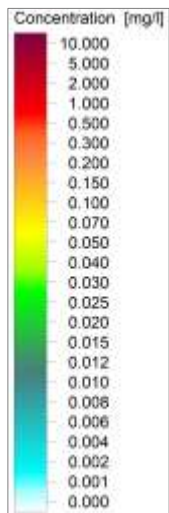


Rychlost proudění vody

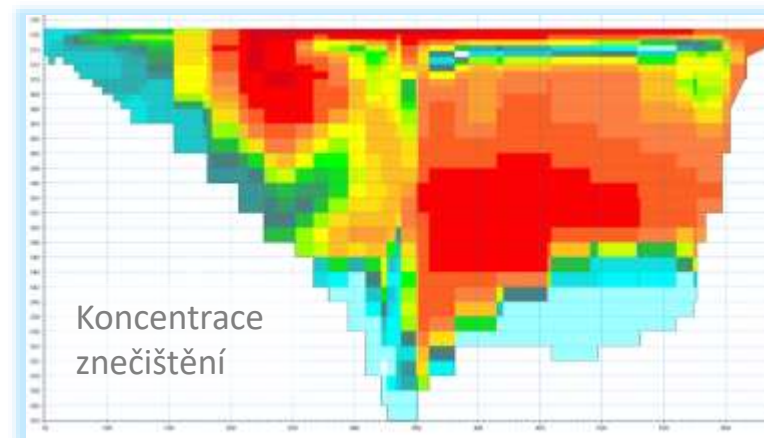
Simulace scénářů

Scénář: nehoda cisterny na mostě

(36m³, letní podmínky, přítoky nízké, jihovýchodní vítr)



Svislý řez nádrží



Komplexní nástroje pro simulaci množství a jakosti vody v povodí Želivky a ve vodní nádrži Švihov

Pomocí získaných dat různých institucí a propojením současné znalosti a modelovacích prostředků je možno simulovat dopad různých typů ohrožení významného zdroje pitné vody – nádrže Švihov, z hlediska množství i jakosti vody.

Pro podporu včasného rozhodování byly vytvořeny předpovědní nástroje pro kvantifikaci odhadu časového vývoje (například v případě havárie).

Komplexní nástroje umožňují analyzovat složité procesy a posuzovat navrhovaná účinná řešení a vybrat optimální skladbu opatření včetně kvantifikace finančních nákladů.

Výsledky a nástroje také umožňují optimalizovat adaptaci na měnící se prostředí a podmínky

To vše směřuje k udržitelnosti zásobování pitnou vodou významné části obyvatel ČR také do budoucna.