

Databáze HYMOD-KZ a deficitní oblasti

ADAM VIZINA, IRINA GEORGIEVOVÁ, PETR VYSKOČ, EVA MELIŠOVÁ, MARTIN HANEL, MIROSLAV TRNKA, PETR PAVLÍK, MILAN FISCHER

Klíčová slova: vodní zdroje — nedostatek vody — vodní bilance — klimatická změna — deficitní oblasti

ABSTRAKT

Příspěvek popisuje databázi HYMOD-KZ, která je dostupná na adrese <https://shiny.vuv.cz/HYMOD-KZ/>. Databáze poskytuje detailní výsledky hydrologického modelování a analýzy hydrologické bilance povodí (vodních útvarů) pro současné a výhledové klimatické podmínky, přičemž zahrnuje také aktualizované deficitní oblasti, jejichž popis je součástí tohoto příspěvku. Tento nástroj se může stát podkladem pro odborníky ve vodním hospodářství, pro akademickou sféru, ale i širokou odbornou společnost, jelikož poskytuje výstupy v prostorovém rozlišení vodních útvarů. Grafické zobrazení výsledků usnadňuje pochopení komplexních hydrologických jevů a podporuje rozhodování v oblasti vodohospodářského plánování.

ÚVOD

Klimatická změna představuje jednu z nejvýznamnějších environmentálních výzev, která zásadně ovlivňuje dostupnost a kvalitu vodních zdrojů [1, 2]. V České republice (ČR) se klimatická změna projevuje zejména prostřednictvím nárůstu teplot vzduchu, změn v rozložení srážek, zvýšené frekvence a intenzity sucha a naopak krátkodobých extrémních srážkových událostí, jež mohou vést k povodním [3, 4]. Tyto změny narušují hydrologickou rovnováhu krajiny, ovlivňují vodní bilanci a přispívají ke snížené dostupnosti zásob podzemních i povrchových vod, které jsou klíčové pro zásobování obyvatelstva, zemědělství [5] i průmyslu.

V některých oblastech ČR, jež jsou již nyní klasifikovány jako deficitní z hlediska vodního režimu, se dopady klimatické změny ještě prohlubují. Nedostatek vody se projevuje jak v období sucha, kdy dochází k poklesu hladin řek a snížení dostupnosti vody pro různé účely, tak i v zimních měsících, kdy snížené zásoby vody ve sněhové pokrývce přispívají k nízkým průtokům v jarním období. Tyto problémy jsou umocněny rostoucí teplotou vzduchu, která zvyšuje výpar, a tím dále snižuje dostupnost vody v krajině.

Databáze HYMOD-KZ je nástrojem, jenž přináší výsledky hydrologického modelování a analýzy vodní bilance pro současné a budoucí klimatické podmínky v ČR. Tento nástroj využívá pokročilé metody hydrologického modelování, které zahrnují jak prostorovou interpolaci meteorologických dat, tak simulace změn vodního režimu na základě různých klimatických scénářů. Databáze poskytuje prostorově explicitní informace o vodní bilanci, což umožňuje detailní hodnocení dopadů klimatické změny na jednotlivá povodí a vodní útvary.

V rámci databáze HYMOD-KZ jsou také identifikovány tzv. deficitní oblasti, kde je klimatologická vodní bilance výrazně záporná, což indikuje rizika pro udržitelné hospodaření s vodními zdroji. Tyto informace jsou klíčové pro plánování vodohospodářských opatření, jako je budování nových retenčních nádrží, optimalizace využití vodních zdrojů či implementace adaptačních

strategií zaměřených na zlepšení akumulační schopnosti krajiny. Databáze je proto nástrojem (podkladem) pro odborníky ve vodním hospodářství, kteří mohou data využít k podpoře rozhodování a k tvorbě dlouhodobých strategií na zmírnění dopadů klimatické změny.

METODIKA A DATA

Současné klimatické podmínky

Pro samotné hodnocení současných podmínek byla využita klimatická data za období 1961–2020, a to časové řady teplot vzduchu a srážkových úhrnů. Jelikož dlouhé časové řady obsahují chyby měření, nehomogenity způsobené přesunem stanice, změnou přístrojů či pozorovatele, případně výpadky měření, je nutné datové řady od těchto vlivů očistit. Za tímto účelem prošla data kontrolou kvality dat v rámci databáze CLIDATA na ČHMÚ. Všechna data byla otestována na nehomogenity v řadách a ty byly pomocí vlastní metody DAP korigovány. Chybějící data v celém úseku 1961–2020 byla dopočítána na základě interpolačních metod. Takto zpracovaná staniční data byla následně interpolována do gridové sítě s prostorovým rozlišením 500 m. Pro každý den byla určena závislost na terénních parametrech (nadmořská výška, sklon, drsnost) a dále na zeměpisné šířce a délce. Podkladem pro prostorovou interpolaci je mapa terénu s rozlišením 500 × 500 m. Výsledkem prostorové interpolace jsou vrstvy (GeoTIFF) meteorologických veličin v denním časovém kroku, které byly použity k odvození časových řad pro zájmové území (k těžišti jednotlivých útvarů povrchových vod). Pro samotné hodnocení bylo použito období 1991–2020, jež odpovídá aktuálnímu referenčnímu období.

Scénáře změny klimatu ve vodním hospodářství

Klimatické modely jsou matematické reprezentace fyzikálních procesů, které se odehrávají v atmosféře, oceánech, ledových příkrovech a na pevnině. Slouží k simulaci minulého, současného a budoucího klimatu na Zemi. Globální klimatické modely (GCM) pracují s hrubým prostorovým rozlišením, což znamená, že menší geografické oblasti, jako je ČR, nejsou v těchto modelech přesně prezentovány. Proto se také na regionální úrovni využívají regionální klimatické modely (RCM), jež prostorově zpřesňují výstupy GCM. Využití GCM i RCM má své výhody i nevýhody [6].

Nejnovější CMIP6 GCM simulace [7, 8] zahrnují modely s různým prostorovým rozlišením, většinou okolo 100 nebo 250 km. Některé modely s rozlišením 50 km však končí simulace v polovině 21. století. Modely se liší komplexností popisu klimatického systému a parametrizací menších měřítek, což vede k rozdílům mezi simulovaným klimatem a realitou. Pro střední Evropu byly vybrány

GCM, které nejlépe simulují její klima, a bylo zajištěno, aby tento výběr reprezentoval celou původní množinu modelů. Bylo vybráno šest modelů s rozlišením do 100 km, které pokrývají všechny emisní scénáře a zohledňují základní meteorologické prvky.

Scénáře klimatické změny (SSP [9]) odrážejí různé možné budoucí trajektorie světa z pohledu emisí i socioekonomického vývoje:

- SSP1–2.6: udržitelný vývoj
- SSP2–4.5: střední cesta se zhoršováním environmentálních systémů
- SSP3–7.0: regionální rivalita a omezený ekonomický rozvoj
- SSP5–8.5: vývoj založený na fosilních palivech

Výběr modelů GCM byl proveden podle metodiky [10] a zajišťuje věrohodné simulace klimatu střední Evropy. Dále byl zahrnut regionální model ALADIN-CLIMATE/CZ, jenž se vyznačuje vysokým prostorovým rozlišením. Výpočetní oblast modelu ALADIN-CLIMATE/CZ zahrnuje téměř celou Evropu s ČR v jejím středu, což je důležité pro vlastní modelování budoucího klimatu, nicméně pro další zpracování výsledků již není potřeba, proto byla zredukována [11]. Výsledný soubor použitých simulací je uveden v tab. 1.

Tab. 1. Vybrané modely GCM ze simulací CMIP6 a ALADIN-CLIMATE/CZ, jejich prostorové rozlišení a dostupné scénáře socioekonomického vývoje

Tab. 1. Selected GCM models from CMIP6 and ALADIN-CLIMATE/CZ simulations, their spatial resolution, and available SSP scenarios

Model GCM	Dostupné scénáře klimatické změny	Prostorové rozlišení modelu [km]
CMCC-ESM2	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	100 × 90
EC-EARTH3	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	80
GFDL-ESM4	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	100
MPI-ESM1–2-HR	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	50
MRI-ESM2–0	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	60
TAIESM1	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	100
ALADIN-CLIMATE/CZ	SSP245, SSP585	2,3

Pro tvorbu scénářů změny klimatu v kontextu odhadu změn hydrologické bilance se v ČR standardně využívá tzv. přírůstková metoda, zejména pro studie v měsíčním kroku. Tato metoda spočívá v transformaci pozorovaných dat tak, aby změny transformovaných veličin odpovídaly změnám odvozeným ze simulací klimatických modelů. V měsíčním kroku se běžně uvažují změny průměrných měsíčních úhrnů srážek a průměrné měsíční teploty. V denním kroku je nutné uvažovat i změny variability veličin. Pro tvorbu scénářů změny klimatu byla proto využita pokročilá přírůstková metoda *Advanced Delta Change* (ADC). Podstatou přírůstkové metody je transformace pozorovaných dat způsobem, jenž zaručí, že změny mezi transformovanou a původní řadou jsou stejné jako změny odvozené z regionálního klimatického modelu. U srážek a teploty (zejména v denním kroku) je žádoucí, aby uvažované transformace zohledňovaly změny jak v průměru, tak ve variabilitě. To zjednodušeně znamená, že extrémy se mohou měnit jinak než průměr. Při odvození změn srážek z klimatického modelu ADC metoda uvažuje i systematické chyby simulace. Jelikož teplota je transformována lineárně, nemá systematická chyba na výslednou transformaci teploty vliv [12]. Zvolenou metodou byly transformovány vybrané [13, 14] Globální cirkulační modely (GCM) a Regionální cirkulační model ALADIN-CLIMATE/CZ pro jednotlivé vodní útvary.

Modelování hydrologické bilance

K modelování hydrologické bilance byl použit konceptuální model BILAN, který je vyvíjen více než 20 let v oddělení hydrologie VÚV TGM. Model počítá v denním či měsíčním časovém kroku chronologickou hydrologickou bilanci povodí či území. Vyjadřuje základní bilanční vztahy na povrchu povodí, v zóně aerace, do níž je zahrnut i vegetační kryt povodí, a v zóně podzemní vody. Jako ukazatel bilance energie, která hydrologickou bilanci významně ovlivňuje, je použita teplota vzduchu. Výpočtem se modeluje potenciální evapotranspirace, územní výpar, infiltrace do zóny aerace, průsak touto zónou, zásoba vody ve sněhu, zásoba vody v půdě a zásoba podzemní vody. Odtok je modelován jako součet tří složek: dvě složky přímého odtoku (zahrnující i podpovrchnový odtok) a základní odtok [15–18]. Pro modelování hydrologické bilance byla použita denní verze modelu, která je řízena šesti parametry. Model využívá lineárních a nelineárních nádrží, pomocí nichž se srážky transformují na odtok. Hlavní vstupy modelu tvoří srážky a teplota vzduchu (pro kalibraci také měřený odtok), výstupem je modelovaný odtok z povodí a ostatní složky hydrologické bilance.

Pro samotné simulace byl využit kalibrovaný hydrologický model BILAN v rámci systému HAMR [19].

Hydrologické modelování změn klimatu

Postup modelování dopadu změny klimatu na hydrologický režim lze stručně shrnout následovně:

1. Zvolený hydrologický model je pro vybrané povodí kalibrován pomocí pozorovaných dat. Hydrologický model by měl být fyzikálně založen, aby bylo zaručeno, že i pro nepozorované podmínky bude poskytovat fyzikálně přijatelné výsledky.
2. Vstupní veličiny z globálního, popřípadě vnořeného regionálního klimatického modelu jsou převedeny na časové řady scénářů pro jednotlivá povodí, a to v tomto případě následným zpracováním výstupu klimatického modelu, tj. využitím přírůstkové metody či korekce systematických chyb. Často je nutné pomocí prostorové interpolace vztáhnout data z výpočetních buněk klimatického modelu k těžišti daného povodí. Pro korektní využití metod je nezbytné mít k dispozici pozorovaná data.
3. Pomocí kalibrovaného hydrologického modelu a časových řad scénářů je provedena simulace hydrologické bilance pro odpovídající období. Podrobněji jsou postupy popsány v publikacích [15–19].

Deficitní oblasti

V rámci databáze jsou zobrazeny deficitní oblasti vodního režimu krajiny z pohledu klimatologického, bez vodohospodářského aspektu. Na základě analýz vstupních veličin byla zvolena jednoduchá interpretace deficitních oblastí na základě tzv. klimatologické vodní bilance, která je dána vztahem:

$$B = P - PET,$$

kde:

B	je	klimatologická vodní bilance
P		srážkový úhrn
PET		potenciální evapotranspirace

Bilance byla vypočtena pro současné a výhledové podmínky na základě výše zmíněných simulací, agregována a rozdělena do kategorií:

1. Bezproblémová oblast: $B > 0$ mm
2. Riziková oblast: $0 \text{ mm} > B > -100$ mm
3. Ohrožená oblast: $-100 \text{ mm} > B > -200$ mm
4. Kritická oblast: $B < -200$ mm.

Databáze HYMOD-KZ: Specializovaná veřejná databáze

Na základě výstupů (zabývajících se modelováním dopadů klimatické změny na vodní režim) projektů TA ČR („Centrum Voda“ a „PERUN“) byla vytvořena databáze HYMOD-KZ, která je dostupná na <https://shiny.vuv.cz/HYMOD-KZ/>. Databáze je provozována na technice VÚV TGM v Praze. Cílem databáze je poskytnout uživatelům ucelené informace o dostupnosti vody (přirozeného vodního režimu) pro současné a výhledové podmínky s důrazem na jednotlivé simulace klimatických modelů.

Technická specifikace

Databáze HYMOD-KZ byla vytvořena v programovacím jazyce R, konkrétně v jeho verzi 4.3.1. Interaktivní webové rozhraní aplikace je zajištěno prostřednictvím open source nadstavby ve formě balíčků Shiny (verze 1.7.5.1) a flexdashboard (verze 0.6.2), kde Shiny zajišťuje funkcionalitu uživatelského rozhraní (tj. obsahuje veškeré funkce a výpočty i instrukce potřebné pro jeho rozvržení a vzhled), zatímco flexdashboard umožňuje provázání veškerých Shiny komponent formou jednoho RMarkdown dokumentu. Dále aplikace užívá nástrojů ve formě balíčků, jako jsou tidy (verze 1.3.0) a dplyr (verze 1.1.2), sloužících pro úpravu a transformaci dat, sf (verze 1.0-13) umožňující práci s OpenGIS standardem geografických dat, Simple Features a Leaflet (verze 2.2.0) umožňující zobrazování prostorových dat formou interaktivních map.

Úvodní strana

Rozcestník pro databázi je přes úvodní stranu (obr. 1), na které je zobrazeno:

1. Logo a název projektu a logo databáze.
2. Sekce s veřejnou databází: Obsahuje odkazy na sekce, jako jsou „Hydrologická bilance“ a „Deficitní oblasti“, které uživatelům poskytují přístup k relevantním informacím a datům.
3. Kontaktní informace: Na pravé straně jsou uvedeny kontaktní informace na řešitele včetně jejich institucí a umístění.
4. Anotace projektu.

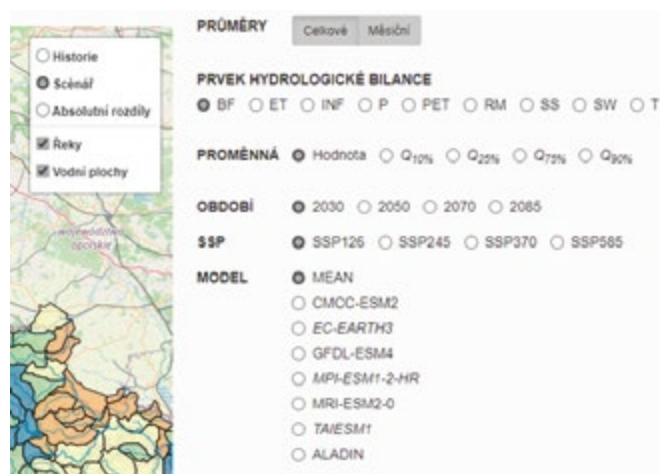


Obr. 1. Rozdělovník úvodní strany databáze HYMOD-KZ
Fig. 1. Main menu of the HYMOD-KZ database home page

Hydrologická bilance

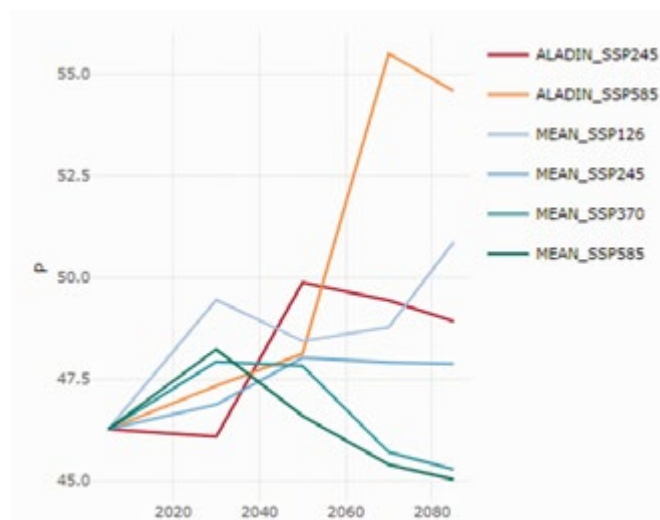
Komponenta „Hydrologická bilance“ zobrazuje souhrn základních hydro-klimatologických veličin pro jednotlivé vodní útvary. Na obr. 2 je znázorněno uživatelské rozhraní s různými možnostmi výběru. Uživatel si může vybrat různé proměnné:

- BF – základní odtok [mm],
- ET – aktuální evapotranspirace [mm],
- INF – infiltrace [mm],
- P – srážkový úhrn [mm],
- PET – potenciální evapotranspirace [mm],
- RM – modelovaný odtok [mm],
- SS – zásoba vody ve sněhu [mm],
- SW – zásoba vody v půdě [mm],
- T – teplota vzduchu [°C].



Obr. 2. Rozdělovník databáze HYMOD-KZ: možnosti výběru veličin a časového výhledu v komponentě „Hydrologická bilance“

Fig. 2. HYMOD-KZ database main menu: options for selecting variables and time period in the “Hydrological balance” component



Obr. 3. Vývoj zvolené veličiny ve vodním útvaru dle jednotlivých SSP scénářů a modelu ALADIN-CLIMATE/CZ

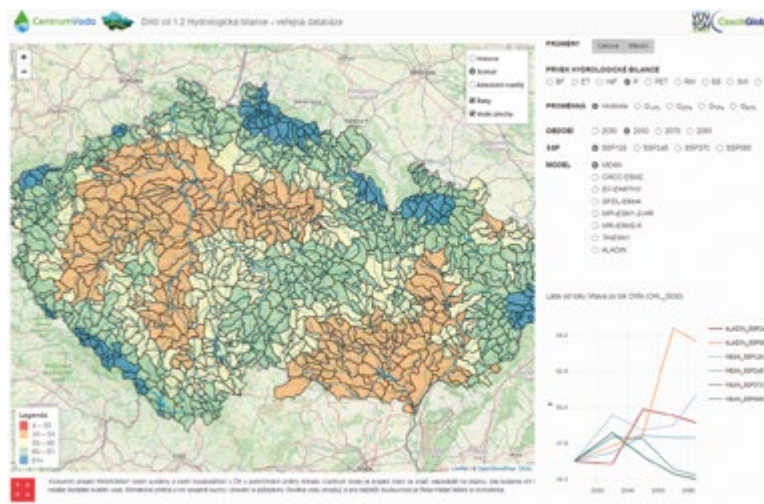
Fig. 3. Development of the selected variable in a specific water body based on individual SSP scenarios and the ALADIN-CLIMATE/CZ model

Hodnoty jsou agregovány do měsíčních (záložka „Měsíční“) a ročních hodnot (záložka „Celkové“) a dále odvozených základních statických veličin, jako je průměr („Hodnota“) či dílčí kvantily (10%, 25%, 75% a 95%). V rámci aplikace je dále možné vybírat mezi různými obdobími (2030, 2050, 2070, 2085) a různými socio-ekonomickými cestami (SSP126, SSP245, SSP370, SSP585), což naznačuje možné budoucí vývojové scénáře.

Pod tímto výběrem jsou uvedeny modely klimatu, jako je MEAN (průměr ze všech modelů), CMCC-ESM2, EC-EARTH3, GFDL-ESM4, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0, TAIESM1 a ALADIN (ALADIN-CLIMATE/CZ), jež představují různé klimatické modely používané pro simulace. Dále je možné zobrazovat hodnoty pro současnost 1991–2020, „Historie“, hodnoty scénářů („Scénář“) k rokům 2030, 2050, 2070 a 2085 a absolutní rozdíly mezi výhledem a současností pro zvolenou veličinu.

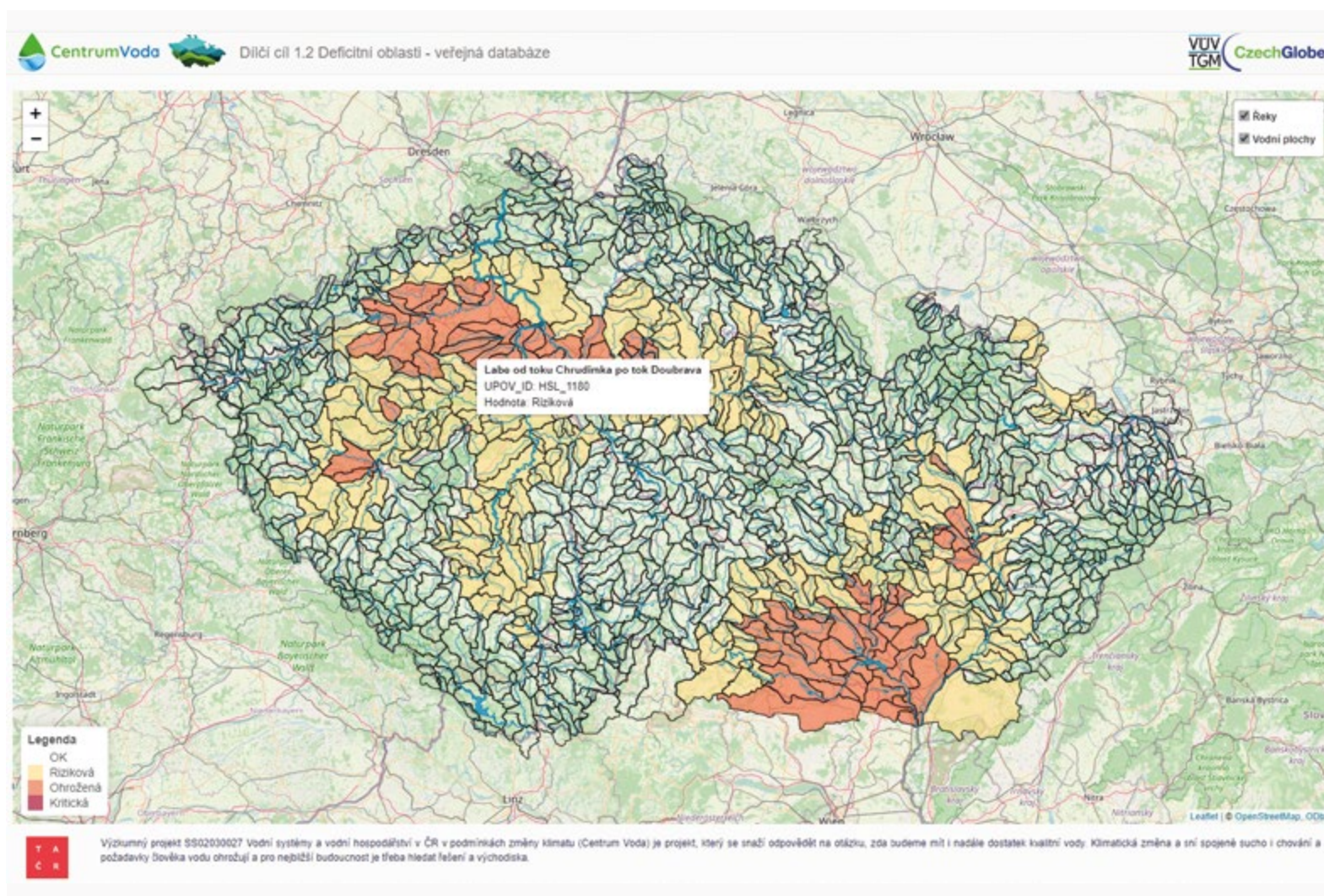
Graf (obr. 3) zobrazuje vývoj zvolené veličiny, kvantilu a vodní útvar dle jednotlivých SSP scénářů a simulací modelem ALADIN-CLIMATE/CZ pro jednotlivé časové horizonty.

Na obr. 4 je celková kompozice výstupu, která se skládá z mapového okna a grafů vývoje na základě zvolené kombinace (v tomto případě absolutní hodnoty srážkového úhrnu pro variantu: výhled k roku 2050, SSP126 a MEAN – průměr ze všech simulací).



Obr. 4. Srážkový úhrn pro variantu: výhled k roku 2050, SSP126 a MEAN (aritmetický průměr ze všech simulací)

Fig. 4. Precipitation total for scenarios: outlook to 2050, SSP126, and MEAN (arithmetic mean of all simulations)



Obr. 5. Vyhodnocené deficitní oblasti

Fig. 5. Evaluated deficit areas

Deficitní oblasti

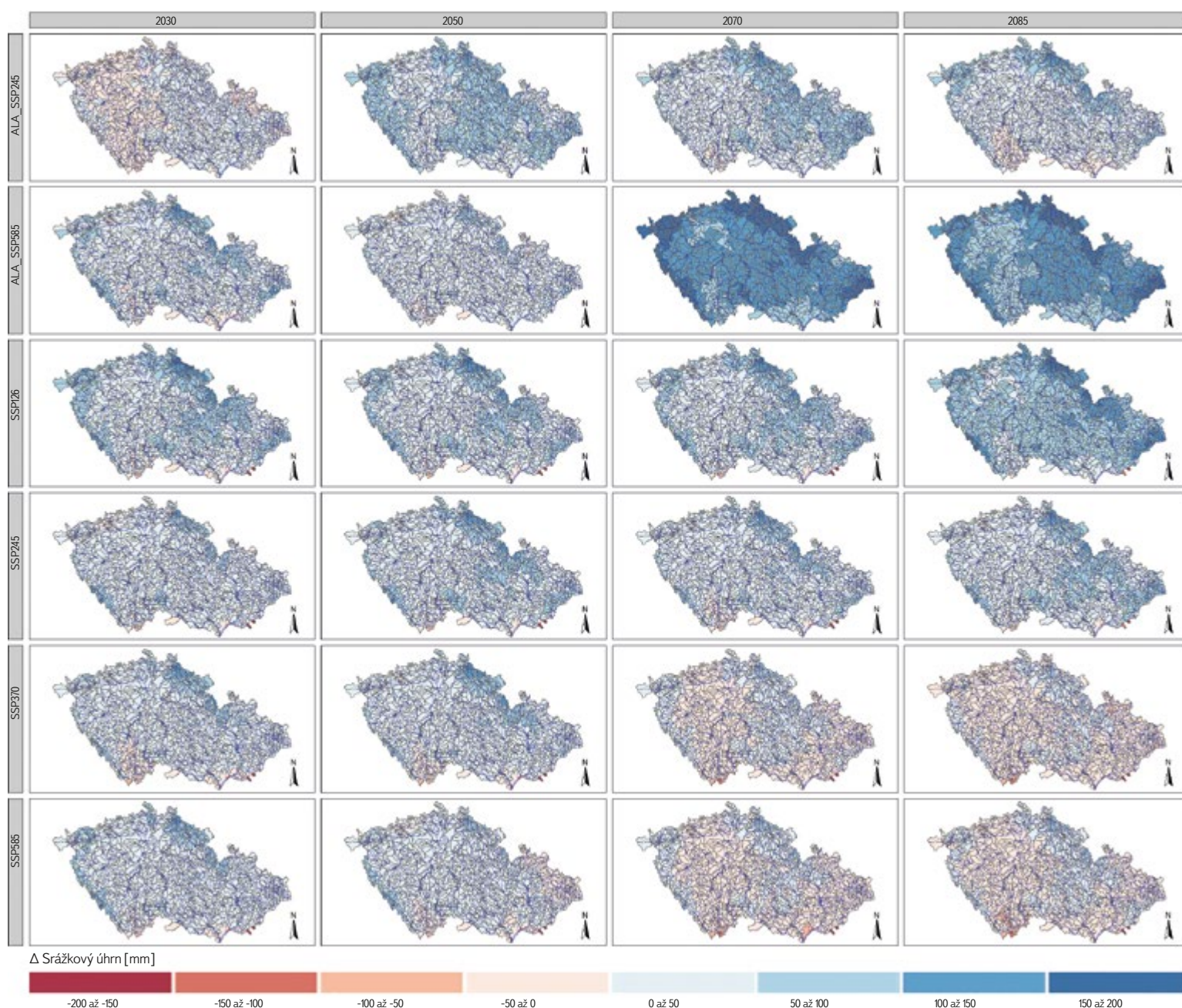
Na počátku řešení (rok 2020) projektu „Centrum Voda“ byly definovány tzv. deficitní oblasti ČR, které byly stanoveny odborným posouzením na základě předchozích studií zabývajících se dopadem změny klimatu na vodní režim a vymezením problematických hydrogeologických rajonů. V rámci řešení projektu „Centrum Voda“ byly tyto oblasti upřesněny na základě využití modelování hydrologické bilance v rozlišení vodních útvarů a aktualizace výstupů z klimatických modelů. U deficitních oblastí by se měla navrhnout adaptační opatření a jejich dopad na vodní režim dané lokality by měl být vyhodnocen.

Na základě zmíněné metodiky výpočtu deficitních oblastí je v komponentě „Deficitní oblasti“ zobrazena mapa ČR (obr. 5) s vymezením aktualizovaných oblastí. Mapa by měla být v průběhu řešení (do konce roku 2024) doplněna o vrstvu, která

bude poskytovat i informace o deficitních oblastech z vodohospodářského pohledu. Pro finalizaci mapy byly využity také podklady dle výhledů jednotlivých simulací.

Na obr. 6 jsou zobrazeny průměrné absolutní změny srážkových úhrnů pro souhrn simulací dle SSP scénářů a pro dílčí časové kroky. Analogicky jsou vyobrazeny absolutní průměrné změny odtokových výšek na obr. 7. Lze pozorovat nárůst srážkových úhrnů dle většiny simulací, jež však často nedokážou kompenzovat nárůst evapotranspirace, který je způsoben především zvýšenou teplotou vzduchu. To má dopad na odtokové výšky.

Na obr. 8 jsou znázorněny deficitní oblasti. Šedé polygony vymezují deficitní oblasti stanovené na počátku řešení projektu „Centrum Voda“. Je zde zřejmý velký rozptyl, a to především pro vzdálenější časové horizonty. Z tohoto důvodu se pro aktualizaci oblastí zvažovaly simulace k roku 2050 (stanoven i jako referenční rok projektu).



Obr. 6. Absolutní změny srážkových úhrnů na základě jednotlivých simulací klimatických modelů

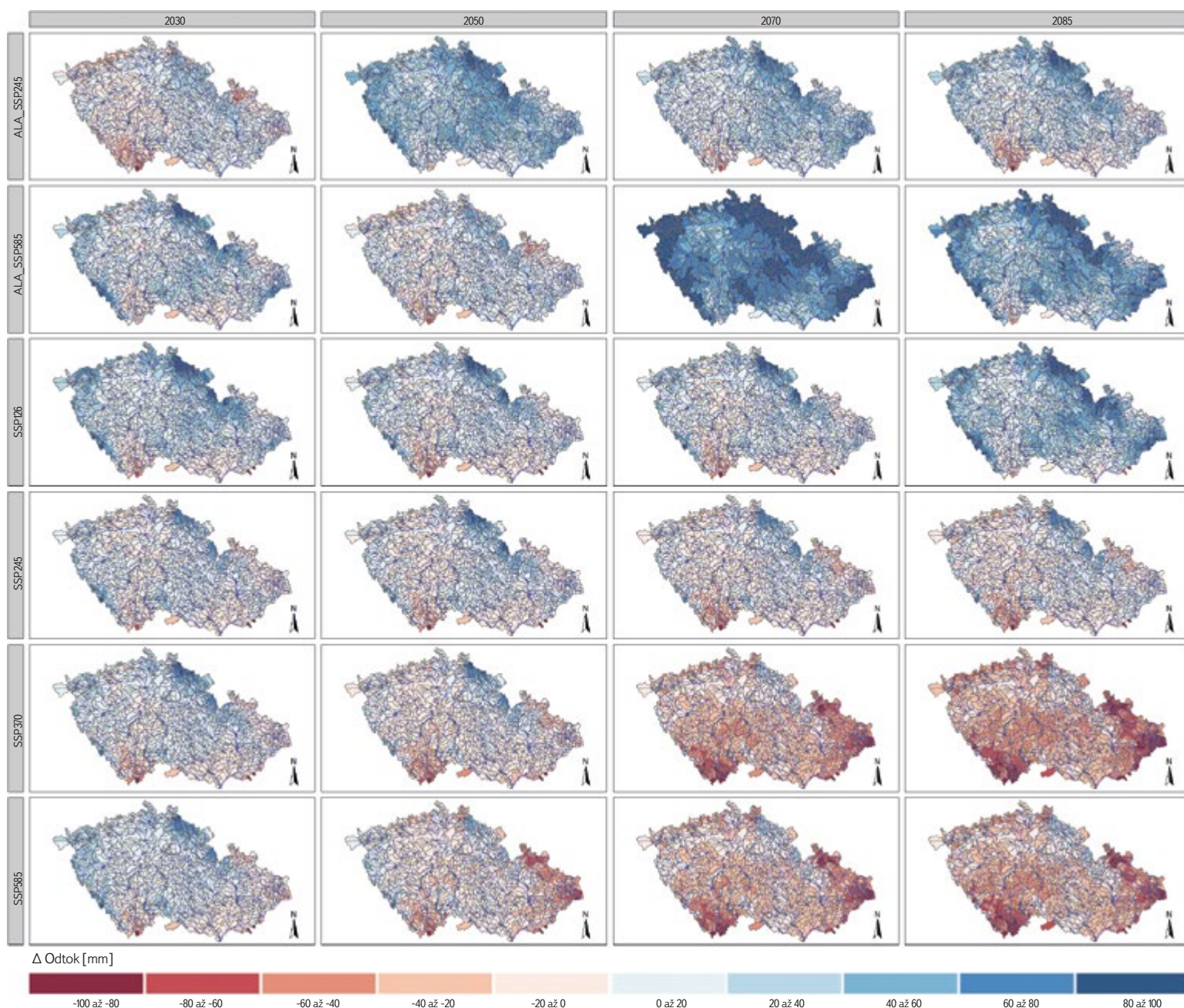
Fig. 6. Absolute changes in precipitation based on individual climate model simulations

ZÁVĚR A DISKUZE

Cílem výše popsaného řešení bylo poskytnout aktuální informace o možných dopadech klimatické změny na hydrologické bilanční charakteristiky (odtok, základní odtok, dílčí zásoby vody a např. evapotranspiraci). Samotný příspěvek detailně nepopisuje jednotlivé metodologické kroky postupu vyhodnocení, ale spíše závěrečnou syntézu datových výstupů dané problematiky.

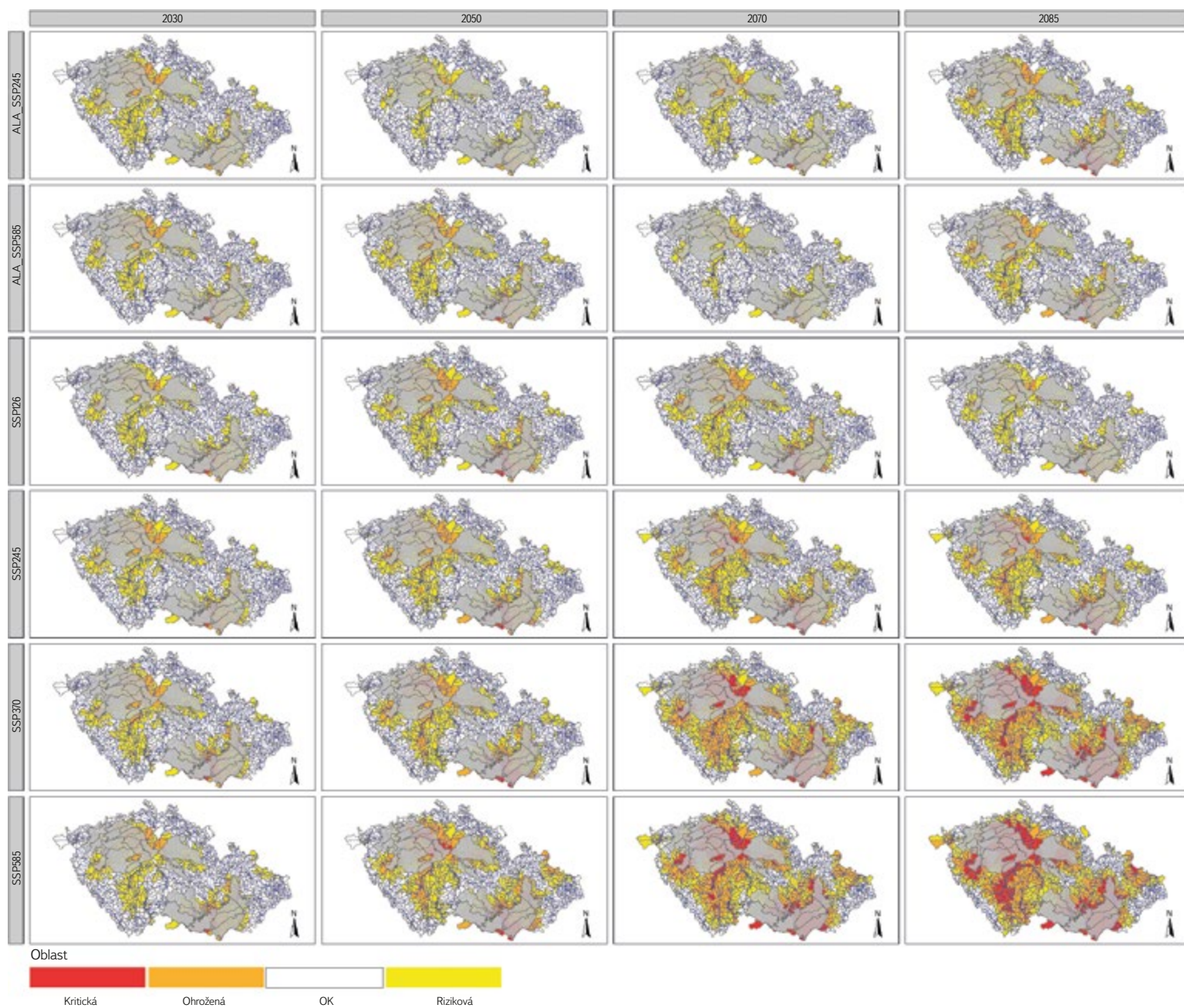
Stránka HYMOD-KZ na adrese <https://shiny.vuv.cz/HYMOD-KZ/> poskytuje detailní výsledky hydrologického modelování a analýzu hydrologické bilance povodí. Tento nástroj může být klíčový pro odborníky ve vodohospodářství, jelikož poskytuje data různých scénářů dopadu změny klimatu na kvantitu vody. Tato data mohou být využita pro další navazující studie, a to nejen výzkumného charakteru. V rámci výstupů však lze pozorovat významnou variabilitu změn,

jež jsou dány především vstupními klimatickými daty (zejména jednotlivými výhledy srážkových úhrnů a jejich časovou distribucí v průběhu roku) a nejistotami v simulacích hydrologického modelu, který je kalibrován na základě dostupných vstupních dat. Samotnými kalibračními strategiemi se zabývá celá řada studií a výzkumů. Budoucí výzkum by mohl být obohacen o použití různých hydrologických modelů a vývoj ensemblových řešení založených na hydrologických simulacích se stejnými datovými vstupy.



Obr. 7. Absolutní změny odtokových výšek na základě jednotlivých simulací klimatických modelů

Fig. 7. Absolute changes in runoff based on individual climate model simulations



Obr. 8. Hodnocení deficitních oblastí na základě jednotlivých simulací klimatických modelů (šedé polygony udávají neaktualizovanou vrstvu deficitních oblastí)
 Fig. 8. Evaluation of deficit areas based on individual climate model simulations (grey polygons indicate the non-updated layer of deficit areas)

Poděkování

Článek vznikl na základě výzkumu prováděného v rámci výzkumného projektu č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu“ („Centrum Voda“), pracovního balíčku 1 a dílčího cíle 1.2. Pro samotné modelování byla využita také data projektu č. SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku“ („Centrum PERUN“).

Literatura

- [1] VIZINA, A., VYSKOČ, P., KOŽÍN, R., NOVÁKOVÁ, H. Potenciál chráněných území pro akumulaci povrchových vod pro zmírnění dopadů klimatické změny na zásobování pitnou vodou. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2023, 65(1), s. 32–41.
- [2] PRCHALOVÁ, H., VYSKOČ, P., VIZINA, A., NOVÁKOVÁ, H. Bilance zdrojů podzemní vody a potřeb pro pitné účely v podmínkách klimatické změny. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2022, 64(5), s. 22–31.
- [3] TRNKA, M., VIZINA, A., HANEL, M., BALEK, J., FISCHER, M., HLAVINKA, P., ... BRÁZDIL, R. Increasing Available Water Capacity as a Factor for Increasing Drought Resilience or Potential Conflict over Water Resources under Present and Future Climate Conditions. *Agricultural Water Management*. 2022, 264, 107460.
- [4] MARKONIS, Y., HANEL, M., MÁČA, P., KYSELÝ, J., COOK, E. R. Persistent Multi-Scale Fluctuations Shift European Hydroclimate to its Millennial Boundaries. *Nature Communications*. 2018, 9(1), 1767.
- [5] POTOPOVÁ, V., TRNKA, M., VIZINA, A., SEMERÁDOVÁ, D., BALEK, J., CHAWDHERRY, M. R. A., ... CLOTHIER, B. Projection of 21st Century Irrigation Water Requirements for Sensitive Agricultural Crop Commodities across the Czech Republic. *Agricultural Water Management*. 2022, 262, 107337.

- [6] DI LUCA, A., DE ELÍA, R., LAPRISE, R. Potential for Added Value in Precipitation Simulated by High-Resolution Nested Regional Climate Models and Observations. *Climate Dynamics*. 2012, 38, s. 1 229–1 247.
- [7] O'NEILL, B. C., TEBALDI, C., VAN VUUREN, D. P., EYRING, V., FRIEDLINGSTEIN, P., HURTT, G., ... SANDERSON, B. M. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*. 2016, 9(9), s. 3 461–3 482.
- [8] MERESA, H., TISCHBEIN, B., MEKONNEN, T. Climate Change Impact on Extreme Precipitation and Peak Flood Magnitude and Frequency: Observations from CMIP6 and Hydrological Models. *Natural Hazards*. 2022, 111(3), s. 2 649–2 679.
- [9] SU, B., HUANG, J., MONDAL, S. K., ZHAI, J., WANG, Y., WEN, S. ... LI, A. Insight from CMIP6 SSP-RCP Scenarios for Future Drought Characteristics in China. *Atmospheric Research*. 2021, 250, 105375.
- [10] MEITNER, J., ŠTĚPÁNEK, P., SKALÁK, P., DUBROVSKÝ, M., LHOTKA, O., PENČEVOVÁ, R. ... TRNKA, M. Validation and Selection of a Representative Subset from the Ensemble of EURO-CORDEX EUR11 Regional Climate Model Outputs for the Czech Republic. *Atmosphere*. 2023, 14(9), 1442.
- [11] MAŠEK, J. Klimatická konfigurácia modelu ALADIN na ČHMÚ. In: TOLASZ, R., POLCAROVÁ, E. (eds.), *Sborník příspěvků z První konference projektu PERUN (TA ČR, SS02030040)*. Praha: ČHMÚ, 2023.
- [12] VIZINA, A., HANEL, M. a kol. *Střední scénář klimatické změny pro vodní hospodářství v České republice. Zprávy pro státní podniky povodí*. Praha: VÚV TGM v. v. i., 2019.
- [13] ŠTĚPÁNEK, P. a kol. *Očekávané klimatické podmínky v České republice*. Brno: ÚVKG AV ČR, 2019. Vydané v rámci projektu: „SustE5 – Adaptační strategie pro udržitelnost ekosystémových služeb a potravinové bezpečnosti v nepříznivých přírodních podmínkách“ (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000797). ISBN 978-8-87902-28-8.
- [14] VIZINA, A., HANEL, M. a kol. *Střední scénář klimatické změny pro vodní hospodářství v České republice. Zprávy pro státní podniky povodí*. Praha: VÚV TGM v. v. i., 2019.
- [15] TALLAKSEN, L. M., VAN LANEN, H. A. (eds.). *Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Developments in Water Science 48, Elsevier Science B. V. 2004.
- [16] VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. Recent Developments of the BILAN Model. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2015, 57(4–5), s. 7–10.
- [17] MELIŠOVÁ, E., VIZINA, A., STAPONITES, L. R., HANEL, M. The Role of Hydrological Signatures in Calibration of Conceptual Hydrological Model. *Water*. 2020, 12(12), 3401.
- [18] GEORGIEVOVÁ, I., HANEL, M., PAVLÍK, P., VIZINA, A. Streamflow Simulation in Poorly Gauged Basins with Regionalised Assimilation Using Kalman Filter. *Journal of Hydrology*. 2023, 620, 129373.
- [19] VIZINA, A., HANEL, M., TRNKA, M., DAŇHELKA, J., GREGORIEOVÁ, I., PAVLÍK, P., HEŘMANOVSKÝ, M. HAMR: On-line Drought Management System – Operational Management During a Dry Episode. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, 60(5), s. 22–28.

Autoři

Ing. Adam Vizina, Ph.D.^{1,2}

✉ adam.vizina@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-4683-9624

Ing. Irina Georgievová^{1,2}

✉ irina.georgievova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5760-6471

Ing. Petr Vyskoč¹

✉ petr.vyskoc@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5006-5414

Ing. Eva Melišová, Ph.D.¹

✉ eva.melissova@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-5677-2673

Prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.^{1,2}

✉ martin.hanel@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-8317-6711

Prof. Mgr. Ing. Miroslav Trnka, Ph.D.³

✉ mirek_trnka@yahoo.com

ORCID: 0000-0003-4727-8379

Ing. Petr Pavlík^{1,2}

✉ petr.pavlik@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-6138-1156

Ing. Milan Fischer, Ph.D.³

✉ fischer.milan@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7841-9317

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha (Česká republika)

²Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha (Česká republika)

³Ústav výzkumu globální změny AV, Praha (Česká republika)

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.09.003

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

HYMOD-KZ DATABASE AND DEFICIT AREAS

VIZINA, A.^{1,2}; GEORGIEVOVÁ, I.^{1,2}; VYSKOČ, P.¹; MELIŠOVÁ, E.¹; HANEL, M.^{1,2}; TRNKA, M.³; PAVLÍK, P.^{1,2}; FISCHER, M.³

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague (Czech Republic)

²Czech University of Life Sciences, Faculty of Environmental Sciences, Prague (Czech Republic)

³Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Prague (Czech Republic)

Keywords: water resources – water scarcity – water balance – climate change – deficit areas

The article describes the HYMOD-KZ database, available at <https://shiny.vuv.cz/HYMOD-KZ/>. The database provides detailed results of hydrological modeling and hydrological balance analysis of catchments (water bodies) for current and future climate conditions. This tool can serve as a foundation for water management experts, academics, and the broader professional community, as it provides outputs at the spatial resolution of water bodies. The graphical representation of results facilitates understanding of complex hydrological phenomena and supports decision-making in water management planning.