

Vodní režim krajiny Ašska



Výzkumný Ústav Vodohospodářský T. G. M., v. v. i.

Kamila Tichá, Věra Kladivová, Adam Beran



Realizace projektu, leden 2020 - září 2022

Historické využití území a jeho význam pro budoucí ochranu
významných druhů podél bavorsko-české hranice

Historische Landnutzung und ihre Bedeutung für den zukünftigen Schutz
bedeutender Arten entlang der bayerisch-tschechischen Grenze

Obsah

Úvod	3
1. Mapování pramenišť a změn vodního režimu v pramenné oblasti Rokytnice (Ašsko) a návrhy úprav a managementu	5
1.1. Metodika mapování pramenišť	5
1.2. Metodika mapování zásahů do vodního režimu	6
1.3. Prameniště jako zdroj detritu pro perlorodku říční	7
1.4. Typy stanovišť, popis a návrhy na zlepšení jejich stavu	8
Původně odvodněné pozemky s nefunkčními drenážními systémy v nivách drobných toků	9
Sekundární prameniště ve vyústění nebo v místech poškození drenážních systémů	10
Funkční odvodňovací systémy	12
Povrchové lesní odvodňovací rýhy	14
Regulované pramenné stružky	15
Rybníčky a tůně	18
2. Shrnutí hydrologické bilance krajiny Ašska	20
2.1. Vývoj odtokových poměrů od roku 1990 do současnosti	20
Metoda CN křivek	20
2.2. Modelování hydrologické bilance	24
Data a metody	24
Model hydrologické bilance Bilan	29
Výsledky	30
2.3. Změny hydrologických veličin ve výhledových časových horizontech	38
Zájmové území	38
Data a metody	39
Výsledky	41
2.4. Návrhy adaptačních opatření	48
Revitalizace napřímených vodních toků	48
Výstavba malých vodních nádrží	51
3. Shrnutí	54
4. Reference	56

Úvod

Důsledky narušených ekologických vazeb a procesů, které se projevují nejen ve změnách vodního režimu krajiny, koloběhu živin či poklesu biodiverzity, ale i zvyšující se četnosti dopadů extrémních hydrologických situací – povodní nebo sucha, zasahují stále častěji do běžného fungování lidské společnosti (Jongepierová a kol. 2012). V místním, regionálním i celoevropském měřítku proto posilují snahy o obnovu přirozeného charakteru vodních toků, ploch a mokřadů, o využívání vodních zdrojů a o udržitelné hospodaření v krajině, které by byly odolnější vůči klimatické změně a extrémní hydrologické situace by pomáhaly vyrovnávat. V oblasti trojstátí Česko – Bavorsko – Sasko existovaly a existují na různých stranách hranice rozdílné přístupy k hospodaření a využívání vodních zdrojů, které se navíc v minulosti měnily a v různých historických i nedávných obdobích se tyto přístupy navzájem přibližovaly a vzdalovaly v souvislosti s prostupností hranice, ať už fyzickou, či transferu znalostí.

Hydrologická část projektu „Historické využití území a jeho význam pro budoucí ochranu významných druhů podél bavorsko-české hranice“, zpracovávaná VÚV TGM, měla za cíl zmapovat z hydrologického hlediska území na obou stranách hranice stejnými metodami, shromáždit dostupná data o současném i historickém stavu povodí, především o zásazích do vodního režimu povodí (napřímení toků, odvodnění i zadržení vody, meliorační zásahy, vrty a studny) a na základě těchto poznatků navrhnout konkrétních opatření, jejichž následná realizace zlepší srážkoodtokové procesy v Ašské projektové oblasti, a to na obou stranách hranice. Zájmové území zahrnovalo povodí Bystřiny, Rokytnice, Lužního, Újezského, Pekelského a Hraničního potoka. Tato část závěrečné zprávy se věnuje mapování pramenišť a změn vodního režimu, a představuje návrhy opatření, týkající se konkrétních lokalit v tomto území. Změny vodního režimu, zaznamenané v prvním roce projektu, podnítily vznik samostatné hydrogeologické studie, která byla v rámci projektu vypracována v roce 2021. Tato studie přeshraničně shrnula archivní a aktuální hydrogeologické poznatky a na jejich základě vytypovala problematická místa z hlediska odběrů podzemních vod v zájmové oblasti. Jako nejproblematictější bylo označeno jímání podzemních vod v pramenné oblasti Pekelského potoka na česko-bavorské hranici, které je pravděpodobně důležitým důvodem vysychání tohoto toku v suchých obdobích. Více informací viz P. Eckhardt: Hydrogeologická studie zájmového území na Ašsku, 2021 (česky a německy), ke stažení na <https://landschaftimwandel.de/zdroje/>.

V projektovém období, které trvalo tři roky (2020 – 2022), se naplno projevila nevyrovnanost rozložení srážek v průběhu ročních období, což názorně ilustrují **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a **Obrázek 2**, které jsou v zásadě ze stejného místa s rozdílem jednoho roku a jednoho měsíce. Tyto extrémy mají na vodní a na vodu vázané organismy drtivý dopad. Na příkladu perlorodky říční lze uvést, že zatímco na začátku 21. století byly příčiny ohrožení tohoto druhu zejména narušení potravního zásobení pro růst raných stádií perlorodek po opuštění hostitelských ryb (Hruška 2004), dostupnost hostitelských ryb samotných, znečištění vody a struktura říčního dna a jeho zanášení (Bílý a kol. 2008), nyní lze konstatovat, že hlavní příčinou ohrožení je v této oblasti vysychání toků v průběhu letních měsíců. Zatímco dříve zásadní faktory ohrožují zejména mladé perlorodky a narušují rozmnožovací cyklus, dospělí jedinci jim dokážou poměrně úspěšně odolávat např. uzavřením lastury. Vysychání toků však bezprostředně ohrožuje všechny věkové skupiny perlorodek a bez záchranných transferů (Holub, ústní sdělení), organizovaných orgány ochrany přírody, by nyní tento ohrožený druh již v povodích Lužního potoka, Rokytnice a Bystřiny nepřežil. Ostatní problémy biotopu perlorodky říční ale dál přetrvávají.

Hranici České republiky a Bavorska na Ašsku tvoří v převážné míře „mokrý hranice“. Hraniční čára vede prostředkem vodního toku a povodí je tvořeno přítoky z českého i bavorského území. Vlivem suchých epizod, zaznamenaných v posledních letech, dochází v některých měsících k výraznému snížení průtoků, místy i k vysychání vodních toků.

Středem zájmu je Lužní potok a Rokytnice, na jejichž povodí probíhal hydrologický monitoring. Pro upřesnění srážko-odtokových poměrů byly v zájmovém území vybudovány vodoměrné stanice a

meteorologická stanice. Vlastní monitoring byl doplněn o data z pozorování AOPK ČR, ČHMÚ a z amatérských meteorologických stanic.

Na základě pozorovaných dat, historických dat, mapových podkladů a za využití nástrojů pro hydrologické modelování, byl zkoumán vliv současného využití pozemků na povodí a klimatické změny na změny hydrologických členů. Byl popsán vývoj odtokových poměrů od roku 1990 na základě hodnocení čísla CN, na základě hydrologického modelování byly popsány souhrnné charakteristiky zájmových povodí, s využitím scénářů klimatické změny byly popsány předpokládané změny hydrologických členů v budoucích časových horizontech a byla nastíněna možná řešení pro zpomalení odtoku z povodí.



Obrázek 1. Povodeň na Rokytnici, Trojstátí Česko – Bavorsko – Sasko (16. 7. 2021)



Obrázek 2. Vyschlé koryto Rokytnice, Trojstátí Česko – Bavorsko – Sasko (17. 8. 2022)

1. Mapování pramenišť a změn vodního režimu v pramenné oblasti Rokytnice (Ašsko) a návrhy úprav a managementu

1.1. Metodika mapování pramenišť

Ašsko, přestože nejde o vyloženě horskou oblast, má typicky pramenný charakter díky tomu, že zde probíhá evropské rozvodí Dunaj/ Labe. Zatímco od Aše na jihovýchod všechny toky směřují do povodí Labe, pramenné toky v samotném Ašském výběžku náleží k povodí Dunaje. Pramení zde Rokytnice/ Regnitz, Lužní potok/ Zinnbach, Bystřina/ Wolfsbach, Pekelský potok/ Höllbach, Újezdský potok/ Mähringsbach a Hraniční potok/ Lohbach, které se vlévají do Saaly. Povodí všech těchto toků bylo zahrnuto do mapování.

V letech 2020 a 2021 byla prováděna terénní šetření na prameništích, které byly v oblasti zmapovány v roce 2008 při detailním průzkumu pramenné oblasti (Bystřina a Lužní potok). U pramenišť byly zaznamenávány tyto charakteristiky: GPS souřadnice, nadmořská výška, povodí, napojení na tok (odtok stružkou/ vsak/ rozliv), typ (helokrén/ limnokrén/ rheokrén nebo jejich kombinace), rozloha, vydatnost, teplota, pH, konduktivita, obsah detritu, makrozoobentos (hlavní taxony), vegetace (hlavní taxony) a okolní porost a zastínění. Nové údaje byly porovnány se staršími dostupnými údaji z mapování (Spisar 2009), kdy bylo vymapováno 226 pramenišť různých typů. V této studii bylo podle teploty vývěru a detritu v prameništi označeno 16 pramenišť jako potenciálně využitelné helokreny, ze kterých byl odebrán detrit k analýzám a bioindikacím. Výsledky analýz a bioindikací však nebyly uspokojivé, v následujících letech navíc některá prameniště vyschla, takže bylo jako zdroj detritu pro odchovy možné využívat pouze jedno úživné prameniště (Spisar 2009).

Některé nově vymapované lokality se shodují v prameništi z dřívější kampaně, avšak prameny v roce 2008 byly navštíveny jednou, později neproběhla žádná revize, takže v datech bylo poměrně hodně nepřesností. Mezi prameniště se mísily i orientační body (silniční propustky, soutoky, tůň a lesní rybníčky), některé lokality, označené za prameniště byly příbřežními mokřady, vzniklými průsakem povrchové vody, jiné nebyly permanentní, několik pravděpodobně vyschlo v průběhu suchých let 2015-19 nebo se samovolně přesunulo. V povodích Lužního potoka a Bystřiny bylo v rámci současného projektu zatím navštíveno 55 pramenišť, dalších cca 40 nebylo dohledáno.

V roce 2021 a 22 byla na základě mapových podkladů a předchozích terénních šetření navštívena dosud nezmapovaná prameniště, která byla rovněž charakterizována stejnými ukazateli. Do současné doby (podzim 2022) bylo nově vymapováno dalších 107 pramenišť ve dvou dalších hlavních subpovodích (Rokytnice a Újezdský + Pekelský potok), terénní práce ještě pokračují do konce projektu. Přirozená prameniště jsou obvykle permanentní, nevysychají ani nevymrzají při běžném kolísání teplot v průběhu roku. Vysychání nebo vymrzání lze vysledovat buď přímo nebo pomocí nepřímých charakteristik (např. kolísání teploty vývěru, výskyt permanentní bentické fauny apod.). Přirozená prameniště, která mají stabilní charakter a jsou ekologicky funkční nebo prameniště, která mají tento potenciál (např. produkují detrit, ale nejsou napojena na primární říční síť) byla navržena pro provedení bioindikací nad rámec projektu pracovníky odchovny perlorodek v Huschermühle. Zároveň zde Univerzita Karlova jako partner projektu provedla vegetační mapování.

Výstupem mapování jsou mapové vrstvy v GIS (shp), které obsahují údaje, zjištěné o prameništích, katalogizovaná data odvodněných ploch, malých vodních nádrží a drobných vodních toků. Část těchto dat je v tabulkové podobě přílohou tohoto dokumentu.



Obrázek 3. Odběr bentosu na prameništi

1.2. Metodika mapování zásahů do vodního režimu

V roce 2020 byly shromážděny mapové podklady, kromě aktuálních map zejména historické letecké snímky z druhé poloviny 20. století a další dostupné zdroje informací o hydromelioračních zásazích, napřímení toků, odvodnění a zadržení vody a dalších změnách vodního režimu, které v minulosti v oblasti probíhaly. Mapa odvodněných ploch byla poskytnuta VÚMOP pro českou stranu, pro německou stranu WWA v Hofu. Informace postupně doplňujeme od dubna 2021 vlastním terénním šetřením, kdy navštěvujeme existující plochy s odvodňovacími systémy s cílem posoudit, jestli je systém funkční, porušený či zcela nefunkční a případně získáváme další informace z veřejných zdrojů, např. jestli je území vedeno v informačním systému melioračních staveb, jaké zde probíhá hospodaření podle půdních bloků apod., v jaké části povodí se nacházejí a zda by bylo možné na některých odvodněných plochách navrhnout opatření pro zlepšení jejich funkce v krajině a vodního režimu většího celku. Typy stanovišť se v krajině opakují, proto je možné jednotlivá stanoviště poměrně dobře katalogizovat a navrhovat potom opatření obecnějšího charakteru, viz kapitola 3.

Průběžně také mapujeme přítomnost drenážních rýh v lesích. Toto jednoduché povrchové odvodnění není zaznamenáno v informačním systému melioračních staveb, jde ve většině případů pravděpodobně o historické zásahy lesních hospodářů, které jsou ale v současnosti v mnoha případech stále funkční.

Typickým prvkem této oblasti jsou soustavy malých lesních rybníčků nebo tůní, které vznikly v dobách někdejšího německého osídlení celé oblasti. V současnosti je najdeme, někdy částečně zazemněné, hlavně v lesních porostech, na německé straně i na loukách nebo pastvinách. Z hlediska vyplavování detritu z pramenišť jde sice o potenciální překážku, ale v kontextu celého povodí mají jednoznačně pozitivní efekt na vodní režim a navázaná vodní a mokřadní společenstva.

Často bývají propojena s pramennými i dalšími mokřady a významně se podílejí na udržení biodiverzity zájmového území.

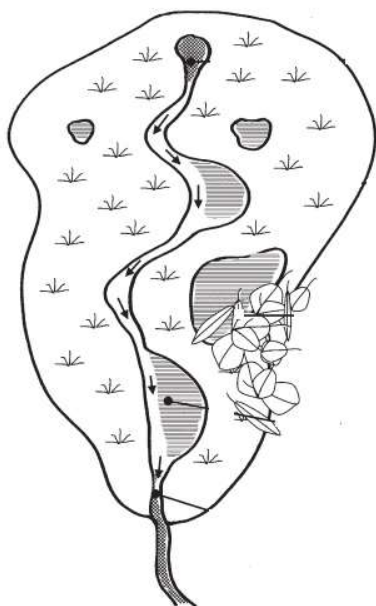
Vymapované změny vodního režimu jsou přiloženy v elektronické podobě jako shp vrstvy: odvodněné plochy, drobné toky a drobné vodní plochy. Atributové tabulky k těmto vrstvám jsou pro větší přehlednost kromě elektronické podoby také v Tabulkách 1.-3.



Obrázek 3. Mapování funkčních a nefunkčních odvodňovacích zařízení z 2. poloviny 20. století

1.3. Prameniště jako zdroj detritu pro perlorodku říční

Všechny zájmové druhy projektu „Historické využití území a jeho význam pro budoucí ochranu významných druhů podél bavorsko-české hranice“ se řadí mezi tzv. deštníkové druhy, tedy jejich ochranou zajišťujeme nepřímou ochranu i pro druhy jiné, které žijí ve stejném prostředí. Všechny jsou také přímo nebo nepřímo vázány na vodní prostředí; stolítek střídavokvětý a perlorodka říční žijí přímo v tocích a klínatka rohatá po část svého života také. Některé z nich potřebují ke svému životu právě prameniště, např. čertkus luční roste na mokřých loukách, které kromě jiného mohou vznikat právě v rozlivových plochách helokrénů a hnědásek chrastavcový je vázán na tuto rostlinu. Perlorodka říční se živí detritem – partikulovanou organickou hmotou – který je ve velkém množství vyplavován z pramenišť a luk do potoků a řek, kde je transformován a transportován dále. Perlorodky v Ašské oblasti vykazují malé přírůstky, jak mnohokrát prokázalo bioindikační sledování na juvenilních perlorodkách (Hruška 2004, Spisar 2009) a již dlouhou dobu je známo, že detritu se do toků nevyplavuje dostatečné množství nebo že nemá požadovanou kvalitu. Dostatečný počet mokřadů s kvalitním detritem, který je z těchto kapilárních sítí transportován do vodních toků je jedním ze základních předpokladů pro zajištění výživy perlorodek v tocích.



Přirozené pramenné mokřady (helokreny) s dostatečně silným vývěrem jsou teplotně stabilní v průběhu roku (v létě nevysychají, v zimě nezamrzají), takže mohou fungovat zhruba stejně po celý rok. Mikroskopické i makroskopické pramenišní organismy zpracovávají odumřelé podzemní a nadzemní části rostlin a listový opad, ze kterého vyrábí nejprve hrubý (CPOM – coarse particulate organic matter) a poté jemný (FPOM – fine particulate organic matter) detrit. Helokreny jsou tak jedním z významných zdrojů potravního detritu pro perlorodku říční. Pro správnou funkci detritových toků v povodí je potřeba, aby co možná nejvíce pramenných mokřadů v oblasti bylo ekologicky funkčních, což nutně neznamená, že musí jít o původní přirozené ekosystémy. Při revitalizacích, které se v současné době v zájmové oblasti rozbíhají (část Lužního potoka již revitalizací prošla, Rokytnice se připravuje) je proto nutné počítat s obnovou poškozeného vodního režimu jako celku, tedy včetně sítě pramenišť a drobných vlásečnic, v současné době mohutně postižených systematickým odvodněním.

Obrázek 4. Schéma helokrenního

prameniště (pramenného mokřadu)

Zdroje kvalitního detritu jsou zásadní také pro zajištění potravy pro odchovávané juvenilní perlorodky, které jsou krmeny detritem odebíraným přímo z pramenišť. Na začátku projektu byl k dispozici minimální počet pramenišť s kvalitním detritem, prověřeným bioindikacemi. Ztráta jakéhokoli takového zdroje představuje fatální problém pro odchovy. Část pramenišť byla v roce 2021 vytipována jako potenciálně dobré zdroje detritu pro krmení juvenilních perlorodek v odchovech. Vybrána byla prameniště z optimálním pH vyvěrající vody (mezi 5-7), s výskytem vodního mlže *Pisidium*, který se jeví být alespoň orientačním bioindikátorem kvality detritu (využívá stejně jako perlorodka pro stavbu svých schránek organické formy vápníku, které dokáží mlži zpracovat, zatímco anorganická forma je pro ně nevyužitelná), bez železitých sraženin a produkující detrit. Nad rámec projektu byl pracovníky odchovny v Huschermühle z těchto pramenišť odebrán detrit a byly provedeny bioindikace juvenilními perlorodkami, a to 1x – 3x na podzim 2021. Dosud neexistuje jiný spolehlivý způsob, jak vhodnost detritu jako potravního zdroje ověřit. Ukázalo se, že kvalita detritu byla v průběhu jednoho měsíce velmi variabilní i v rámci jednoho prameniště, což se zdá být obecným problémem kvality detritu, používaného ke krmení juvenilních perlorodek. Stejnou zkušenost mají chovatelé i na jiných lokalitách u nás i v zahraničí. Experimentálně tak bylo zjištěno, že lze využít i detrit z některých nově zmapovaných pramenišť a pravděpodobně do konce projektu vhodná prameniště ještě přibudou, zatím se však nejedná o systémové řešení problému krmení odchovávaných perlorodek.

1.4. Typy stanovišť, popis a návrhy na zlepšení jejich stavu

Jednotlivá doporučení vychází zejména z mapování zásahů do vodního režimu, proto jsou zaměřena na oblasti, které byly v minulosti odvodněny. Přírodní habitaty (hlavně prameniště), kterými se v zájmové oblasti také zabýváme, jsme do doporučení nezahrnuli, zásahy zde nejsou potřeba. Jsou zde ale uvedena uměle vzniklá tzv. „sekundární prameniště“, jak jsme označili druhotně vzniklé biotopy v místech ucpaných, přerušených či jinak poškozených drenážních systémů.

Původně odvodněné pozemky s nefunkčními drenážními systémy v nivách drobných toků

V zájmovém území se nachází několik menších bezlesých rovinatých nebo jen mírně svažitých pozemků přímo v nivě toku, zejména v povodí Rokytnice na české straně, které byly v 2. polovině 20. století poškozeny systematickými drenážemi. Ve všech zmapovaných případech jsou drenáže již zcela nefunkční a samovolná renaturace pozemku dospěla k přírodě blízkému charakteru mokřadu nebo mokré, periodicky zaplavované nivy a neliší se od podobných příbřežních luk např. v nivě Lužního potoka nebo Bystřiny, kde byly drenáže budovány v menší míře. Pozemky neleží v obhospodařovaných půdních blocích a je zjevné, že zde neprobíhá žádný management.



Obrázek 5. Periodicky zaplavovaná niva Rokytnice pod Dolíškou a pod významným pravostranným přítokem, vzniklá v místě nefunkčního drenážního systému v louce v povodí Rokytnice

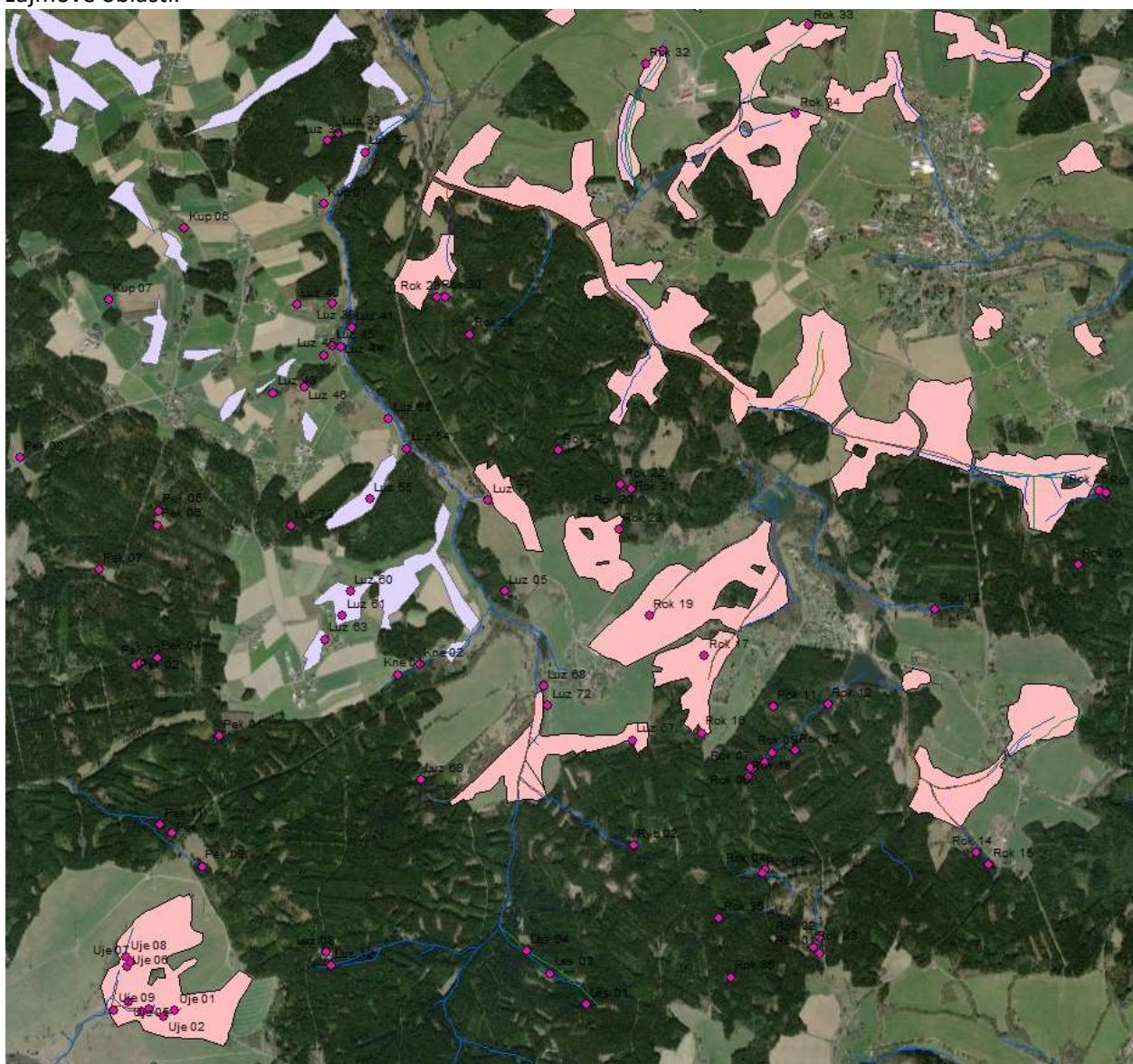
Doporučení:

Doporučujeme zachovat současný stav, případně provádět občasný výřez dřevin, zejména jehličnanů, aby byl udržován otevřený charakter pozemku. Samovolnou obnovu příbřežní vegetace v podobě vrb, olší a dalších pro luhy typických stromů a keřů naopak považujeme za přínos. Důležité bude administrativně zajistit, aby poškozená drenáž (tedy vodohospodářská stavba) nebyla v budoucnu obnovena.

Plochy	P24, P29, P33, P36
--------	--------------------

Sekundární prameniště ve vyústění nebo v místech poškození drenážních systémů

Přibližně 1/3 všech pramenišť, vymapovaných v letech 2020-22, se objevuje v plochách, odvodněných systematickými drenážemi (viz výřez mapy a elektronická příloha – shp vrstvy pramenišť a odvodněných ploch). Jde tedy o druhotně vzniklá prameniště, která mohou v krajině plnit stejnou funkci jako prameniště přirozená, i když mohou mít oproti nim určité nedostatky. Může jít například o větší kolísání teploty v průběhu roku, horší a proměnlivější kvalitu vody nebo nestabilitu samotného vývěru, který se vlivem ucpávání a dalších změn uvnitř různě poškozených drenážních trubek může stěhovat z místa na místo. V pramenné oblasti s narušeným vodním režimem jsou ale i přesto tyto biotopy důležitými body heterogenní struktury krajiny, slouží jako refugium pro temporární druhy makrozoobentosu a dalších živočichů a zvyšují biodiverzitu zájmové oblasti.



Obrázek 6. Překryv pramenišť, zmapovaných v letech 2020 – 22 v zájmovém území s mapou ploch, odvodněných během systematických meliorací ve 2. polovině 20. století (zdroj VÚMOP a WWA Hof)

Ve všech případech se jedná o prameniště v otevřené krajině – na loukách, pastvinách nebo na neudržovaných bezlesých biotopech, které byly v době provádění meliorací (1964 – 1980) trvalými travními porosty. Správný management těchto ploch je důležitý i z toho důvodu, že pro zájmové

druhy v tomto území jsou prameniště v otevřené krajině na rozdíl od lesních pramenišť vhodným biotopem nebo významným zdrojem (např. detritu).

Poškození nebo ucpání drenážních trubek vedlo na zmapovaných plochách k tomu, že drenážní voda vystupuje na povrch buď v horní části odvodňené plochy (v případě, že odvodňovací systém je již zcela nefunkční) nebo ve spádnicí, v terénní sníženině, nebo v jiném místě, kudy drenážní trubky vedou (tedy horní část drenážního systému ještě funguje, dolní část blíže k recipientu je již nefunkční), což je většina případů.



Obrázek 7. Otevřená šachta drenážního systému v povodí Rokytnice na jaře 2022. Drenážní voda vyvěrá v místě poškození trubky a vytváří druhotné prameniště v terénní sníženině, kudy vedla pravděpodobně v minulosti stružka z původního pramene. Horní část drenážního systému je funkční.

Doporučení:

Často je zachování původního stavu (poškozená drenáž) nejlepší management, bez dalších výdajů dochází k samovolné renaturaci. Rozvoji mokřadní vegetace a společenstva vodních bezobratlých lze napomoci např. vysekáním některých nevhodných dřevin, posekáním 1x ročně nebo vypasením 1x ročně nebo 1x za několik let (otevřené, málo zastíněné habitaty a habitaty s mozaikovitými ploškami opadavých stromů a keřů mají vyšší biodiverzitu vodních bezobratlých než prameniště v kyselých smrkových lesích). V pastvinách je důležité vyplocení nebo jiné zamezení vstupu dobytka přímo do vývěru, v intenzivních sekaných loukách nehnojení okolo vývěru a nad ním. Stejně jako v předchozím případě je důležité je administrativně zajistit, aby poškozená drenáž nebyla v budoucnu obnovena. Na některých lokalitách je drenáž poškozena jen v dolní části a prioritou je odvodňovací systém zcela odstranit, například proto, aby plocha mokřadu byla větší. Tento přístup je popsán v následující kapitole.

Plochy	P01, P02, P03, P18, P19 (část), P26, P27, P30 (část), P40, P41 (část)
--------	---



Obrázek 8. Vyplocení sekundárního prameniště Rok 19 a celé podmáčené plochy v dolní části pastviny pod zemědělským družstvem

Funkční odvodňovací systémy

Na některých místech zájmového území na české i německé straně jsou části 40-60 let starých drenážních systémů stále funkční, v některých případech i udržované nebo obnovované. Odstraňování odvodňovacích systémů v zemědělské krajině je kontroverzní otázkou, v chráněných územích nebo v povodích bezprostředně sousedících s těmito územími by však měl převážet zájem ochrany přírody (Jongepierová a kol. 2018). V pramenných oblastech je zase kvalita pitné vody a přínos zadržení vody v krajině vyšší než přínos zachování zemědělské půdy na pozemcích, které by jinak byly přirozeně podmáčené. Existují případy, kdy odvodnění má stále svůj smysl, např. v okolí významných nebo v nedávné minulosti rekonstruovaných liniových staveb jsou často drenáže zachovány, aby nedocházelo k poškození staveb. Nicméně ačkoliv odstranění systematického odvodnění je na mnoha místech v pramenných oblastech žádoucí, naráží na řadu administrativních i praktických překážek, provází ho složité majetko-právní vztahy, je finančně nákladné a vyžaduje projektování a spolupráci několika zúčastněných stran.

Zájmové území Ašska s řadou chráněných druhů je právě taková pramenná oblast, kde systematické odvodnění zhoršilo retenci krajiny a zrychlilo odtok vody z pramenných mokřadů nebo tyto mokřady a podmáčené louky zcela zničilo, zhoršilo kvalitu vody v tocích a zásobení toků detritem. Pro obnovu a zachování biodiverzity je proto nutné přikročit k plošným revitalizacím a odstraňování drenáží, případně „chytrými“ opatřeními jejich vliv eliminovat. V případě ohrožených, na vodu vázaných druhů je známo, že aby byla ochrana účinná, je potřeba chránit celé povodí a každý drobný krok k obnově přirozeného vodního režimu v dotčených povodích se počítá,

i když je od cílového vodního toku zdánlivě daleko. Mnoho drobných i větších revitalizací a změn hospodaření k lepšímu již proběhlo od vyhlášení maloplošných chráněných území na obou stranách hranice v 80. a 90. letech 20. století (Bílý a kol. 2008), nejnověji revitalizace narovnaného a zahloubeného úseku Lužního potoka u Pastvin (Holub 2020). Většinou se bohužel revitalizační akce týkají pouze toků, a prameniště a drobné vlasečnicové stružky z různých, hlavně majetko-právních důvodů opomíjí. Doporučujeme však pro příště při plánování takových akcí, pokud je to jen trochu možné, důsledně zahrnout všechna prameniště do revitalizace.



Obrázek 9. Šachta podpovrchového hlavního odvodňovacího systému, povodí Lužního potoka

Doporučení:

Na základě individuálního posouzení je možné na navrhovaných pozemcích ve spolupráci s hospodáři provést revitalizace povrchových hlavních odvodňovacích zařízení, tedy drobných toků, které byly v minulosti zahloubeny, narovnané a často i vydlážděny, a do kterých byla zaústěna pera podpovrchových drenáží. Jde o nejjednodušší způsob odstranění drenáže, což u podpovrchových systémů, které převažují, bohužel nelze provést, navíc zkušenosti s odstraňováním plošného odvodnění jsou malé. Některá doporučení směřují k tomu, drenážní trubky zcela odstranit, protože lokální přerušení, ucpání nebo zavezení šachet zeminou může vést k zamokření v jiném rozsahu, než bylo plánováno (Zajíček 2021). Díky úplnému odstranění systematického odvodnění také obnovená prameniště nebudou náchylná ke „stěhování“ a budou tak stabilnější. V opačném smyslu vyznívají doporučení vyřazovat odvodňovací detaily z funkce tzv. „tamponování“ v šachtách nebo přerušování drénů příčně vedenými výkopy, které se pak zasypou méně propustnými materiály (Just 2005). Další možností je převést odvodňovací stavby na systémy s regulací odtoku a řízením úrovně hladiny podzemní vody, které umožňují v případě nízkých srážkových úhrnů drenážní odtok zastavit a nechat vodu vsakovat (Zajíček 2021).

Na několika lokalitách na německé straně hranice je možné nechat se inspirovat kombinovanými systémy, kde v horních částech pozemku (např. sekaná louka) je drenáž zachována, zatímco ve spodní části blízko vtoku do recipientu byla odstraněna a zaústěna do tůně, rybníčku nebo uměle zbudovaného mokřadu, odkud teprve vede stružka do toku. Zpomalí se tak odtok, vlivem biologické činnosti se zlepší kvalita odtékající vody, a zároveň hospodáři zůstane suchý pozemek pro zemědělské využití, viz také Fučík a kol. (2021).

Plochy	P20, P22, P25, P28, P30 (část), P31, P32 (?), P34, P35, P37, P39
--------	--



Obrázek 10. Rybníček, vybudovaný v zaústění drenážního systému nad vtokem do Rokytnice

Povrchové lesní odvodňovací rýhy

Mimo systematické drenáže, zanesené v informačním systému melioračních staveb, lze v zájmovém území na několika místech najít také lesní povrchové odvodnění. Zpravidla jde o jednoduchým způsobem vykopané rýhy, vedoucí z drobných lesních prameništ k nejbližšímu vlasečnicovému toku, případně jsou zaústěny do další rýhy a vzniká tak síť odvodňovacích struh, která je více či méně funkční. Některé strouhy odvádějí vodu celoročně, některé po část roku a některé jsou vyschlé zcela. Místy jsme mohli pozorovat vyschlé strouhy na lokalitách zmapovaných jako prameniště v roce 2008, „nový“ pramen se pak nachází pár metrů či desítek metrů odtud. To může souviset s poklesem hladiny podzemní vody, ale v roce 2021 provedená hydrogeologická studie tento předpoklad jednoznačně neprokázala. Rýhy odvádějí vodu z prameništ velmi rychle do vodotečí, což přispívá v letech s podprůměrnými srážkovými úhrny k vysychání těchto pramenných mokřadů a následně i drobných vodních toků. V letech s průměrnými nebo nadprůměrnými srážkovými úhrny může zrychlený odtok vody z lesů přispět ke vzniku bleskové povodně nebo vést ke vzniku strží a dalších erozních jevů. Vzhledem k tomu, že jde o pramennou oblast, je žádoucí podpořit zde zachování a obnovu pramenných mokřadů. Na některých lesních pozemcích je síť odvodňovacích rýh velmi hustá, např. v nejvyšší části Lužního potoka nebo na levostranném přítoku Rokytnice, ústícího do Nového rybníka u Studánky. Nutno dodat, že některé lesní rýhy vedou horizontálně a mohou naopak při deštích fungovat jako tzv. „svejly“ které při srážkách vytvoří malou periodickou tůňku, ze které se voda postupně vypařuje a vsakuje.



Obrázek 11. Povrchová lesní strouha, odvádějící vodu do Rokytnice z několika drobných lesních



Obrázek 12. Uměle zahloubené a odvodněné lesní prameniště na začátku odvodňovací rýhy

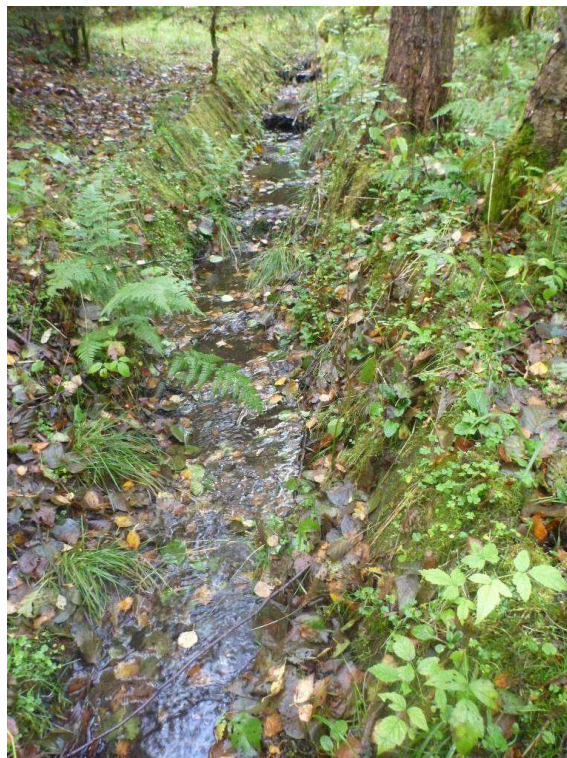
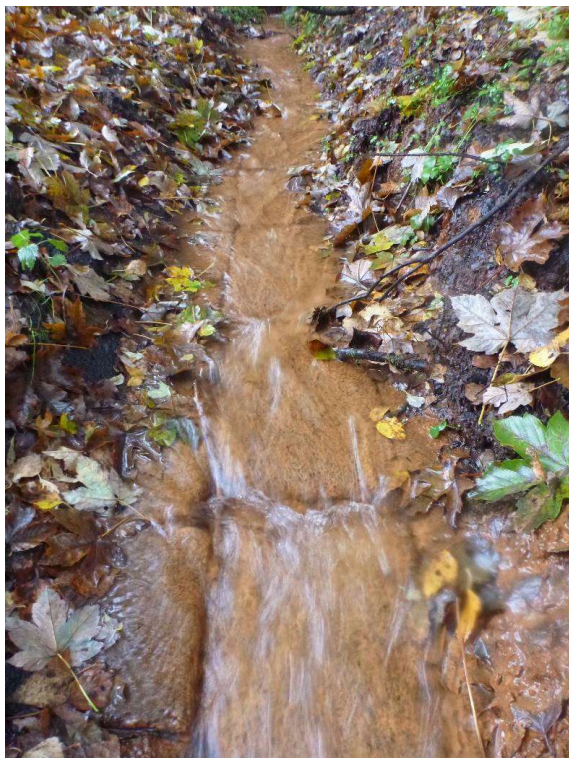
Doporučení:

Vzhledem k tomu, že rýhy obvykle leží na pozemcích obtížně dostupných pro lesní techniku, často mezi mnoha prameništi, nabízí se v součinnosti s lesním hospodářem tyto odvodňovací rýhy zahrnout zeminou nebo v některých úsecích přerušit přehrádkováním, a nechat část lesních pozemků v okolí pramenišť zamokřenou, k čemuž lze využít metodiku, popsanou v připravovaném Standardu péče o krajinu (Bufková a kol., in prep.), případně ji lze modifikovat pro nerašelinná prameniště. V případě, že se nejedná o umělé strouhy, ale o narovnané a zahloubené původní drobné vodní toky, lze doporučit revitalizaci těchto drobných toků. Z hlediska lesnické typologie jde obvykle o pozemky s chudšími typy lesních porostů, jako je oglejená chudá smrková jedlina modální, glejová smrková jedlina chudší apod. a zpomalení odtoku vody z těchto pozemků by na vhodných místech nenarušilo lesní hospodaření.

Plochy	Újezdský – pramen, Újezdský – PP1, Pekelský - 1. přítok PP1, Lužní – pramen, Lužní – Kyselý, Lužní - Lesní
--------	--

Regulované pramenné stružky

V některých částech zájmového území se kromě drobných lesních rýh setkáme s kompletní regulací vlasečnicových pramenných toků, včetně zahloubení, narovnání a opevnění betonovými prefabrikáty. Kromě všech problémů se zrychleným odtokem, které byly popsány výše, je v opevněných korytech omezena infiltrace srážek do podzemních vod a snížena biodiverzita prameništích i ostatních vodních a mokřadních společenstev. V zájmových povodích je to zejména pramenná oblast Újezského potoka, s regulací některých vlasečnicových přítoků se setkáme i na Rokytnici.



Obrázek 13., Obrázek 14. Narovnané, zahloubené a opevněné pramenné stružky v horní části Újezského potoka

Na některých místech bohužel dochází i dnes k budování nových rovných odvodňovacích stružek, např. v listopadu 2021 jsme zmapovali dvě nově vybagrované strouhy (viz *Obrázek 15 a 17*) v místech pramenišť, vymapovaných v roce 2008 (Spisar 2009). Pravděpodobně místním hospodářem došlo k poškození pramenišť a odvodnění části sekané louky (Ize vidět trubku). Přitom podle mapy drenovaných pozemků z WWA Hof se jedná o původně neodvodněný pozemek, opatření se tedy muselo realizovat nově. Doporučujeme prověřit a uvést zpět do přírodě blízkého stavu.

Doporučení:

V těchto místech doporučujeme kompletní revitalizaci vlasečnicové sítě – odstranění betonového opevnění, změlčení a rozvolnění koryta pro zpomalení povrchového odtoku a podporu vsakování. Revitalizaci je možné doplnit vybudováním drobných vodních prvků – tůní nebo rybníčků, které jsou a historicky byly běžnou součástí této krajiny, stejně jako obnovou mokřadů, které mohou být ve svažitém terénu buď napájeny prameny nebo budou samovolně vznikat přímo v místech vývěrů jako pramenné mokřady. Při revitalizacích a budování vodních prvků v pramenných oblastech perlorodkových povodí je důležité postupovat s maximální opatrností, zejména předcházet splachu jemných anorganických sedimentů a živin do toků a řídit se doporučeními Záchraného programu perlorodky říční (AOPK ČR 2013) a Metodiky podpory perlorodky říční (Simon a kol. 2018).

Plochy	P05, P07, P09, P10, P11, P13, P14, P16, P19 (část), P38
--------	---



Obrázek 15., Obrázek 16. Nově vybagrované odvodňovací strouhy v místech pramenišť Luz 32 a 33.

Rybníčky a tůně

Tůně, pramenné rybníčky i rybníčky na drobných tocích a jejich soustavy jsou typickým vodním prvkem česko-bavorsko-saského pohraničí. Nejspíše byly budovány jako součást hospodářství historicky kvůli chovu ryb, na německé straně jsou dodneška většinou v blízkosti statků. Na české straně, kde osídlení zaniklo, jsou tyto vodní prvky nyní často mimo osídlení, v lesích nebo na lesních okrajích. Zejména na české straně se některé z nich postupně zazemňují a zanikají.



Obrázek 17. Lesní tůň v povodí Rokytnice pod vrchem Smolnice. Dříve odlesněná enkláva, v okolí stopy osídlení.

Doporučení:

U hospodářsky využívaných rybníčků, kterých je však menšina a nacházejí se většinou na německém území, doporučujeme vzhledem k charakteru povodí a výskytu chráněných druhů málo intenzivní režim. U poškozených rybníčků v zemědělské krajině navrhuje zvážit jejich obnovu, např. opravou hráze nebo odstraněním sedimentu. V souladu s doporučeními UK u nevyužívaných rybníčků v lesích a na lesních okrajích nepovažujeme za užitečné bez individuálního posouzení obecně doporučit jejich obnovu s ohledem na současnou vysokou biodiverzitu různých stádií zazemňování, případně zrašelinění. Naopak jako součást doporučených komplexnějších revitalizačních akcí na tocích (Rokytnice, Újezdský potok) včetně obnovy jejich systematicky odvodněných pramenných oblastí se nabízí budování nových malých vodních prvků v intenzivně využívané zemědělské krajině. Nedoporučujeme ale budování/ obnovu pramenných tůní. Pramenný mokřad obvykle hostí vyšší biodiverzitu než tůň, funguje celoročně jako refugium mnoha druhů vodního hmyzu a obojživelníků. Tůně je vhodné v této oblasti obnovovat níže – až pod prameništi, aby nestrhávaly vodu z pramenů, ideálně v nivních polohách potoků. Přehled vymapovaných vodních prvků je uveden v samostatné tabulce.

2. Shrnutí hydrologické bilance krajiny Ašska

2.1. Vývoj odtokových poměrů od roku 1990 do současnosti

Metoda CN křivek

Metoda odtokových čísel CN se používá ke stanovení velikosti přímého odtoku z návrhové srážky na nepozorovaných povodích. V ČHMÚ se tato metoda využívá zejména při srážkoodtokovém modelování na malých povodích, resp. odvozování teoretických povodňových vln v profilech bez hydrologického pozorování.

Ke stanovení čísel CN je potřeba informace o hydropedologických vlastnostech půdního pokryvu (stanovení hydrologické skupiny půdy - HSP) a využití území (Land Cover). Datová sada Corine Land Cover (CLC) byla poprvé zveřejněna v roce 1990, dále o deset let později v roce 2000 a následně je vydávána v šestiletých cyklech, tedy v roce 2006, 2012 a 2018.

Hodnoty CN představují, na základě infiltračních schopností půdního povrchu, potenciální schopnost zadržet v půdě určité množství vody z návrhové srážky, která se nepodílí na přímém odtoku. Změny ve využití území, tak jak vychází z vydaných prostorových dat Corine v období 1990 až 2018 se samozřejmě promítají do změny hodnoty CN, čímž zcela přirozeně dochází také ke změně velikosti určeného přímého odtoku daného území. Do výpočtu čísel CN v ČHMÚ jsou zahrnuty retenční schopnost půd a sklonitost území jako důležité faktory ovlivňující přímý odtok vody z povodí.

Při stejné metodice odvození hodnot CN s využitím dat CLC z různých časových období lze identifikovat lokality s výraznou změnou odtokových poměrů ve vazbě na využití území a s tím související možné změny v hodnotách základních hydrologických údajů odvozovaných na základě fyzicko-geografických charakteristik povodí.

Hodnoty CN byly stanoveny s využitím aktualizovaných informací o hydrologických vlastnostech půd, tj. informací o retenční vodní kapacitě (RVK) a hydrologické skupině půdy (HSP), které dokončil Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (VÚMOP) v rámci řešení projektu QJ1520026 „Optimalizace využívání zemědělské půdy z pohledu podpory infiltrace a retence vody s dopady na predikci sucha a povodní v podmínkách České republiky“ v roce 2018. Data RVK a HSP byla před využitím pro odvození rastrů hodnot CN zkontrolována a opravena z hlediska topologické správnosti pomocí nástrojů v GIS a zároveň byly se zpracovateli dat opraveny nalezené duplicitní údaje.

Druhým nezbytným podkladem k odvození hodnot CN byly informace o využití území, které byly převzaty z databáze Evropské agentury pro ochranu životního prostředí programu Copernicus z družicových dat Sentinel. Informace o využití území byly zpracovány pro roky 1990, 2000, 2006, 2012 a 2018. Data jsou poskytována bezplatně pro území celé Evropy s prostorovým rozlišením rastru 100 m.

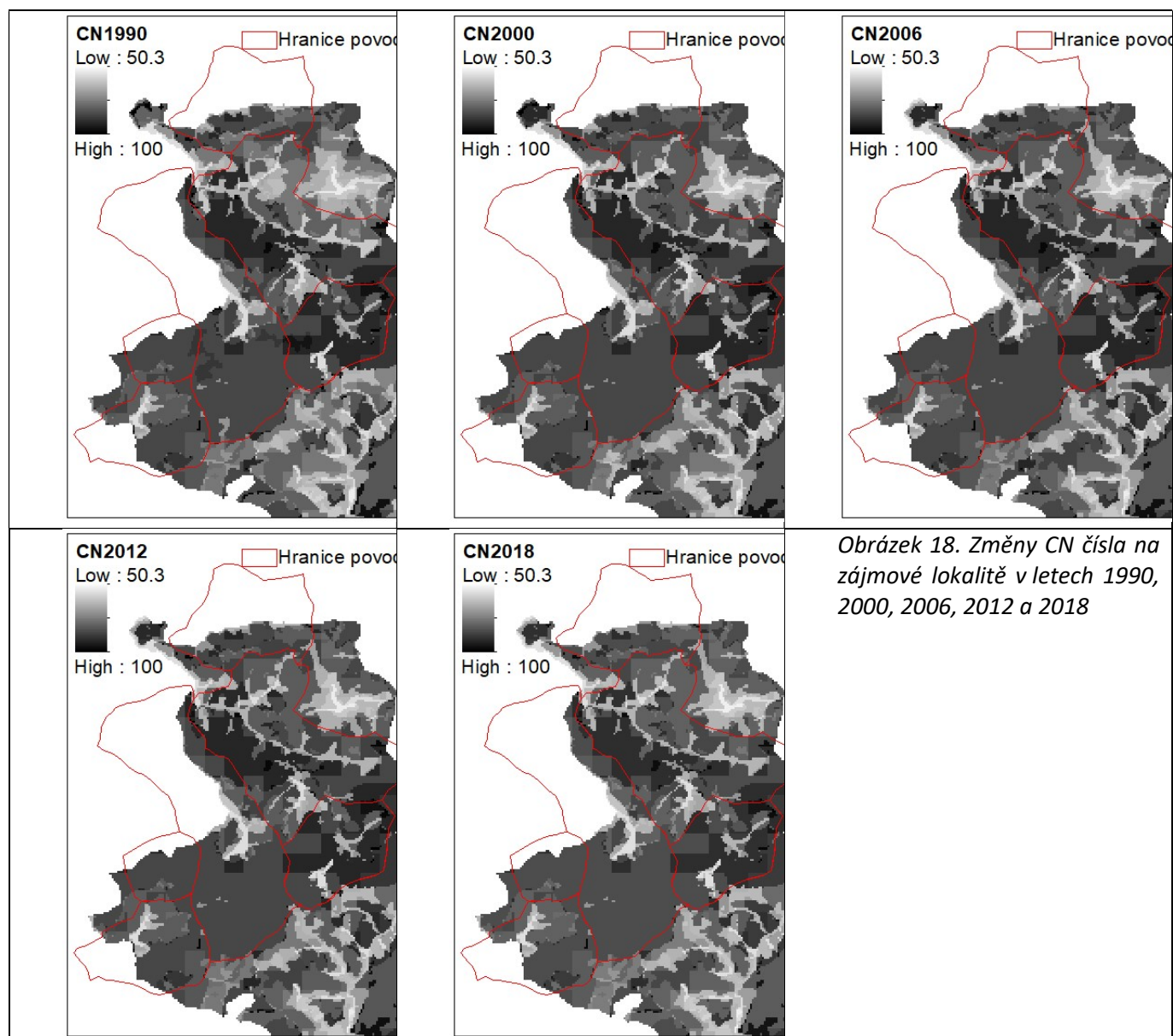
Třetím faktorem vstupujícím do výpočtu CN je sklonitost území. Předpokladem je skutečnost, že z území s větší sklonitostí odtéká ze stejné srážky povrchově či hypodermickým odtokem větší množství vody než ze stejného území v rovině, a tudíž i hodnota CN ve sklonitějším území by měla být větší než v rovině.

Hodnoty CN byly klasifikovány zvlášť podle HSP, zvlášť podle infiltrace (RVK), zvlášť podle sklonitosti daného čtverce, a následně z nich byl vypočítán průměr. Výsledné číslo CN v daném pixelu rastru je větší z hodnot CN, které vyšlo pouze podle infiltrace nebo to, které vyšlo ze spočítaného průměru.

Rastry s hodnotami CN byly odvozeny pro všechny roky, kdy byly publikovány informace o využití území Corine Land Cover. Rozlišení výsledných rastrů CN je 50 m.

Výsledky

Na základě analýzy změn hodnot odtokových čísel CN vyplývá (Obrázek 189), že od roku 1990 do současnosti (2018) nedošlo k výrazným změnám v průměrných hodnotách čísla CN. To je způsobeno zejména malými změnami ve způsobu využití pozemků. Zájmová lokalita měla v pozorovaném období podobný podíl zalesněnosti, podíl pastvin a zastavěnosti. Výsledné hodnoty čísla CN se pohybují v rozmezí 50 až 100. Hodnot 80-100 nabývá číslo CN na zalesněných pozemcích, kde je vysoký (až 100%) podíl vody zachycen půdním pokryvem. Nižších hodnot od 50 do 80 dosahuje naopak na pastvinách a zastavěných pozemcích.

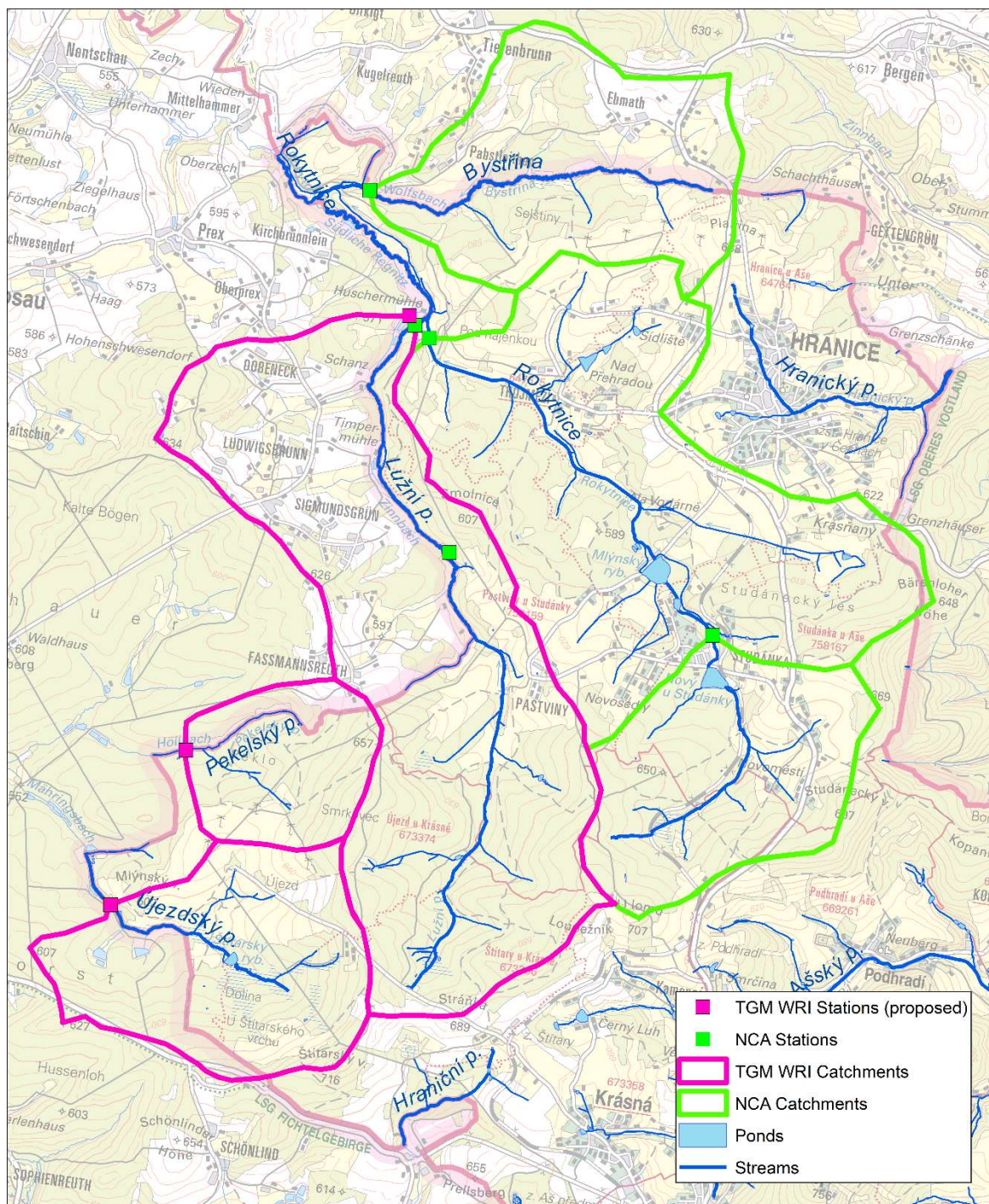


2.2. Modelování hydrologické bilance

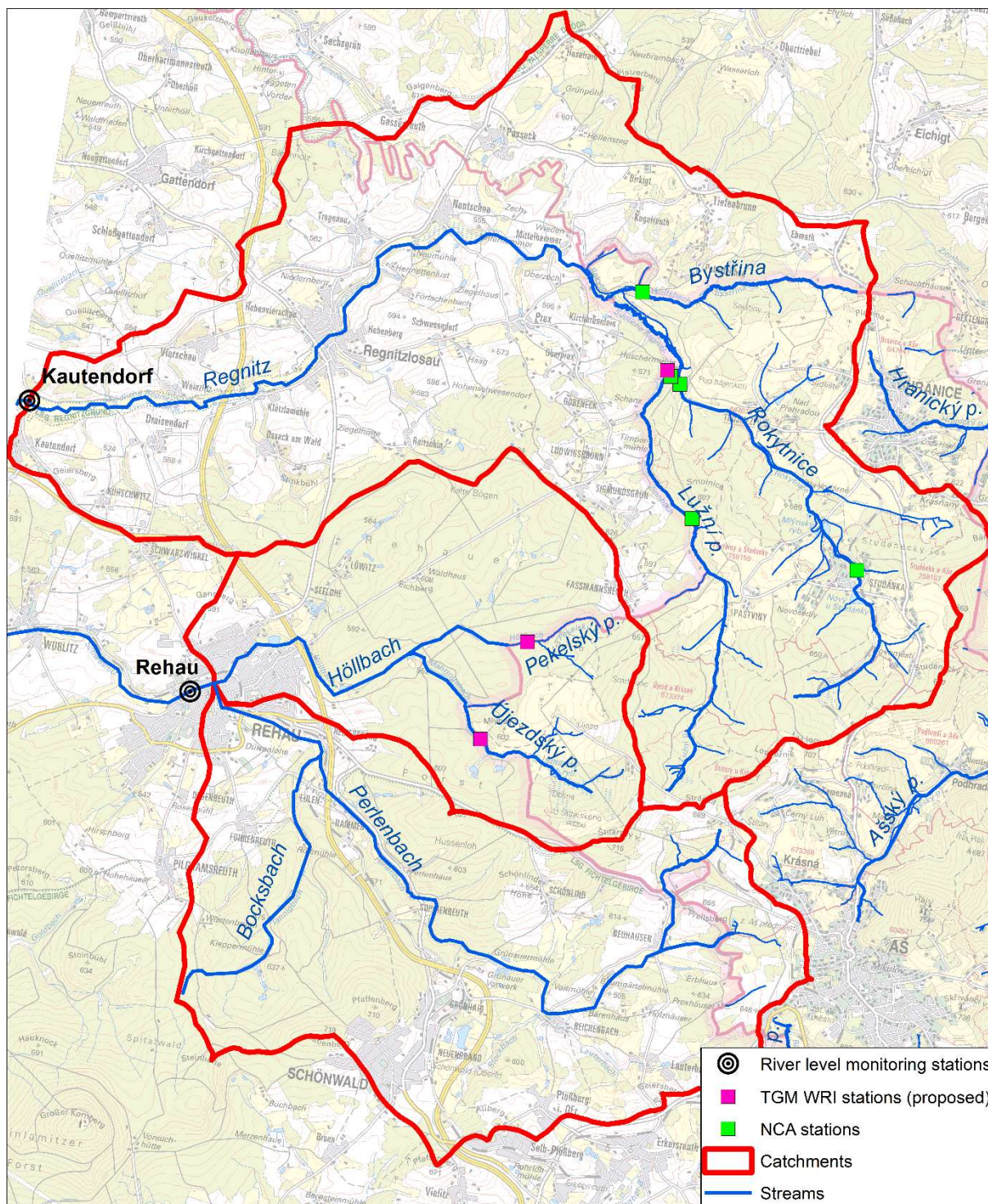
Data a metody

Průtok

Průtoková data byla získána jednak vlastním monitoringem vodních stavů vodoměrnými stanicemi, dále pak využitím vodoměrných stanic AOPK ČR, dále pak z vodoměrných stanic německé strany z webového portálu <https://www.gkd.bayern.de/>. Pro převedení vodních stavů na průtoky bylo v měrných profilech prováděno měření průtoků hydrometrováním (pozorované výšky hladin byly převedeny na průtoky pomocí sestavených konzumpčních křivek, což je vztah výšky hladiny na průtoku). Data byla agregována na denní krok a byla k dispozici od června 2020 do května 2022. Pro data ze stanic Rehau a Kautendorf byla k dispozici v denním kroku od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2021. Polohy vodoměrných stanic a povodí jsou níže (Obrázek 19, Obrázek 20). Fotografie z terénu jsou na Obr. 4-6. Plochy povodí jsou uvedeny v Tabulka 1.



Obrázek 19. Vodoměrné stanice VÚV TGM (TGM WRI Stations) a AOPK ČR (NCA Stations)



Obrázek 20. Vodoměrné stanice na německém území (Kautendorf a Rehnau) a stanice VÚV TGM (TGM WRI Stations) a AOPK ČR (NCA Stations)



Obrázek 21. Vodoměrná stanice Újezdský potok



Obrázek 22. Vodoměrná stanice Pekelský potok



Obrázek 23. Hydrometrování na Újezdském potoce

Tabulka 1 Pozorovaná povodí pro modelování hydrologické bilance

Povodí	Plocha [km ²]
Bystřina	6.61
Rokytnice	18.89
Lužní potok	15.15
Pekelský potok	2.74
Újezdský potok	5.71
Regnitz	92.45
Hollbach*	29.74
Perlenbach*	48.01

*Hollbach a Perlenbach byly modelovány společně s uzávěrovým profilem v Rehau, vzhledem k dostupnosti dat.

Srážky a teplota

Data srážek a teploty vzduchu byly odvozeny na základě vlastního pozorování meteorologickou stanicí (Obrázek 24) umístěnou u obce Pastviny, dále byla využita data z databáze Českého hydrometeorologického ústavu a data z webového portálu <https://www.gkd.bayern.de/>. Data

byla v denním kroku pro období pozorování odtoku z povodí (2020 – květen 2022). Pro německá povodí byla k dispozici v denním kroku od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2021.



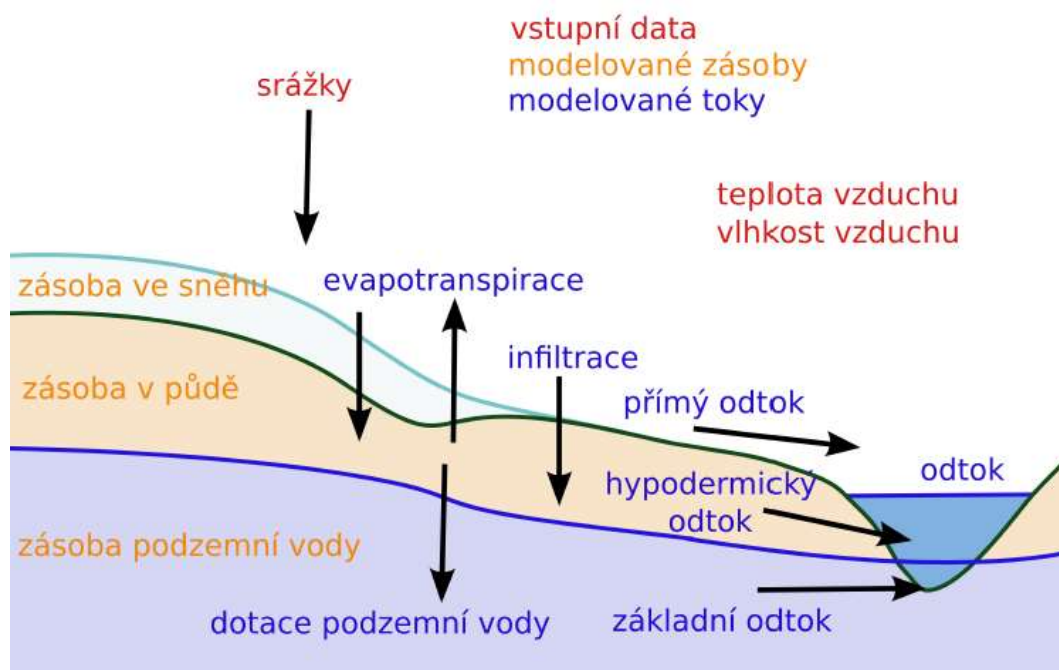
Obrázek 24. Meteorologická stanice u obce Pastviny

Model hydrologické bilance Bilan

K modelování hydrologické bilance byl využit konceptuální hydrologický model Bilan (Vizina a kol. 2015). Model Bilan simuluje pro dané povodí složky hydrologické bilance (Obrázek 25). Struktura modelu je dána vztahy, které popisují základní principy hydrologické bilance na povrchu, v půdní zóně, která je ovlivněna vegetačním pokryvem, a v zóně podzemní vody. Pro stanovení energetické bilance, která má na složky hydrologické bilance významný vliv, slouží teplota vzduchu. Časové rozlišení modelu je jeden den nebo jeden měsíc.

Vstupními daty pro výpočet hydrologické bilance jsou denní nebo měsíční řady srážek na povodí, teploty vzduchu a volitelně relativní vlhkosti vzduchu. Ke kalibraci parametrů modelu (prováděné optimalizačním algoritmem) jsou používány simulované a pozorované denní nebo měsíční řady odtoku z uzávěrového profilu povodí.

Model simuluje časové řady denní nebo měsíční potenciální evapotranspirace, územního výparu, infiltrace do půdy a dotace podzemní vody. Pro každý časový krok je také simulováno množství vody obsažené ve sněhové pokrývce, v půdě a v zásobě podzemní vody. Všechny tyto hydrologické veličiny se vztahují k celému povodí. Celkový odtok se skládá ze dvou nebo tří součástí, jimiž jsou přímý, hypodermický (pouze pro měsíční krok) a základní odtok. Schéma modelu je uvedeno níže.



Obrázek 25. Schéma hydrologického modelu Bilan

Model má šest (denní časový krok) nebo osm (měsíční časový krok) volných parametrů a k jejich kalibraci na pozorovaných povodích používá optimalizační algoritmus. Cílem optimalizace je dosáhnout co nejlepší shody mezi pozorovanými a simulovanými řadami odtoku. K dispozici je několik optimalizačních kritérií. K dispozici jsou dva optimalizační algoritmy, jeden lokální a jeden globální.

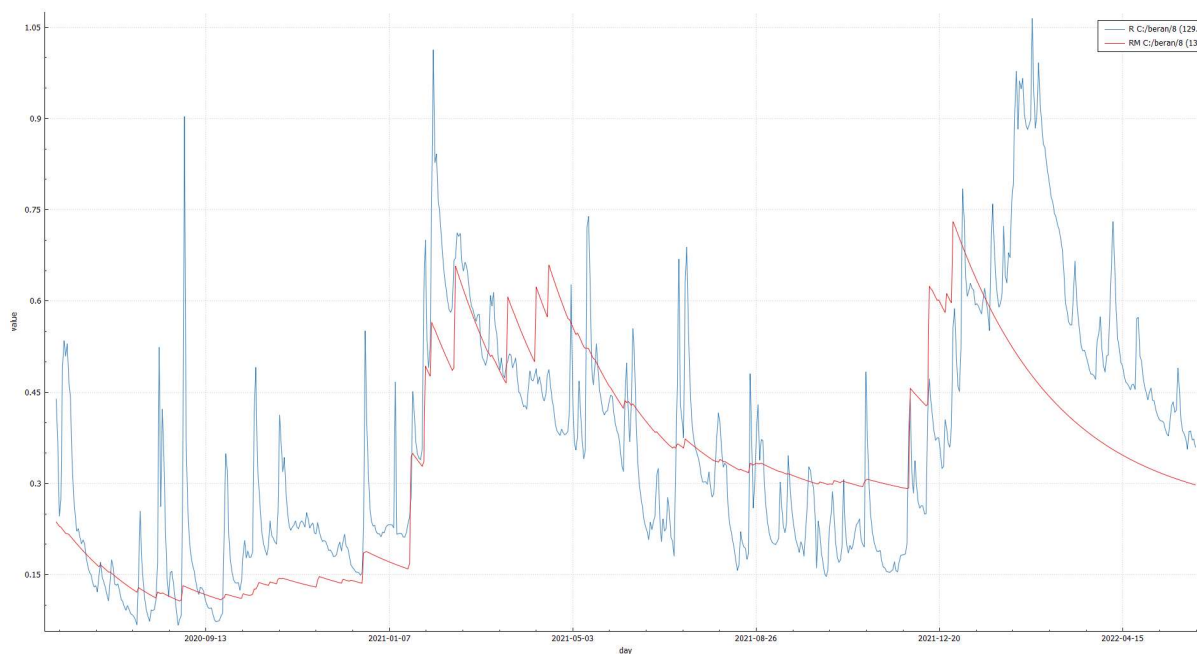
Výsledky

Výsledné hodnoty jednotlivých členů hydrologické bilance ukazují, že celkový srážkový úhrn na zájmové lokalitě byl na českém území 809 mm za dobu pozorování 11. 6. 2020 – 31. 5. 2022 a na německém území to bylo v letech 2015 až 2021 764 mm. Odtok z povodí se pohyboval v rozmezí od 257 mm do 345 mm. Rozdíl mezi srážkami činil od 464 mm do 507 mm, což odpovídalo evaporaci, která byla v rozmezí od 475 do 500 mm. Z výsledků je vidět deficit vody v pozdním létě (měsíce srpen až říjen), kdy téměř nedochází k dotaci podzemních vod, v těchto měsících je celkový odtok většinou tvořen pouze základním odtokem. Ke zvýšení průtoků dochází opět v zimě, kdy se dostupnost vody zvyšuje se snižující se teplotou vzduchu a zvyšujícími se srážkovými úhrny. Hodnoty jednotlivých členů hydrologické bilance jsou uvedeny v tabulkách níže (Tabulka 2 až Tabulka 8) a na obrázcích shody modelovaného a pozorovaného odtoku (Obrázek 26 až Obrázek 32).

Tabulka 2. Shrnutí hydrologické bilance Újezdského potoka

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	12.70	16.89	-4.19	1.32	9.50	1.19	2.93

12	45. 00	15. 94	29. 06	1.72	4.04	3.26	- 0.03
1	77. 90	22. 70	55. 20	3.94	2.95	22.05	- 2.47
2	56. 10	45. 42	10. 68	11.7 3	3.65	16.75	- 1.19
3	41. 40	38. 88	2.5 2	12.0 1	16.41	9.77	2.08
4	34. 10	31. 30	2.8 0	12.9 7	29.47	14.15	3.45
5	114 .40	34. 03	80. 37	10.4 0	63.93	0.41	8.22
6	115 .60	23. 00	92. 60	6.37	106.46	0.37	17.4 3
7	135 .50	26. 99	108 .51	4.10	98.71	0.00	15.9 5
8	114 .40	21. 53	92. 87	2.76	72.96	1.00	13.8 3
9	30. 30	17. 20	13. 10	1.80	54.45	0.01	13.3 6
10	31. 50	15. 92	15. 58	1.35	22.86	0.71	6.50
Suma/pr ůměr	808 .90	309 .79	499 .11	70.4 7	485.39	69.67	6.67

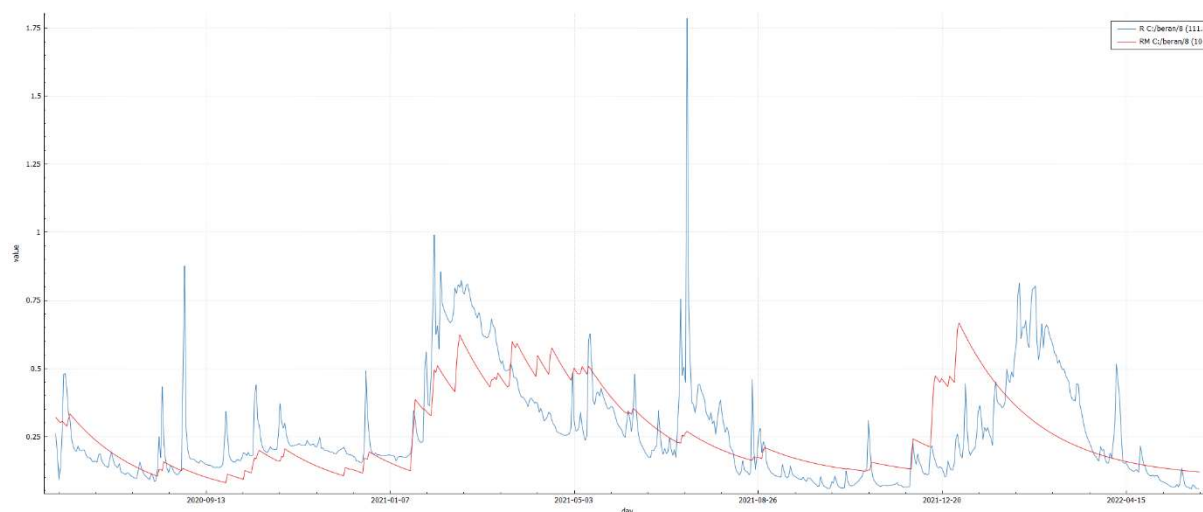


Obrázek 26. Pozorovaný (modře) a modelovaný (červeně) odtok z povodí Újezdského potoka (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 3 Shrnutí hydrologické bilance Pekelského potoka

	Srážky	Odtok	Srážky	Základní	Evapotranspirace	Dotace podze	Teplota
			-				

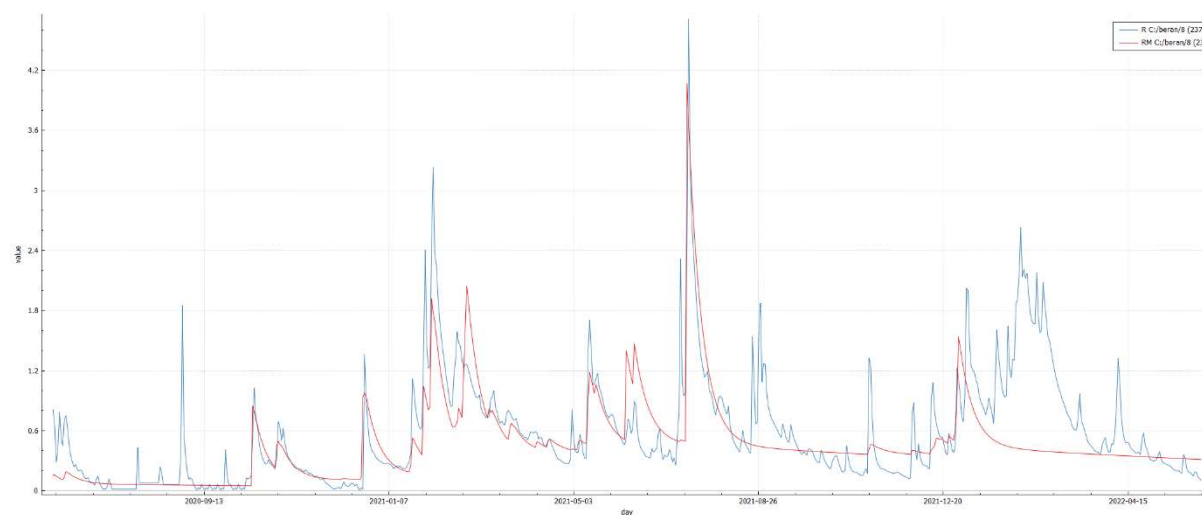
			Odt ok	odto k		mní vody	vzdu chu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	12. 70	14. 08	- 1.3 8	4.07	9.50	1.58	2.93
12	45. 00	18. 18	26. 82	3.49	4.04	5.53	- 0.03
1	77. 90	20. 46	57. 44	5.62	2.95	12.56	- 2.47
2	56. 10	58. 66	- 2.5 6	12.4 4	3.65	20.98	- 1.19
3	41. 40	50. 98	- 9.5 8	13.5 8	16.41	14.65	2.08
4	34. 10	28. 04	6.0 6	13.7 5	29.47	9.47	3.45
5	114 .40	32. 64	81. 76	12.0 5	63.93	6.88	8.22
6	115 .60	21. 84	93. 76	7.15	106.46	1.70	17.4 3
7	135 .50	37. 19	98. 31	4.83	98.71	2.26	15.9 5
8	114 .40	19. 21	95. 19	2.93	72.96	2.62	13.8 3
9	30. 30	9.4 0	20. 90	2.54	54.45	0.00	13.3 6
10	31. 50	6.9 5	24. 55	1.38	22.86	0.09	6.50
Suma/pr ůměr	808 .90	317 .62	491 .28	83.8 3	485.39	78.32	6.67



Obrázek 27. Pozorovaný (modře) a modelovaný (červeně) odtok z povodí Pekelského potoka (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 4. Shrnutí hydrologické bilance Lužního potoka

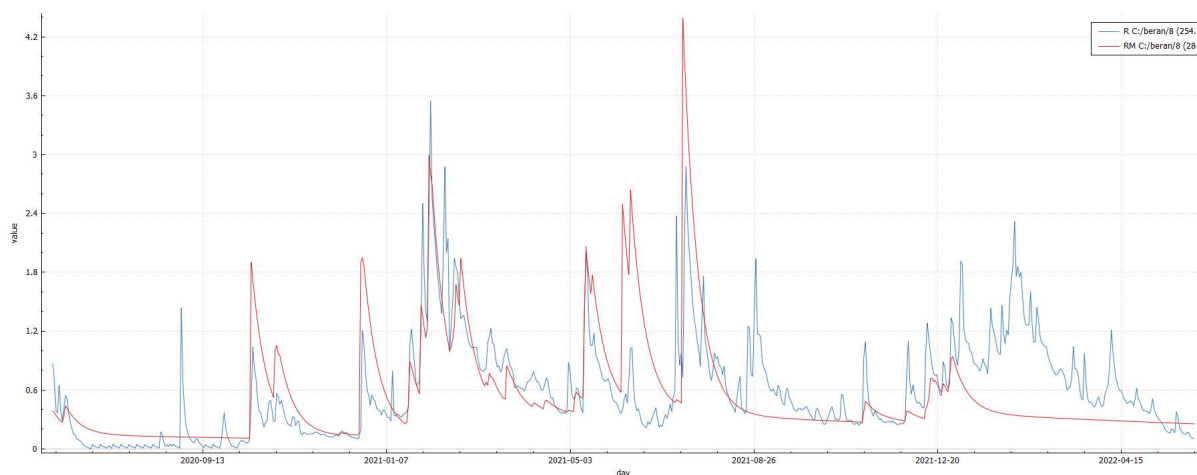
	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	12.70	13.38	-0.68	3.35	9.50	3.43	2.93
12	45.00	16.96	28.04	3.79	4.04	25.68	-0.03
1	77.90	18.86	59.04	5.07	2.95	21.62	-2.47
2	56.10	39.47	16.63	7.16	3.65	70.95	-1.19
3	41.40	30.95	10.45	11.14	16.41	28.21	2.08
4	34.10	20.96	13.14	11.52	29.47	10.89	3.45
5	114.40	28.50	85.90	13.11	63.93	37.35	8.22
6	115.60	33.47	82.13	13.92	106.46	23.54	17.43
7	135.50	51.03	84.47	14.24	98.71	10.39	15.95
8	114.40	23.96	90.44	13.53	72.96	0.09	13.83
9	30.30	19.29	11.01	12.20	54.45	0.00	13.36
10	31.50	18.75	12.75	11.75	22.86	0.00	6.50
Suma/průměr	808.90	315.58	493.32	120.78	485.39	232.15	6.67



Obrázek 28. Pozorovaný (modře) a modelovaný (červeně) odtok z povodí Lužního potoka (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 5 Shrnutí hydrologické bilance Rokytnice

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	12.70	13.08	-0.38	4.03	9.50	3.03	2.93
12	45.00	19.89	25.11	4.20	4.04	13.61	-0.03
1	77.90	20.92	56.98	4.93	2.95	22.96	-2.47
2	56.10	50.93	5.17	7.10	5.39	55.42	-1.19
3	41.40	24.99	16.41	9.87	18.30	21.11	2.08
4	34.10	14.94	19.16	10.12	29.46	10.79	3.45
5	114.40	33.57	80.83	11.25	63.92	24.71	8.22
6	115.60	45.08	70.52	11.01	106.38	6.33	17.43
7	135.50	52.48	83.02	10.88	98.64	3.23	15.95
8	114.40	16.95	97.45	10.17	72.88	0.23	13.83
9	30.30	10.31	19.99	9.17	54.42	0.00	13.36
10	31.50	9.71	21.79	8.82	22.84	0.00	6.50
Suma/průměr	808.90	312.84	496.06	101.54	488.72	161.40	6.67

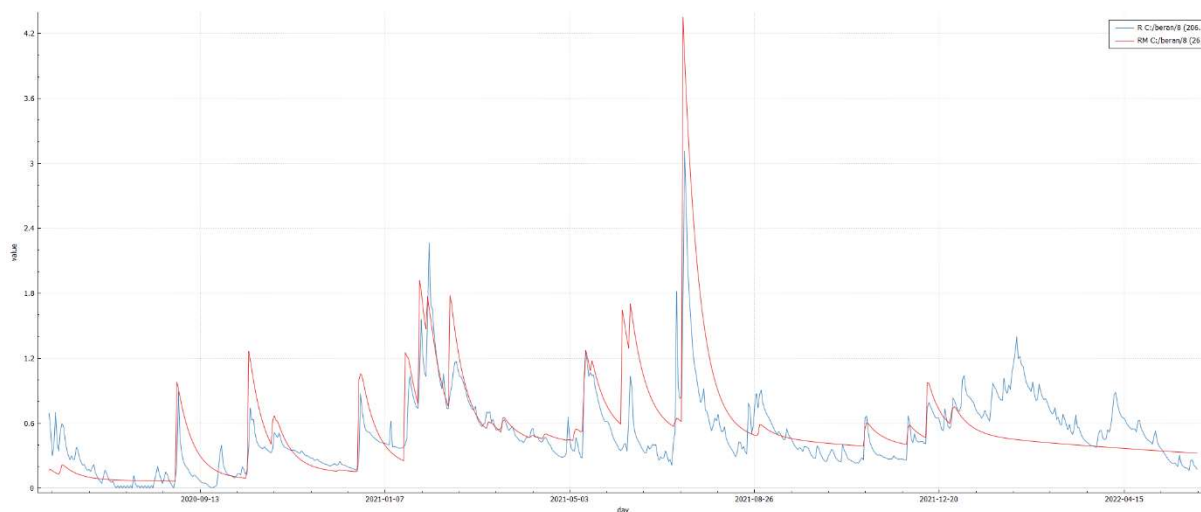


Obrázek 29 Pozorovaný (modře) a modelovaný (červeně) odtok z povodí Rokytnice (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 6. Shrnutí hydrologické bilance Bystřiny

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	m m	m m	m m	mm	mm	mm	°C
11	12. 70	12. 08	0.6 2	4.69	9.43	3.37	2.93
12	45. 00	15. 54	29. 46	5.10	4.04	24.11	- 0.03
1	77. 90	28. 38	49. 52	6.99	2.95	52.32	- 2.47
2	56. 10	45. 42	10. 68	10.7 7	8.36	41.10	- 1.19
3	41. 40	24. 77	16. 63	13.0 2	19.65	20.68	2.08
4	34. 10	18. 63	15. 47	12.9 9	31.05	10.71	3.45
5	114 .40	31. 37	83. 03	14.5 9	63.40	35.16	8.22
6	115 .60	41. 09	74. 51	15.2 6	100.80	20.97	17.4 3
7	135 .50	66. 27	69. 23	15.4 1	93.69	8.48	15.9 5
8	114 .40	26. 30	88. 10	14.3 6	68.15	7.94	13.8 3
9	30. 30	18. 81	11. 49	13.3 7	51.94	0.00	13.3 6
10	31. 50	16. 57	14. 93	12.6 9	21.74	0.00	6.50

Suma/pr ůměr	808 .90	345 .25	463 .65	139. 23	475.18	224.84	6.67
-----------------	------------	------------	------------	------------	--------	--------	------

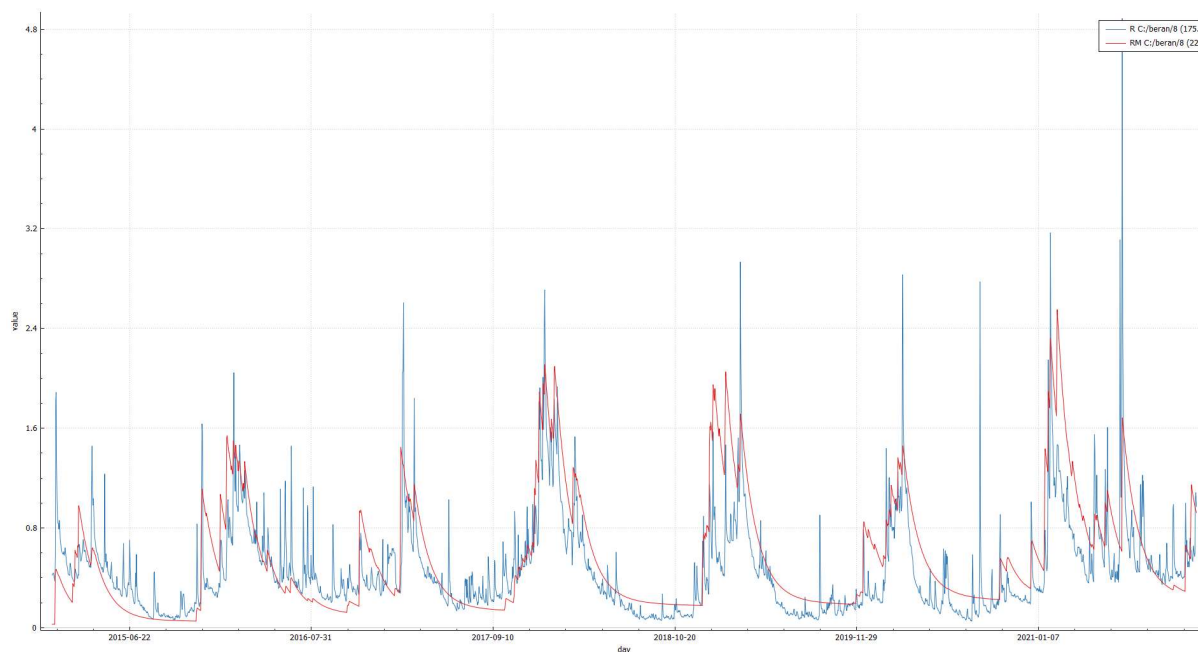


Obrázek 30 Pozorovaný (modře) a modelovaný (červeně) odtok z povodí Bystřiny (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 7. Shrnutí hydrologické bilance povodí Regnitz (Kautendorf)

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	49.78	13.07	36.72	4.70	9.48	15.47	3.08
12	60.88	23.54	37.35	5.07	5.01	17.69	0.73
1	71.95	34.35	37.60	5.28	4.03	15.61	-1.68
2	53.32	40.94	12.37	5.04	8.14	20.49	-0.16
3	56.48	39.58	16.90	5.85	21.00	25.96	2.65
4	31.38	24.68	6.70	5.76	43.95	2.60	7.35
5	65.77	17.64	48.13	5.93	69.76	5.25	11.03
6	87.58	14.87	72.72	5.74	94.65	6.22	16.60
7	83.45	14.80	68.65	5.88	86.07	1.21	16.99
8	83.52	12.55	70.96	5.80	71.49	0.80	16.76
9	56.83	10.08	46.76	5.52	45.93	0.00	12.91
10	62.85	10.78	52.07	5.68	24.22	12.15	7.73

Suma/pr ůměr	763 .80	256 .88	506 .92	66.2 3	483.73	123.4 4	7.83

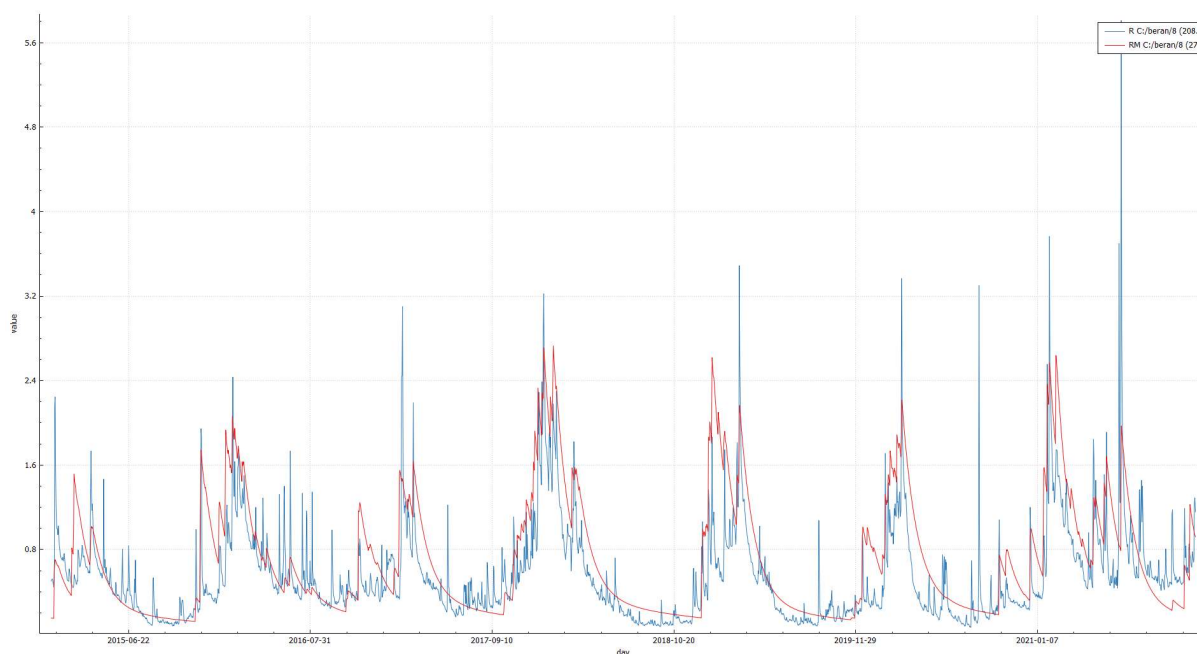


Obrázek 31. Pozorovaný (modře) a modelovaný (červeně) odtok z povodí Regnitz (Kautendorf) (1. 1. 2015 – 31. 12. 2021)

Tabulka 8 Shrnutí hydrologické bilance povodí Hollbach (Rehau)

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	49.78	14.47	35.31	5.64	9.53	10.76	3.08
12	60.88	27.60	33.28	6.38	5.04	12.64	0.73
1	71.95	39.67	32.28	6.94	4.12	10.89	- 1.68
2	53.32	45.67	7.64	6.94	8.26	16.26	- 0.16
3	56.48	44.70	11.78	8.58	21.11	17.77	2.65
4	31.38	26.70	4.68	8.26	43.96	2.38	7.35
5	65.77	18.41	47.36	8.08	69.78	2.86	11.03
6	87.58	15.95	71.63	7.37	94.69	2.88	16.60
7	83.45	14.45	69.00	7.08	86.13	1.04	16.99

8	83. 52	10. 82	72. 70	6.55	71.54	0.61	16.7 6
9	56. 83	7.4 1	49. 43	5.79	45.94	0.00	12.9 1
10	62. 85	8.9 9	53. 86	5.69	24.22	7.94	7.73
Suma/pr ůměr	763 .80	274 .83	488 .97	83.3 0	484.32	86.02	7.83

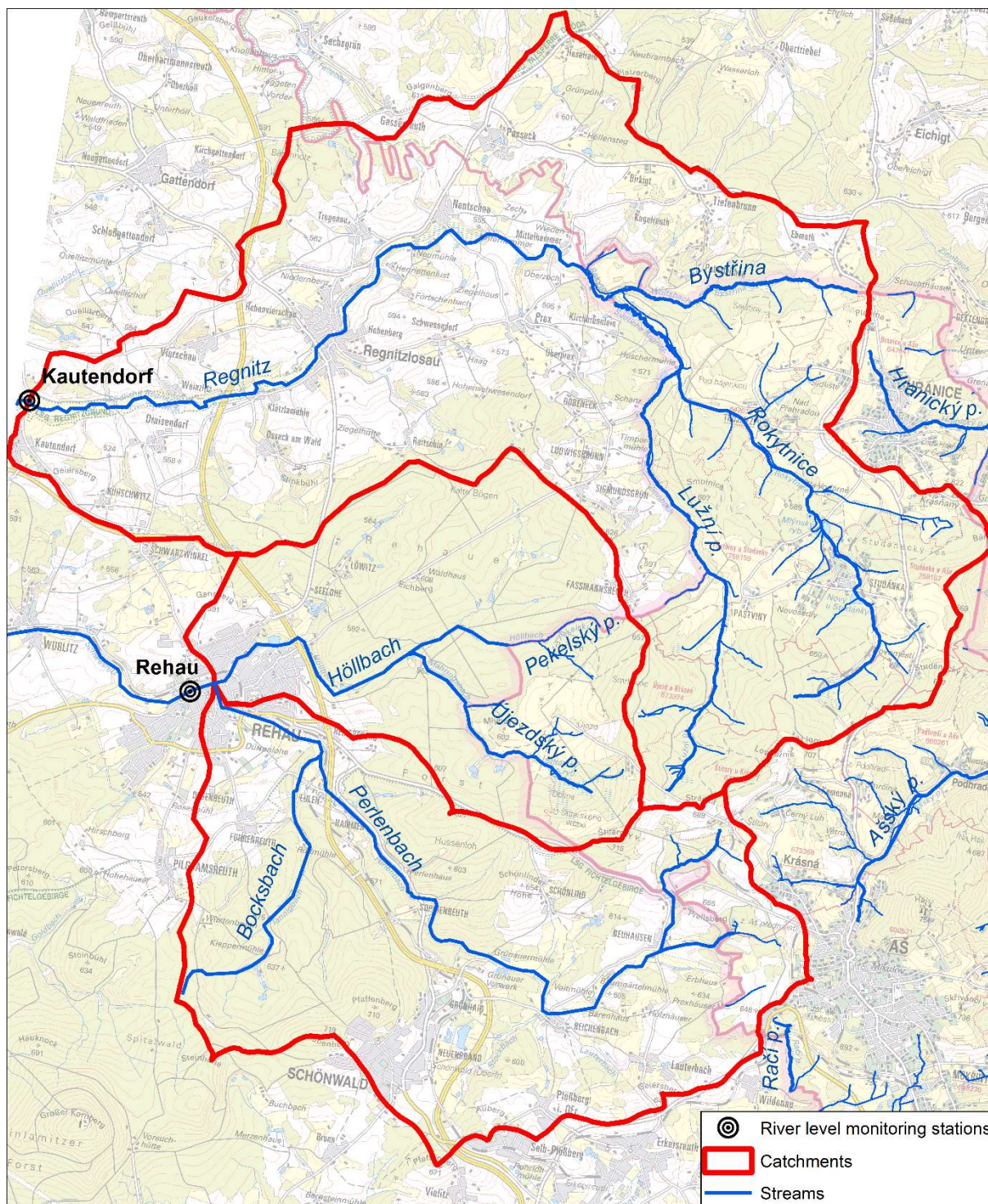


Obrázek 32. Pozorovaný (modře) a modelovaný (červeně) odtok z povodí Hollbach (Rehau) (1. 1. 2015 – 31. 12. 2021)

2.3. Změny hydrologických veličin ve výhledových časových horizontech

Zájmové území

Zájmové území pro modelování změn ve členech hydrologické bilance vlivem klimatické změny pokrývá celé zájmové území českých a bavorských povodí, jak je znázorněno níže na mapě (Obrázek 33).



Obrázek 33. Zájmové území pro modelování změn členů hydrologické bilance

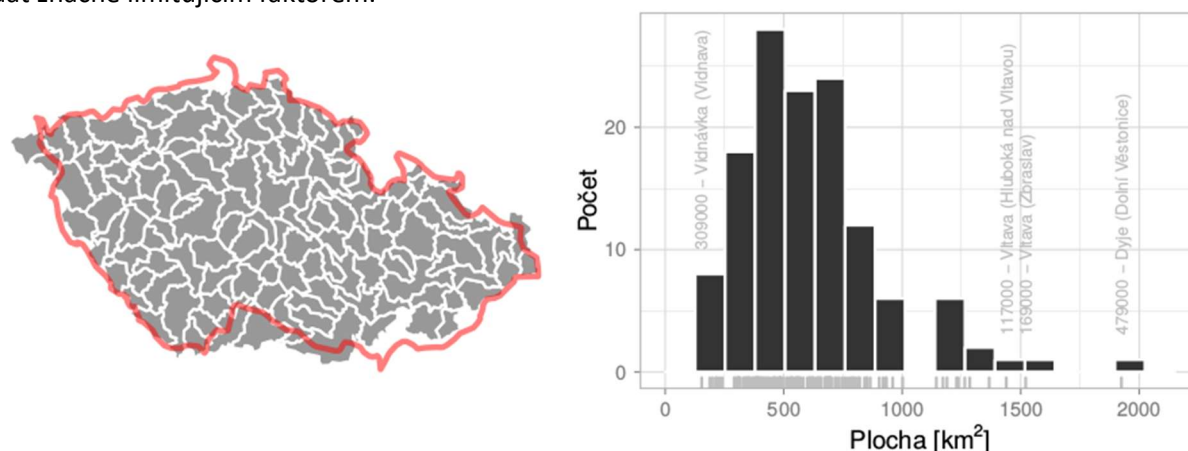
Data a metody

Pro modelování dopadů změny klimatu bylo využito několika souborů dat, která jsou popsána níže. Pro tvorbu hydrologického modelu na vybraných povodích to byla data pozorovaná. Ta se uplatnila i při tvorbě scénářů klimatické změny, které vycházely ze simulací provedených v rámci projektů ENSEMBLES.

Pozorovaná data a vybraná sada povodí

Za účelem posouzení změn hydrologické bilance bylo vybráno 130 povodí a mezipovodí víceméně pokrývajících Českou republiku (Obrázek 34). Při výběru bylo vycházeno z povodí 3. řádu.

V závislosti na dostupnosti pozorovaných řad byly hranice jednotlivých povodí a mezipovodí optimalizovány tak, aby zájmové jednotky měly řádově stejnou velikost, a aby existovala pozorovaná data odtoků pro kalibraci hydrologického modelu Bilan. Zejména při výpočtu odtoku z mezipovodí, kde se odtok odvozuje z rozdílů odtoků jednotlivých dílčích povodí, byla dostupnost dat značně limitujícím faktorem.



Obrázek 34. Vybraná sada povodí (vlevo) a jejich rozloha (vpravo).

Kromě měsíčních odtokových řad byly pro kalibraci hydrologického modelu Bilan dále použity měsíční časové řady srážek a teploty pro období 1961–2010. Tyto řady byly odvozeny z datasetu gridovaných srážek a teploty v rozlišení 25 km × 25 km (Štěpánek et al. 2011). Pro jednotlivá povodí byla interpolací Thiessenovými polygony spočítána průměrná srážka na povodí, ta byla následně korigována na základě vrstvy průměrných srážek (stejně období, rozlišení 1 km × 1 km) tak, aby průměr srážek pro povodí byl stejný. Podobu byla korigována i teplota – průměrná teplota na povodí z gridované vrstvy byla opravena na základě rozdílu v nadmořské výšce odvozené z gridované vrstvy a z digitálního modelu terénu, přičemž byl uvažován gradient teploty 0.65 °C/100 m. Gridovaná datová sada (v denním kroku) byla využita i pro tvorbu scénářů změny klimatu pomocí korekce systematických chyb i pokročilé přírůstkové metody.

Regionální klimatické modely z projektu ENSEMBLES

Projekt ENSEMBLES (Hewitt a Griggs 2004) byl významným projektem financovaným z programu EU FP7, na němž participovaly desítky zejména evropských institucí. V rámci projektu byla provedena řada simulací globálních a regionálních klimatických modelů, většinou pro Evropu, ale i pro západní Afriku. Simulace regionálních klimatických modelů jsou dostupné jednak jako čtyřicetileté časové řezy řízené reanalýzou ERA-40 a tzv. transientní simulace řízené globálními klimatickými modely pro období 1950–2050 nebo i 1950–2100. Data regionálních klimatických modelů jsou ke stažení na <http://ensemblesrt3.dmi.dk/>.

V této práci byly použity simulace řízené emisním scénářem SRES A1B (jiné emisní scénáře se v ENSEMBLES datech vyskytují velmi sporadicky) pokrývající období 1961–2099 s prostorovým rozlišením 25 km × 25 km. Uvažováno bylo 15 RCM simulací řízených 4 GCM modely (Tabulka 9). Nejvíce simulací bylo provedeno s modelem RCA. Zvláštní postavení v tomto souboru modelů mají HadRM simulace, jelikož se jedná o tři členy tzv. perturbed physics ensemble – tj. souboru, který vznikl systematickou obměnou parametrů modelu HadRM. Model HadRM_Q0 je model se standardním nastavením, HadRM_Q3 (HadRM_Q16) je model s nejnižší (nejvyšší) odezvou na radiční působení (Collins et al. 2006).

Součástí tohoto souboru modelů jsou i referenční scénáře změny klimatu, které byly identifikovány v rámci projektu TA02020320 „Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu“. Byly vybrány pro větší přehlednost problematiky a zjednodušují interpretovatelnost výsledků. Jedná se o typicky pesimistický scénář, typicky optimistický scénář a neutrální scénář. Tyto scénáře jsou dále označovány jako rSCEN1 (pesimistický), rSCEN2 (neutrální) a rSCEN3 (optimistický).

Tabulka 9 Použité simulace regionálních klimatických modelů

Model	Akronym	Zdroj
řízené modelem ECHAM5		
RACMO	RACMO_EH5	Královský nizozemský meteorologický institut (KNMI)
REMO	REMO_EH5	Max-Planck Institut (MPI), Německo
RCA	RCA_EH5	Švédský hydrometeorologický institut (SMHI)
RegCM	RegCM_EH5	Mezinárodní centrum pro teoretickou fyziku (ICTP), Itálie
HIRHAM	HIR_EH5	Dánský meteorologický institut (DMI)
řízené modelem HadCM3Q0, HadCM3Q3, HadCM3Q16		
HadRM	HadRM_Q0	Hadley Centre, UK
CLM	CLM_Q0	Federální švýcarský technologický institut (ETHZ)
HadRM	HadRM_Q3	Hadley Centre, UK
RCA	RCA_Q3	Švédský hydrometeorologický institut (SMHI)
HadRM	HadRM_Q16	Hadley Centre, UK
RCA	RCA_Q16	Komunitní sdružení pro klimatickou změnu (C4I), Irsko
řízené modelem ARPEGE		
HIRHAM	HIR_ARP	Dánský meteorologický institut (DMI)
CNRM-RM	CNRM_ARP	Národní centrum pro meteorologický výzkum (CNRM), Francie
ALADIN-CLIMATE/CZ*	ALA_ARP	Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), Česká republika
řízené modelem BCM		
RCA	RCA_BCM	Švédský hydrometeorologický institut (SMHI)

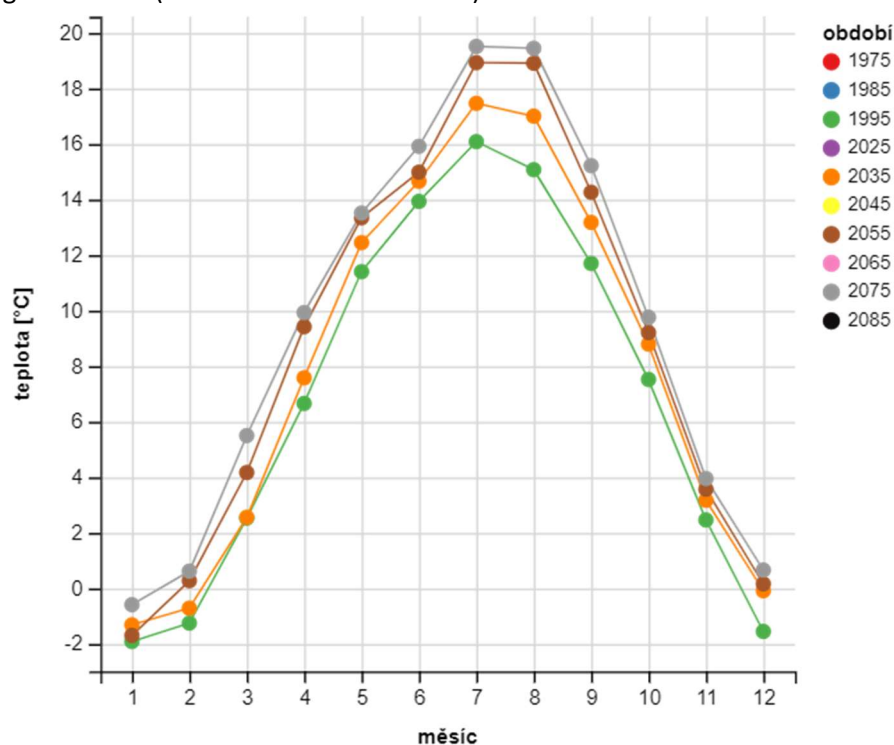
**) tato simulace vznikla v rámci řešení projektu VaV – Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření*

Výsledky

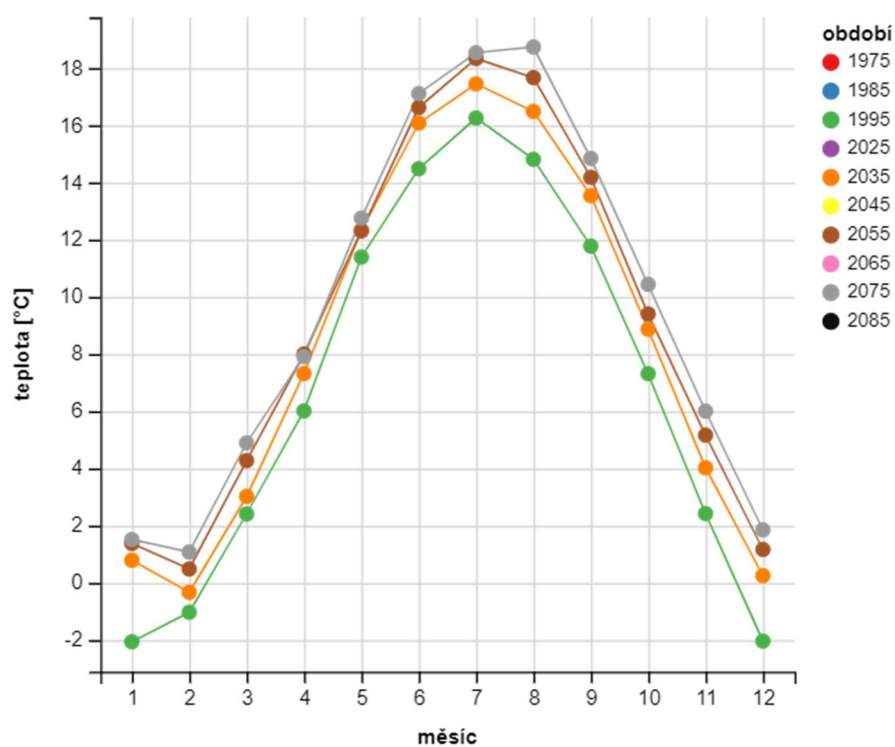
Na základě posouzení probíhajících změn a odhadu změn pro tři budoucí období dle referenčních scénářů klimatické změny a na základě souboru simulací regionálních klimatických modelů lze

konstatovat následující. Pozorované změny obecně spíše nejsou statisticky významné, výjimkou je růst teploty (podle pesimistického scénáře se může teplota vzduchu v letních měsících v nejvzdálenějším časovém horizontu (2051-2090) zvýšit téměř o 4°C), zvyšování jarní a roční evapotranspirace (v letních měsících je modelované většinou snížení vzhledem k nedostupnosti vody k vypařování), zvyšování celkového odtoku v zimním období a pokles zásoby vody v půdě v jarním období. Pro časový horizont 2021-2050 často nejsou projektované změny statisticky významné. V případě jednotlivých simulací se statisticky významné změny projevují relativně často. Pro vzdálenější časový horizont 2051-2090 jsou změny v celém souboru modelů často statisticky významné, především v jednotlivých ročních obdobích. Naopak změny roční bilance jsou často nejisté. Mezi robustní změny lze zařadit zejména: růst teploty ve všech ročních obdobích, zvyšování zimních a snižování letních srážek, růst jarní a zimní evapotranspirace, pokles zásoby vody v půdě v letním období, v roční bilanci a částečně i v jarním období. Z hlediska roční bilance jsou změny srážek, celkového a základního odtoku značně nejisté. Změny teploty, srážek, evapotranspirace a odtoku ze zájmové lokality mezi pozorovaným obdobím (1981-2010) a výhledovými časovými horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090) podle tří referenčních scénářů klimatické změny jsou znázorněny na obrázcích níže.

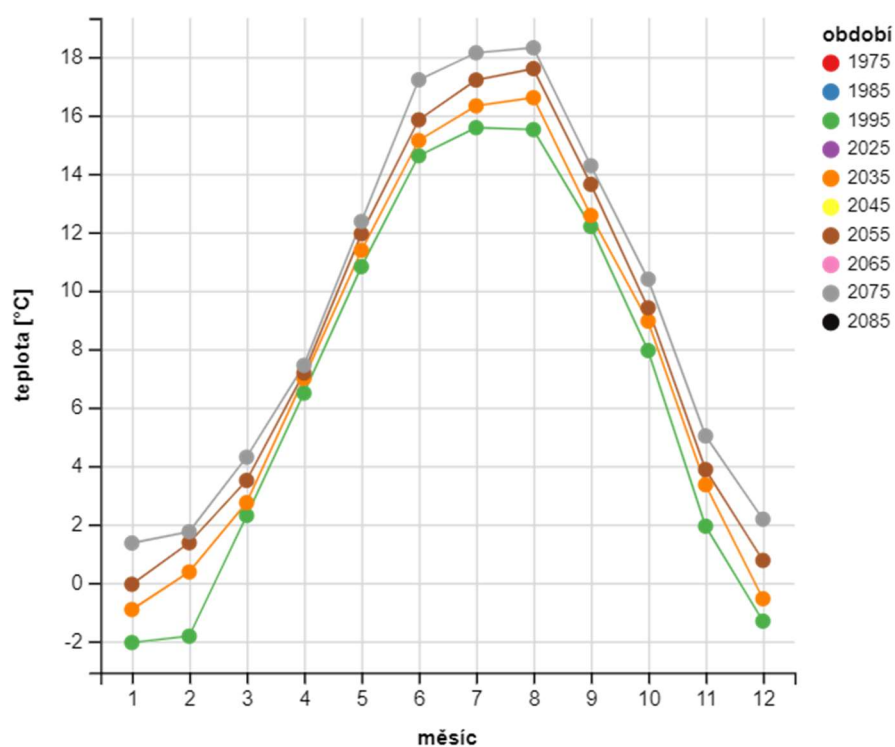
Modelované změny hydrologické bilance v budoucích časových horizontech jsou ilustrovány na grafech níže (Obrázek 35 až Obrázek 46).



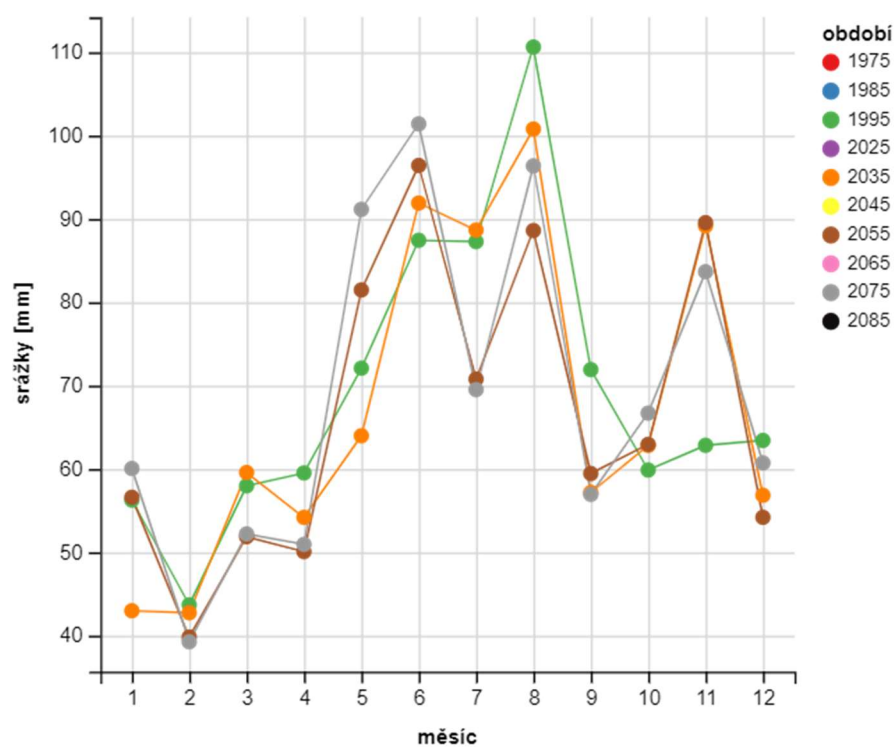
Obrázek 35. Průměrné měsíční teploty vzduchu. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář ALA_ARP-rScen1.



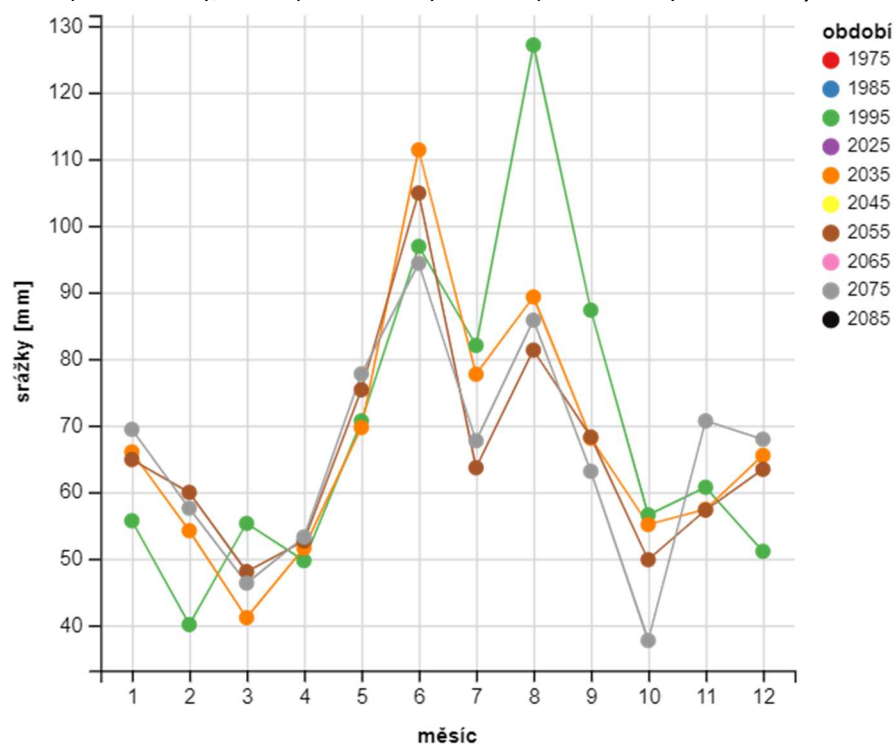
Obrázek 36. Průměrné měsíční teploty vzduchu. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář CLM_Q0-rScen2.



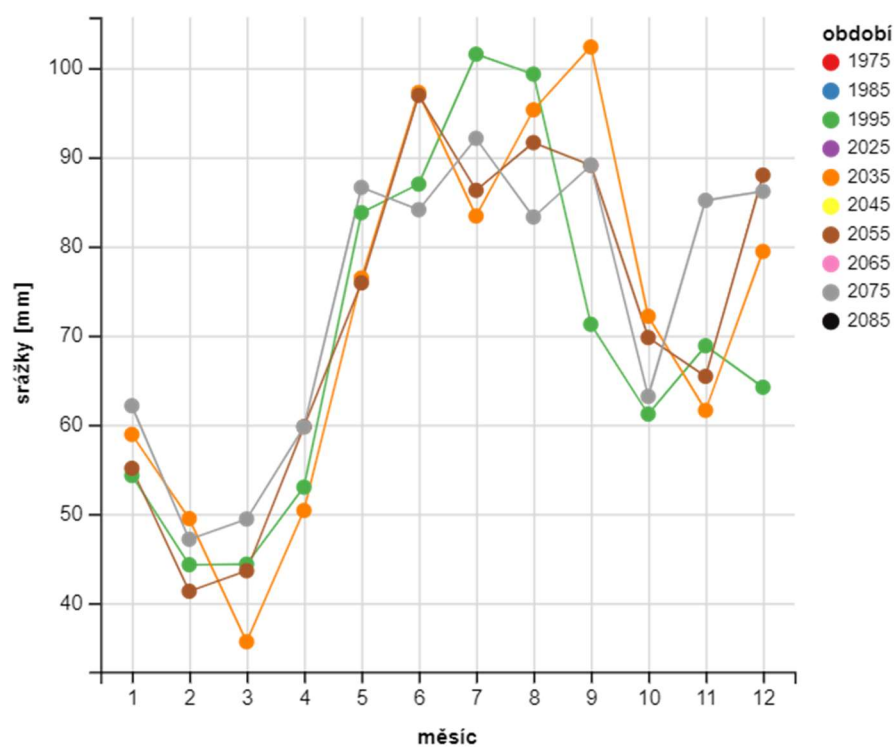
Obrázek 37. Průměrné měsíční teploty vzduchu. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář REMO_EH5-rScen3.



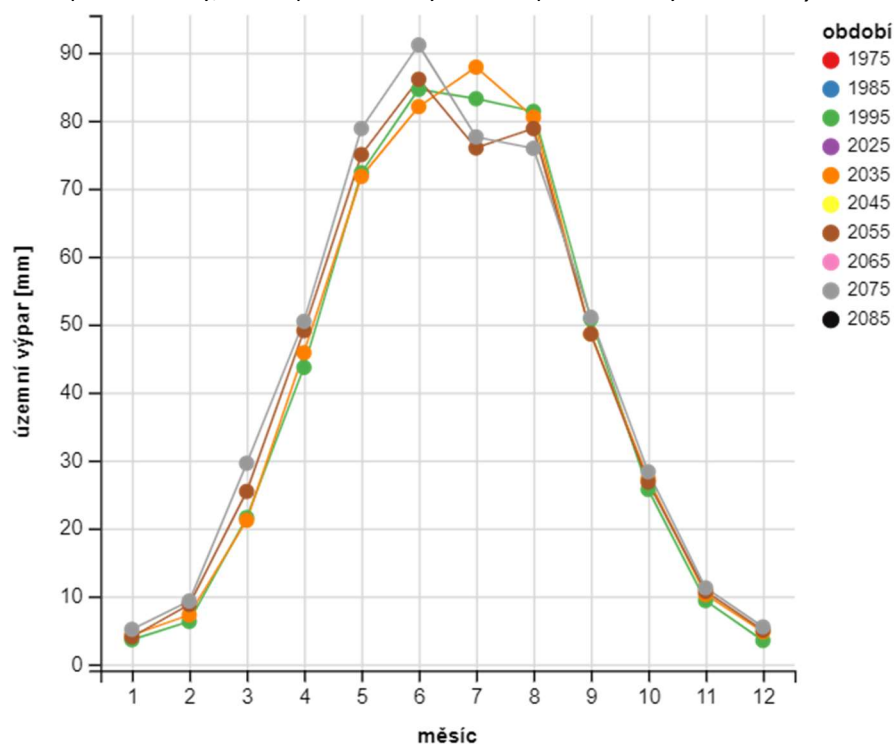
Obrázek 38. Průměrné srážkové úhrny. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář ALA_ARP-rScen1.



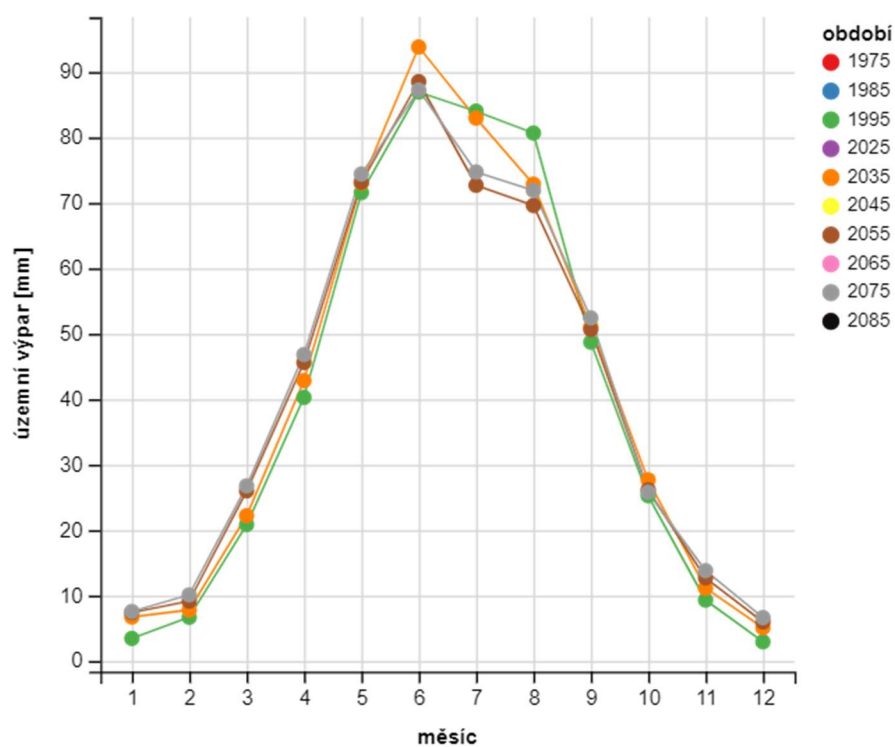
Obrázek 39. Průměrné srážkové úhrny. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář CLM_Q0-rScen2.



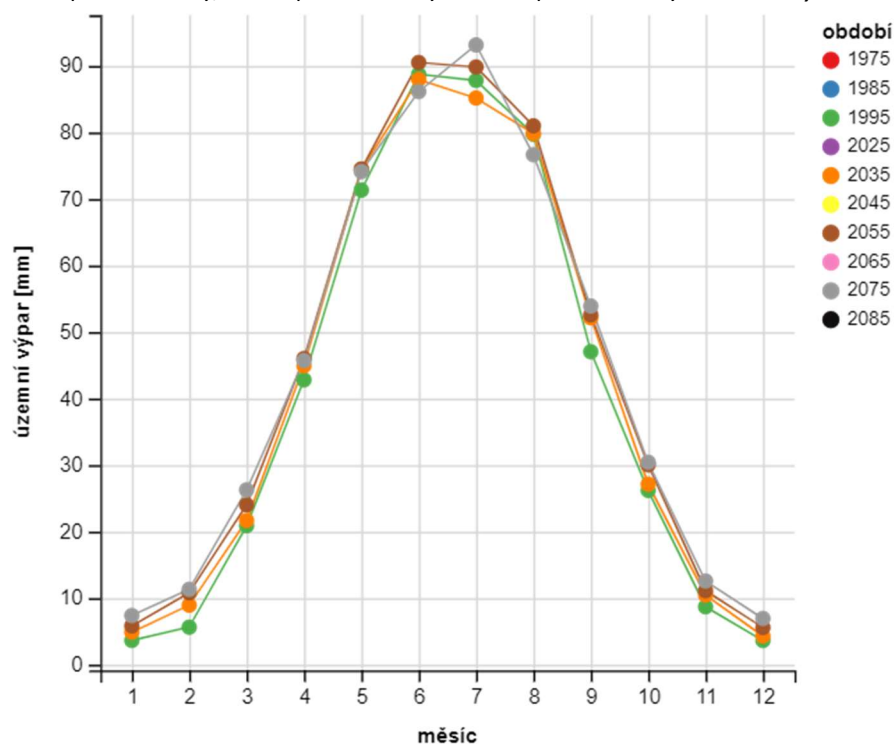
Obrázek 40. Průměrné srážkové úhrny. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář REMO_EH5-rScen3.



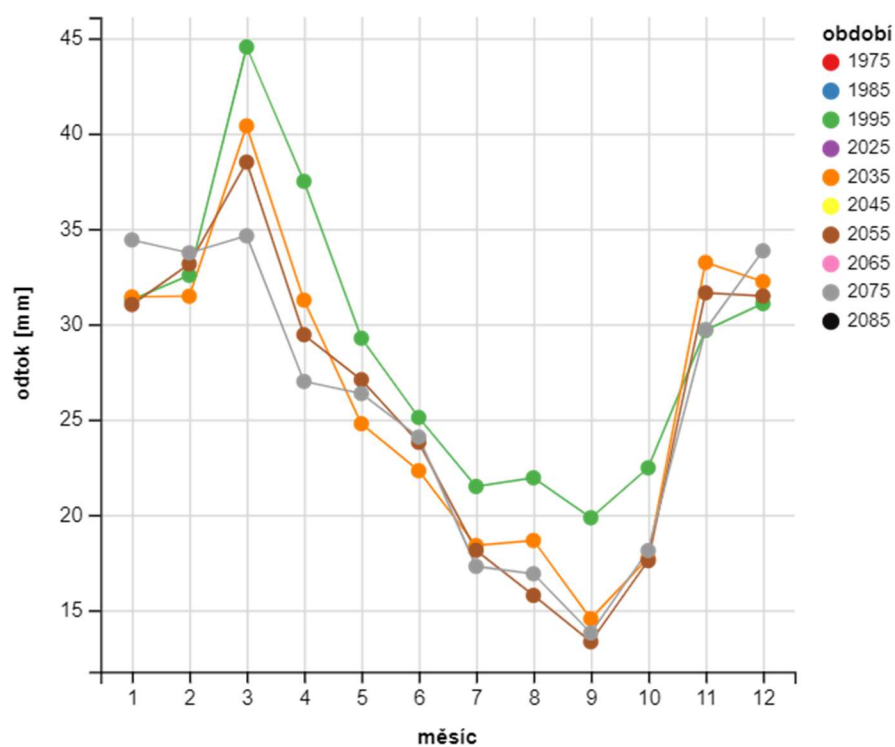
Obrázek 41. Průměrný územní výpar. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář ALA_ARP-rScen1.



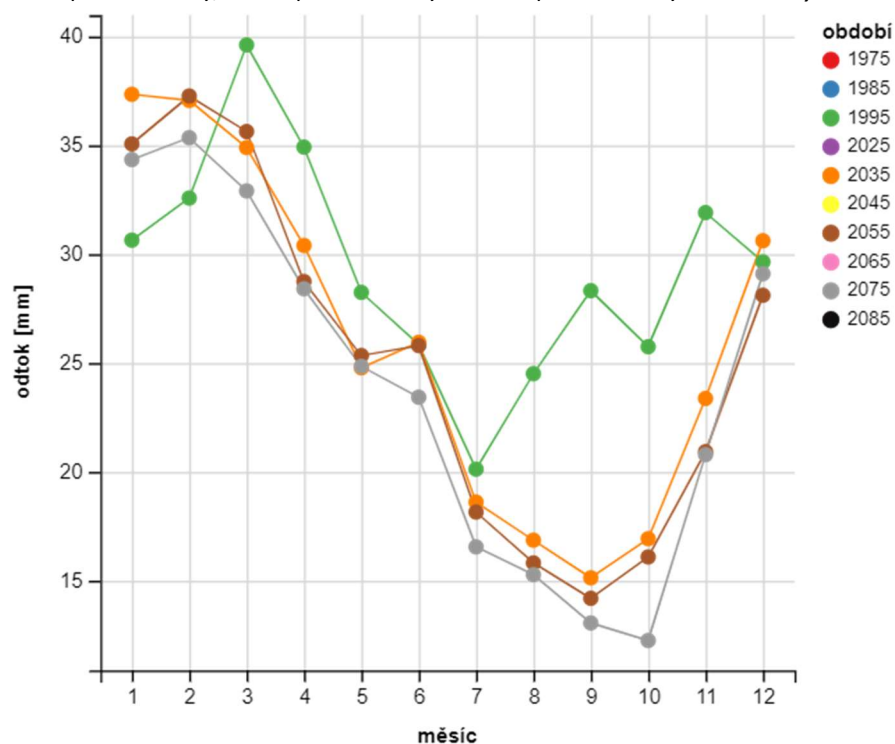
Obrázek 42. Průměrný územní výpar. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář CLM_Q0-rScen2.



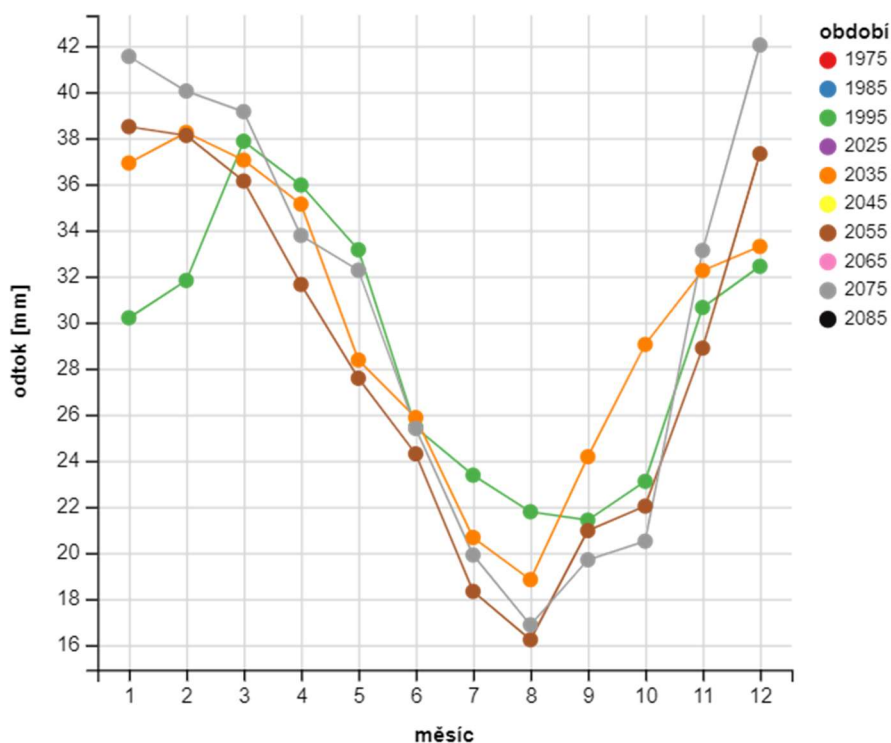
Obrázek 43. Průměrný územní výpar. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář REMO_EH5-rScen3.



Obrázek 44. Průměrný odtok z území. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář ALA_ARP-rScen1.



Obrázek 45. Průměrný odtok z území. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář CLM_Q0-rScen2.



Obrázek 46. Průměrný odtok z území. Současnost 1995 (1981-2010) a výhledové časové horizonty 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) a 2075 (2051-2090). Klimatický scénář REMO_EH5-rScen3.

2.4. Návrhy adaptačních opatření

Nešetrné zásahy do vodního režimu významně ovlivňují odtok vody z povodí. Jedná se zejména o způsob zemědělského hospodaření a odvodňování pozemků, regulaci toků, nevhodně navržená protipovodňová opatření, nebo v neposlední řadě vliv využití pozemků (nepropustné povrchy, stavby s odvodem střešních vod atd.). Kromě antropogenních vlivů se v současné době musí příroda vyrovnat s dopady klimatické změny, jež se projevuje zejména růstem teploty vzduchu s následnou zvýšenou evapotranspirací vody a tedy omezením odtoku a dotace do půdních a podzemních vod. Tyto projevy způsobují vyšší riziko delších suchých období

K zamezení negativních dopadů antropogenních vlivů a dopadů klimatické změny na celkový stav vody je potřeba vyšší retence vody v krajině. Nejrozumnější formy zvětšení retence vody v krajině jsou nedílnou součástí adaptačních opatření na omezování negativních účinků vlivů klimatické změny. Součástí komplexních opatření by měla být i taková opatření ve využívání území, která by přímo bránila zrychlenému odtoku vody z krajiny. Jedním z prostředků pro zadržení vody v krajině jsou přírodně blízká opatření, jež dokáží v lokálním měřítku zpomalit odtok vody z povodí vlivem zvýšení infiltrace vody v nivě vodního toku a tím posílit podzemní zdroje. Dalším přínosem může být zvýšení vlhkosti vzduchu v bezprostředním okolí nově vybudovaných vodních ploch, což má pozitivní efekt na sousedící ekosystém.

Revitalizace napřímených vodních toků

Rozvolnění v minulosti narovnaného a vydlážděného vodního toku (Rokytnice) do krajiny s vybudováním vodních prvků. Vytvoření meandrů prodlouží dráhu vodního toku, výrazně zpomalí odtok a prodlouží tím dobu odtoku povrchových vod, čímž umožní vhodnější podmínky pro vsakování vody do podzemí. Voda z podzemních zdrojů dotuje povrchový tok tzv. základním odtokem. V letních měsících, kdy je nedostatek srážek, je často základní odtok jedinou složkou povrchového odtoku. Čím vyšší množství podzemní vody pro dotaci povrchového toku, tím je vodní tok odolný před vyschnutím. Vhodným doplňkem při rozvolňování toku do krajiny je tvorba tůní.

Ty jednak podporují však vody a také zlepšují mikroklima zvýšeným výparem do ovzduší. Nezanedbatelným přínosem revitalizací vodních toků je zlepšení ekologických podmínek pro floru a faunu.

Níže je na mapách znázorněna trasa Rokytnice (Regnitz) na českém území a před obcí Kautendorf (Obrázek 47, Obrázek 48), dále pak ukázka vydlážděného koryta Rokytnice u obce Hranice (Obrázek 49).



Obrázek 47. Vedení Rokytnice jižně od obce Hranice



Obrázek 48. Porovnání s meandry řeky Regnitz (Rokytnice) před obcí Kautendorf



Obrázek 49. Vydlážděné koryto Rokytnice v úseku před křížením se železnicí, jižně od obce Hranice

Na základě monitoringu vlivu aplikace přírodě blízkých opatření na hydrologický režim povodí bylo zjištěno, že rozvolněním vodního toku v nivě a výstavbou doprovodných vodních prvků (ukázka z realizace níže, Obrázek 50), jako jsou např. tůňe, může dojít k výraznému zpomalení povrchového odtoku z povodí. Voda ze srážkových epizod, která napřímeným korytem odtéká rychle a bez užitku, je v revitalizovaném úseku zpomalená a podíl povrchového odtoku klesá na úkor posilování podzemních zásob vody a zvýšení vlhkosti vzduchu v okolí vlivem zvýšeného výparu z vodních ploch a doprovodné vodní vegetace. Tímto opatřením je možné snížit celkový odtok z povodí až o polovinu, což závisí na délce revitalizovaného úseku a množstvím doprovodných vodních ploch.

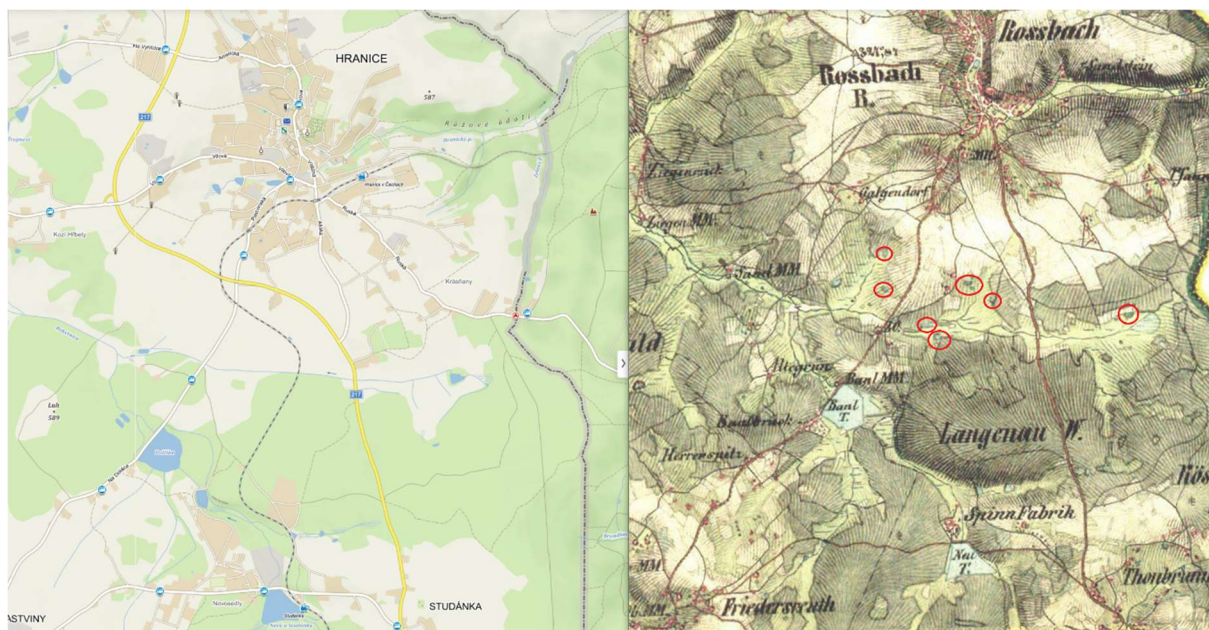


Obrázek 50. Ukázka revitalizace dříve narovnaného úseku vodního toku Teplice na jižní Moravě. Vlevo původní stav, vpravo po revitalizaci

Výstavba malých vodních nádrží

Pro krajinu Ašska byly dříve typické malé vodní nádrže – rybníky, které sloužili jako zásobárna vody pro závlahy, chov ryb a jako zdroj vody pro hospodářská zvířata. Tato voda sloužila jako zásoba v době nízkých průtoků v místních vodotečích. Na obrázcích níže (Obrázek 51 až Obrázek 53) je uvedeno srovnání výskytu rybníků na území v 19. století a dnes. Na historické mapě jsou červeným kroužkem označeny ty rybníky, které vymizely. Zobrazeny jsou dvě oblasti na povodí Rokytnice, a sice jižně od obce Hranice (Rossbach) a západně před soutokem s Lužním potokem. Na třetím srovnání je z větší části oblast povodí Lužního potoka jižně od obce Pastviny. Jak je vidět z mapy, tak na těchto třech lokalitách došlo k zániku 23 rybníků. V případě obnovení těchto rybníků (rybník přibližně tehdejších rozměrů, plocha 0,5 ha s hloubkou 1,5 m) by se dalo zadržet více jak 170 tisíc m³ vody. Z hydrologického hlediska by došlo ke zpomalení povrchového odtoku z lokality. Akumulace vody v malých vodních nádržích má spoustu pozitivních efektů. Jednak může docházet ke zvýšení infiltrace vody a tím dotování podzemních zdrojů, v případě manipulace na hrázi je možné posílit vodní tok v období sucha, v neposlední řadě dochází k vlivu na mikroklima v blízkém okolí vodních ploch zvýšením výparu a vlhkosti vzduchu.

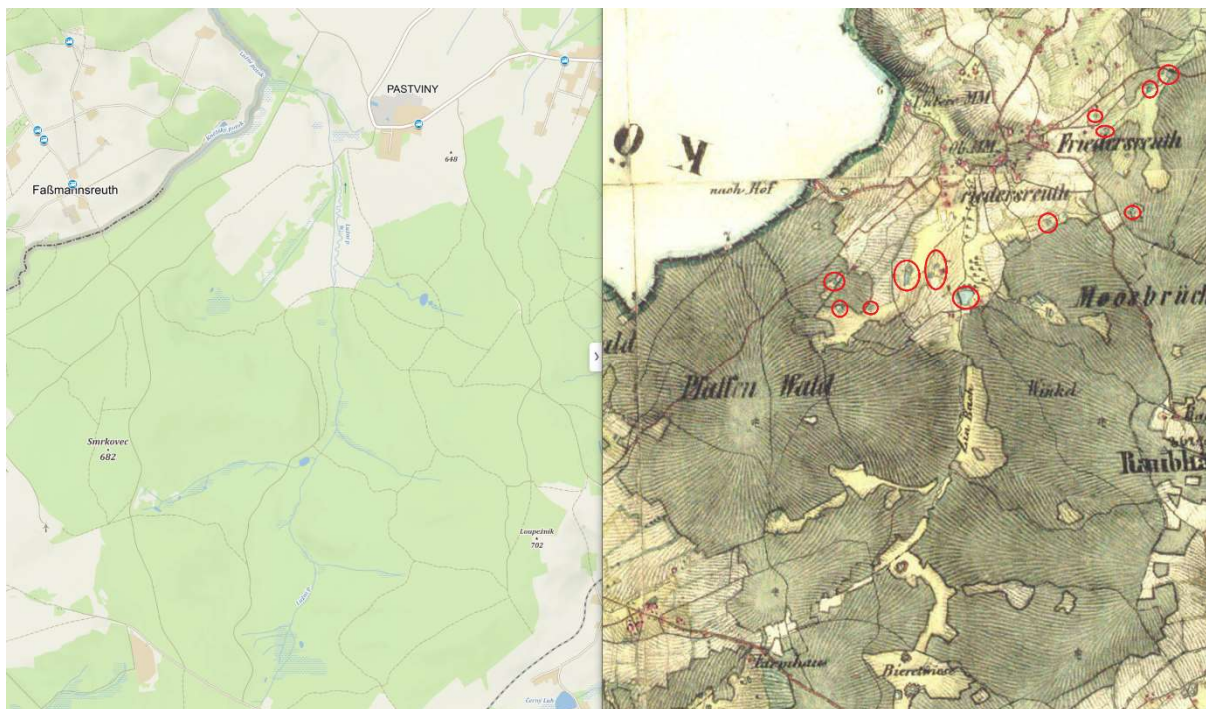
Jednotlivé případy obnovy malých vodních nádrží podléhají schvalovacímu procesu na vodoprávních úřadech, kde jsou určující zejména majetkoprávní vztahy na dotčených pozemcích.



Obrázek 51. Lokalizace zaniklých malých vodních nádrží (rybníků) na mapě z 19. století. V červeném kroužku jsou ty, které na současné mapě chybí.



Obrázek 52. Lokalizace zaniklých malých vodních nádrží (rybníků) na mapě z 19. století. V červeném kroužku jsou ty, které na současné mapě chybí.



Obrázek 53. Lokalizace zaniklých malých vodních nádrží (rybníků) na mapě z 19. století. V červeném kroužku jsou ty, které na současné mapě chybí.

3. Shrnutí

Celkový vodní režim v zájmové oblasti Ašska byl hodnocen na třech úrovních, a sice současně probíhal hydrologický výzkum, hydrogeologický výzkum a samostatný výzkum pramenných oblastí. Hydrologický výzkum se na základě přímého monitoringu zabýval vodností povrchových toků, modelováním celkové hydrologické bilance a budoucích výhledů změn v jednotlivých členech hydrologické bilance. Hydrogeologický průzkum zmapoval odběry podzemních vod na lokalitě a jejich vliv na dostupnost vody. Samostatný výzkum mapování prameništ probíhal za účelem vyhodnocení změn (pozitivních/negativních) v krajině a identifikování vhodných lokalit, jež jsou zdrojem detritu pro vzácnou perlorodku říční. Současně výzkum vodního režimu v krajině Ašska nabízí návrhy ke zlepšení dostupnosti vody v oblasti.

Nešetrné zásahy do vodního režimu významně ovlivňují odtok vody z povodí. Jedná se zejména o způsob zemědělského hospodaření a odvodňování pozemků, regulaci toků, nevhodně navržená protipovodňová opatření, nebo v neposlední řadě vliv využití pozemků (nepropustné povrchy, stavby s odvodem střešních vod atd.). Kromě antropogenních vlivů se v současné době musí příroda vyrovnat s dopady klimatické změny, jež se projevuje zejména růstem teploty vzduchu s následnou zvýšenou evapotranspirací vody a tedy omezením odtoku a dotace do půdních a podzemních vod. Tyto projevy způsobují vyšší riziko delších suchých období

Obnova narušeného vodního režimu krajiny v oblasti Ašska, postiženého systematickým odvodněním převážně z 2. poloviny 20. století, je otázkou mnoha drobných úprav, revitalizací stružek, prameništ, mokřadů a tůní a odstraňování nebo zaslepování drenáží, stejně jako podpory samovolných renaturačních mechanismů, spíše než jedné nebo několika málo velkých revitalizačních akcí. Jediná velká revitalizace, která je zároveň velmi potřebná pro celé povodí, je komplexní revitalizace pátečního toku – Rokytnice. Na tuto klíčovou etapu potom mohou navazovat revitalizace přítoků a likvidace drenážních systémů, které v pramenné oblasti Ašska nemají žádné opodstatnění a nepřinášejí užitek, který měli ve své době na mysli jejich buildovatelé. Velmi doporučujeme do revitalizací drobných toků zahrnout i jejich pramenné části, které mají velký potenciál, co se týká udržení a zvýšení biodiversity, stejně jako zmírnění extrémních průtoků ať už jedním nebo druhým směrem. V místech prameništ důrazně doporučujeme místo rybníčků a tůní preferovat pramenné mokřady, které kromě vyšší biodiversity hostí obvykle vzácnější druhy, protože v krajině jde o méně obvyklý biotop, než je malá vodní nádrž. Z pramenného mokřadu do potoků a řek také odtéká detrit, který je potravou kriticky ohrožené perlorodky říční a celého společenstva filtrátorů drobných oligotrofních toků. Každá průtočná vodní nádrž přímo na toku toto kontinuum přerušuje a má tím pádem negativní vliv na potravní zásobení perlorodky. Budování malých vodních nádrží jako adaptačního opatření proti klimatické změně a extrémním hydrologickým situacím je tak třeba navrhovat s rozmyslem a s přihlédnutím ke konkrétní navrhované lokalitě a také v rozumné míře vyvážit podíl nádrží a mokřadů v místech odstraňovaných drenážních systémů.

Na základě hydrogeologického průzkumu lokality bylo zjištěno, že v české části zájmového území jsou odběry podzemních vod většinou rozptýlené a nízké, bez prokazatelného vlivu na chráněnou biotu. Jedinými většími soustředěnými odběry byla historická jímání Štítary a Krásná, která jsou aktuálně mimo provoz. Provozované odběry podzemních vod tu tak mohou ovlivnit hydrologickou situaci pouze nevýznamně a úzce lokálně, pro chráněné organismy nepředstavují významnější rizika.

Na bavorské straně zájmového území jsou odběry podzemních vod zastoupeny významněji, než na českém území. Je tu registrováno 36 jímacích území s celkovým průměrným realizovaným odběrem okolo 54 l/s, povolený odběr je ještě výrazně vyšší. Část jímání nemá významný vliv, či působí jen velmi lokálně. Další část jímacích území však na vodní režim prokazatelný vliv má, například ve vymezených pramenných oblastech toků. Tam dochází k odvodnění zájmového území a zejména v

suchém období bezpochyby i k negativním vlivům na chráněné organismy (lze zmínit prokazatelné vysychání Pekelského potoka v hraniční oblasti). Ke zlepšení situace byl navržen rámcový postup prací, spočívající v detailnějším průzkumu zasažených citlivých oblastí a jejich případnou revitalizací.

K zamezení negativních dopadů antropogenních vlivů a dopadů klimatické změny na celkový stav vody je potřeba vyšší retence vody v krajině. Nejrozumnější formy zvětšení retence vody v krajině jsou nedílnou součástí adaptačních opatření na omezování negativních účinků vlivů klimatické změny. Součástí komplexních opatření by měla být i taková opatření ve využívání území, která by přímo bránila zrychlenému odtoku vody z krajiny. Jedním z prostředků pro zadržení vody v krajině jsou přírodě blízká opatření, jež dokáží v lokálním měřítku zpomalit odtok vody z povodí vlivem zvýšení infiltrace vody v nivě vodního toku a tím posílit podzemní zdroje. Dalším přínosem může být zvýšení vlhkosti vzduchu v bezprostředním okolí nově vybudovaných vodních ploch, což má pozitivní efekt na sousedící ekosystém. V rámci výzkumu vodního režimu krajiny Ašska byly navrženy přírodě blízká opatření jako zejména revitalizace napřímených vodních toků na českém území a výstavba a obnova malých vodních nádrží (vodní plochy velikosti rybníků).

4. Reference

- AOPK ČR, 2013: Záchranný program perlorodky říční v České republice, AOPK ČR.
- Bílý M. (ed.), 2008: Effects of environmental factors on the freshwater pearl mussel population in the National nature monument Lužní potok (Zinnbach), VÚV TGM, Praha.
- Bufková I., Křenová Z. Obnova vodního režimu rašelinišť a pramenišť, AOPK ČR in prep.
- Collins M., Booth B., Harris G., Murphy J., Sexton D. a Webb M., 2006: Towards quantifying uncertainty in transient climate change. *Climate Dynamics*. B.m.: Springer Berlin / Heidelberg, roč. 27, č. 2, s. 127–147.
- Fučík P., Vymazal J., Šereš M. 2021: Navrhování umělých mokřadů v návaznosti na zemědělské odvodnění pro zlepšení jakosti vody, Certifikovaná metodika, VÚMOP
- HEWITT C. D. a D. J. GRIGGS, 2004. Ensembles-based Predictions of Climate Changes and their Impacts. *Eos*. roč. 85, č., s. 566.
- Hruška J. 2004: Vyhodnocení úživnosti detritu z vybraných pramenišť v oblasti NPP Lužní potok s využitím juvenilních perlorodek. Volary.
- Jongepierová I., Pešout P., Jongepier J. W. a Prach K. (eds.), 2012: Ekologická obnova v České republice, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Jongepierová I., Pešout P., Prach K. (eds.), 2018: Ekologická obnova v České republice II., Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Just T., Matoušek V., Dušek M., Fišer D., Karlík P. a 2005: Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění před povodněmi, ČSOP Hořovicko, Praha.
- Simon O. P., Tichá K., Rambousková K., Bílý M., Černá M., Dort B., Horáčková J., Hruška J., Kladiřová V., Švanyga J., a Vydrová A, 2018: Metodika podpory perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*), VÚV TGM, Praha.
- Spisar O., 2009: Revitalizační studie v trojstátí Bavorsko-Čechy-Sasko v povodí Lužního potoka a Bystřiny, závěrečná zpráva.
- Štěpánek P., Zahradníček P. a Huth R., 2011: Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series: an example of a Central European daily time series. *IDŐJÁRÁS - Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. roč. 115, č. 1–2, s. 87–98.
- Vizina A., Horáček, S. a Hanel, M., 2015: Nové možnosti modelu Bilan. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, roč. 57, č. 4–5, str. 7–10. ISSN 0322-8916.
- Zajíček A., Sychra L., Vybíral T., Hejduk T., Čmelík M., Fučík P., Kaplická M., 2021: Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních, Certifikovaná metodika, VÚMOP.