



CHARLES UNIVERSITY
Faculty of Science

Přírodovědecká fakulta UK



Ústav výzkumu globální
změny AV ČR



Ústav pro hydrodynamiku
AV ČR

Project TAČR SS05010124

**Hodnocení vlivu změn krajinného pokryvu na lokální hydrologii
a klima v Krkonošském národním parku s využitím dálkového průzkumu
Země a hydrologického modelování**

Dokument prokazující dosažení výsledku

Číslo výsledku dle ISTA: **SS05010124-V27**

Název výsledku: **Vývoj klimatických a hydrologických poměrů v povodí horní Úpy a horní Čisté v letech 1982–2021**

Druh výstupu/výsledku: **Nmap**

Termín dosažení výsledku: **12/2023**

Autoři výsledku (jméno/organizace): **Vojtěch Vlach, Milada Matoušková, Miroslav Jonáš, Zuzana Hýrková, Adam Bartůšek**

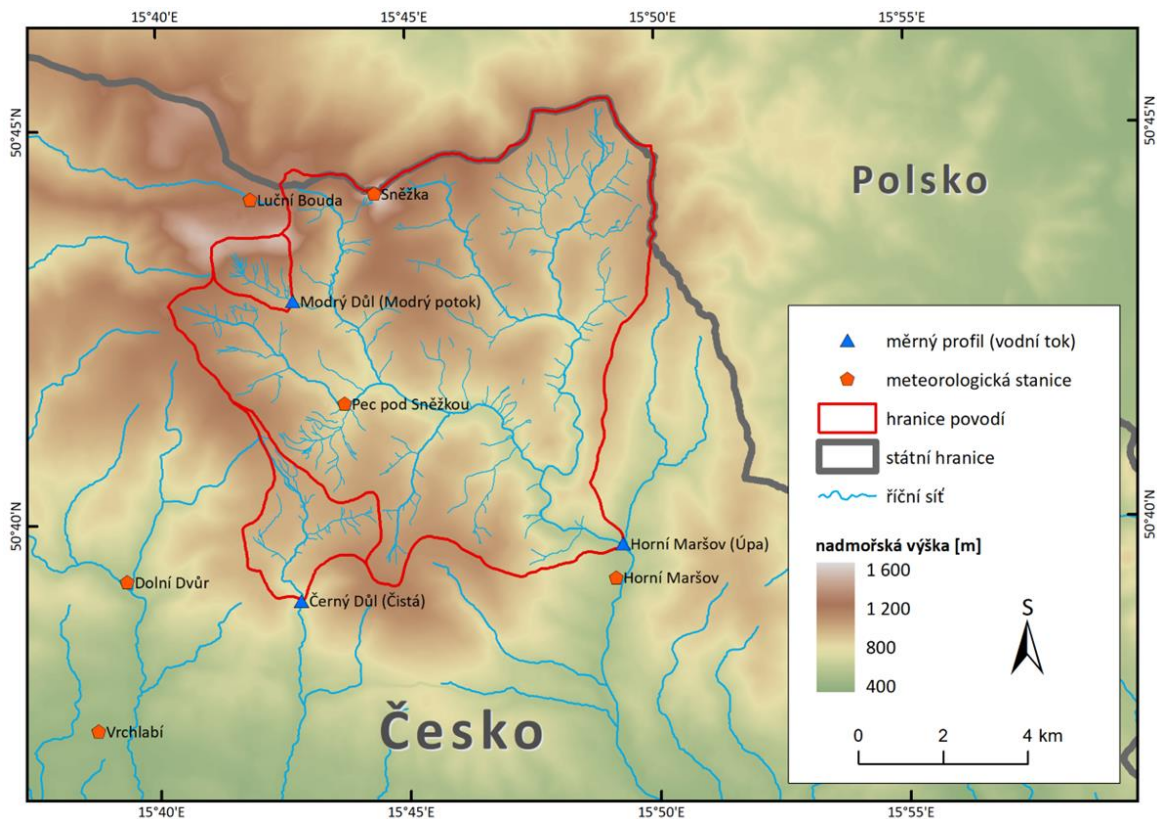
Cíl/účel vytváření výsledku

Cílem mapového díla je zobrazit vývoj klimatických a hydrologických charakteristik zájmového území v období 40 let (1982-2021). Jednotlivé mapové výstupy jsou koncipovány pro čtyři dekády, tj. 1982-1991, 1992-2001, 2002-2011 a 2012-2021, které znázorňují vývoj vybraných klimatických a hydrologických proměnných.

Stručný popis postupu tvorby výsledku (vstupní data, použité metody)

Zájmovým územím jsou povodí horní Úpy, včetně Modrého potoka a povodí horní Čisté v Krkonoších. Plocha povodí horní Úpy po závěrový profil Horní Maršov činí 81,989 km². Plocha povodí Čisté po závěrový profil Černý Důl je 6,53 km².

Vývoj hydroklimatických proměnných byl hodnocen pro horní tok Úpy po profil Horní Maršov a horní tok Čisté po profil Černý Důl (Obr. 1). Jako vstupní data byly využity homogenizované datové řady ČHMÚ, konkrétně průměrné denní průtoky Q_d pro limnigrafické stanice: Horní Maršov (Úpa), Modrý důl (Modrý potok), Černý důl (Čistá). Dále průměrné denní teploty pro stanice: Pec pod Sněžkou, Luční Bouda, Vrchlabí, Sněžka, Labská Bouda a denní úhrny srážek pro stanice: Pec pod Sněžkou, Dolní Dvůr, Horní Maršov, Labská Bouda, Luční Bouda, Sněžka v období 1982-2021.

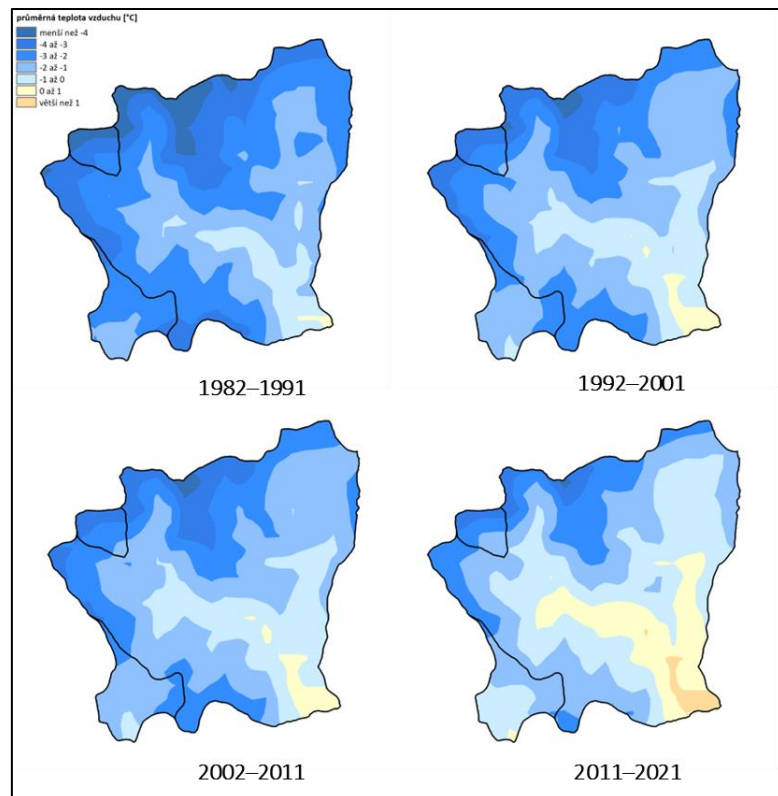


Obr. 1 Mapa zájmového území – povodí horní Úpy a horní Čisté v Krkonoších

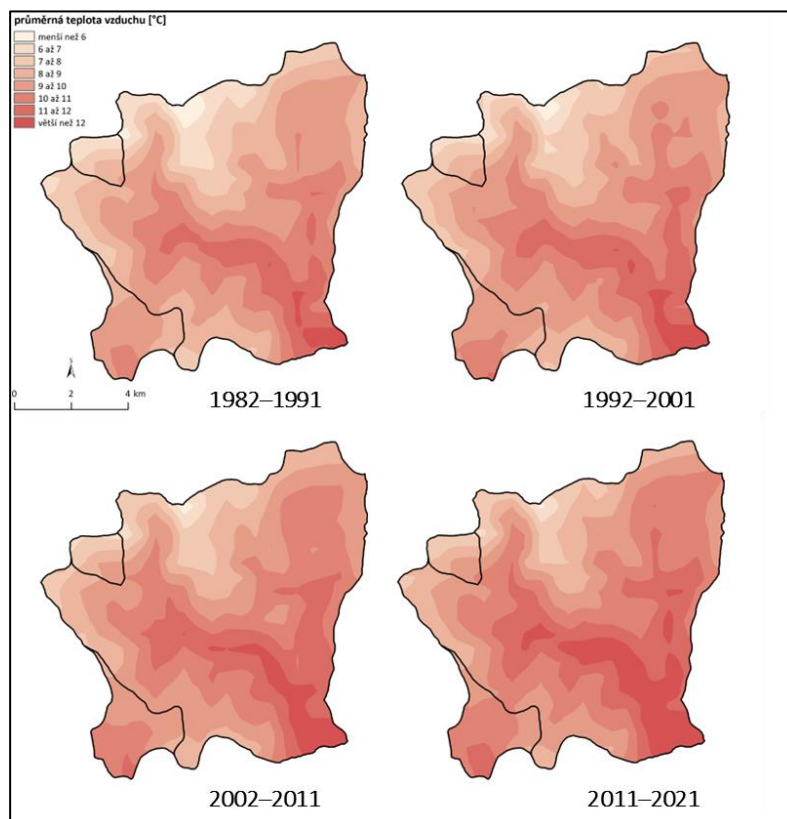
Prezentace výsledku (popis, obrázky, grafy apod.)

1. Dlouhodobý vývoj průměrných teplot vzduchu

Dlouhodobý vývoj průměrných teplot vzduchu vykazuje trend postupného oteplování. Pro detailnější analýzu teplot vzduchu bylo analyzované období rozděleno na 4 dekády a zároveň na chladný (listopad-duben) a teplý (květen-říjen) půlrok. Při srovnání období 1982-91 a 2012-21 došlo v zájmovém území k průměrnému oteplení o 1,25 °C v chladnější polovině roku, a to konkrétně z -2,24 °C na -0,98 °C. Naopak teplejší polovina roku se oteplila z 9,23 °C (1982-91) na 10,32 °C (2012-21), celkově tedy o 1,09 °C. Z hodnocených období se teplotně výrazně odlišuje poslední hodnocená dekáda, tj. 2012-2021, kde je zřetelný nárůst průměrných denních teplot, jak v chladném, tak teplém půlroce (Obr. 2 a Obr. 3).



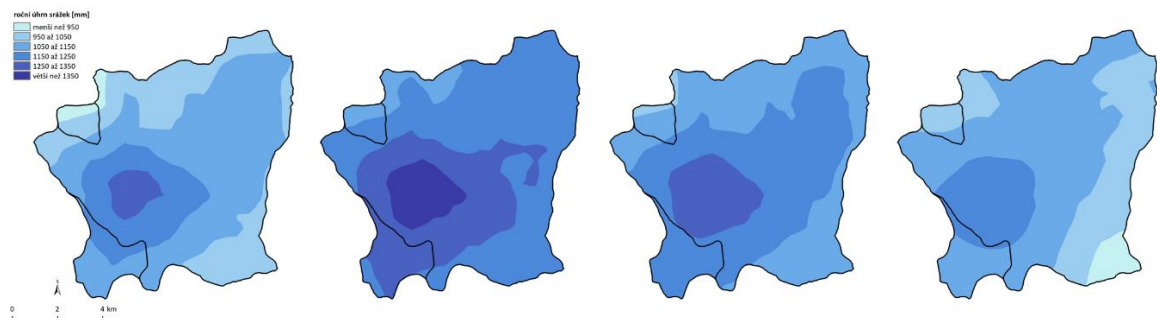
Obr. 2 Vývoj průměrných teplot vzduchu v jednotlivých dekádách pro chladný půlrok v období 1982-2021 (zdroj dat: ČHMÚ)



Obr. 3 Vývoj průměrných teplot vzduchu v jednotlivých dekádách pro teplý půlrok v období 1982-2021 (zdroj dat: ČHMÚ)

2. Dlouhodobý vývoj srážkových úhrnů

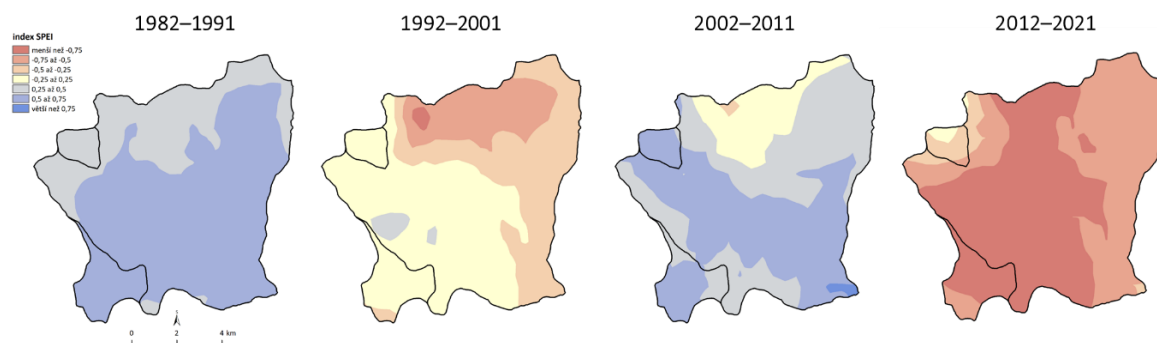
Srážkové úhrny jsou oproti teplotám obecně daleko více časově variabilní. Z dlouhodobého hlediska sice nelze potvrdit klesající úhrny srážek, nicméně je jasně patrné, že dekáda 1992–2001 byla v analyzovaných srážkoměrných stanicích nejbohatší (Obr. 4). Naopak dekáda 2012–21 byla výrazně sušší oproti dlouhodobému průměru. Výjimečnost tohoto desetiletí dokládá kumulativní srážkový deficit ve srovnání s dlouhodobým průměrem. Mezi lety 2012 a 2021 činil kumulativní deficit srážek 744 mm, což je v průměru 74,4 mm chybějících srážek za každý rok. V kombinaci s vyššími teplotami proto došlo v tomto období k úbytku ve sněhové pokrývce i v celkovém odtoku z povodí.



Obr. 4 Vývoj průměrných srážkových úhrnů pro jednotlivé dekády v období 1982–2021 (zdroj dat: ČHMÚ)

3. Vývoj vláhové bilance pomocí SPEI indexu

Společné vyjádření vláhové bilance znázorňují mapy s hodnotami SPEI indexu, který je standardizovaným rozdílem spadlých srážek a potenciálního výparu z povodí, kdy je výpar vypočten jednoduchou formulí z dostupných dat o teplotě vzduchu. Hodnoty SPEI indexu blízko nuly vyjadřují normální stav. Pokud hodnoty indexu klesnou pod $-0,5$, můžeme hovořit o suchu, naopak hodnoty vyšší než $0,5$ ukazují výraznější nadbytek zásob vody oproti dlouhodobému normálu. Mapové výstupy opět poukazují na výjimečnost desetiletí 2012–21, ve kterém bylo téměř celé zájmové území zasaženo suchem kvůli deficitu srážek a také zvýšenému výparu vlivem nadnormálních teplot vzduchu (Obr. 5).



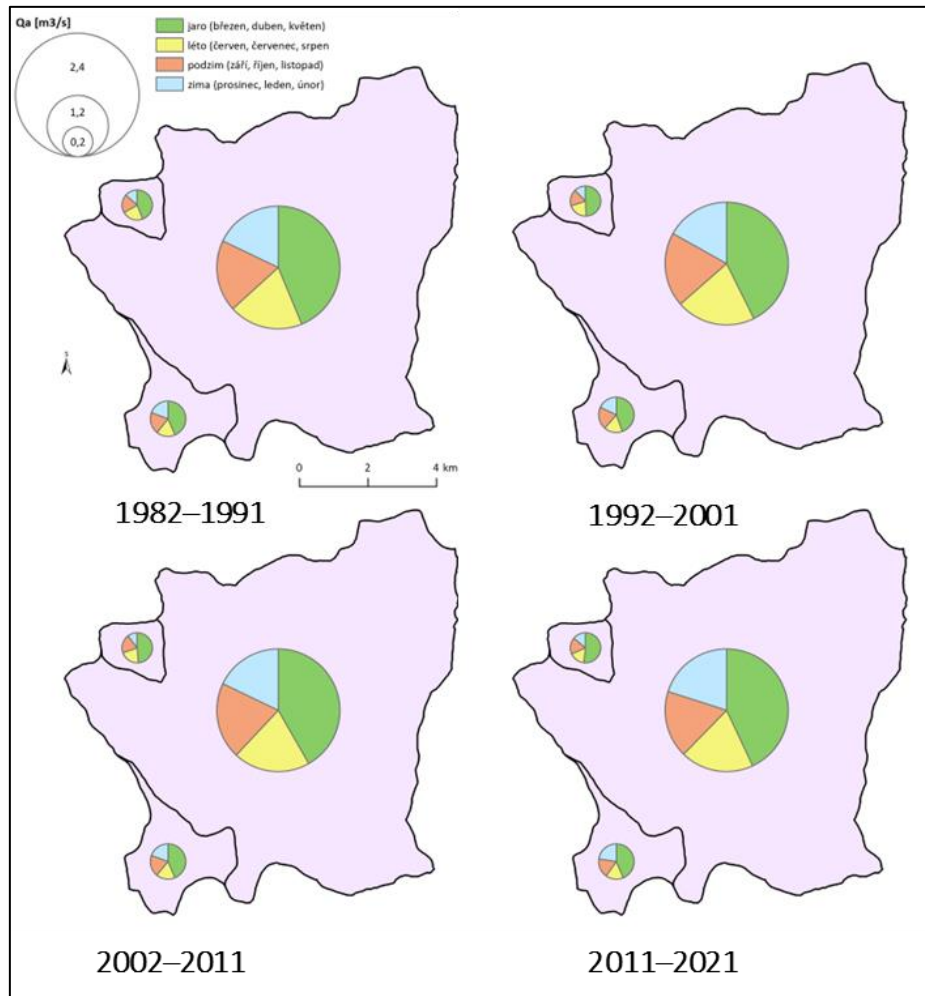
Obr. 5 Vývoj SPEI indexu pro jednotlivé dekády v období 1982–2021 (zdroj dat: ČHMÚ)

4. Vývoj odtokových poměrů

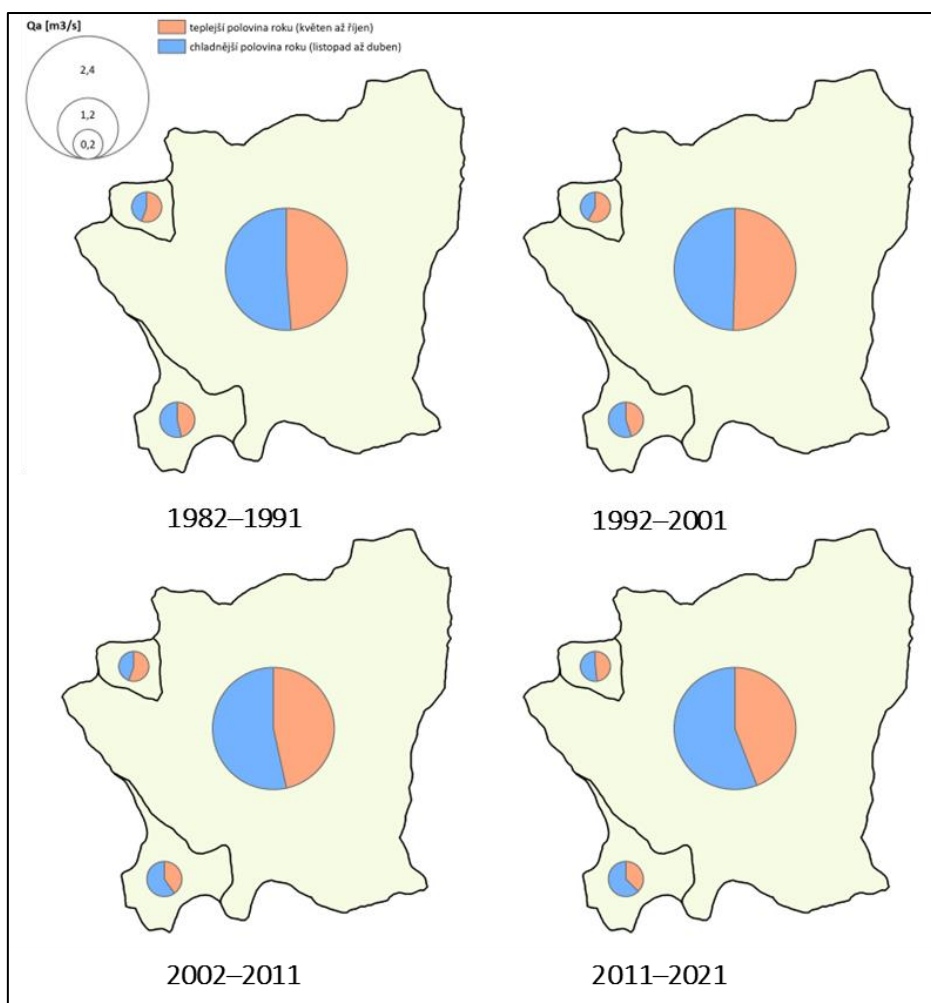
Odtokové poměry zájmové oblasti do velké míry korespondují s klimatickou situací, byť tento vztah není vždy stoprocentně kauzální díky variabilním hydrogeologickým poměrům v povodích. Na všech analyzovaných měrných profilech nicméně lze potvrdit trend oteplování hlavně v chladnější polovině roku rostoucím podílem zimních a jarních měsíců

na celkovém ročním odtoku. Naopak celkový odtok v letních a podzimních měsících je v mírném poklesu (Obr. 6).

Nejvýraznější změna je patrná v povodí horní Čisté, kde podíl chladné poloviny roku na celkovém odtoku vzrostl z 53,9 % v období 1982-91 na 62,7 % v letech 2012-21. V nejméně položeném povodí Modrého potoka v minulosti převažoval odtok v teplé polovině roku. Avšak v posledním hodnoceném desetiletí (2012-21), se díky oteplování a menším zásobám sněhu významněji měrou podílí chladný půlrok (Obr. 7).

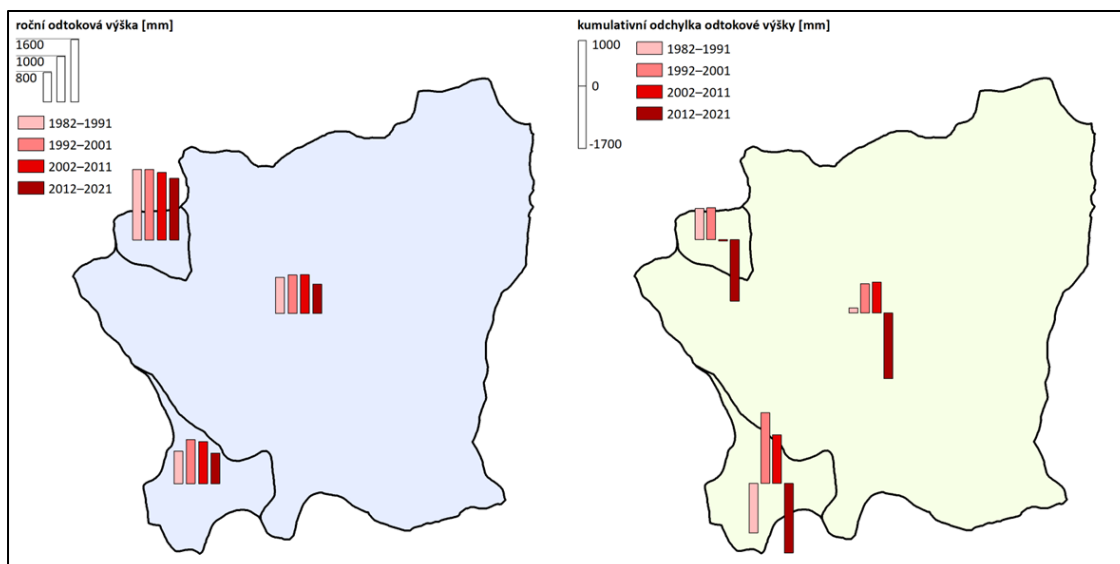


Obr. 6 Změny sezónního rozložení odtoku pro jednotlivé dekády v období 1982-2021 (zdroj dat: ČHMÚ)

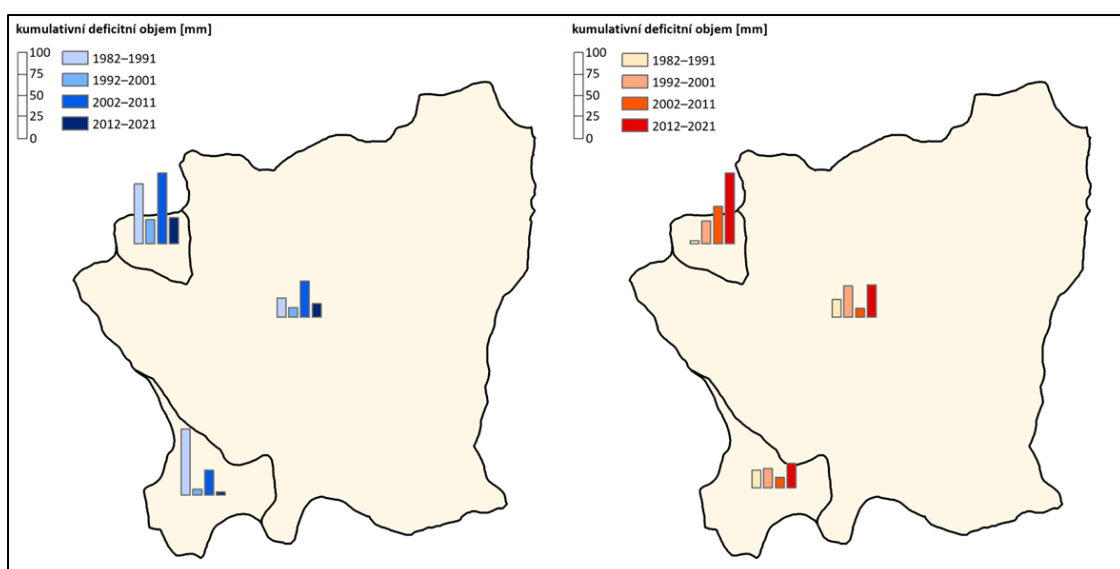


Obr. 7 Změny rozložení odtoku v chladném a teplém půlroce pro jednotlivé dekády v období 1982-2021 (zdroj dat: ČHMÚ)

Odtoková výška – celkový objem vody vztažený na plochu povodí, který odeče za daný časový úsek. Pomocí této proměnné lze jasně vidět výjimečnost období 2012-21, kdy byla průměrná roční odtoková výška nejnižší ve všech povodích (Obr. 8). Je patrné, že během posledního desetiletí byl zaznamenán výrazný deficit v celkovém odtoku ze všech tří povodí oproti normálu – v průměru 1642 mm, tedy 164,2 mm za rok. Vyjádření magnitudy hydrologického sucha bylo provedeno pomocí kumulativních deficitních objemů v období, kdy byl průtok menší než Q90 – tedy průtok s 90 % pravděpodobností překročení. Deficitní objem byl opět přepočten na plochu povodí. V chladné polovině roku pozorujeme spíše úbytek nedostatkových objemů, zatímco v teplé polovině tyto deficity rostou. Nejvýraznější a kontinuální nárůst je patrný v povodí Modrého potoka, kde v porovnání prvního a posledního desetiletí vzrostl deficit o 120 mm. Ve zbylých dvou povodích je průběh více variabilní, i tak ale nejvyšší hodnoty nedostatkových objemů korespondují s nejteplejším a nejsušším obdobím 2012-21 (Obr. 9).



Obr. 8 Vývoj odtokové výšky a kumulativní odchylky odtokové výšky v jednotlivých dekádách pro období 1982-21 (Zdroj dat: ČHMÚ)



Obr. 9 Vývoj kumulativního deficitního objemu v chladném a teplém půlroce pro jednotlivé dekády v období 1982-21 (Zdroj dat: ČHMÚ)

Vyhodnocení výsledku (základní zjištění, přínos, případně využití)

Specializovaná mapa vývoje klimatických a hydrologických poměrů v povodí horní Úpy a horní Čisté jednoznačně dokládá nárůst průměrné teploty vzduchu ve zkoumaném období 1982-2021. Při porovnání první dekády 1982-91 a poslední dekády 2012-21 došlo v zájmovém území k průměrnému oteplení o 1,25 °C. Tato poslední dekáda je zároveň značně srážkově podnormální, což dokládá kumulativní srážkový deficit ve srovnání s dlouhodobým průměrem, který činil mezi lety 2012 a 2021 činil 744 mm. Výjimečnost poslední dekády velice názorně dokumentuje i vývoj SPEI indexu, kdy byla převážná část zájmového území zasažena suchem. Nízké jsou i hodnoty odtokové výšky, nejnížší v celém hodnoceném období.

Doložení výsledku

Název mapy: Vývoj klimatických a hydrologických poměrů v povodí horní Úpy a horní Čisté v letech 1982–2021

Popis novosti

Inovativním prvkem mapy je způsob interpolace klimatických proměnných za využití metody reziduální kriging. Tato metoda umožňuje detailnější a přesnější prostorovou analýzu jednotlivých prvků v členitém terénu v rozlišení 500 x 500 metrů. Další inovaci spatřujeme v komplexním zhodnocení vybraných klimatických a hydrologických proměnných a v propojení jednotlivých výsledků dílčích analýz.

Informace o rozsahu využití mapy

Výsledek bude využit organizacemi zapojenými do řešení projektu jako vstup pro tvorbu dalších uvedených výsledků, např. metodika, článek v časopise s IF. Další možné využití je správou KRMAP.

Informace o přínosech pro uživatele

Mapa názorně dokumentuje vývoj základních klimatických a hydrologických proměnných v zájmovém území. Vývoj analyzovaných klimatických a hydrologických proměnných jednoznačně ukazuje na výjimečnost poslední dekády 2012-21, ve kterém byla zkoumaná horská povodí zasažena meteorologickým suchem z důvodu deficitu srážek a také zvýšeným výparem vlivem nadnormálních teplot vzduchu, což se následně projevilo výrazným poklesem odtoku a dlouhodobějším hydrologickým suchem. Výsledky budou využity při tvorbě metodiky, tak odborného článku.

Seznam odborných podkladů

ČHMÚ (2023): Databáze vybraných klimatických a hydrologických proměnných 1982-2021.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, v. v. i (2023).: Digitální báze vodohospodářských dat DIBAVOD: <http://dibavod.cz>

Wu, T., & Li, Y. (2013). Spatial interpolation of temperature in the United States using residual kriging. *Applied Geography*, 44, 112-120.

Výsledek je volně dostupný zde*:

<https://www.lucc4hydro.cz/2023-2/>

* V případě, že je možné výsledek volně zpřístupnit.

Pokud nelze originální výsledek volně zpřístupnit, prokazuje jeho dosažení pouze tento dokument.