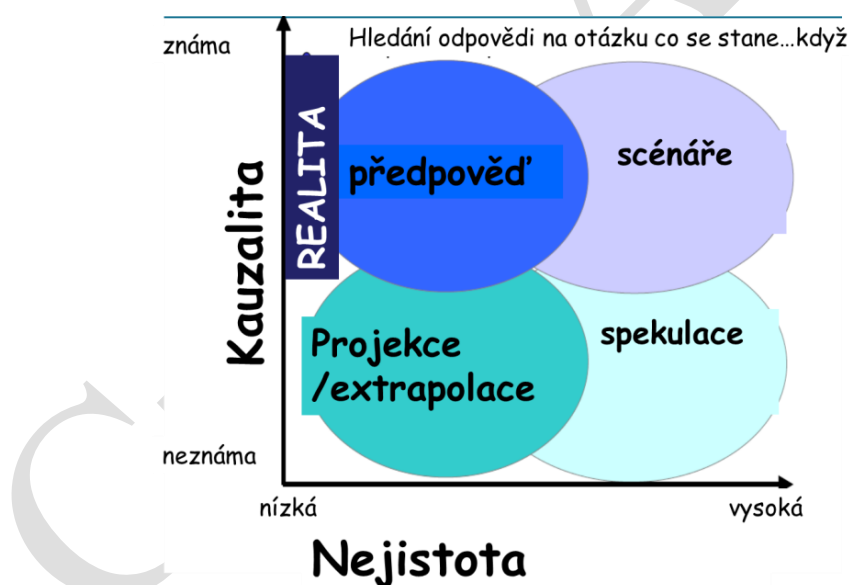


## 7. Jaké bude klima?

### 7.1. Co je to scénář?

Skeptické názory na změnu klimatu sice poukazují na to, že uhlík je přirozený prvek, resp. CO<sub>2</sub> z fosilních paliv má díky objemu emisí mnohem menší význam než přirozené přírodní procesy v koloběhu uhlíku v přírodě. Zatímco odhadovaná produkce CO<sub>2</sub> je ~10 PgC ročně, přírodní výměna CO<sub>2</sub> se pohybuje v řádech ~200 PgC. Ve srovnání absolutních čísel je to tedy sice oprávněná připomínka, je však nutno podotknout, že objem emisí CO<sub>2</sub> pochází ze zásobníků, které po dlouhou dobu byly z tohoto cyklu vyřazeny a jsou nyní člověkem do atmosféry dodávány. Výsledek je jednoduchý – postupný, ale zároveň se postupně zesilující efekt zvyšování koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře. Důsledky jsou popsány v předchozí kapitole, zaměřme se spíše na konkrétní hodnoty a předpokládaný vývoj klimatu. Přijmeme-li fyzikálně zdůvodněnou teorii významu CO<sub>2</sub> a skleníkových plynů ve vztahu k vývoji klimatu, je logické pokusit se odhadnout další vývoj. Nicméně v této situaci je třeba připomenout, že vývoj emisí bude záviset na základních paradigmatech lidské společnosti (např. to zda preferuje ekonomický růst nebo kvalitu života), na rychlosti růstu populace či globalizačních resp. regionalizačních tendencích. V situaci, kdy rozumíme poměrně dobře kauzalitě (např. vyšší počet obyvatel logicky produkuje vyšší emise), ale nedokážeme odhadnout, jakým způsobem se společnost bude chovat (např. zda bude současné paradigma nezbytného ekonomického růstu nahrazeno preferencí kvality života) se uchylujeme k tvorbě „scénářů“. Tj. v několika variantách definujeme základní předpoklady, a pak iterativním způsobem odhadujeme či kvantitativně modelujeme chování systému v čase. Proto se scénář zásadně liší od spekulace ale také od předpovědi jak dokládá obr. 7.1.

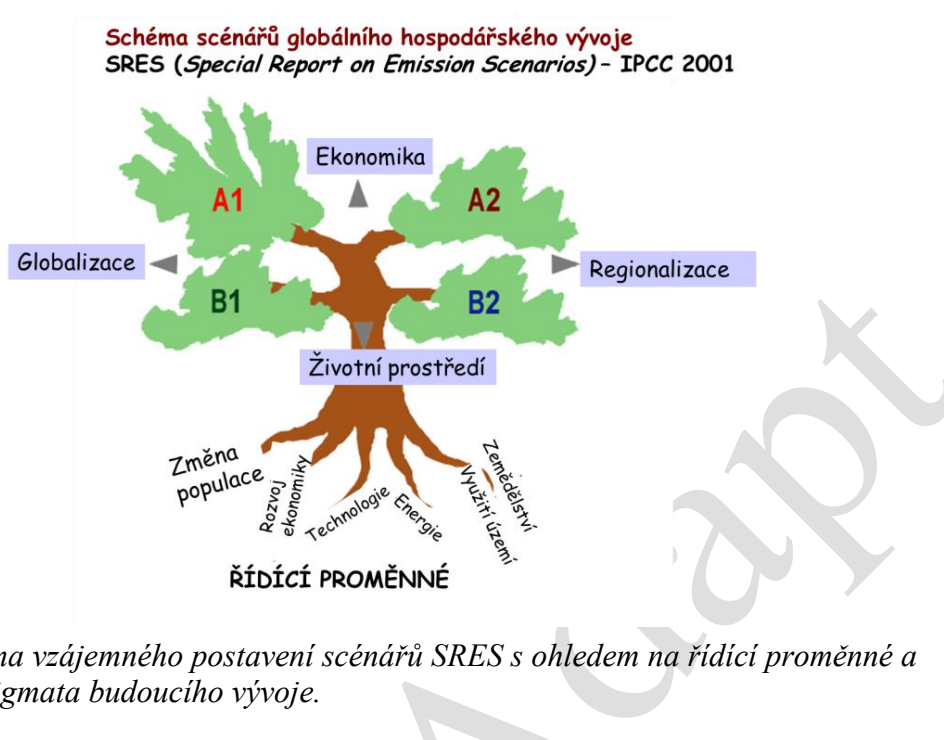


Obr. 7.1: Schéma vztahu předpovědi, scénáře, projekce a spekulace

### 7.2. Scénáře SRES

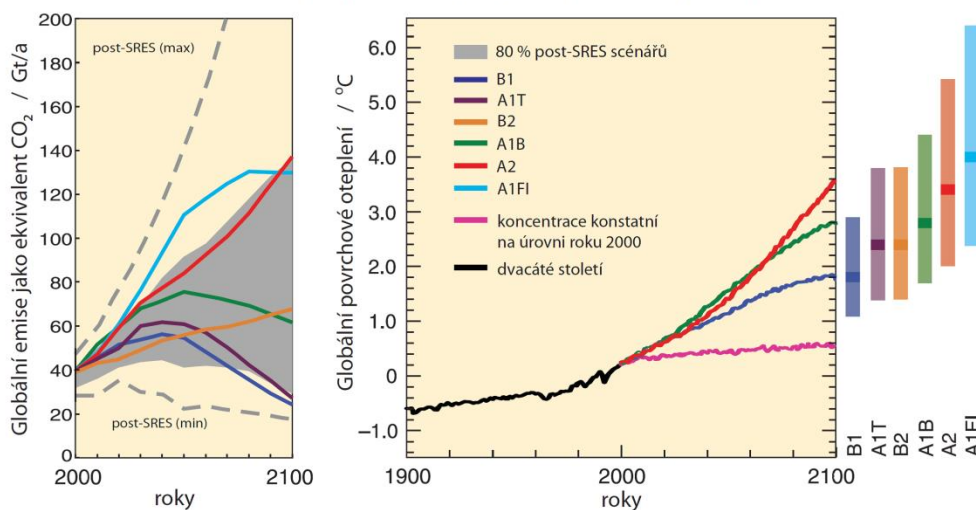
Byly zveřejněny formou zprávy IPCC nazvané Special Report on Emissions Scenarios (SRES). Od roku 1998 byly uvolněny za účelem klimatického modelování a výzkumu dopadů změny klimatu na ekonomický vývoj. Jejich základní myšlenkou je dělení možností budoucího vývoje na základě dvou základních os, tj. směřování k vyšší globalizaci vs. regionalizaci a změně, resp. udržení současného paradigmatu zachování ekonomického růstu. Základní řídicí proměnné SRES scénářů jsou jak

populační růst, tak dynamika růstu ekonomiky a technologií, způsob využití krajiny i míra zachování/zvýšení produkce a dostupnosti potravin a dalších ekosystémových služeb.



Obr. 7.2: Schéma vzájemného postavení scénářů SRES s ohledem na řídicí proměnné a základní paradigmatu budoucího vývoje.

**Scénáře emisí skleníkových plynů v období od roku 2000 do roku 2100 (v případě neexistence dalších klimatických politik) a projekce povrchových teplot**



Obr. 7.3: Vlevo: Globální emise skleníkových plynů (vyjádřené v ekvivalentním  $CO_2$ ) při absenci politik ochrany klimatu: šest ilustrativních scénářů SRES (barevné čáry) a rozsah 10. až 90. percentilu 10 scénářů publikovaných po SRES (šedá oblast). Čárkované křivky vymezují plný rozsah post-SRES scénářů. Emise zahrnují  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$  a fluorované uhlovodíky. Vpravo: Plné čáry představují globální průměry oteplení povrchu podle více modelů pro scénáře SRES A2, A1B a B1 znázorněné jako pokračování simulací 20. století. Tyto projekce berou v úvahu také emise skleníkových plynů s krátkou životností a emise aerosolů. Růžová čára není scénář, ale znázorňuje simulace AOGCM (obecné cirkulační modely ovzduší-oceán), v nichž byly koncentrace fixovány na úrovni hodnot roku 2000. Sloupce vpravo znázorňují nejlepší odhad (plná čára v každém sloupečku) a pravděpodobný

*rozsah odhadovaný pro šest scénářů SRES v období 2090 – 2999. Všechny teploty jsou vztaheny k období 1980-1999. (převzato z <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/czech/ar4-sysr-spm.pdf>)*

SRES-A1: Je charakterizován velmi rychlým ekonomickým růstem doprovázeným zaváděním nových a citlivých technologií vedoucích ke konvergenci oblastí v důsledku sílící globalizace. Interakce sociální a kulturní jsou významné a rapidně se snižují rozdíly mezi regiony v hrubém příjmu na osobu. Maximum populace bude dosaženo v polovině 21. století. V energetice lze očekávat tři skupiny technologických změn: intenzivní využívání fosilních zdrojů (A1F1), využívání nefosilních zdrojů energie (A1T), rovnováha ve využívání různých zdrojů energie (A1B). Hlavní rysy A1 scénáře jsou vyrovnávání rozdílů mezi regiony, rozvoj technologií, které jsou sdíleny díky větší kulturní a sociální interakci mezi zeměmi (regiony). Současně klesají rozdíly v příjmech v globálním měřítku a je kladen důraz na spravedlivé sdílení zdrojů.

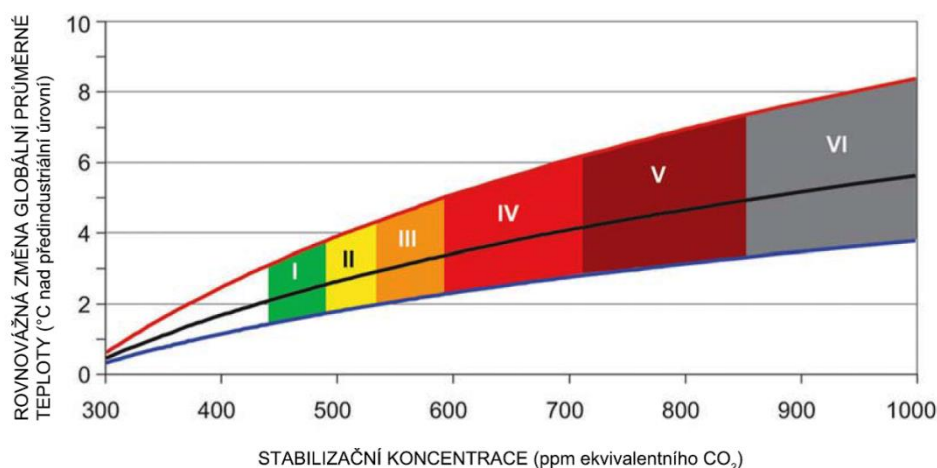
SRES-A2: Svět A2 je mnohem heterogennější než dnešní s důrazem na soběstačnost a vlastní identitu. Rozdíly v porodnosti mezi regiony se snižují velmi pomalu, a proto neustále a dramaticky roste počet obyvatel planety. Ekonomický rozvoj je vázán na regiony a růst ekonomické výkonnosti a rozvoj technologií je mnohem více roztržštěn než u ostatních scénářů. Heterogenita a sociální nestabilita je typickou právě pro svět A2.

SRES-B1: Svět B1 je světem konvergujícím, se stejným populačním vývojem jako svět A1, který vrcholí okolo roku 2050. Tento svět se ale mimořádně rychle přeorientovává na ekonomiku služeb a informačních technologií. Klesá materiálová a energetická náročnost produkce a jsou zaváděny „čistě“ a efektivní technologie, které jsou podobně jako v případě A1 sdíleny v rámci globálního společenství. Ve všech oblastech jsou upřednostňována globální řešení s důrazem na ekonomickou, sociální a biologickou udržitelnost a sociální spravedlnost, ALE bez dalších zvláštních opatření směřujících k ochraně klimatu.

SRES-B2: Lokální a regionální zájmy dominují světu B2, v němž jsou hledána řešení pro ekonomicky, sociálně a biologicky udržitelný rozvoj. Je to svět rostoucí světové populace, i když podstatně pomaleji než v případě scénáře A2. Zvyšování populace je doprovázeno průměrným růstem ekonomiky a méně dynamickým rozvojem technologií než v případě scénářů A1 a B1. I když je kladen důraz na životní prostředí a sociální spravedlnost podobně jako v případě B1, děje se tak na lokální a regionální úrovni, nikoliv za globální spolupráce.

Každému emisnímu scénáři přirozeně odpovídá určité tempo – nebo spíše trajektorie – přibývání skleníkových plynů (Metelka, Tolasz, 2009). Ale pokud chceme vědět, jak musíme emise snížit, abychom udrželi změny klimatu v určitém rozsahu, je nutné řešit obrácenou úlohu – najít pro určitou trajektorii koncentrací takový emisní scénář, který zajistí její splnění. Takové speciální scénáře byly spočteny pro šest kategorií cílových koncentrací oxidu uhličitého (které v zásadě odpovídají koncentracím 4 SRES scénářů včetně 3 podskupin scénáře A1 (tedy proto 6 kategorií). Výsledkem emisních scénářů jsou vždy intervaly hodnot, nikdy jediné konkrétní číslo. Příčinou jsou určité nejistoty například v odhadech a modelech toho, jak se daný objem emisí projeví na jejich koncentraci v atmosféře či jak se konkrétní koncentrace projeví ve změně teploty a dalších klimatických podmínkách. Interval hodnot pak zpravidla vyjadřují meze, ve kterých by se s asi 90 % statistickou pravděpodobností měla nacházet správná hodnota. Přes tyto nejistoty jsou ale zřetelné rozdíly mezi prognózovanými hodnotami pro různé scénáře. Chyba propočtů je tedy menší než rozdíly mezi dopady, které různá velikost emisí bude mít na světové podnebí. To také potvrzuje značnou citlivost klimatického systému na další vývoj emisí a koncentrací skleníkových plynů v ovzduší. Závislost změny teploty na koncentraci skleníkových plynů znázorňuje obr. 7.4. Horní červená křivka odpovídá hornímu odhadu předpokládané citlivosti klimatického systému na skleníkové plyny (plus 4,5 °C při

zdvynásobení koncentrace oproti úrovni před průmyslovou revolucí), spodní modrá křivka odpovídá spodnímu odhadu (2 °C) a střední černá křivka reprezentuje nejlepší odhad citlivosti (3 °C). Zastavit oteplování na růstu 2 °C do roku 2100 (nebo udržení koncentrace skleníkových plynů na hladině 450 ppm) je možné jen při rychlých a tvrdých opatřeních ke snížení emisí skleníkových plynů a za předpokladu, že citlivost klimatu na zvyšování koncentrací skleníkových plynů bude nízká. Pro citlivost blízkou nejlepšímu odhadu už tyto cíle nejsou reálné.

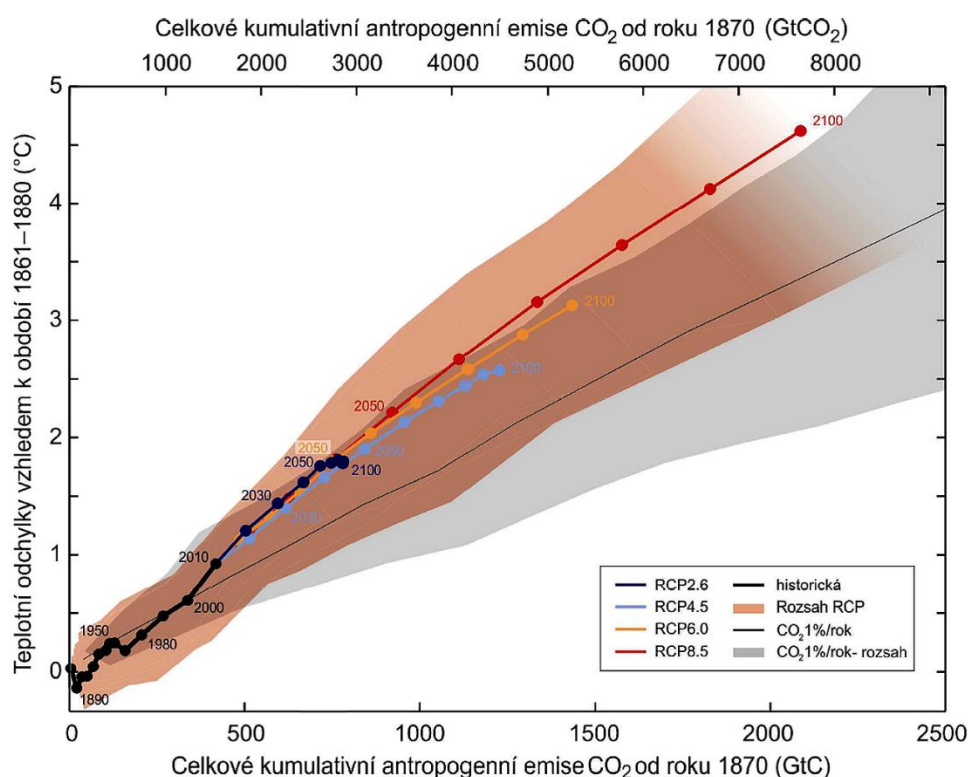


Obr. 7.4: Změny rovnovážné teploty na zvolené stabilizační koncentraci ekvivalentního CO<sub>2</sub>. Zdroj: Metelka, Tolasz, 2009; (<http://cz.boell.org/sites/default/files/klimaticke-zmeny.pdf>)

### 7.3. Reprezentativní směry vývoje koncentrací (Representative Concentration Pathways - RCP)

V průběhu posledních let je patrný odklon od scénářů SRES zejména s ohledem na jisté kontroverze, které vyvolávaly předpoklady a vybrané směry vývoje uvažované v případě scénářů SRES. Pro Pátou hodnotící zprávu IPCC definovala vědecká komunita sérii čtyř nových scénářů, které se nazývají Reprezentativní směry vývoje koncentrací (RCP). Jsou označeny podle přibližného celkového zesílení skleníkového efektu ve Watech na metr čtverečný v roce 2100 v porovnání s rokem 1750. Jde o 2,6 W.m<sup>-2</sup> u scénáře RCP2.6, 4,5 W.m<sup>-2</sup> u scénáře RCP4.5, 6,0 W.m<sup>-2</sup> u scénáře RCP6.0 a 8.5 W.m<sup>-2</sup> u scénáře RCP8.5. Tyto scénáře zahrnují jeden scénář zmírňujících opatření, jež vede k velmi nízké úrovni vlivu (RCP2.6), který je považován za velmi nepravděpodobný. Dále obsahuje dva tzv. Stabilizační scénáře (RCP4.5 a RCP6), u nichž se předpokládá cílená aktivita zaměřena na dosažení stanovené cílové koncentrace oxidu uhličitého a dalších radiačně aktivních plynů. Poslední ze scénářů (RCP8.5) se vyznačuje velmi vysokými emisemi skleníkových plynů a lze jej považovat za “business-as-usual” scénář, tedy předpokládaný vývoj bez jakéhokoliv ohledu na emise radiačně aktivních plynů. Výhodou takto koncipovaných scénářů je, že umožňují vyhodnotit celou škálu možností od extrémně proaktivní (RCP2.6) po “neakci” (RCP8.5) bez nutnosti zabývat se potenciálními socie-ekonomickými “konotacemi” jednotlivých SRES scénářů. Na rozdíl od scénářů SRES jsou ale RCP scénáře podstatně abstraktnější. Zatímco SRES scénáře byly využívány při přípravě Třetí hodnotící zprávy IPCC (2001) a Čtvrté hodnotící zprávy (2007), byly RCP scénáře využity u zprávy 5. (2013). U scénářů RCP6.0 a RCP8.5 nedosahuje koncentrace skleníkových plynů svého vrcholu před rokem 2100; u scénáře RCP2.6 během 21. století vrcholí a klesá a u scénáře RCP 4.5 se do roku 2100 stabilizuje (obr. 7.5). Každý scénář RCP poskytuje prostorově odlišné datové soubory změny využívání půdy a emisí znečišťujících látek do ovzduší v rozdělení podle sektorů a specifikuje roční koncentrace skleníkových plynů a antropogenní emise do roku 2100. Scénáře RCP vycházejí z kombinace integrovaných hodnotících modelů, jednoduchých klimatických modelů, modelů chemických procesů v atmosféře a

modelů uhlíkového cyklu. Přestože scénáře RCP pokrývají široký rozsah celkových hodnot skleníkových plynů, nezahrnují veškerý rozsah emisí uváděný v odborné literatuře, zejména u aerosolů.



Obr. 7.5: Zvýšení průměrné globální teploty při povrchu jako funkce kumulativních celkových globálních emisí  $\text{CO}_2$  podle různých typů výstupů. Multimodelové výsledky hierarchie modelů klimatu a koloběhu uhlíku pro jednotlivé scénáře RCP do roku 2100 jsou znázorněny barevnými křivkami a desetiletými průměry (tečky). Pro přehlednost jsou některé desetileté průměry uvedeny (např. 2050 označuje dekádu 2041-2050). Modelové výsledky pro historické období (1860-2010) jsou vyznačeny černě. Barevné pruhy ilustrují rozptyl modelů podle čtyř scénářů RCP a blednou se snižujícím se počtem dostupných modelů u scénáře RCP8.5. Multimodelový průměr a rozsah simulovaný pomocí globálních klimatických modelů na základě nárůstu  $\text{CO}_2$  ve výši 1 % ročně (simulace „ $\text{CO}_2$  1 %/rok - rozsah“) je znázorněn tenkou černou čarou a šedou oblastí. Pro konkrétní množství kumulativních emisí  $\text{CO}_2$  vykazují simulace jednocentního nárůstu  $\text{CO}_2$  za rok nižší oteplení než simulace na základě scénářů RCP, které zahrnují i další příčiny mimo  $\text{CO}_2$ . Všechny hodnoty jsou uvedeny v porovnání s výchozím obdobím let 1861-1880. Desetileté průměry jsou spojeny úsečkami. (převzato z <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/czech/ar5-wg1-spm.pdf>).

#### 7.4. Od scénáře k odhadu klimatických podmínek

Projekce změn klimatického systému se provádějí pomocí hierarchické řady klimatických modelů, od jednoduchých klimatických modelů přes modely středně složité až po komplexní klimatické modely a modely ESM (Earth System Model). Vychází se z emisních scénářů RCP tak jak byly představeny výše a informace o koncentraci radiačně aktivních plynů, ale i koncentraci aerosolů jsou pak použity do globálních klimatických modelů. V rámci přípravy poslední zprávy IPCC byly provedeny nové simulace modely prakticky všech významných center, a to v rámci globálního projektu CMIP5

(Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). Ve všech scénářích RCP jsou koncentrace CO<sub>2</sub> v roce 2100 vyšší než v současnosti, a to v důsledku dalšího nárůstu kumulativních emisí CO<sub>2</sub> do atmosféry v 21. století. Aby bylo možné dát tyto projekce do historického kontextu, je nutné zvážit pozorované změny mezi různými obdobími, přičemž jako referenční období v této kapitole budeme uvažovat období 1986-2005, nebude-li uvedeno jinak. Jak ukazuje Obr. 7.6 (ale i 7.5 a 7.7a) ukazují projekce pro následující desetiletí rozložení klimatické změny podobné změnám projektovaným pro druhou polovinu 21. století, ovšem menší velikosti. Hlavní vliv na klima bude mít i nadále vnitřní variabilita, zejména v krátkodobém a regionálním měřítku. Od poloviny 21. století je velikost projektovaných změn podstatně ovlivněna volbou emisních scénářů (obr. 7.5). Pokračující emise skleníkových plynů způsobí další oteplení a změny ve všech složkách klimatického systému.

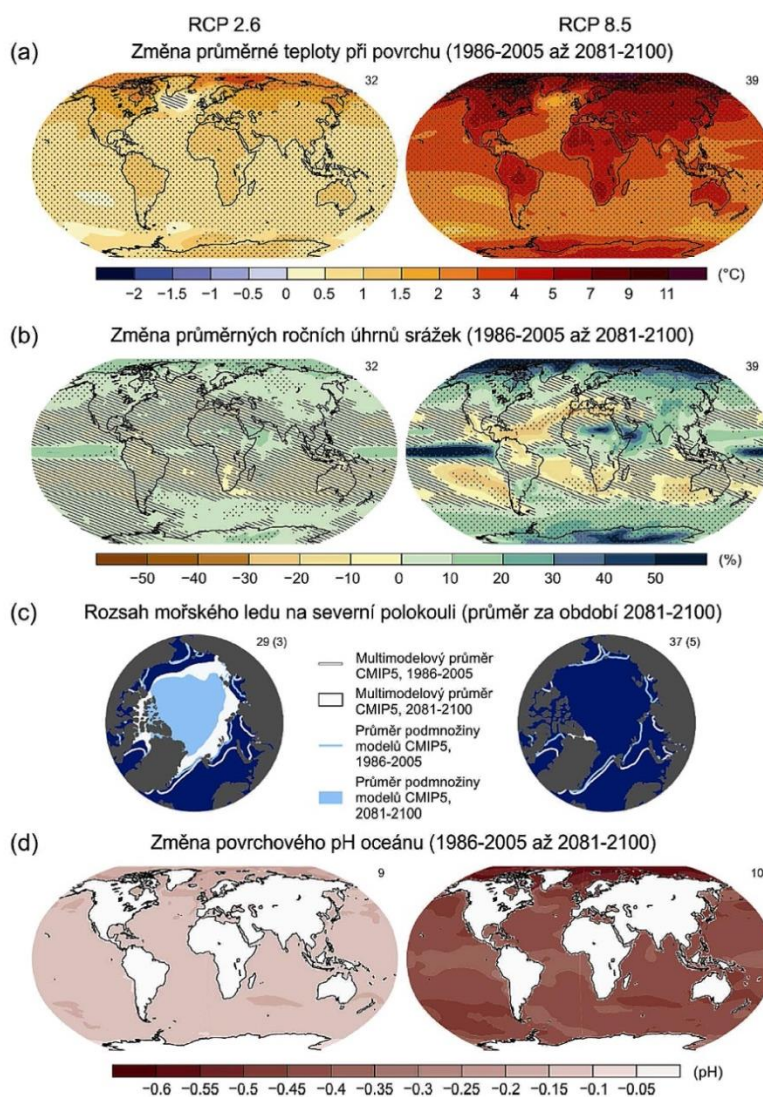
## 7.5. Očekávané globální dopady změny klimatu na průběh teplot, koloběh vody a uhlíku

Projektovaná změna klimatu podle scénářů RCP je po zohlednění rozdílů, vyplývajících ze scénářů, podobná změně zmiňované v hodnotící zprávě AR4 jak z hlediska prostorového rozložení, tak i z hlediska velikosti (srovnej obr. 7.6 a 7.3). Celkový rozptyl projekcí pro vysoké scénáře RCP je menší než u srovnatelných scénářů, které byly použity v hodnotící zprávě AR4, protože na rozdíl od emisních scénářů SRES, použitých v hodnotící zprávě AR4, jsou RCP použité v hodnotící zprávě AR5 definovány jako směry vývoje koncentrací, a proto nejsou u simulací CMIP5, využívajících koncentrace, zohledněny neurčitosti koloběhu uhlíku ovlivňující koncentrace atmosférického CO<sub>2</sub>. Projekce vzestupu hladiny oceánu jsou větší než v hodnotící zprávě AR4, zejména vzhledem k lepšímu modelování příspěvku pevninského ledu.

Jak je zjevné z obr. 7.6a a 7.7a, bude změna průměrné globální teploty vzduchu při povrchu v období let 2016-2035 v porovnání s obdobím let 1986-2005 pravděpodobně v rozsahu 0,3 °C až 0,7 °C. Toto hodnocení vychází z různých zdrojů a předpokládá, že nedojde k žádným velkým sopečným erupcím nebo dlouhodobé změně celkové intenzity slunečního záření. Lze předpokládat, že oproti přirozené vnitřní variabilitě bude zvýšení sezónních a ročních průměrných teplot v blízké budoucnosti větší v tropických a subtropických oblastech než ve středních zeměpisných šířkách (např. České republice). Podle modelových simulací CMIP5, řízených koncentracemi RCP, bude zvýšení průměrné globální teploty vzduchu při povrchu v období let 2081-2100 v porovnání s obdobím let 1986-2005 pravděpodobně v rozsahu 0,3 °C až 1,7 °C (RCP2.6), 1,1 °C až 2,6 °C (RCP4.5), 1,4 °C až 3,1 °C (RCP6.0), 2,6 °C až 4,8 °C (RCP8.5). Zde je třeba si uvědomit, že globální teplota do roku 1986 vzrostla od počátku století o cca 0,4 °C. Arktická oblast se bude oteplovat rychleji než je globální průměr a průměrné oteplení nad pevninou bude větší než nad oceánem. Změna průměrné globální teploty vzduchu při povrchu v porovnání s průměrem za období let 1850 až 1900 podle projekcí téměř jistě překročí do konce 21. století 1,4 °C podle scénářů RCP4.5, RCP6.0 a RCP8.5. Oteplení pravděpodobně překročí 2 °C podle scénářů RCP6.0 a RCP8.5 a podle scénáře RCP4.5 je pravděpodobnější, že překročí 2 °C, než že se tomu tak nestane, ale podle scénáře RCP2.6 je nepravděpodobné, že překročí 2 °C. Podle scénářů RCP2.6, RCP4.5 a RCP6.0 je nepravděpodobné, že oteplení překročí 4 °C a podle scénáře RCP8.5 je stejně pravděpodobné že překročí 4 °C jako že se tak nestane. Je prakticky jisté, že s tím, jak porostou globální průměrné teploty, budou v denním a sezónním měřítku extrémní vysoké teploty častější a extrémní nízké teploty méně časté nad většinou pevninských oblastí. Je velmi pravděpodobné, že horké vlny budou přicházet s vyšší četností a budou trvat déle. I nadále se budou objevovat občasně extrémně chladné zimy.

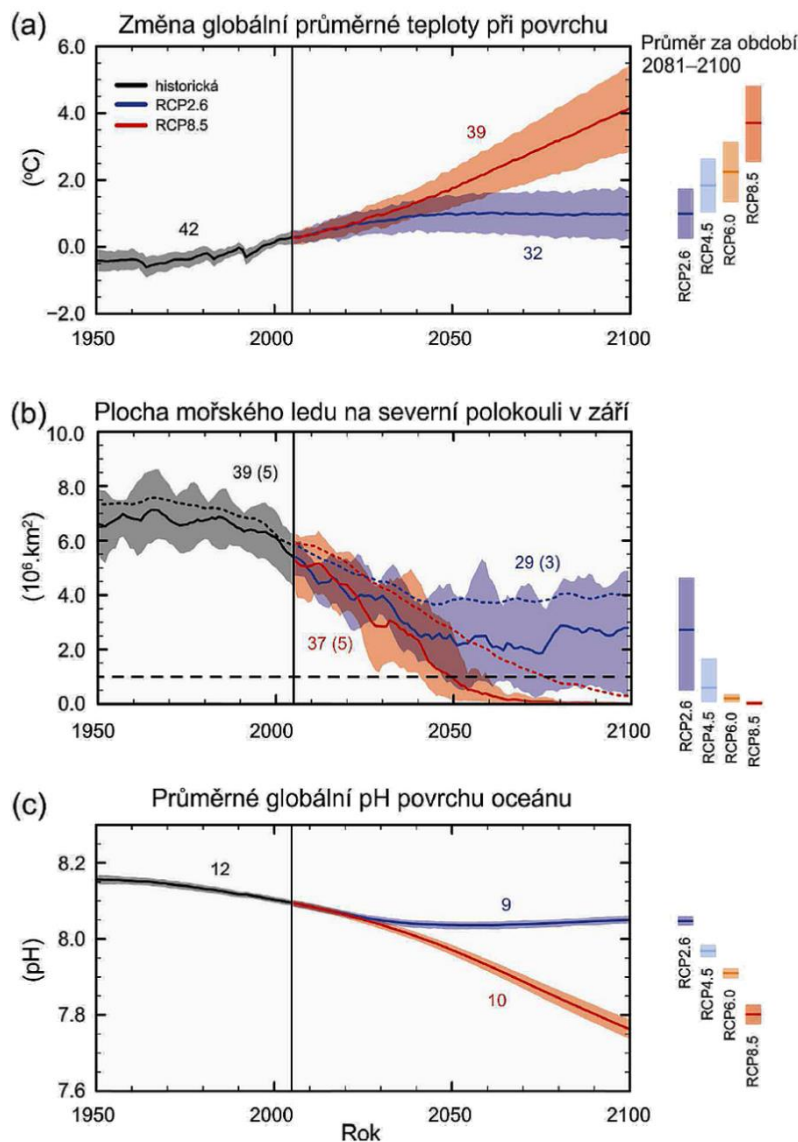
Projektované změny koloběhu vody v následujících několika desetiletích vykazují ve velkém měřítku podobné rozložení jako změny ke konci století, ovšem menší velikosti. Změny v blízké budoucnosti a v regionálním měřítku budou silně ovlivněny přirozenou interní variabilitou a mohou být ovlivněny antropogenními emisemi aerosolů. Podle scénáře RCP8.5 pravděpodobně dojde do konce tohoto století ve vysokých zeměpisných šířkách a v rovníkových oblastech Tichého oceánu ke zvýšení

průměrných ročních úhrnů srážek (obr. 7.6b). Podle tohoto scénáře v mnoha suchých oblastech ve středních zeměpisných šířkách a v subtropických oblastech průměrný úhrn srážek pravděpodobně poklesne, zatímco v mnoha vlhkých oblastech ve středních zeměpisných šířkách se průměrný úhrn srážek do konce tohoto století pravděpodobně zvýší (viz obr. 7.6b). S růstem průměrné globální teploty vzduchu se četnost výskytu a intenzita extrémních srážek do konce tohoto století velmi pravděpodobně zvýší nad většinou pevninských oblastí ve středních zeměpisných šířkách a nad vlhkými tropickými oblastmi. V globálním měřítku je pravděpodobné, že se monzunové oblasti v 21. století rozšíří. Zatímco monzunové větry pravděpodobně zeslábnu, monzunové srážky pravděpodobně zesílí v důsledku zvýšení atmosférické vlhkosti.



Obr. 7.6: Mapy výsledků multimodelových průměrů CMIP5 pro scénáře RCP2.6 a RCP8.5 a pro období let 2081-2100 pro (a) změnu průměrné roční teploty vzduchu při povrchu, (b) průměrnou procentuální změnu průměrných ročních úhrnů srážek, (c) rozsah mořského ledu na severní polokouli v září a (d) změnu hodnoty pH povrchové vody oceánu. Změny na panelech (a), (b) a (d) jsou vyznačeny v porovnání s obdobím let 1986-2005. Počty modelů CMIP5 použitých na výpočet multimodelového průměru jsou uvedeny v pravém horním rohu každého panelu. U panelů (a) a (b) označuje šrafování oblasti, kde je multimodelový průměr malý v porovnání s vnitřní variabilitou (tj. menší než jedna směrodatná odchylka vnitřní variability 20-letých průměrů). Tečkování označuje oblasti, kde je multimodelový průměr velký v porovnání s vnitřní variabilitou (tj. větší než dvě směrodatné odchylky vnitřní

variability 20-letých průměrů) a kde se 90 % modelů shoduje ve znaménku změny (viz box 12.1). Na panelu (c) představují křivky modelované průměry pro období let 1986-2005; vybarvené oblasti označují konec století. Multimodelový průměr CMIP5 je znázorněn bíle, projektovaný střední rozsah mořského ledu u podmnožiny modelů (počty modelů jsou uvedeny v závorkách), které nejlépe reprodukuje klimatologický průměrný stav a trend arktického mořského ledu v období 1979-2012 je znázorněn světle modrou barvou. Převzato z (IPCC, summary for policymakers, 2013, <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/czech/ar5-wg1-spm.pdf>)



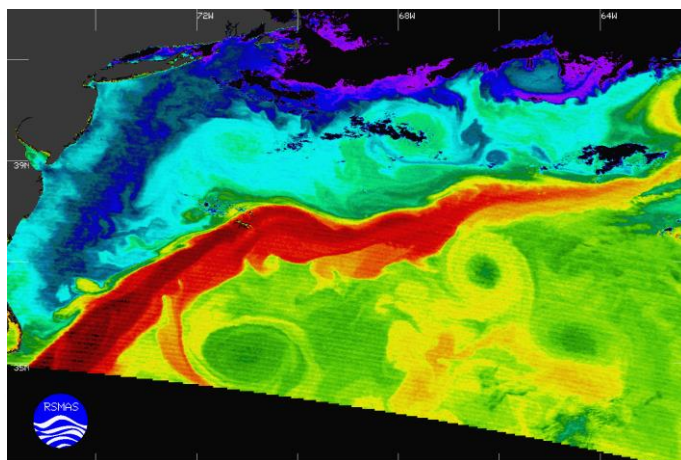
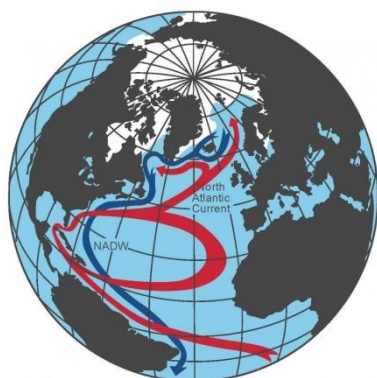
Obr. 7.7: Multimodelové simulované časové řady CMIP5 od roku 1950 do roku 2100 pro (a) změnu roční průměrné globální teploty vzduchu při povrchu vzhledem k průměru za období let 1986-2005 (viz tab. SPM.2, kde jsou uvedena další referenční období), (b) rozsah mořského ledu v září na severní polokouli (5letý klouzavý průměr) a (c) globální průměrné hodnoty pH povrchové vody oceánu. Časové řady projekcí a míra nejistoty (stínování) jsou vyznačeny pro scénáře RCP2.6 (modře) a RCP8.5 (červeně). Černě (šedě stínování) je modelovaný historický vývoj s použitím rekonstruovaných historických hodnot RF. U všech scénářů RCP jsou jako barevné vertikální pruhy uvedeny průměry a související nejistoty



*zprůměrované na období let 2081-2100. Počty modelů CMIP5, použitých na výpočet multimodelového průměru, jsou vyznačeny. U rozsahu mořského ledu (b) je uveden projektovaný průměr a nejistota (minimální až maximální rozsah) podmnožiny modelů, které nejlépe reprodukuje klimatologický průměrný stav a trend arktického mořského ledu v období 1979-2012 (počty modelů jsou uvedeny v závorkách). Pro úplnost je tečkovaně vyznačen také multimodelový průměr CMIP5. Čárkovaná čára znázorňuje stav téměř bez ledu (tj. když je rozsah mořského ledu menší než 106 km<sup>2</sup> po dobu alespoň pěti po sobě jdoucích let) – převzato z (IPCC, summary for policymakers, 2013, <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/czech/ar5-wg1-spm.pdf>)*

Monzun bude pravděpodobně nastupovat dříve nebo se datum jejich nástupu příliš nezmění. Konec monzunu bude pravděpodobně opožděn, takže se monzunové období v mnoha oblastech prodlouží. El Niño – Jižní oscilace (ENSO) zůstane v tropických oblastech Tichého oceánu dominantním modelem meziroční variability a bude mít v 21. století globální účinky. V důsledku nárůstu dostupné vlhkosti bude variabilita srážek souvisejících s ENSO v regionálním měřítku pravděpodobně větší. Přirozené kolísání intenzity a prostorového rozložení ENSO jsou velké, a proto zůstává spolehlivost všech konkrétních změn ENSO a souvisejících regionálních jevů projektovaných pro 21. století nízká.

Velmi zásadní změny se budou týkat i teploty oceánů (obr. 7.6a). Nejen že se globální oceán bude v 21. století i nadále oteplovat, ale teplo bude pronikat z povrchu do hlubokých vrstev oceánu a ovlivní cirkulaci vody v oceánu. Nejsilnější oteplování oceánu se předpokládá v povrchové vrstvě v tropických oblastech a v subtropických oblastech severní polokoule. Ve větší hloubce bude oteplení výraznější v Jižním ledovém oceánu. Nejlepší odhady oteplení oceánu v horních 100 metrech jsou přibližně 0,6 °C (RCP2.6) až 2,0 °C (RCP8.5) a přibližně 0,3 °C (RCP2.6) až 0,6 °C (RCP8.5) v hloubce zhruba 1000 m do konce 21. století. Je velmi pravděpodobné, že Atlantická meridionální cirkulace (AMOC) tedy klíčové součásti termohalinní cirkulace známé jako Golfský proud v 21. století zeslábnou (obr. 7.8). Nejlepší odhady snížení činí 11 % (1 až 24 %) dle RCP2.6 a 34 % (12 až 54 %) dle RCP8.5. Je pravděpodobné, že do roku 2050 dojde k určitému snížení AMOC, ale mohou se vyskytnout desetiletí, kdy se AMOC zvýší v důsledku velké vnitřní variability. Podle zvažovaných scénářů je velmi nepravděpodobné, že by u Atlantické meridionální cirkulace došlo v 21. století k náhlé změně či kolapsu. Hodnocení vývoje AMOC v horizontu delším, než je 21. století, vykazuje nízkou spolehlivost, protože máme k dispozici jen malý počet analýz a výsledky nejsou jednoznačné. Nelze však vyloučit kolaps po 21. století, pokud dojde k velkému trvajícím oteplení, což by ovšem vedlo k nedozírným konsekvencím.



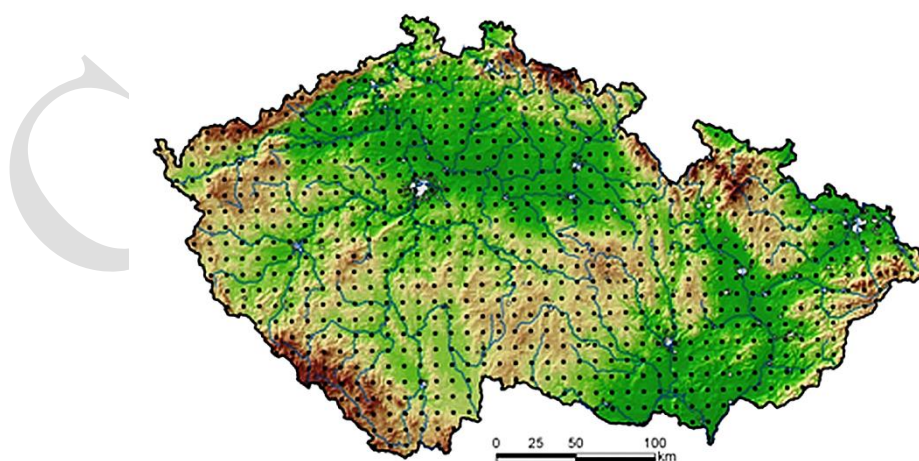
Obr. 7.8: Vlevo: Schéma Atlantické meridionální cirkulace, jejíž součástí je Golfský proud (zdroj: S. Rahmstorf, Potsdam Institute for Climate Impact Research); Vpravo: Povrchová

*teplota oceánu zachycující část AMOC při východním pobřeží USA na snímku družice Terra z května 2000 (zdroj:<http://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=54734>)*

Je velmi pravděpodobné, že se v 21. století bude nadále zmenšovat rozsah i tloušťka arktického mořského ledu (obr. 7.6c a 7.7c) a že se jarní sněhová pokrývka na severní polokouli bude zmenšovat s tím, jak porostou průměrné globální teploty při povrchu. Podle multimodelových průměrů lze do konce 21. století očekávat celoroční zmenšení rozsahu arktického mořského ledu. Toto zmenšení bude v rozsahu od 43 % podle RCP2.6 až po 94 % podle RCP8.5 v září a od 8 % podle RCP2.6 až po 34 % podle RCP8.5 v únoru. Podle odhadů podмноžiny globálních cirkulačních modelů, které nejlépe reprodukuje klimatologické průměry a trend rozsahu arktického mořského ledu v období let 1979-2012, lze podle RCP8.5 očekávat, že do poloviny století bude Severní ledový oceán v září téměř bez ledu (viz obr. 7.6. a 7.7). Projekce poklesu rozsahu a objemu mořského ledu v Jižním ledovém oceánu na konci 21. století se vzestupem průměrné globální teploty při povrchu se vyznačují nízkou spolehlivostí. Pokud jde o globální objem ledovců s výjimkou ledovců na okrajích Antarktidy, poklesne o 15 až 55 % podle RCP2.6 a o 35 až 85 % podle RCP8.5. Do konce 21. století lze předpokládat, že rozsah jarní sněhové pokrývky na severní polokouli poklesne v průměru o 7 % podle RCP2.6 a o 25 % podle RCP8.5. Je prakticky jisté, že s nárůstem průměrné globální teploty při povrchu se bude rozsah trvale zmrzlé půdy (permafrostu) v blízkosti povrchu ve vyšších zeměpisných šířkách severní polokoule zmenšovat. Podle scénáře RCP 8.5 bude uvolňování CO<sub>2</sub> nebo CH<sub>4</sub> do atmosféry z tajícího permafrostu v průběhu 21. století v rozsahu 50 až 250 PgC. Ukládání antropogenního CO<sub>2</sub> v oceánu bude pokračovat podle všech čtyř scénářů RCP až do roku 2100, přičemž s vyšší koncentrací bude docházet k vyššímu ukládání a globálnímu zvýšení acidifikace oceánů u všech scénářů RCP (obr. 7.6. a 7.7). Výměnná reakce, tedy pH povrchových vod oceánu do konce 21. století klesne v rozsahu 0,06 až 0,07 podle scénáře RCP2.6, 0,14 až 0,32 podle scénáře RCP8.5. Změna klimatu ovlivní procesy koloběhu uhlíku takovým způsobem, který zesílí nárůst CO<sub>2</sub>.

## 7.6. Očekávané regionální dopady změny klimatu na průběh teplot a koloběh vody

Pro analýzu budoucího možného vývoje klimatu v této práci vycházíme ze tří modelových projekcí blíže popsaných v publikaci Brázdila et al. (2015). Jedná se je regionálně klimatický model ALADIN-Climate/CZ v 10 a 25 km rozlišení a model je RegCM v 25 km rozlišení. Všechny modely vycházejí ze scénáře A1B. Obr. 7.9. zachycuje síť uzlových bodů při rozlišení 10 km.

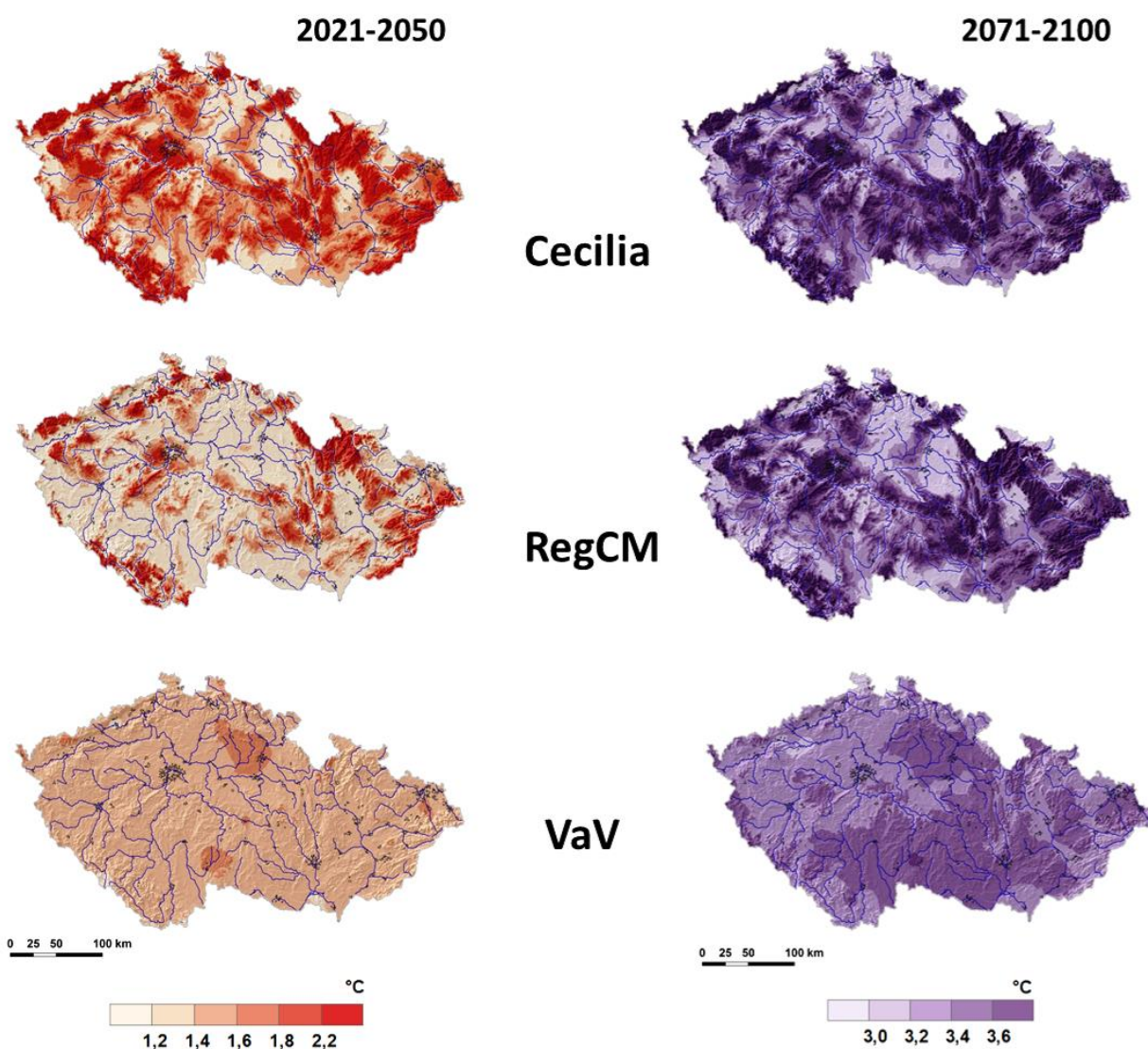


Obr. 7.9 Gridová síť ALADIN-Climate/CZ 10×10 km

Podle modelových odhadů při realizaci SRES scénáře A1B je v blízké budoucnosti (2021-2050) předpoklad zvýšení vzduchu v rozmezí 1,2 až 1,4 °C (obr. 7.10). Nejrychlejší tempo růstu počítá

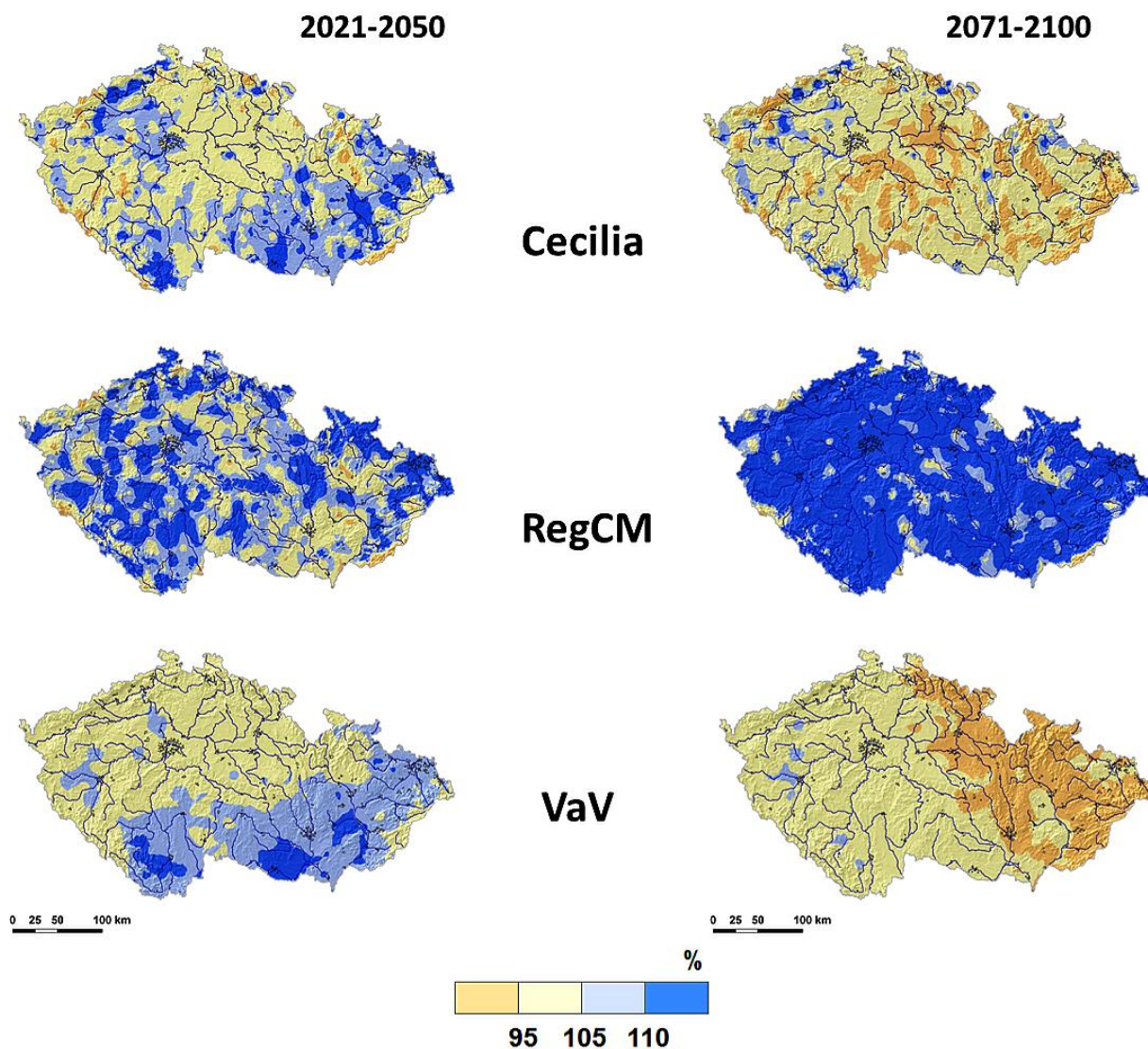
model Cecilia. Pro vzdálenější budoucnost je počítáno s nárůstem teplot vzduchu o 3,2 resp. 3,3 °C. Modely se liší hlavně ve své prostorové informaci. Nejvyšší změnu oproti období 1961-2000 zaznamenávají horské oblasti, a to u obou sledovaných období. Pokud jde o srážky, obr. 7.11 indikuje změnu srážkových úhrnů pouze do 5 %. Model ALADIN-Climate/CZ předpokládá, že růst srážek bude větší v oblasti Moravy než Čech. Lehce odlišné výsledky jsou podle modelu RegCM, který má nárůst množství srážek nejvyšší, ale prostorově jej předpokládá hlavně v Čechách. Model ALADIN-Climate/CZ (Cecilia, VaV) predikuje pokles srážkových úhrnů v zimě, a to až o 15 %, naopak nárůst až o 20 % je předpokládán na podzim a o 10 % v létě. Mírný nárůst se počítá u jarních srážek (Štěpánek a kol 2012). Model RegCM se shoduje ve vyšším nárůstu srážek na podzim, ale nemodeluje pokles zimních srážek.

Pro období 2071-2100 model ALADIN-Climate/CZ (Cecilia, VaV) modeluje mírný pokles srážkových úhrnů, naopak model RegCM i pro vzdálenou budoucnost má vyšší srážkové úhrny. V rámci celého zkoumaného období 1961-2100 není pro většinu měsíců a sezón predikovaný statisticky významný trend změny úhrnu srážek. V ročních srážkových úhrnech byl zjištěn pro průměrnou řadu České republiky statisticky významný pokles srážek o 1,7 mm/10 let.



Obr. 7.10: Změna průměrné teploty vzduchu predikovaná pro období 2021-2050 a 2071-2100 na základě tří regionálních klimatických modelů ALADIN-Climate/CZ v 10 km rozlišení

(Cecilia), RegCM a ALADIN-Climate/CZ v 25 km rozlišení (VaV). (zdroj: Brázdil et al., 2015)



Obr. 7.11: Změna srážek (%) predikovaná pro období 2021-2050 a 2071-2100 na základě tří regionálních klimatických modelů ALADIN-Climate/CZ v 10 km rozlišení (Cecilia), RegCM a ALADIN-Climate/CZ v 25 km rozlišení (VaV). (Zdroj: Brázdil et al., 2015).