

Úloha lesných ekosystémov pri zmierňovaní klimatickej zmeny

Uhlíková bilancia lesov a adaptácia drevín

Michal Bošela

Katedra plánovania lesných zdrojov a informatiky
Lesnícka fakulta, TUZVO



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE



HoliSoils
Working together for forest soils

<https://app.sli.do/event/jGHEyQ6BphtzmX3vqcHwbk>

Rapidne zvyšovanie koncentrácie CO₂ v atmosfére



Očakávaná klíma v budúcnosti?

- **RCP 8.5 – žiadna aktivita - BAU**

- **Zvýšenie emisií v 21. storočí** Temperature change IPBES Central Europe Jul-Aug wrt 1950-1980 AR5 CMIP5 subset

- **RCP 4.5 – EU Bioenergia**

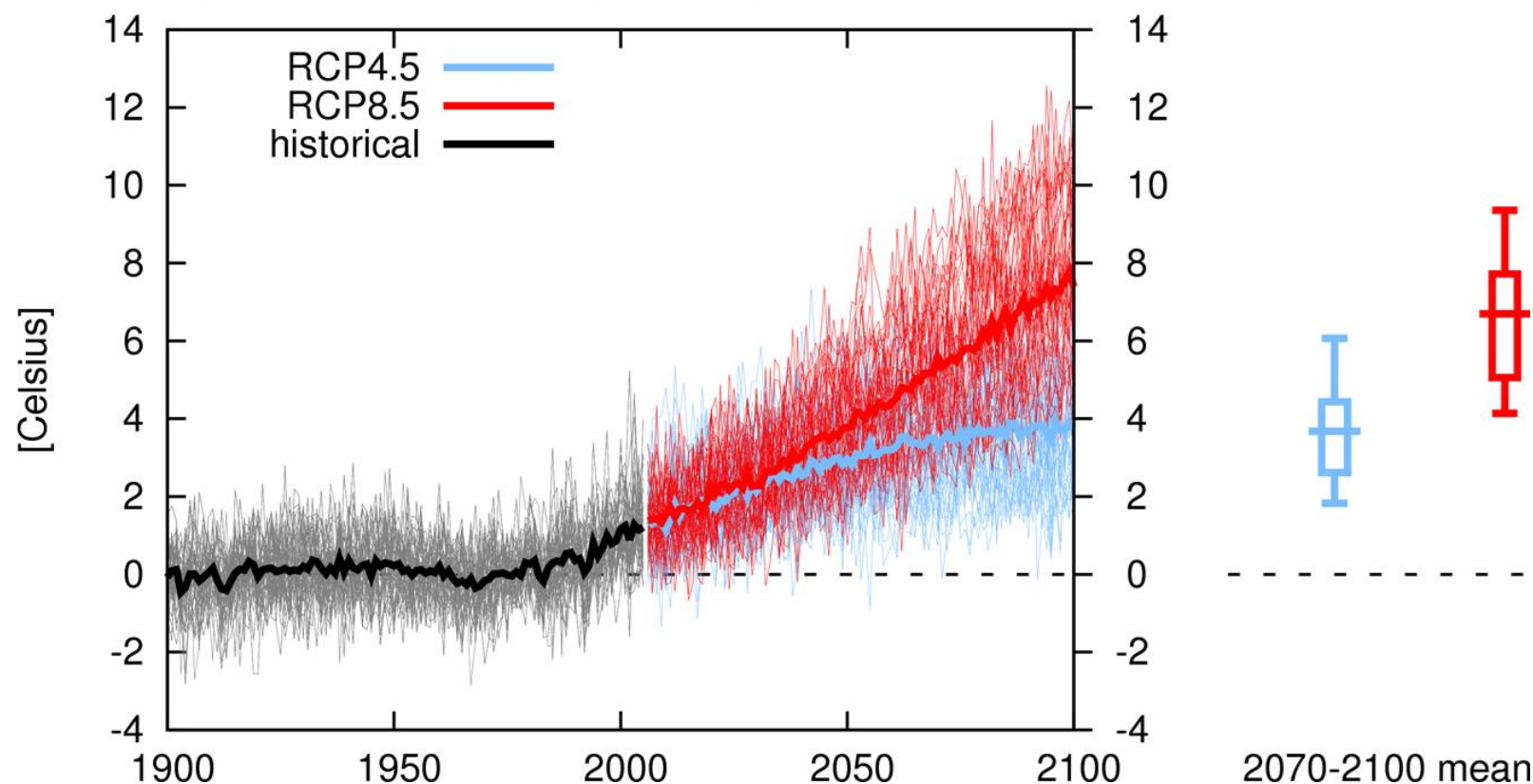
- **Vrchol 2040 a potom pokles**

- **RCP 6.0**

- **Vrchol 2080 potom pokles**

- **RCP 2.6 – Globálna bioenergia**

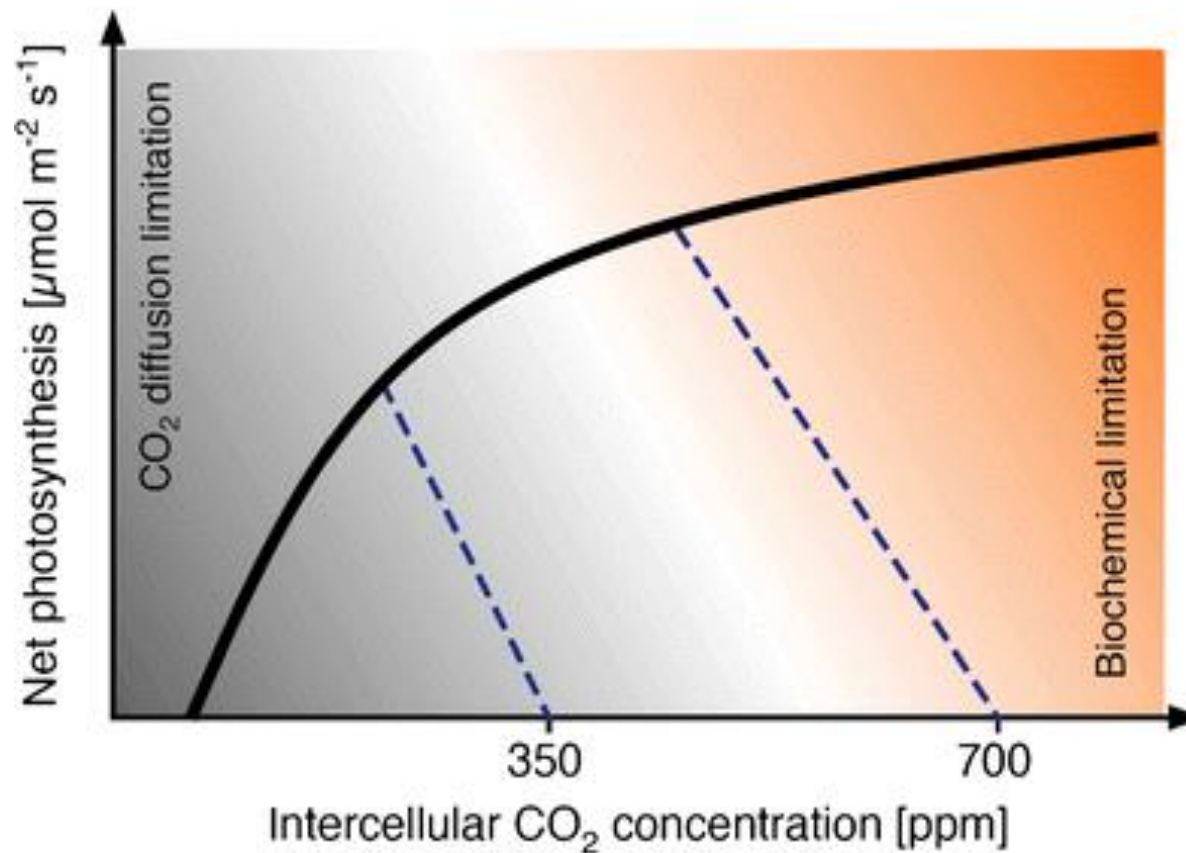
- **Vrchol 2010-2020 potom pokles**



Priamy vplyv



Nepriamy vplyv



sucho

víchrice

biotickí škodcovia

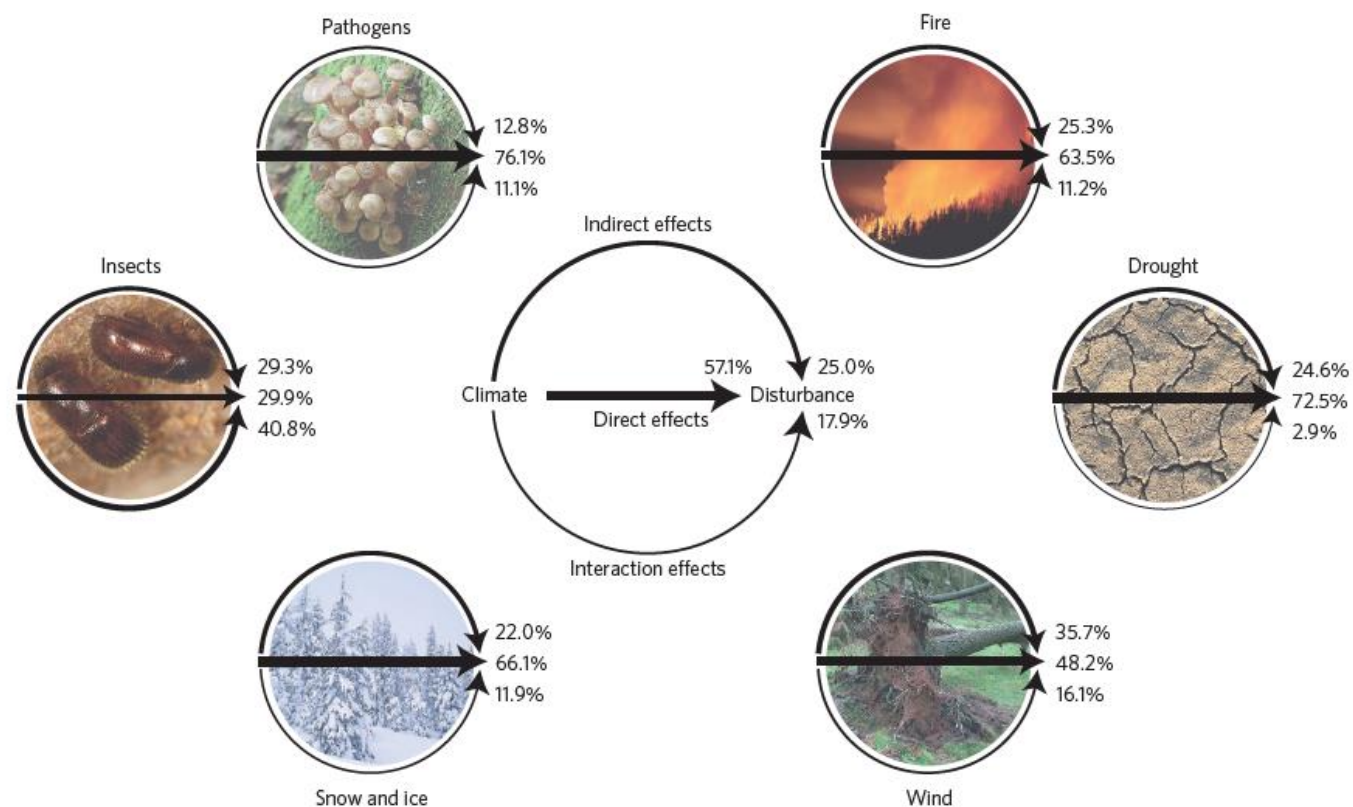
požiare



Disturbancie v lesoch a klimatická zmena

- **Teplejšia a suchšia** klíma zlepšuje podmienky pre výskyt požiarov, sucha a gradáciu hmyzích škodcov
- **Teplejšia a zároveň vlhkejšia** klíma zvyšuje disturbance vetrom a patogénmi
- **Interakcie** medzi škodlivými činiteľmi ešte zvyšujú pravdepodobnosť výskytu disturbanceí
- Očakáva sa, že zmeny v disturbanceách budú najvýraznejšie v **ihličnatých lesoch a lesoch boreálneho pásma**

Seidl et al. 2017 in *Nature Climate Change*



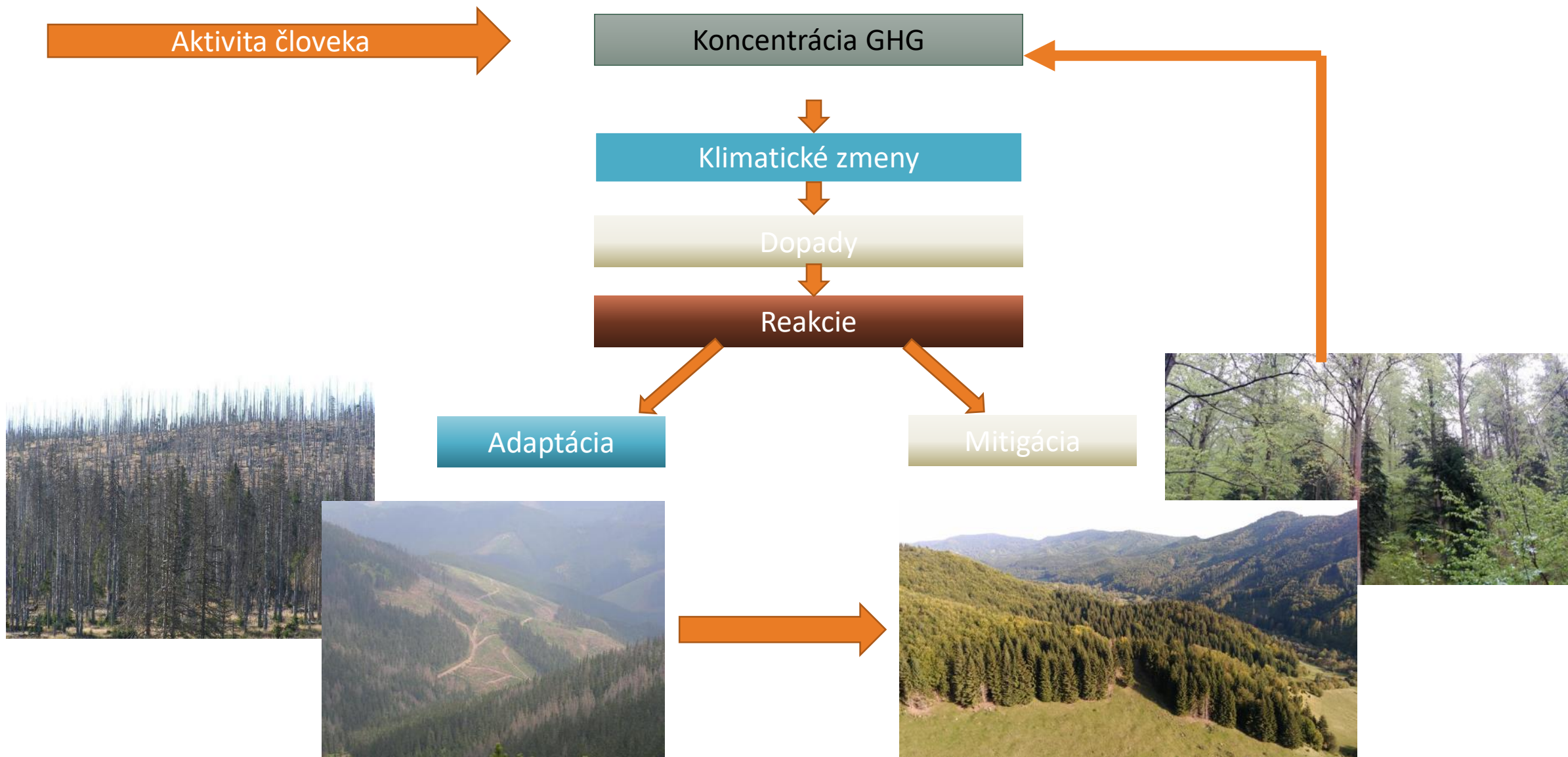


HoliSoils

Working together for forest soils

**Akú rolu v tom hrajú lesy a
lesníctvo?**

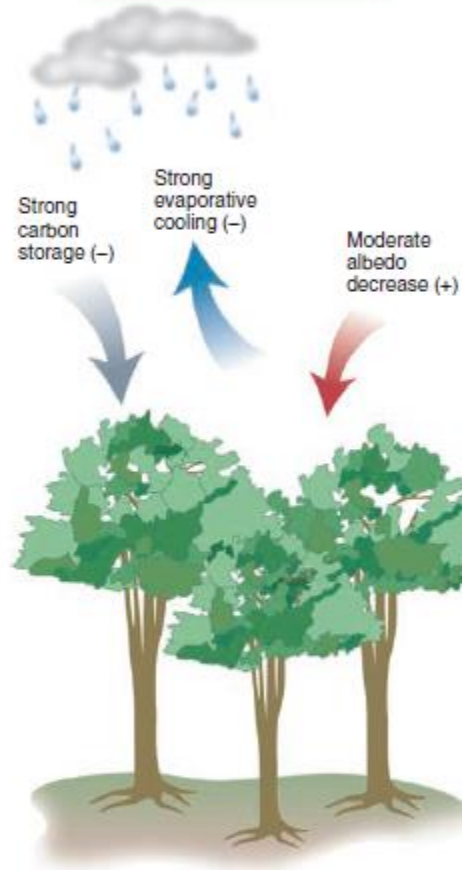
Adaptácia na a mitigácia dopadov klimatických zmien



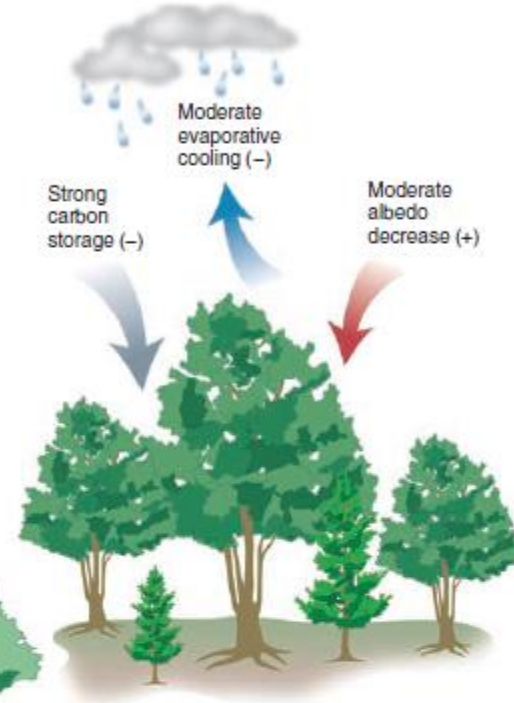
Forests in Flux

A Tropical forests

Clouds and precipitation, fires, aerosols and reactive chemistry

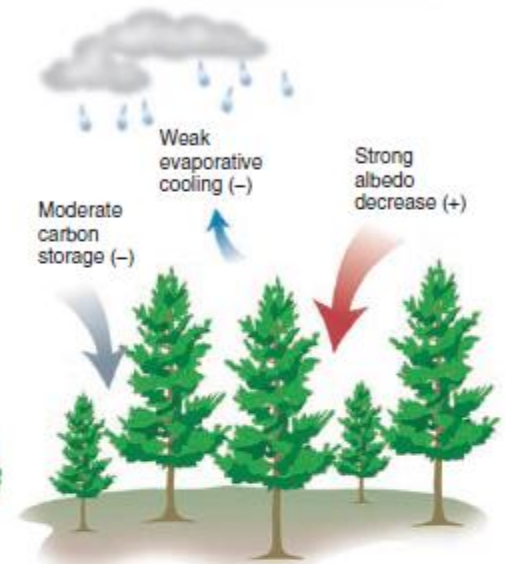


B Temperate forests

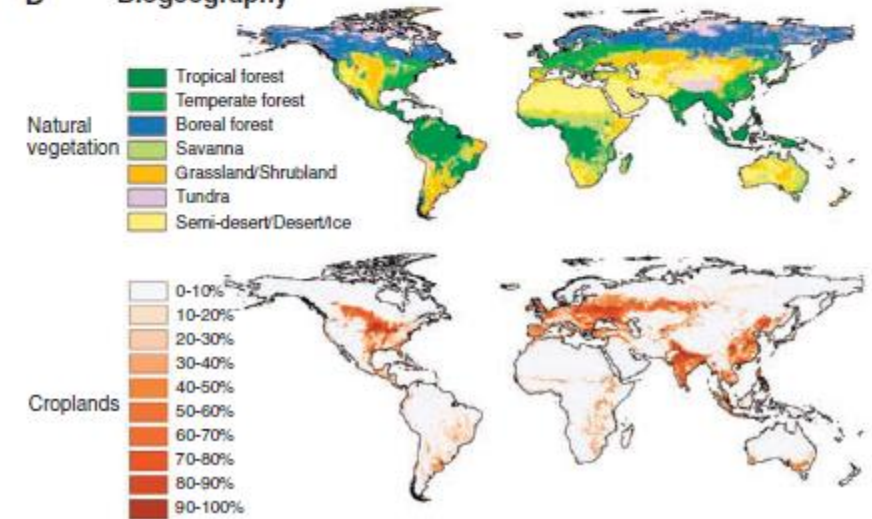


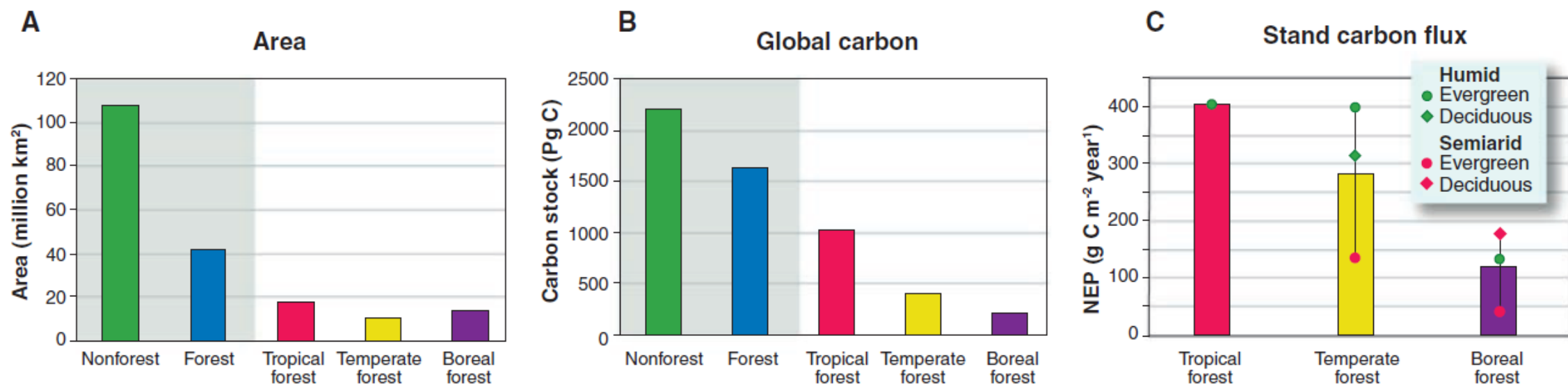
C Boreal forests

Disturbance, fires and aerosols



D Biogeography





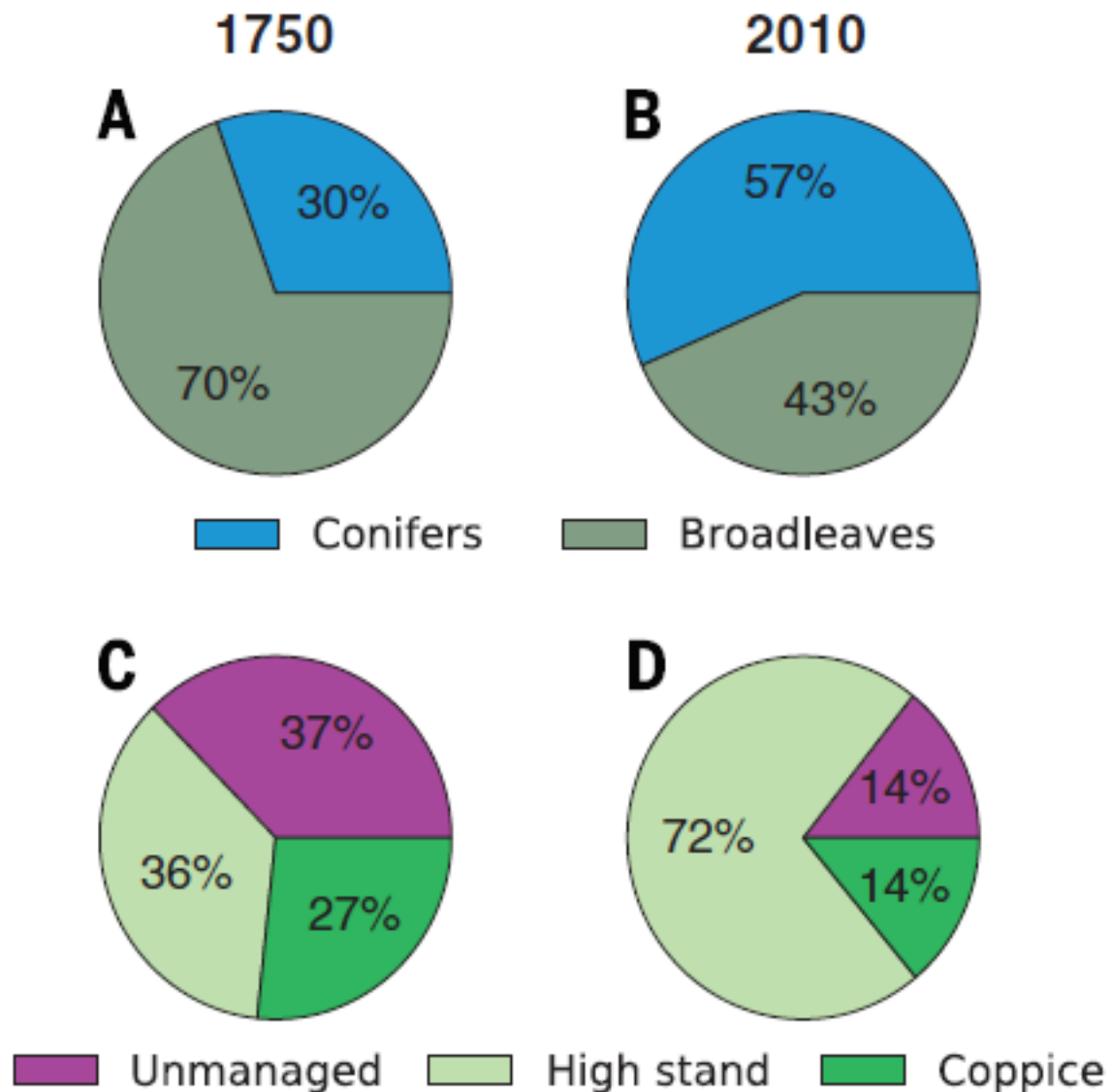
Majú lesy rovnaký vplyv na celom svete?

Bonan (2008) in *Science*

Hospodárenie v lese môže významne ovplyvniť klimatické zmeny

- Zmeny v manažmente európskych lesov za ostatné storočia
- Listnaté a zmiešané na ihličnaté rovnorodé
- Nemaňžované a výmladkové lesy na intenzívne obhospodarované

Naudts et al. 2016 in *Science*



2 ½ storočia:

- **Zvýšenie výmery lesa o 10%**
- **85% lesov sa zmenilo na intenzívne obhospodarované**
- **Zmena listnatých na ihličnaté lesy**

→ C sink

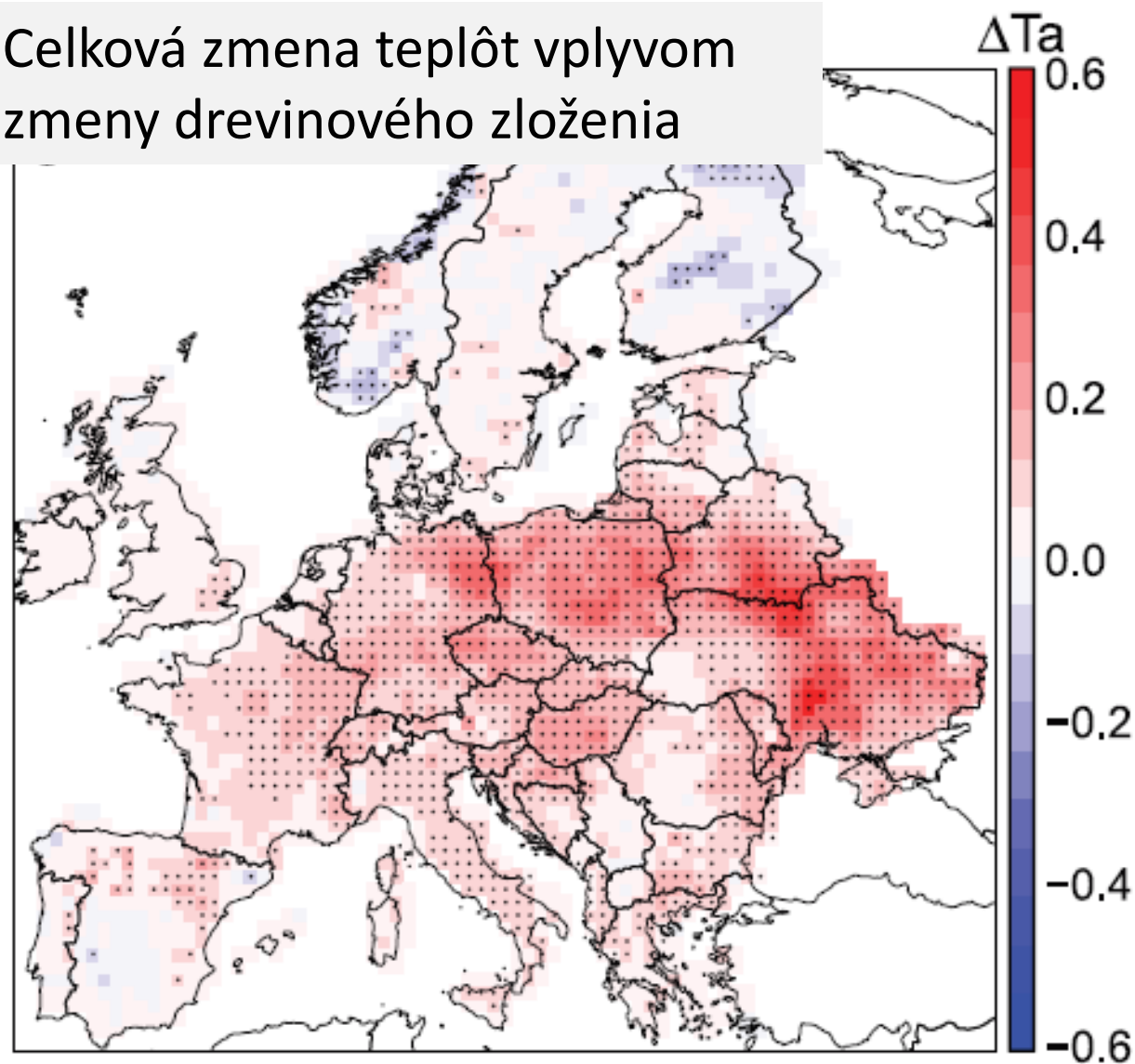
→ C loss

→ pokles albeda



Uhlíkový dlh 3.1 Pg C

Celková zmena teplôt vplyvom zmeny drevinového zloženia



Naudts et al. 2016 in *Science*



PERSPECTIVE

PUBLISHED ONLINE: 18 AUGUST 2013 | DOI: 10.1038/NCLIMATE1853

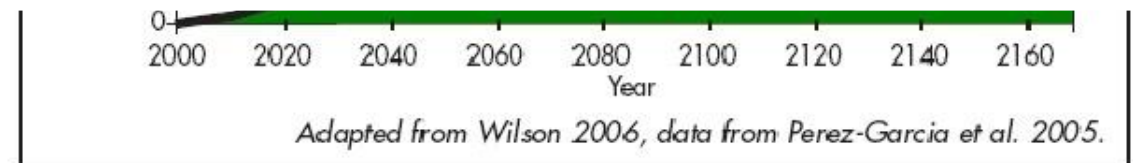
nature
climate change



First signs of carbon sink saturation in European forest biomass

Gert-Jan Nabuurs^{1*}, Marcus Lindner², Pieter J. Verkerk², Katja Gunia³, Paola Deda⁴, Roman Michalak⁴ and Giacomo Grassi⁵

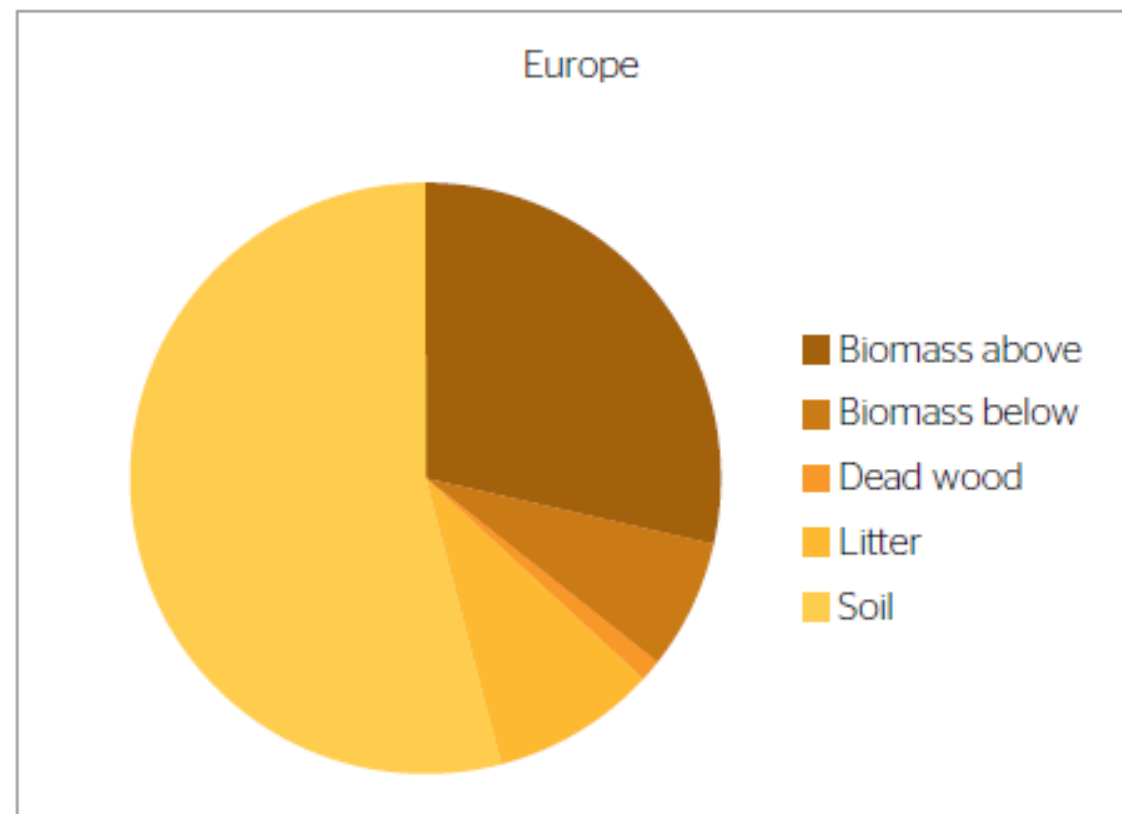
European forests are seen as a clear example of vegetation rebound in the Northern Hemisphere; recovering in area and growing stock since the 1950s, after centuries of stock decline and deforestation. These regrowing forests have shown to be a persistent carbon sink, projected to continue for decades, however, there are early signs of saturation. Forest policies and management strategies need revision if we want to sustain the sink.



Ingerson, Ann L. 2007. U.S. Forest Carbon and Climate Change. Washington, D.C.: The Wilderness Society.

Zásoba uhlíka v lesoch Európy

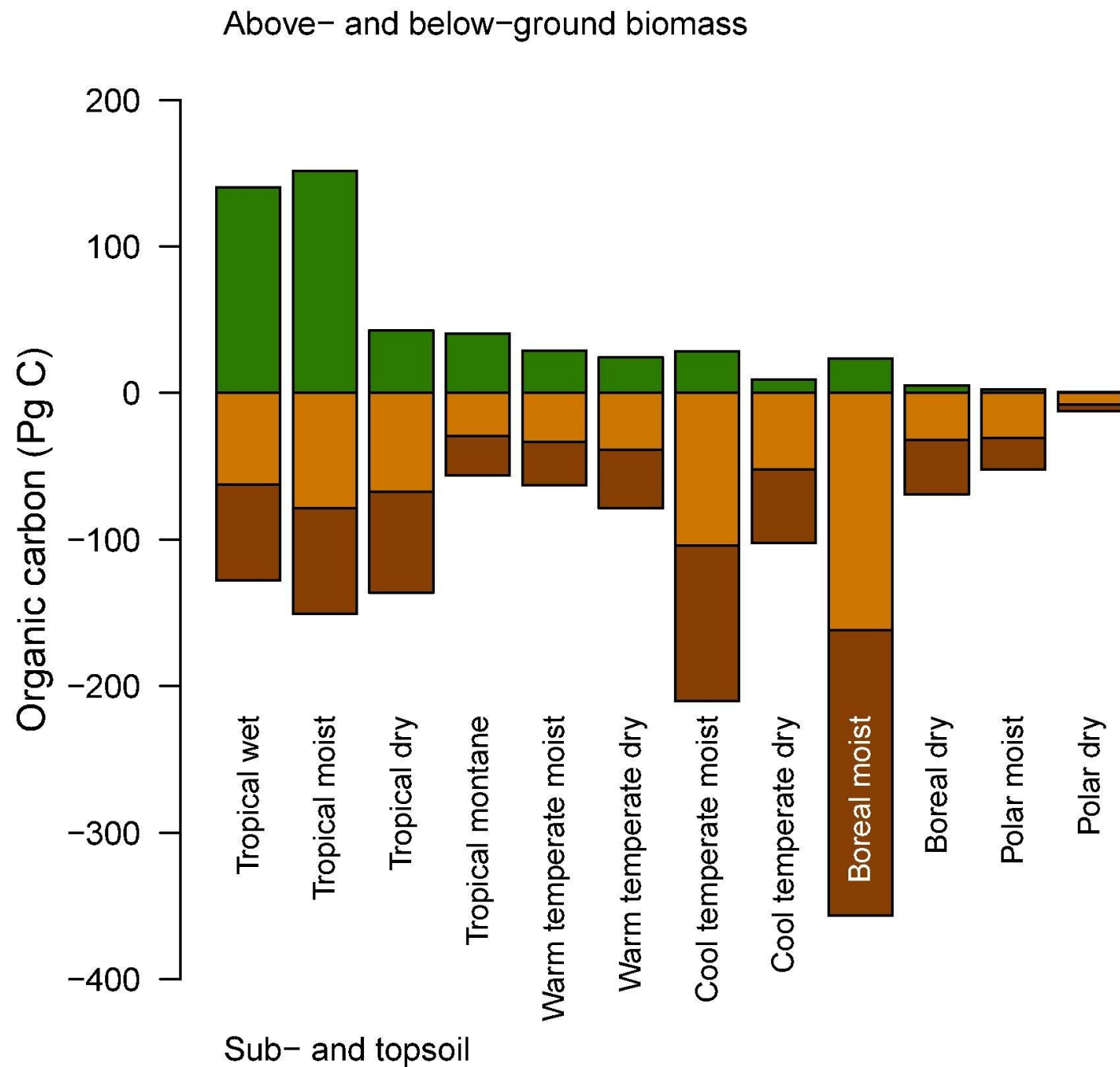
- **Najväčšia zásoba je v pôdach (viac ako 50%)**
- **Nadzemná biomasa uskladňuje druhé najväčšie množstvo uhlíka (viac ako 1/4)**
- **Významné množstvo je aj v opadanke**



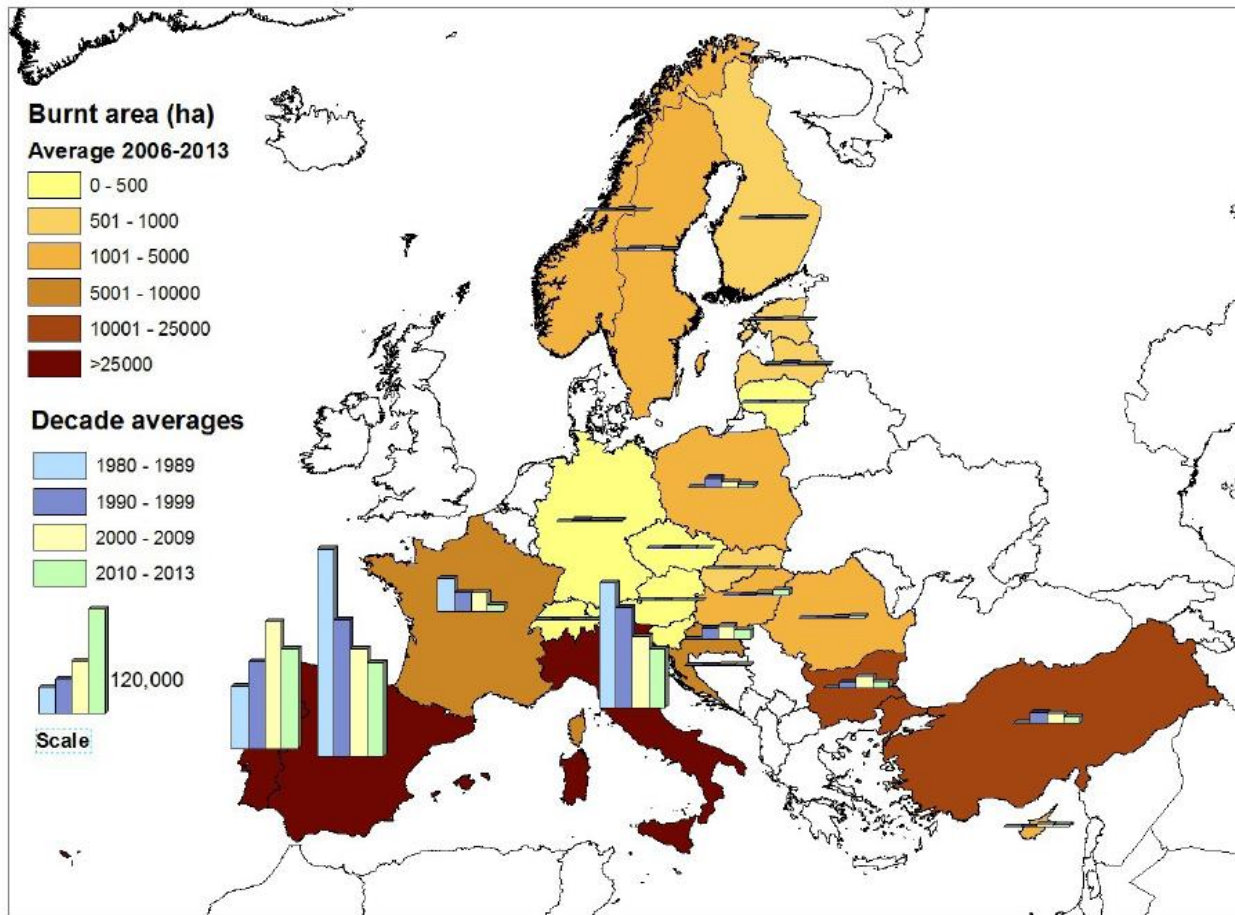
Zdroj: State of Europe Forests 2015 Report

Zásoba organického uhlíka v pôde a nadzemnej biomase

• Scharlemann et al. 2014



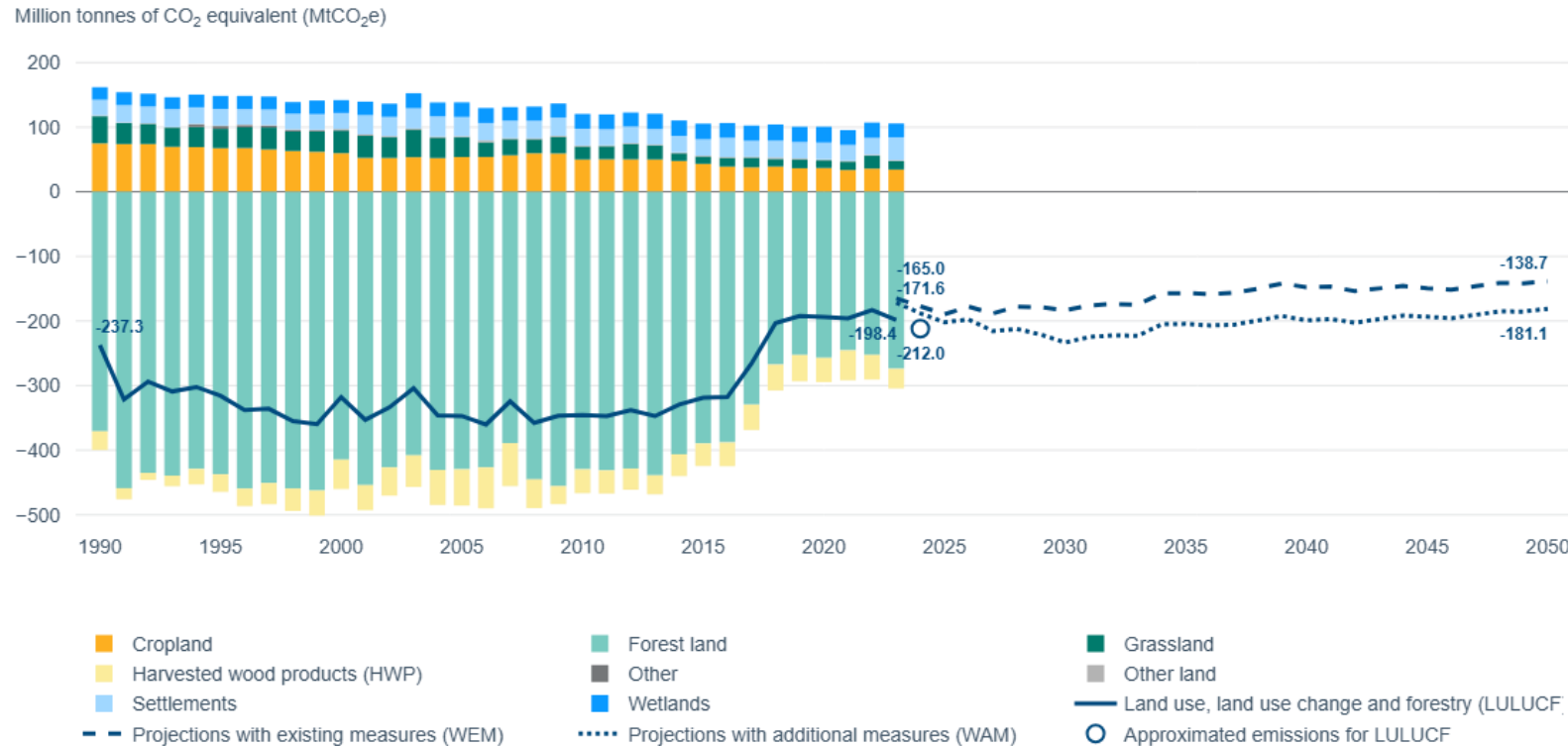
Lesné požiare ako zdroj emisie CO₂



- **Najrozsiahlejšie požiare v Európe sú v Španielsku a Taliansku**
- **Zanedbateľný výskyt požiarov v krajinách strednej Európy**

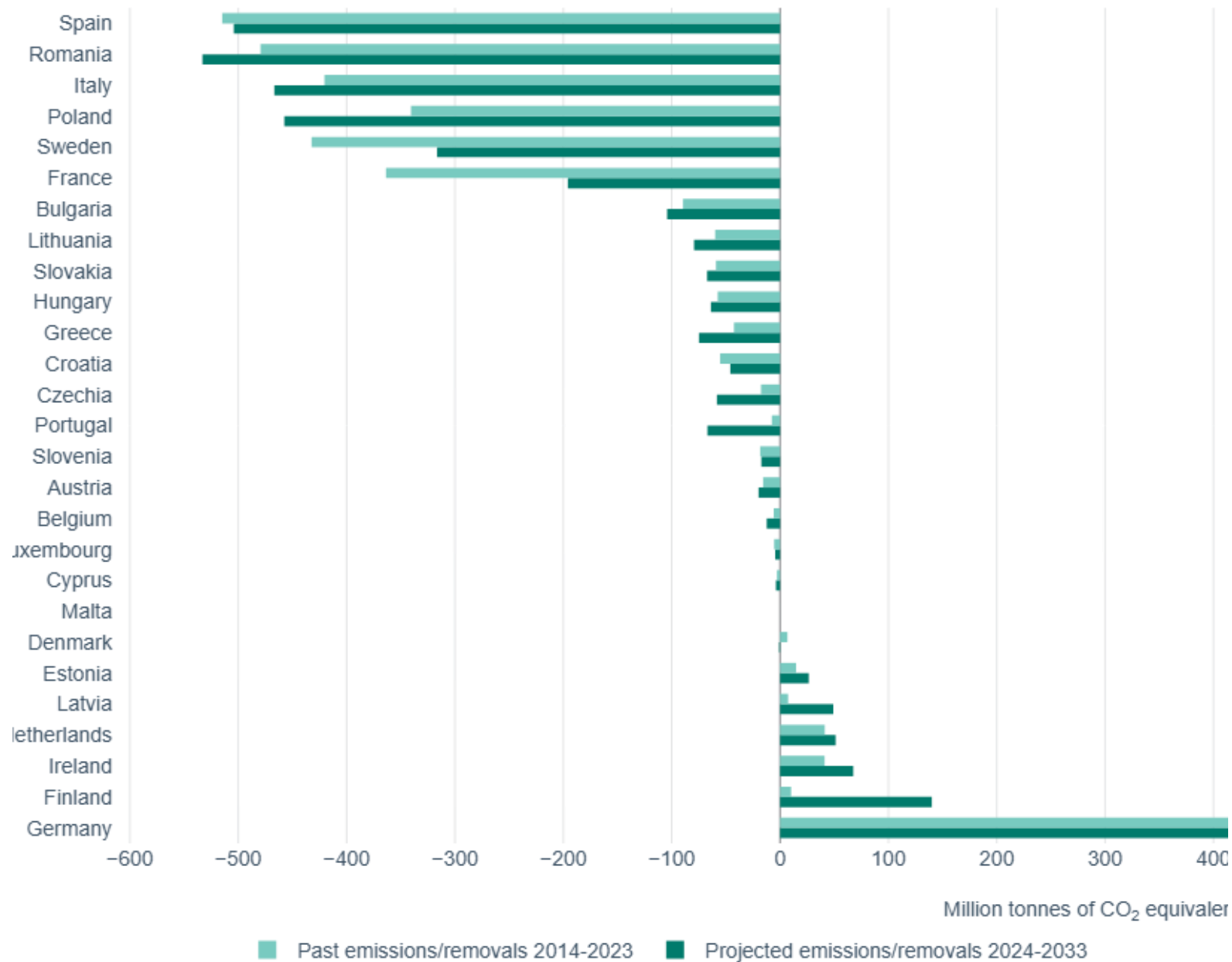
Zdroj: State of Europe Forests 2015 Report

Emisie a záchyty v EÚ v sektore LULUCF podľa hlavnej kategórie využívania pôdy



- Sektor LULUCF je v EÚ čistým uhlíkovým „zachytávačom“
- V roku 2023 pohltí približne ~200 Mt CO₂ ekv.
- To je asi 6 % celkových emisií EÚ

Porovnanie kumulatívnych historických a prognózovaných emisií a záchytov v sektore LULUCF podľa členských štátov



Otvorené otázky

- **Ako stabilný je pôdny uhlík pri opakovanom suchu?**
- **Aký je reálny čas návratu do sinku po kalamite?**
- **Ako započítať riziko budúcich disturbancií do uhlíkovej bilancie?**

Vplyv zmeny klímy na produkciu lesných ekosystémov a toky pôdneho uhlíka

www.holisoils.eu



HoliSoils
Working together for forest soils

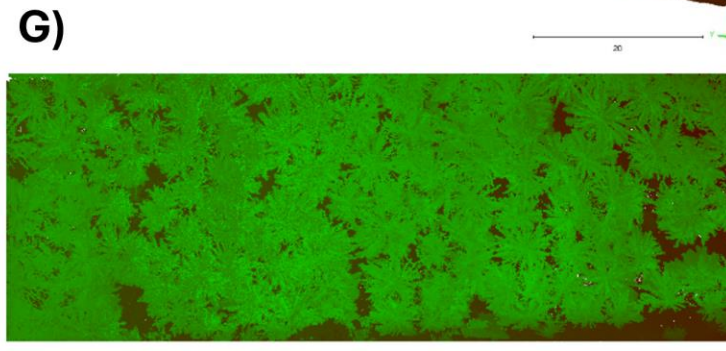
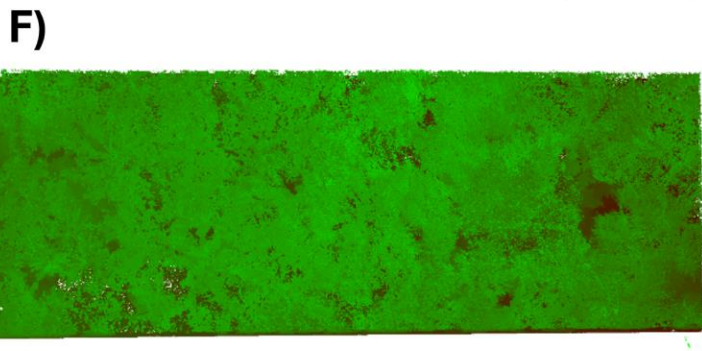
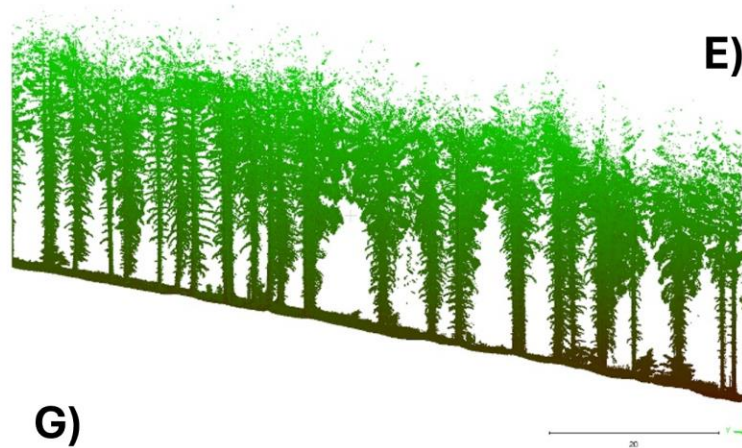


Výskumná lokalita Dobroč

Založenie: 2021

Nadmorská výška: 970 m asl

Pôdny typ: hlboká kambizem



Smrekový porast:

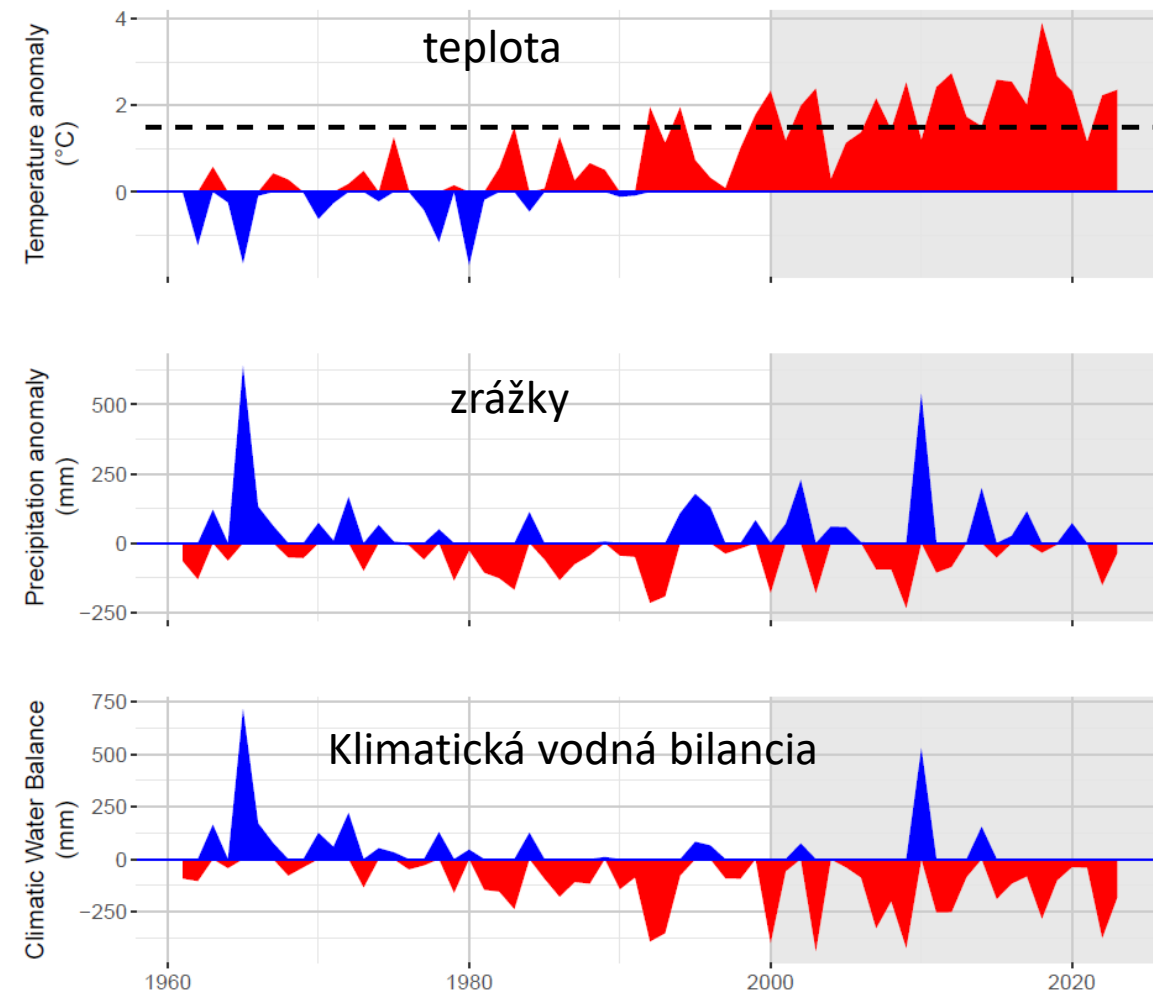
- *Smrek obyčajný* (100%)
- 65-70 rokov
- Vyťažený po lykožrútovej kalamite v 2023

Zmiešaný les (ochranné pásmo DP):

- *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Abies alba*, *Picea abies*
- 150 rokov

Pôdne a klimatické podmienky na lokalite Dobroč

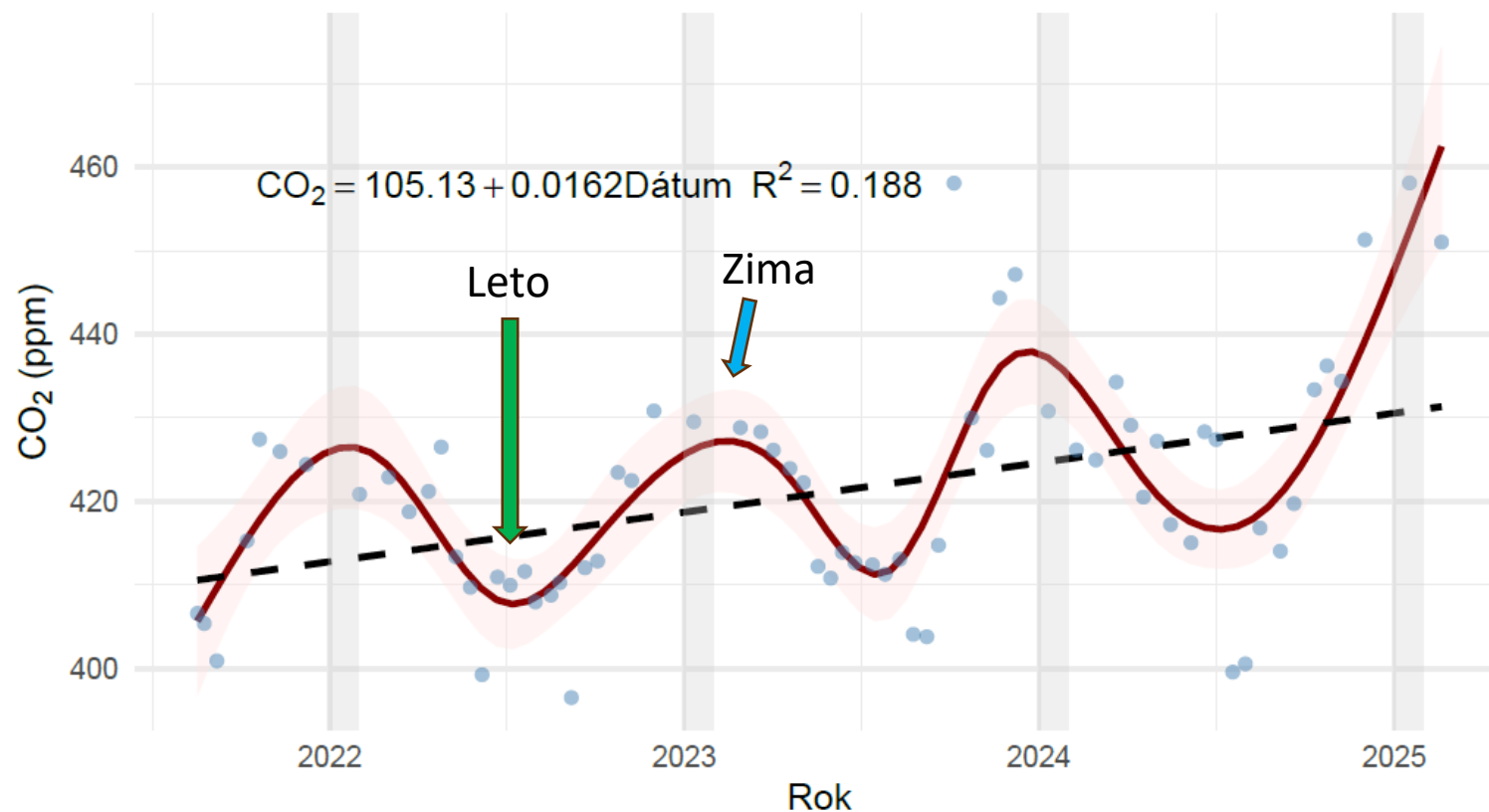
Premenná	Zmiešaný les	Smrečina
pH H ₂ O	4.2	4.0
N (%)	0.24	0.23
C (%)	2.3	2.47
C/N	9.4	9.9
Piesok (%)	45	47
Prach (%)	41	39
Íl (%)	13.9	14.2
Skeletnatosť (%)	5-50	5-50
Hrúbka organickej vrstvy (cm)	3.7	4.95



Vývoj CO₂ v ovzduší na lokalite Dobroč

- **Koncentrácia najnižšia v lete**
- **Od roku 2021 sa za 4 roky:**
 - **CO₂ sa zvýšila v priemere o 24 ppm**
 - **zimná až o 35 ppm**

Sezónny priebeh CO₂ v ovzduší na lokalite Dobroč (ppm)





HoliSoils

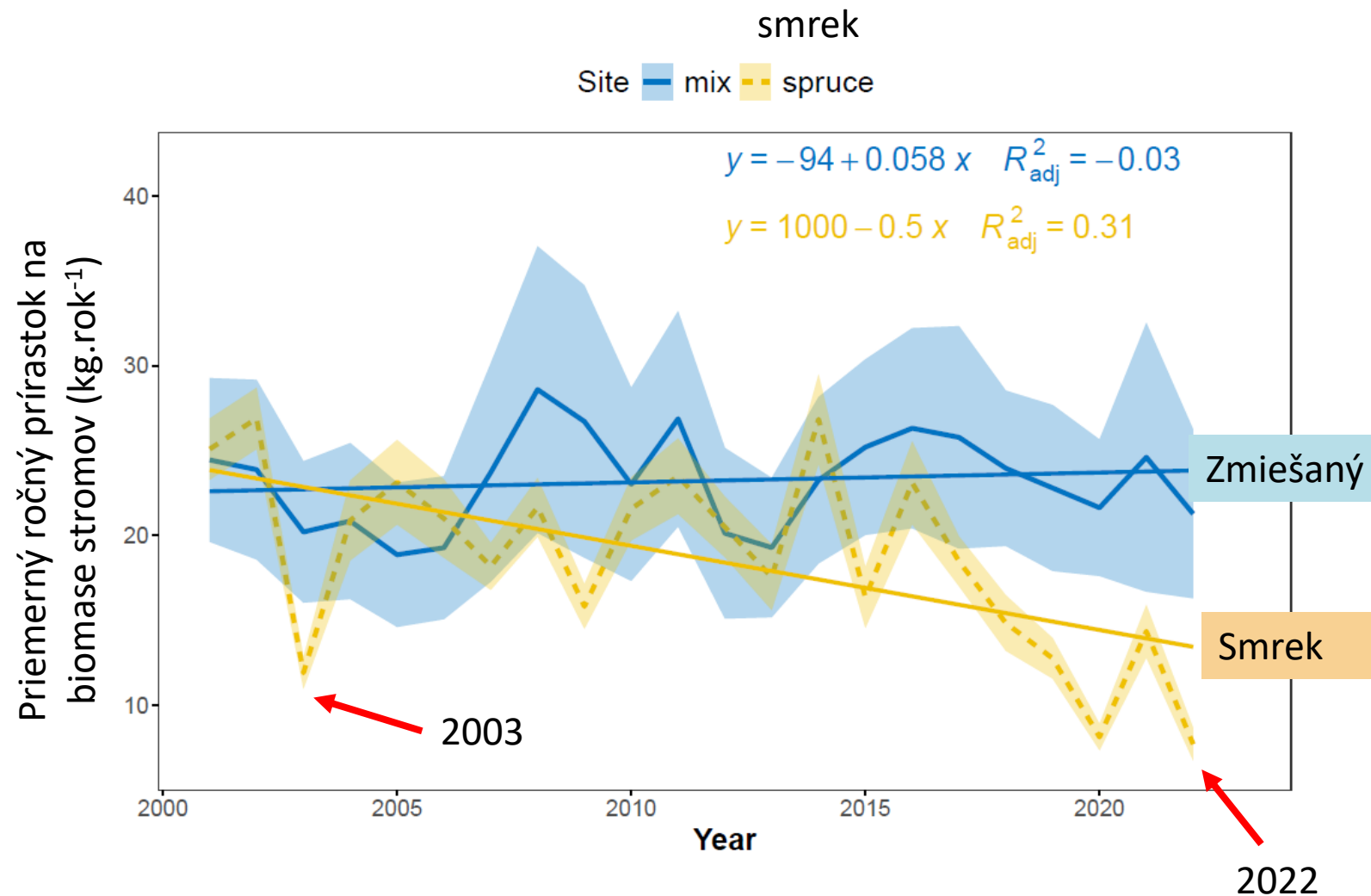
Working together for forest soils



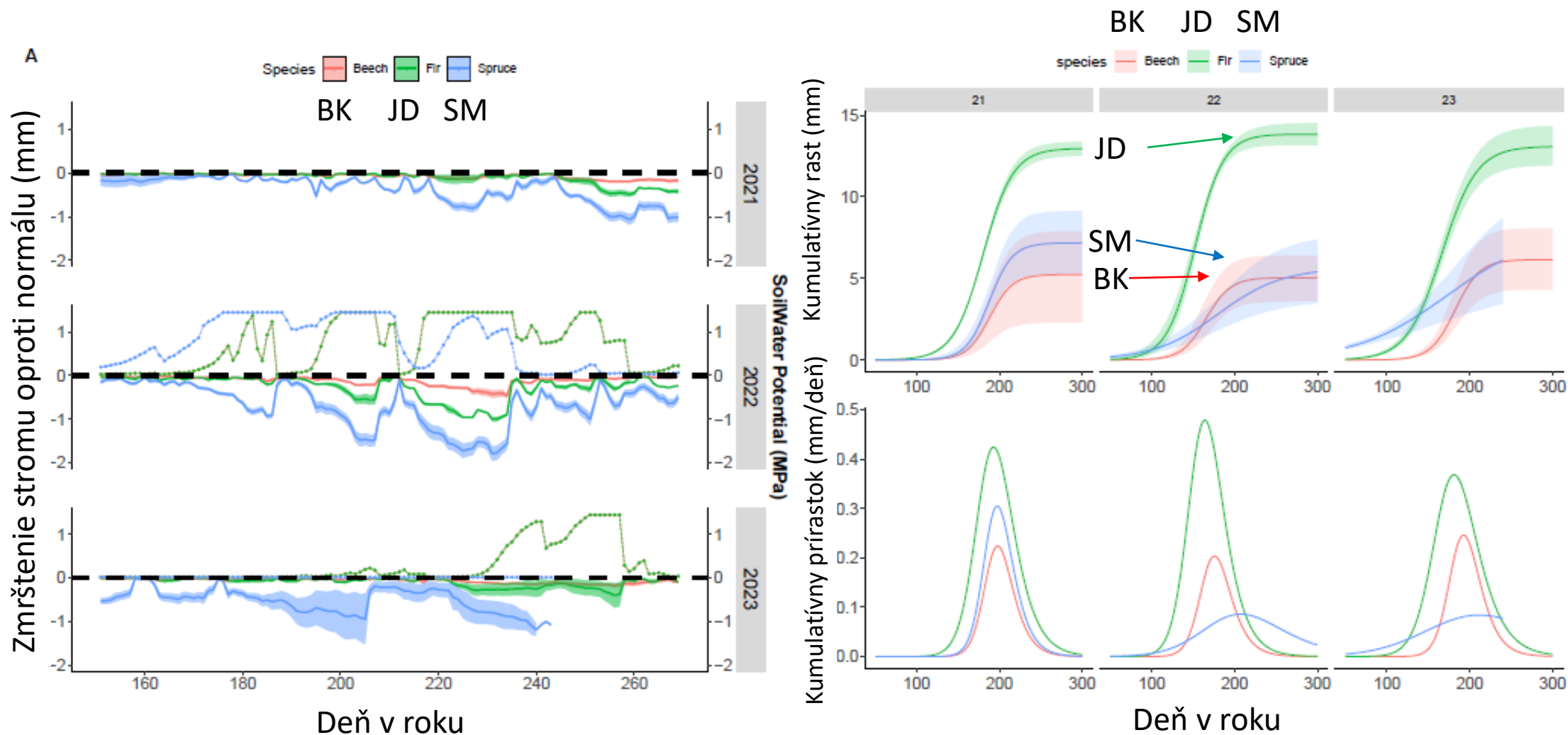
Krátkodobý a dlhodobý rast drevín

Dlhodobé prírastkové trendy

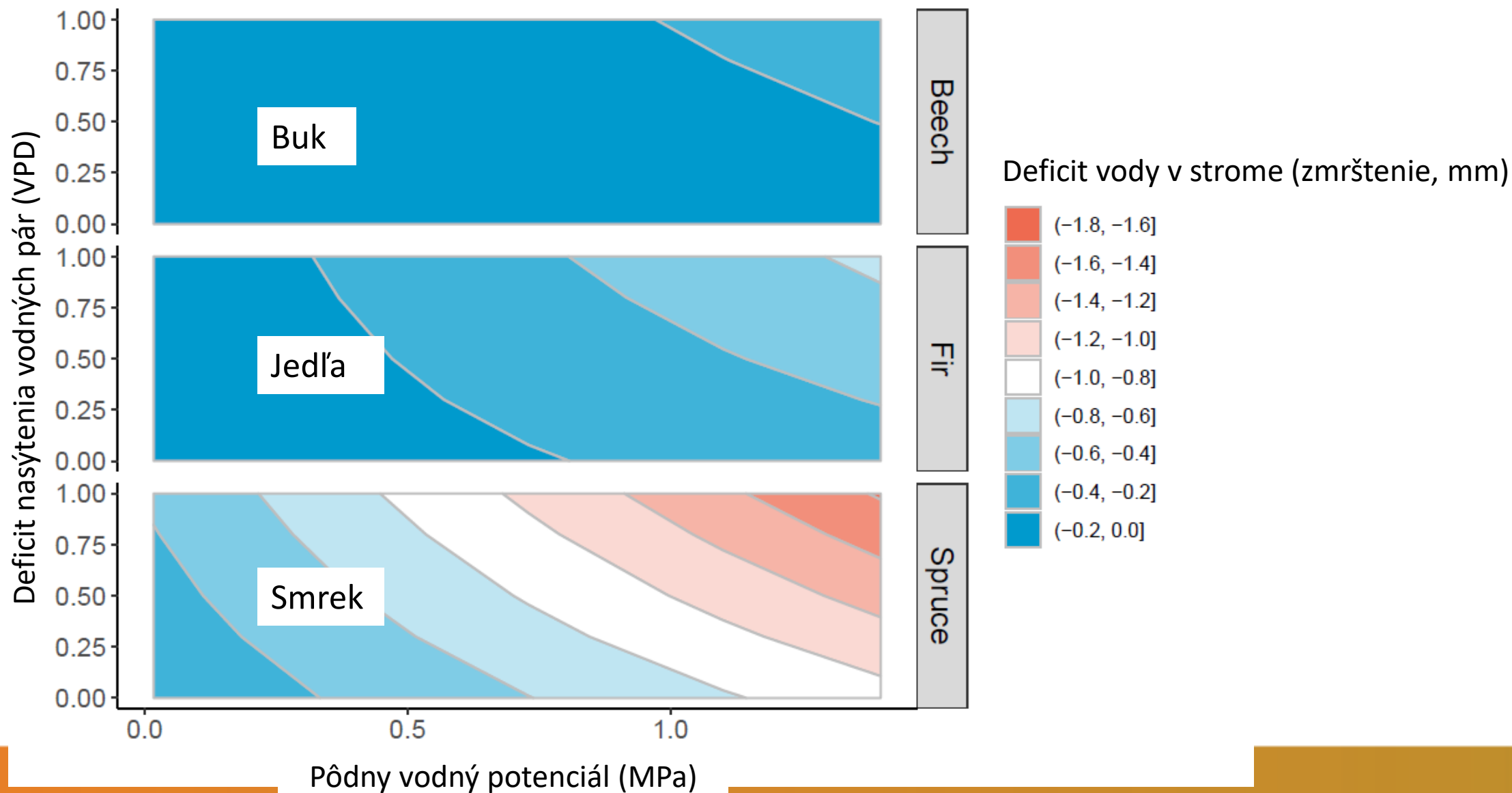
- Dlhodobý pokles prírastkov smreka
- Reakcie na suché roky



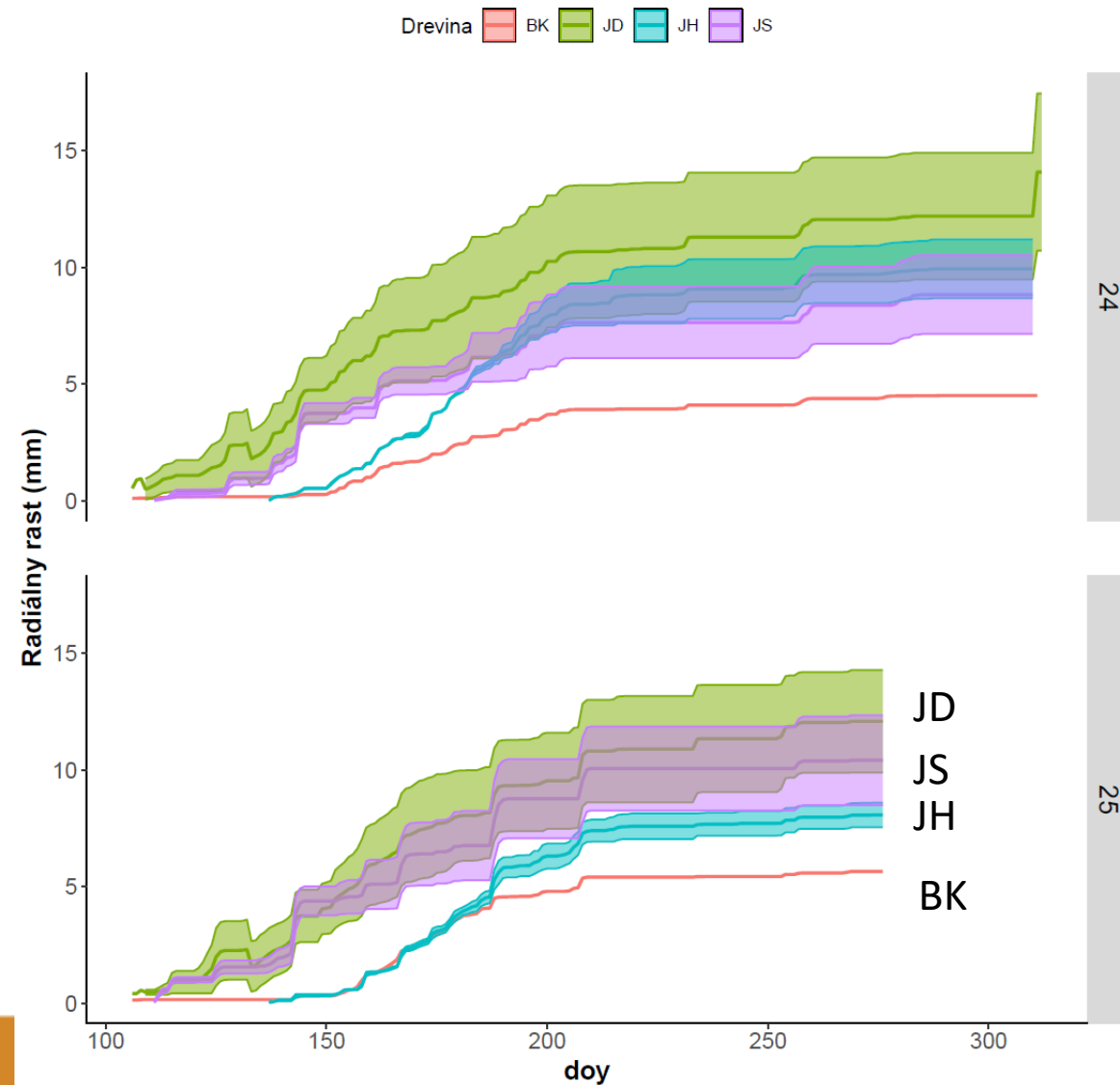
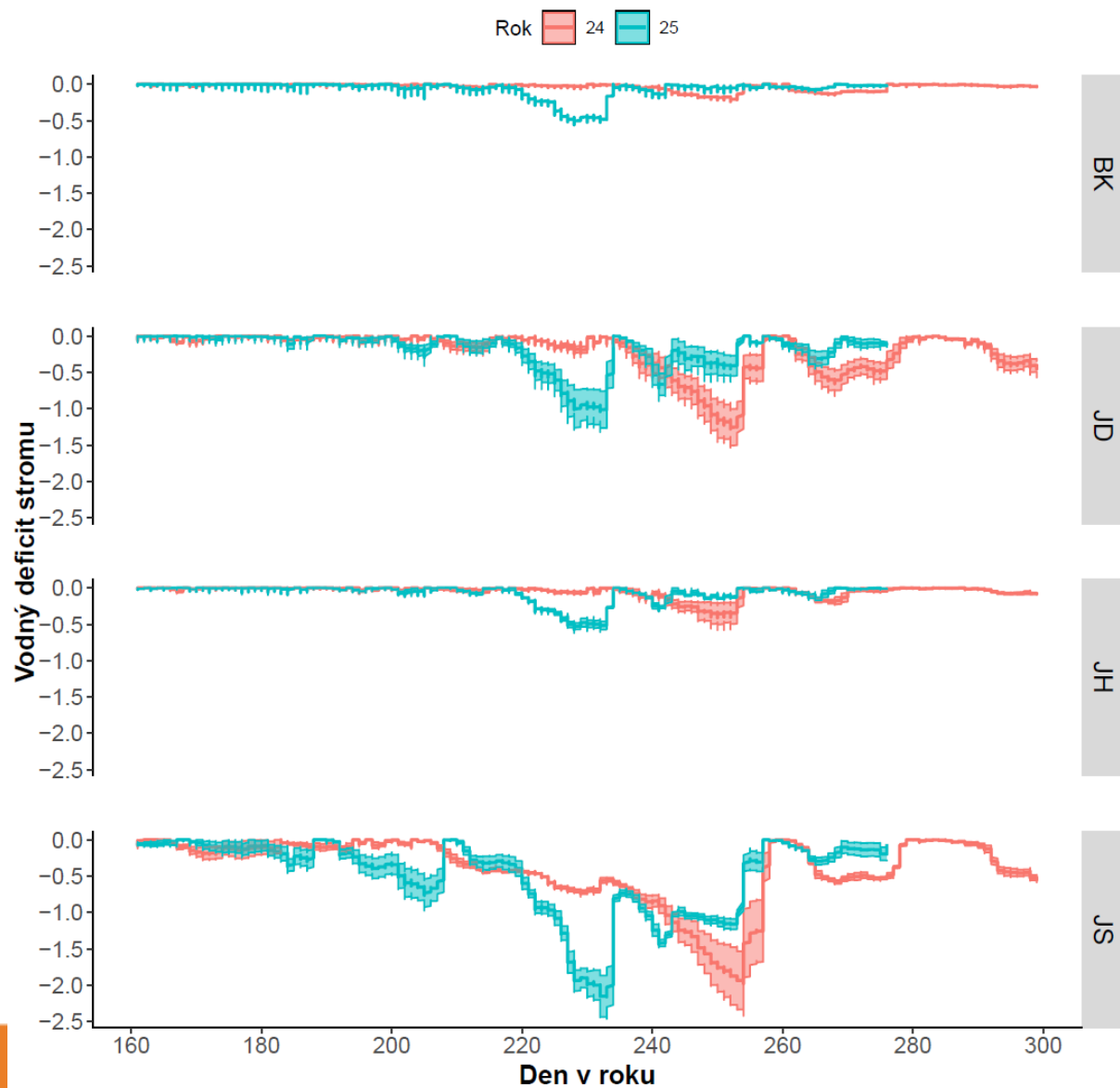
Sezónny rast stromov– automatické dendrometre



Sezónny rast stromov – reakcie na sucho



Stratégia rastu drevín – vplyv sucha

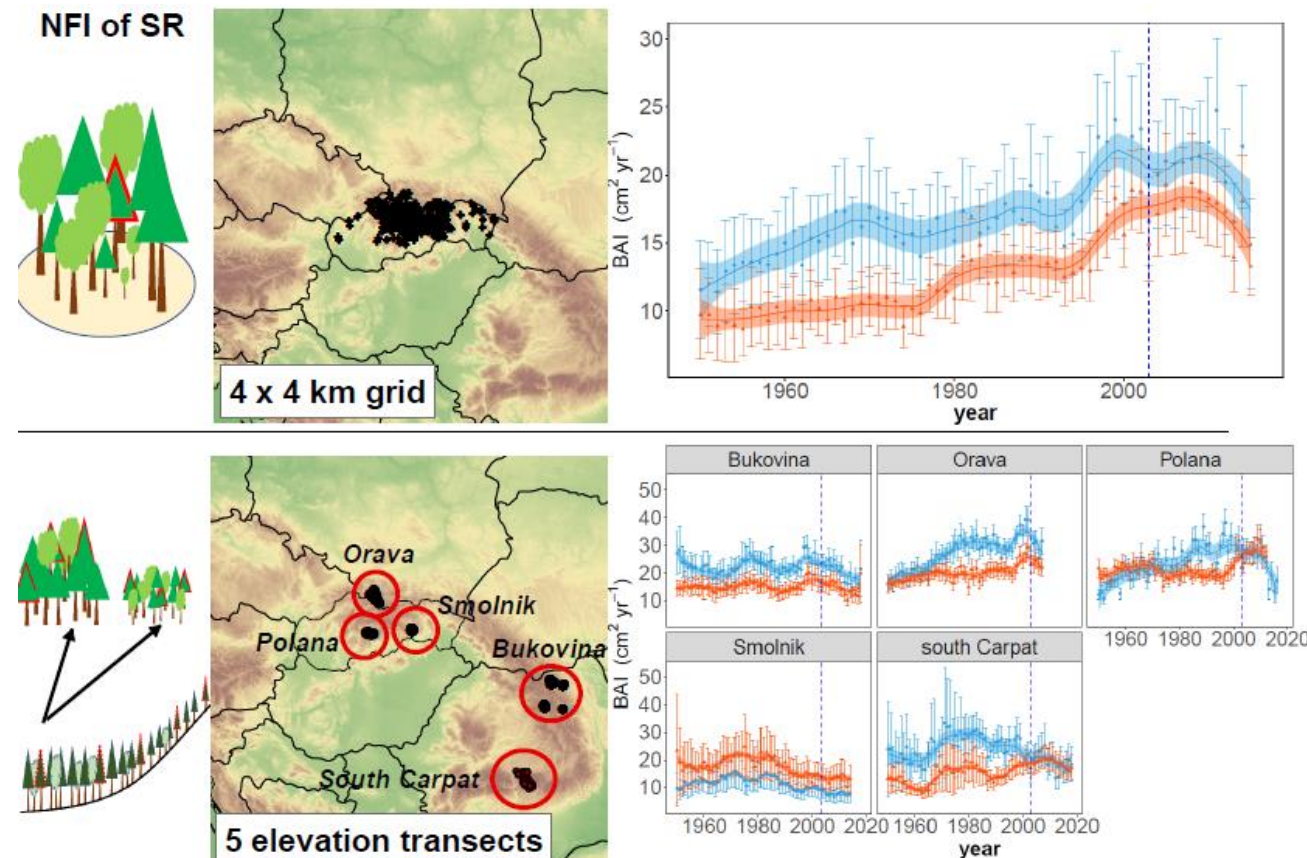
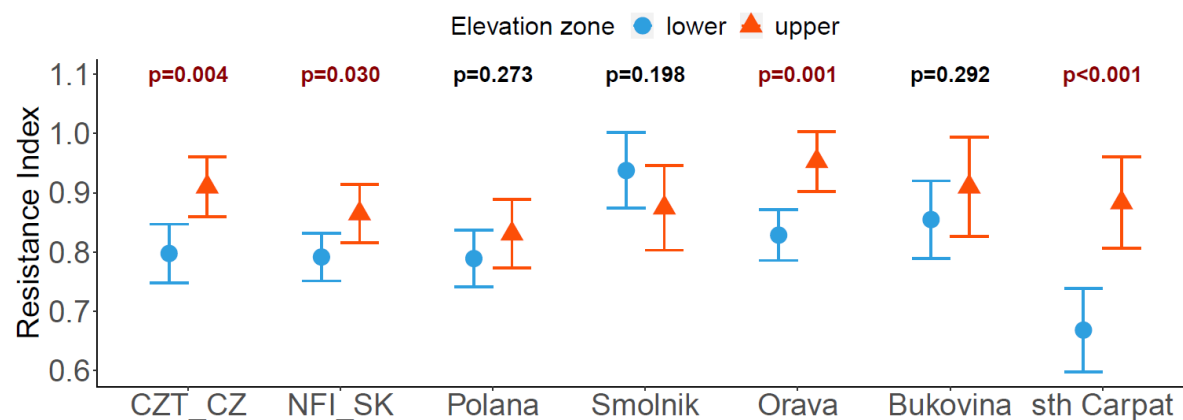




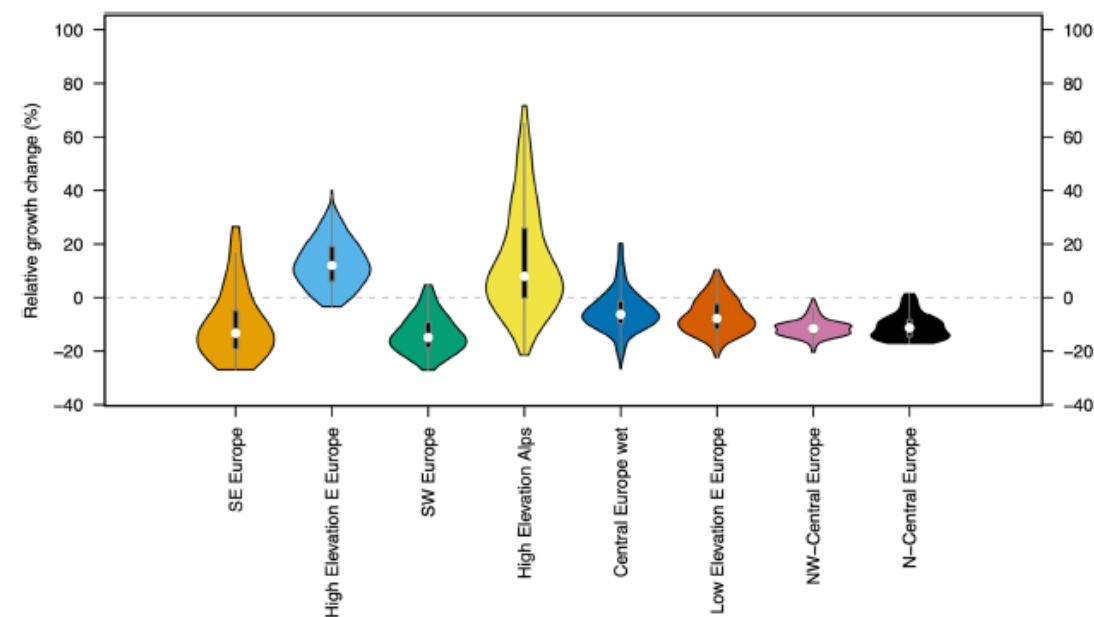
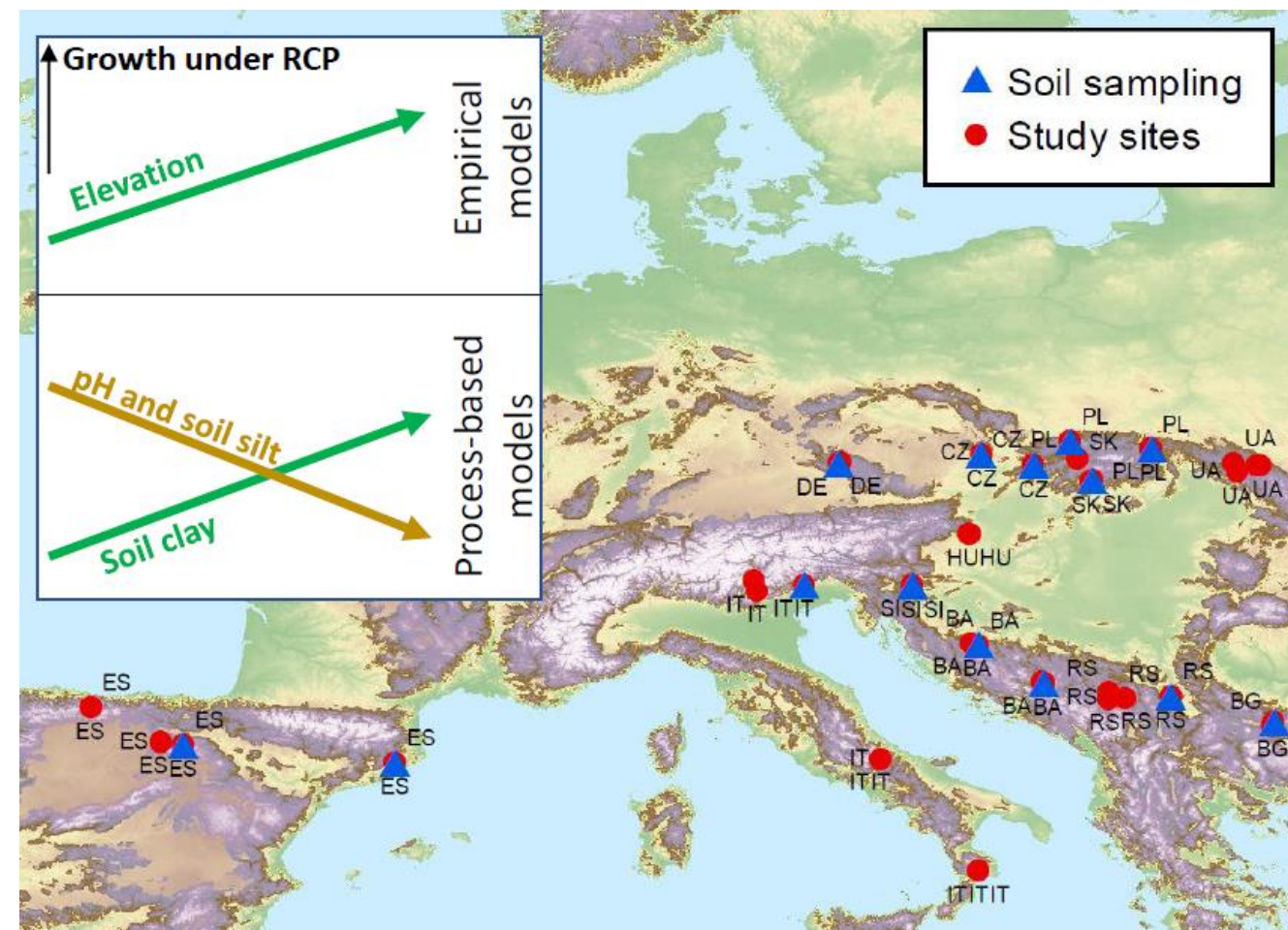
Rast a klimatické reakcie drevín v Karpatoch a Európe

Dlhodobý rast smreka v Karpatskom oblúku

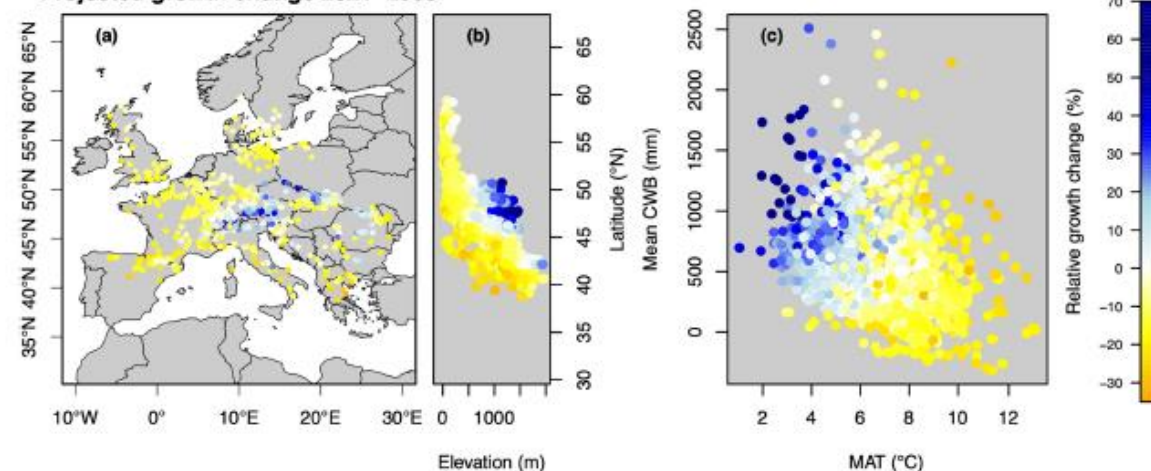
- Kontinuálny pokles prírastkov smreka po roku 2000
- Silné reakcie na suché roky



Prepodkladaný rast buka v Európe do roku 2050

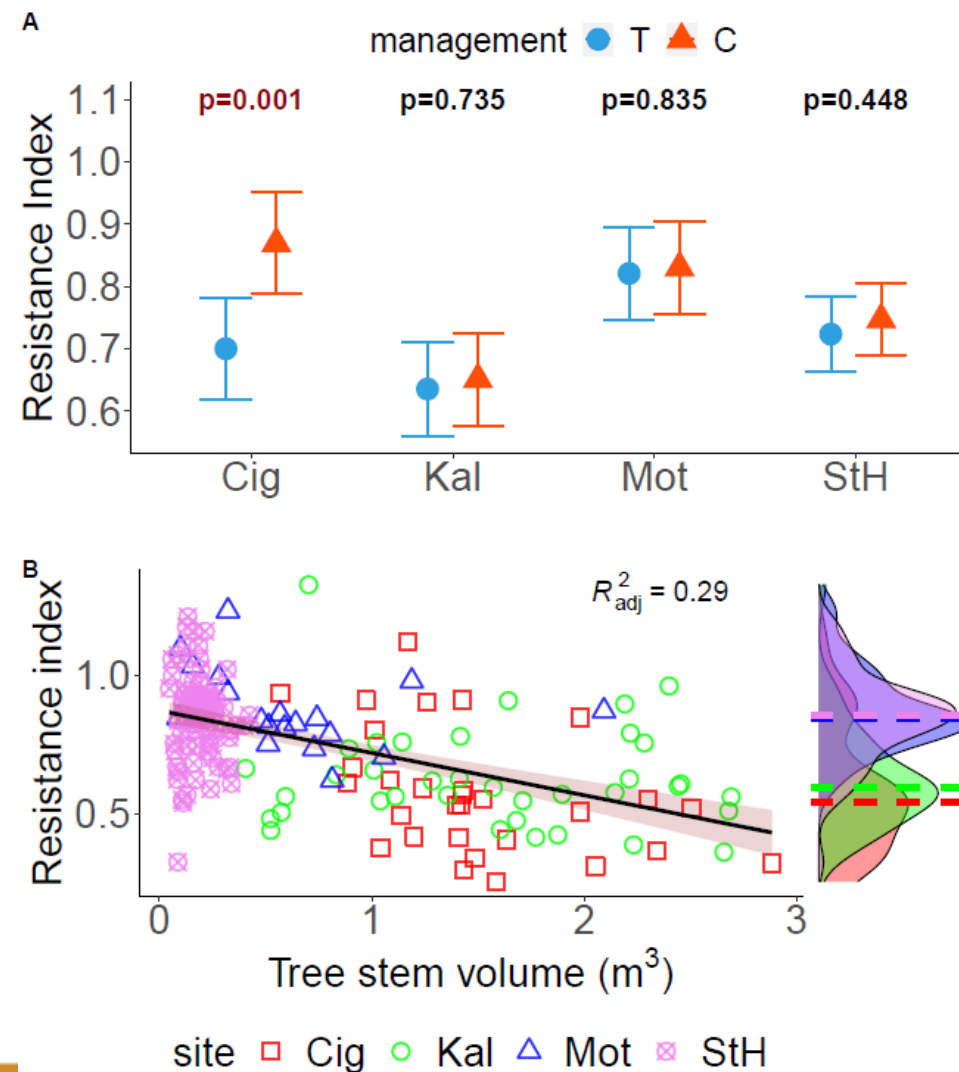
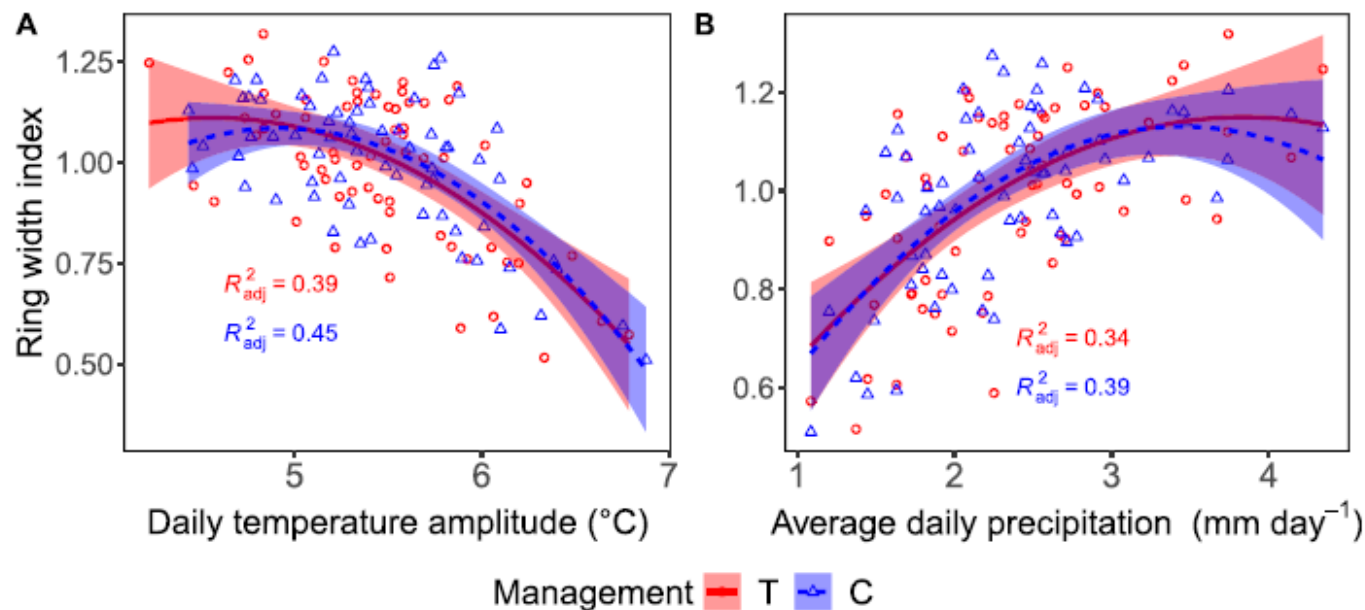


Projected growth change 2021–2050

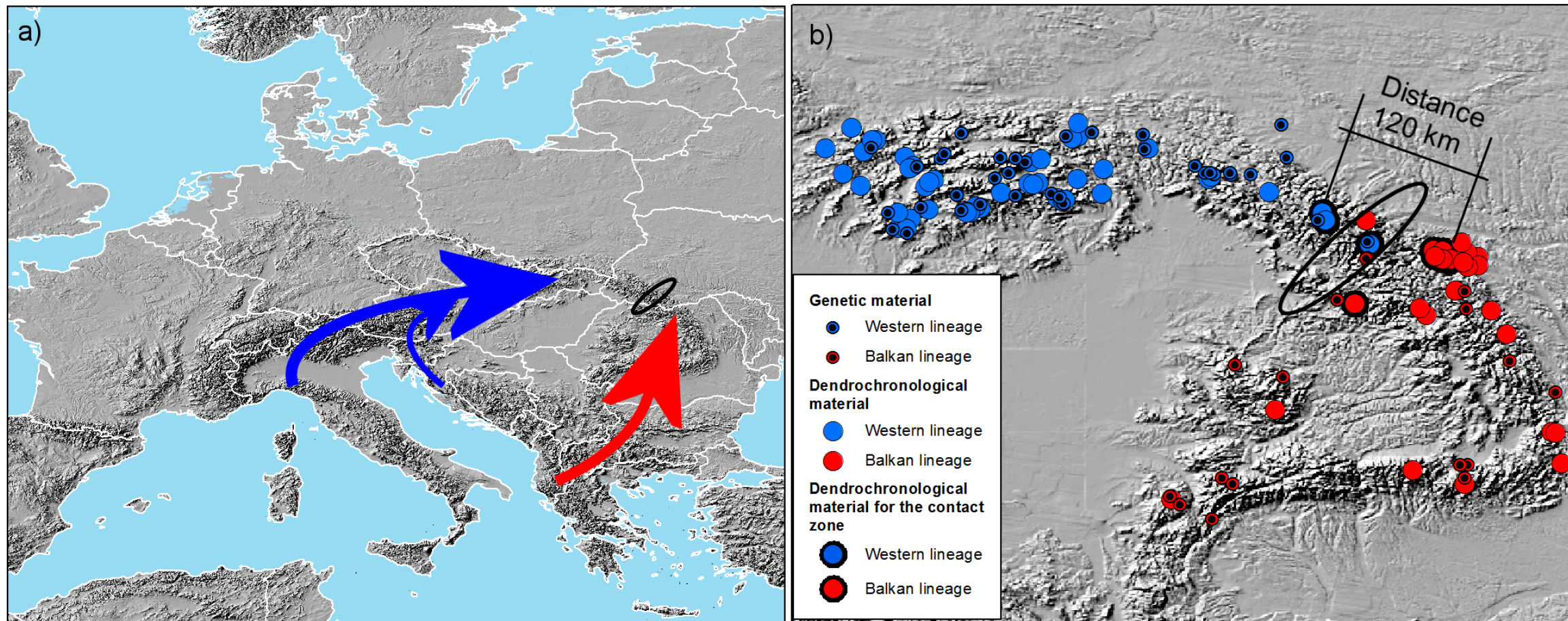


Resistencia buka voči suchu

- Silné reakcie v nižších polohách
- Prebierky neovplyvnili reakcie
- Na vyšších bonitách je vyššie riziko embólie ciev



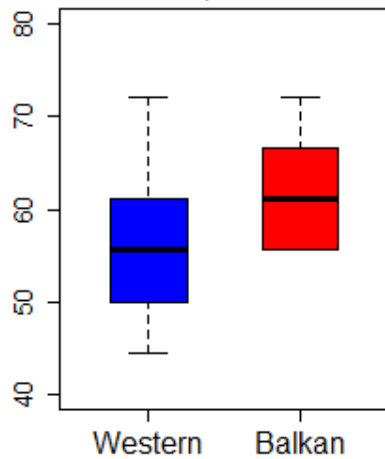
Jedľ'a biela – postglaciálna migrácia



Genetická diverzita jedle v Karpatskom oblúku

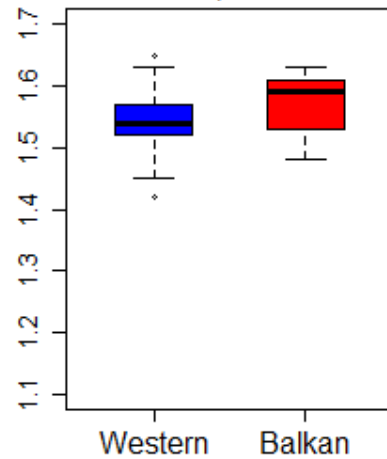
Proportion of polymorphic loci

Wilcoxon test: p-value = 0.001174



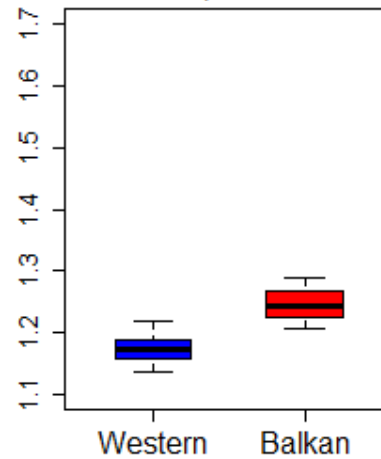
Allelic richness

Wilcoxon test: p-value = 0.03554



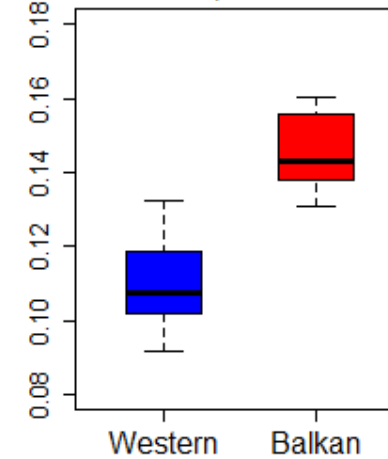
Effective number of alleles

Wilcoxon test: p-value = 9.335e-10



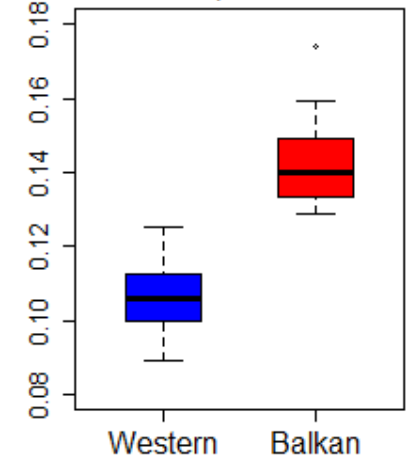
Expected heterozygosity

Wilcoxon test: p-value = 8.538e-10

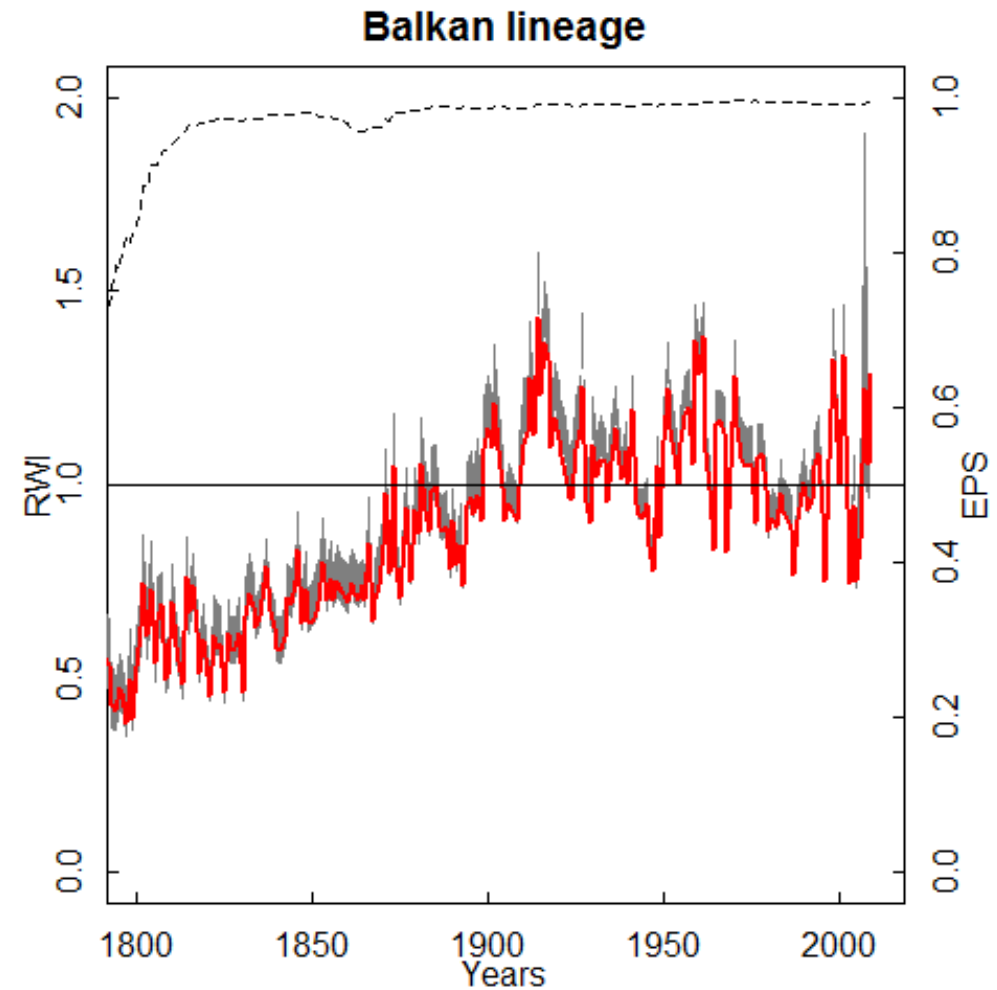
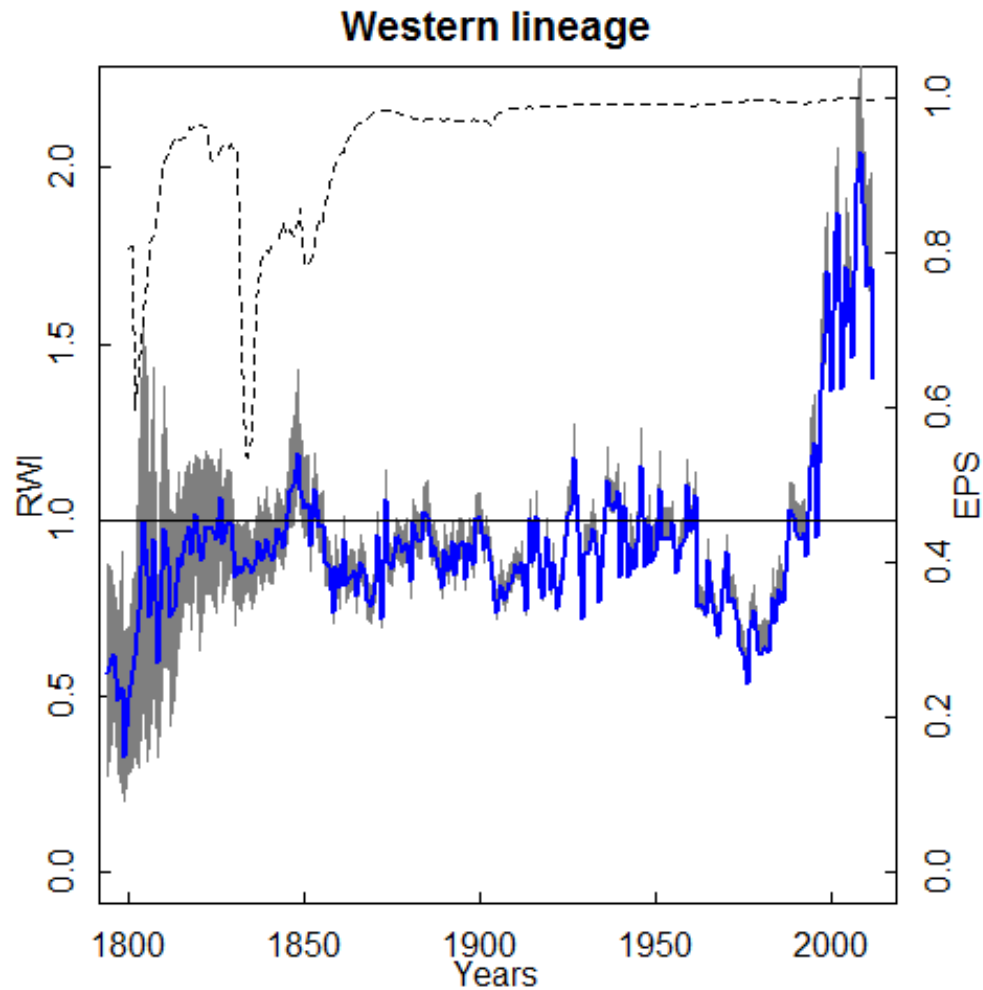


Observed heterozygosity

Wilcoxon test: p-value = 7.835e-10

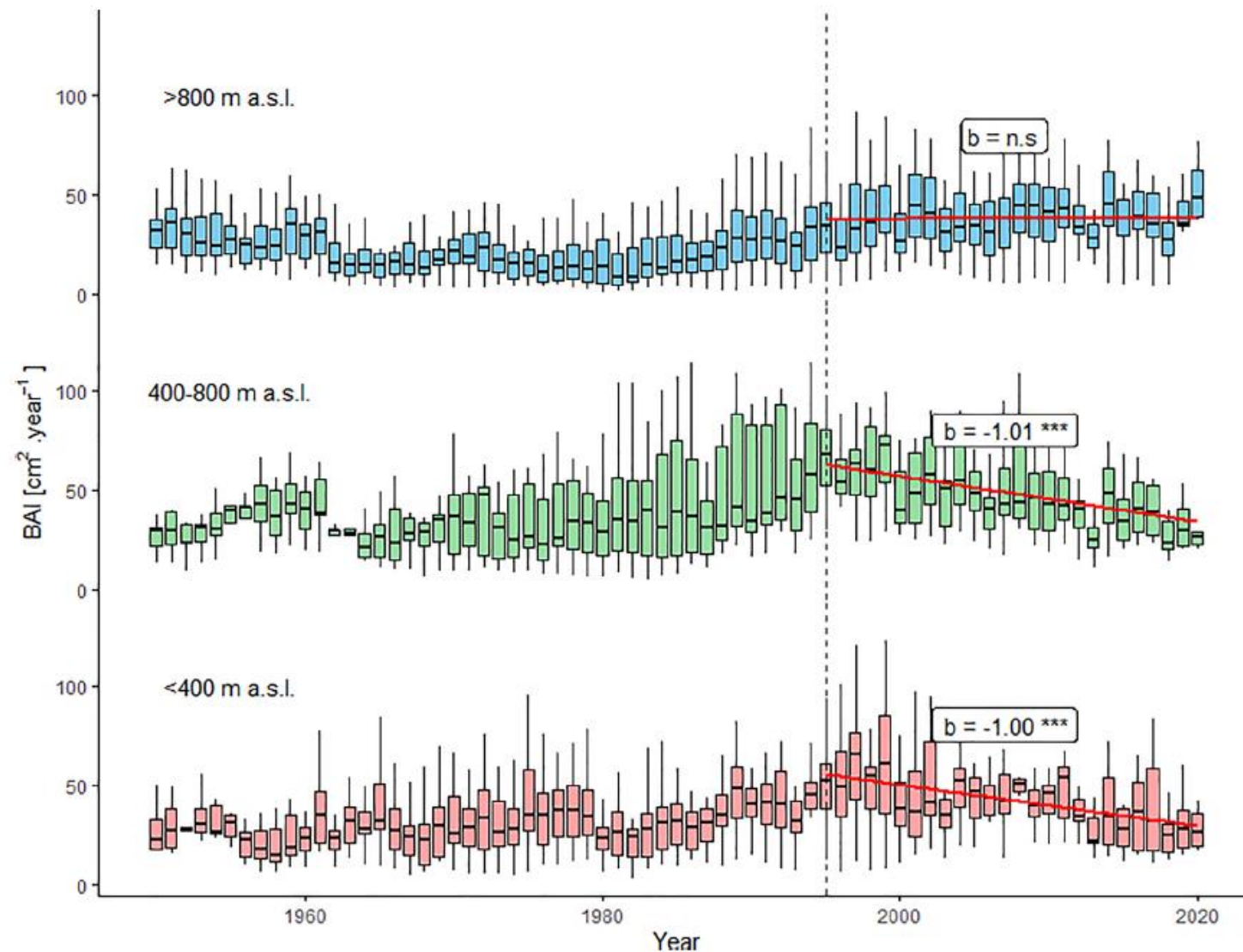


Dlhodobý rast jedle v Karpatoch



Dlhodobý rast jedle v Západných Karpatoch

- V nižších polohách pokles
- Významné reakcie na kombináciu horúčav a sucha





HoliSoils

Working together for forest soils

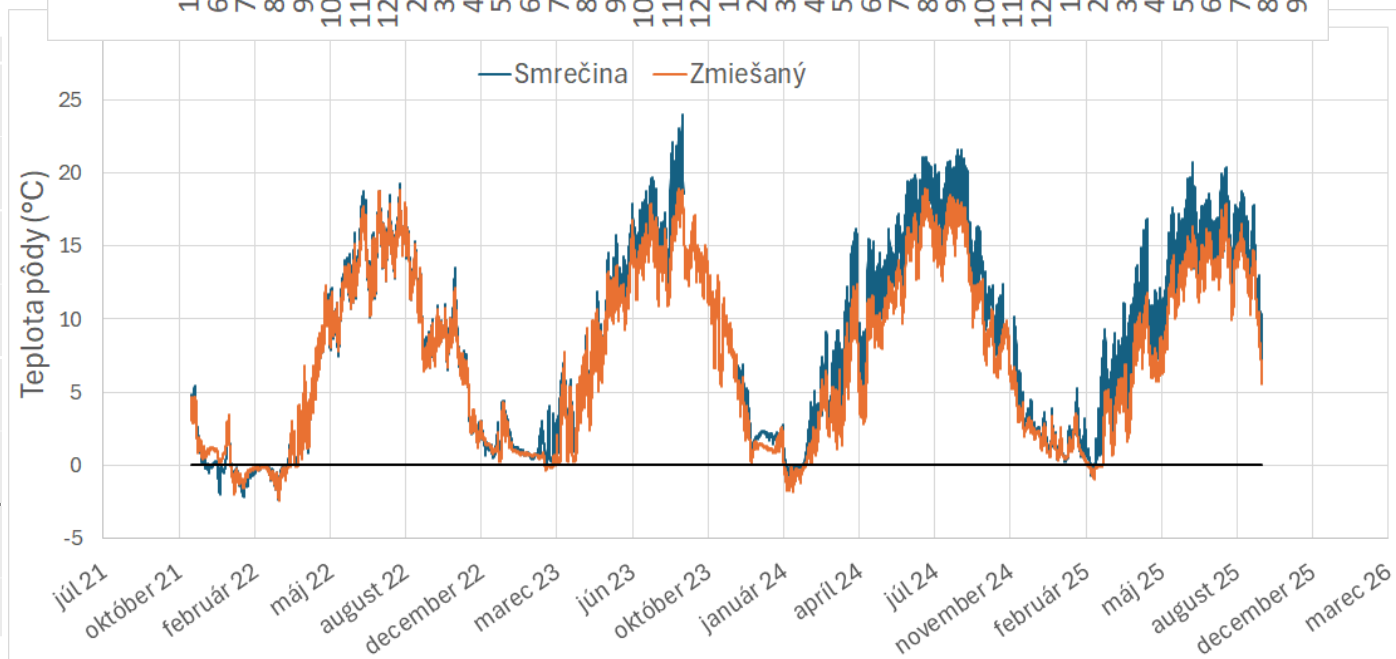
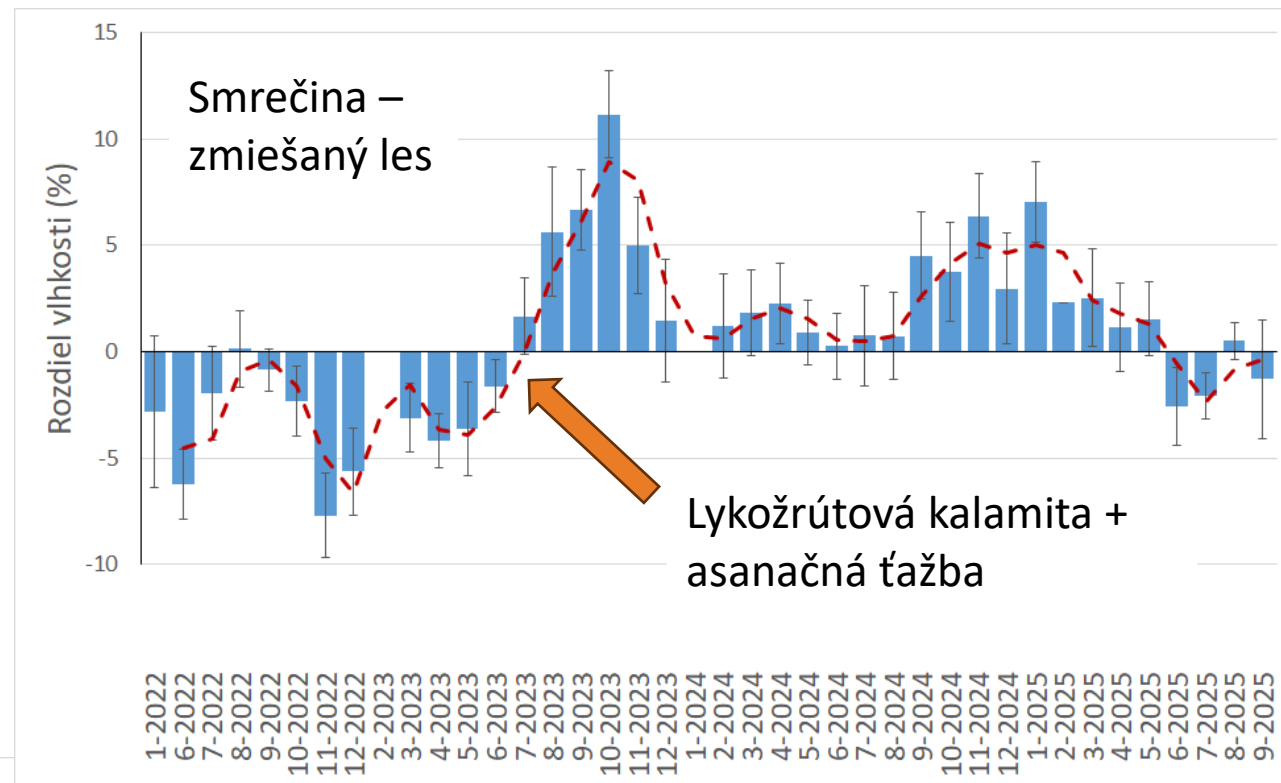
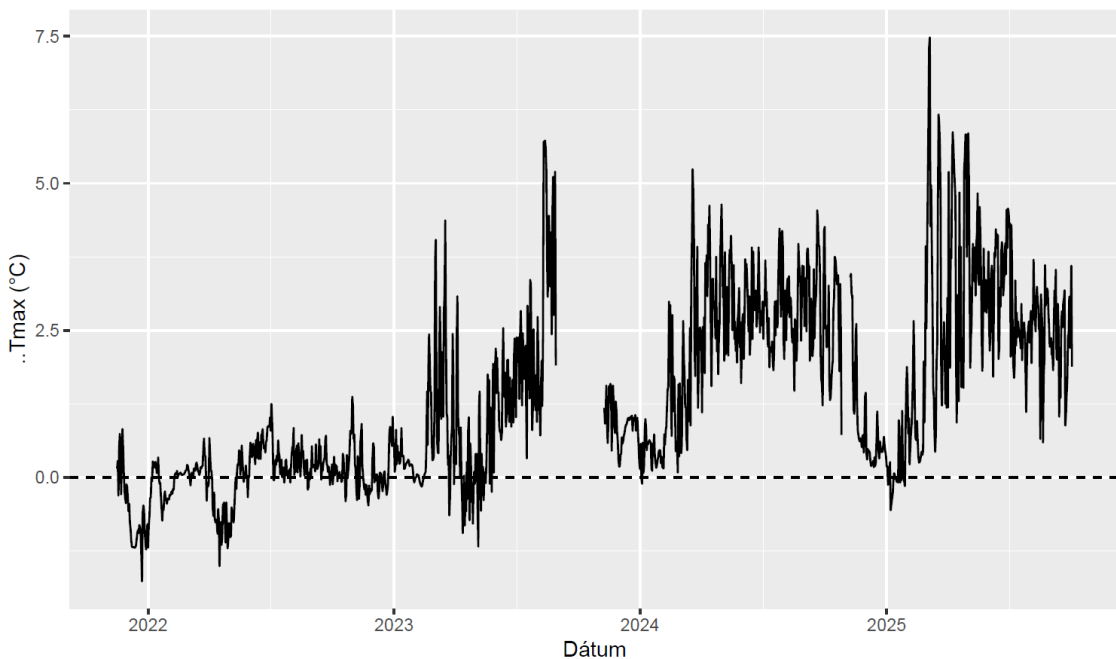


Emisie CO₂ a oxidácia metánu v pôde – vplyv kalamity a sucha

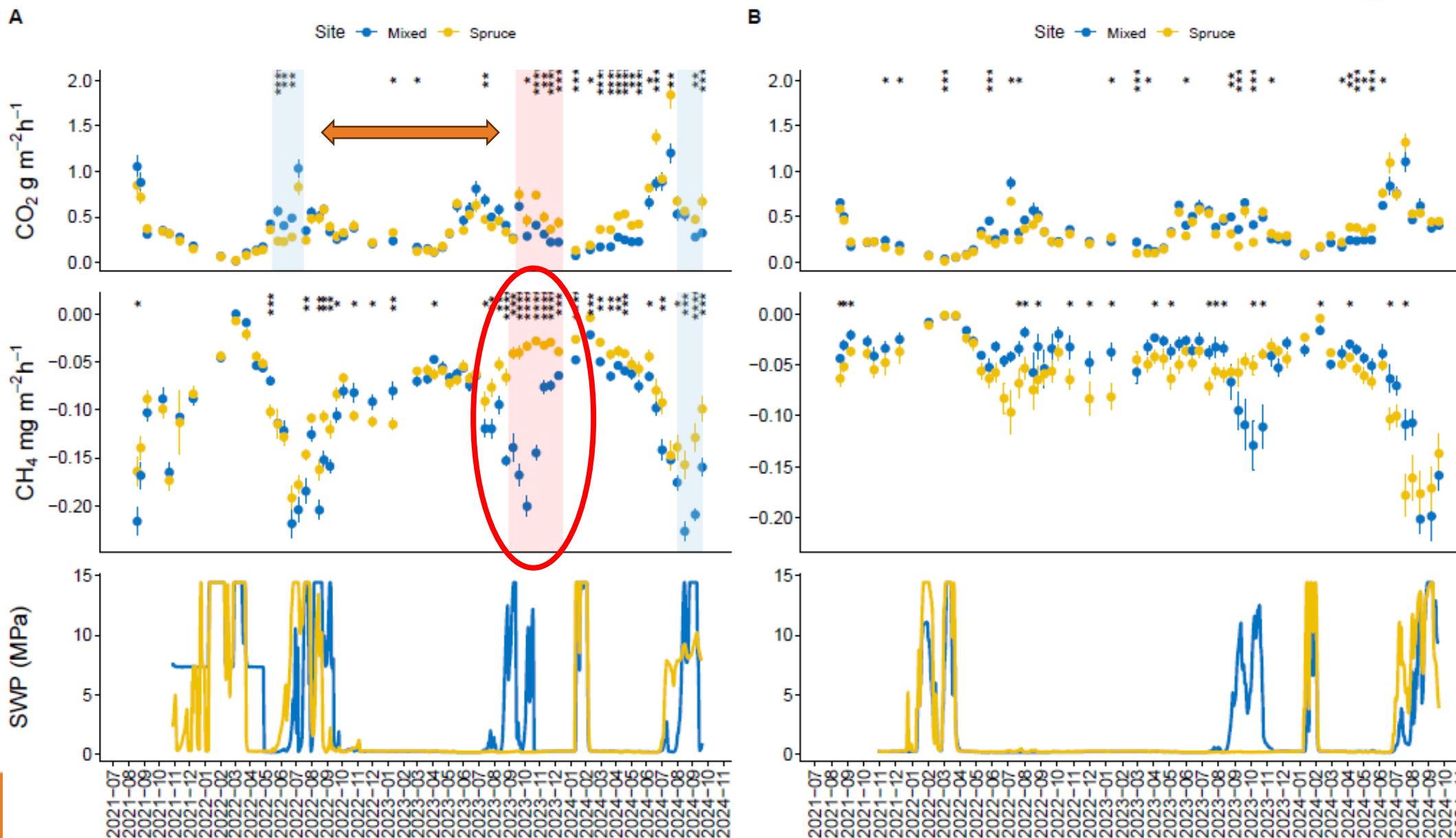
Pôdny vodný potenciál a vlhkosť pôdy

- **Stromy majú vysokú spotrebu vody**
- **Sezónne rozdiely v čerpaní vody**
- **Rozdiely v teplote pôdy**

Rozdiel denného maxima teploty pôdy: smrek – zmes



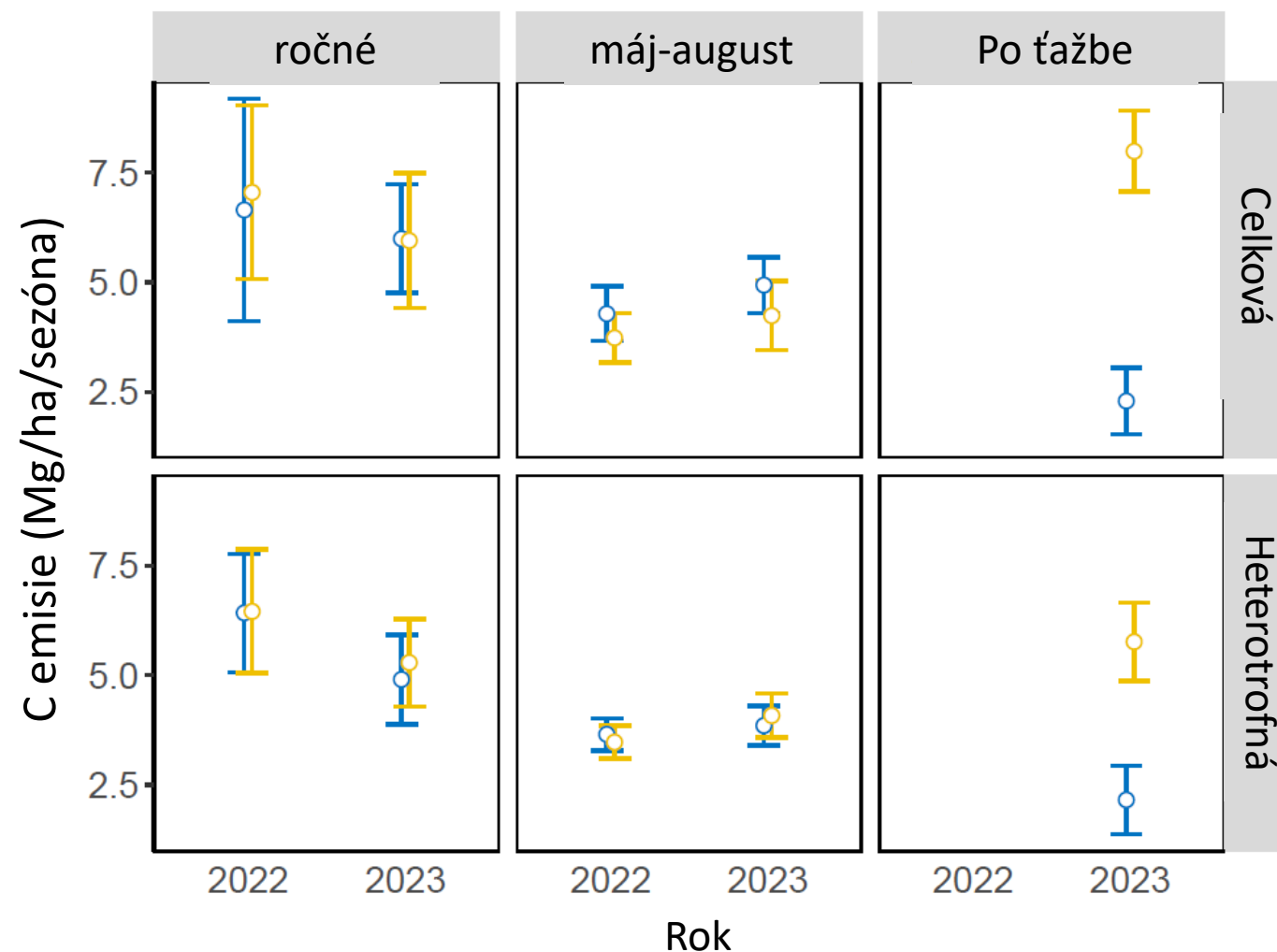
Celková (A) a heterotrofná (B) respirácia pôdy



Emisie uhlíka z pôdy

- Ročné emisie uhlíka podobné v smrečine a v zmiešanom lese
- Holorub zvýšil celkové emisie uhlíka z pôdy v porovnaní so zmiešaným lesom

Zmiešaný Smrekový
Site  Mixed  Spruce

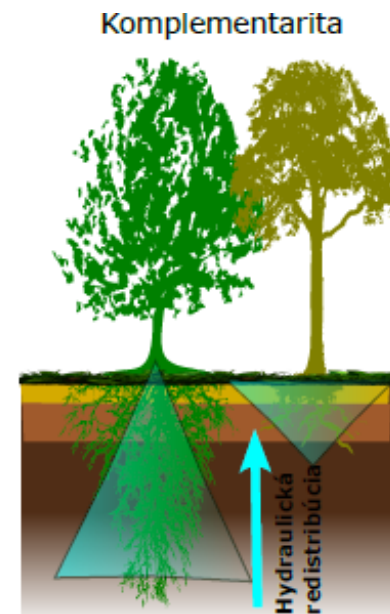


„Take-home message“ – zachytávanie uhlíka

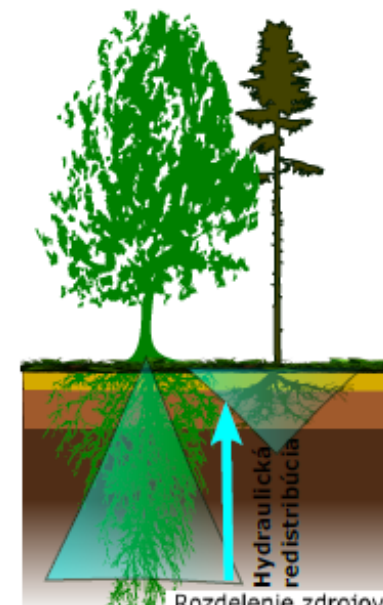
- **Uhlíková bilancia je výsledkom tokov, nie zásob**
- **LULUCF prispieva k odstraňovaniu uhlíka**
- **Trend za posledné roky ukazuje pokles v zachytávaní**
 - ☐ **suchá a horúčavy**
 - ☐ **disturbancie (vietor, lykožrút, požiare)**
 - ☐ **vyššia ťažba po kalamitách**
 -  **starnutie porastov (toto závisí od štruktúry porastov)**
- **EÚ si stanovila cieľ dosiahnuť netto 310 Mt CO₂e ročne odstránenia uhlíka do 2030 v sektore LULUCF**
 - **sú potrebné silnejšie klimatické opatrenia a politika na dosiahnutie cieľov**
- **Organické pôdy, keď sú narušené alebo odvodnené, majú vyššie emisie kvôli rozkladu uhlíka v pôde**

„Take-home message“ – adaptácia drevín

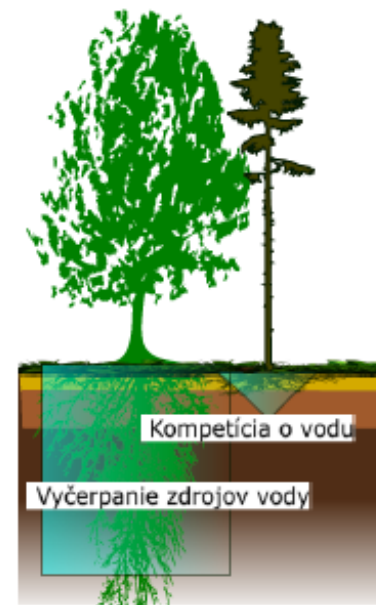
- Adaptácia je nevyhnutná – bez adaptácie nie je dlhodobá mitigácia
- Reakcie na klímu sú:
 - druhové,
 - regionálne,
 - závislé od veku a štruktúry (horizontálnej, vertikálnej, genetickej,...).
- Sucho ako hlavný selekčný tlak
- Smrek je najcitlivejší, jedľa a buk vykazujú vyššiu plasticitu.
- Zmiešané lesy často:
 - znižujú riziko disturbancií,
 - stabilizujú mikroklima,
 - rozkladajú riziko.
- Nie vždy majú zmiešané lesy vyšší prírast alebo vyšší uhlíkový sink.
- Genetická diverzita a asistovaná migrácia
 - Lokálne populácie prežívajú lepšie
 - Nemusia však byť optimálne pre budúcu klímu



Mierne sucho



Extrémne sucho



Otvorené otázky

- **Ako ďaleko ísť v asistovanej migrácii?**
- **Ako kombinovať adaptáciu, produkciu a ochranu biodiverzity?**
- **Ako rýchlo dokáže les reagovať na tempo klimatickej zmeny?**



Ďakujem za pozornosť!