



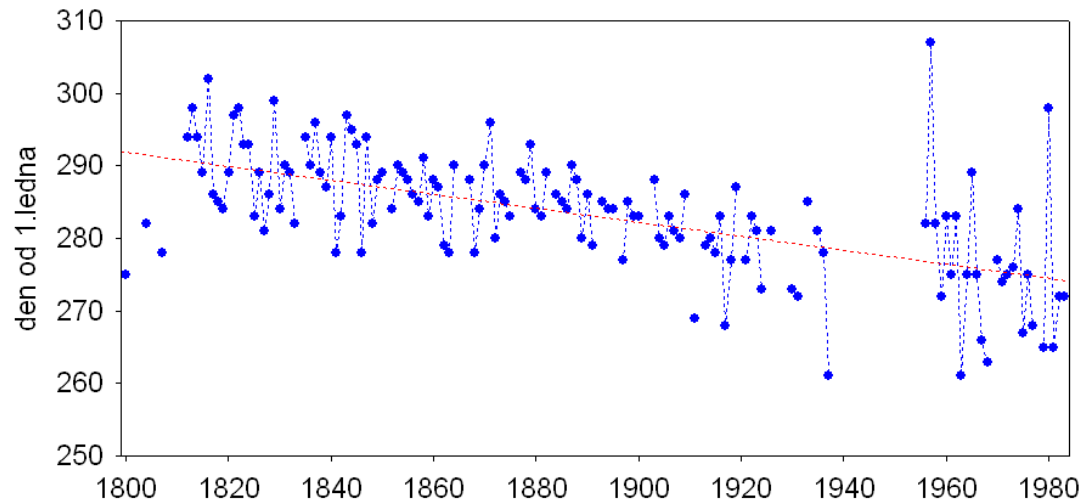
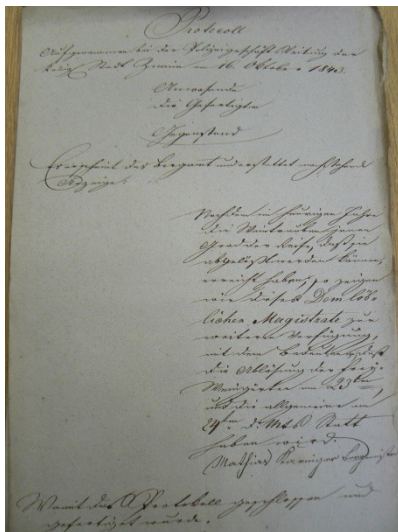
Očekávaná změna klimatu v České republice

Pavel Zahradníček, Miroslav Trnka, Petr Štěpánek a mnoho dalších

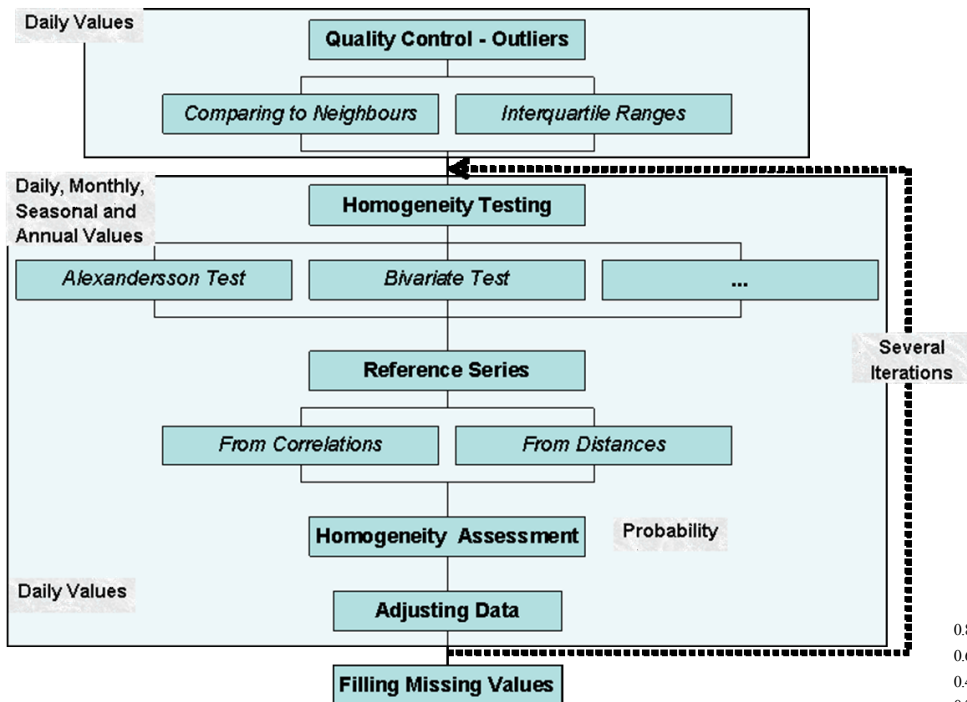
Vzdělání:

2000-2005 Masarykova univerzita Brno, **titul Mgr.** v oboru Geografie a kartografie pro SŠ a historie (Téma: **Archivní zprávy o škodách způsobených živelnými pohromami jako zdroj údajů pro studium hydrometeorologických extrémů a jejich dopadů na příkladu panství Bítov**)

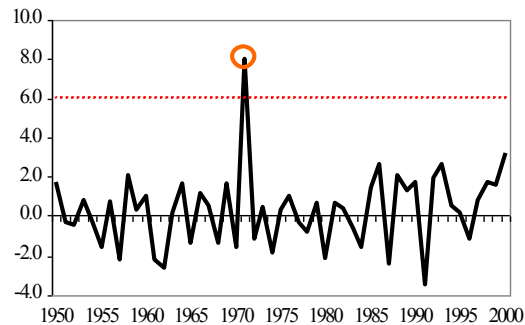
2005- 2010 Masarykova univerzita Brno, **titul Ph.D.** v oboru Fyzická geografie (Téma: **Informace o pěstování révy vinné jako zdroj poznání vývoje klimatu České republiky v minulosti, současnosti a v budoucnosti**)



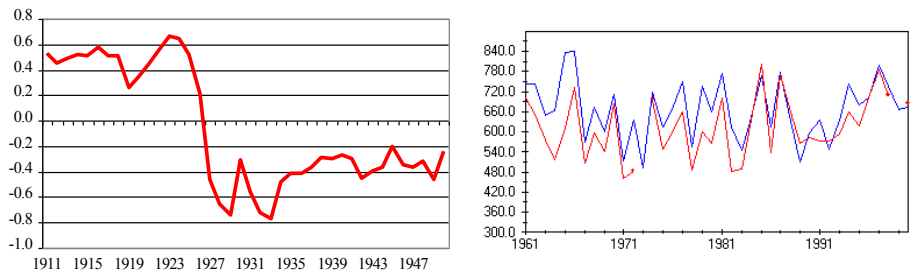
Kompilovaná řada začátku sklizně révy vinné jižní Moravy v letech 1800–1983



Quality control (ProClimDB)

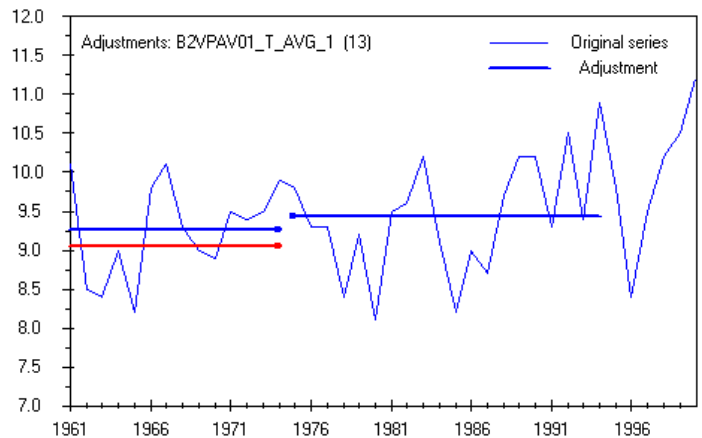
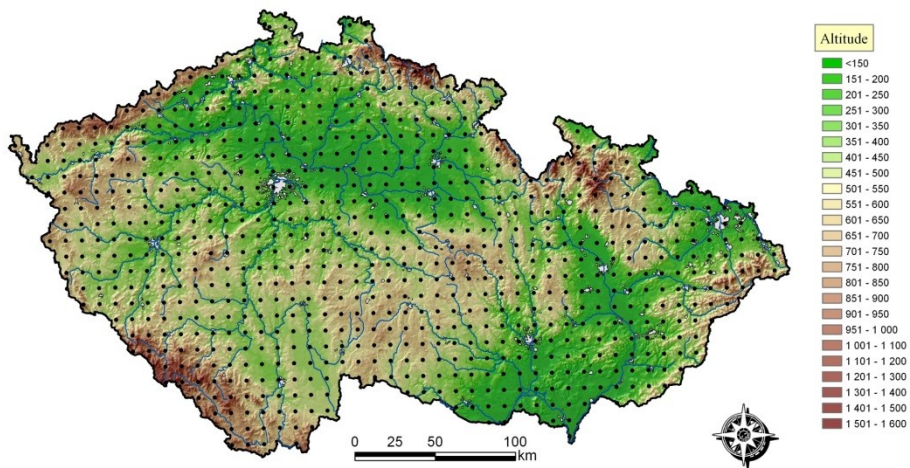


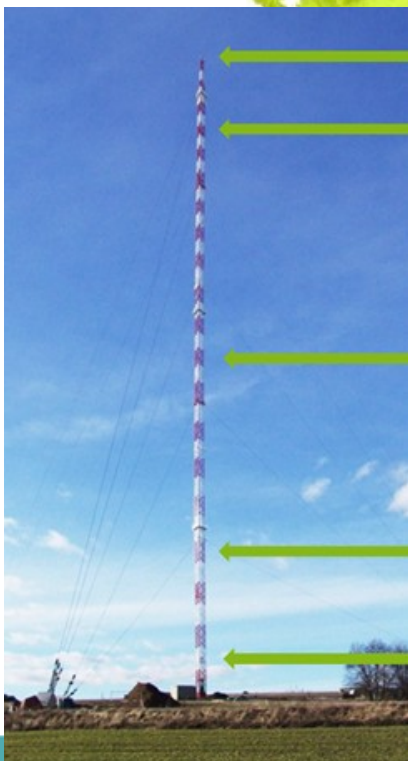
Homogenization (ProClimDB/AnClim)



„Technical“ series and grid points calculation

(ProClimDB)







Děláme vědu pro lidi



Mapy a grafy

Adaptace

Metodika

O nás

EN

Dopady změny klimatu

Aktuální vývoj

Časová řada

Průměrná roční teplota vzduchu

POPIS VRSTVY

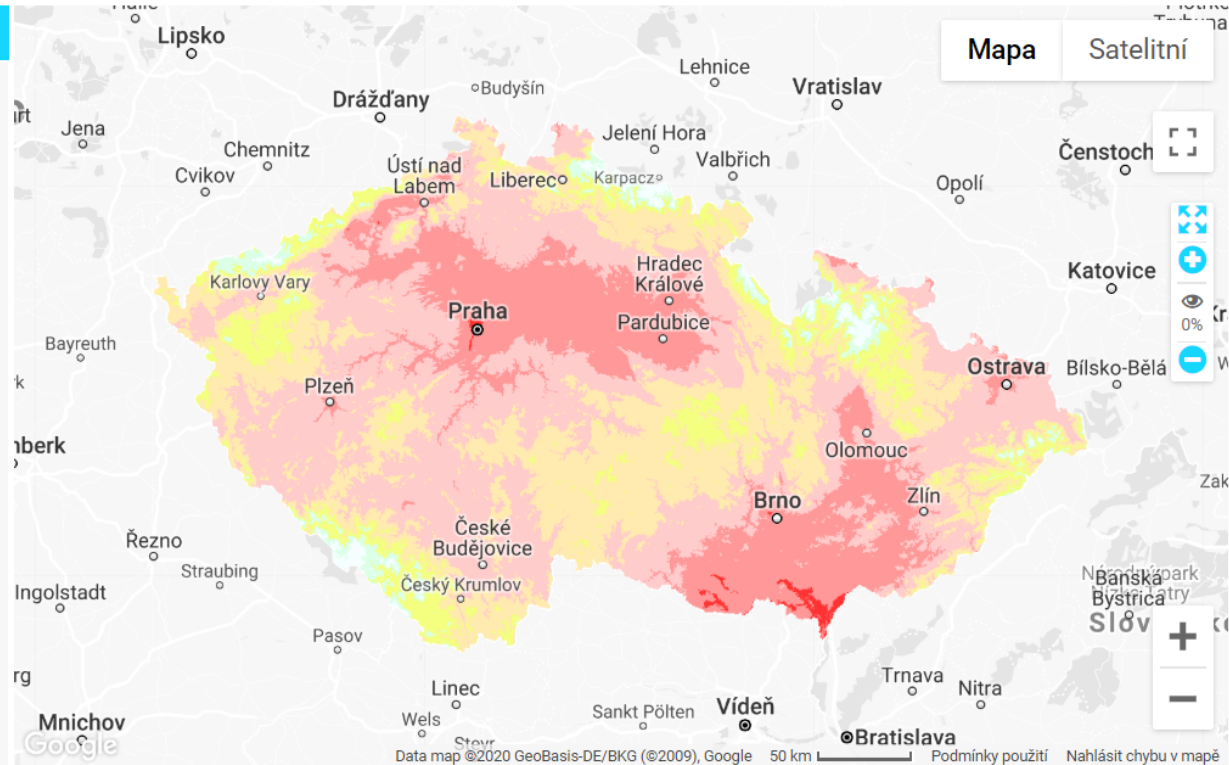
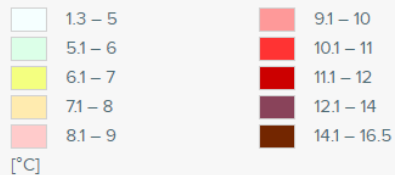
ZMĚNIT VRSTVU

Časová osa



Globální modely: [Střední a vysoké emise ČR](#) [Nízké emise ČR](#)
[Norsko](#)

Informace: [Metodika měření](#) [Adaptace](#)

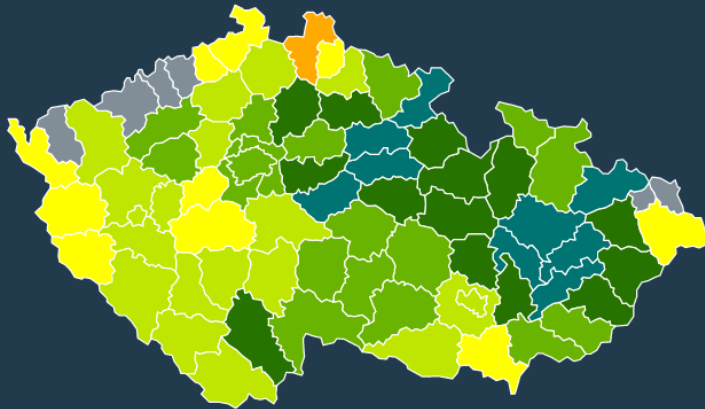


Ječmen jarní

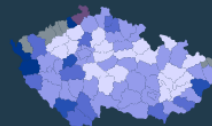
[Stáhnout mapy](#)

[Detailní popis](#)

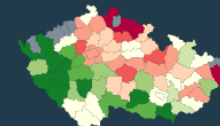
Odhad výnosů 2019



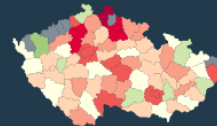
Reálný výnos



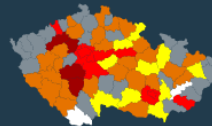
Spolehlivost předpovědi



Odchylka od průměrného
výnosu za minulý rok



Odchylka od průměrného
výnosu za poslední 3 roky

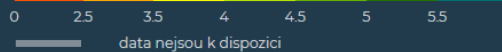


Odhadované dopady sucha
na výnos



Procento sklizené plochy

Výnos [t/ha]



Okresy Kraje

Plodiny

- Ječmen jarní
- Pšenice ozimá
- Řepka ozimá
- Kukuřice na siláž
- Kukuřice na zrn
- Cukrová řepa
- Oves
- Žito ozimé

Období

- 2019
- 2018



Fenologické Fáze / Sledované druhy

Sledované druhy



Břıza bělokorá
(*Betula pendula*, Roth.)



Líska obecná
(*Corylus avellana*, L.)



Olše lepkavá
(*Alnus glutinosa*, L.)

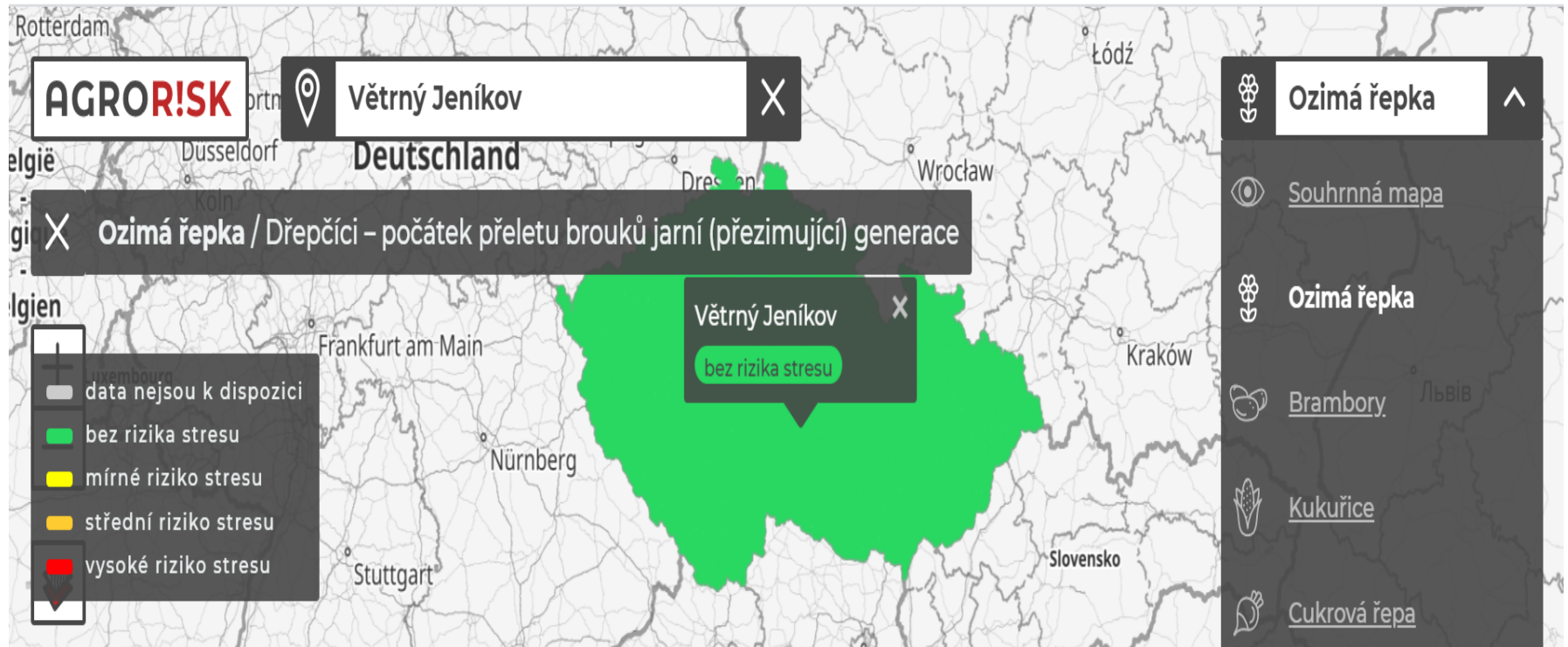


Modřín opadavý
(*Larix decidua*, Mill.)



Děláme vědu pro lidi

Od poloviny roku 2020 chystáme spuštění



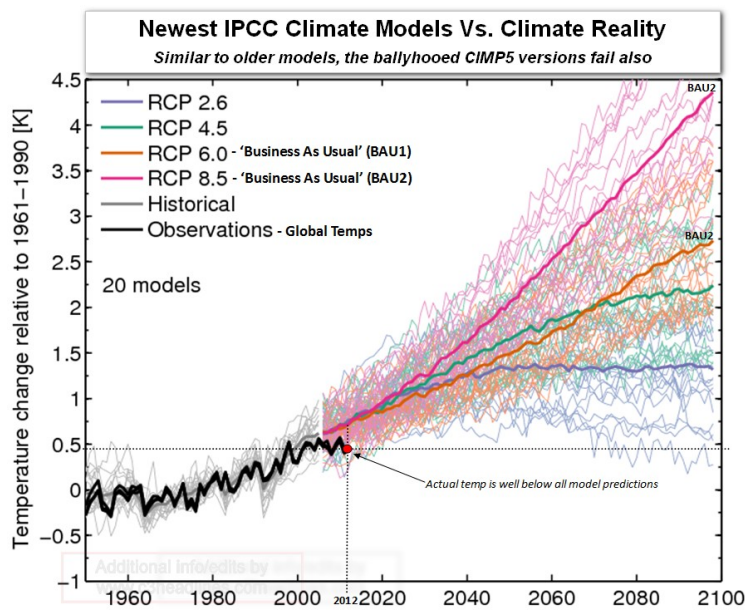
	VČERA	DNES	PÁTEK	SOBOTA	NEDĚLE	PONDĚLÍ
Dřepčící – počátek přeletu brouků jar...						
Dřepčící – počátek přeletu brouků letní...						
Větrný Jeníkov	29. 1. 2020	30. 1. 2020	31. 1. 2020	1. 2. 2020	2. 2. 2020	3. 2. 2020

- Speciální super přesné předpovědi výroby elektřiny ze solárních a větrných elektráren (vstupy sluneční svit, vítr)
- V hodinovém kroku, 24krát denně
- Spotřeba elektřiny a plynu (závislost počasí, teplota, oblačnost)
- Už od roku 2012

 e-on

Energetická meteorologie

Klimatické modely – jak fungují, co očekávat, jak s nim pracovat

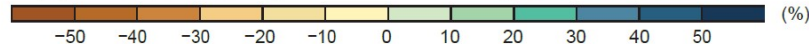
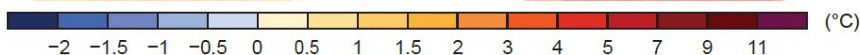
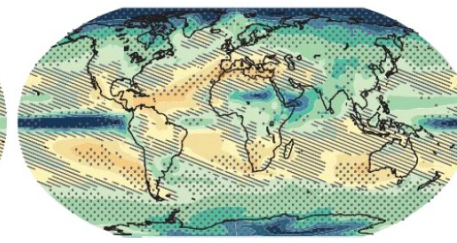
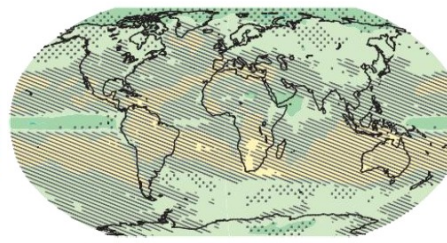
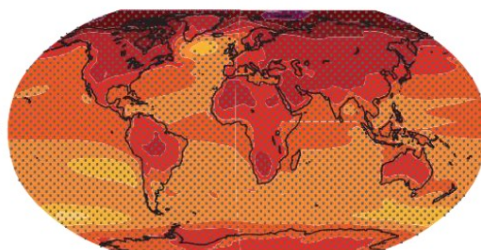


RCP 2.6

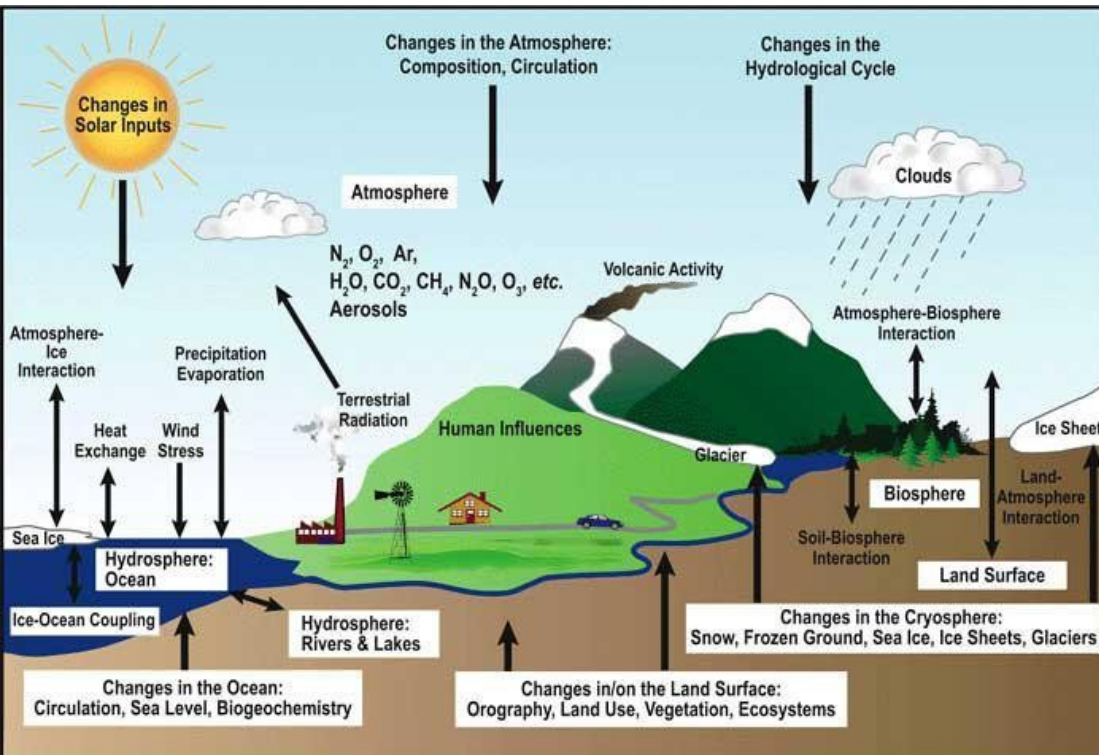
RCP 8.5

RCP 2.6

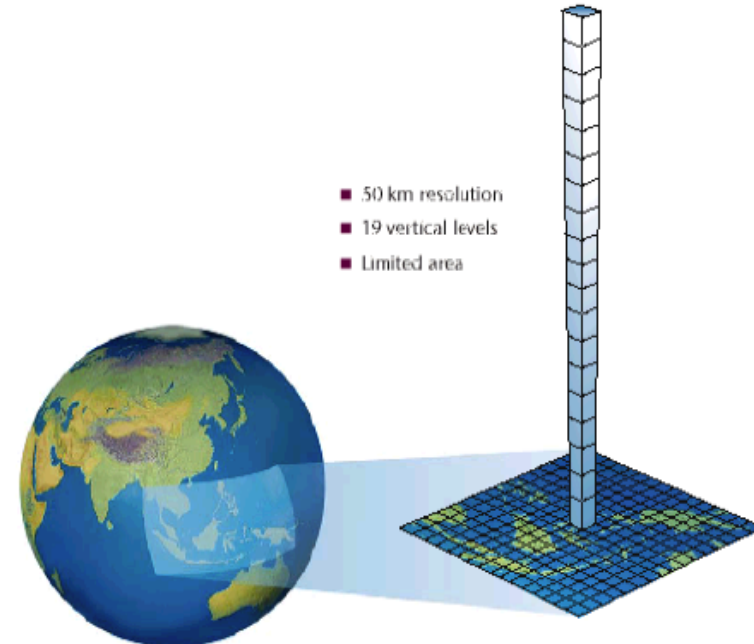
RCP 8.5



- Klimatické modely jsou převážně používány k predikování budoucího vývoje klimatu a jejich dopadů, ale existuje i modelování do minulosti
- Je to nástroj pro poznání klimatu
- Modely mohou být použity jako „virtuální“ laboratoř pro testování různých hypotéz a na základě výstupů lze dále model vyvíjet

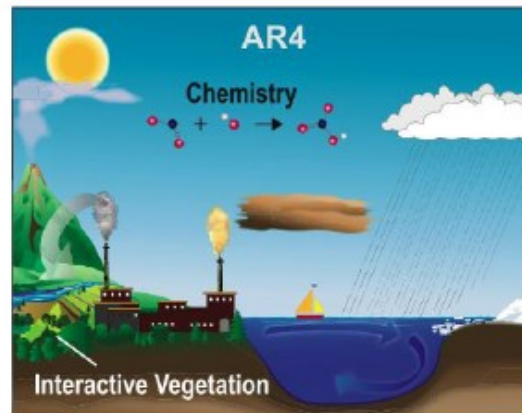
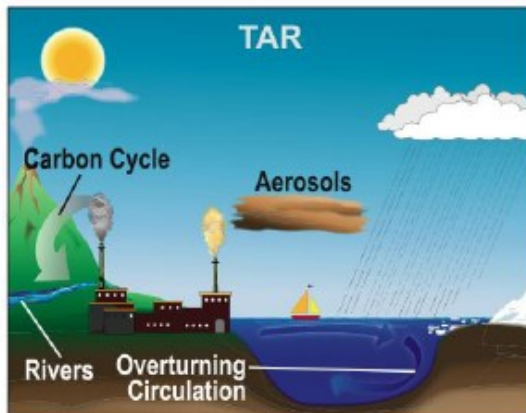
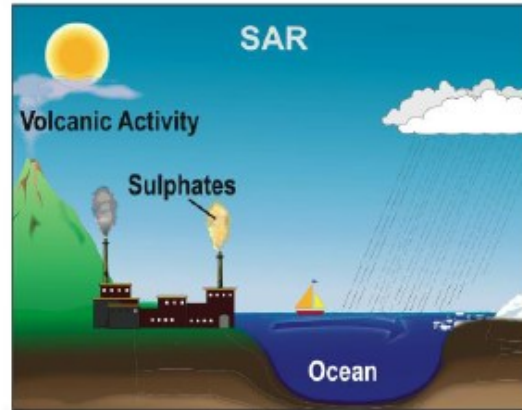
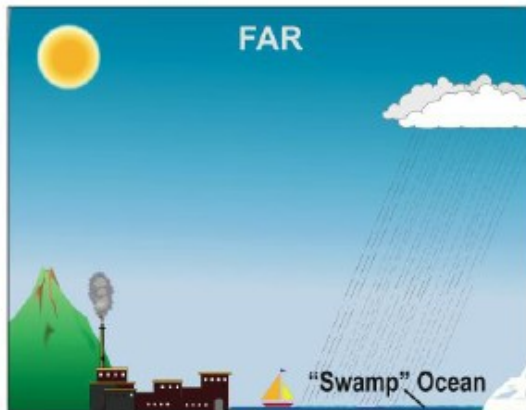
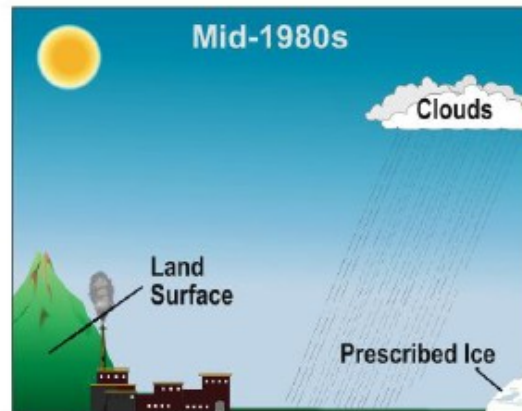
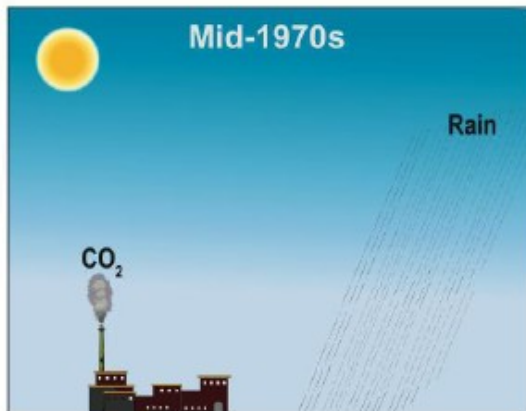


model structure



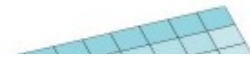
The World in Global Climate Models

Klimatické modely





FAD



Climate Models circa early 1990s



Global coupled climate models in 2006



Complex terrain in a weather model?

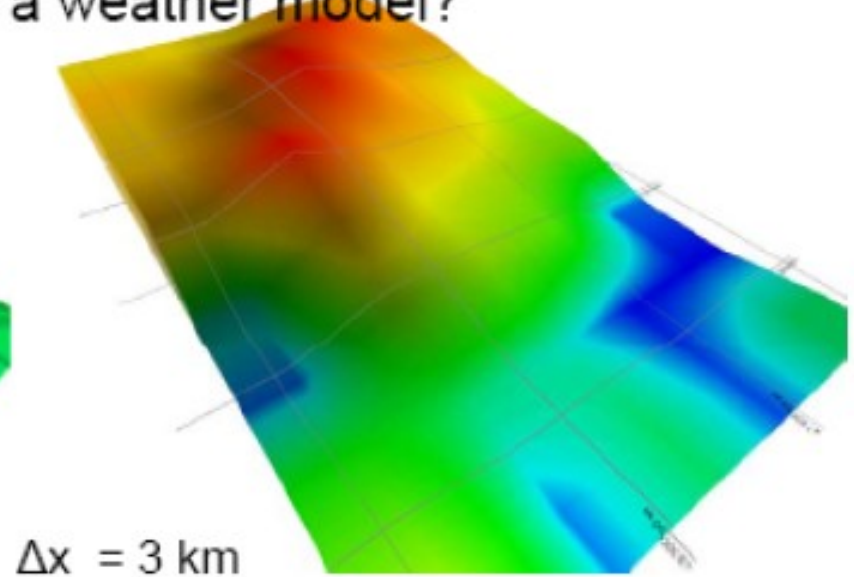
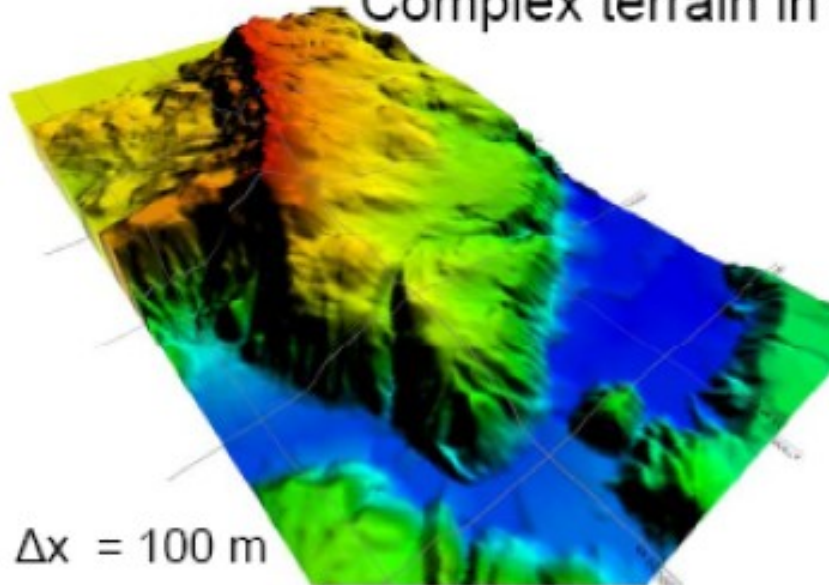
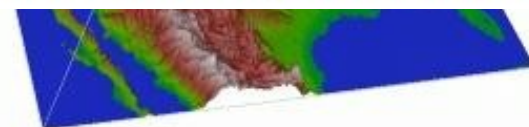


Fig. 4: Effect of horizontal grid resolution on terrain representation²³.



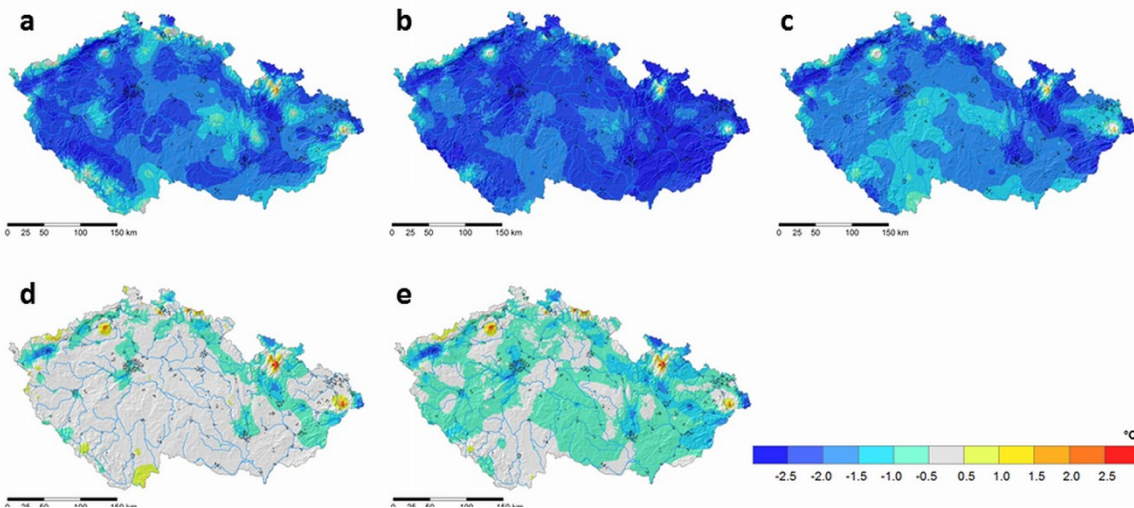
25 km



10 km

Optimistic view on model-development

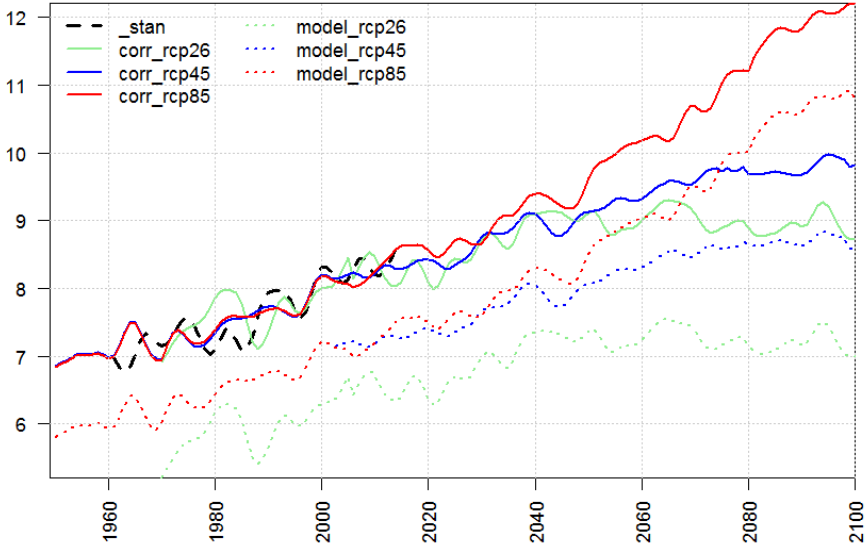
Každý model obsahuje chybu, je nutné ho „naladit“ na podmínky daného území



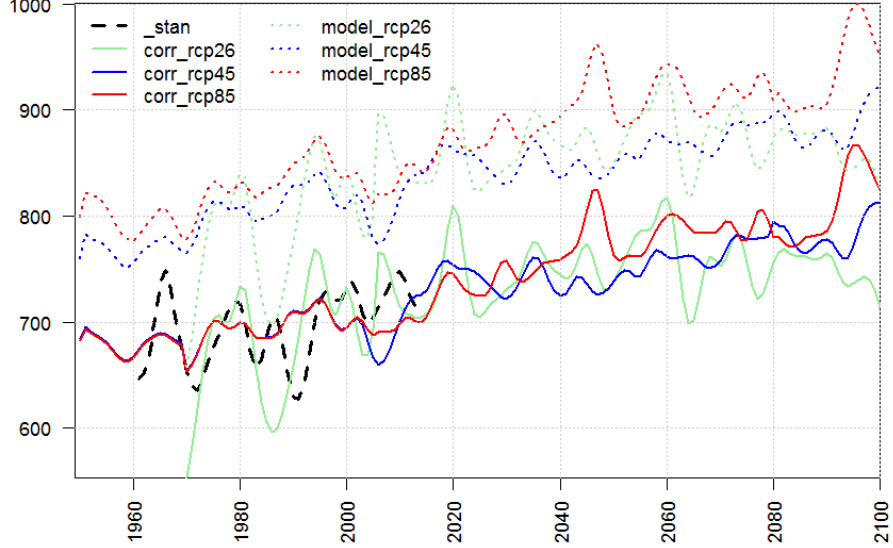
Bez korekce lze pracovat jen s velikostí změny = nepoužitelné pro impaktáře

Bez korekce je modelové klima o 2 C nižší a 100 mm vlhčí pro současné klima

monthly-t N_YEAR



monthly-sra N_YEAR



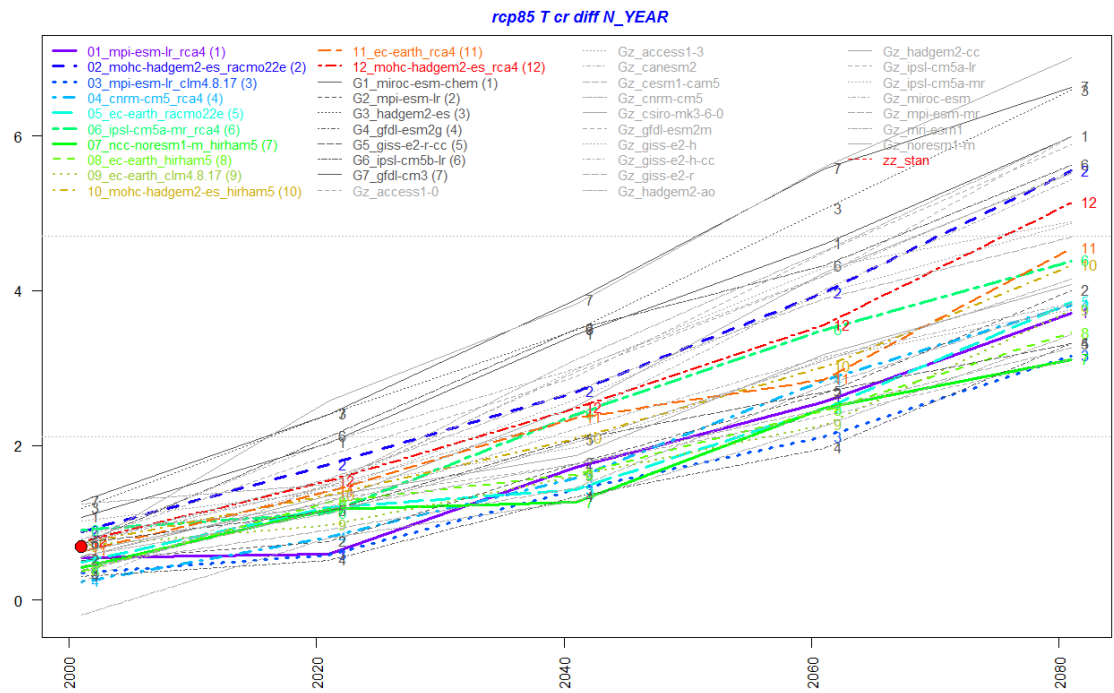
Obrovské množství modelů
Nelze pracovat s jedním

Některé nereálné

Výběr nejkvalitnějších a
nejreprezentativnějších

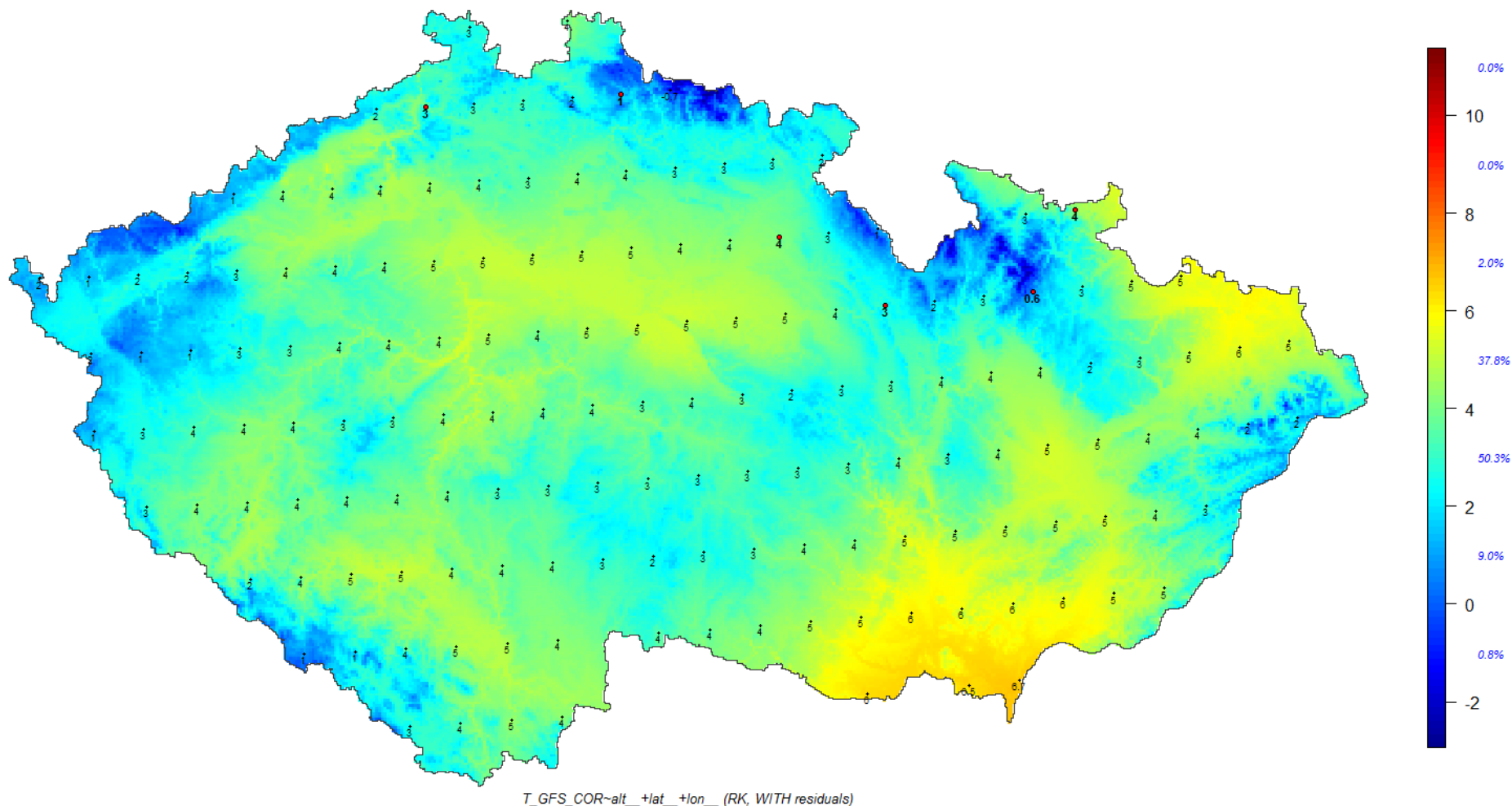
Zvolení vhodné nejistoty,
aby byla použitelná pro
adaptace

Tyto sady DENNÍCH dat
nejkvalitnějších modelů
pro ČR pak slouží jako
vstup pro impaktáře



Hrubší rozlišení modelů může být následně interpolované na reliéf do sítě 500*500 m

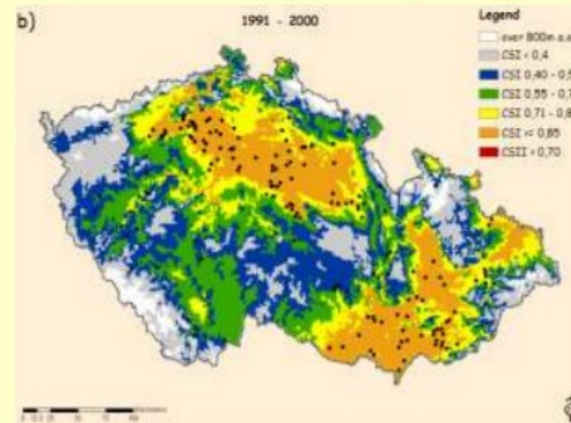
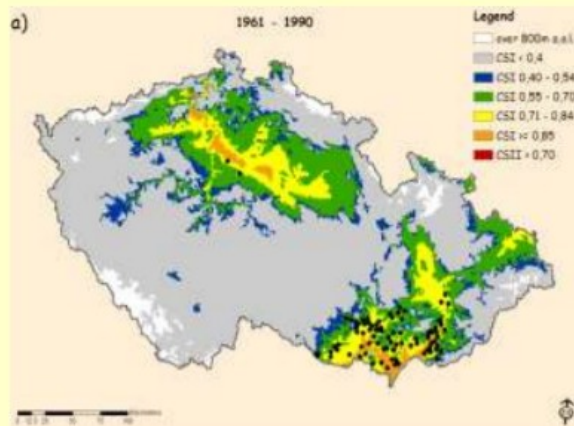
T_GFS_2017_11_12_10-00.tif (values WITH residuals)



1961-1990

1991-2000

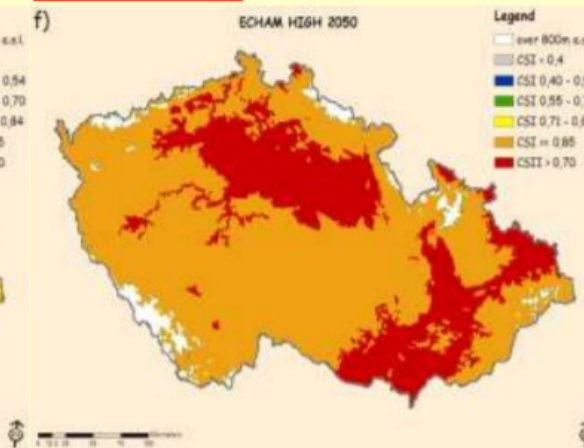
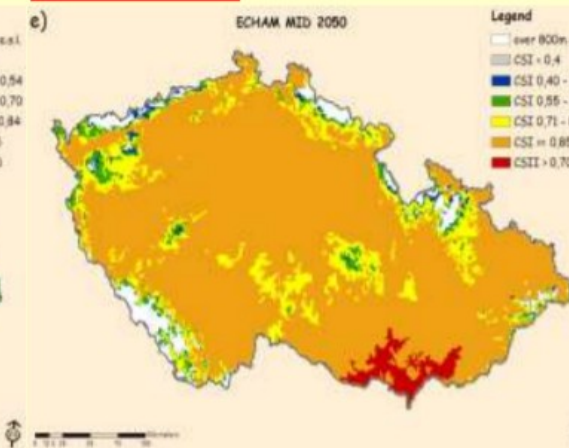
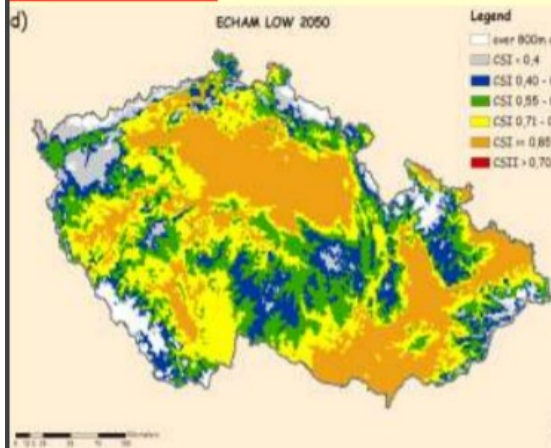
+0,6°C



+1,0°C

+1,8°C

+2,5°C



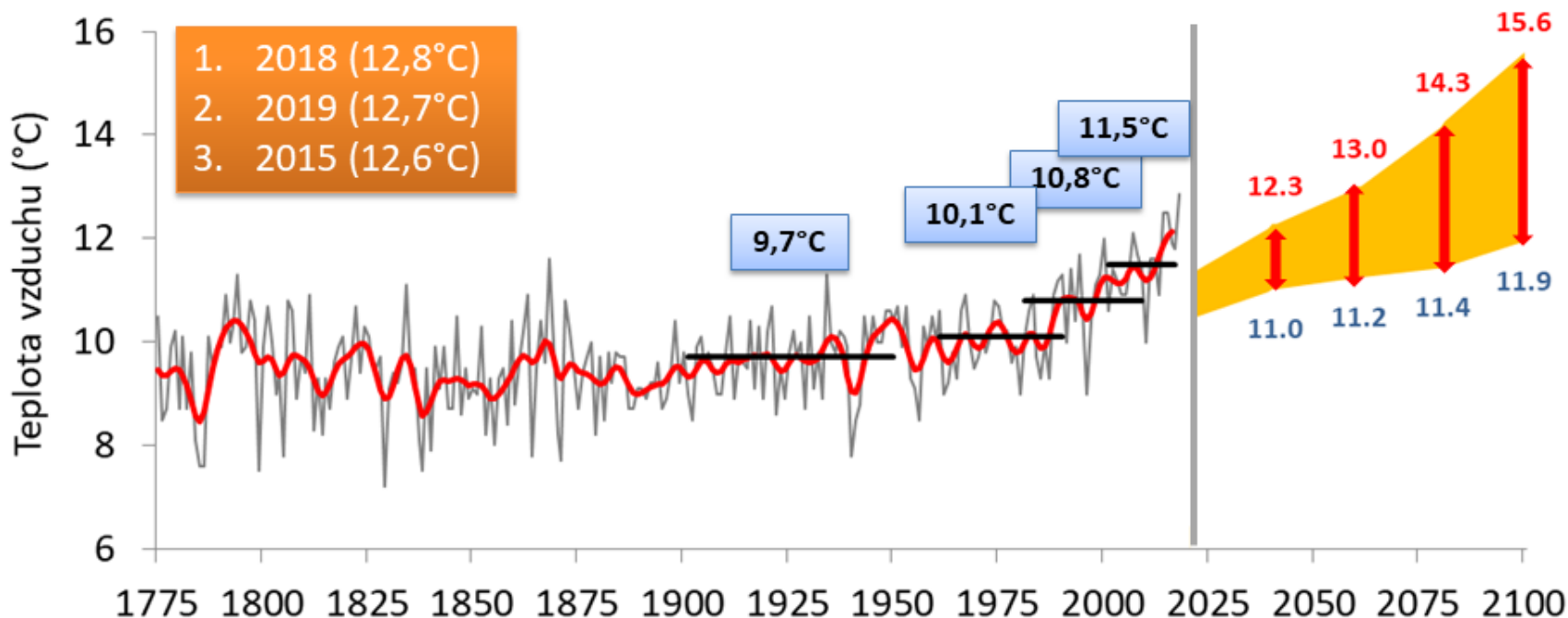
Zavíječ kukuřičný

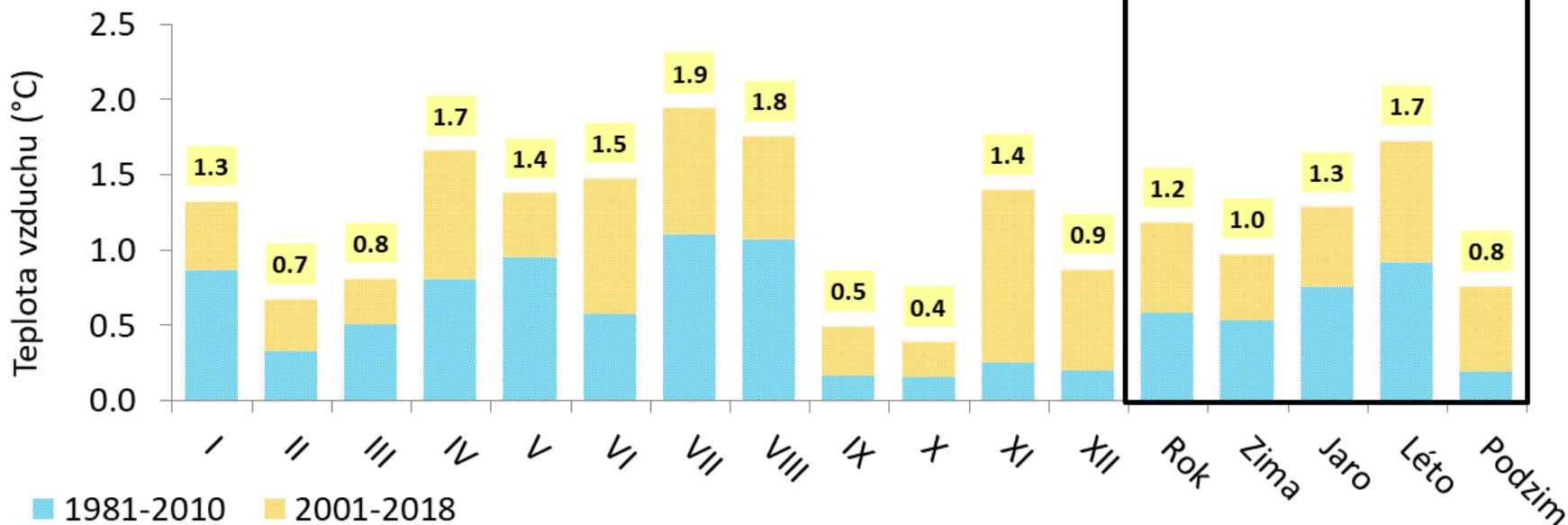
2050 – 3 emisní scénáře

Mění a bude se nám klima měnit dále?



Vývoj průměrné roční teploty vzduchu v Praze





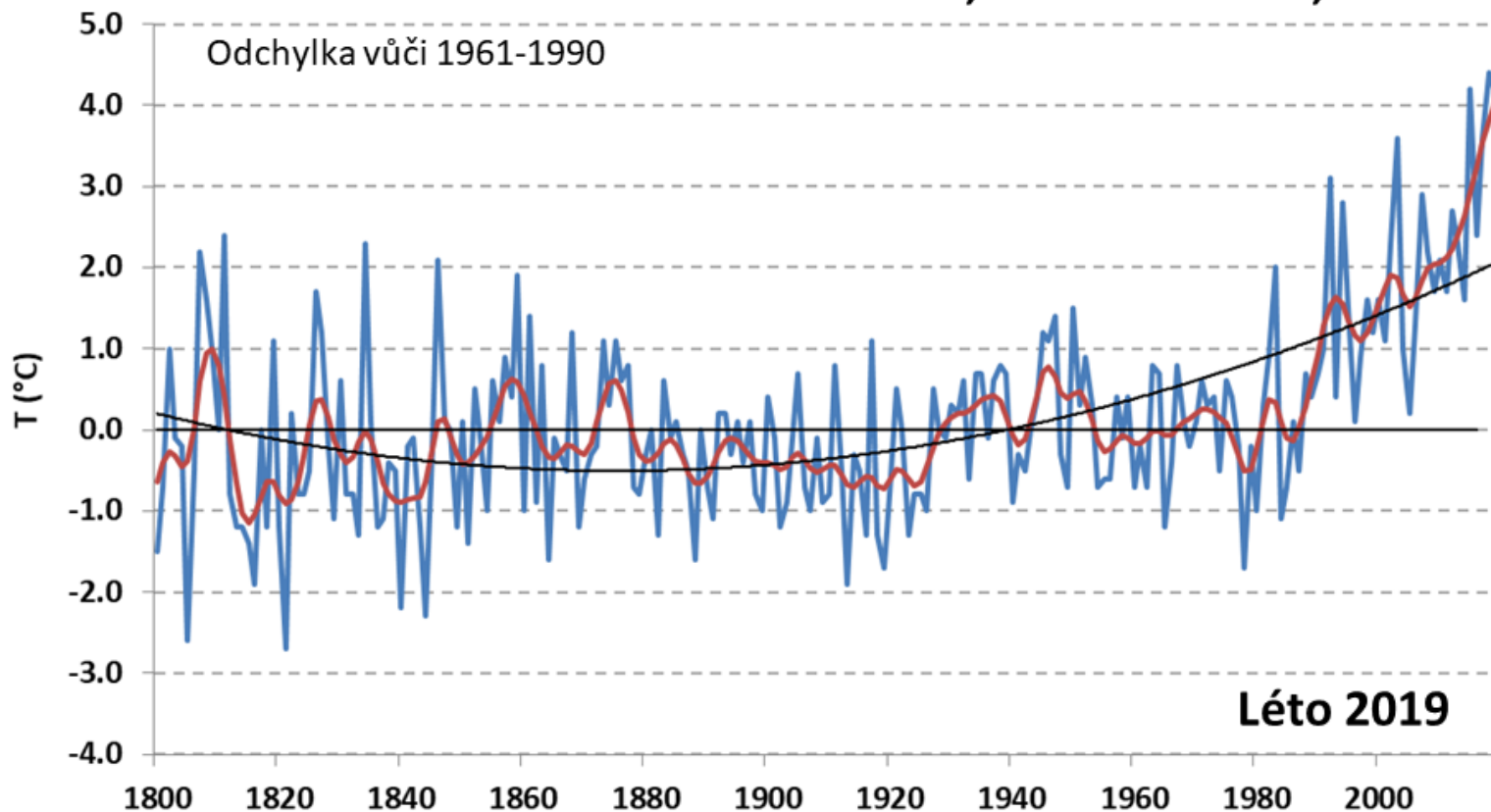
Nejteplejší léto za šest dekad. K rekordu přispěl hlavně červen

Červenec byl nejteplejším měsícem v dějinách měření, ukázaly evropské satelity

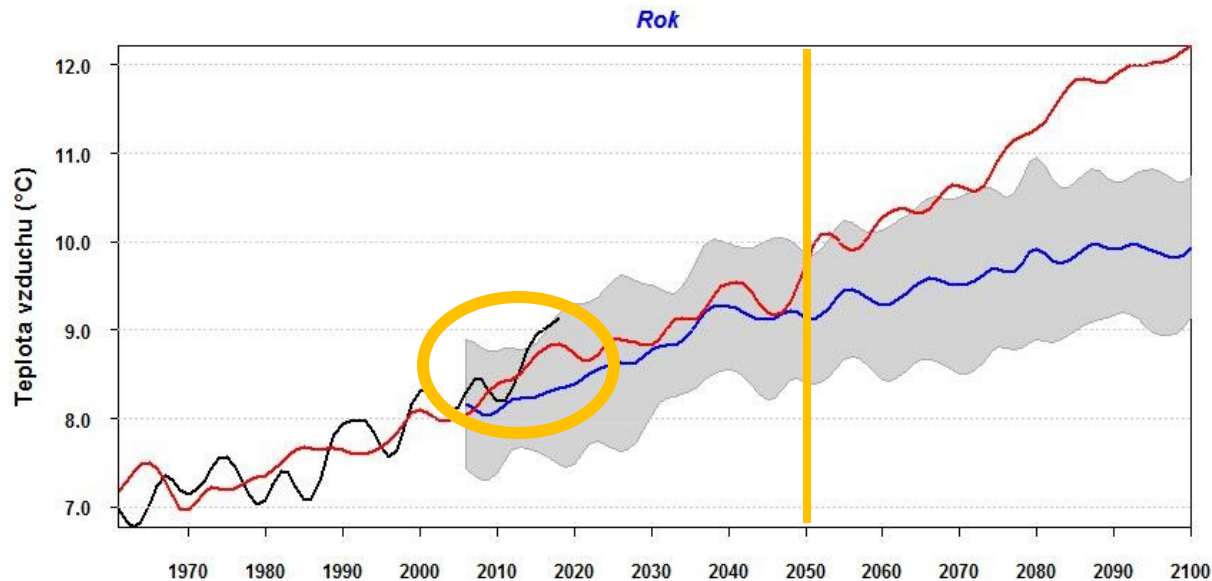
Kompilovaná homogenizovaná řada:

Brno

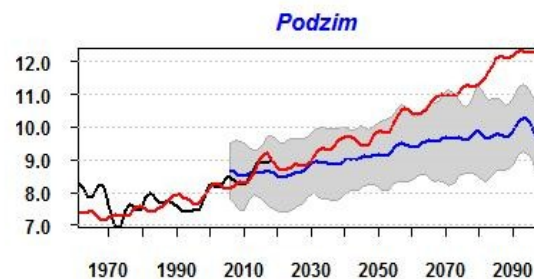
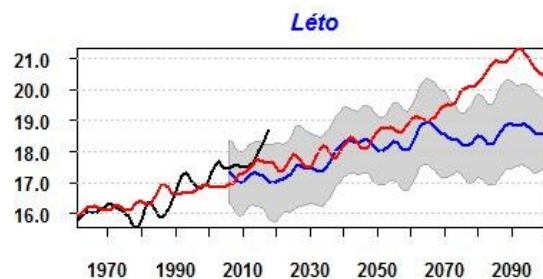
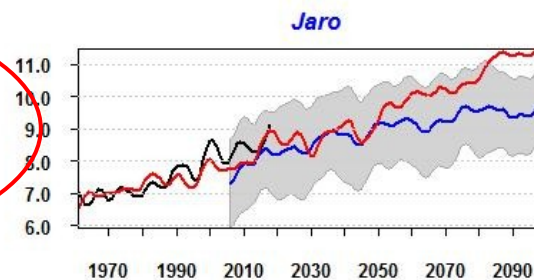
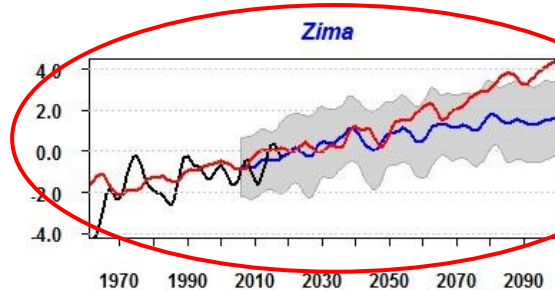
- | | | | |
|----------------|----------------|-------------|----------------|
| 1. 2018 | + 4,4°C | 1844 | - 2,3°C |
| 2. 2015 | + 4,2°C | 1805 | - 2,6°C |
| 3. 2019 | + 4,2°C | 1821 | - 2,7°C |



Očekávána změna teploty vzduchu ČR



- Do roku 2050 – vývoj stejný podle obou emisních scénářů
- Po roce 2050 „rozevírání nůžek“
- Nevyhnutelná změna o 2°C do roku 2050
- Současnost je výše než výhled modelů pro toto období
- Největší změna v zimě

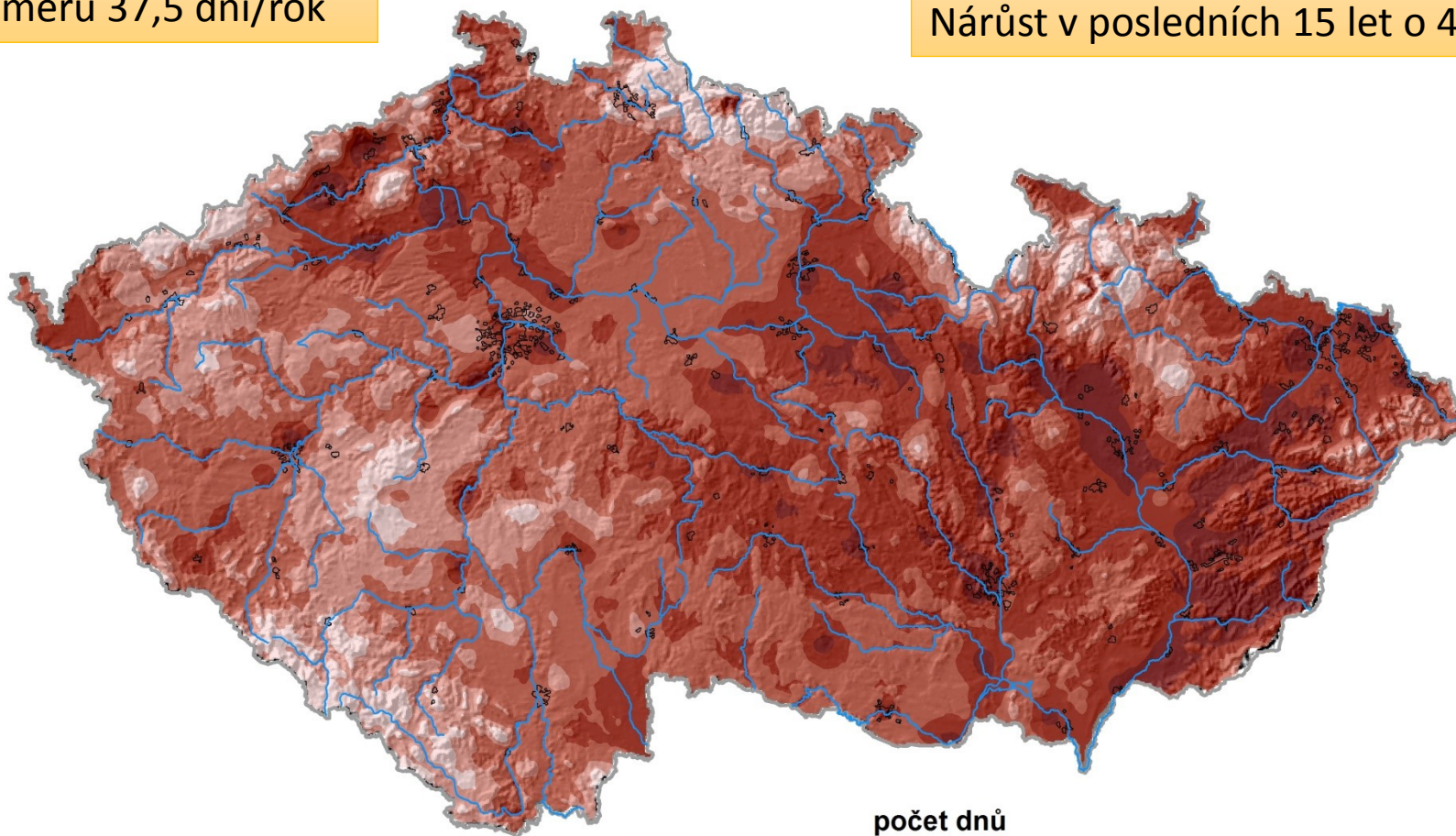


Červeně – RCP8.5
Modře – RCP4.5
Černá - současnost

Rozdíl roční sumy počtu letních dní v letech 2001-2016
od normálu 1961-1990

V průměru 37,5 dní/rok

Nárůst v posledních 15 let o 45 %

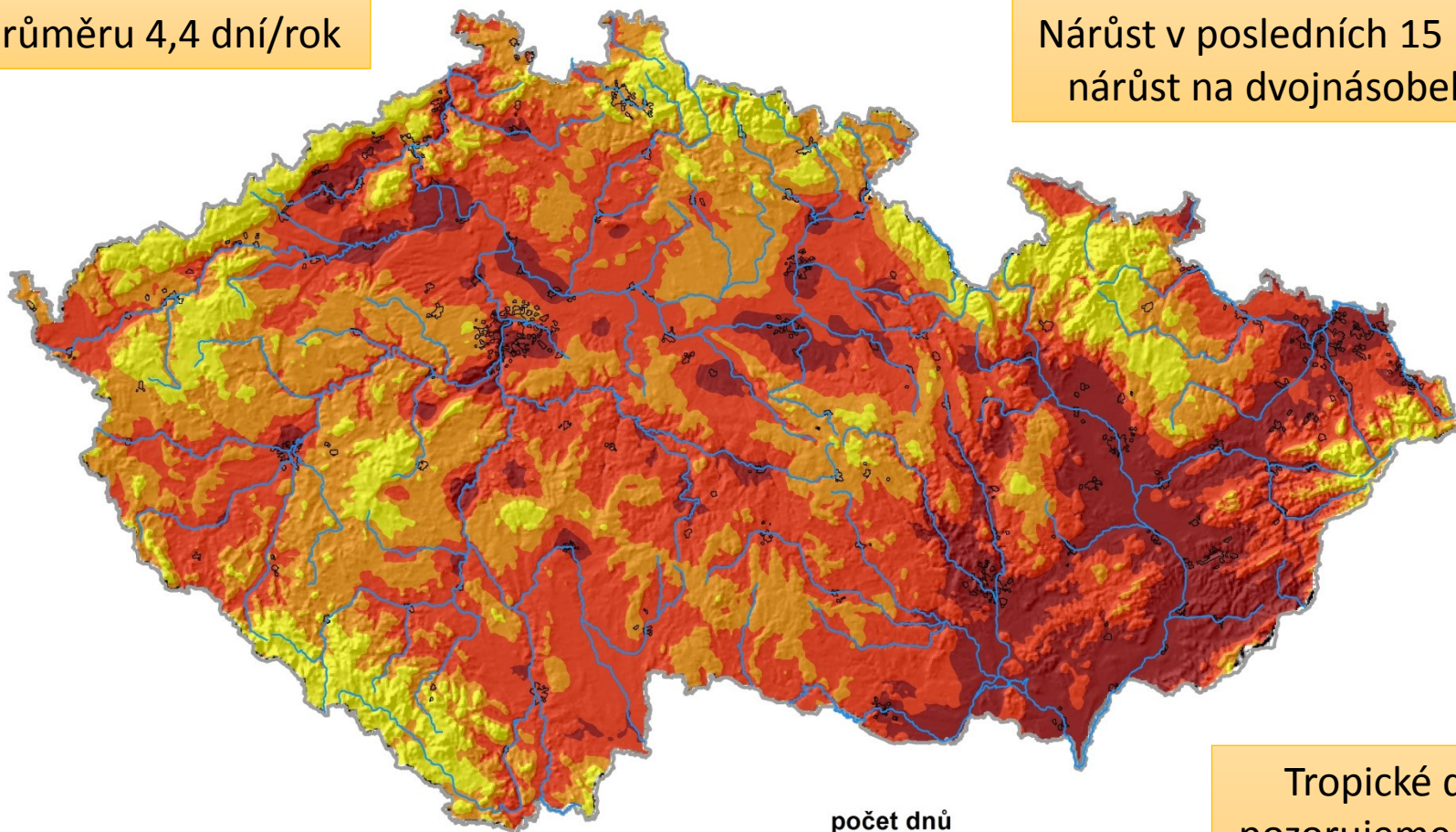


0 25 50 100 km

Rozdíl roční sumy počtu tropických dní v letech 2001-2016
od normálu 1961-1990

V průměru 4,4 dní/rok

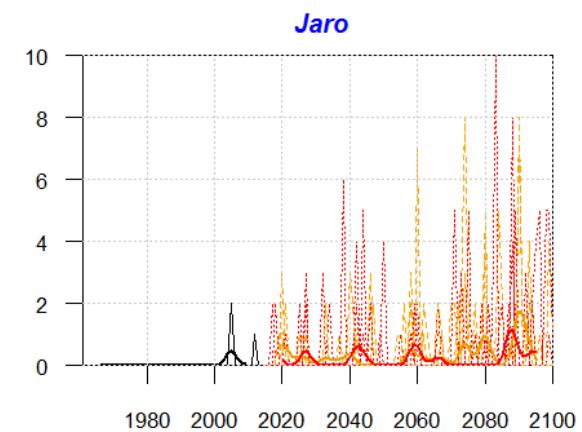
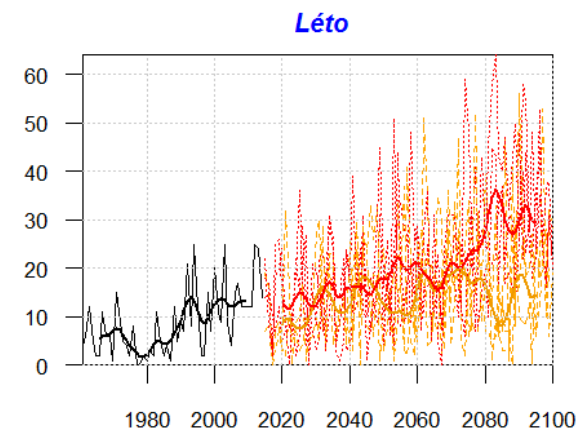
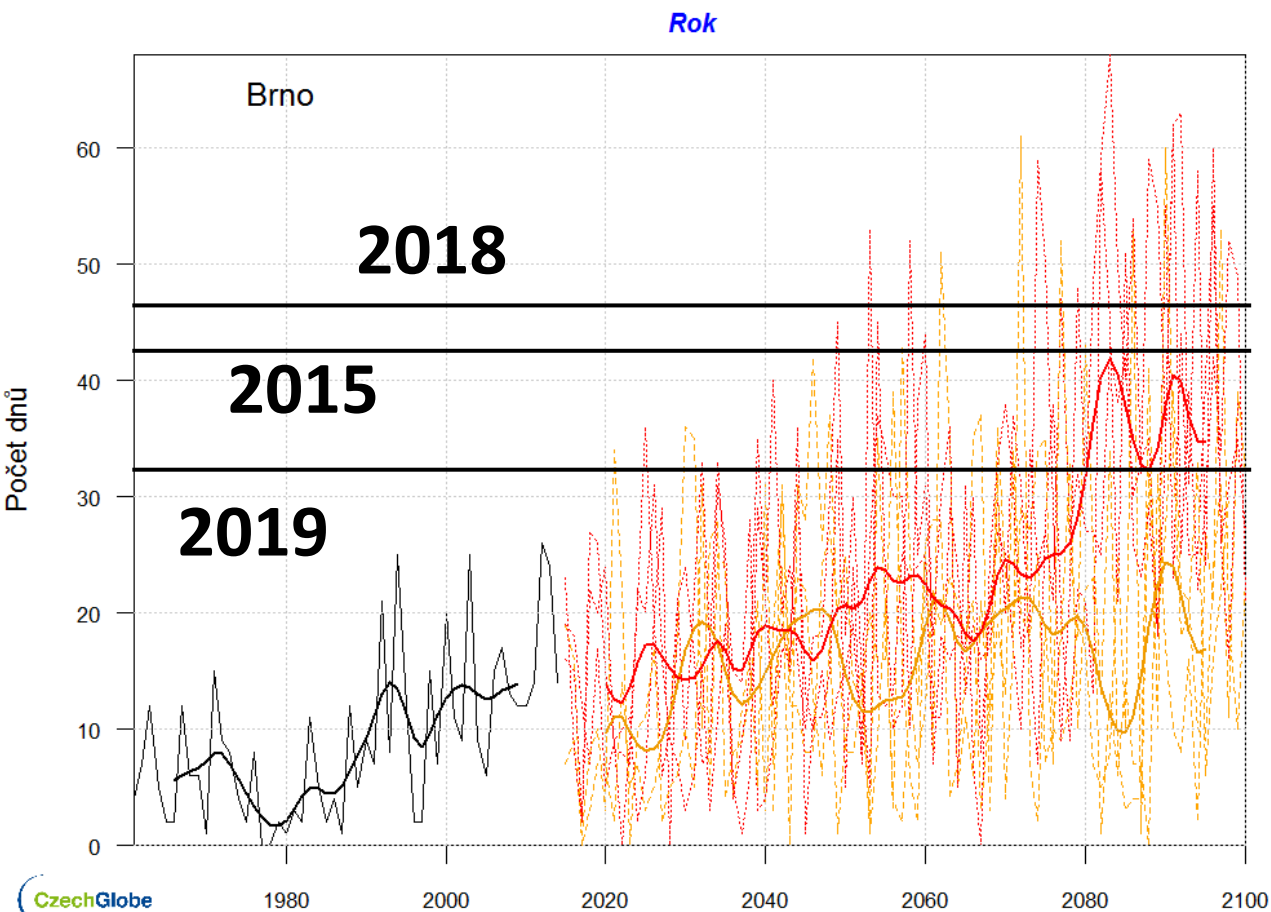
Nárůst v posledních 15 let
nárůst na dvojnásobek



0 25 50 100 km



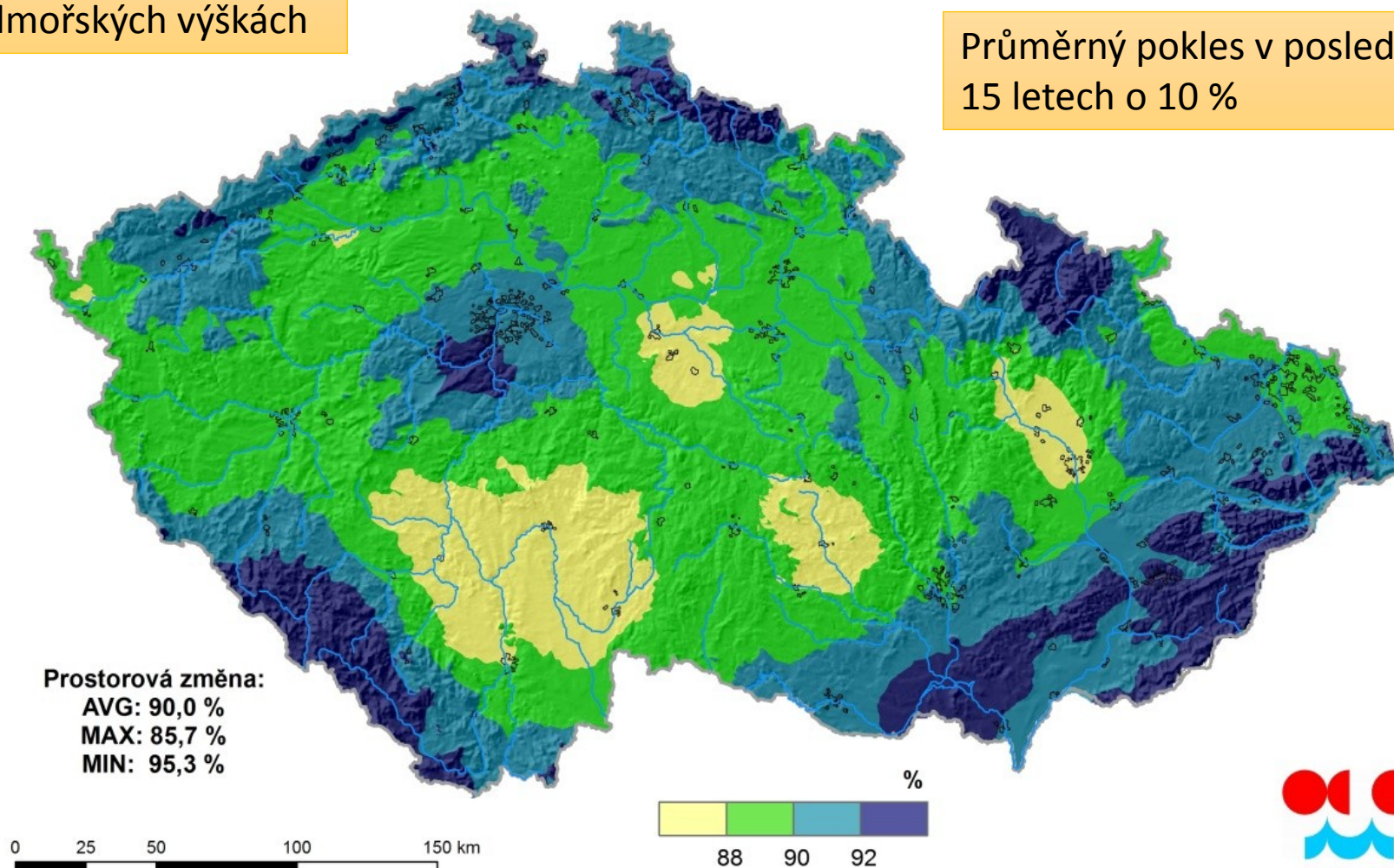
Tropické dny
pozorujeme již na
horách



Větší změna v nižších nadmořských výškách

Změna počtu mrazových dnů v zimním půlroce
za období 2001-2015 od normálu 1961-1990

Průměrný pokles v posledních
15 letech o 10 %



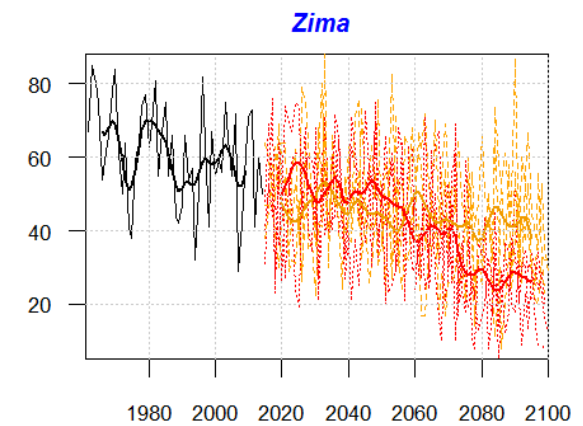
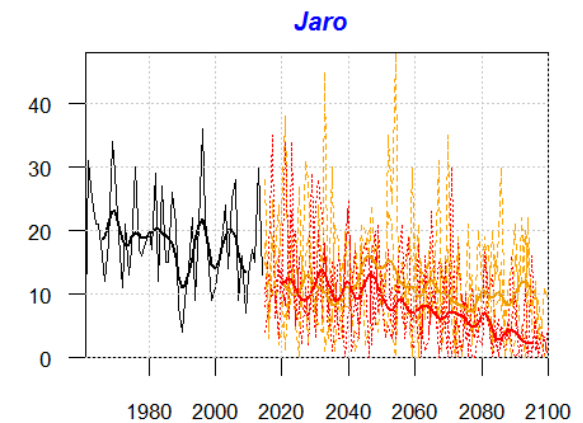
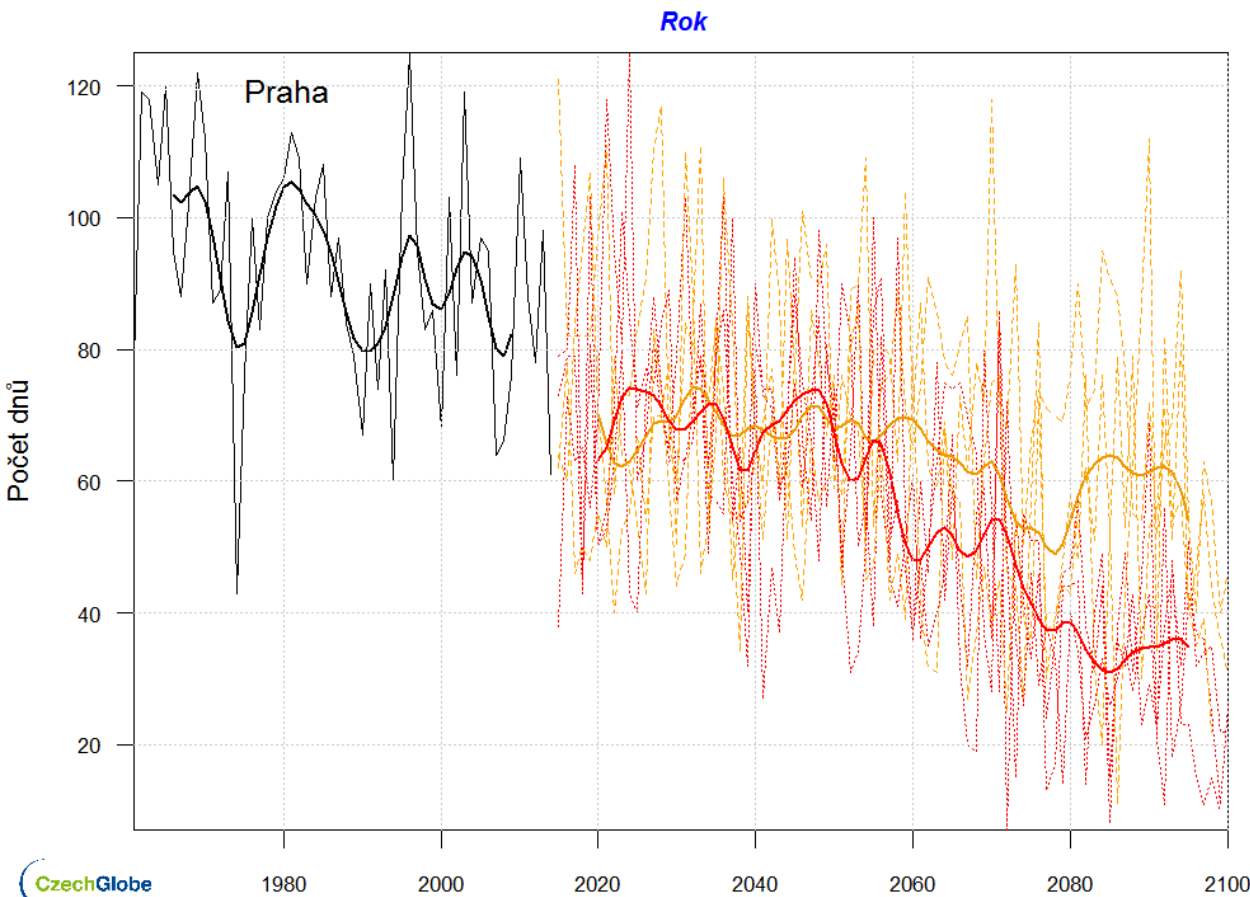
Den, kdy spadne teplota pod 0°C

Klesající trend

Nevýhoda pro horské oblasti

Výhoda pro města – méně topení, méně sněžení, dříve roztává sněhová pokrývka

Předpokládaný pokles úmrtnosti způsobené umrznutím

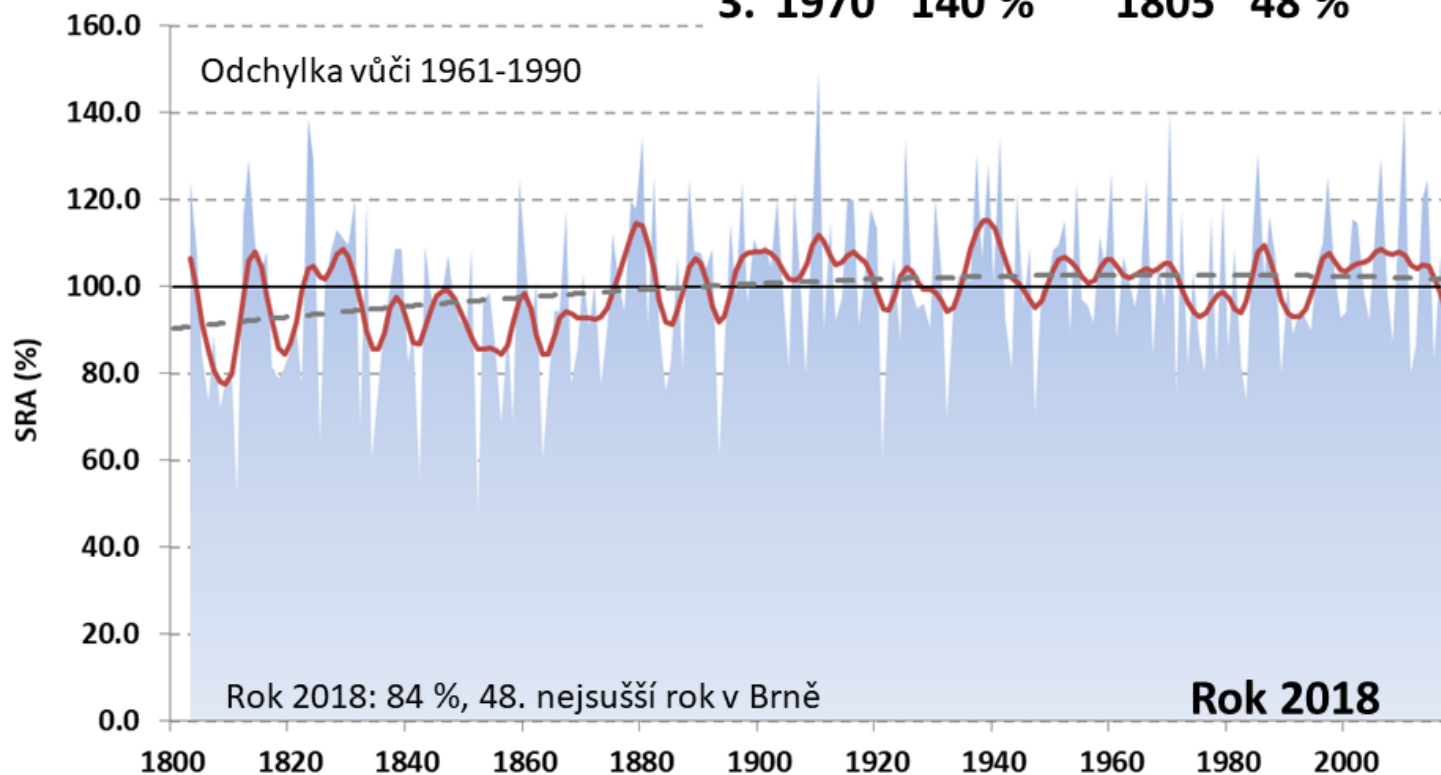


Červená čára je RCP 8.5, oranžová je emisní scénář 4.5

Kompilovaná homogenizovaná řada:

Brno

1. 1910	149 %	1842	56 %
2. 2010	140 %	1829	52 %
3. 1970	140 %	1805	48 %



Velká variabilita mezi modely – od poklesu až po růst



Tendence k mírnému růstu

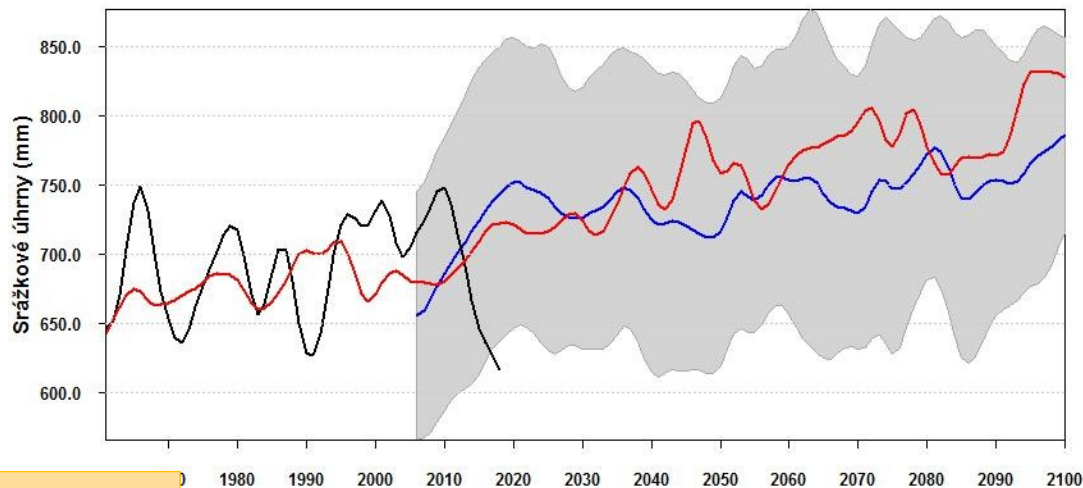


Trend teplot silnější = větší výpar



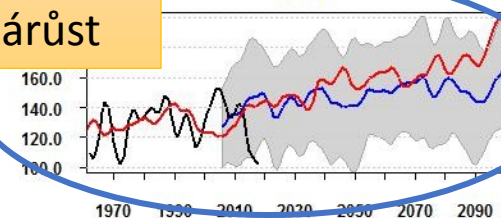
SUCHO

Rok

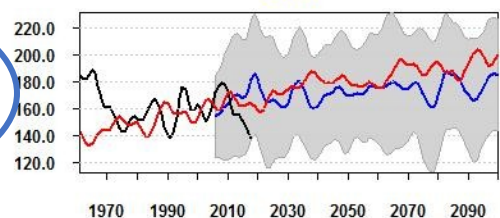


Největší nárůst

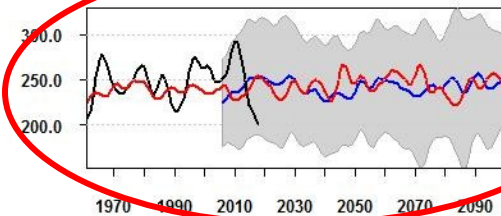
Zima



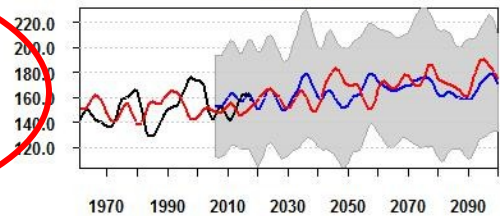
Jaro



Léto



Podzim



Žádný trend

Srážky, změny v zimě

Podíl množství nového sněhu za zimu 2015-2016
vzhledem k dlouhodobému průměru 1961-2000

nadmořská výška

m.n.m	AVG+STD
do 200	60 % + 38
201-400	48 % + 23
401-600	49 % + 19
601-800	57 % + 19
nad 800	73 % + 16

Kraje

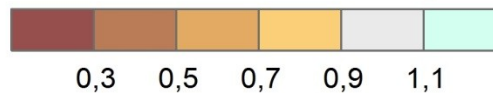
1. Praha 96 %
2. Karlovarský 74 %
3. Plzeňský 73 %
- Průměr ČR 51 %
12. Pardubický 33 %
13. Vysočina 33 %
14. Jihomoravský 26 %

Okres

1. Litoměřice 104 %
2. Praha 96 %
3. Mělník 94 %
- ...Brno - město 28 %
75. Blansko 26 %
76. Prostějov 25 %
77. Znojmo 21 %

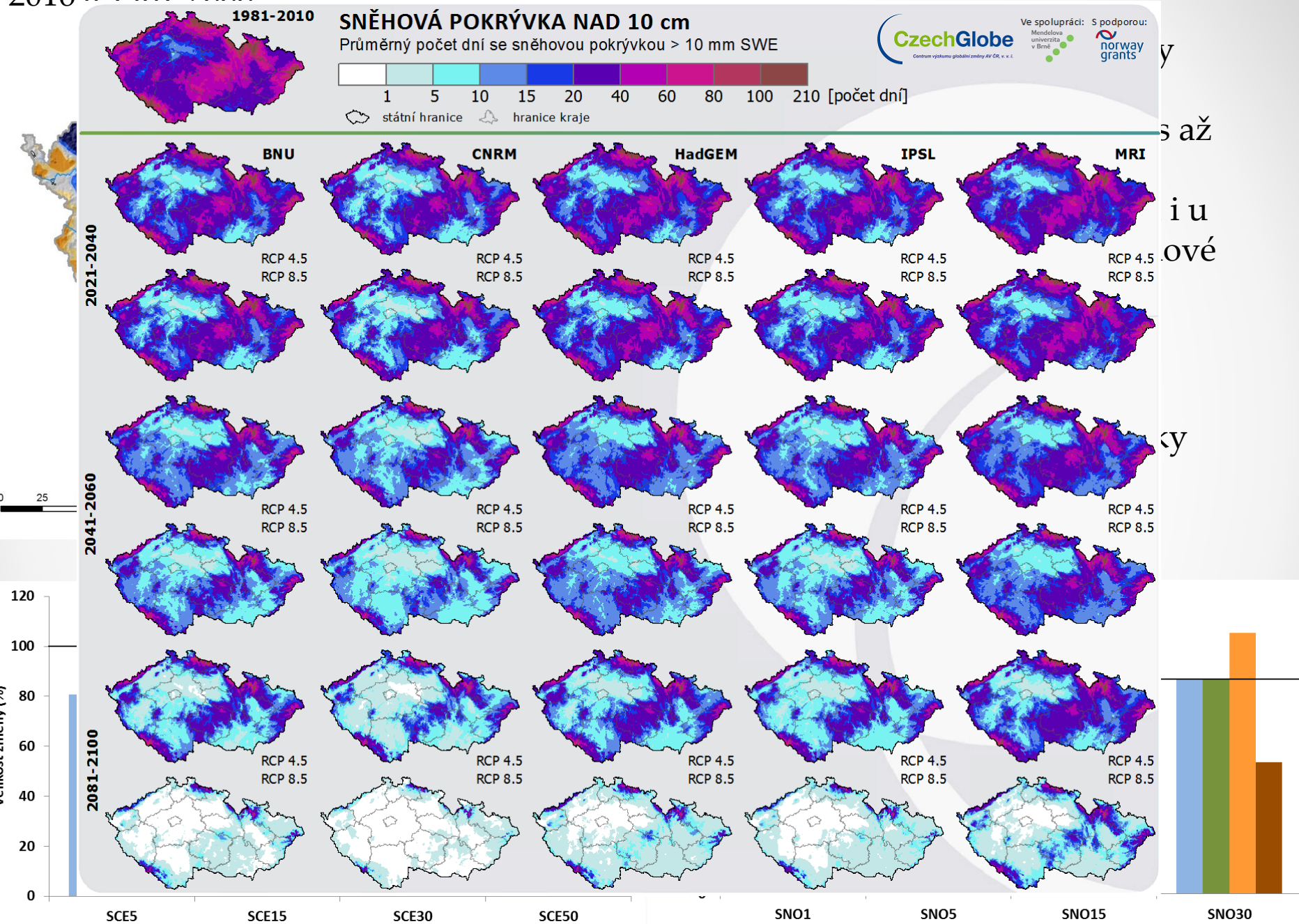
0 25 50 100 150 km

podíl

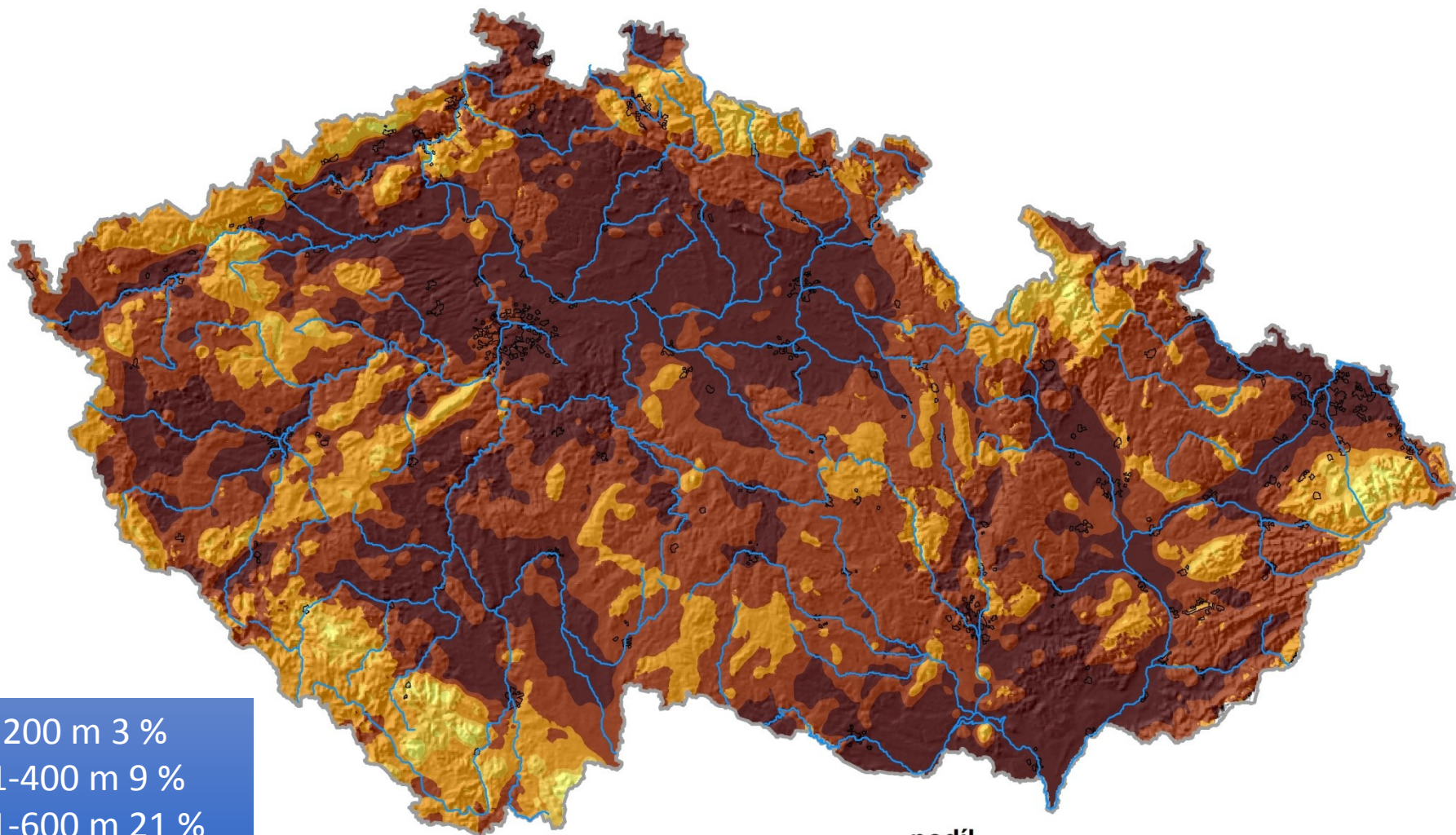


OMK Brno, 2016

Rozdíl v množství nového sněhu mezi období 2001-2016 a 1961-2000

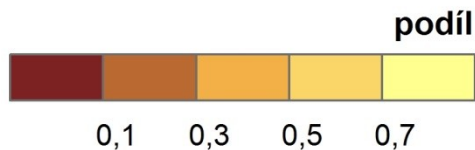


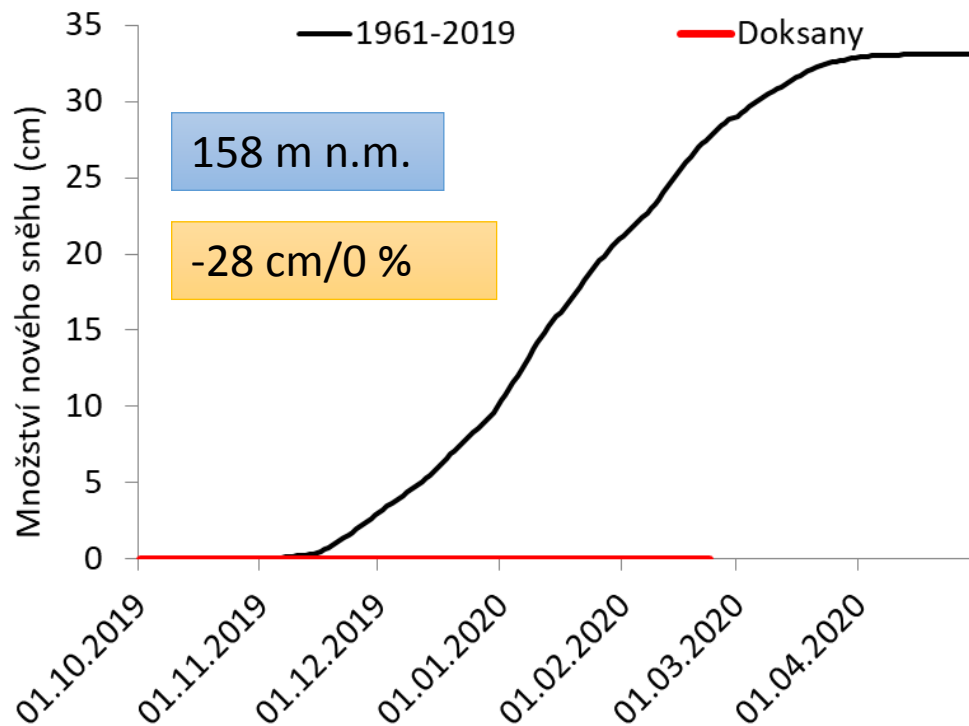
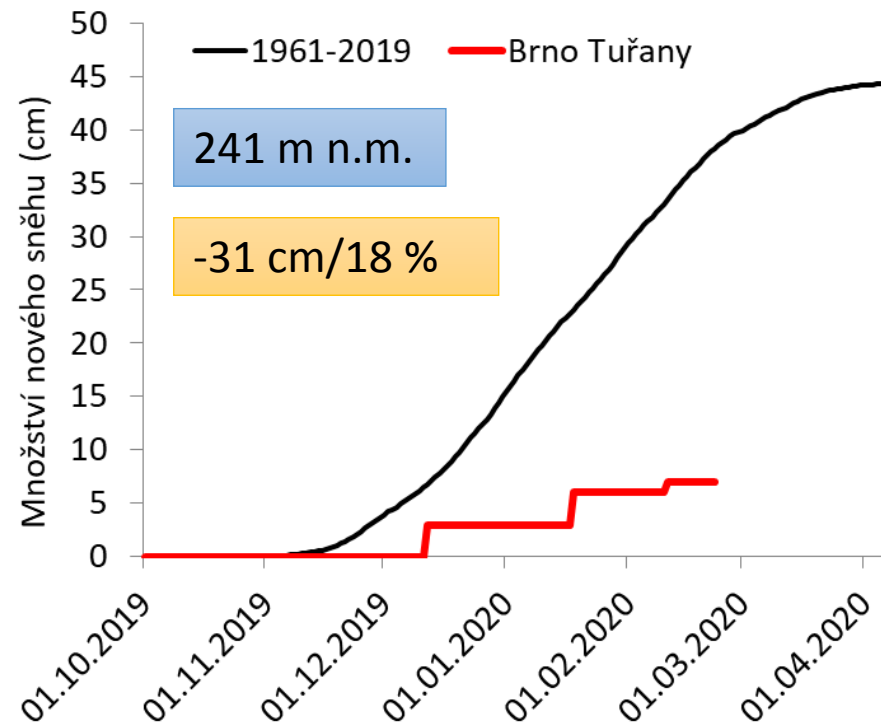
Podíl množství sněhu napadlého za období 1.12.2019 až 5.2.2020
vůči dlouhodobému množství sněhu za celou zimu (XI-II)

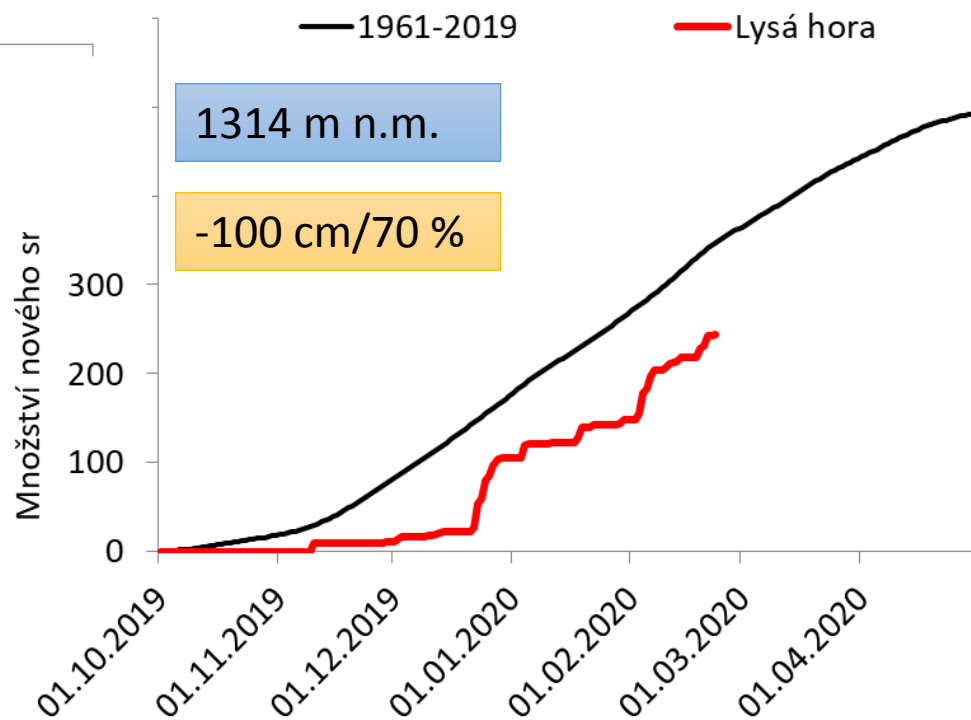
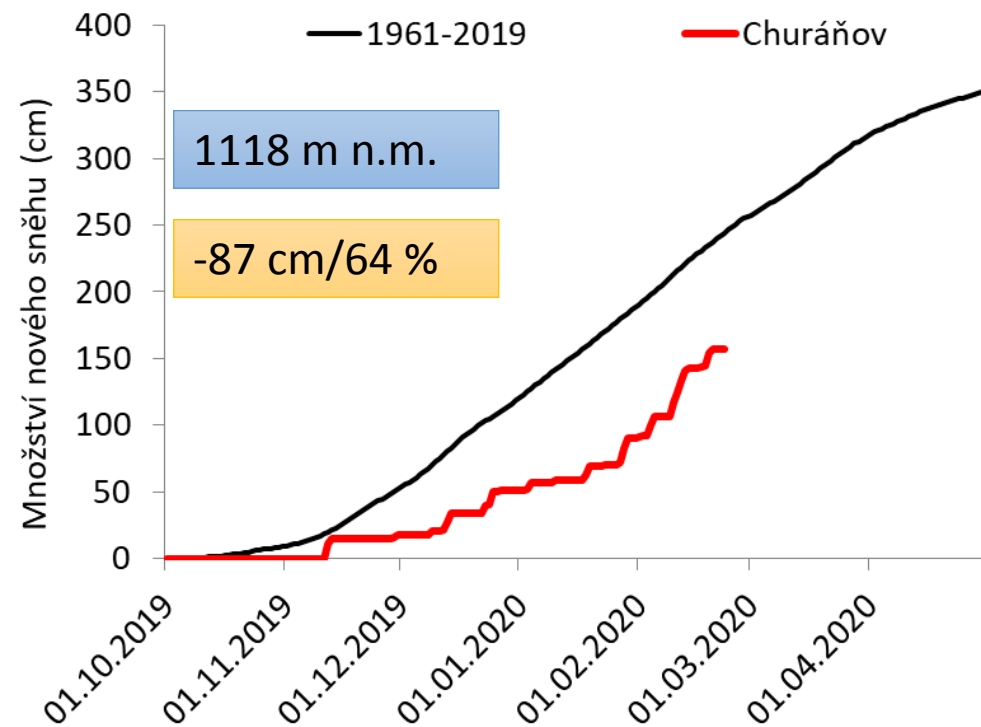


Do 200 m 3 %
201-400 m 9 %
401-600 m 21 %
601-800 m 34 %
Nad 800 m 43 %

00 150 km





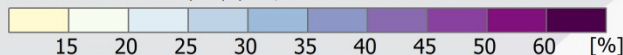


1981-2010

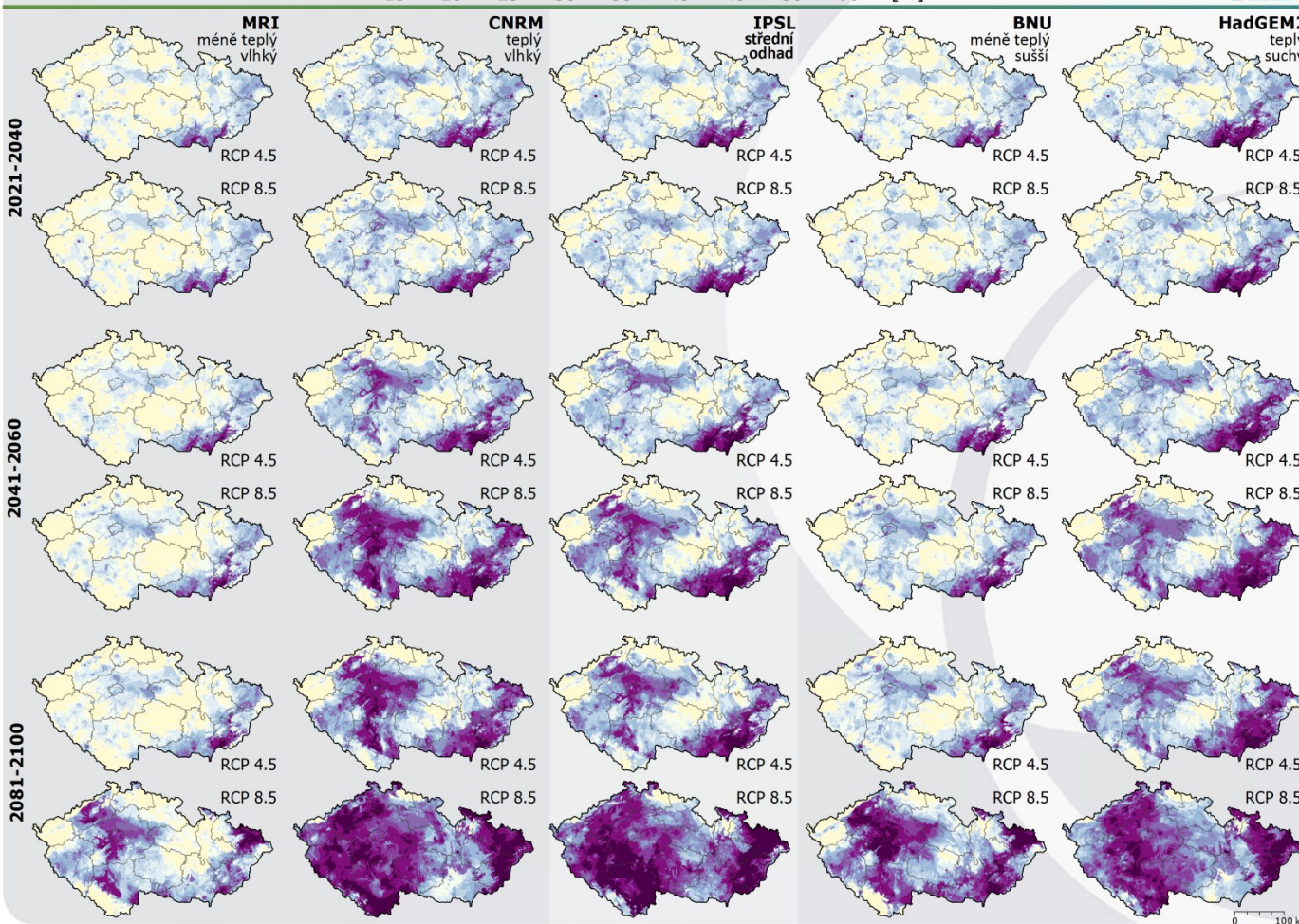
RIZIKO POZDŇÍCH MRAZŮ

Výskyt minimální denní teploty nižší než 0 °C po pěti dnech s průměrnou denní teplotou nad 15 °C v řadě. (Vyjádřeno jako procento let ve sledovaném období, kdy tato podmínka nastala 1 a více dní.)

Odhad budoucího vývoje na základě očekávaných klimatických podmínek pro 3 časové horizonty. Rozpětí očekávaných klimatických podmínek reprezentuje 5 vybraných globálních cirkulačních modelů (v popisku kód modelu a jeho zjednodušená charakteristika na základě odhadu změny teploty a srážek pro území ČR) a 2 scénáře vývoje koncentrací skleníkových plynů (RCP 4.5 = stabilizace koncentrace CO2 na nižší úrovni; RCP 8.5 = bez omezení emisí CO2).



CzechGlobe
Ve spolupráci: 5 podporou: Miroslava Svoboda, Václav Vlna, EEA grants
státní hranice
hranice kraje
Klimatická Změna.cz



Díky kratší zimní sezóně začínají rostliny dříve svůj životní cyklus

V dubnu přichází pravidelné mrazy od severovýchodu

V současném klimatu riziko na JM je 25 %

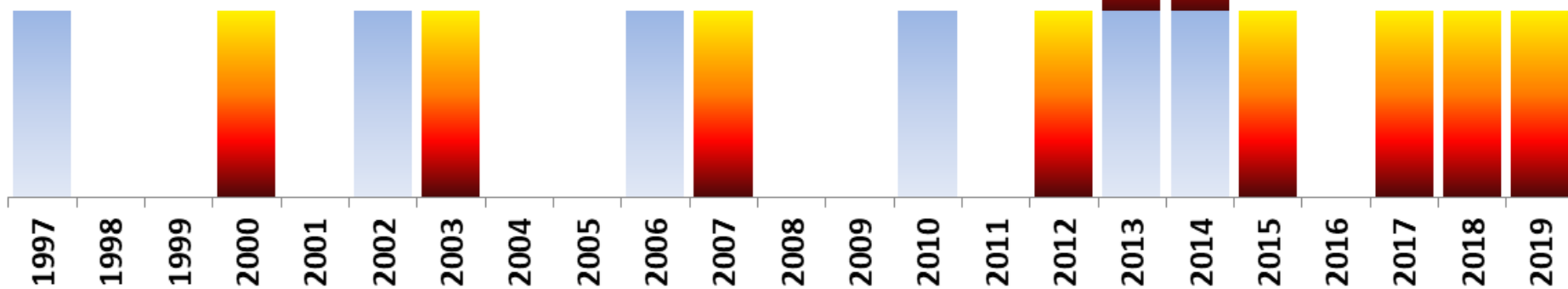
Ke konci stoletá až 60 %

16 větších extrémů za 23 let

■ sucho
■ povodeň

6 krát povodeň
10 krát sucho

Oba extrémů v
jednom roce

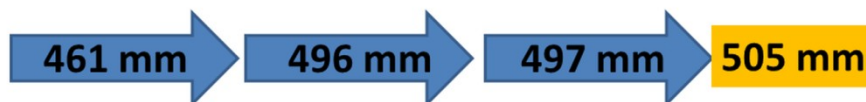
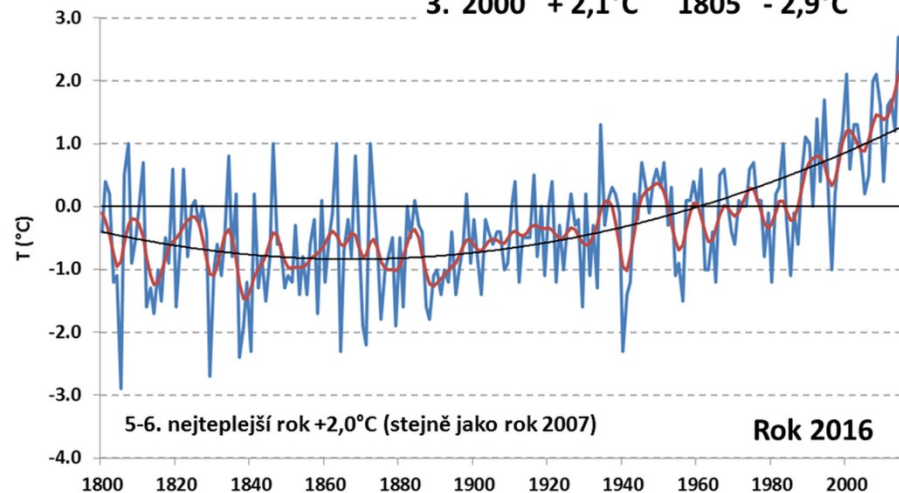
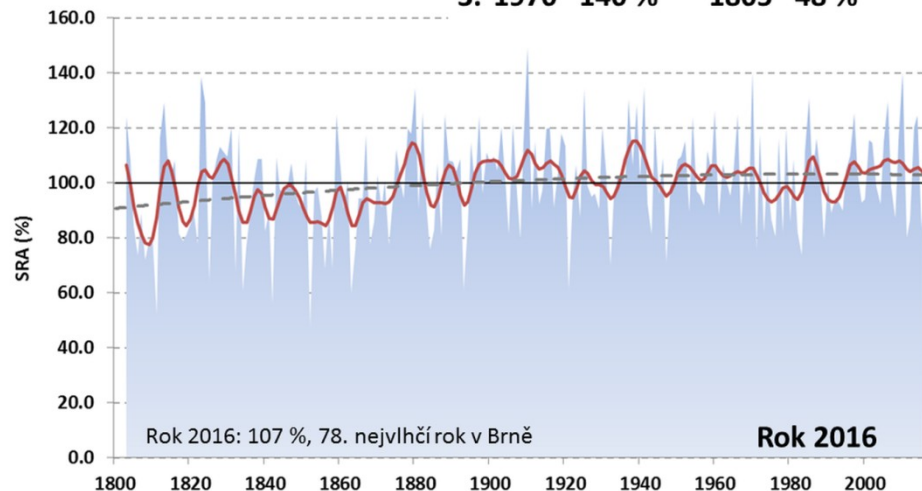


Sucho



- 1. 1910 149 % 1842 56 %
- 2. 2010 140 % 1829 52 %
- 3. 1970 140 % 1805 48 %

- 1. 2015 +2,7°C 1837 -2,4°C
- 2. 2014 +2,7°C 1829 -2,7°C
- 3. 2000 +2,1°C 1805 -2,9°C

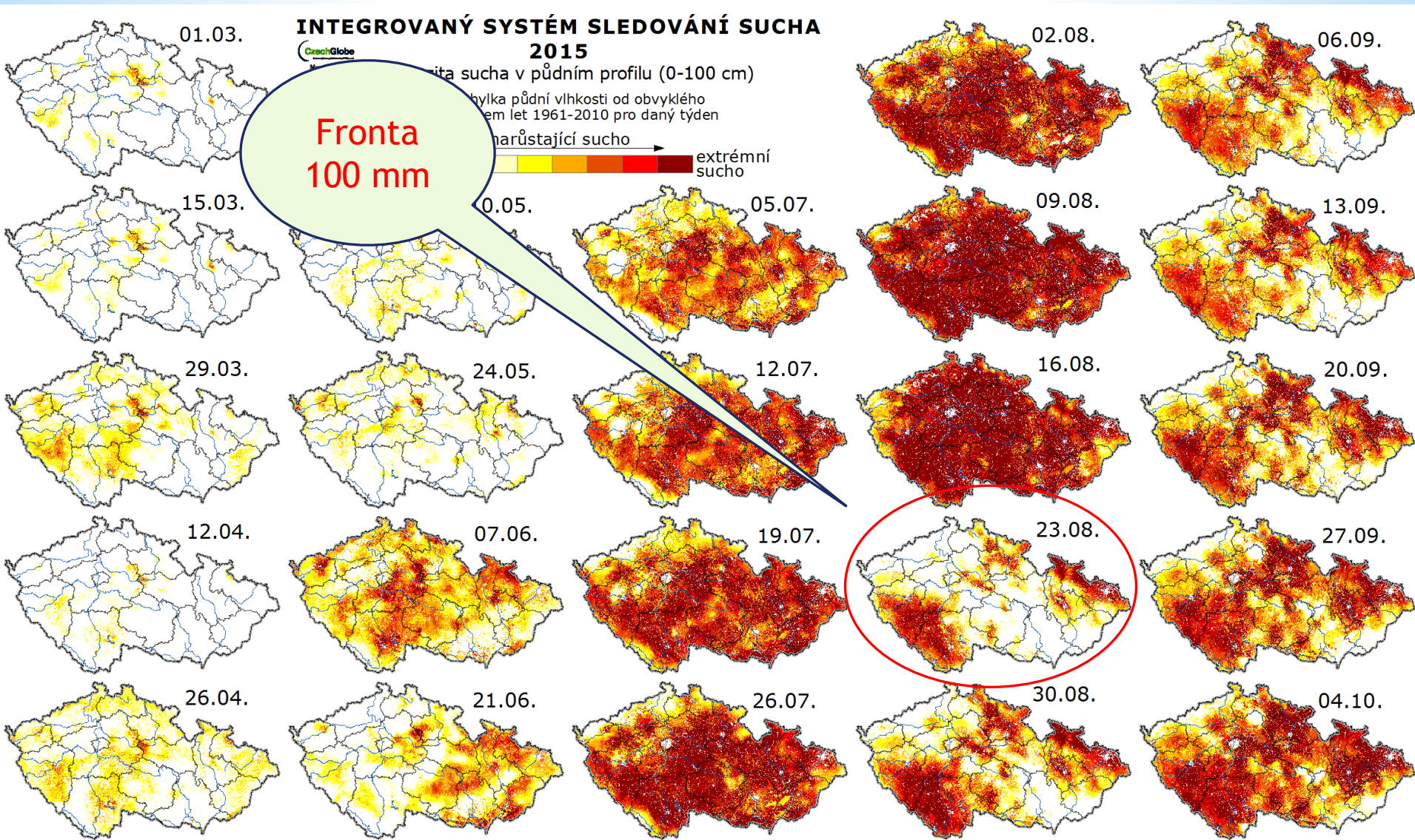


Od 90. let

SRÁŽKY NEKLESAJÍ

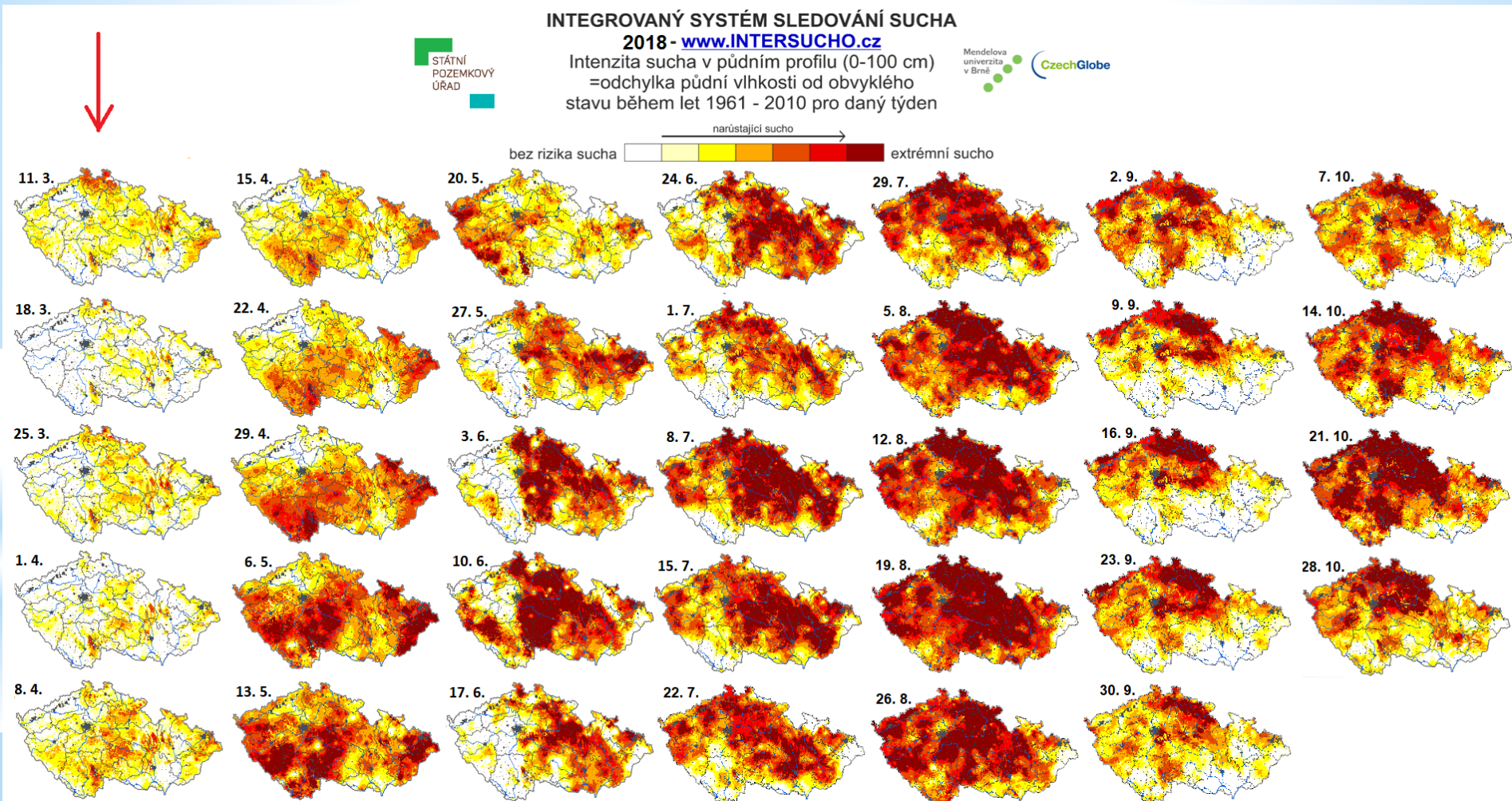
TEPLOTA NARŮSTÁ

Sucho 2015



Sucho 2018

- Dvě podobné typy sucha, ale dvě rozdílné úrody



Průměrný deficit pro ČR -418 mm (88 % normálu)

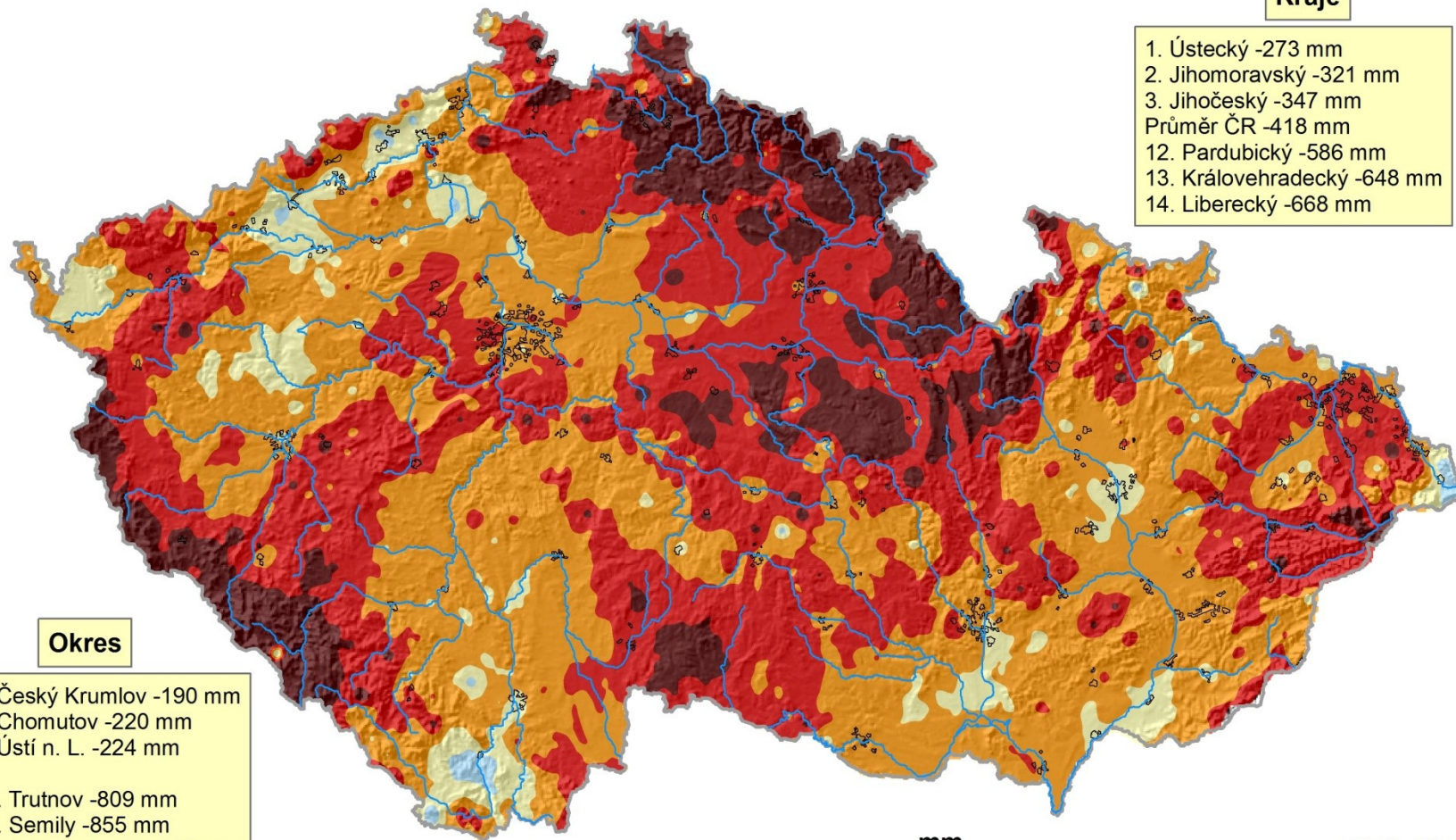
Deficit srážek (mm) za období 2015-2019
vzhledem k dlouhodobému průměru 1981-2010

Kraje

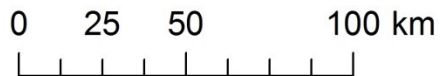
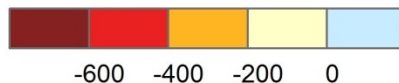
1. Ústecký -273 mm
2. Jihomoravský -321 mm
3. Jihočeský -347 mm
- Průměr ČR -418 mm
12. Pardubický -586 mm
13. Královehradecký -648 mm
14. Liberecký -668 mm

Okres

1. Český Krumlov -190 mm
2. Chomutov -220 mm
3. Ústí n. L. -224 mm
- ...
75. Trutnov -809 mm
76. Semily -855 mm
77. Jablonec n.N. -962 mm



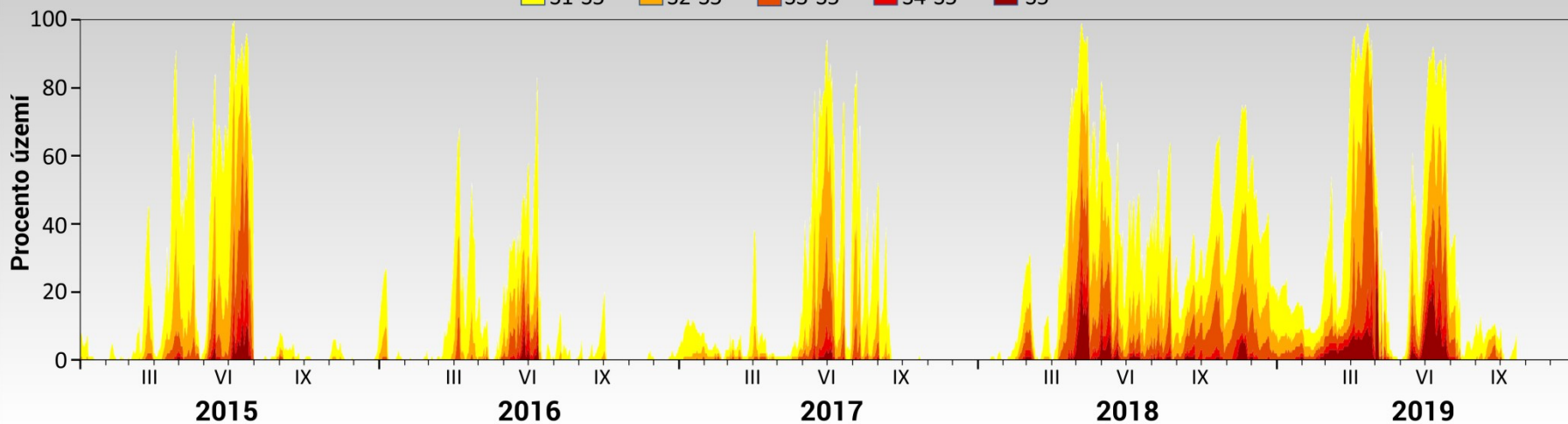
mm



PROCENTO ÚZEMÍ ČR ZASAŽENÉ VYBRANÝMI KATEGORIEMI SUCHA

S1 – Počínající sucho S2 – Mírné sucho S3 – Výrazné sucho S4 – Výjimečné sucho S5 – Extrémní sucho

■ S1-S5 ■ S2-S5 ■ S3-S5 ■ S4-S5 ■ S5

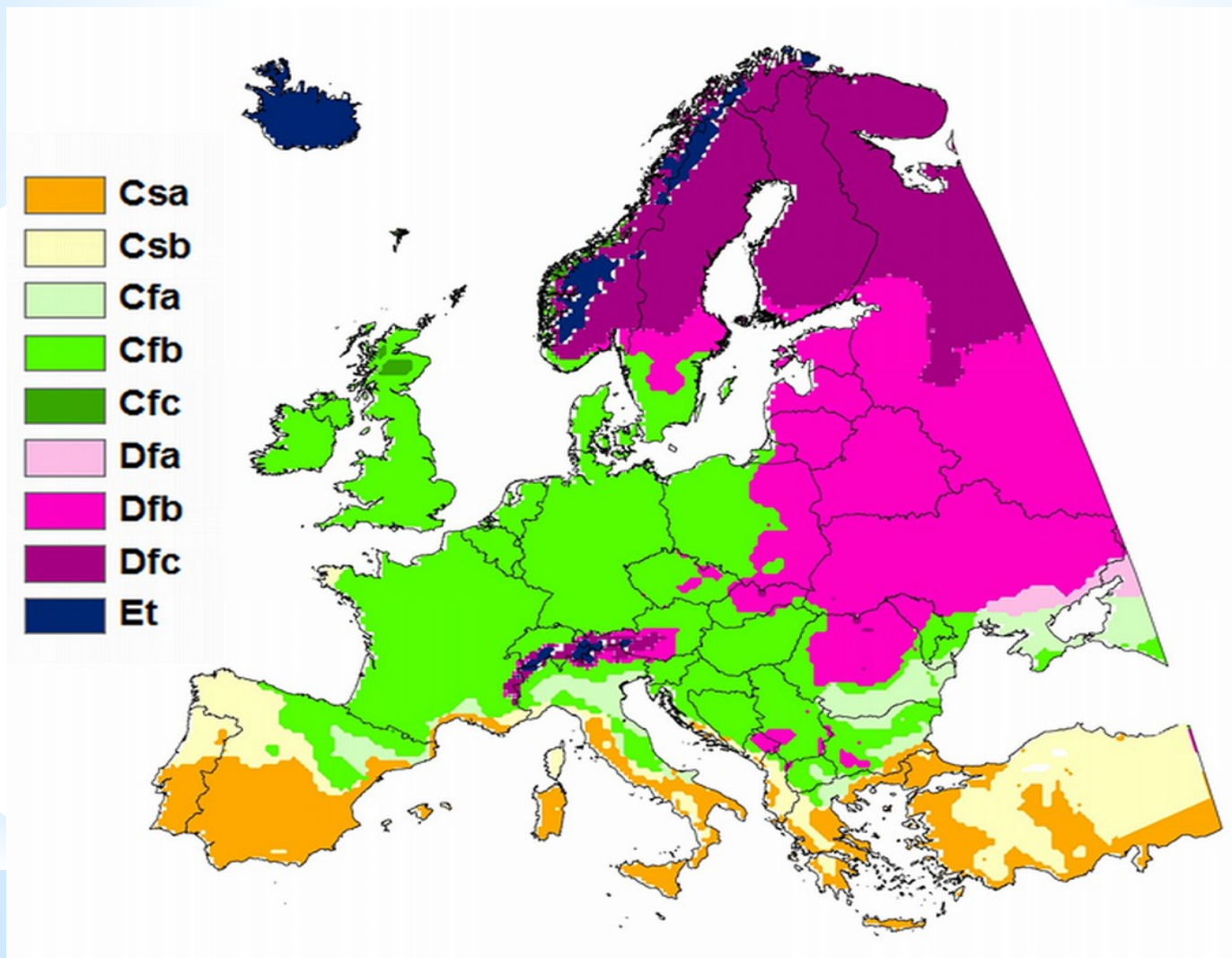


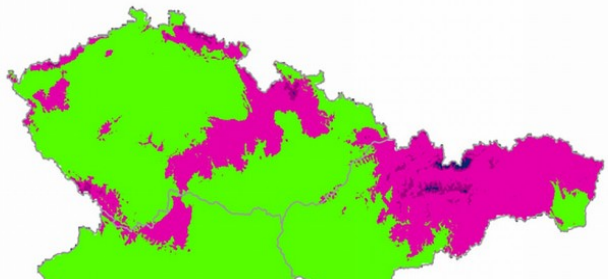
**Budeme u nás pěstovat
mandarinky?**



* Posun území České republiky ke středomořskému klimatu

* Köppen - Geiger klimatická klasifikace

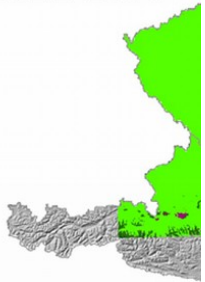




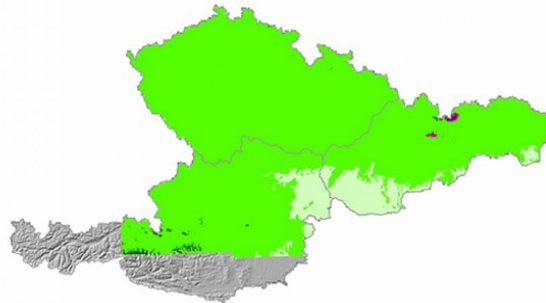
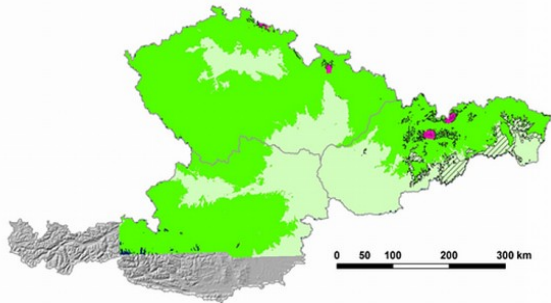
2021-2050: významný
ústup horského typu
počasí



2021-2050



2071-2100

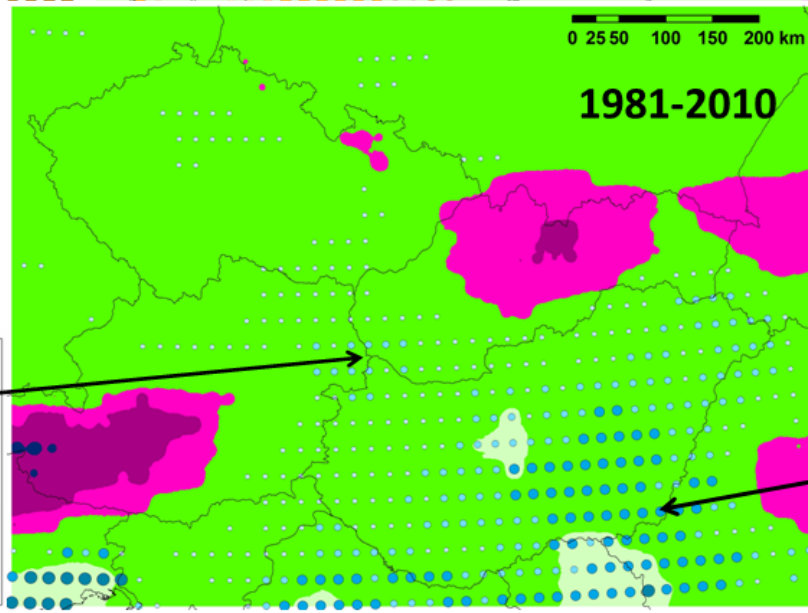
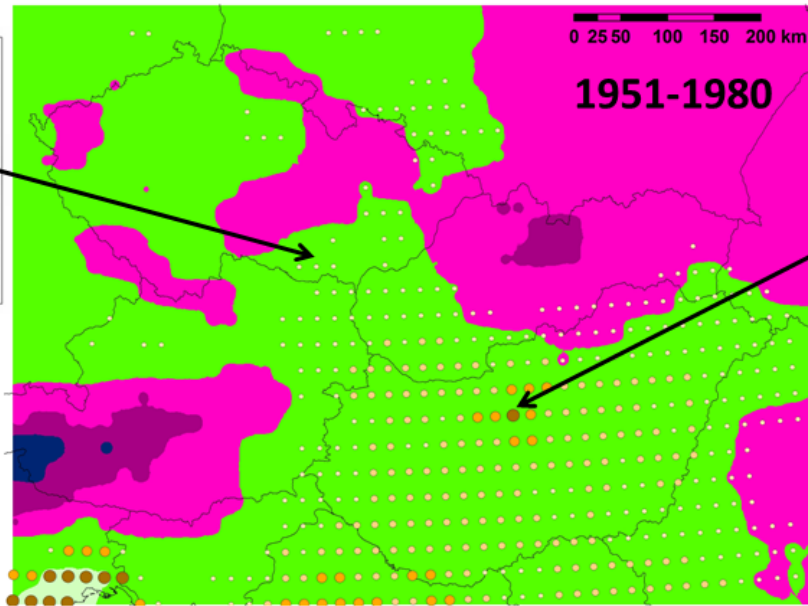
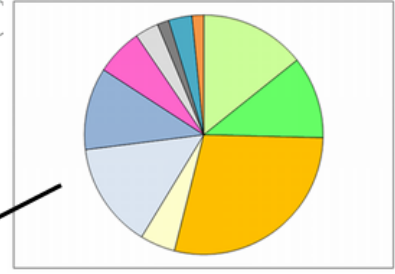
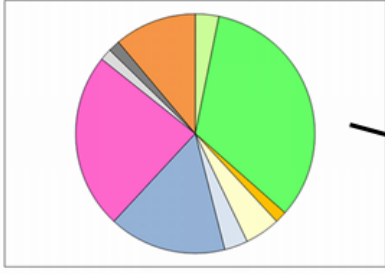


**10 - 18 milionů lidí
v regionu tím bude
ovlivněno**

Je to vůbec možné a nebo nám modely lžou????

* N
* F
* 1
10

30
25
20
15
10
5
0



CSA

- 1 - 5
- 6 - 10
- 11 - 15
- >15

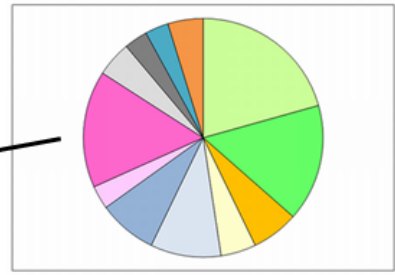
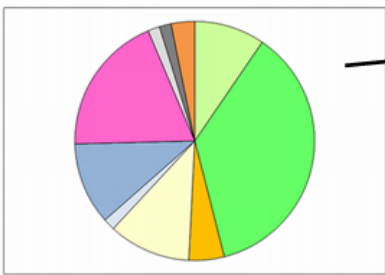
CFA

- 1 - 5
- 6 - 10
- 11 - 15
- >15

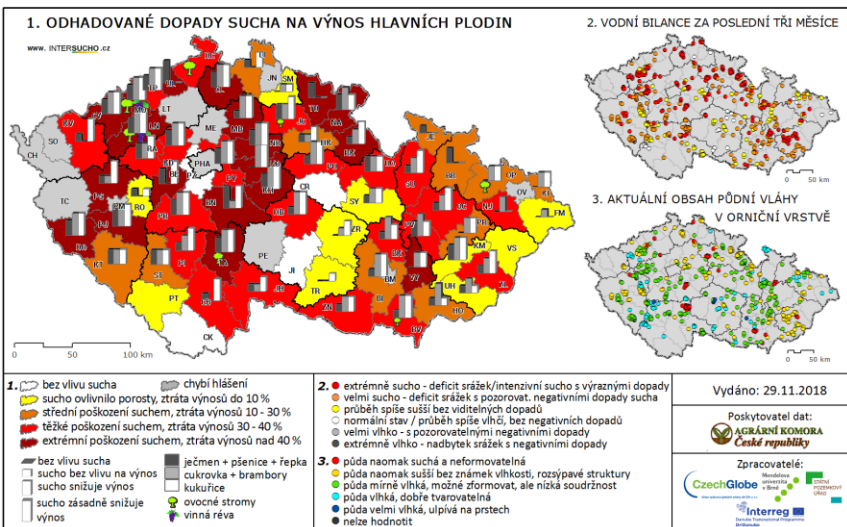
- CFA
- CFB
- CSA
- CSB
- CWA
- CWB
- DFA
- DFB
- DSA
- DSB
- DWA
- DWB

Legend

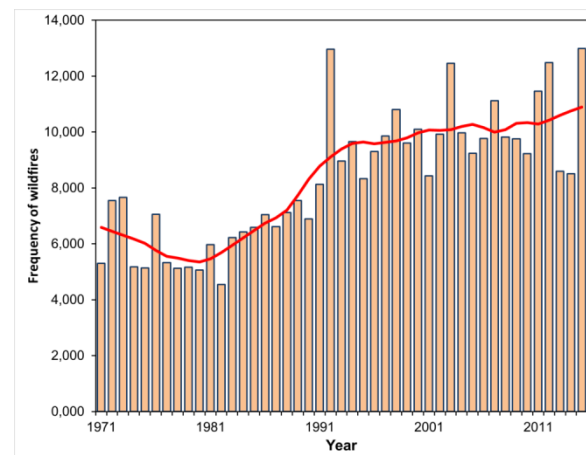
- Cfa
- Cfb
- Dfb
- Dfc
- Et



Nižší výnosy plodin



Nárůst lesních požárů

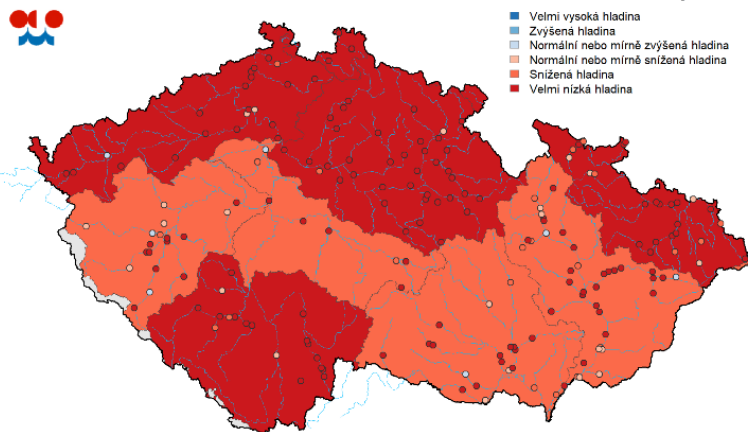


Přehřáté města

Nízký stav podzemních vod

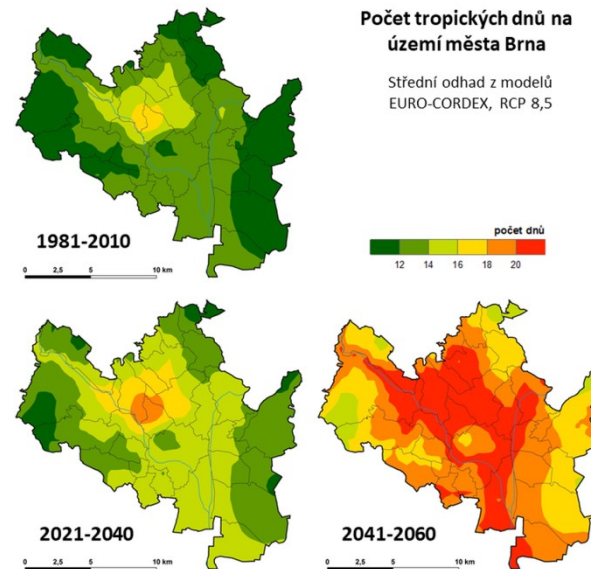
Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech

Říjen 2018



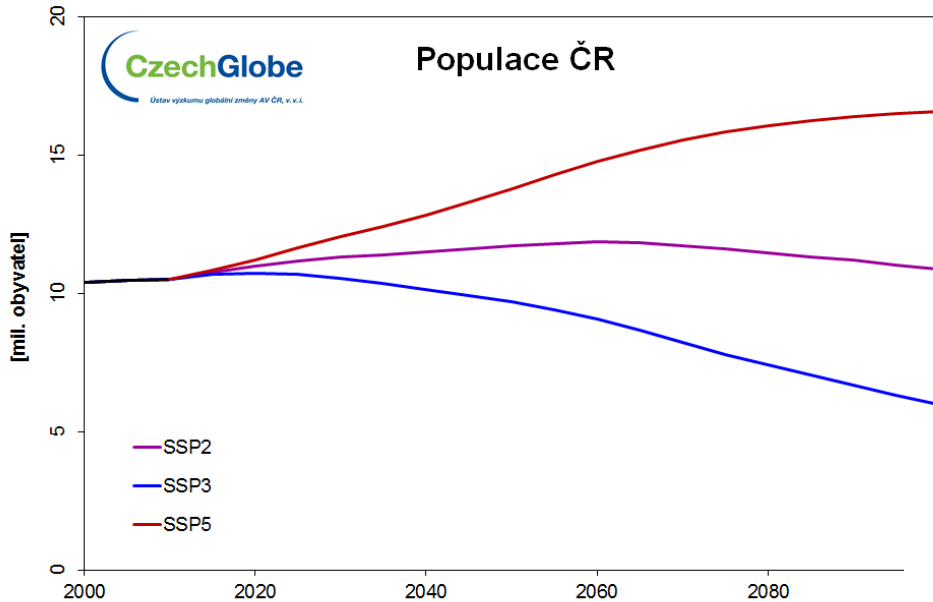
Počet tropických dnů na území města Brna

Střední odhad z modelů EURO-CORDEX, RCP 8,5



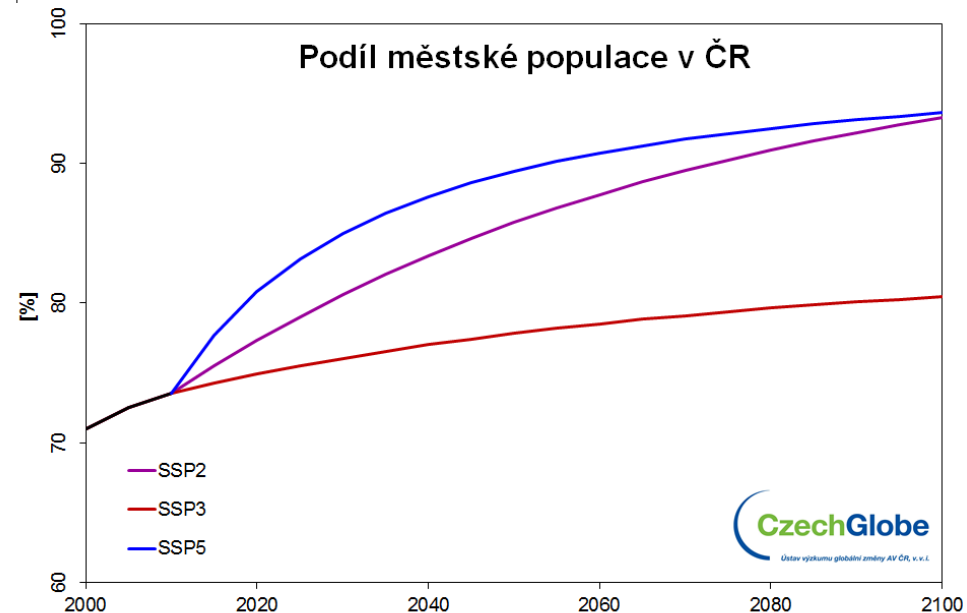
Městské klima aneb malá sauna v praxi





Většina populace žije ve městech

Podíl městského obyvatelstva bude nadále narůstat bez ohledu na scénář vývoje počtu obyvatel ČR



SSP2: sociální, ekonomické a technologické trendy budou pokračovat podobně jako v minulosti,

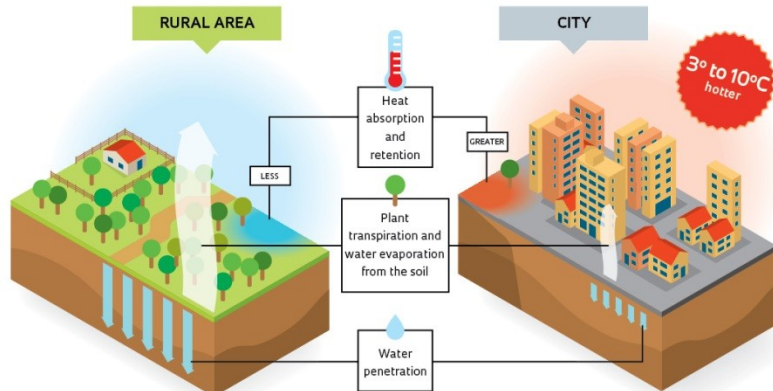
SSP3: v budoucnosti převládne regionální zaměření, soutěživost mezi regiony a ústup globalizace,

SSP5: pokračující integraci globálních trhů a rychlý ekonomický rozvoj.

Tepelný ostrov města

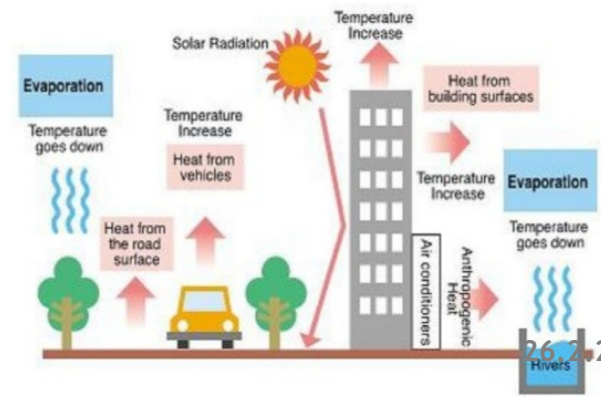
- **Geometrie města** – mnohonásobný odraz a absorpce záření v površích zvětšují intenzitu absorpce tepla (tzv. efekt kaňonů), zeslabení větru
- **Změna aktivního povrchu** – použití umělých materiálů (asfalt, beton) s odlišnými absorpčními tepelnými vlastnostmi než přirozený povrch => změna energetické bilance
- **Zmenšení intenzity vypařování vody** (kanály, menší množství vegetace ...)
- **Odpadní teplo** vznikající lidskou činností (topení, průmysl, doprava ...)

Why the urban heat island effect occurs



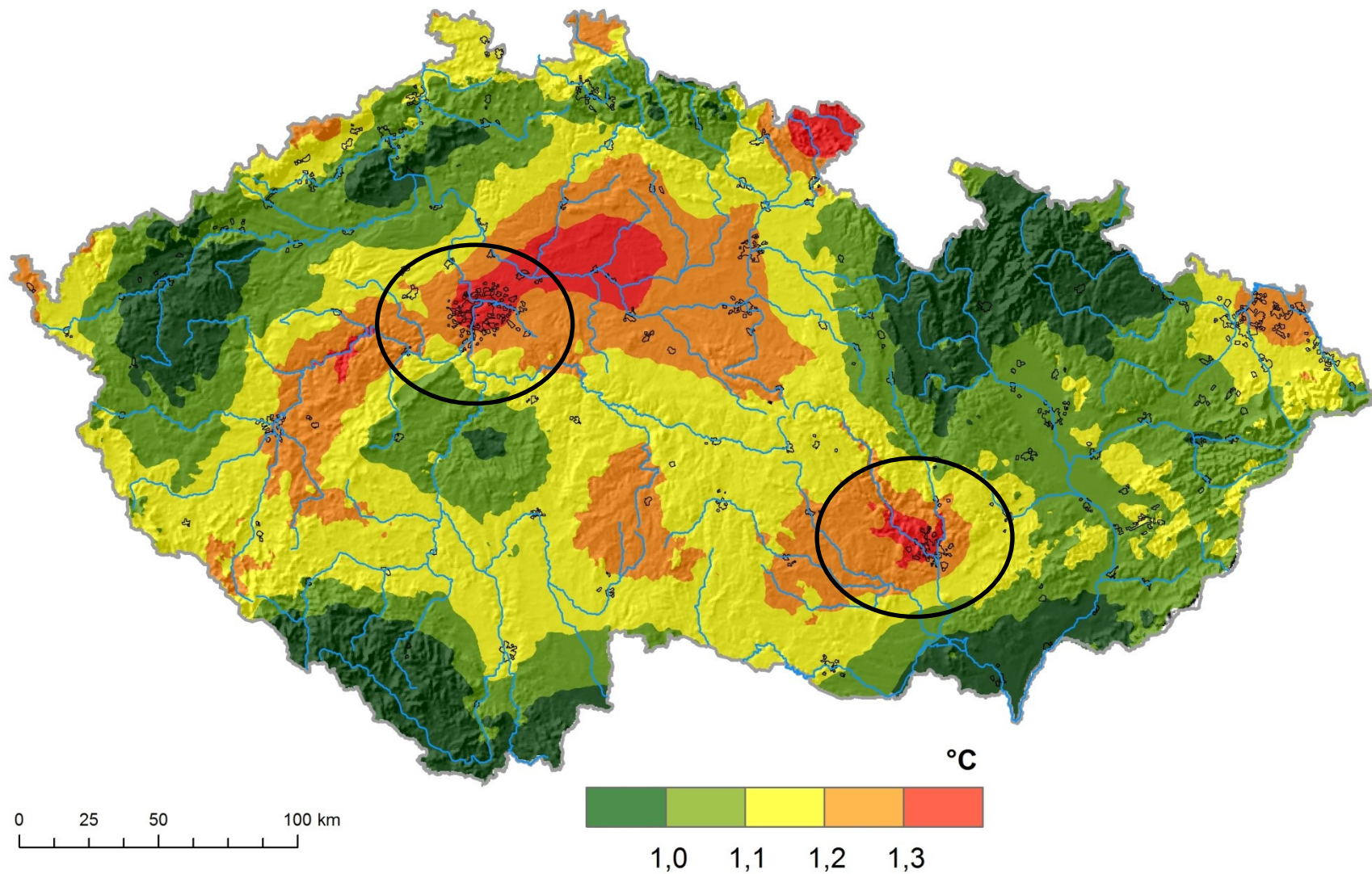
What is an Urban Heat Island?

● The Urban Heat Island Effect



Tepelný ostrov města

Rozdíl roční teploty vzduchu v letech 2001-2016
od normálu 1961-1990



Horké letní dny

Tropické dny – maxima nad 30°C

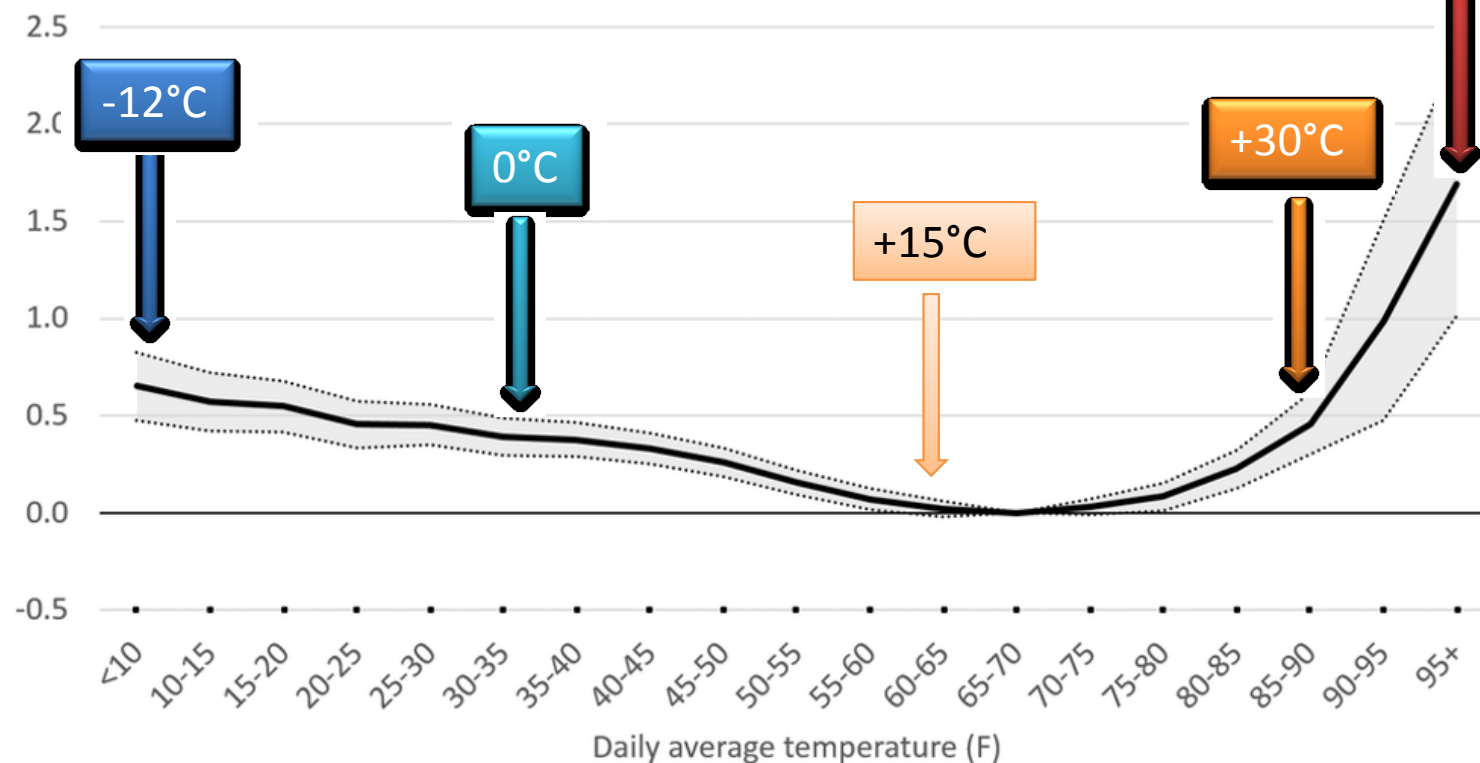
Tropické noci – v noci neklesne teplota pod 20°C

Horké vlny – několik dní po sobě s vysokou teplotou vzduchu

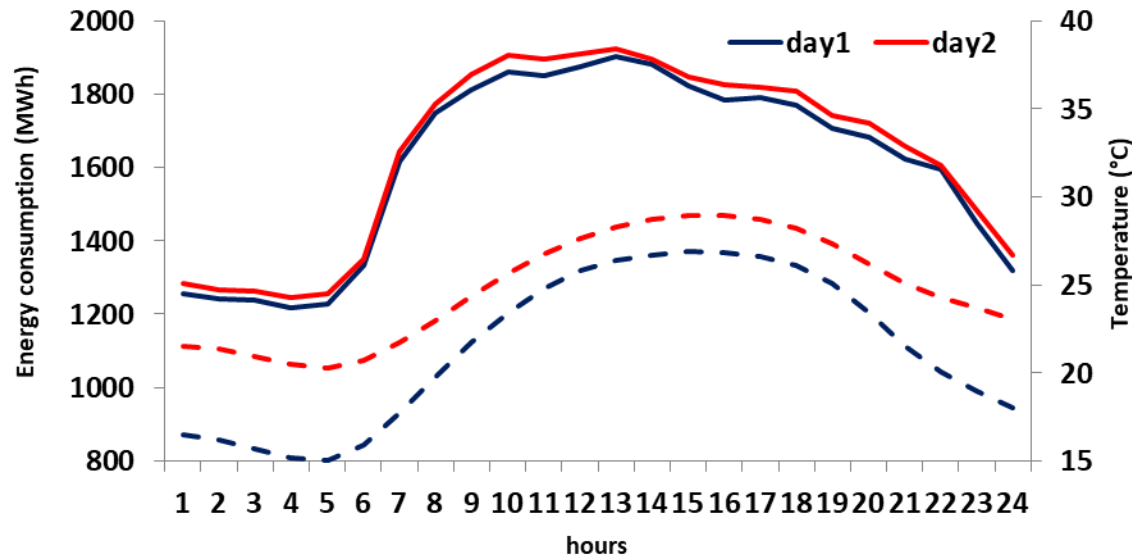
Při kombinaci horkých vln a tropických noci roste riziko zdravotních komplikací – hlavně problém velkých měst

Effect of temperature on mortality

Deaths per 100,000 individuals, ages 65 - 100

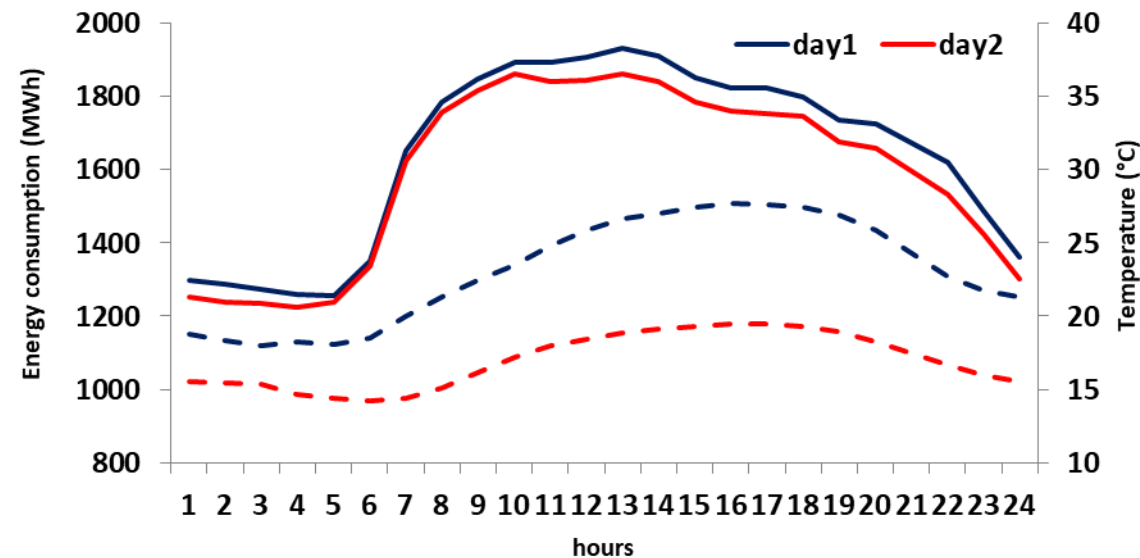


Vliv na energetiku



Tropická noc, letní den
vs.
„Normální“ noc a o 2°C
chladnější den

Spotřeba o 1,8 % vyšší

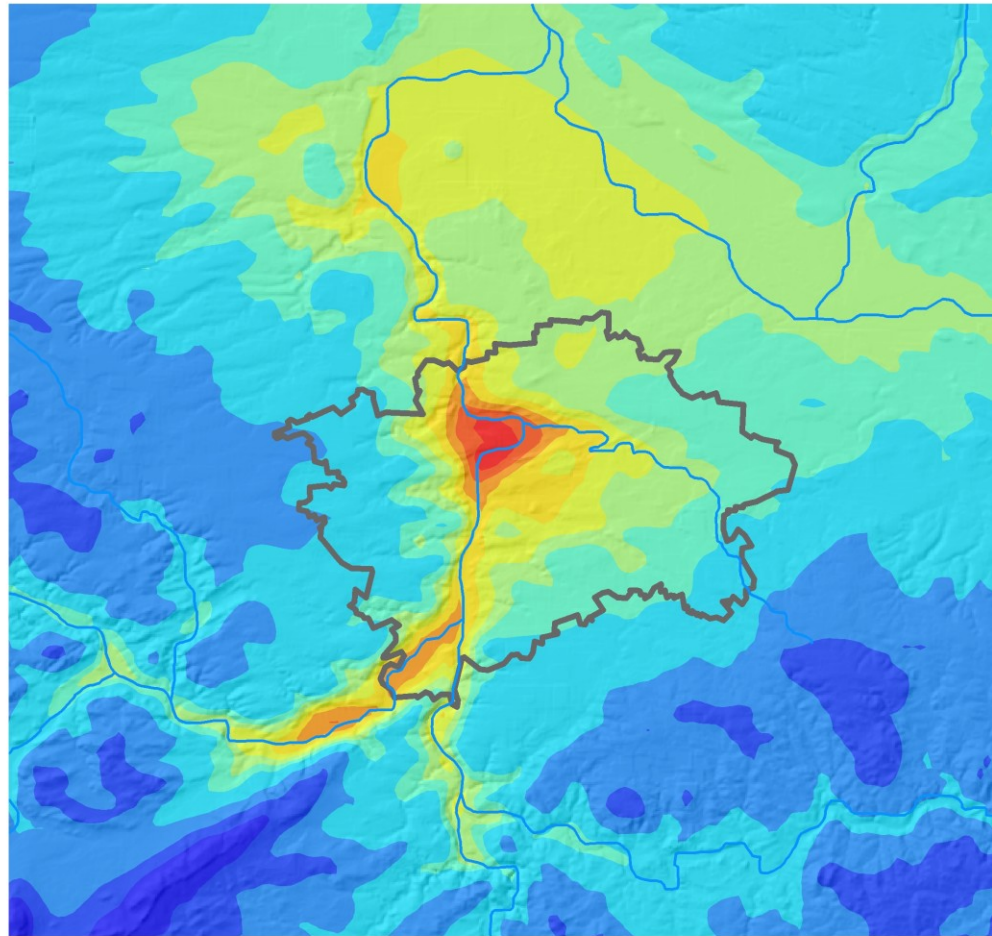


Výrazně teplejší den –
maximum přes 27°C
Rozdíl 3 dnů

Spotřeba o 3,2 % vyšší

Tepelný ostrov města

Průměrná roční teplota vzduchu 1961-2015

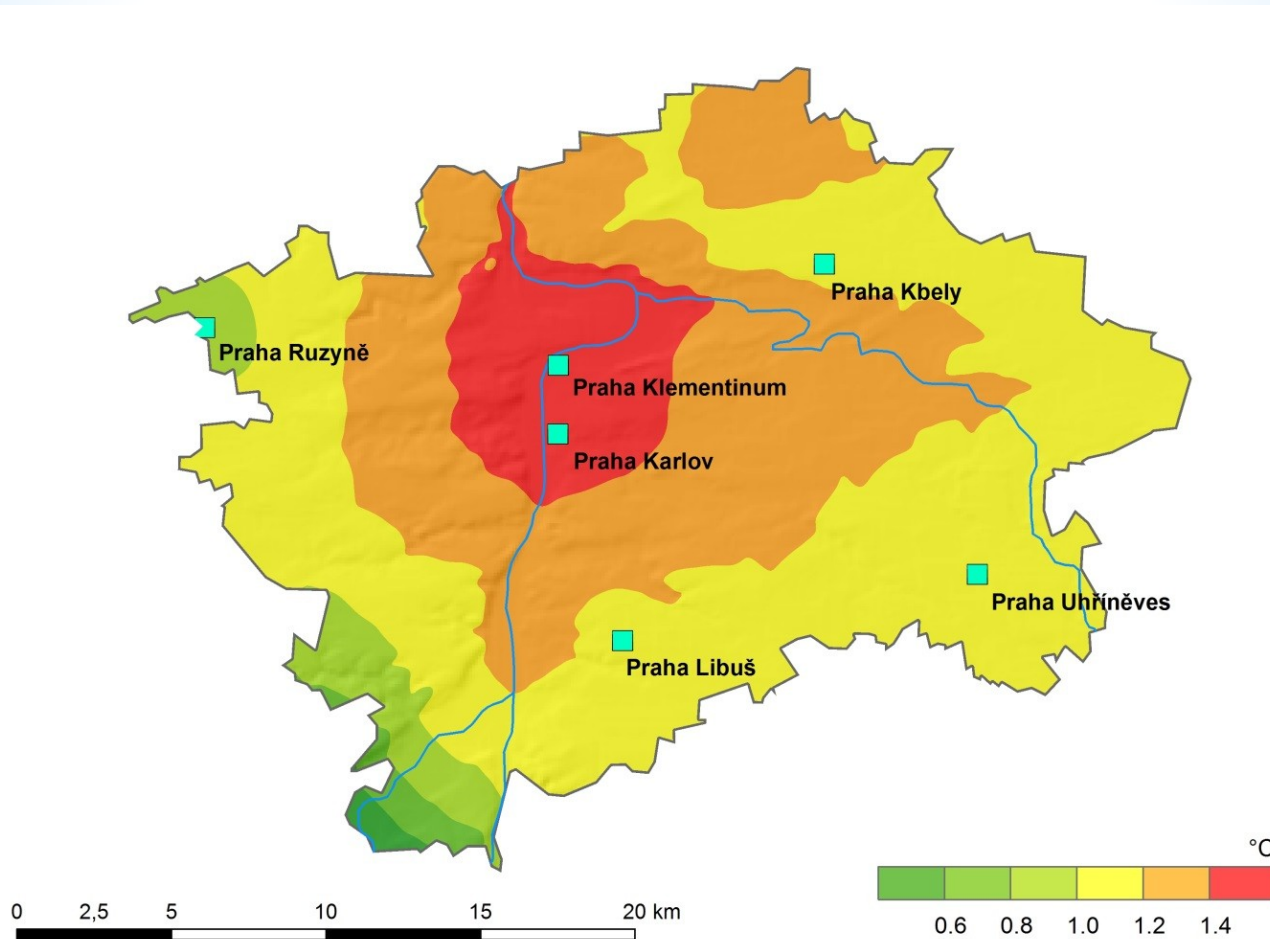


0 2,5 5 10 15 20 km

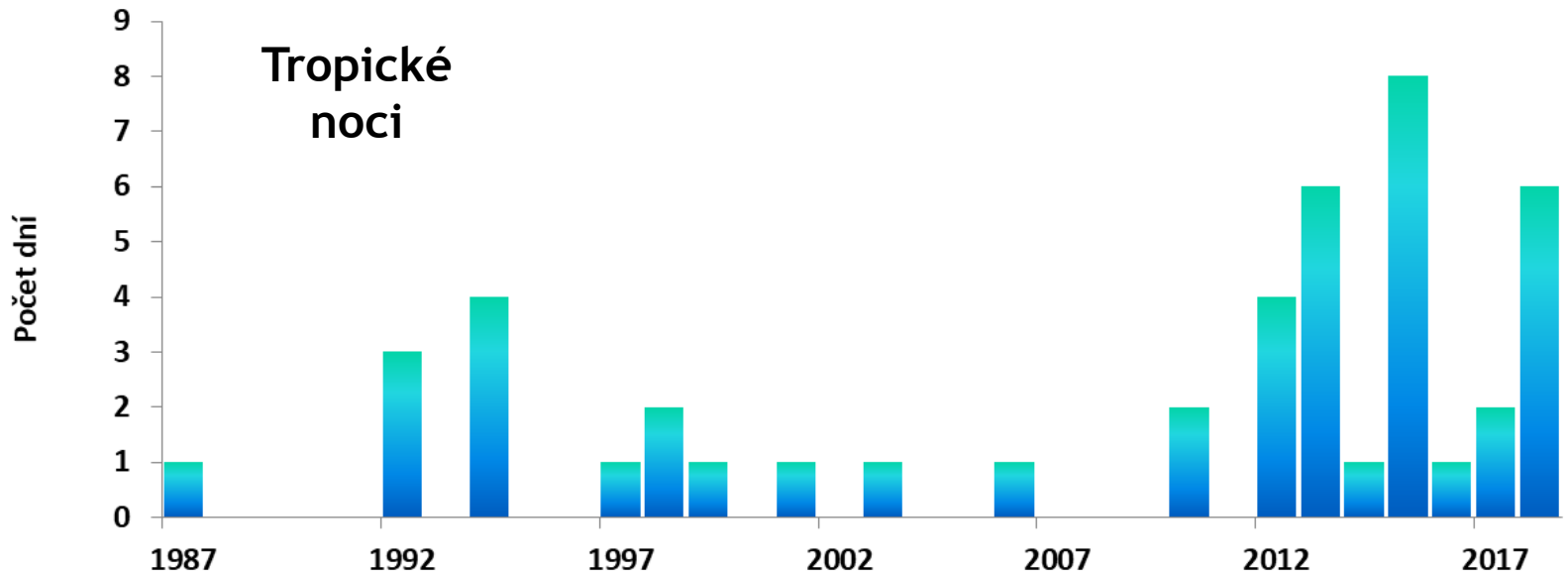
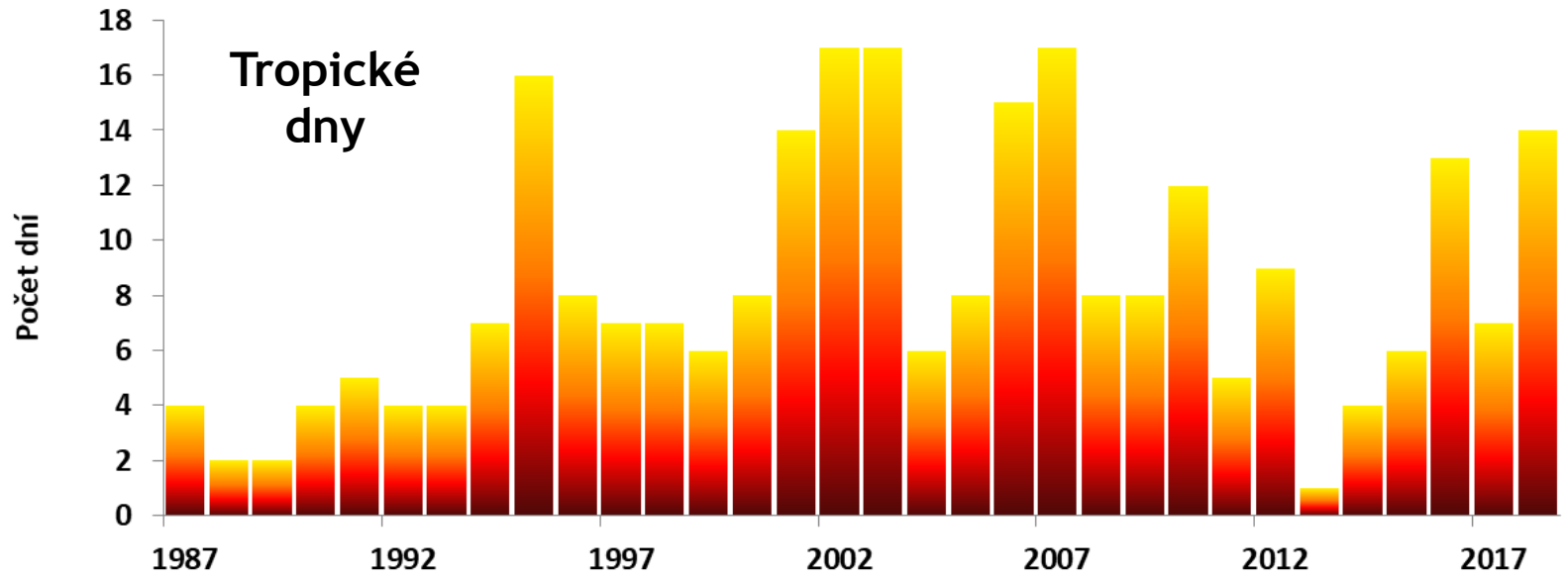


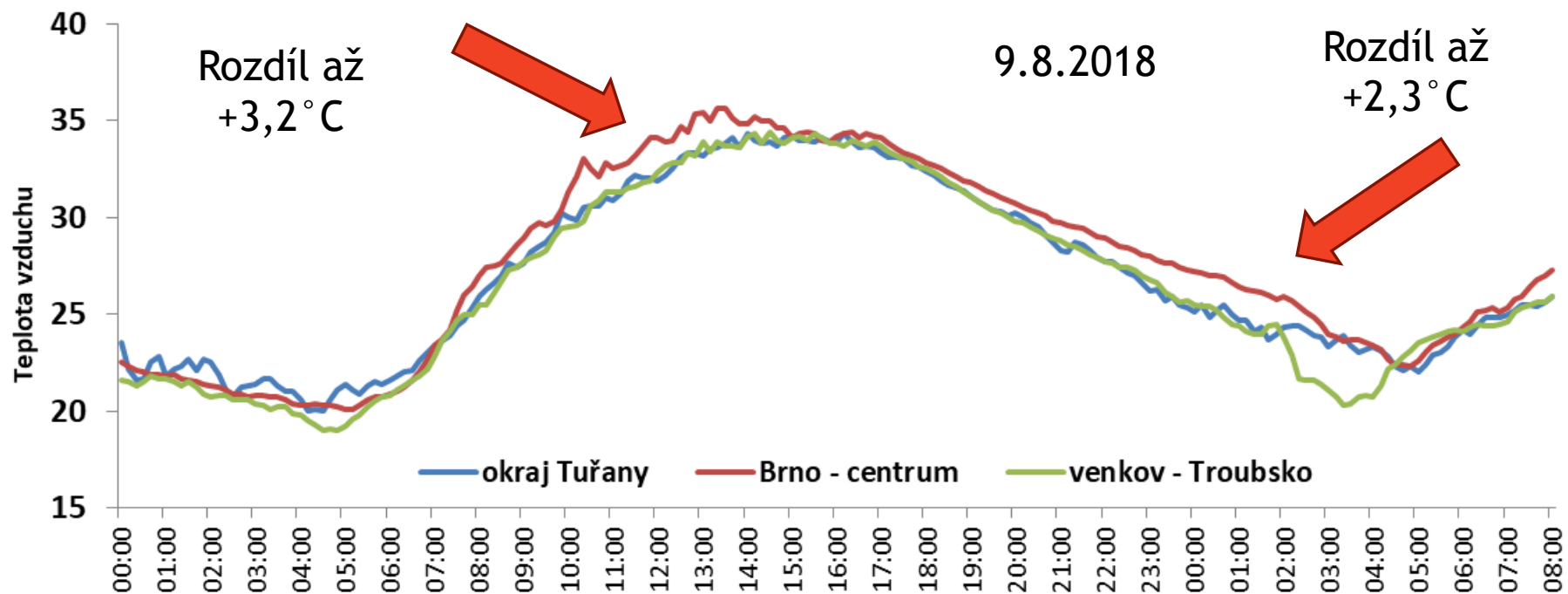
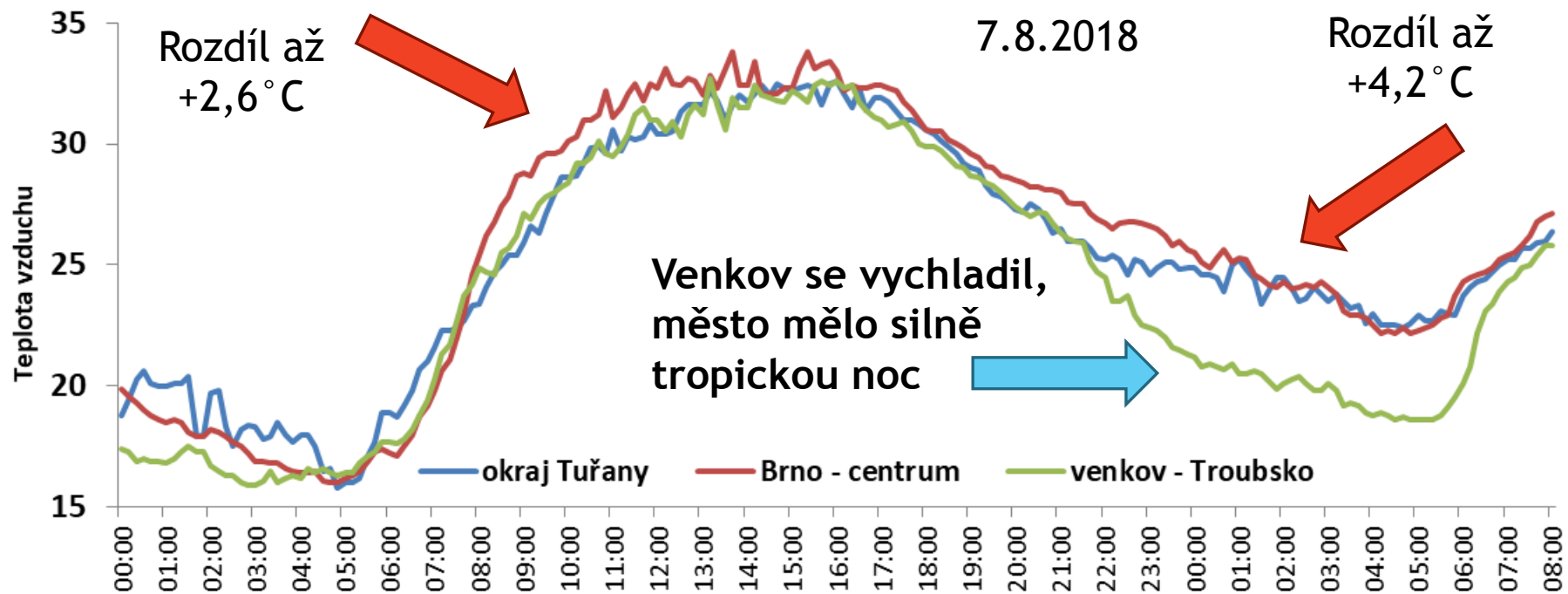
Tepelný ostrov města

- Rozdíl ročního průměru minima teploty vzduchu v letech 2001-2010 a 1961-1971

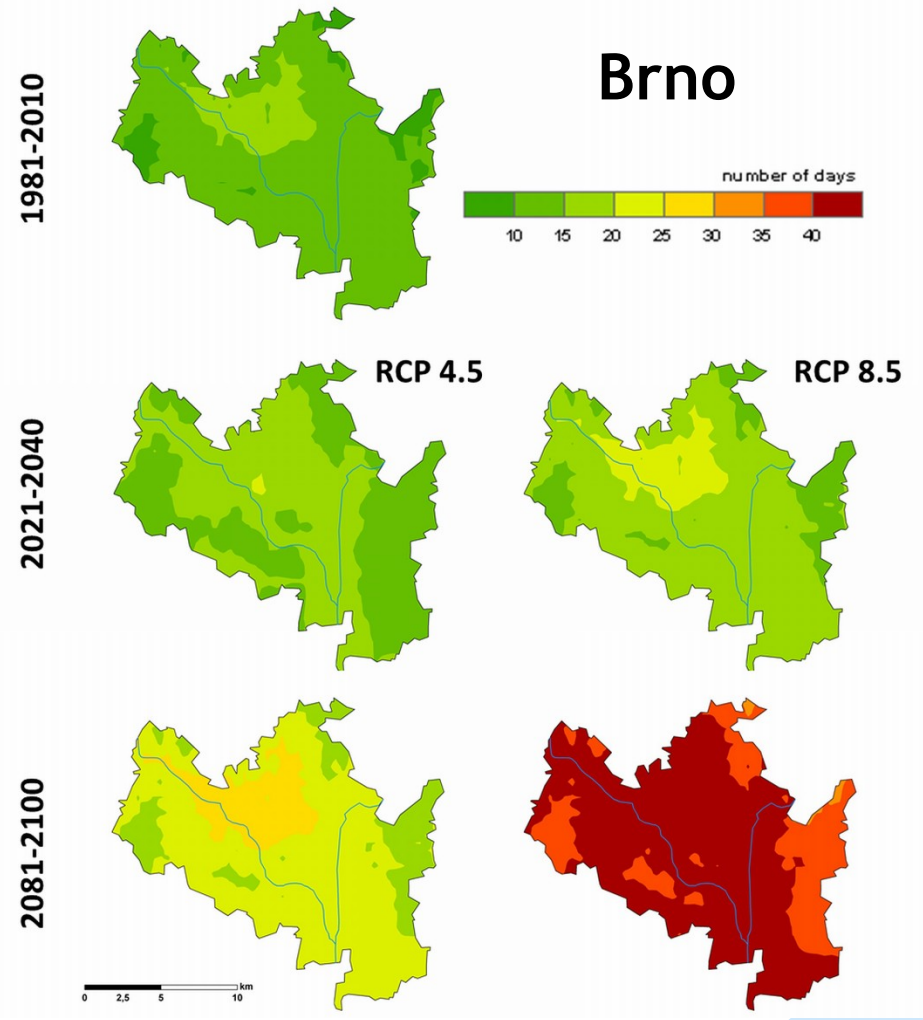
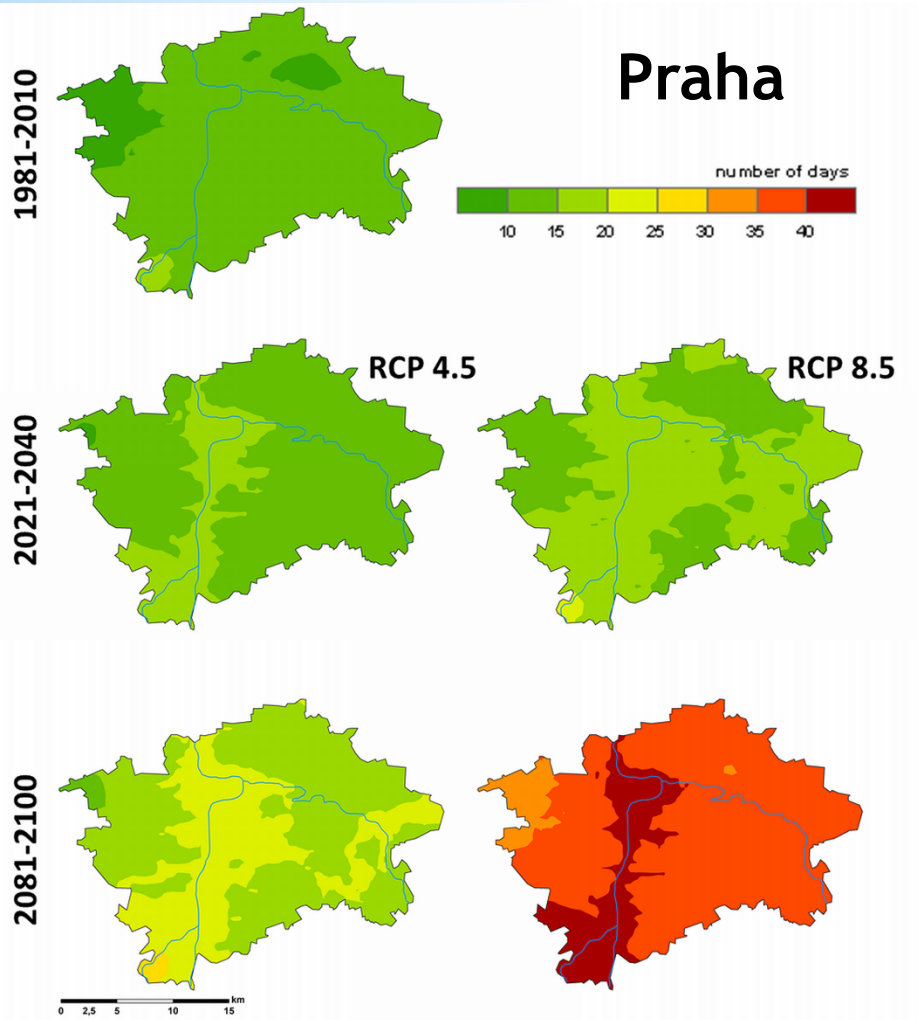


Rozdíl Brno - město a okolí





Horké dny - nad 30 °C



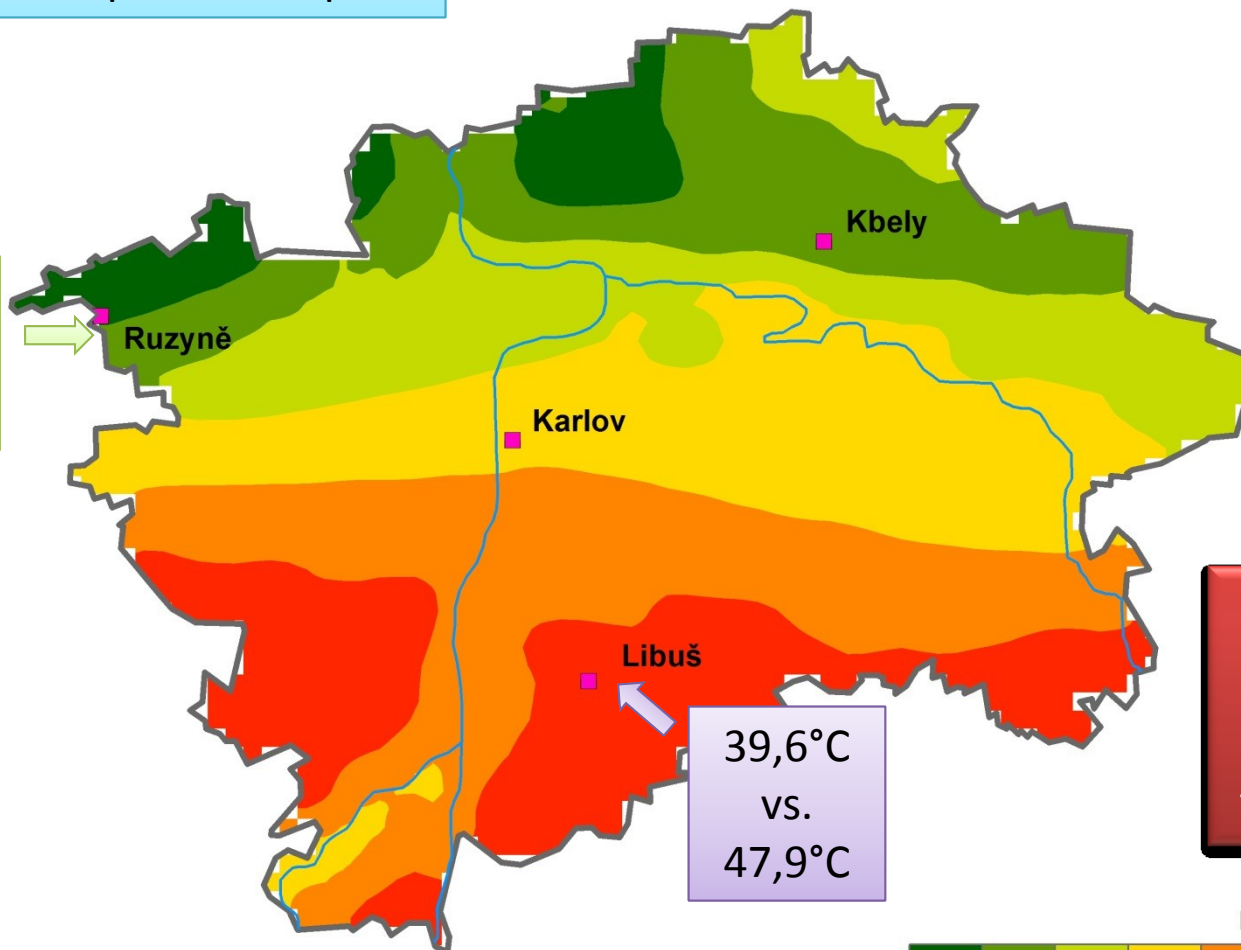
Průměr z 3 RCM modelů pro dva emisní scénáře, 2021-2040 a 2081-2100

Pocitová teplota

Teplota vzduchu v meteorologické budce byla výrazně nižší než pocitová teplota

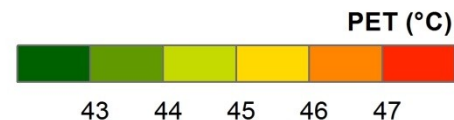
Nejteplejší den v historii Prahy
20.8.2012

37,4°C
vs.
42,8°C



Pocitová teplota je za horkých dnů vyšší i než 47°C

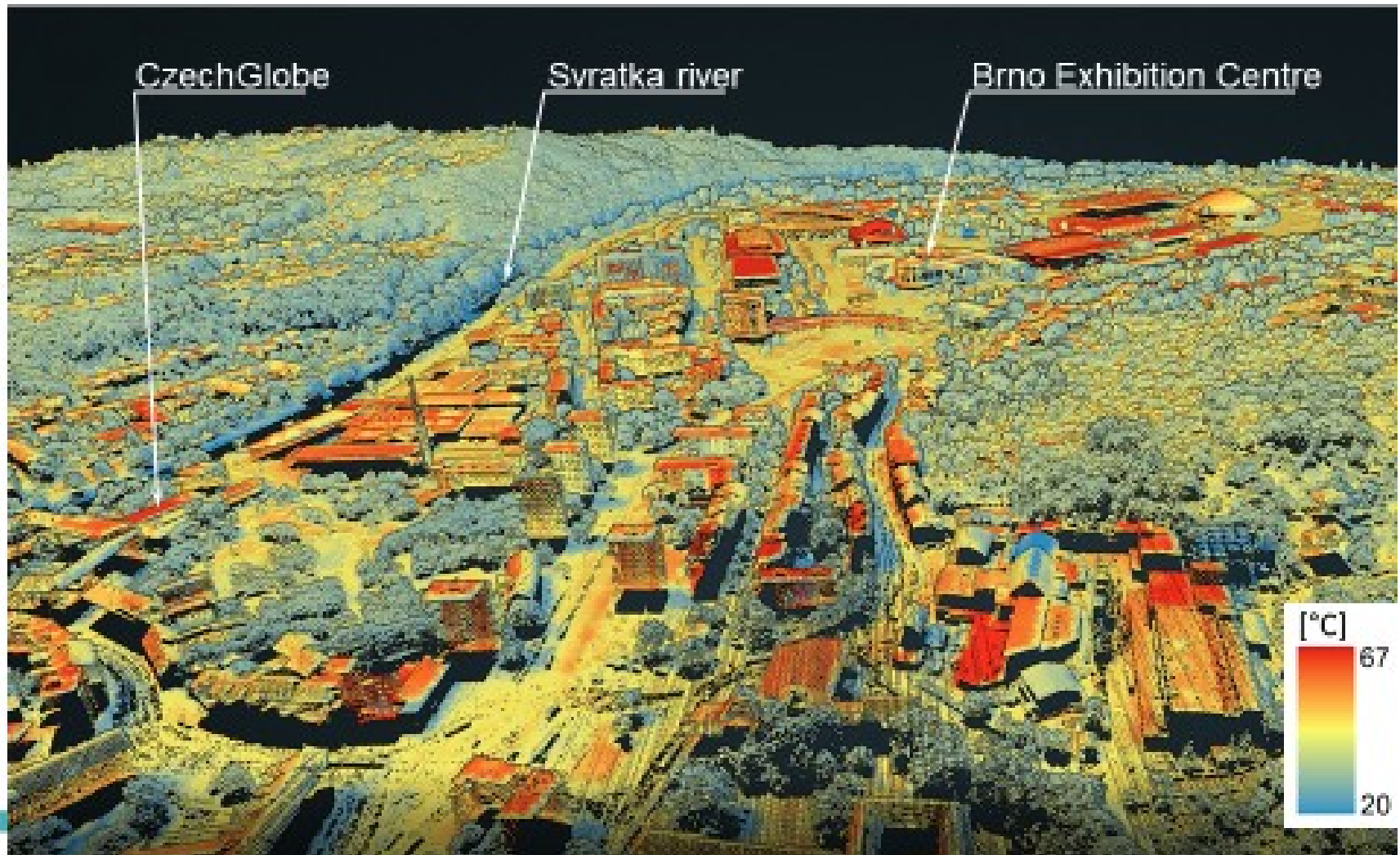
0 2,5 5 10 15 20 km





MĚSTA A KLIMATICKÁ ZMĚNA

3D mapa povrchové teploty v Brně, léto 2019 (kombinace Lidarových a termálních dat)

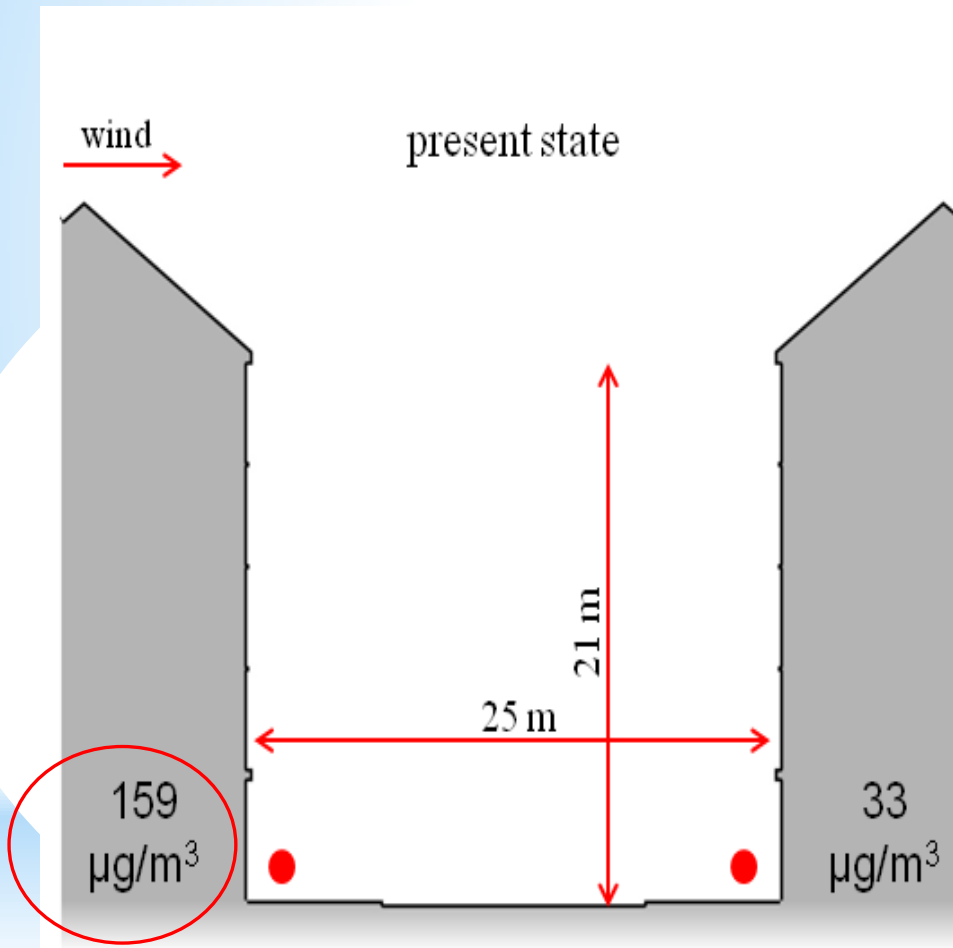


Pilotní akce - Legerova

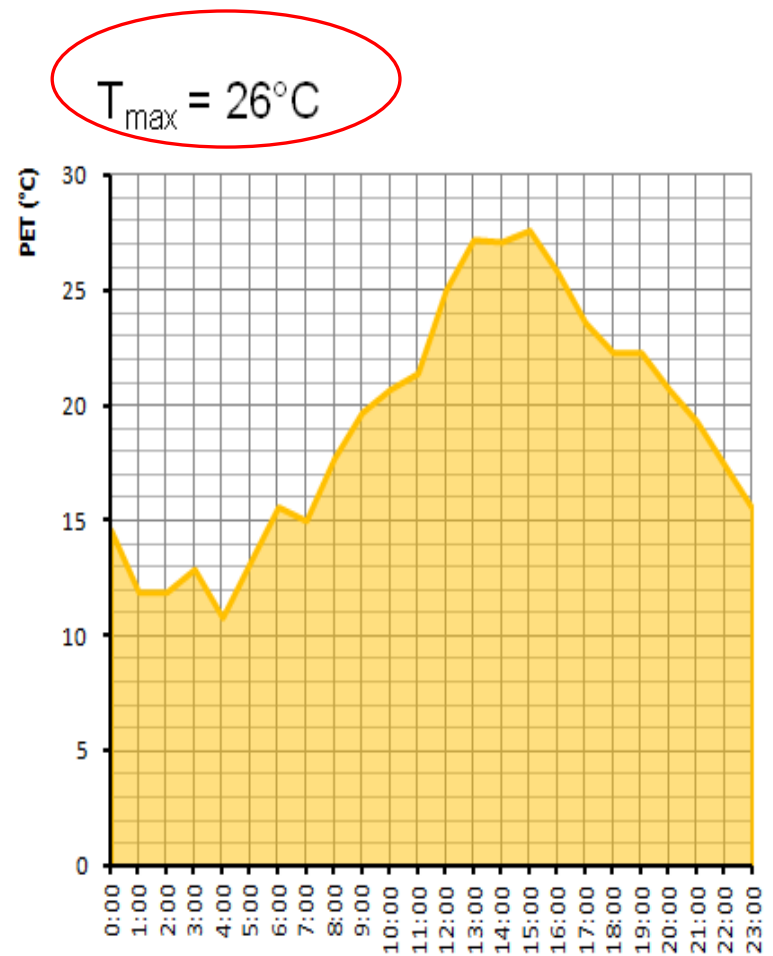
- Koridor o šířce 25 m
- Budovy s výškou 21 m
- 45tis aut denně ve 4 pruzích
- Během léta je plně otevřena slunečnímu svitu, absorbovány asfaltem a fasády domu
- Pouze pár trávnickových pásů bez vrhání stínu



Pilotní akce - Legerova

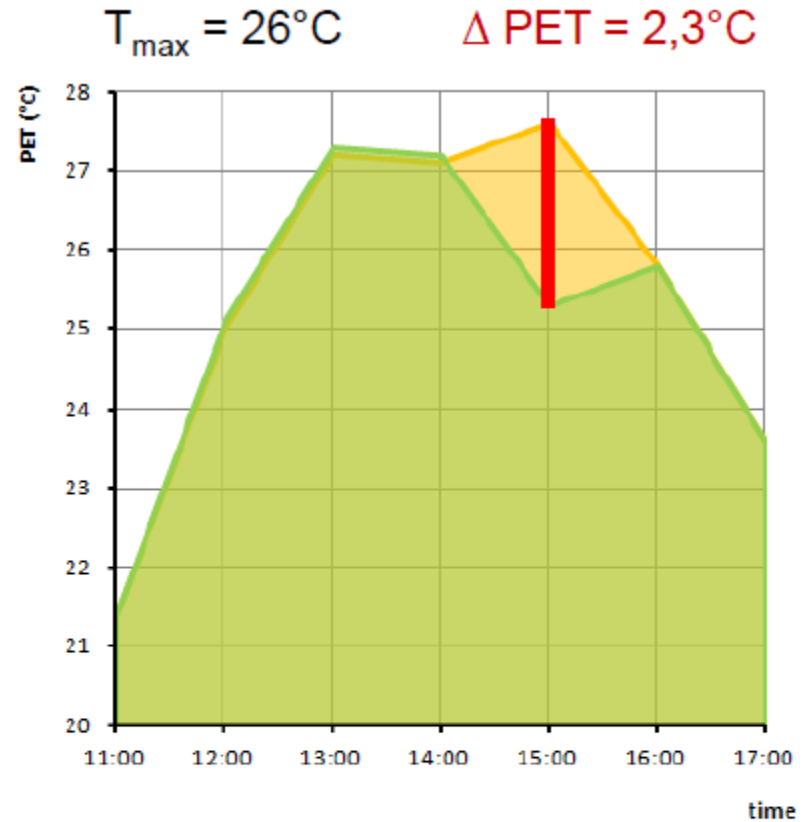
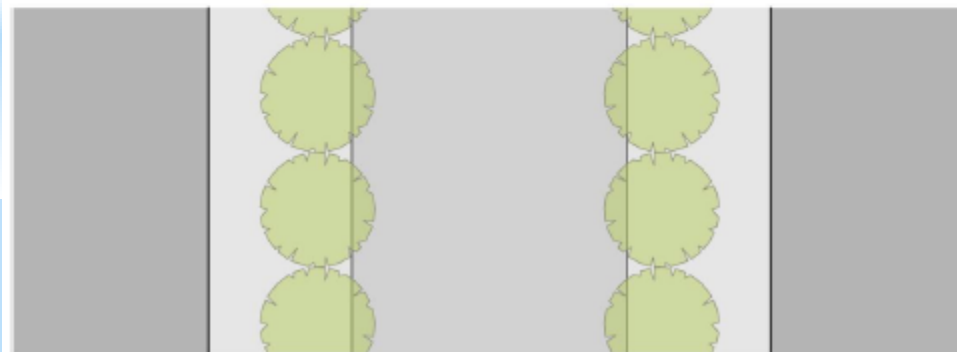
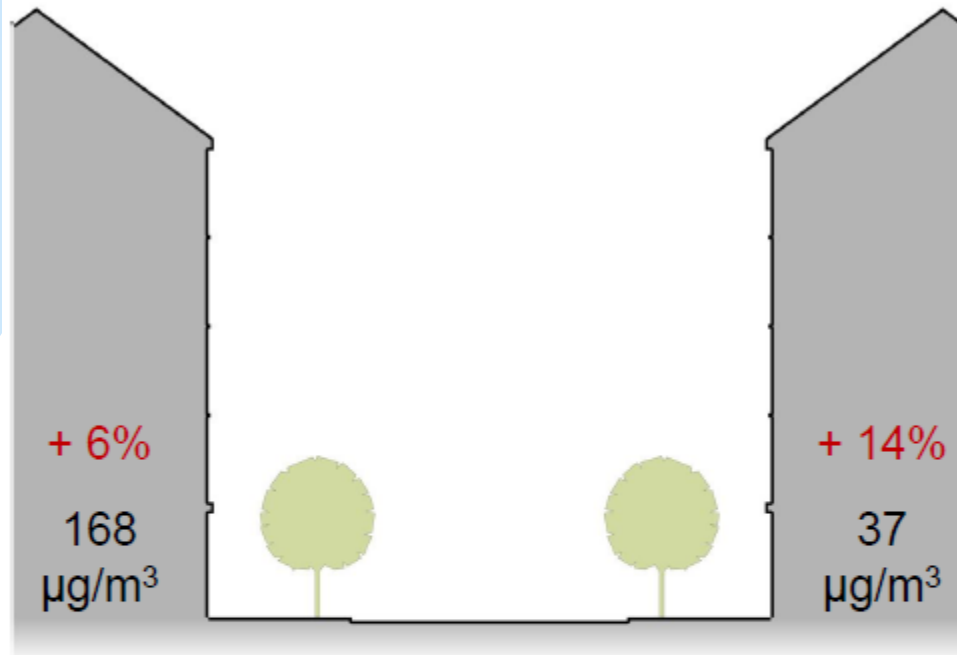


Koncentrace Nox, díky západnímu proudění disbalance mezi koncentracemi



Pilotní akce - Legerova

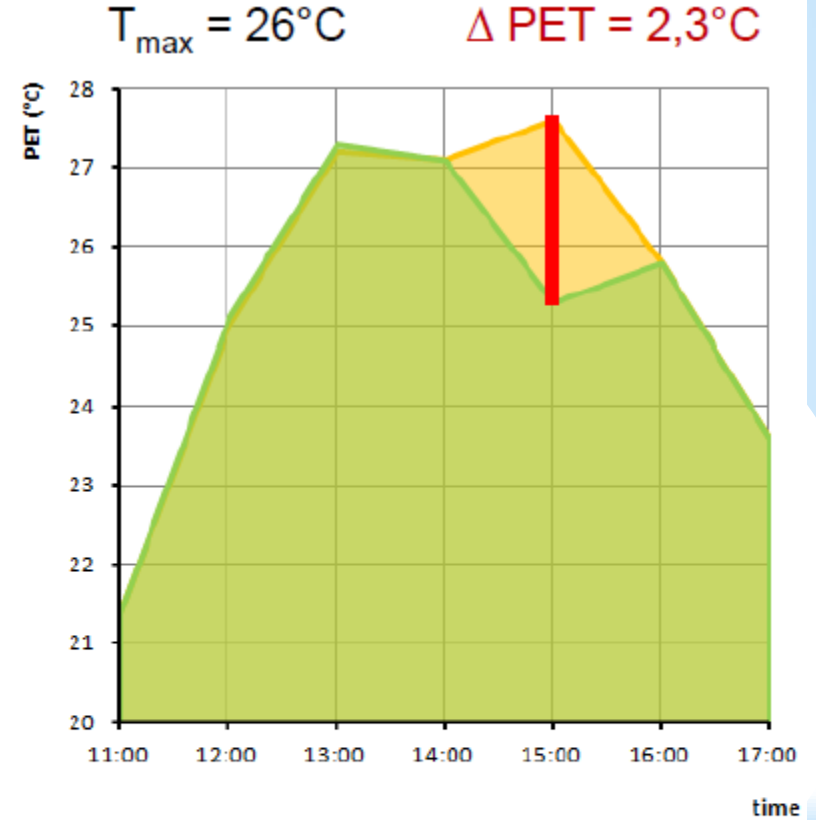
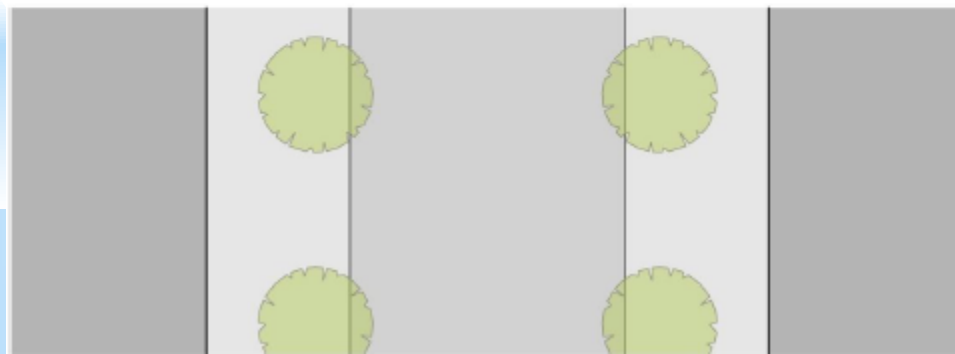
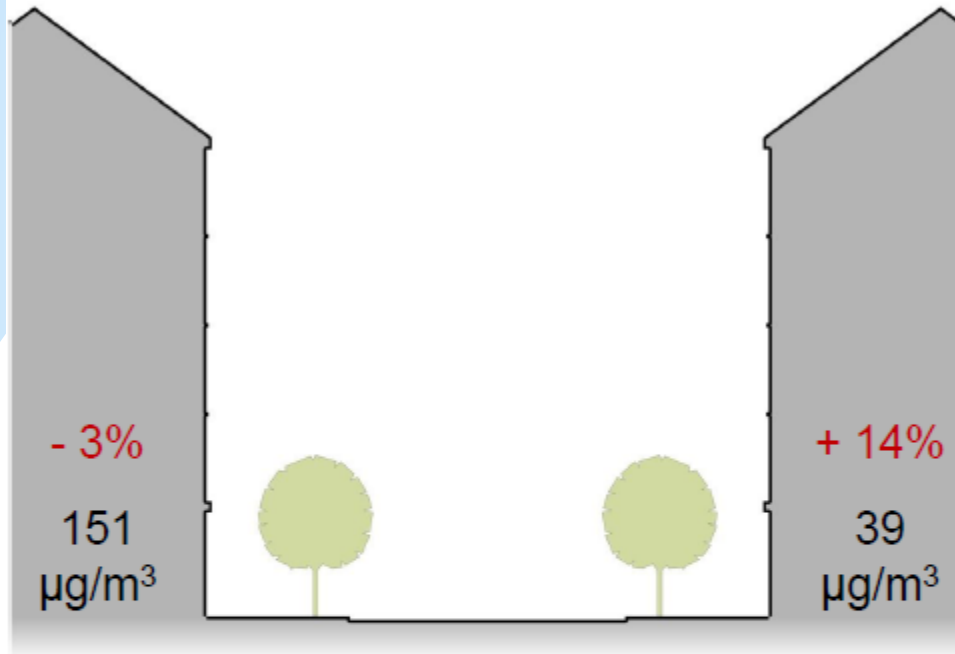
var 1 – small trees



Snížení PET o $2,3^{\circ}\text{C}$
Při TMA 37°C redukce o $3,5^{\circ}\text{C}$
Negativní dopad na
koncentraci znečištění

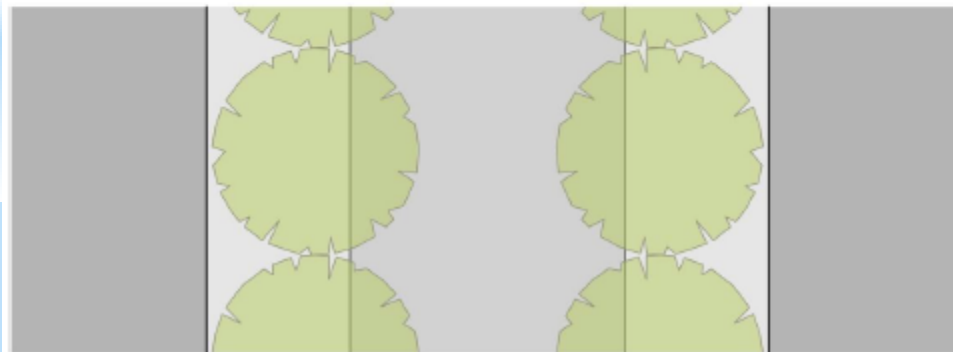
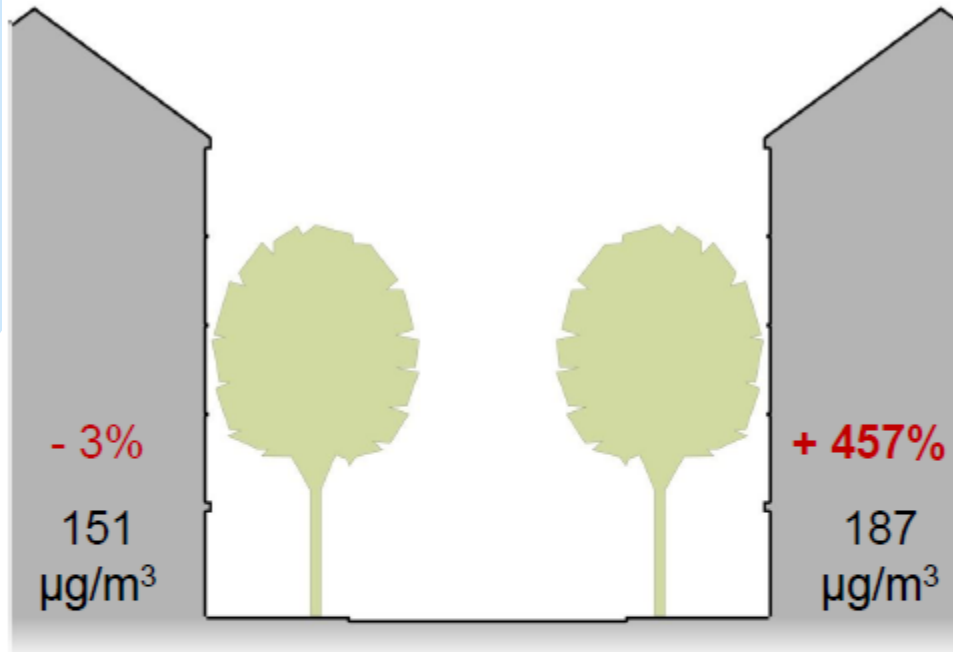
Pilotní akce - Legerova

var 2 – small trees, sparsely



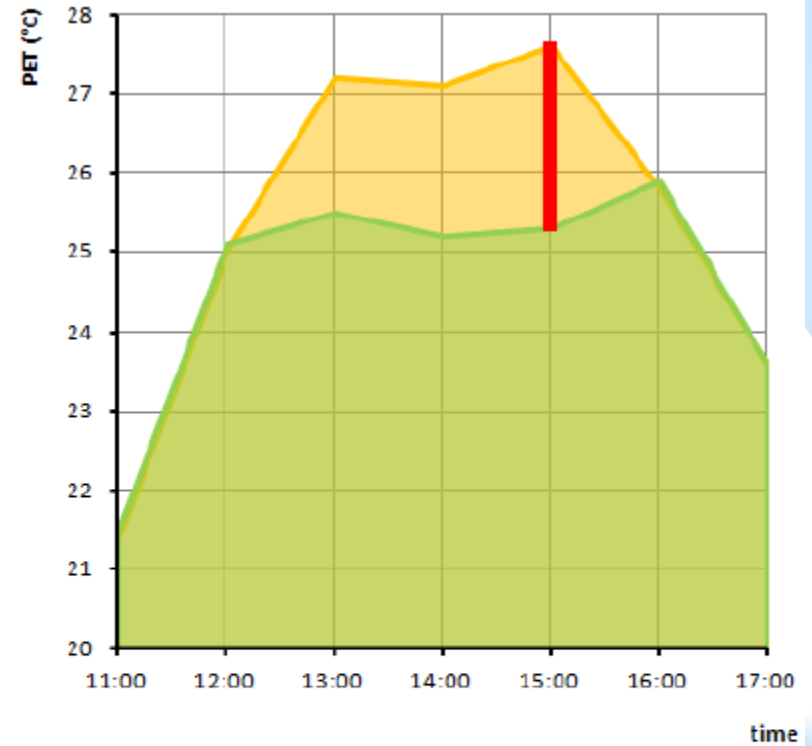
Pilotní akce - Legerova

var 3 – large trees



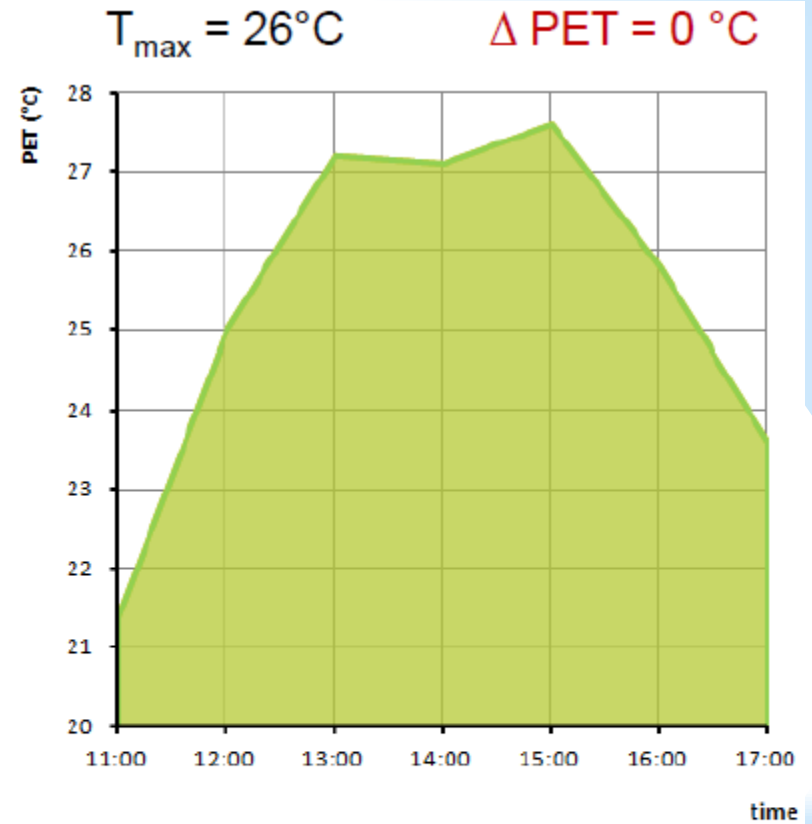
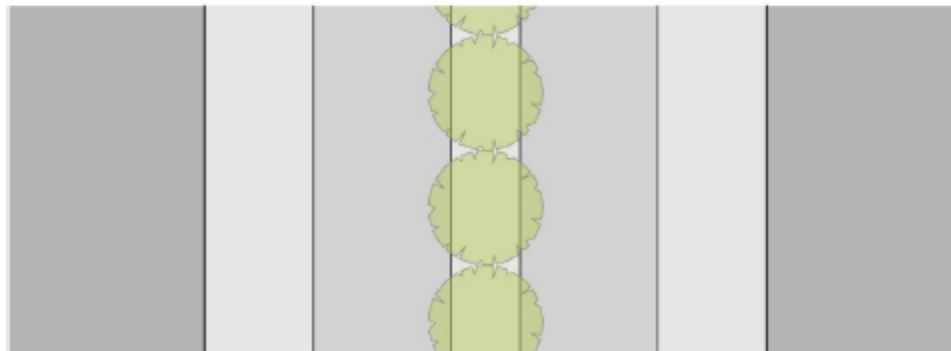
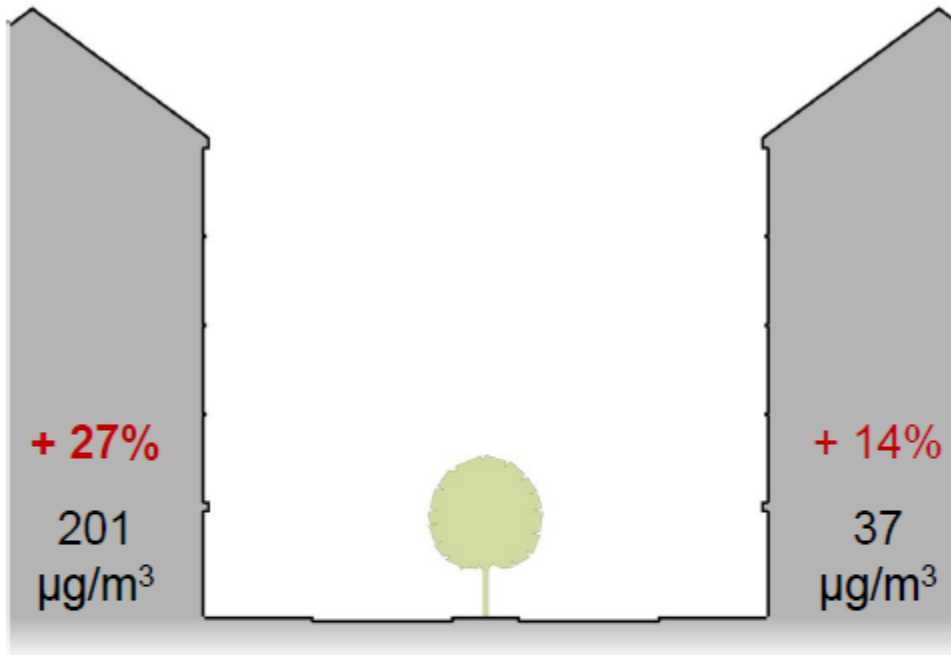
$T_{\text{max}} = 26^\circ\text{C}$

$\Delta \text{PET} = 2,3^\circ\text{C}$



Pilotní akce - Legerova

var 4 – small trees, axial position

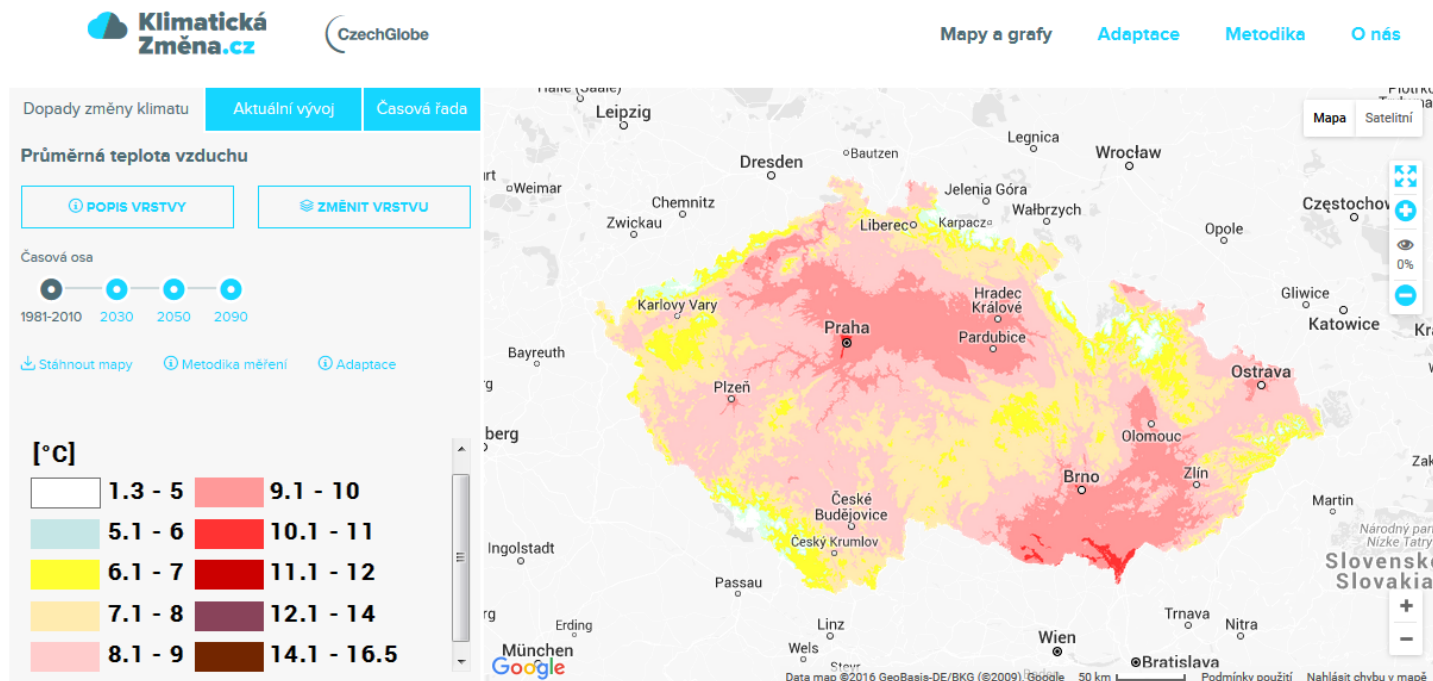


...

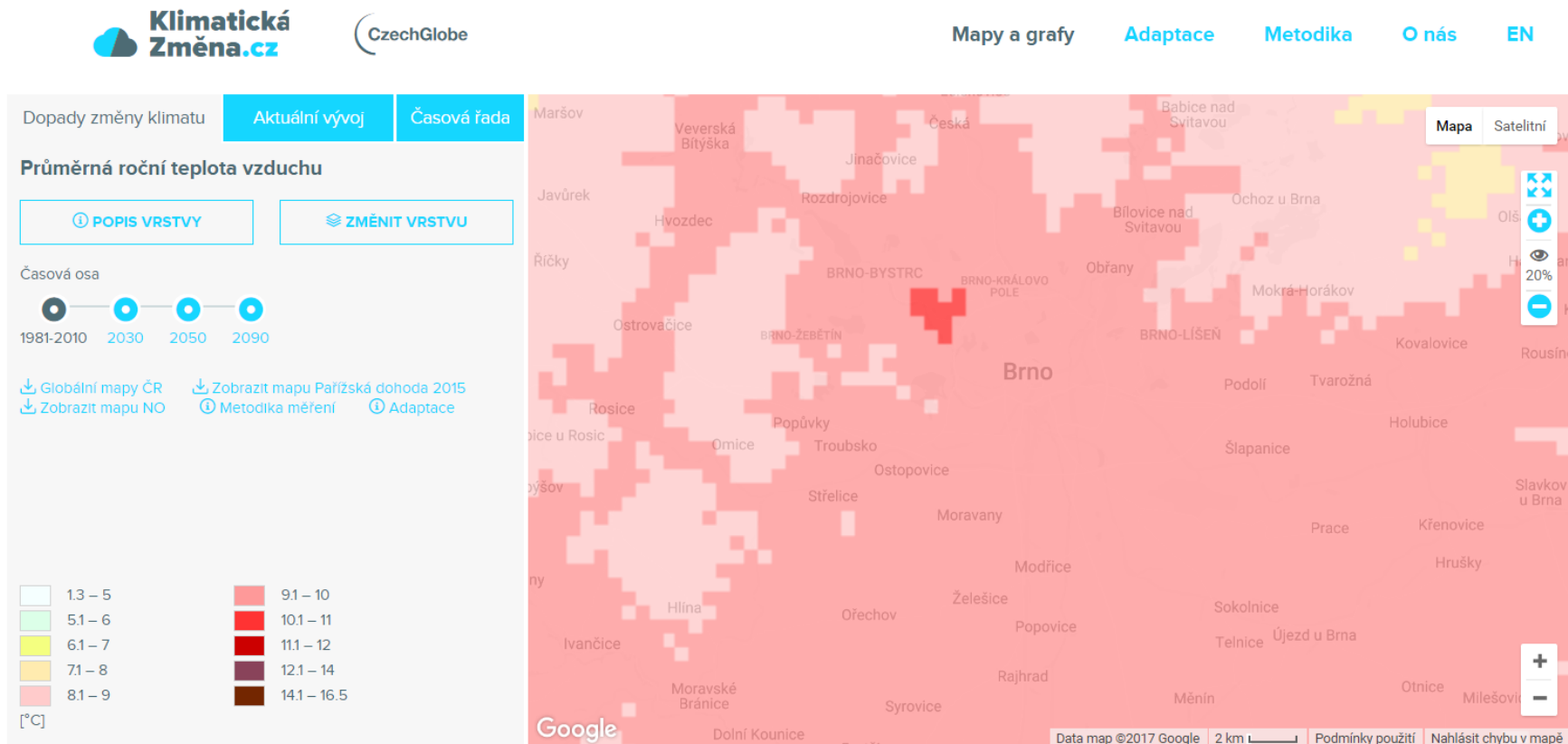
Kde najít další informace?



- Web vzniká za podpory Norských fondů
- Souhrnné informace z široké oblasti – klima, zemědělství, hydrologie, energetika
- Adaptační opatření



Co je to klimatická změna



- Možnost detailně zobrazit oblast zájmu (stejně jako na mapách google)

www.klimatickazmena.cz

Dopady změny klimatu **Aktuální vývoj** Časová řada

Průměrná roční teplota vzduchu

předpověď 2090 vysoké emise - IPSL

POPIS VRSTVY **ZMĚNIT VRSTVU**

Časová osa

1981-2010 2030 2050 2090

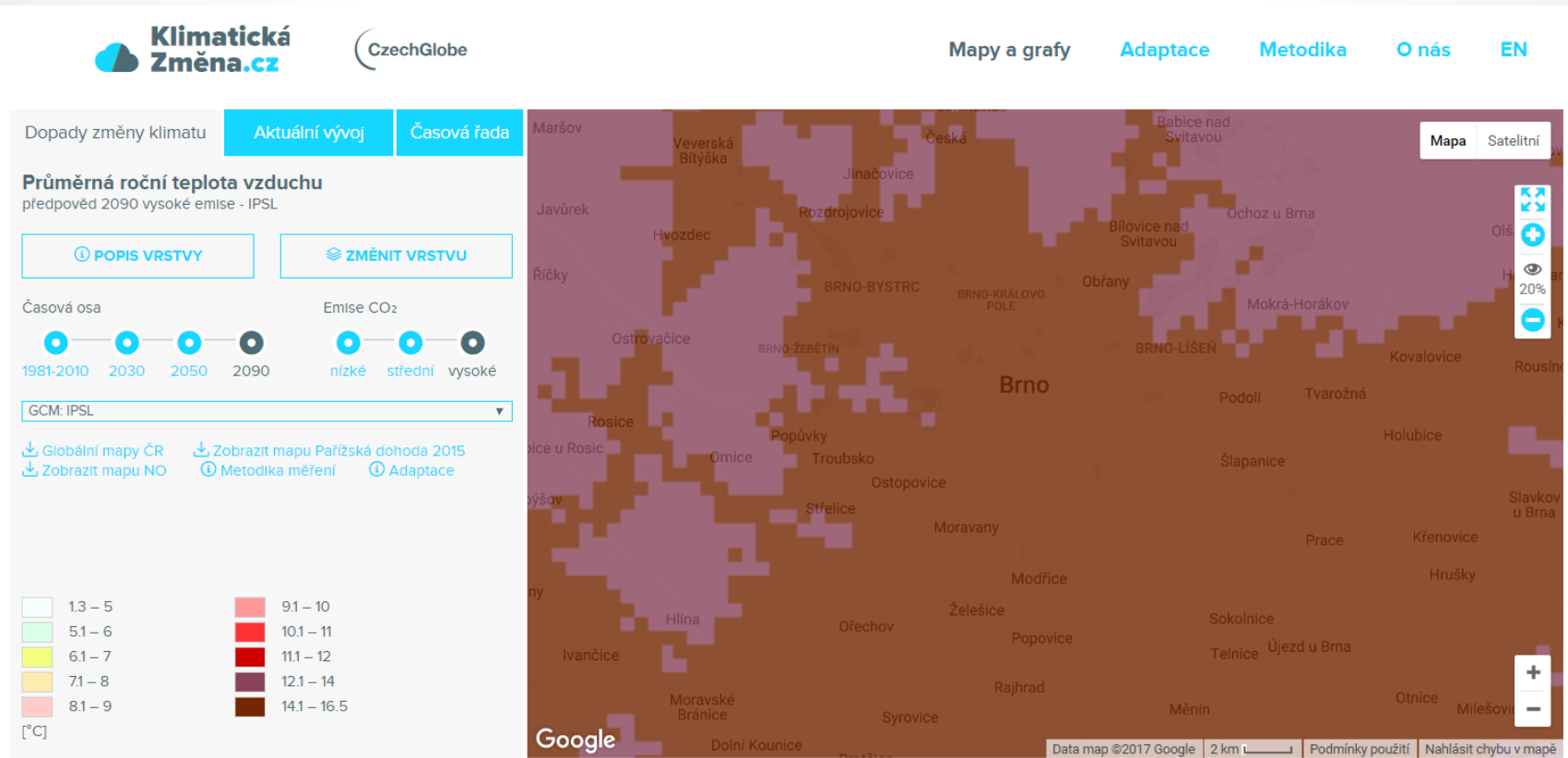
Emise CO₂

nízké střední vysoké

GCM: IPSL

[↓ Globální mapy ČR](#) [↓ Zobrazit mapu Pařížská dohoda 2015](#)
[↓ Zobrazit mapu NO](#) [i Metodika měření](#) [i Adaptace](#)

www.klimatickazmena.cz



-změna teploty vzduchu v budoucnu a podle různých emisních scénářů

www.klimatickazmena.cz

Dopady změny klimatu **Aktuální vývoj** Časová řada

Průměrná roční teplota vzduchu

předpověď 2090 vysoké emise - IPSL

[POPIS VRSTVY](#) [ZMĚNIT VRSTVU](#)

Časová osa

1981-2010 2030 2050 2090

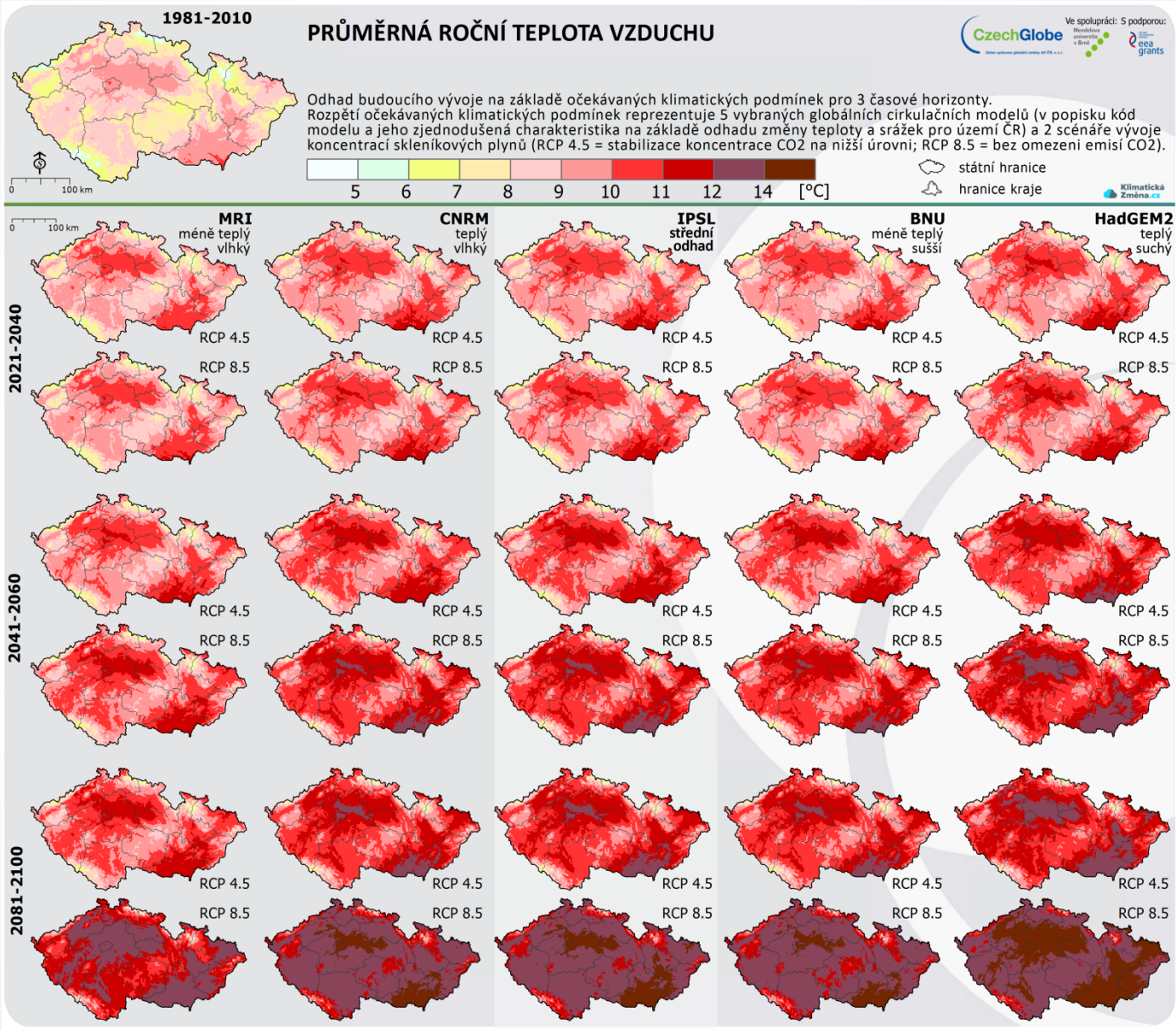
Emise CO₂

nízké střední vysoké

GCM: IPSL

[↓ Globální mapy ČR](#) [↓ Zobrazit mapu Pařížská dohoda 2015](#)
[↓ Zobrazit mapu NO](#) [i Metodika měření](#) [i Adaptace](#)

Posuzovaný rozsah změn ročních průměrných teplot



CzechGlobe
Ve spolupráci: 5 podporou:
Mendelova univerzita v Brně
eeg grants

Klimatická Změna.cz

Zemědělství

Délka vegetační sezóny
Délka vegetačního léta
Efektivní délka vegetační doby
Více vrstev...

Extrémy a klima

Průměrná roční teplota vzduchu
Průměrná teplota vzduchu v létě
Průměrná roční maximální teplota vzduchu
Více vrstev...

Lesnictví

Změny klimatických podmínek pro růst smrku ztepilého v lesních vegetačních stupních (LVS)
Ohrožení lesních půd acidifikací a nutriční degradací
Střední riziko výskytu lesních požárů

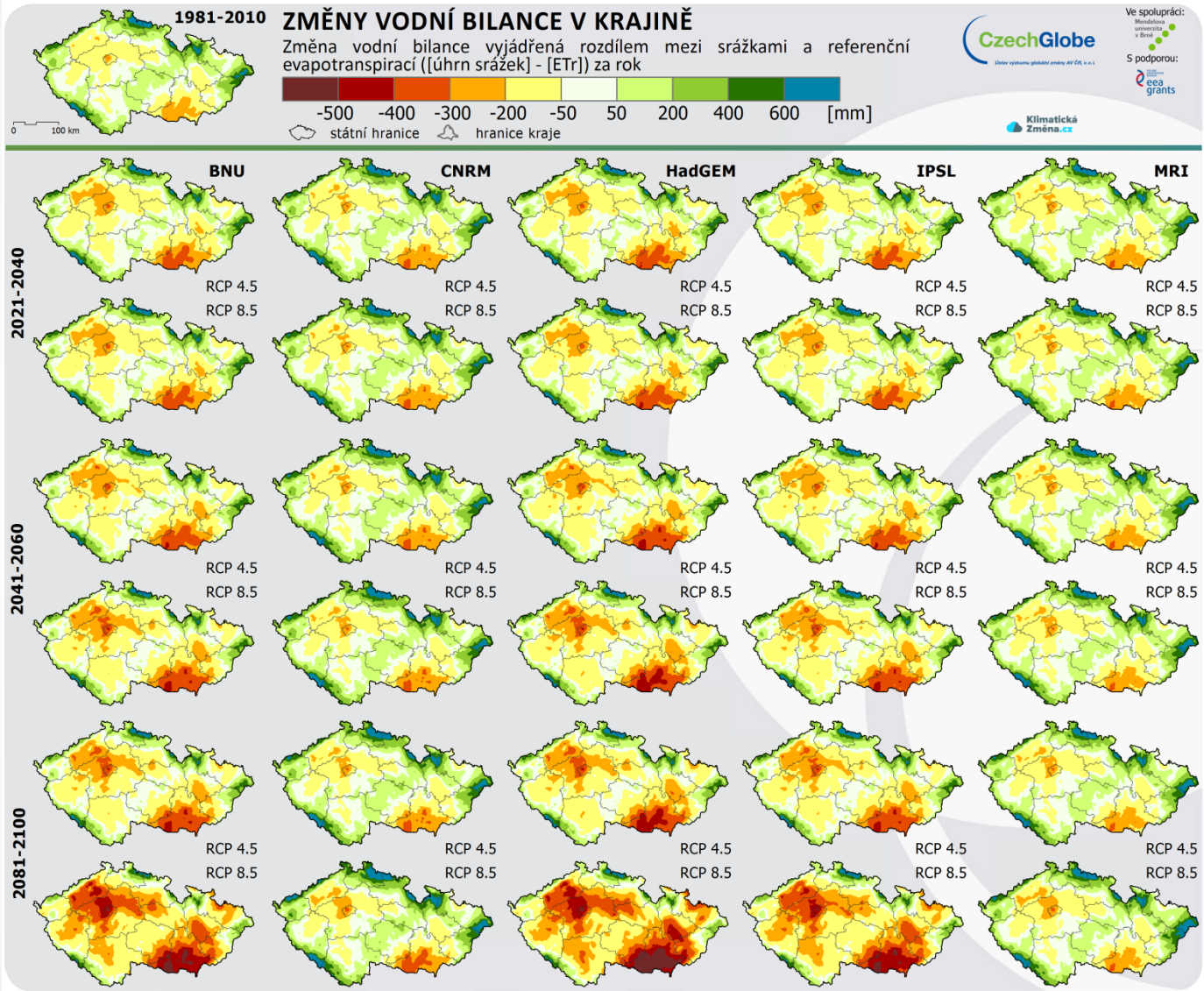
Vodní režim

Vodní bilance v krajině
Vodní bilance v krajině za vegetační sezónu
Nedostatek vláhy v ornici
Více vrstev...

Krajina

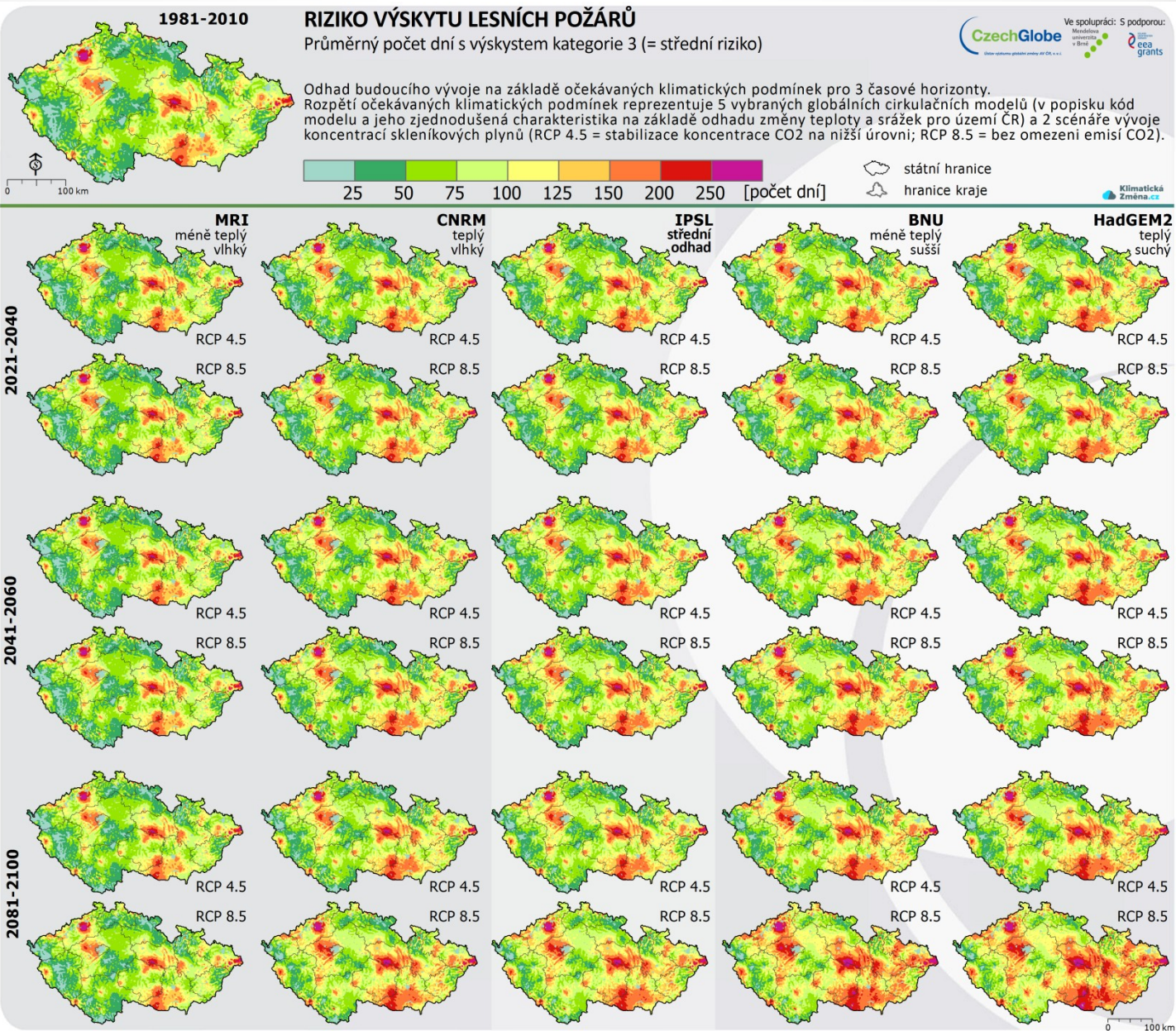
Predikce využití území
Adaptivní kapacita (AK) socio-ekologických systémů
Fragmentace ekosystémů (FE)
Více vrstev...

Vodní režim



Úhrn srážková pokrývka nad 0 cm

CzechAdapt - Abychom mohli začít s adaptací



L
 Zr
 zt
 O
 de
 St
 Vy
 Ve
 Vy

