

T A
Č R

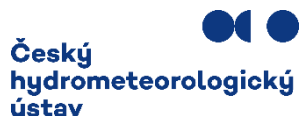
Projekt PERUN / SS02030040 je spolufinancován
se státní podporou Technologické agentury ČR
v rámci Programu Prostředí pro život



Mapová prezentace scénáře změny klimatu pro Česko

Veronika Šustková, Radim Tolasz, Adam Valík

*Konference GIS Esri v ČR
8. a 9. listopadu 2023*



MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA
Univerzita Karlova



PŘÍRODOVĚDECKÁ
FAKULTA
Univerzita Karlova



ÚSTAV FYZIKY ATMOSFÉRY
AV ČR



PERUN (Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku)

Projekt PERUN 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.

- 07/2020 – 12/2026 (6,5 let)
- 8 hlavních cílů
- 29 dílčích cílů
- 8 organizací

1. Vytvoření nástrojů pro simulaci systému atmosféra-hydrosféra umožňující podrobné simulování chování tohoto systému v měřítku České republiky

2. Zpřesnění scénářů změny klimatu pro území České republiky

7. Zpřesnění informací o dopadech na krajinu a její funkce/ekosystémové služby

3. Systém pro tvorbu sezónních předpovědí klimatických podmínek a sucha pro území České republiky v kontextu střední Evropy

8. Vývoj a aktualizace podkladů pro aktualizaci strategických dokumentů v oblasti adaptace na změnu klimatu

4. Komplexní vyhodnocení rizik v kontextu variability a změny klimatu

5. Zpřesnění a doplnění systému operativního řízení během suché epizody

6. Zpřesnění informací o hydrologickém režimu

HC 2 - Zpřesnění scénářů změny klimatu pro území ČR

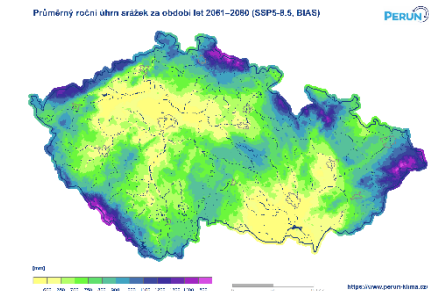
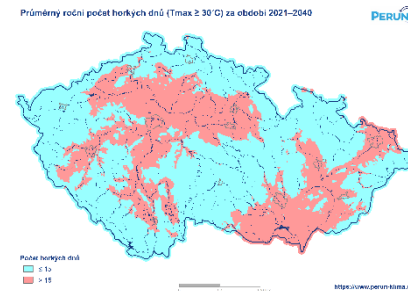
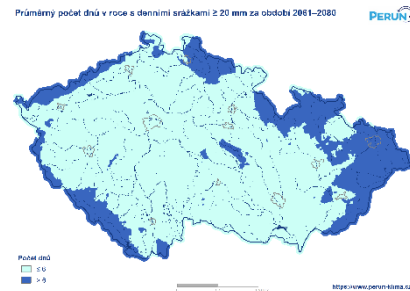
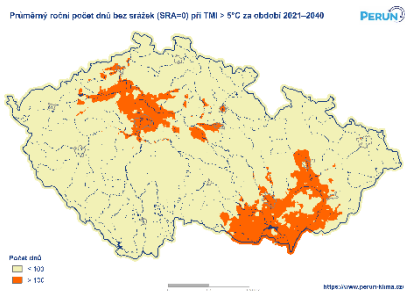
Základ scénáře změny klimatu v ČR je tvořen výstupy regionálního klimatického modelu **ALADIN-CLIMATE/CZ v rozlišení 2,3 km**. Odhady klimatického scénáře byly připraveny na základě výpočtu modelu ALADIN-CLIMATE/CZ metodou Bias korekce.

Výpočet modelu je připraven pro období 1990–2014 (25 let) v režimu historického výpočtu a pro období **2021–2100** podle scénáře velmi vysokých emisí skleníkových plynů SSP5-8.5. **Scénář SSP5-8.5** byl v rámci řešení projektu zvolen jako primární a data jsou pro něj již dostupná a předána k dalším analýzám.

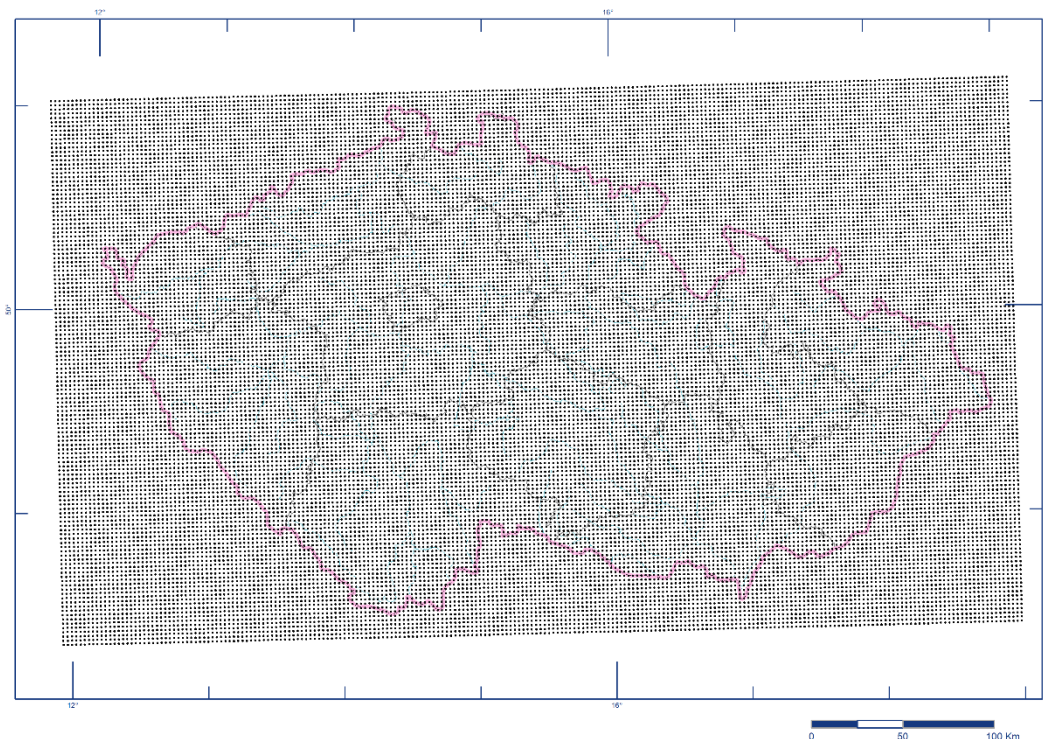
Následovat bude zpracování výpočtů pro scénář **SSP2-4.5**. Před provedením výpočtů metodou Bias (i předchozí Delta metodou) pro uvedená dvacetiletá období byl porovnán modelový běh s aktuálním klimatem, které reprezentují gridovaná data GriSt (ČHMÚ) za stejné období jako historický výpočet modelu ALADIN (1990–2014).

HC 2 - Zpřesnění scénářů změny klimatu pro území ČR

Práce směřují k přípravě scénářů pro **průměrnou, maximální a minimální teplotu vzduchu, srážky, vlhkost vzduchu, rychlost větru** a sluneční záření. Po provedených korekcích v gridových bodech budou připraveny **klimatické indexy (např. studená a teplá období, dny a noci, mrazové dny, ledové dny, tropické dny, letní dny, tropické noci, dny s definovanými úhrny srážek, vlhká a suchá období, apod.)** a charakteristiky evapotranspirace.



Zpracování dat v GIS



Základ scénáře změny klimatu v ČR je tvořen výstupy regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ v rozlišení 2,3 km => 29 154 bodů.

Výpočet modelu je připraven pro období 1990–2014 (25 let) v režimu historického výpočtu a pro období 2021–2100 podle scénáře SSP5-8.5 (IPCC, 2021). Scénář SSP5-8.5 byl v rámci řešení projektu zvolen jako primární a data jsou pro něj již dostupná. Následovat budou výpočty pro scénář SSP2-4.5.

Období pro scénáře

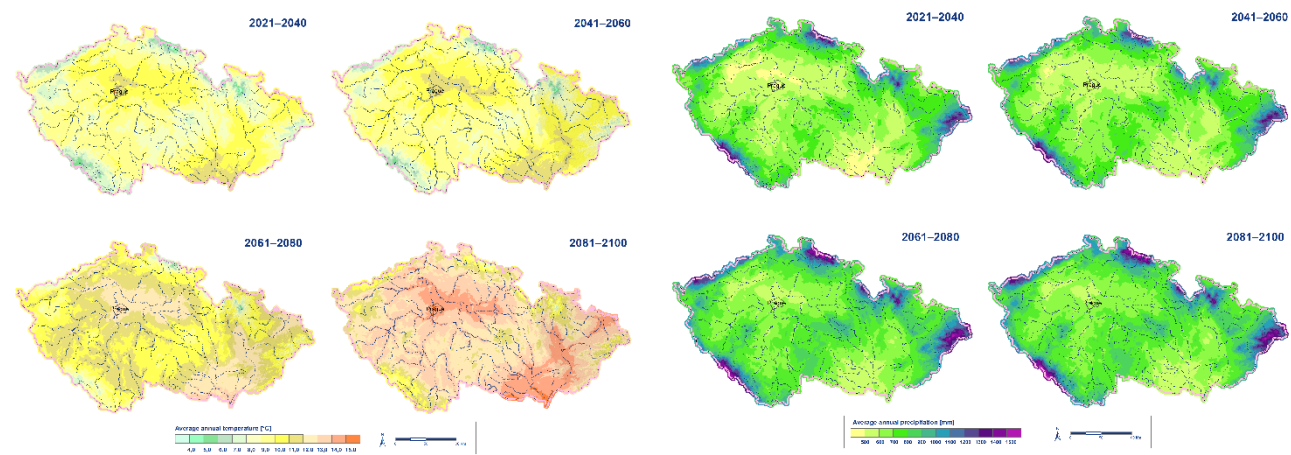
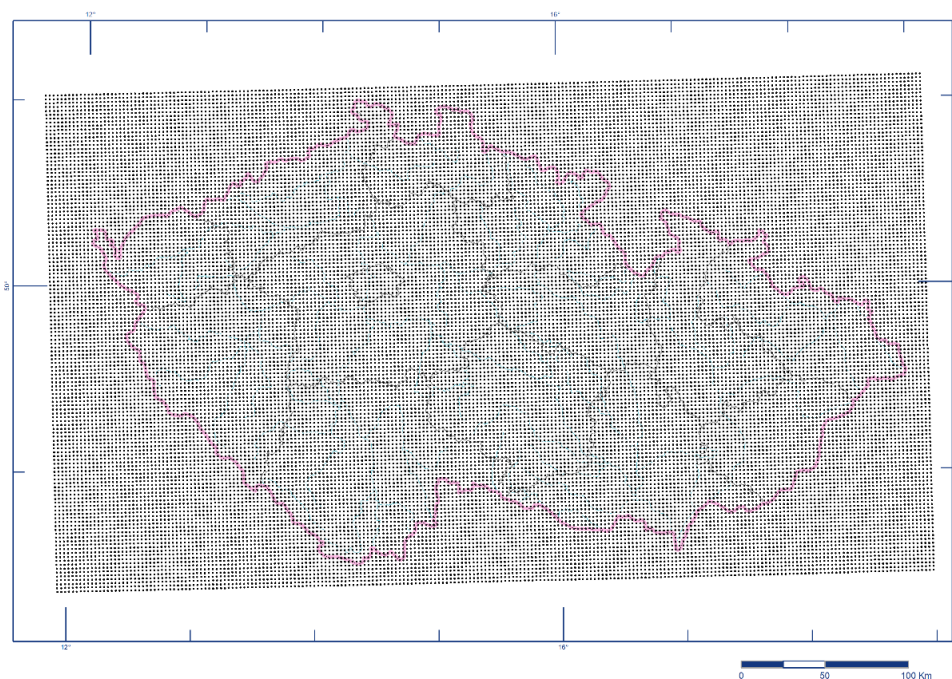
krátkodobý
2021 – 2040

střednědobý
2041 – 2060

dlouhodobý
2061 – 2080 2081 – 2100

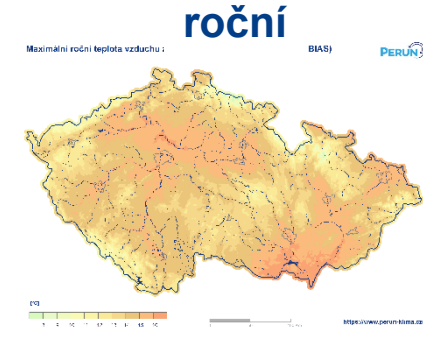
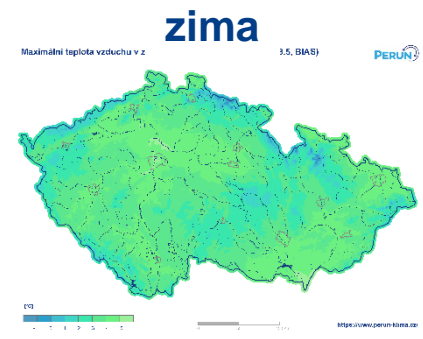
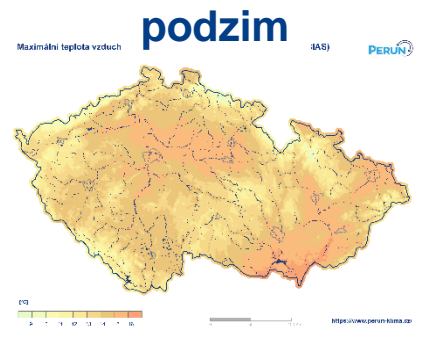
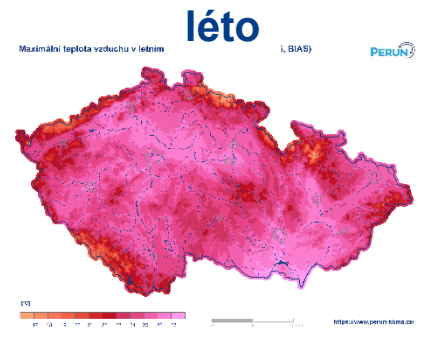
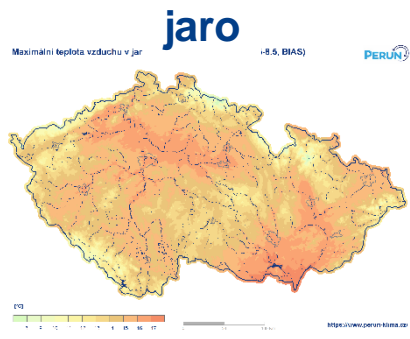
Zpracování dat v GIS

Mapová projekce je výsledkem prostorové analýzy dat z modelu ALADIN-CLIMATE/CZ pomocí geografického informačního systému (GIS). V našem případě konkrétně ArcGIS a metod Orografická interpolace (Šercl 2008a, Šercl 2008b), LLR a ClidataDEM (Stríž 2008). Tyto interpolační metody zohledňují vliv nadmořské výšky (případně orientace a sklonitosti svahů nebo krajinného pokryvu) na interpolovanou veličinu a zachovávají původní naměřenou hodnotu ve známém bodě. Výsledkem interpolace je rastrová mapa.

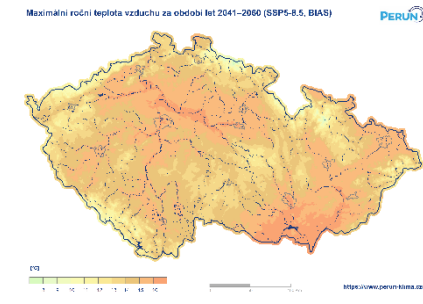
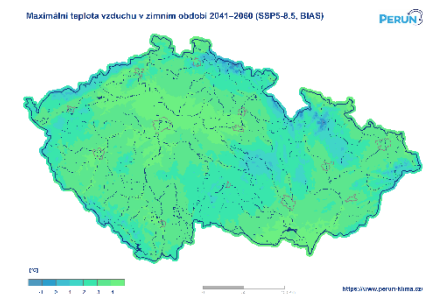
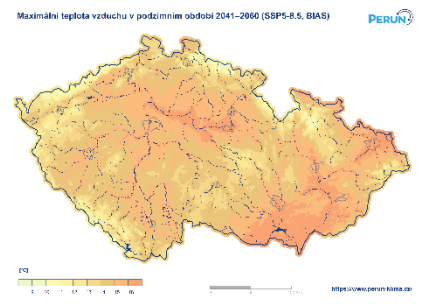
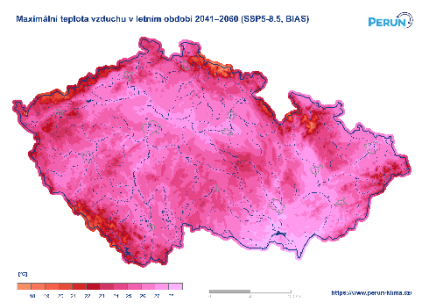
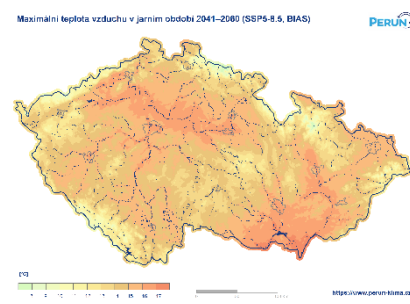


Maximální teplota vzduchu v ČR, SSP5-8.5

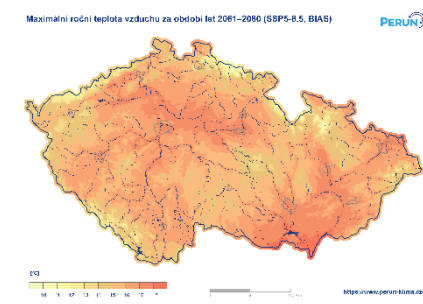
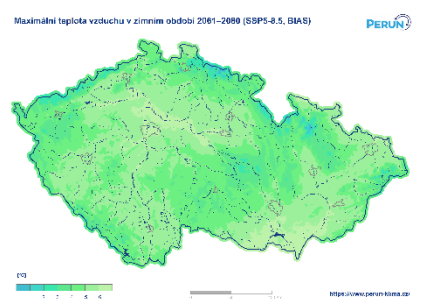
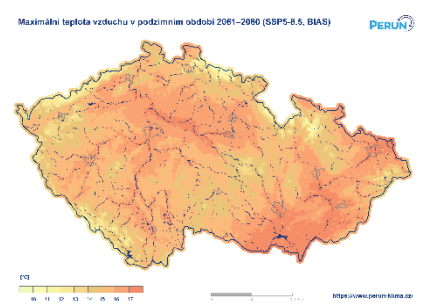
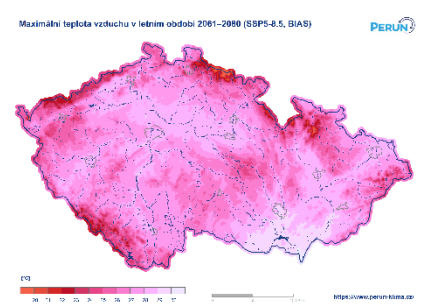
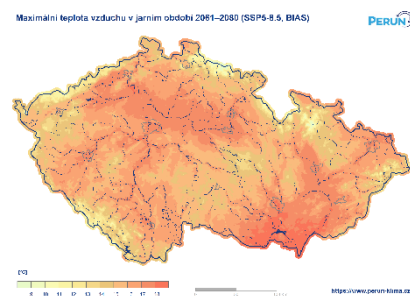
2021-2041



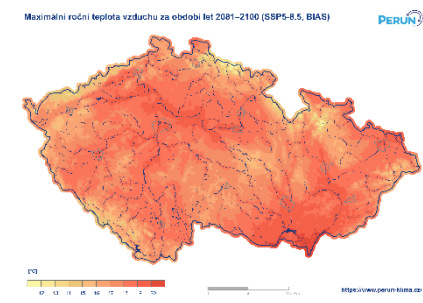
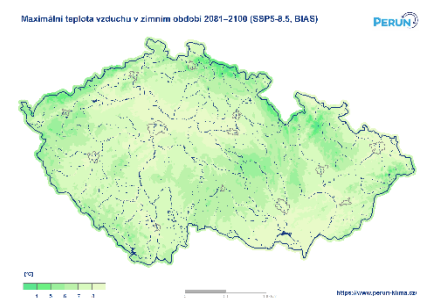
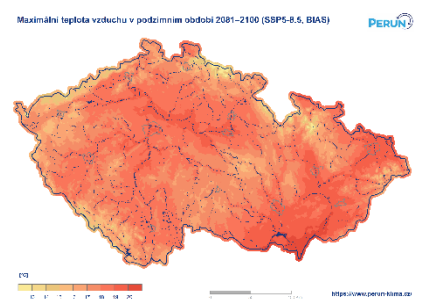
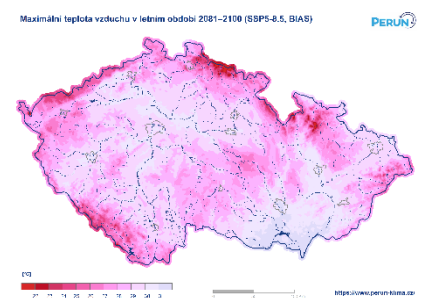
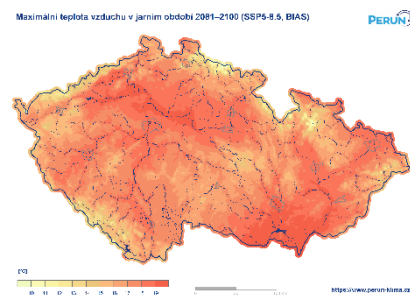
2041-2060



2061-2080

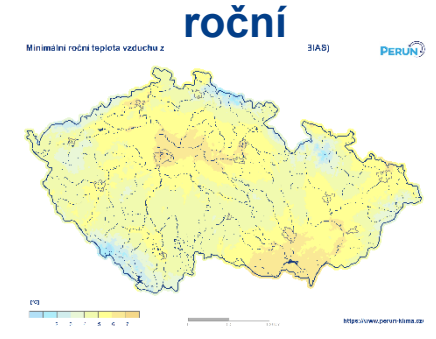
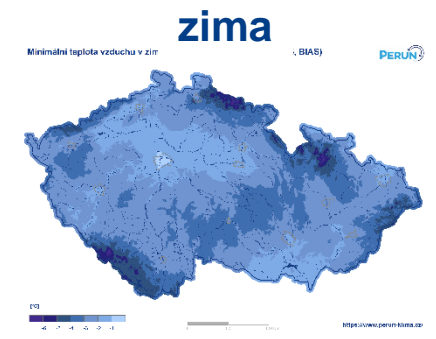
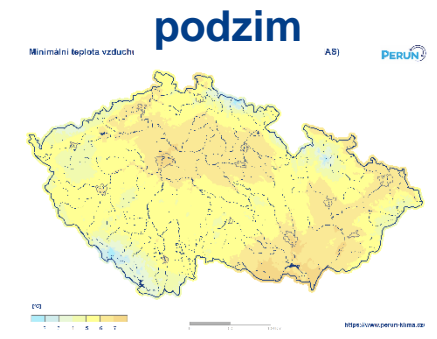
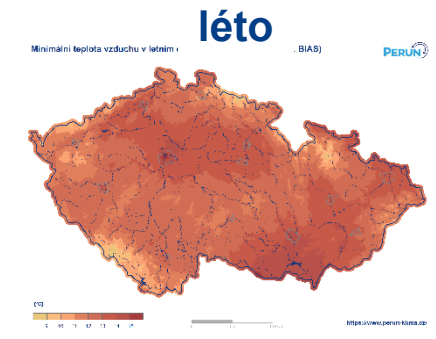
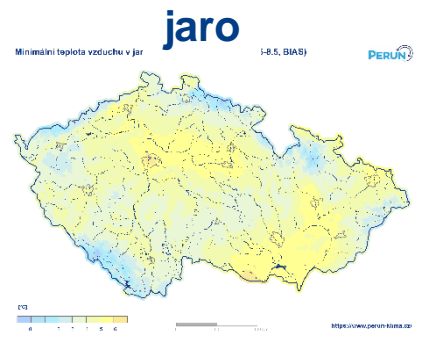


2081-2100

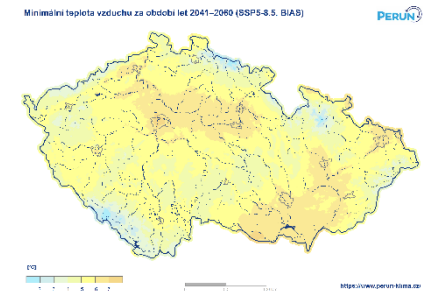
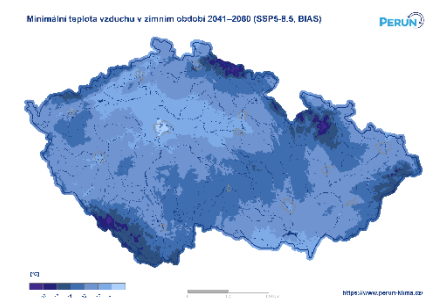
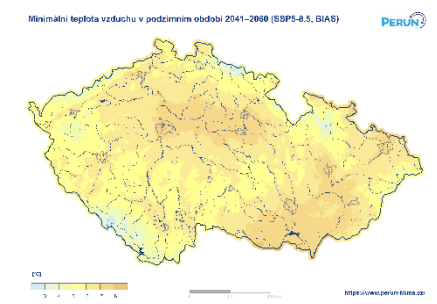
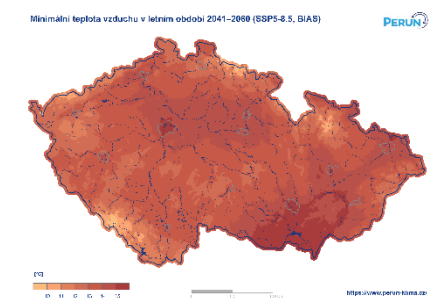
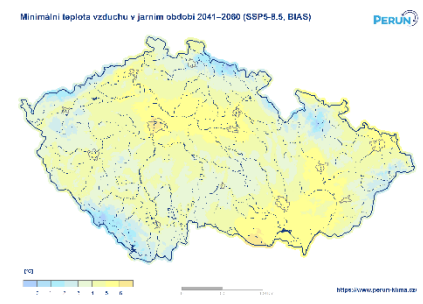


Minimální teplota vzduchu v ČR, SSP5-8.5

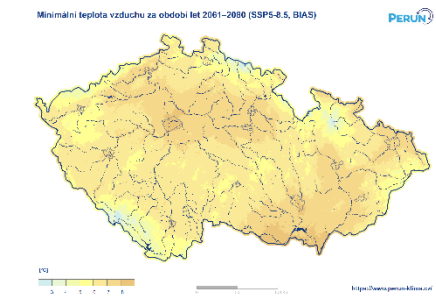
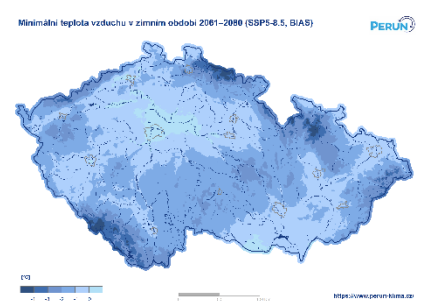
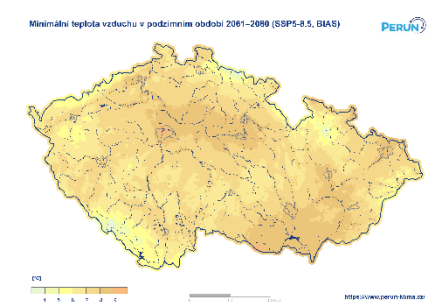
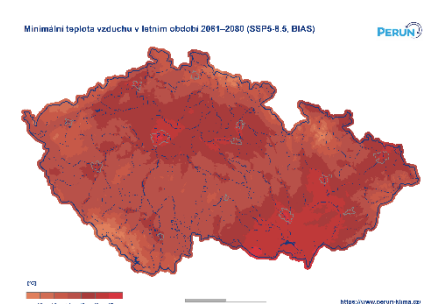
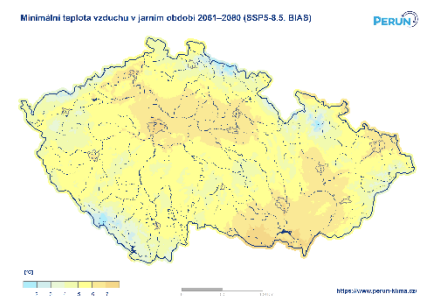
2021-2041



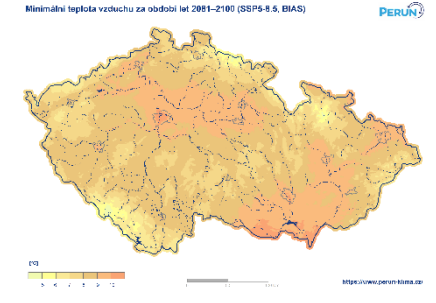
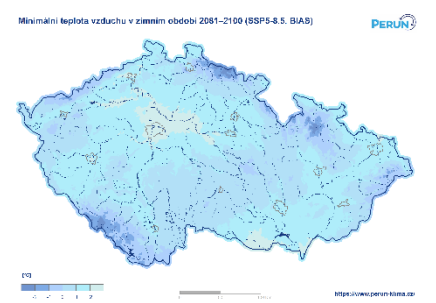
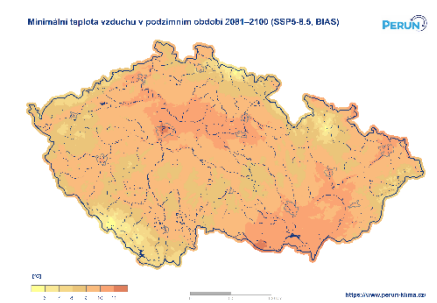
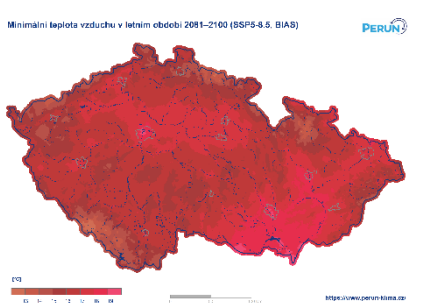
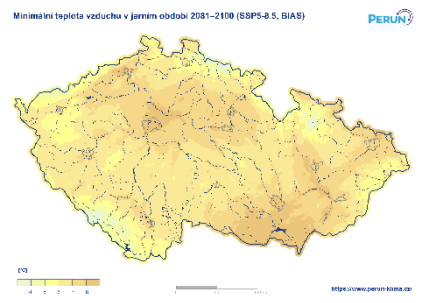
2041-2060



2061-2080

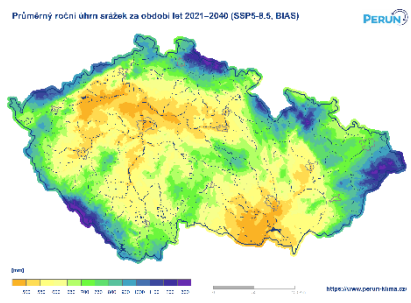


2081-2100

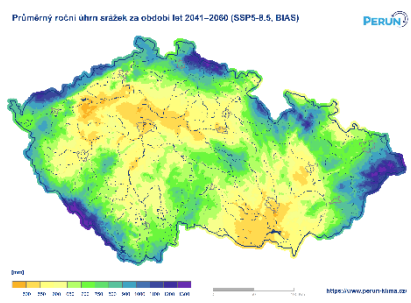


Úhrn srážek v ČR, SSP5-8.5

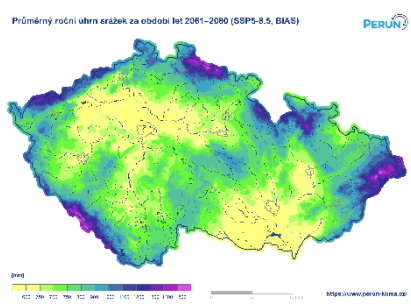
2021–2041



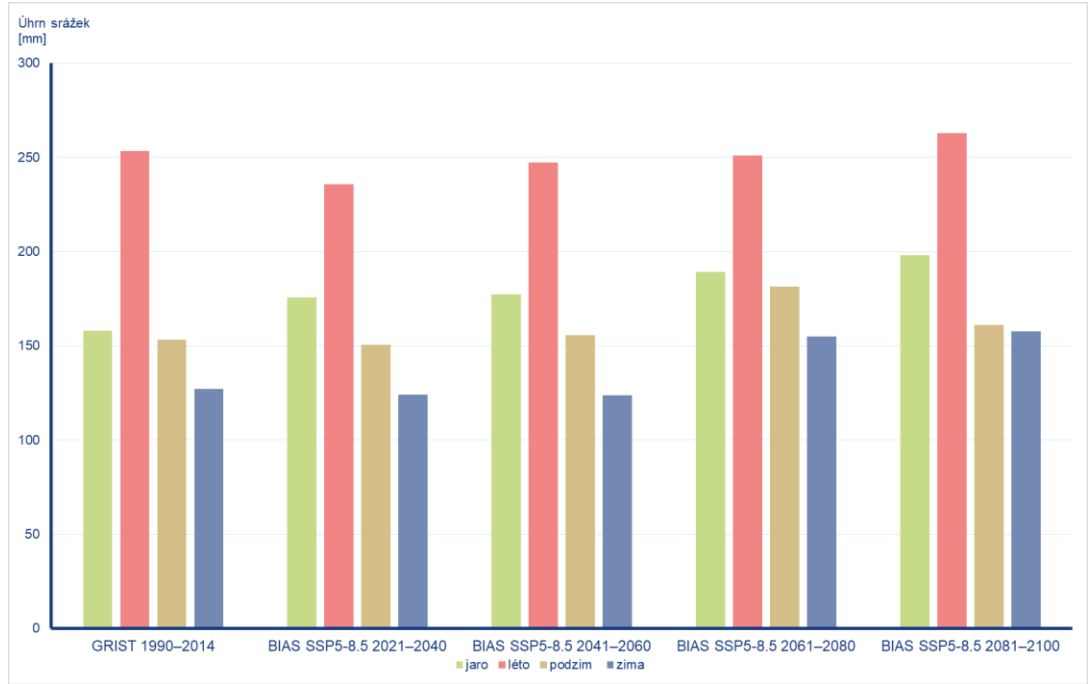
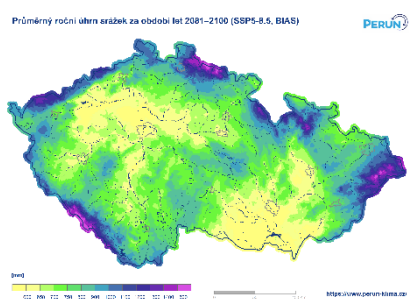
2041–2060



2061–2080



2081–2100



Rajonizace území - rizika

Vstupy

- bias korigovaná data (SSP5-8.5)
- analýza změn výskytu extrémních a rizikových jevů
- charakteristiky popisující nebezpečné jevy s největším dopadem na krajinu a společnost
- intenzita, plošný rozsah, délka trvání a frekvence výskytu (roční a sezónní)
- aktuálně indexy pro maximální a minimální teplotu a srážky

Výstupy

- území s největší mírou shody v ohrožení extrémními jevy a území s největší očekávanou změnou v ohrožení extrémními jevy
 - mapa ohrožení suchem
 - mapa ohrožení horkými vlnami
 - mapa mimořádných podmínek pro vznik přírodních požárů
 - ...

Limity pro vybrané kategorie rizika

Riziko	Definice	Limitní hodnota
Horko	Počet horkých dnů ($T_{max} \geq 30 \text{ °C}$)	15 dní / rok
	Počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ °C}$)	3 dny / rok 6 dní / rok
	Počet tropických nocí ($T_{min} \geq 20 \text{ °C}$)	4 noci / rok
	Počet dní s horkou vlnou ($T_{max} \geq 30 \text{ °C}/3 \text{ dny}$)	10 dní / rok 15 dní / rok
	Počet horkých vln ($T_{max} \geq 30 \text{ °C}/3 \text{ dny}$)	2 vlny / rok 4 vlny / rok
Mráz	Počet ledových dnů ($T_{max} < 0 \text{ °C}$)	50 dní / rok
Sucho	Denní maximální teplota ve vegetačním období duben-říjen	Průměr nad 21 °C
	Počet dní bez srážek ($SRA=0$) při $TMI > 5 \text{ °C}$	100 dní / rok
Přivalové deště	Počet dní v roce s denními srážkami $\geq 20 \text{ mm}$	6 dní / rok
Bouře	Průměrný počet dní se silným větrem ($F > 10 \text{ m.s}^{-1}$)	6 dní / rok
Požáry	Počet letních dnů ($T_{max} \geq 25 \text{ °C}$)	60 dní / rok
	Počet dní bez srážek ($SRA=0$) při $T_{min} > 5 \text{ °C}$	100 dní / rok

Horko I

1991–2020

2021–2040

2041–2060

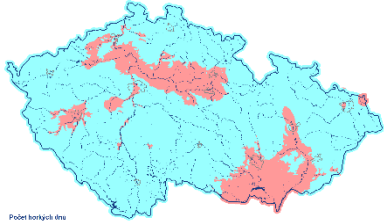
2061–2080

2081–2100

$T_{max} \geq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$
15 dní

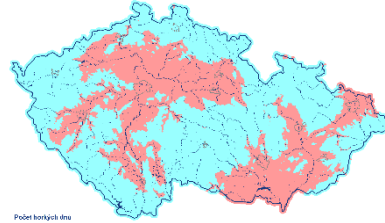
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 1991–2020

PERÚN



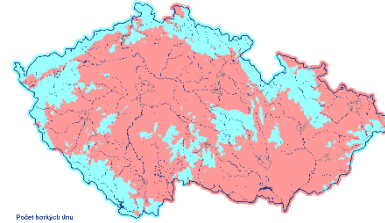
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2021–2040

PERÚN



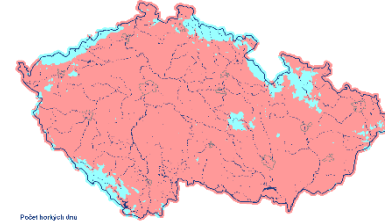
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2041–2060

PERÚN



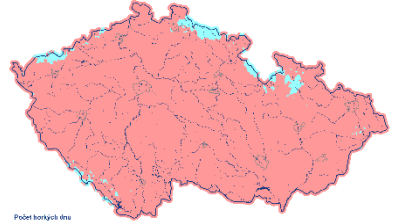
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2061–2080

PERÚN



Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2081–2100

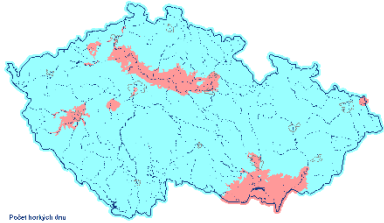
PERÚN



$T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$
3 dny

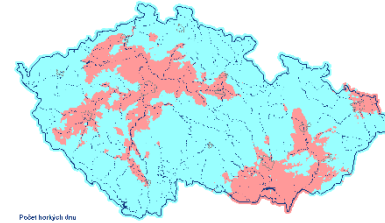
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 1991–2020

PERÚN



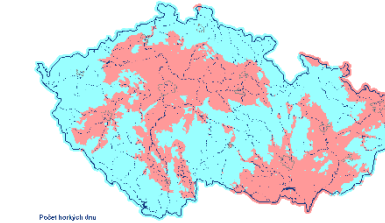
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2021–2040

PERÚN



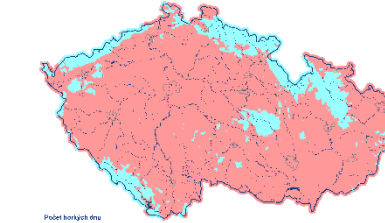
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2041–2060

PERÚN



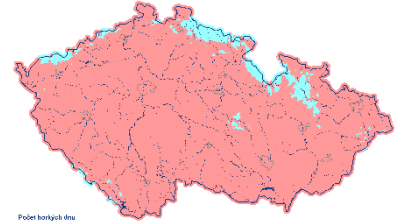
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2061–2080

PERÚN



Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2081–2100

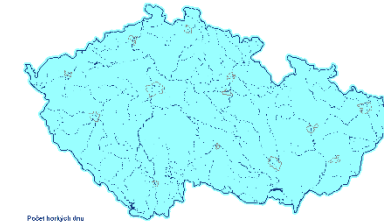
PERÚN



$T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$
6 dní

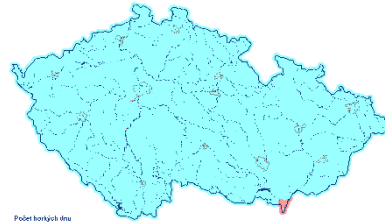
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 1991–2020

PERÚN



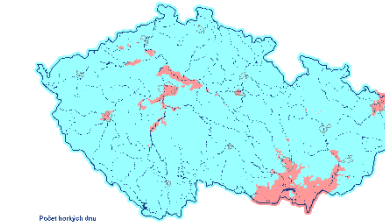
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2021–2040

PERÚN



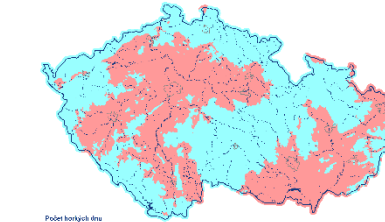
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2041–2060

PERÚN



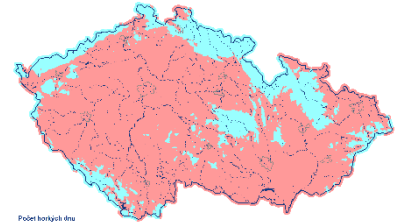
Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2061–2080

PERÚN



Průměrný roční počet horkých dnů ($T_{max} \geq 34 \text{ } ^\circ\text{C}$) za období 2081–2100

PERÚN



Horko II

1991–2020

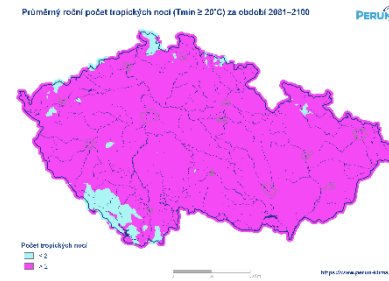
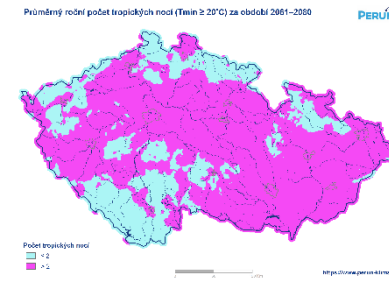
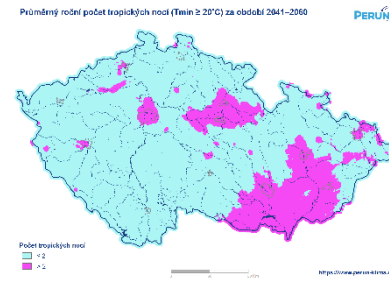
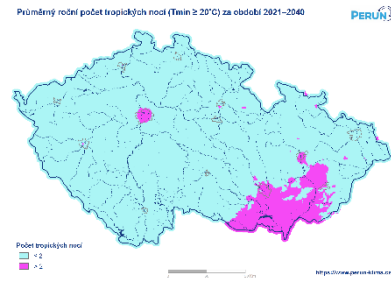
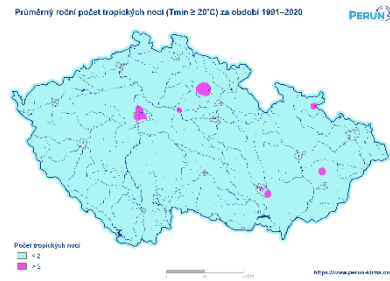
2021–2040

2041–2060

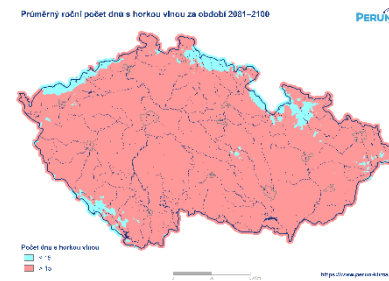
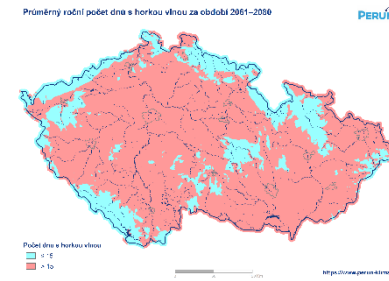
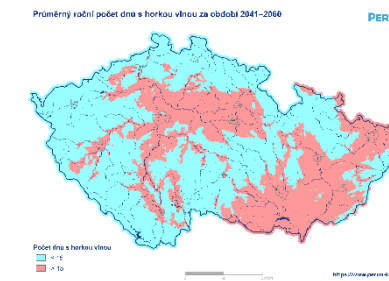
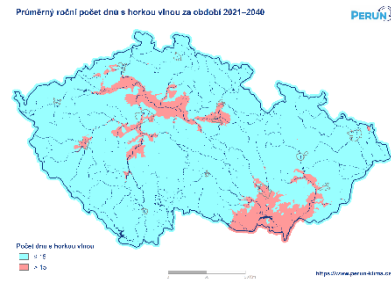
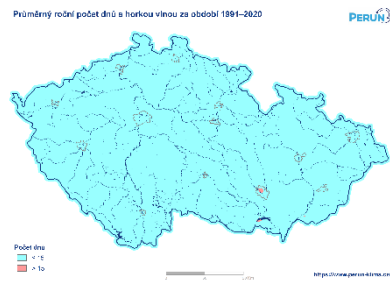
2061–2080

2081–2100

$T_{min} \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$
4 noci



$T_{max} \geq 30 \text{ }^\circ\text{C}/3$ dny
15 dní



Sucho x Přívalový déšť

1991–2020

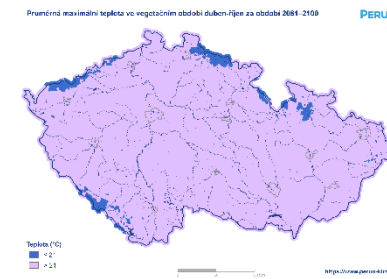
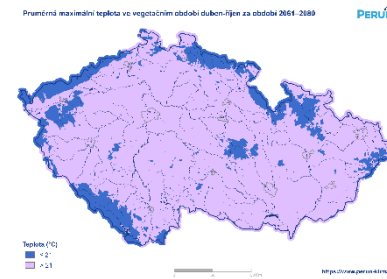
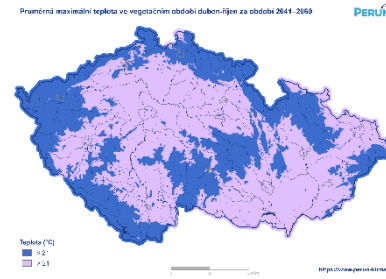
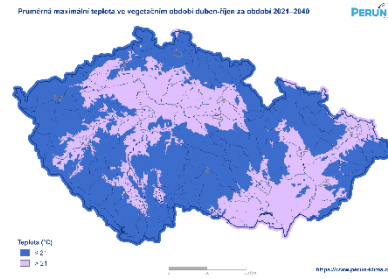
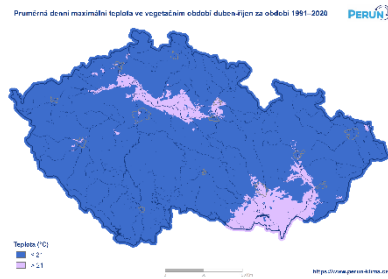
2021–2040

2041–2060

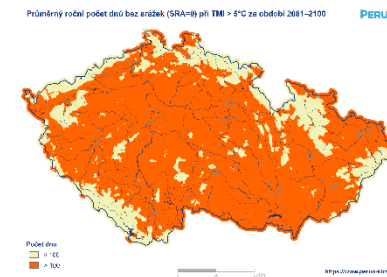
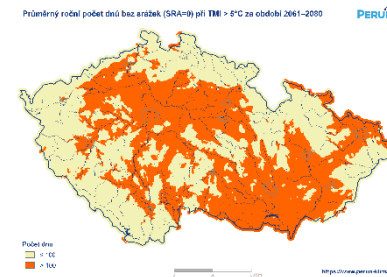
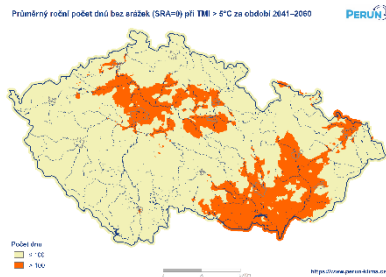
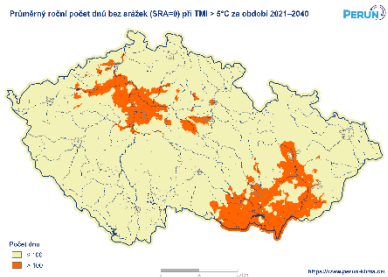
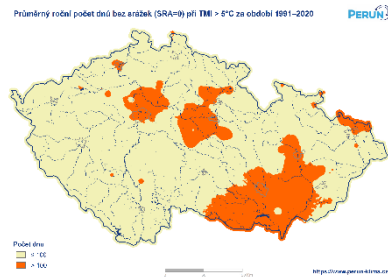
2061–2080

2081–2100

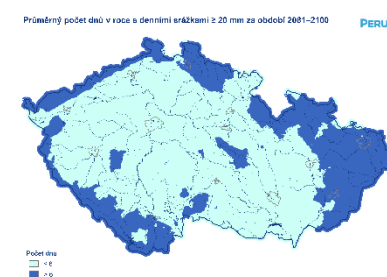
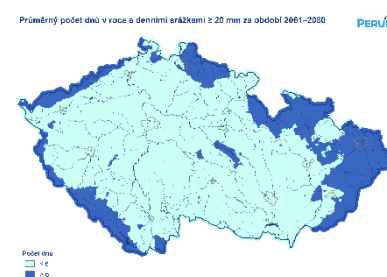
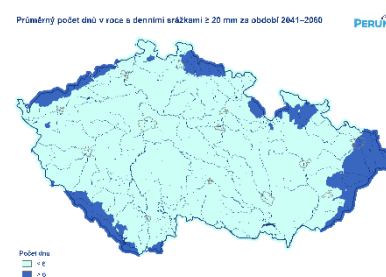
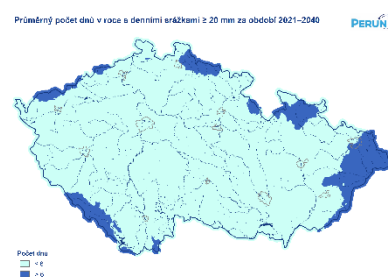
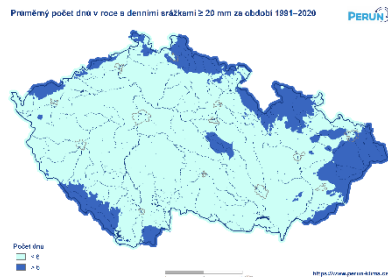
$Avg T_{max_{IV-X}} > 21\text{ }^{\circ}\text{C}$



$T_{min} > 5\text{ }^{\circ}\text{C}, SRA=0$
100 dní



$SRAd > 20\text{ mm}$
6 dní



Požáry

1991–2020

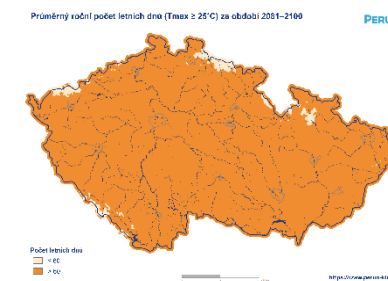
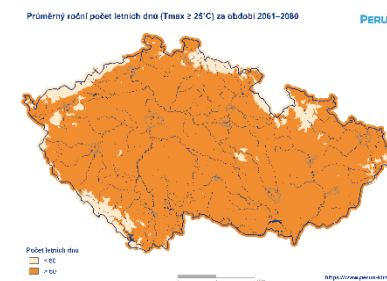
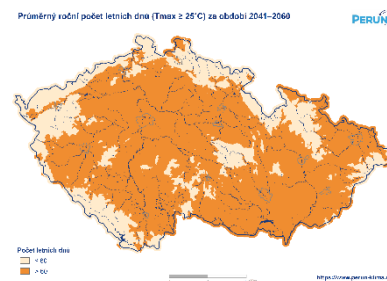
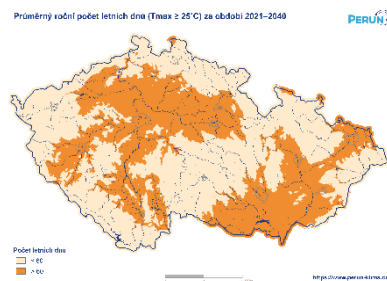
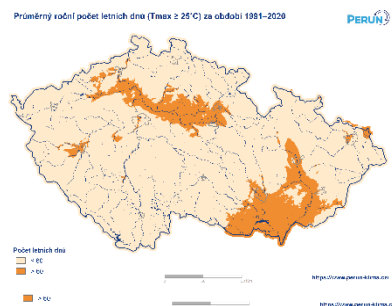
2021–2040

2041–2060

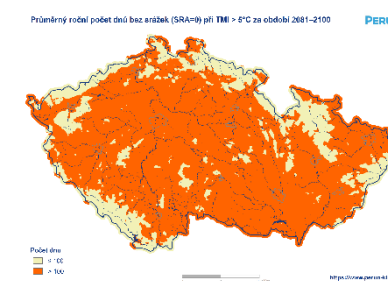
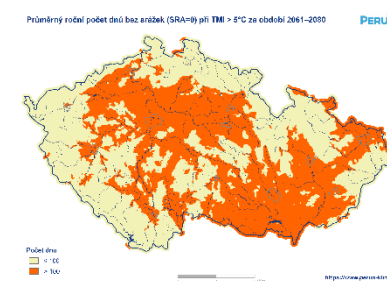
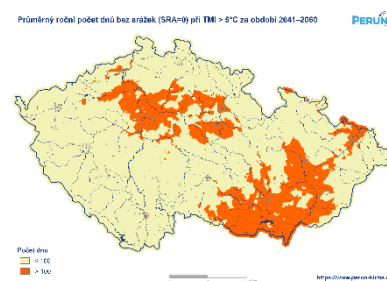
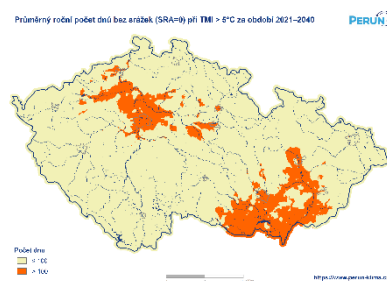
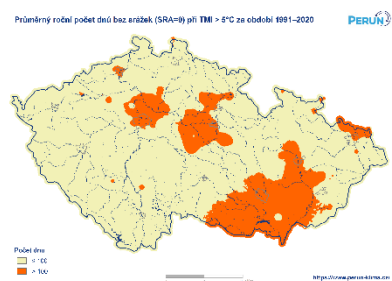
2061–2080

2081–2100

$T_{max} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$
60 dní



$T_{min} > 5 \text{ }^\circ\text{C}$, $SRA=0$
100 dní



Mráz

1991–2020

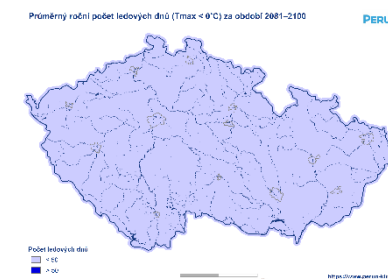
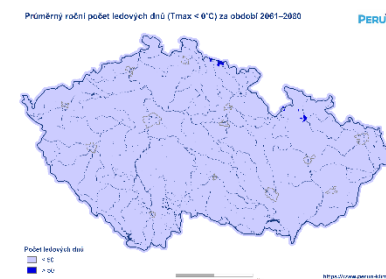
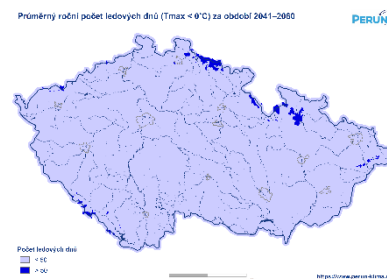
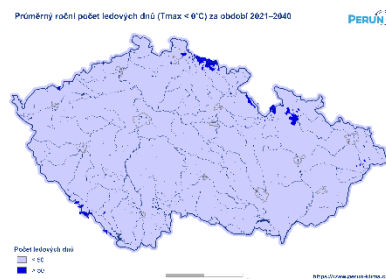
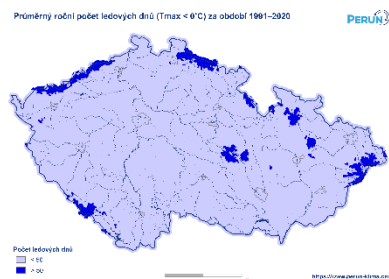
2021–2040

2041–2060

2061–2080






2081–2100

$T_{max} < 0 \text{ }^\circ\text{C}$
50 dní

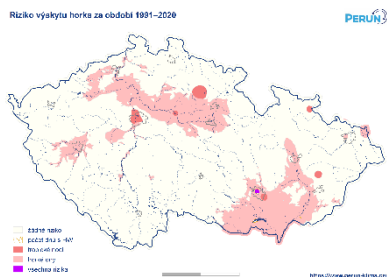


Sdružená rizika

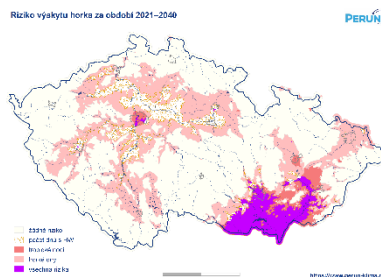
Horko

-  žádné riziko
-  počet dnů s HW
-  tropické noci
-  horké dny
-  všechna rizika

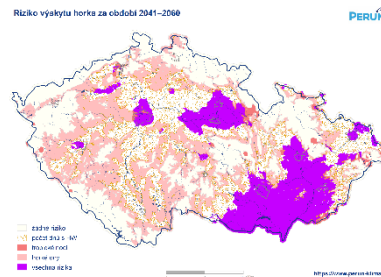
1991–2020



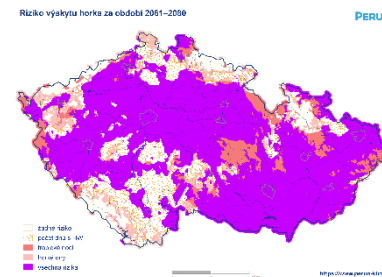
2021–2040



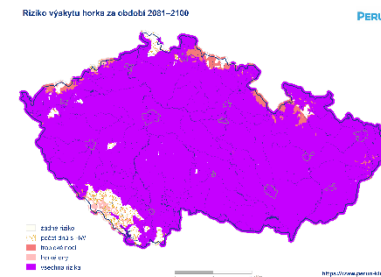
2041–2060



2061–2080

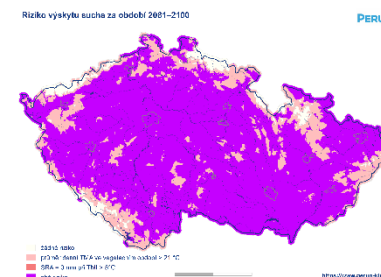
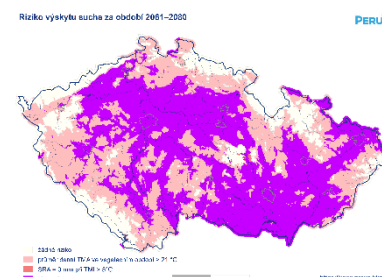
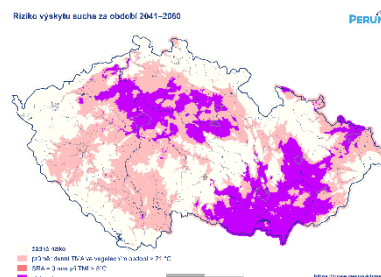
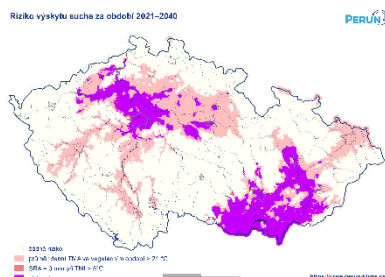
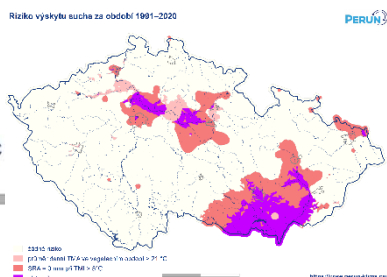


2081–2100







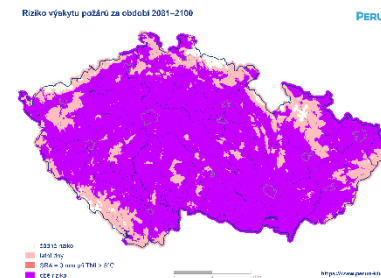
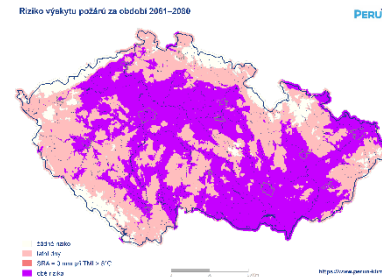
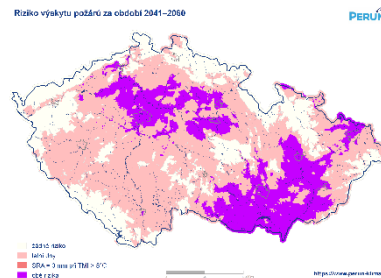
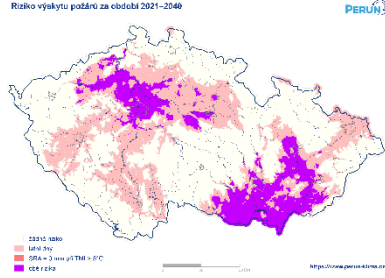
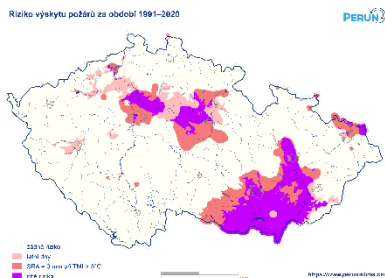
Sucho

-  žádné riziko
-  průměr denní TMA ve vegetačním období > 21 °C
-  SRA = 0 mm při TMI > 5°C
-  obě rizika

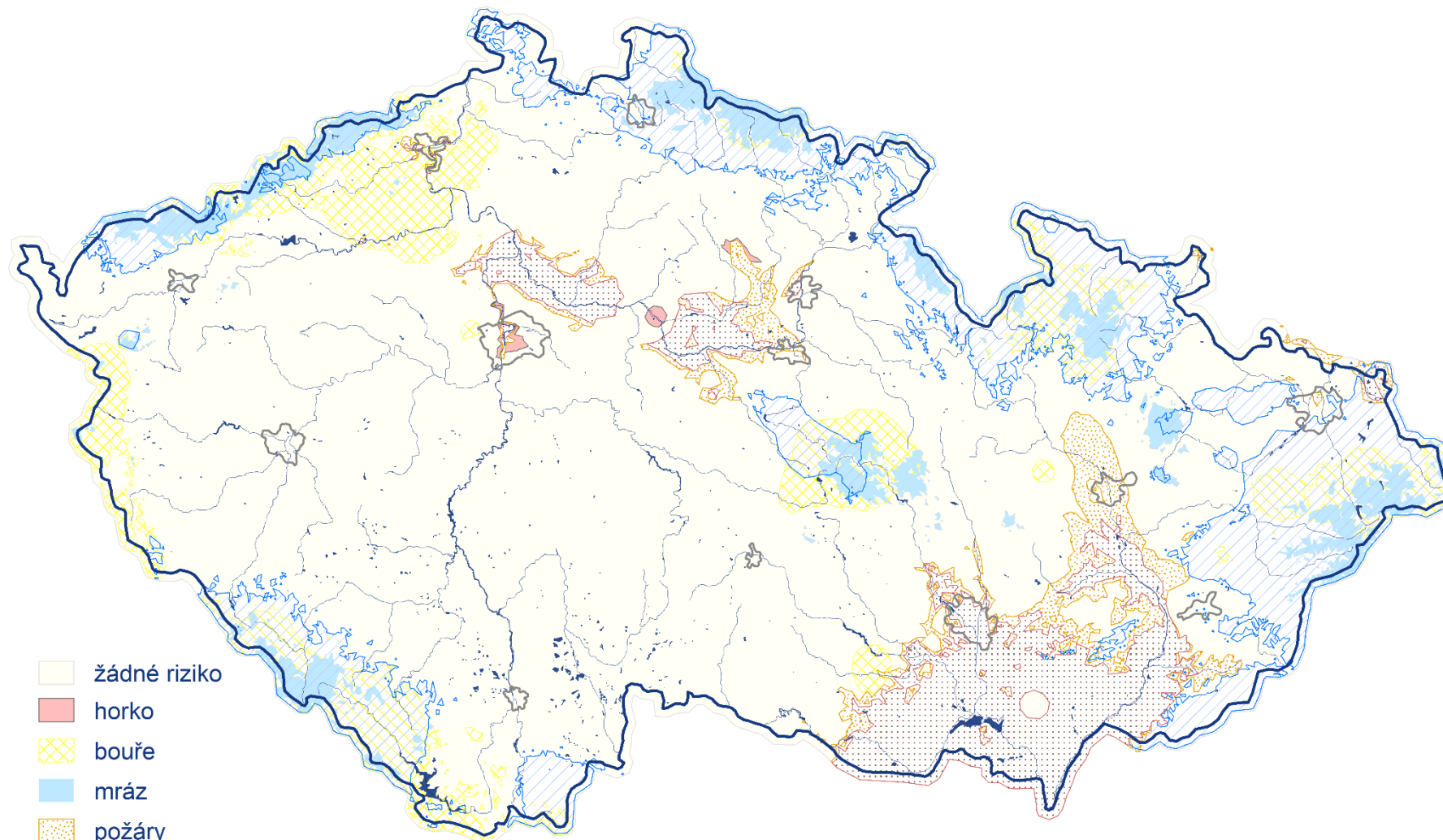


Požáry

-  žádné riziko
-  letní dny
-  SRA = 0 mm při TMI > 5°C
-  obě rizika



Kombinace rizik za období 1991–2020



- žádné riziko
- horko
- bouře
- mráz
- požáry
- sucho
- přivalovky



Další testování

Přidat další charakteristiky

- percentily (počet dní s TMA > 95 %, ...)
- vítr, dusné dny, vlhkost půdy, ...
- charakteristiky povodňového rizika

Limity stejné pro oba scénáře (SSP2-4.5 a SSP5-8.5)

Variantní limity pro jednotlivé scénáře

Literatura a zdroje

Brožková, R., Bučánek, A., Mašek, J., Smolíková, P., Trojáková, 2019: Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. Meteorologické zprávy, roč. 72, č. 5, s. 129-139. ISSN 0026-1173.

ESRI, 2018. Resources for ArcMap [online]. [cit. 11. 03. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.esri.com/enus/arcgis/products/arcgis-desktop/resources>

IPCC: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

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. Clim Dyn, 42, pp.2287—2303. doi: 10.1007/s00382-014-2130-8.

Stříž, M. 2008. Popis metod CLIDATA-GIS. [online] Dostupné z: <http://www.infomet.cz/fil/1295510217.pdf>

Šercl, P., 2008a: Hodnocení metod odhadu plošných srážek. Meteorologické zprávy, 61, č. 2, s. 33–43.

Šercl, P., 2008b. AGHydroInterpolace (Interpolační procedury pro ArcGIS). Uživatelská příručka. Praha: Český hydrometeorologický ústav.

Štěpánek, P., Zahradníček, P., Farda, A., Skalák, P., Trnka, M., Meitner, J., Rajdl, K., 2016. Projection of drought-inducing climate conditions in the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. Climate research, č. 70, s. 179-193. Dostupné z: <https://www.intres.com/articles/theme/c070p179.pdf>

Děkuji za pozornost

✉ veronika.sustkova@chmi.cz

