

Scénáře budoucího vývoje klimatu v Jeseníkách podle modelu ALADIN-CLIMATE/CZ

Scenarios of future climate development in the Jeseníky Mountains according to the ALADIN-CLIMATE/CZ model

Veronika Šustková

Český hydrometeorologický ústav
pobočka Ostrava
K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava
✉ veronika.sustkova@chmi.cz

Adam Valík

Český hydrometeorologický ústav
pobočka Brno
Kroftova 2578/43, 616 67 Brno
✉ adam.valik@chmi.cz

Radim Tolasz

Český hydrometeorologický ústav
pobočka Ostrava
K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava
✉ radim.tolasz@chmi.cz

Iryna Dvoretzka

Český hydrometeorologický ústav
pobočka Ostrava
K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava
✉ iryna.dvoretzka@chmi.cz

The need for highly-quality data with good spatial resolution is getting urgent with ongoing climate change and the ever-increasing emphasis on the implementation of adaptation and mitigation measures. Two scenarios of potential climate development in the territory of the Czech Republic were created as part of the PERUN project, based on SSP (Shared Socioeconomic Pathways) socioeconomic scenarios. Using these scenarios, we can also get an idea of how the values of meteorological elements and associated climate indices will change in future periods, which serve us to assess the risks of these changes for nature and society. The aim of this contribution is to demonstrate the results of both scenarios and to describe the scope of these changes and the risks associated with them for the Jeseníky Mountains region.

KLÍČOVÁ SLOVA: ALADIN – Jeseníky – rizika klimatická – PERUN – scénáře socioekonomické (SSP)

KEYWORDS: ALADIN – Jeseníky Mountains – climate risks – PERUN – socioeconomic scenarios (SSP)

1. Úvod

Projekt PERUN (TAČR SS02030040 – PERUN Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku) je zaměřen na výzkum klimatických extrémů, sucha a důsledků jeho prohlubování v České republice. Úkolem projektu je podrobně analyzovat probíhající a predikované budoucí změny, včetně identifikace rizik pro životní prostředí a pro společnost. Výstupem budou i podklady nutné pro přípravu a aktualizaci strategických dokumentů a pro rozhodovací procesy nejen v oblasti adaptací na změnu klimatu, ale i pro doporučení a hodnocení mitigačních opatření v procesu jejich přípravy i realizace (PERUN 2022).

Díky klimatické verzi předpovědního modelu ALADIN-CLIMATE/CZ, konkrétně jeho konfiguraci označované ALARO (Brožková et al. 2019), která byla vytvořena v rámci projektu PERUN, máme k dispozici data vývoje základních meteorologických prvků pro následující období až do roku 2100 pro vybrané socioekonomické scénáře SSP (IPCC 2018) v prostrovém rozlišení $2,3 \times 2,3$ km. Cílem tohoto příspěvku je kromě prezentace modelovaného vývoje klimatu na území Jeseníků podle vybraných SSP scénářů i hodnocení potenciálních klimatických rizik z tohoto vývoje vyplývajících. Jeseníky jsou významnou lokalitou, a to nejen z pohledu historického vývoje, vegetace, ale například i klimatu. Jsou chráněnou krajinnou oblastí, zahrnují několik národních přírodních rezervací nebo například evropsky významných lokalit. Díky specifickému vývoji a přírodním podmínkám této oblasti mají neoddiskutovatelný *genius loci*. To dokazuje i oblíbenost Jeseníků u turistů. Analyzovány byly změny v intenzitách vybraných jevů, jejich trvání, plošnému rozsahu a frekvencích výskytu ve stanovených obdobích a jejich spolupůsobení.

2. Metodika

Ke studiu potenciálního vývoje klimatu na území České republiky byly vybrány socioekonomické scénáře SSP5-8.5 a SSP2-4.5. První z nich (zároveň i nejextrémnější a nejpesimističtější) vychází z předpokladu rychlého a neomezeného růstu ekonomické produkce a spotřeby energie, s tím související intenzivní využívání fosilních paliv a další rychlý růst emisí skleníkových plynů s malými investicemi do mitigačních technologií. Scénář SSP2-4.5, někdy nazývaný jako střední emisní scénář, počítá s investicemi do udržitelného rozvoje a snižováním intenzity využívání fosilních paliv. Tyto změny jsou však pomalé a i přes malá zlepšení stále dochází k degradaci přirozených ekosystémů.

Označení scénářů SSPx-y odkazuje na socioekonomický vývoj nebo socioekonomické trendy, z nichž scénář vychází a y označuje přibližnou úroveň radiačního působení [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] vyplývající z daného scénáře pro rok 2100. Jednotlivé SSP scénáře jsou přehledně a detailně popsány také v literatuře, například v pracích Meinshausen et al. (2020) nebo Riahi et al. (2017) a samozřejmě ve zprávách šestého hodnotícího cyklu IPCC (2022). V následujícím rámečku je popisné srovnání těchto dvou SSPx-y scénářů.

SSP2

Svět se ubírá cestou, na níž se sociální, ekonomické a technologické trendy výrazně neodchylují od historického vývoje. Rozvoj a růst příjmů probíhá nerovnoměrně, přičemž některé země dosahují relativně velkého pokroku, zatímco jiné zaostávají za očekáváním. Globální a národní instituce usilují o dosažení cílů udržitelného rozvoje, ale postupují pomalu. Environmentální systémy degradují, i když dochází k určitému zlepšení a celkově se snižuje intenzita využívání zdrojů a energie. Růst světové populace je mírný a ve druhé polovině století se zastaví. Příjmová nerovnost přetrvává nebo se zlepšuje jen pomalu a problémy se snižováním zranitelnosti vůči společenským a environmentálním změnám přetrvávají.

SSP5

Tento svět stále více věří v konkurenční trhy, inovace a participativní společnosti, které mají přinést rychlý technologický pokrok a rozvoj lidského kapitálu jako cestu k udržitelnému rozvoji. Globální trhy jsou stále více integrovány. Rovněž se výrazně investuje do zdravotnictví, vzdělávání a institucí s cílem posílit lidský a sociální kapitál. Současně je snaha o hospodářský a sociální rozvoj spojena s využíváním hojných zdrojů fosilních paliv a zaváděním životního stylu náročného na zdroje a energii po celém světě. Všechny tyto faktory vedou k rychlému růstu světové ekonomiky, zatímco světová populace v 21. století dosáhne svého maxima a bude klesat. Lokální problémy životního prostředí, jako je znečištění ovzduší, jsou úspěšně zvládnuty. Existuje víra ve schopnost účinně řídit sociální a ekologické systémy, v případě potřeby i pomocí geoinženýrství.

Díky modelu ALADIN-CLIMATE/CZ jsme získali informace o vývoji základních přízemních i výškových meteorologických prvků až do roku 2100 v hodinovém kroku a prostorovém rozlišení $2,3 \times 2,3$ km. Tato data následně prošla BIAS korekcí (Ráty 2014; Štěpánek et al. 2016) a byla porovnána s daty ze staniční sítě ČHMÚ, která byla interpolována do gridové sítě o stejném rozlišení (Štěpánek et al. 2011). Zpracovávány byly klimatické charakteristiky a indexy vycházející z hodinových teplot vzduchu (průměrné a minimální), srážkových úhrnů a výšky sněhové pokrývky pro 20ti letá období 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100.

Výsledná data v gridovém poli s rozlišením $2,3 \times 2,3$ km byla interpolována metodou ClidataDEM pro tvorbu rastrových map (Stříž 2008), která zohledňuje vliv nadmořské výšky (případně orientace a sklonitosti svahů nebo krajinného pokryvu) na interpolovanou charakteristiku a zachovává původní hodnotu ve známém bodě. Připravené rastry byly následně zpracované do mapové podoby za využití desktopové verze software ArcGIS od firmy ESRI (ESRI 2020).

Tyto rastrové (mapové) výstupy byly dále podrobeny tzv. zonální statistice. Nástroj zonální statistika je v programu ArcGIS v rámci extenze Spatial Analyst (ESRI 2018) a umožňuje různé statistické analýzy a výpočty v rámci definovaných zón. Například statistické zpracování hodnot analyzované informační vrstvy (v našem případě gridy průměrné a minimální teploty vzduchu, úhrnu srážek a výšky sněhové pokrývky), které patří do zóny definované v druhé vrstvě. Jako druhá informační vrstva sloužila vektorová vrstva s pásmy nadmořské výšky, která byla odvozena ze stejného digitálního modelu terénu, jako byl využit pro interpolace. Výšková pásma byla pro oblast Jeseníků a okolí zvolena takto: < 400, 401–600, 601–800, 801–1 000, 1 001–1 200 a > 1 200 m n. m. Výstupem jsou průměrné hodnoty pro jednotlivé scénáře a výšková pásma, jež lze získat v podobě gridu nebo tabulky.

Pro analýzu rajonizace území Jeseníků z pohledu rizikovosti a změn frekvence extrémních jevů byla připravena sada „rizikových charakteristik“ popisujících vybrané kategorie nebezpečných jevů. Pro lepší názornost potenciálních rizik byly mapové vrstvy zobrazující vybrané indexy kombinovány do logických skupin s označením Horko, Mráz, Sucho, Přivalové deště, Bouře a Požáry (tab. 1).

Tab. 1 Sdružená rizika a klimatologické indexy a limitní hodnoty pro jejich stanovení (Tmax – maximální teplota vzduchu, AVG – průměr, SRA – úhrn srážek, TMI – minimální teplota vzduchu, F – rychlost větru).

Table 1. Combined risks and climatological indices and limit values for their determination (Tmax – maximum air temperature, AVG – average, SRA – precipitation total, TMI – minimum air temperature, F – Wind speed).

Sdružené riziko	Index	Označení	Limity
Horko	Počet horkých dnů	$T_{\text{max}} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$	15 dní·rok ⁻¹
		$T_{\text{max}} \geq 34\text{ }^{\circ}\text{C}$	6 dní·rok ⁻¹
	Počet tropických nocí	$T_{\text{min}} \geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	2 noci·rok ⁻¹
	Počet dní s horkou vlnou	$T_{\text{max}} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C} / 3\text{ dny}$	15 dní·rok ⁻¹
Mráz	Počet horkých vln	$T_{\text{max}} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C} / 3\text{ dny}$	4 vlny·rok ⁻¹
	Počet ledových dnů	$T_{\text{max}} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	50 dní·rok ⁻¹
Sucho	Denní maximální teplota ve vegetačním období IV–X	AVG	průměr nad 21 °C
	Počet dní bez srážek při vyšších teplotách	$\text{SRA} = 0\text{ mm}, \text{TMI} > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	100 dní·rok ⁻¹
Přivalové deště	Počet dní se srážkou nad limit	$\text{SRA} \geq 20\text{ mm}$	6 dní·rok ⁻¹
Bouře	Počet dní se silným větrem	$F > 10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	6 dní·rok ⁻¹
Požáry	Počet letních dnů	$T_{\text{max}} \geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	60 dní·rok ⁻¹
	Počet dní bez srážek při vyšších teplotách	$\text{SRA} = 0\text{ mm}, \text{TMI} > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	100 dní·rok ⁻¹

Tab. 2 Územní charakteristiky pro výšková pásma v Jeseníkách podle scénáře SSP2-4.5.

Table 2. Territorial characteristics for high-altitude zones in the Jeseníky Mountains according to the SSP2-4.5.

Prvek	Období	Polohy [m n. m.]					
		pod 400	401–600	601–800	801–1 000	1 001–1 200	nad 1 201
Průměrná roční teplota vzduchu [°C]	2021–2040	9,5	8,5	7,6	6,4	5,3	4,3
	2041–2060	9,8	8,7	7,8	6,6	5,6	4,5
	2061–2080	10,3	9,2	8,3	7,2	6,1	5,1
	2081–2100	10,9	9,9	9,0	7,8	6,8	5,7
Minimální roční teplota vzduchu [°C]	2021–2040	4,7	3,9	3,2	2,4	1,7	1,0
	2041–2060	5,0	4,2	3,5	2,6	1,9	1,2
	2061–2080	5,5	4,7	4,0	3,1	2,5	1,8
	2081–2100	6,1	5,3	4,6	3,7	3,1	2,4
Průměrný roční srážkový úhrn [mm]	2021–2040	660,2	746,5	828,7	969	1 021,0	1 048,3
	2041–2060	716,7	802,9	888,6	1 039,3	1 092,4	1 116,9
	2061–2080	740,8	822,2	908,2	1 060,0	1 115,7	1 143,8
	2081–2100	658,5	734,5	812,7	948	997,8	1 023,2
Průměrná roční výška sněhové pokrývky [cm]	2021–2040	4	8	13	25	35	48
	2041–2060	2	4	7	14	22	32
	2061–2080	2	4	6	12	17	24
	2081–2100	2	3	6	11	16	22

3. Výsledky

Průměrná roční teplota vzduchu v Jeseníkách pro normálové období 1991–2020 je 7,2 °C. Mezi nejteplejší oblasti patří nejnižše položené severní části území – Javornicko, Vidnavsko, okolí Města Albrechtic a Krnovsko, s hodnotami průměrné roční teploty vzduchu kolem 9 °C. Nejchladnějšími oblastmi, kde hodnoty průměrné roční teploty vzduchu dosahují kolem 2 °C, jsou pak vrcholové oblasti Hrubého Jeseníku a Králíckého Sněžníku. Oba scénáře předpokládají nárůst průměrné roční teploty vzduchu na celém území Jeseníků, v posledním dvacetiletí podle scénáře SSP2-4.5 o 2,3 °C a podle scénáře SSP5-8.5 o 4,7 °C (obr. 1). Vyšší nárůst teploty oproti aktuálnímu klimatu (1991–2020) u obou scénářů vykazují horské polohy než polohy pod 400 m n. m. A zejména pak polohy nad 1 200 m n. m., kde by se průměrná roční teplota vzduchu oproti aktuálnímu klimatu mohla v posledním dvacetiletí zvýšit o 2,7 °C dle scénáře SSP2-4.5, nebo o 5,3 °C dle pesimističtějšího scénáře SSP5-8.5.

Minimální roční teplota vzduchu v Jeseníkách pro normálové období 1991–2020 je 2,8 °C. Geomorfologický celek Hrubý Jeseník, nejchladnější oblast Jeseníků, má průměrnou roční minimální teplotu vzduchu 1,6 °C. Stejně jako u průměrné roční teploty vzduchu oba scénáře předpokládají její vzestup (obr. 2). Průměrná minimální teplota vzduchu pro poslední dvacetiletí století by mohla v Jeseníkách dle scénáře SSP2-4.5 vzrůst o 2,1 °C a dle scénáře SSP5-8.5 dokonce až o 4,6 °C. V oblasti Hrubého Jeseníku by průměrná minimální teplota vzduchu v posledním dvacetiletí mohla být 3,6 °C (dle SSP2-4.5) a dle scénáře SSP5-8.5 6,1 °C.

Obdobně kopírují geografické poměry území i průměrné roční srážkové úhrny (obr. 3). V normálovém období 1991–2020 se průměrné srážky v Jeseníkách pohybují kolem 870 mm·rok⁻¹, s maximálními hodnotami ve vrcholových oblastech, kde dosahovaly hodnot kolem 1 330 mm·rok⁻¹. Průměrný roční úhrn srážek pro Hrubý Jeseník je cca 1 050 mm. Naopak nejméně srážek bylo naměřeno v severní části území a v okolí města Krnov, kde se roční průměrný úhrn srážek pohybuje kolem 590 mm·rok⁻¹. Z map je zřejmý pokles

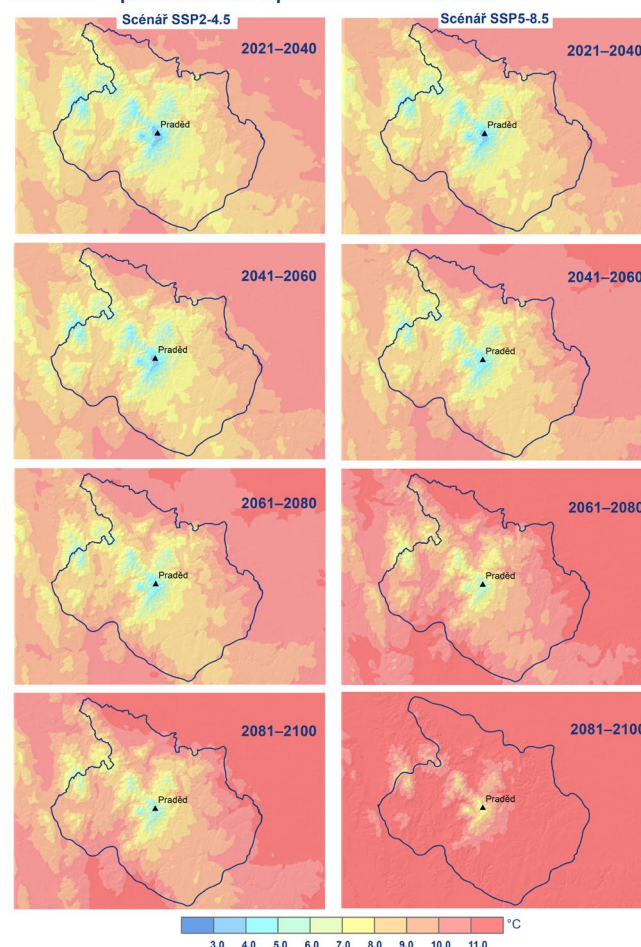
JESENÍKY – průměrná roční teplota vzduchu 2021–2100**Obr. 1 Průměrná roční teplota vzduchu [°C] na území Jeseníků pro jednotlivé scénáře a dvacetiletí.**

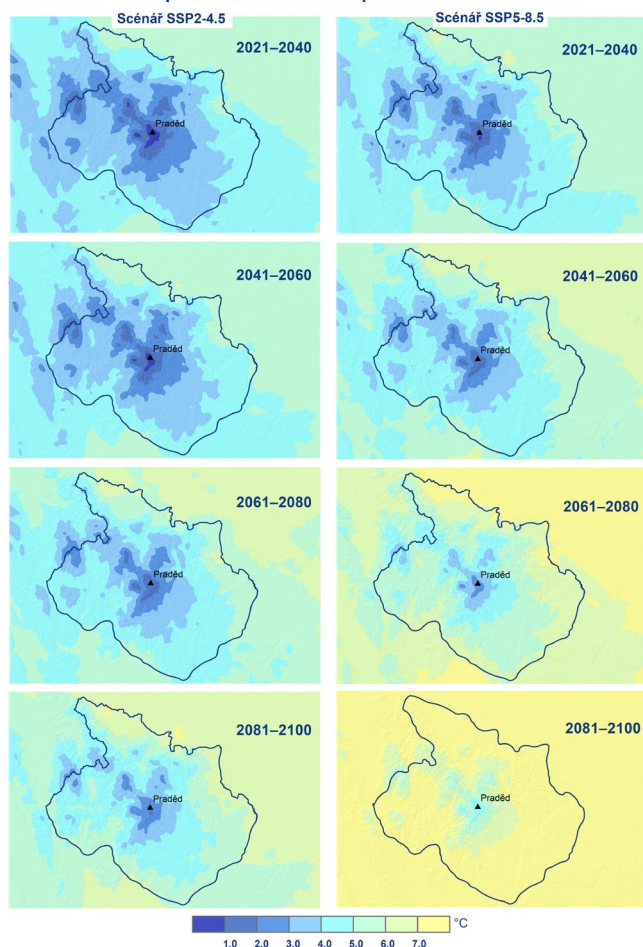
Fig. 1. Average annual air temperature [°C] in the Jeseníky Mountains area for individual scenarios and twenty-year periods.

Tab. 3 Územní charakteristiky pro výšková pásma v Jeseníkách podle scénáře SSP5-8.5.

Table 3. Territorial characteristics for high-altitude zones in the Jeseníky Mountains according to the SSP5-8.5.

Prvek	Období	Polohy [m n. m.]					
		pod 400	401–600	601–800	801–1 000	1 001–1 200	nad 1 201
Průměrná roční teplota vzduchu [°C]	2021–2040	9,8	8,7	7,8	6,6	5,6	4,5
	2041–2060	10,2	9,1	8,2	7,0	6,0	4,9
	2061–2080	11,4	10,4	9,6	8,4	7,4	6,3
	2081–2100	13,3	12,3	11,5	10,3	9,3	8,3
Minimální roční teplota vzduchu [°C]	2021–2040	5,2	4,4	3,7	2,8	2,1	1,5
	2041–2060	5,6	4,7	4,1	3,2	2,5	1,9
	2061–2080	6,8	6,0	5,3	4,4	3,8	3,1
	2081–2100	8,6	7,8	7,2	6,3	5,7	5,1
Průměrný roční srážkový úhrn [mm]	2021–2040	713,8	800,0	891,5	1 057,9	1 158,5	1 247,9
	2041–2060	677,6	761,6	848,2	999,1	1 090,3	1 247,9
	2061–2080	780,6	870,3	973,4	1 148,0	1 258,8	1 355,4
	2081–2100	771,9	859,1	956,9	1 132,0	1 244,6	1 350,3
Průměrná roční výška sněhové pokrývky [cm]	2021–2040	2	4	6	13	21	32
	2041–2060	3	5	8	16	24	33
	2061–2080	1	2	4	8	12	17
	2081–2100	0	1	2	4	5	8

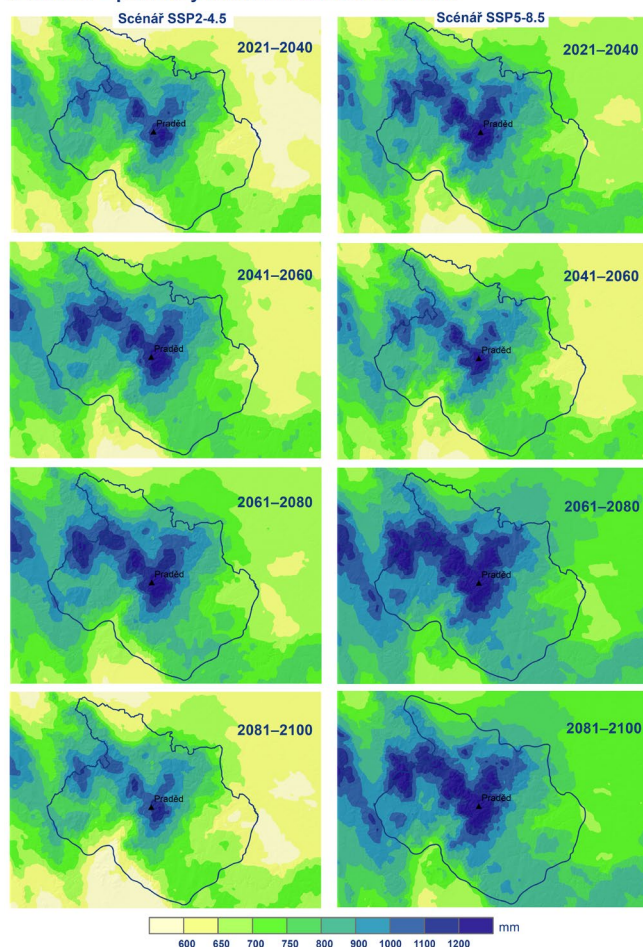
JESENÍKY – roční průměrná minimální teplota vzduchu 2021–2100



Obr. 2 Průměrná roční minimální teplota vzduchu [°C] na území Jeseníků pro jednotlivé scénáře a dvacetiletí.

Fig. 2. Average annual minimum air temperature [°C] in the Jeseníky Mountains area for individual scenarios and twenty-year periods.

JESENÍKY – průměrný roční úhrn srážek 2021–2100



Obr. 3 Průměrný srážkový úhrn [mm] na území Jeseníků pro jednotlivé scénáře a dvacetiletí.

Fig. 3. Average precipitation total [mm] in the Jeseníky Mountains area for individual scenarios and twenty-year periods.

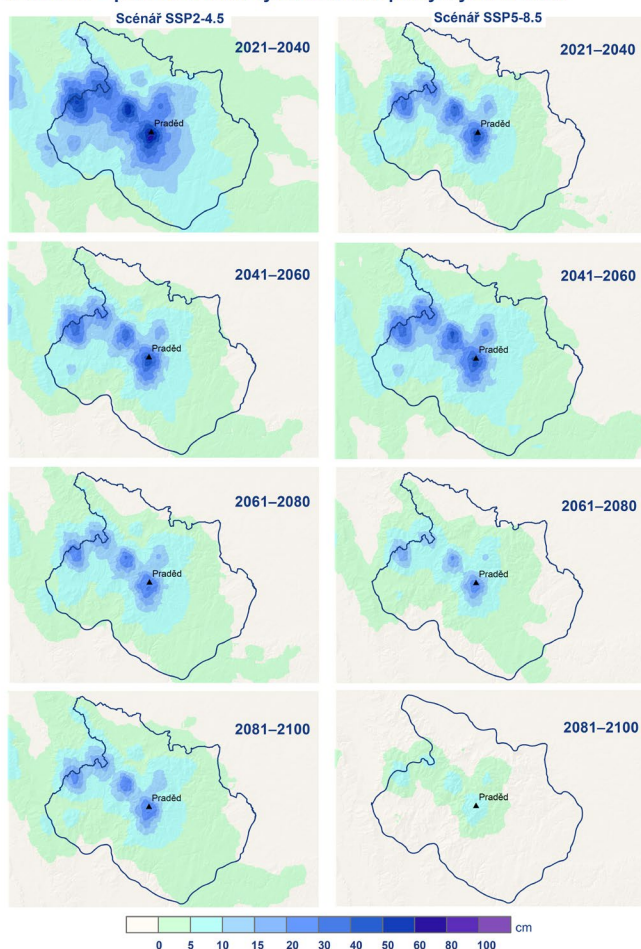
JESENÍKY – průměrná roční výška sněhové pokrývky 2021–2100

Obr. 4 Průměrná roční výška sněhové pokrývky [cm] na území Jeseníků pro jednotlivé scénáře a dvacetiletí.

Fig. 4. Average annual depth of the snow cover [cm] in the Jeseníky Mountains area for individual scenarios and twenty-year periods.

srážek v posledním dvacetiletí 2081–2100 podle scénáře SSP2-4.5, scénář SSP5-8.5 však předpokládá naopak jejich nárůst ve vrcholových částech pohoří. Podle SSP2-4.5 by se v období 2081–2100 mohly průměrné roční srážky pohybovat okolo hodnoty $780 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ s maximem okolo $1\,250 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ a minimem okolo $550 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. Scénář SSP5-8.5 předpokládá v posledním dvacetiletí průměrné srážky okolo $920 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ s maximy okolo $1\,500 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ a minimy okolo $680 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. Více hodnot podle pásem nadmořské výšky je uvedeno v tabulkách 2 a 3.

Výše uvedené předpokládané změny teploty vzduchu a úhrnu srážek na základě obou scénářů indikují i změny ve sněhové pokrývce (obr. 4). S rostoucí teplotou vzduchu, a zejména minimální teplotou vzduchu v zimním období, bude docházet ke změně typu srážek a bude ubývat sněhových srážek na úkor dešťových, a to ve všech polohách. V Jeseníkách v polohách do 400 m n. m. výsledky predikují v posledním dvacetiletí dle scénáře SSP2-4.5 průměrnou roční výšku sněhu 2 cm, dle scénáře SSP5-8.5 se sníh v nižších a středních polohách prakticky vyskytovat nebude (tab. 2).

Pro stanovení ohrožení horkem na území Jeseníků (obr. 5) byly využity indexy počtu horkých dní v délce minimálně 15 dní·rok⁻¹, počtu tropických nocí v délce minimálně 2 noci·rok⁻¹ a počtu dní s horkou vlnou (maximální denní teplota

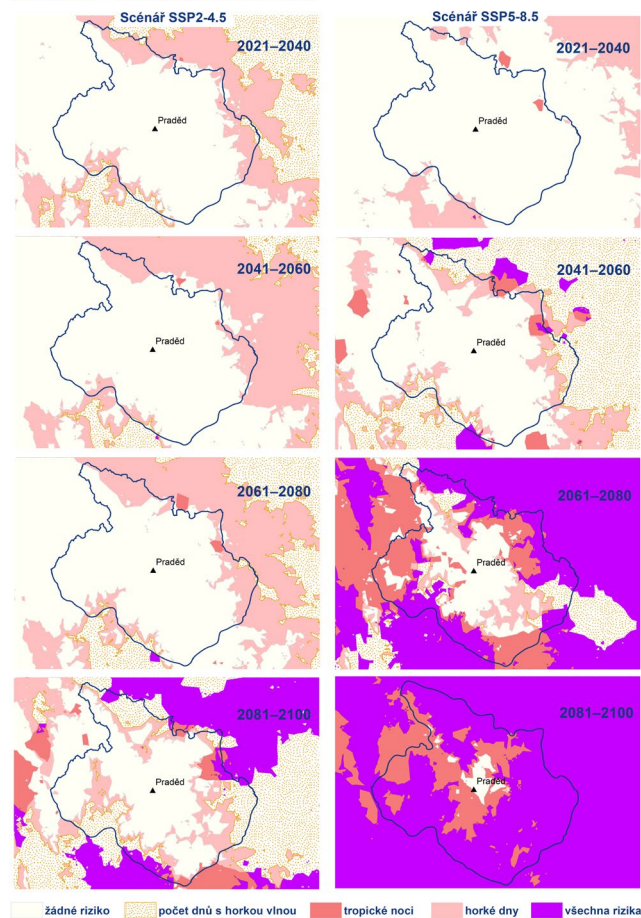
JESENÍKY – riziko horka 2021–2100

Obr. 5 Ohrožení horkem na území Jeseníků pro jednotlivé scénáře a dvacetiletí.

Fig. 5. Heat threat in the Jeseníky Mountains area for individual scenarios and twenty-year periods.

minimálně 30 °C trvající alespoň 3 dny) v délce minimálně 15 dní·rok⁻¹. Zatímco indexy počtů horkých dní a dní s horkou vlnou svůj výskyt v území téměř dokonale kopírují, index počtu tropických nocí se objevuje ve scénáři SSP2-4.5 až v období 2081–2100 a ve velice omezené míře v okolí Města Albrechtice. Podobně je tomu i u SSP5-8.5 v období 2041–2060, nicméně zde je zřejmý jejich rozsáhlý nárůst v dalších periodách až do 2081–2100, kdy byly tropické noci detekovány na většině území.

4. Diskuze a závěr

Příspěvek pomocí scénářových dat klimatické verze modelu ALADIN-CLIMATE/CZ demonstroval potenciální vývoj klimatu na území Jeseníků včetně vymezení oblastí, které budou tímto vývojem nejvíce zasaženy. Ačkoliv první výsledky jsou slibné a kopírují všeobecně uznávané závěry plynoucí z aktuálně pozorovaných změn klimatu, je potřeba brát v úvahu, že se jedná o data jednoho modelu a budou vyžadovat bližší studium. Z výše uvedených výstupů je zřejmé, že teplota vzduchu dále poroste ve všech výškových pásmech. V posledním dvacetiletí 2081–2100 očekáváme v oblasti Hrubého Jeseníku (s průměrnou nadmořskou výškou 882 m n. m.) vzrůst průměrné roční teploty vzduchu oproti aktuálnímu klimatu

(1991–2020) o 2,5 °C podle scénáře SSP2-4.5 a o 5,0 °C dle scénáře SSP5-8.5. S rostoucí teplotou vzduchu bude souviset i tvorba sněhové pokrývky. V nižších a středních polohách se v posledním dvacetiletí sněhová pokrývka nebude vytvářet. Ohrožení horkem se dle výsledků scénáře SSP5-8.5 v posledním dvacetiletí bude týkat krom nejvyšších oblastí Jeseníků celého území. V rámci projektu PERUN již probíhají srovnávací analýzy s dalšími klimatickými modely i ostatními experimenty klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ, které se opírají o jiné vstupní podmínky či zdrojové datasety. Také definice rizikovosti jednotlivých meteorologických prvků a jejich klimatických charakteristik a indexů jsou stále předmětem jednání, stejně tak možnost využití dalších veličin.

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Literatura:

- BROŽKOVÁ, R., BUČÁNEK, A., MAŠEK, J., SMOLÍKOVÁ, P., TROJÁKOVÁ, 2019. Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, roč. 72, č. 5, 129–139. ISSN 0026-1173.
- ESRI, 2018. Getting the most out of Zonal Statistics [online]. [cit. 30. 07. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/spatial-analyst/analytics/getting-the-most-out-of-zonal-statistics/>.
- ESRI, 2020. Documentation [online]. [cit. 20. 7. 2024]. Dostupné z: <https://desktop.arcgis.com/en/documentation/>.
- IPCC, 2018. Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [online]. [cit. 30. 07. 2024]. V. Masson-Delmotte et al. (eds.), World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 616 s. Dostupné z: <https://www.ipcc.ch/sr15/download/>.

- IPCC, 2022. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [online]. [cit. 30. 07. 2024]. P. R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourda, R. van Diemen et al. (eds.), Cambridge University Press, Ca. Dostupné z: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>.
- MEINSHAUSEN, M. et al., 2020. The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geoscientific Model Development*, Vol. 13, Issue 8, s. 571–3605. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020>.
- PERUN, 2022. Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku [online]. [cit. 2. 8. 2024]. Dostupné z: <https://www.perun-klima.cz/>.
- RÄTY, O., RÄISÄNEN, J., YLHÄISI, J. S., 2014. Evaluation of delta change and bias correction methods for future daily precipitation: intermodel cross-validation using ENSEMBLES simulations. *Climate Dynamics*, Vol. 42, s. 2287–2303. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2130-8>.
- RIAH, K., VAN VUUREN, D., KRIEGLER, E. et al., 2017. The Shared Socioeconomic Pathways and Their Energy, Land Use, and Greenhouse Gas Emissions Implications: An Overview. *Global Environmental Change*, Vol. 42, s. 153–168. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>.
- STŘÍŽ, M., 2008. Popis metod CLIDATA-GIS [online]. [cit. 20. 7. 2024]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/fil/1295510217.pdf>.
- ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., SKALÁK, P., TRNKA, M. et al., 2016. Projection of drought-inducing climate conditions in the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *Climate Research*, Vol. 70, 179–193. Dostupné z: <https://doi.org/10.3354/cr01424>.
- ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., HUTH, R., 2011. Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series. An example of Central European daily time series. *Idojaras*, Vol. 115, s. 87–98.

Lektoři (Reviewers):

Mgr. Stanislava Kliegrová, Ph.D., Mgr. Jana Solánská