

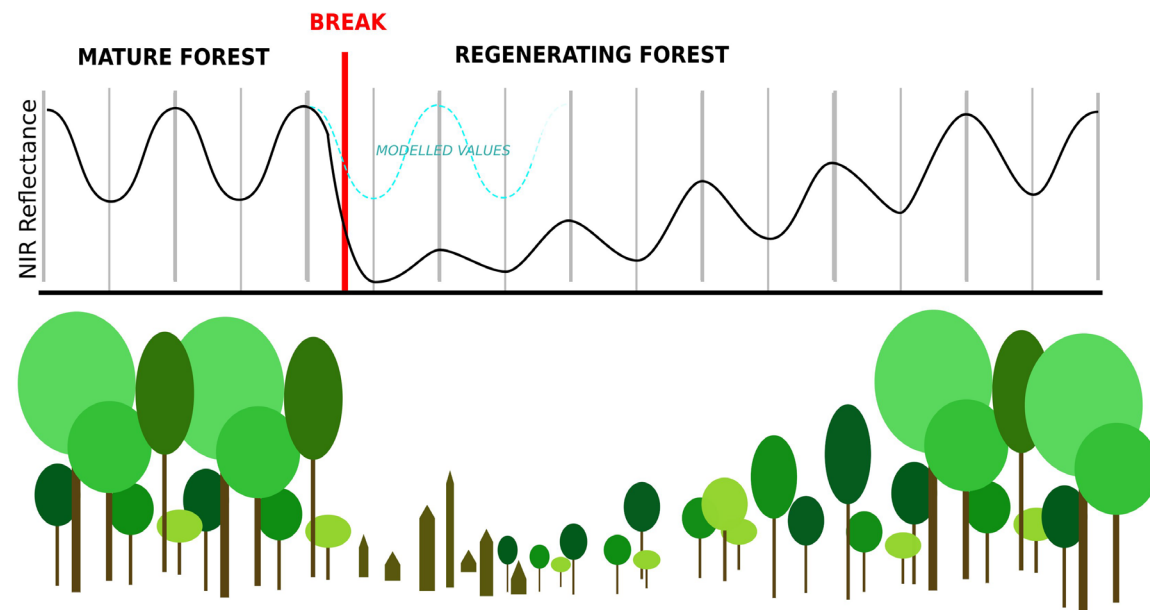
Využití InSAR koherence z družice Sentinel-1 pro mapování lesních disturbancí:

*Případová studie požáru v Českosaském
Švýcarsku v roce 2022*

Vít Ježek **David Moravec**
jezekv@fzp.czu.cz dmoravec@fzp.czu.cz

Monitoring lesních disturbancí

- Lesy jsou regulátory globálního klimatu, zásobárnami uhlíku a centry biodiverzity.
- Satelitní technologie jsou jediným nástrojem schopným poskytovat včasné a konzistentní data o stavu vegetace na globální úrovni.
- Proč právě RADAR?
 - Nezávislost na slunci
 - Schopný penetrovat oblačnost/kouř
 - Využití polarizace
 - Vazba na strukturu povrchu



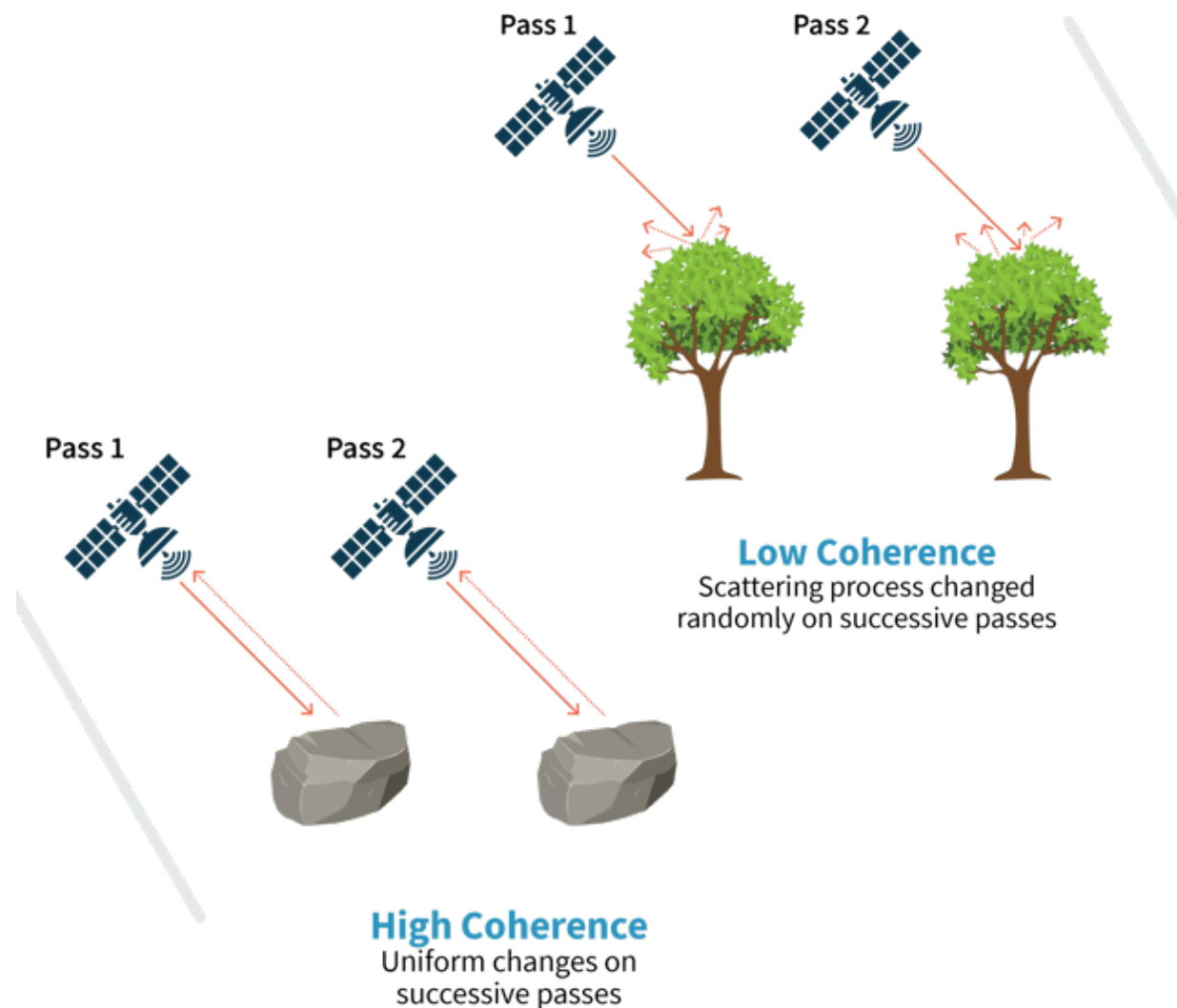
(forest.jrc.ec.europa.eu)

Co je to koherence (γ)?

- Míra geometrické a dielektrické stability povrchu v čase
- Snímání identického místa ze dvou mírně odlišných orbit (InSAR).
- V praxi koherenci odhadujeme statisticky v určitém prostorovém okně

$$\gamma = \frac{|\langle z_1 z_2^* \rangle|}{\sqrt{\langle z_1 z_1^* \rangle \langle z_2 z_2^* \rangle}}$$

- Rozsah: 0-1



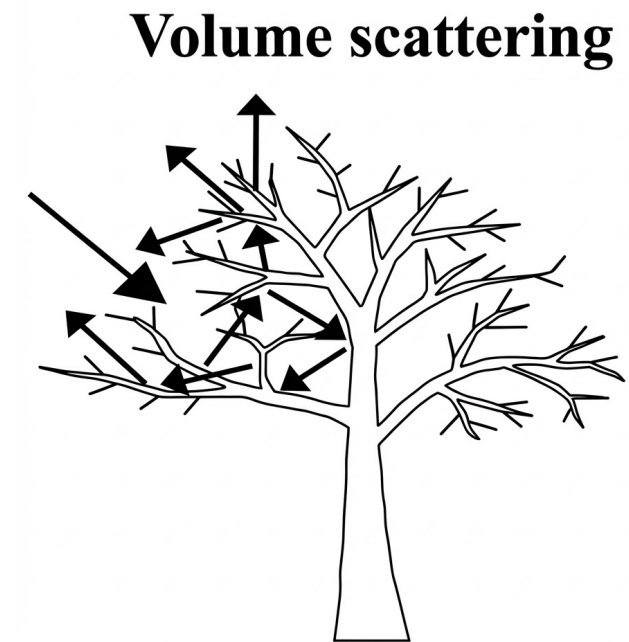
(earthdaily.com)

Zdroje ztráty koherence: Volume Scattering

- Mikrovlnné záření proniká do korunového patra a interaguje s drobnými strukturami (listy, jehličí, větvičky)

Volume Scattering:

- Dochází k mnohonásobným odrazům od tisíců náhodně orientovaných rozptylovačů
- Náhodné prostorové uspořádání těchto rozptylovačů vyvolává náhodnou sumaci fází, vedoucí k fázové dekorelaci



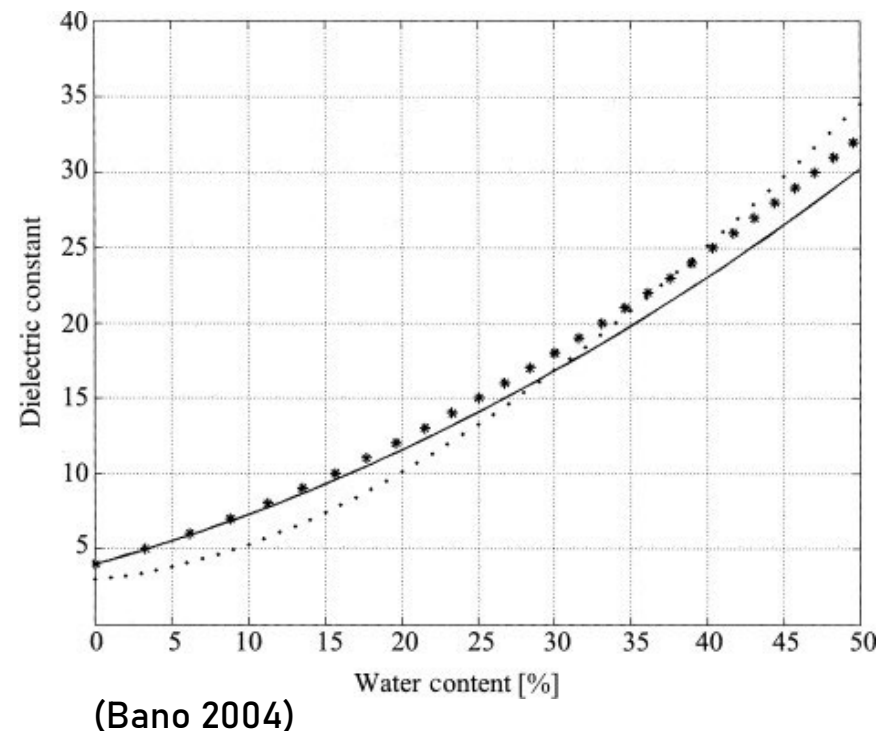
Důsledek: Zdravý, strukturně komplexní les vykazuje trvale nízké hodnoty koherence

Zdroje ztráty koherence: Temporální změny

- Změny fyzikálních a geometrických vlastností povrchu, ke kterým dochází v čase mezi dvěma akvizicemi družice

Meteorologické vlivy:

- Vítr: Mechanický pohyb korun stromů mění prostorové uspořádání rozptylovačů
- Srážky: Změna vlhkosti vegetace a půdy mění dielektrickou konstantu
- Teplota: Ovlivňuje dielektrické vlastnosti povrchu
- Sníh: Sněhová pokrývka funguje jako nové, vysoce nestabilní rozptylové médium



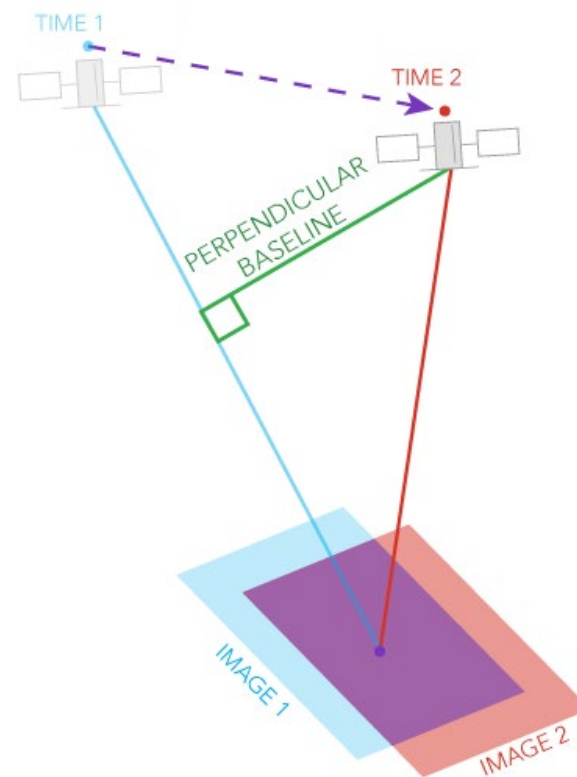
Důsledek: : Tyto vlivy mohou maskovat efekt disturbance

Zdroje ztráty koherence: Perpendicular Baseline

- Prostorový rozdíl v pozici družice mezi dvěma přelety, který určuje změnu perspektivy (úhlu pohledu) na snímaný objekt

Vliv na koherenci:

- Příliš velký prostorový rozestup drah způsobuje fázový nesoulad (geometrický šum).
- Tato prostorová dekorelace může snížit hodnotu koherence i u naprosto stabilních objektů.
- Pozice satelitu Sentinel-1 na orbitě je zpětně rekonstruována s centimetrovou přesností

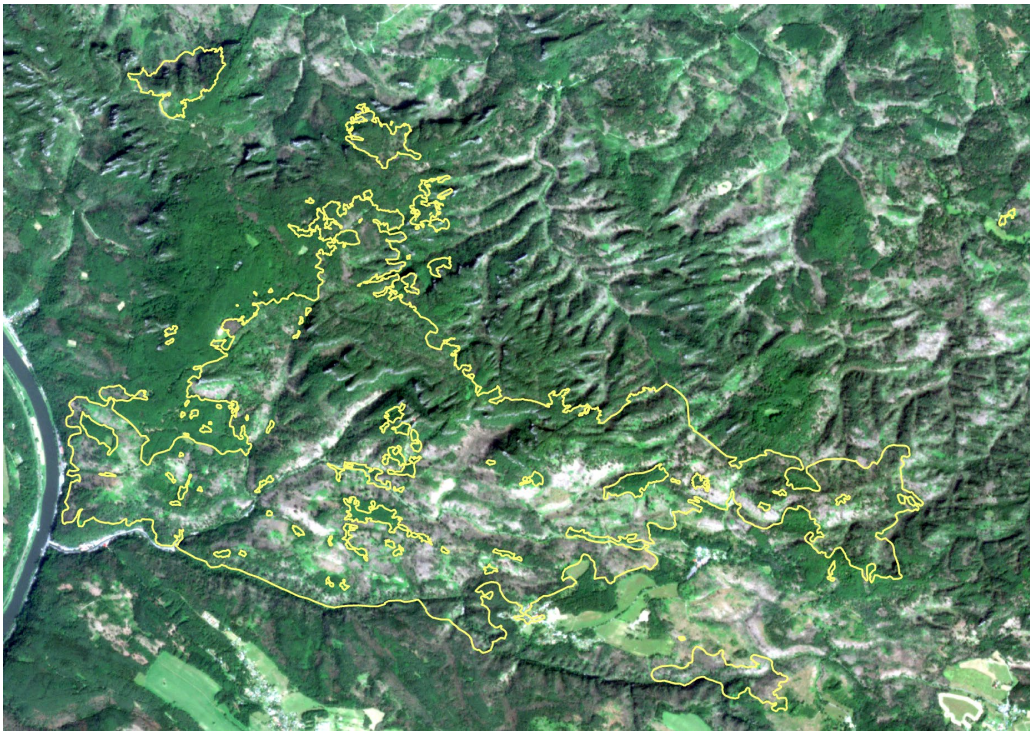


(pro.arcgis.com)

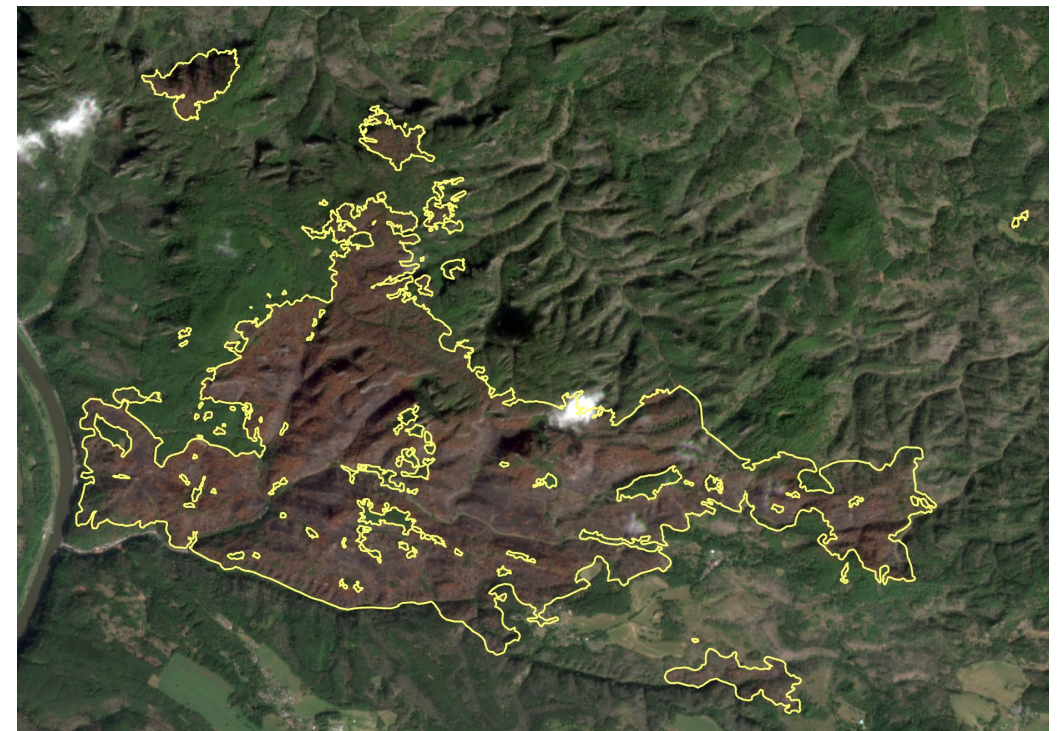
Mohou časové změny koherence ze satelitu Sentinel-1 identifikovat rozsah ztráty lesní vegetace způsobené požárem?

Požár v Českosaském Švýcarsku v roce 2022

- Vznik 24. července 2022; Uhašeno 12. srpna 2022.
- Lokalita: Národní parky České Švýcarsko (CZ) a Saské Švýcarsko (DE).
- Celkový rozsah: Přibližně 1 300 ha (cca 1 060 ha v CZ / cca 250 ha v DE).



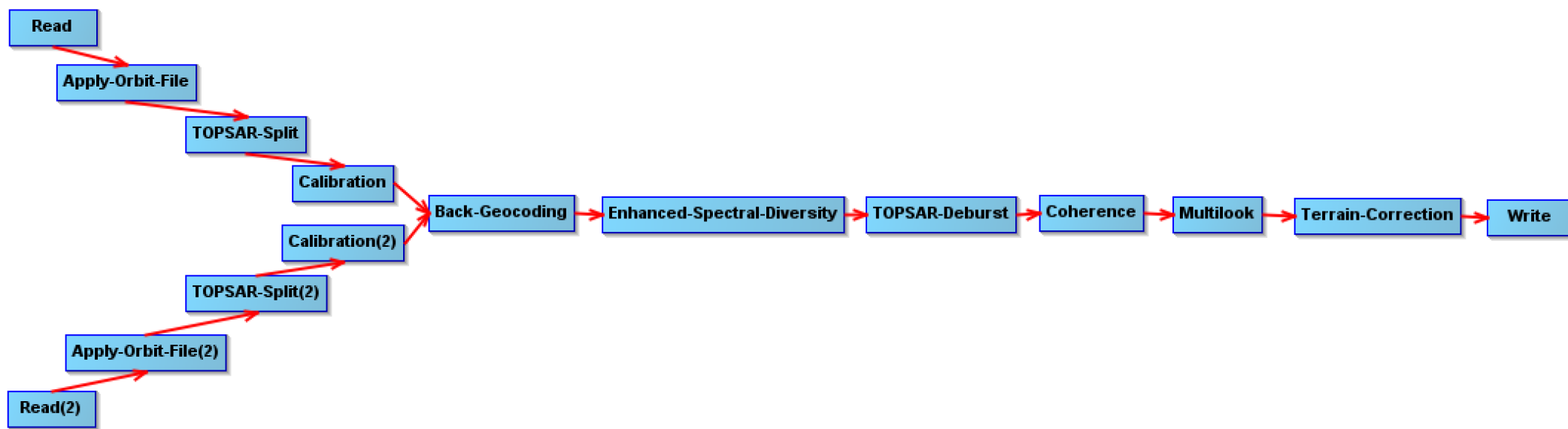
PlanetScope Imagery: 20-07-2022



PlanetScope Imagery: 29-08-2022

InSAR processing pipeline a parametry

- Dávkové zpracování pomocí PowerShell a SNAP GPT.
- 206 interferometrických párů (2019–2025) získaných z ASF Vertex (S1A; 12 dní)
- Polarizace: VV a VH
- Koherenční okno: 10x3
- Multilooking: 6x2 ; Výstupní prostorové rozlišení: 30 m/px



Mapa paliv

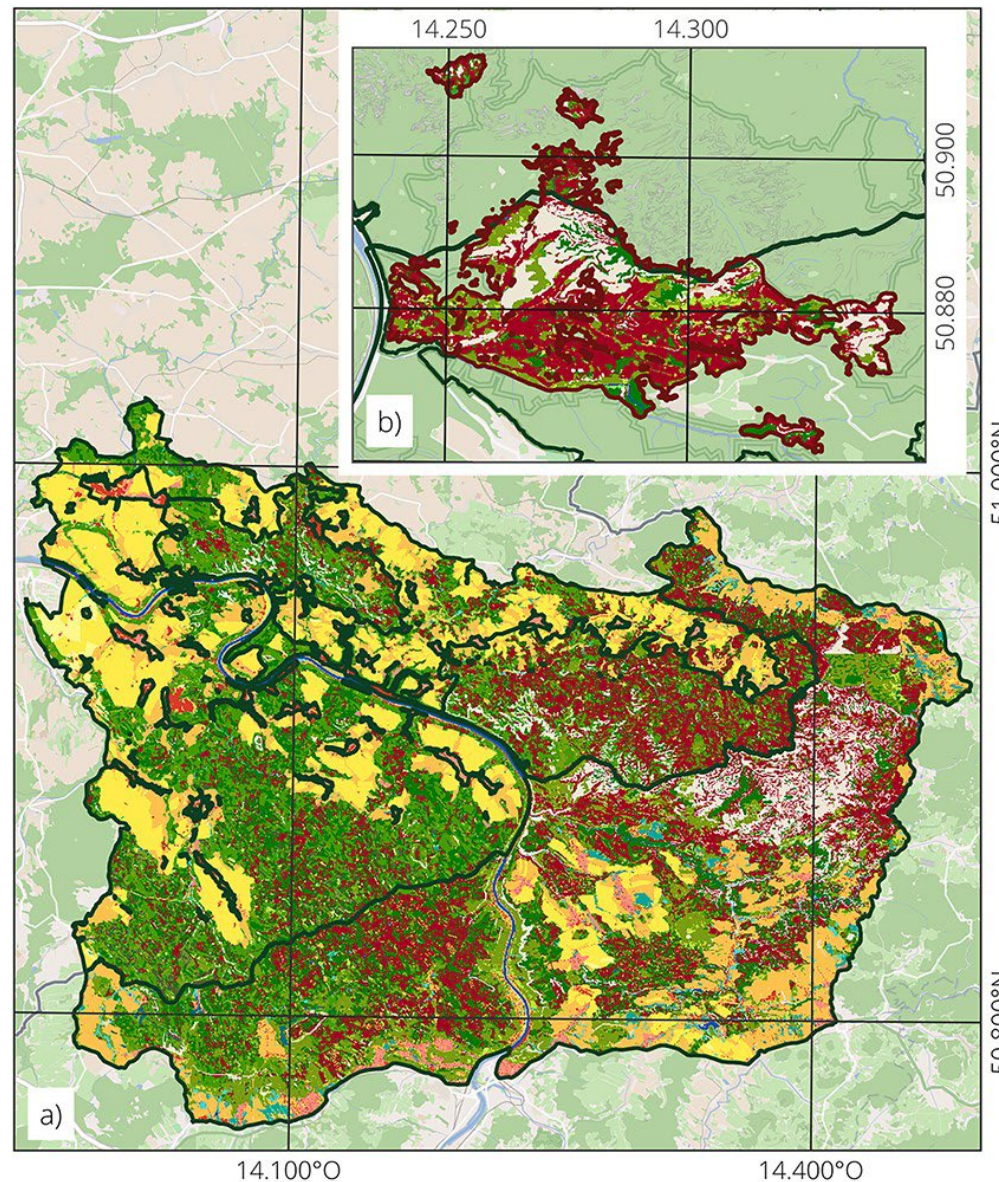
Kůrovcová kalamita: (17,6 %)

Lesní porosty:

- Jehličnaté (15 %)
- Smíšené (13 %)
- Listnaté lesy (9 %)

Nelesní vegetace:

- Mezofilní louky (15 %)
- Skalní výchozy (5 %)



(Beetz et al. 2024)



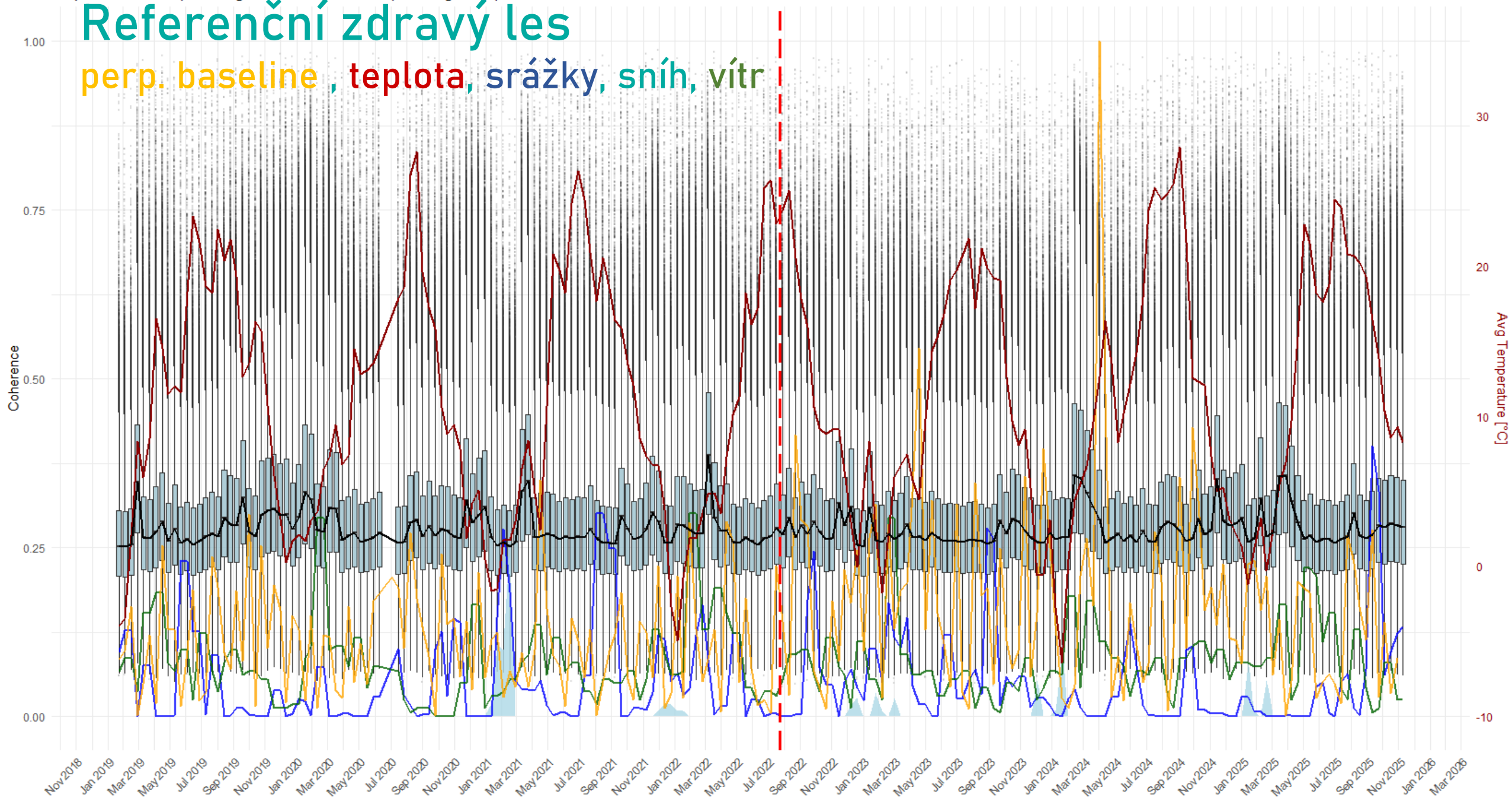
Data: Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Saxony (DE), KVES Ecosystems (CZ), Burned area Saxon Switzerland and Copernicus, Tree Coverage Copernicus, Bark beetle data Saxon Switzerland and own datasource

Coherence & Combined Weather - VV Polarization

Boxplots: Coherence | Blue: Avg Rain | Green: Max Wind | Red: Avg Temp | Yellow: Baseline

Referenční zdravý les

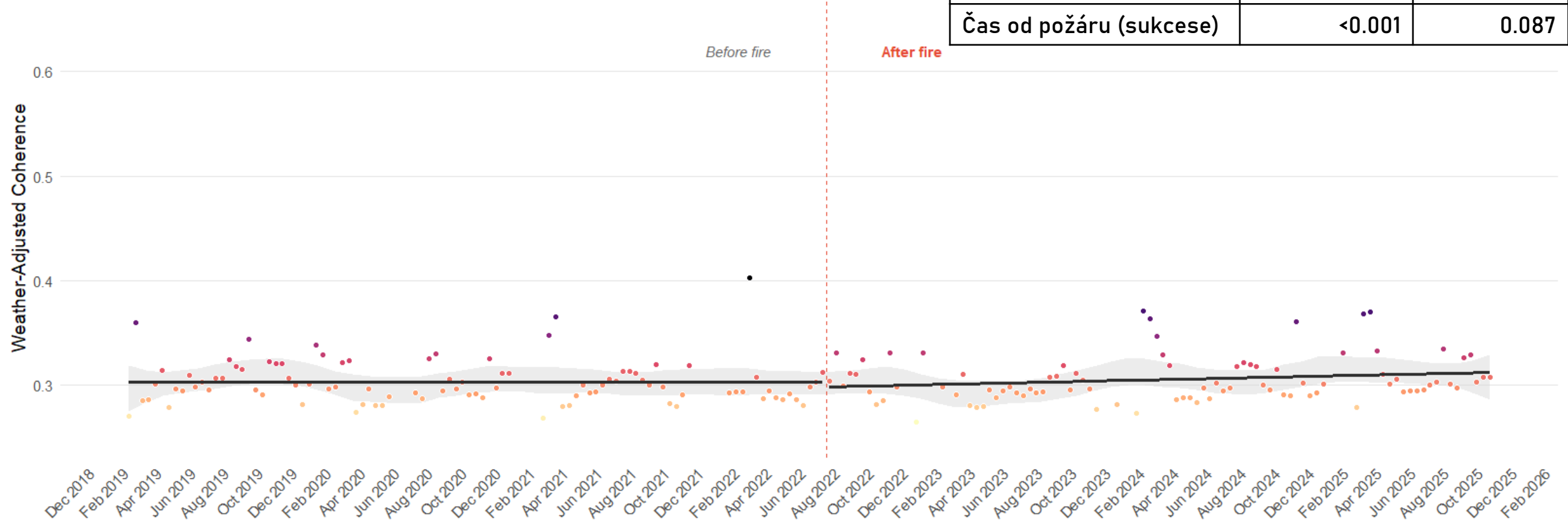
perp. baseline , teplota, srážky, sníh, vítr



GLS Framework (zdravý les)

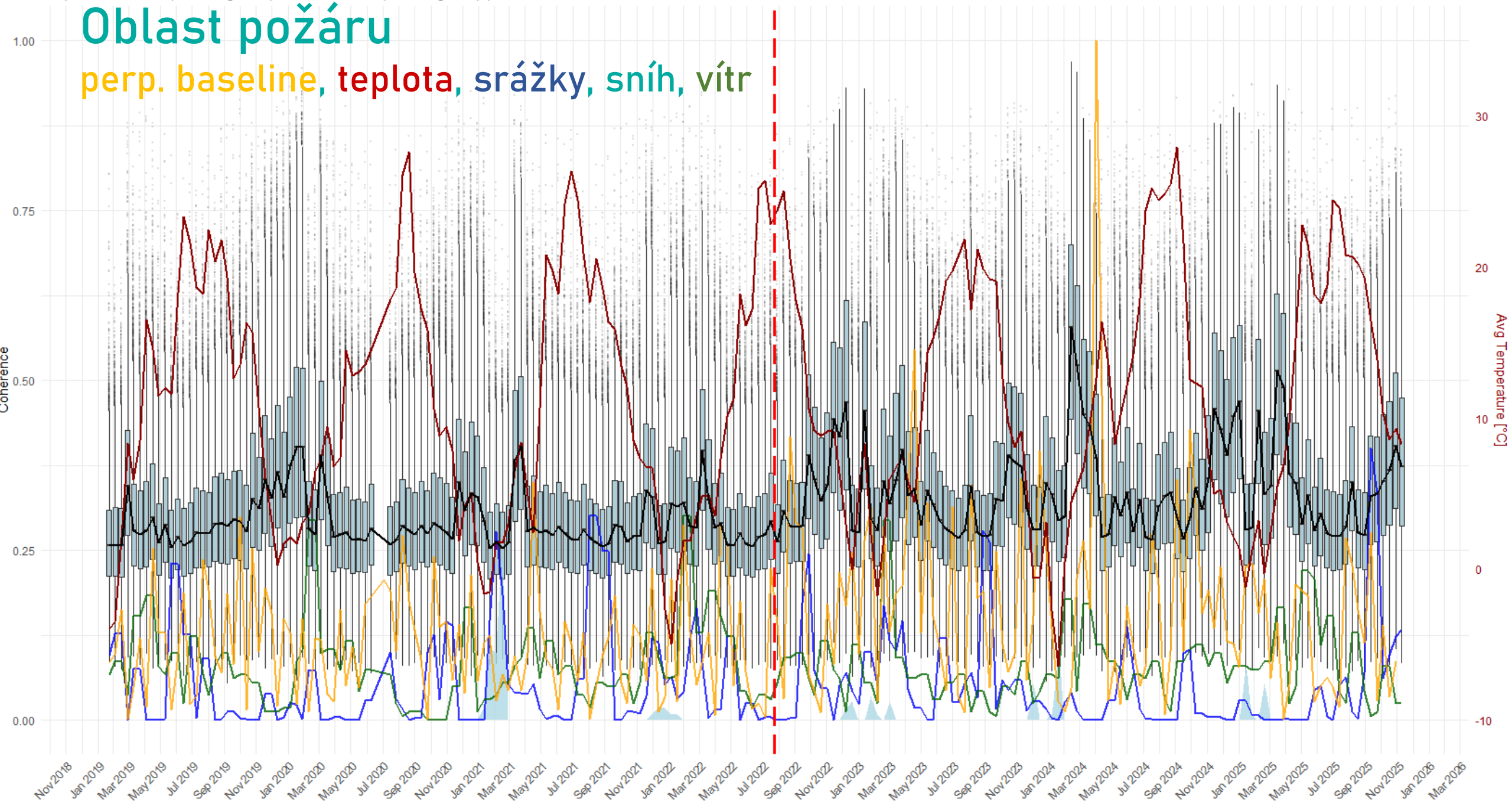
Faktor	Estimate	P-value
Požár	-0.005	0.364
Teplota	-0.001	<0.001
Srážky	-0.002	<0.001
Vítr	-0.002	0.274
Perp. Baseline	<0.001	0.624
Čas od požáru (sukcese)	<0.001	0.087

Weather-Adjusted Sentinel-1 InSAR Coherence Time Series



Oblast požáru

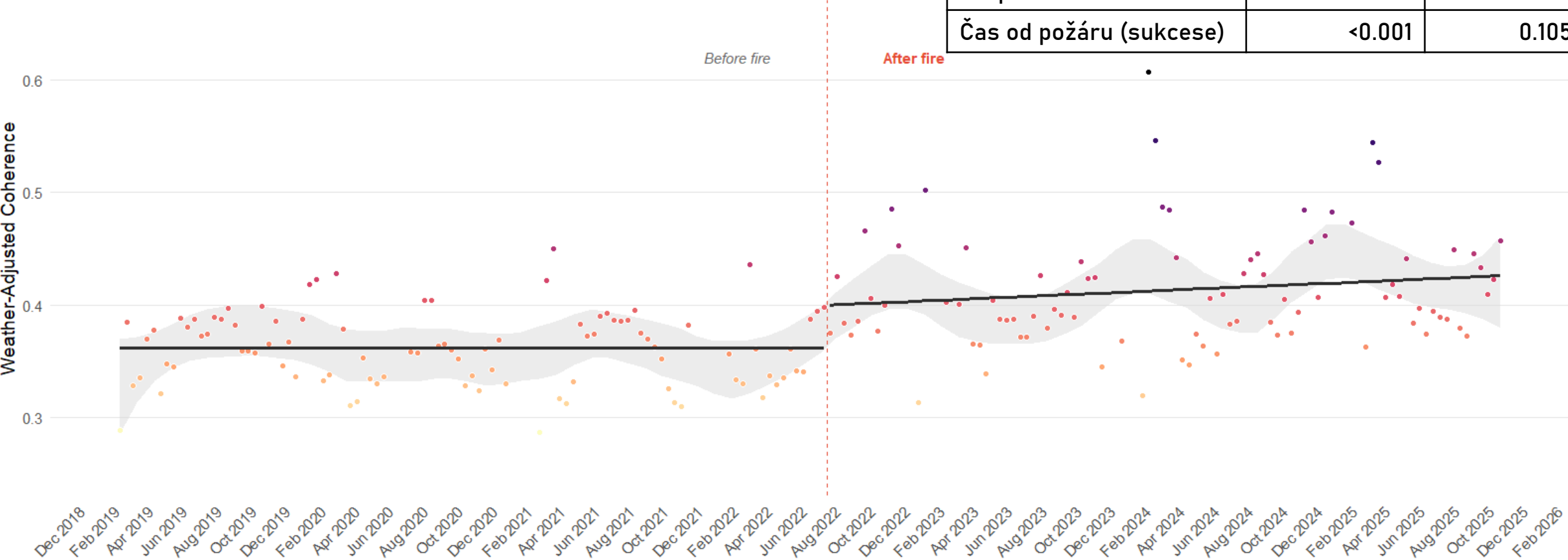
perp. baseline, teplota, srážky, sníh, vítr



GLS Framework (oblast požáru)

Faktor	Estimate	P-value
Požár	0.045	<0.001
Teplota	-0.005	<0.001
Srážky	-0.003	0.012
Vítr	-0.006	0.163
Perp. Baseline	<0.001	0.844
Čas od požáru (sukcese)	<0.001	0.105

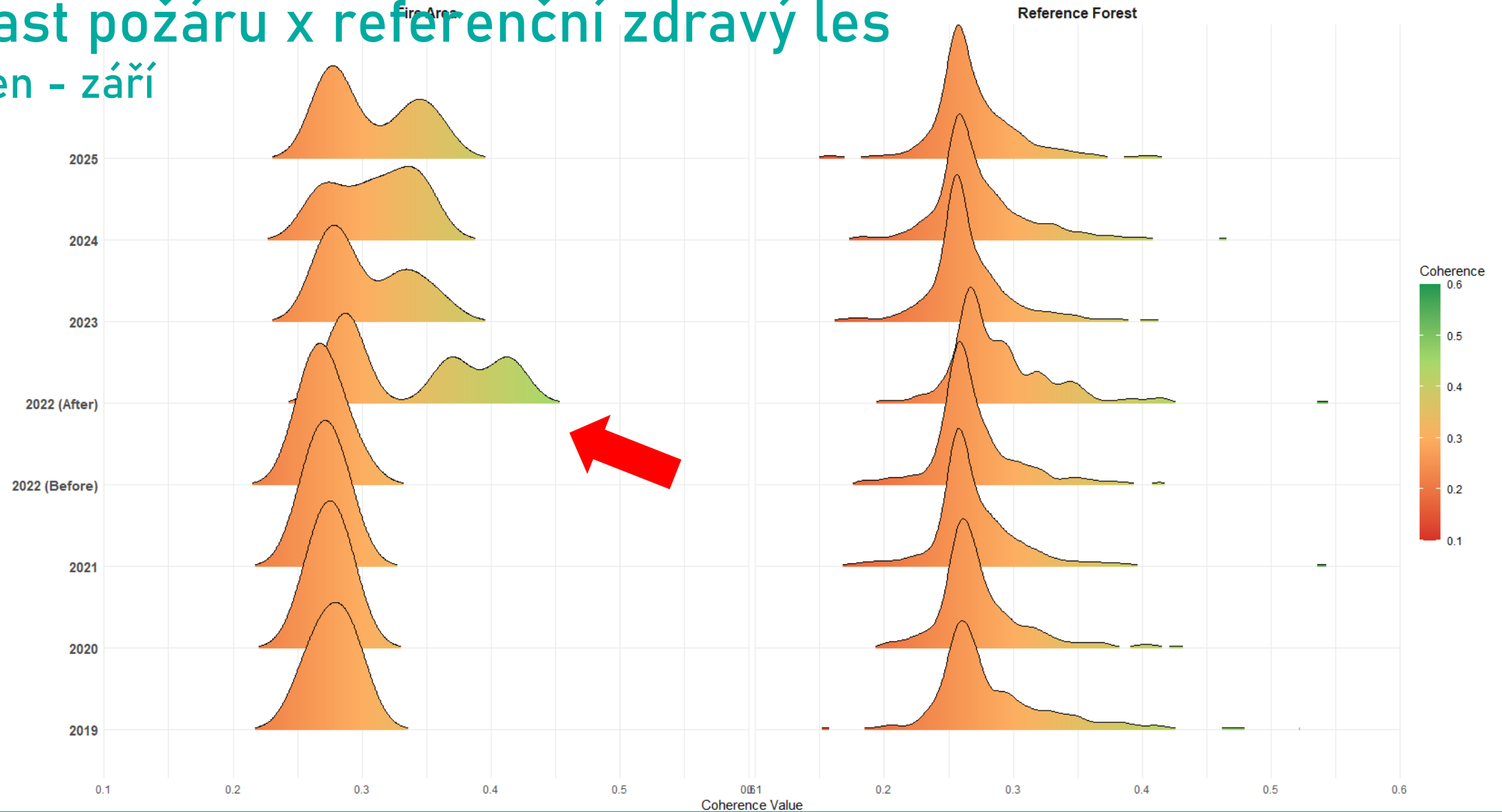
Weather-Adjusted Sentinel-1 InSAR Coherence Time Series



Immediate Impact of Fire on Surface Structure (VV)
Random sample of 20,000 pixels (May-Sept)

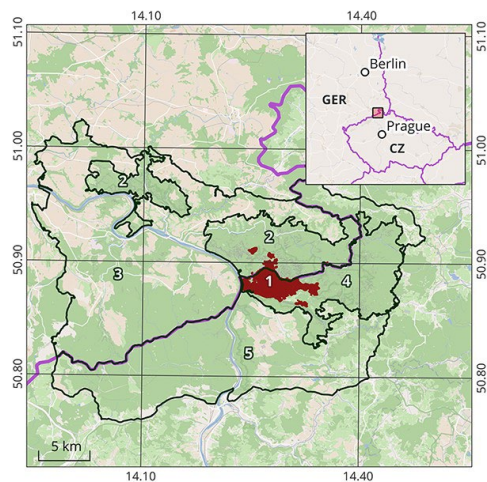
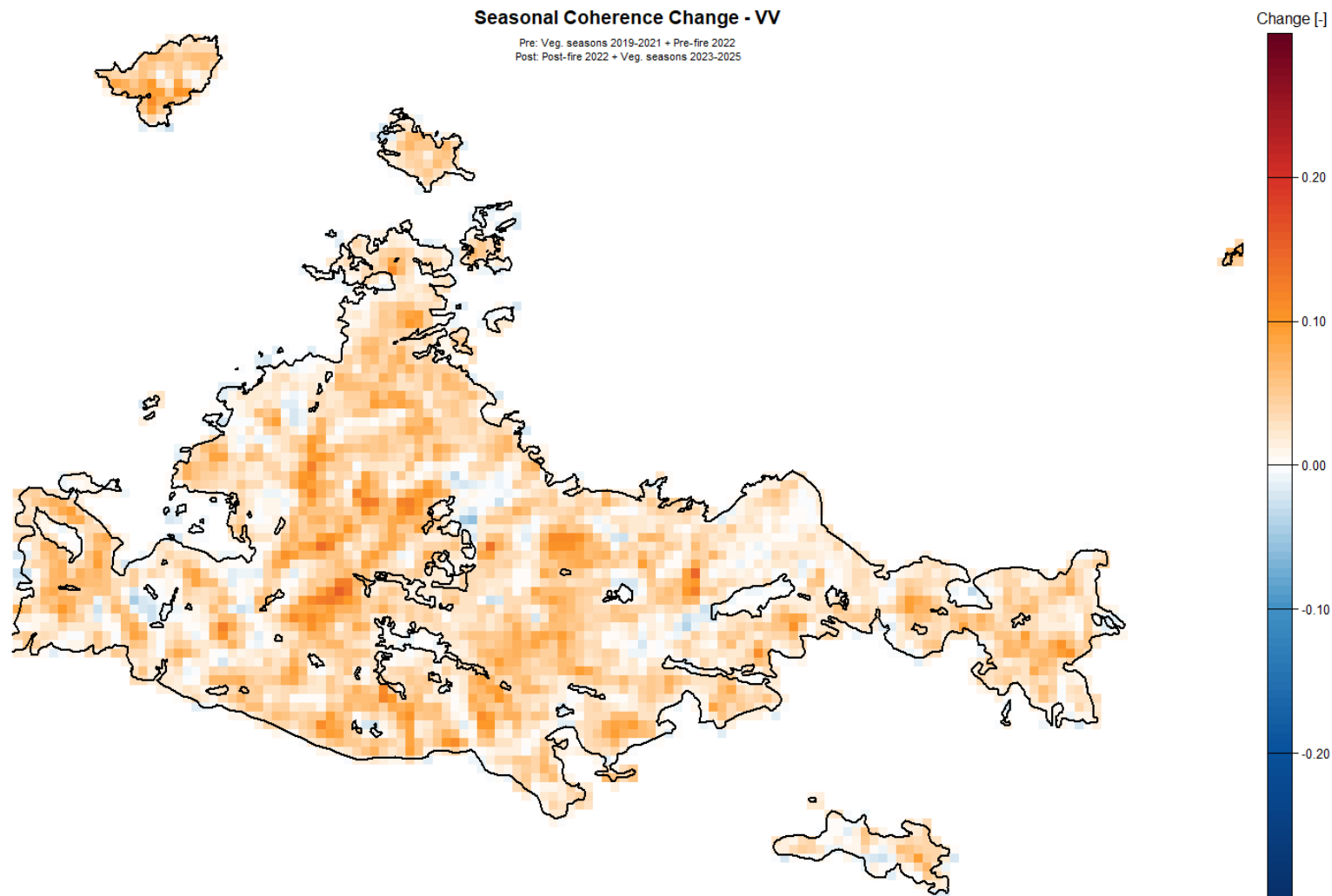
Oblast požáru x referenční zdravý les

květen - září



Mean Seasonal Coherence Change

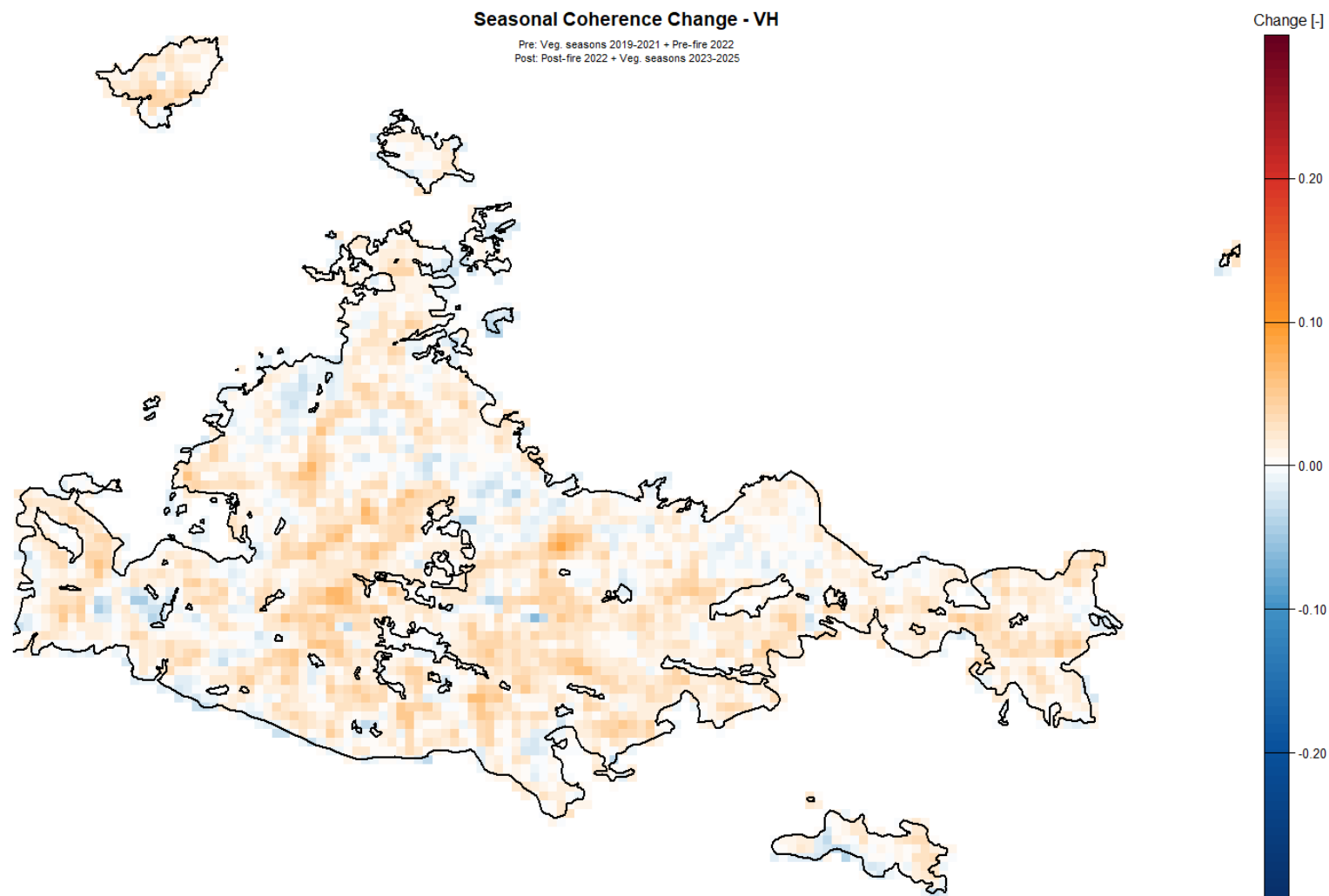
květen - září



(Beetz et al. 2024)

Mean Seasonal Coherence Change

rozdíl v polarizacích

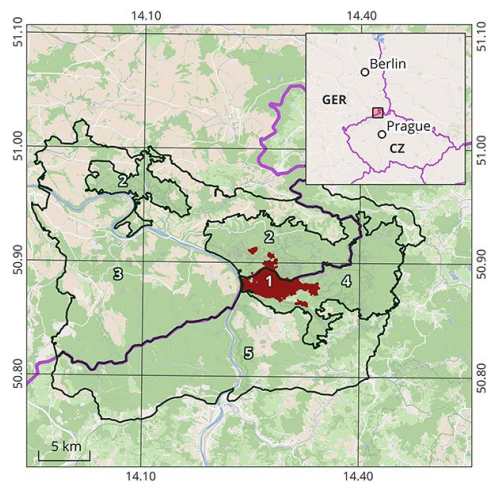
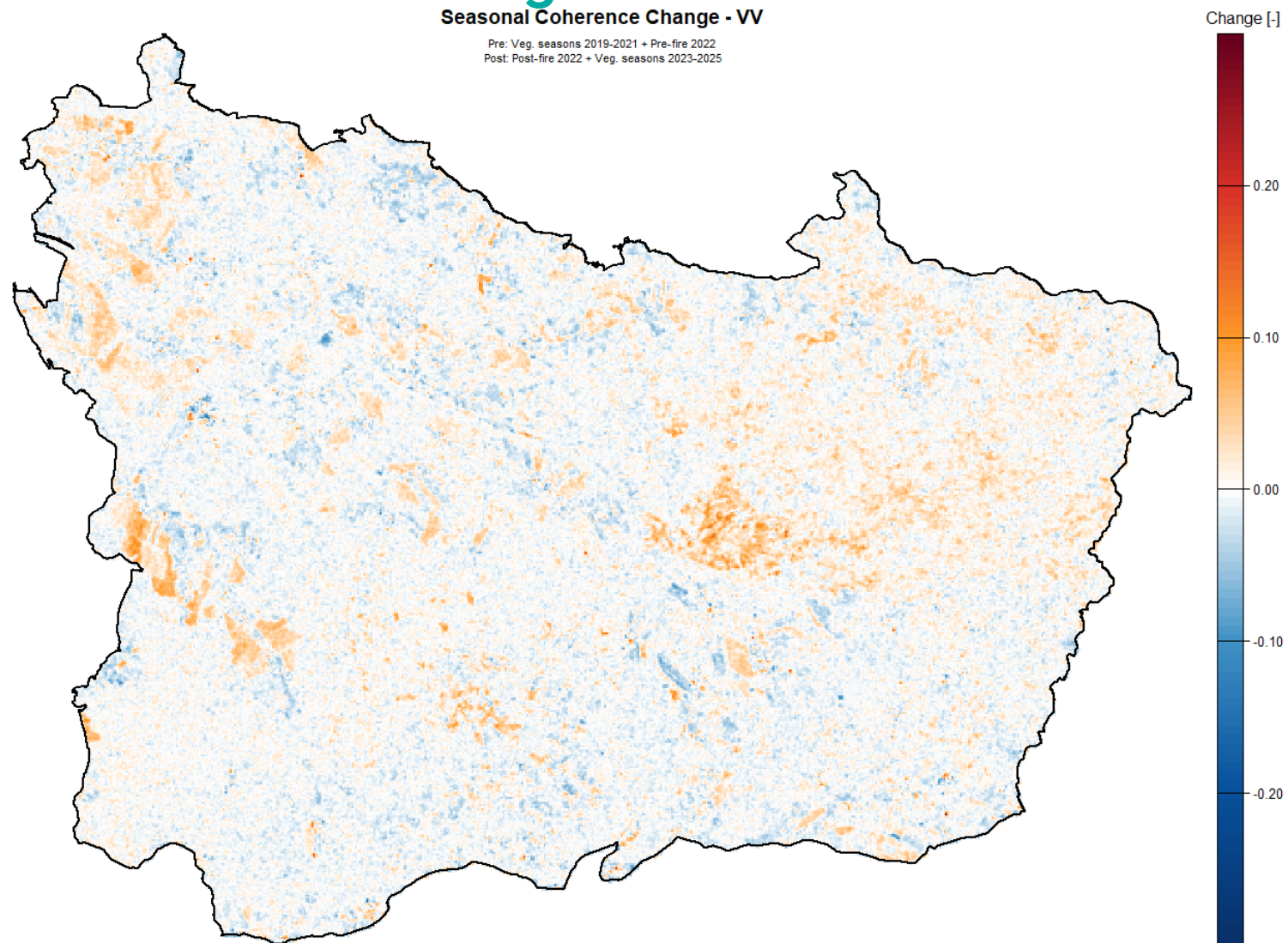


Mean Seasonal Coherence Change

širší území

Seasonal Coherence Change - VV

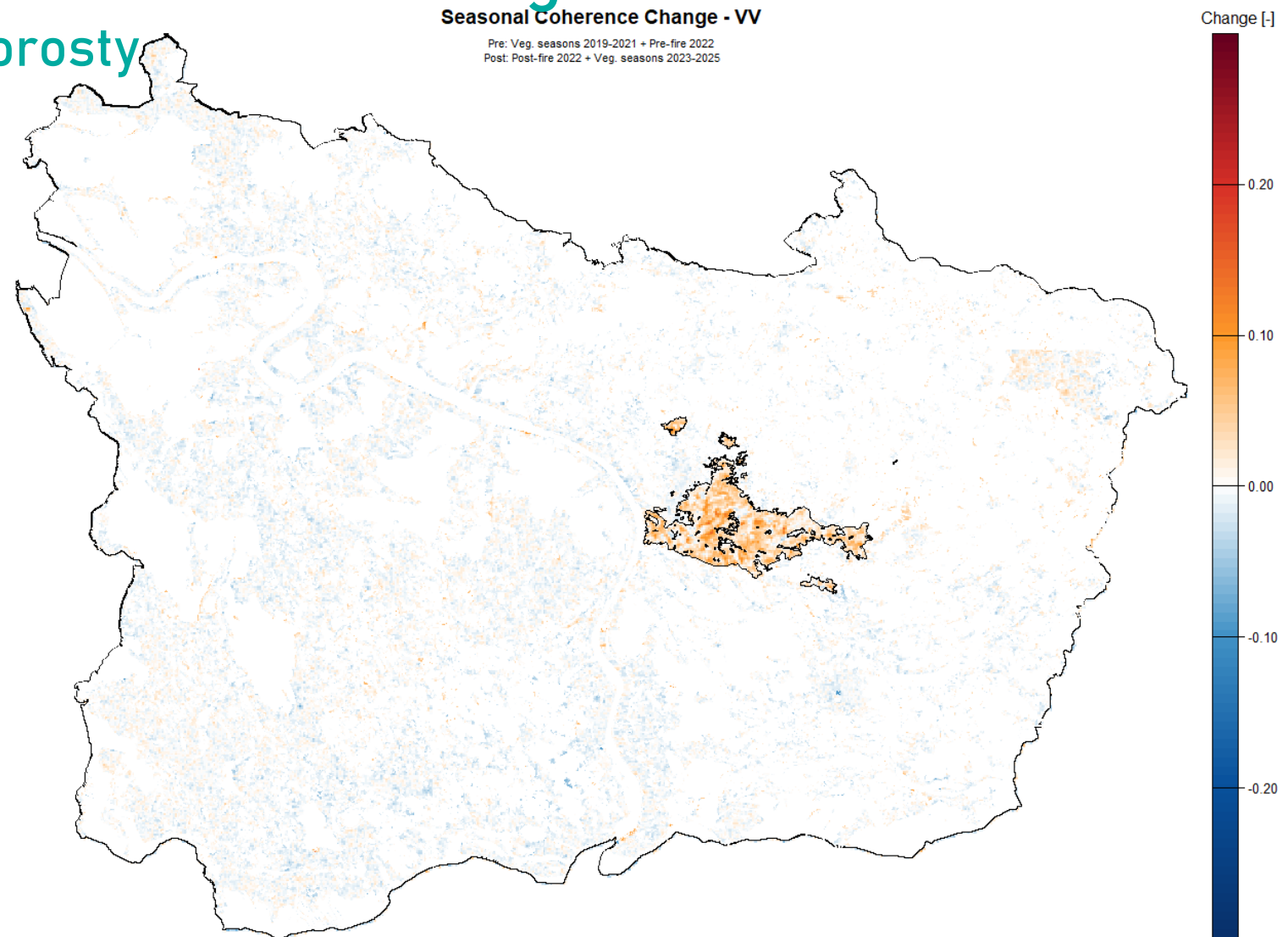
Pre: Veg. seasons 2019-2021 + Pre-fire 2022
Post: Post-fire 2022 + Veg. seasons 2023-2025



(Beetz et al. 2024)

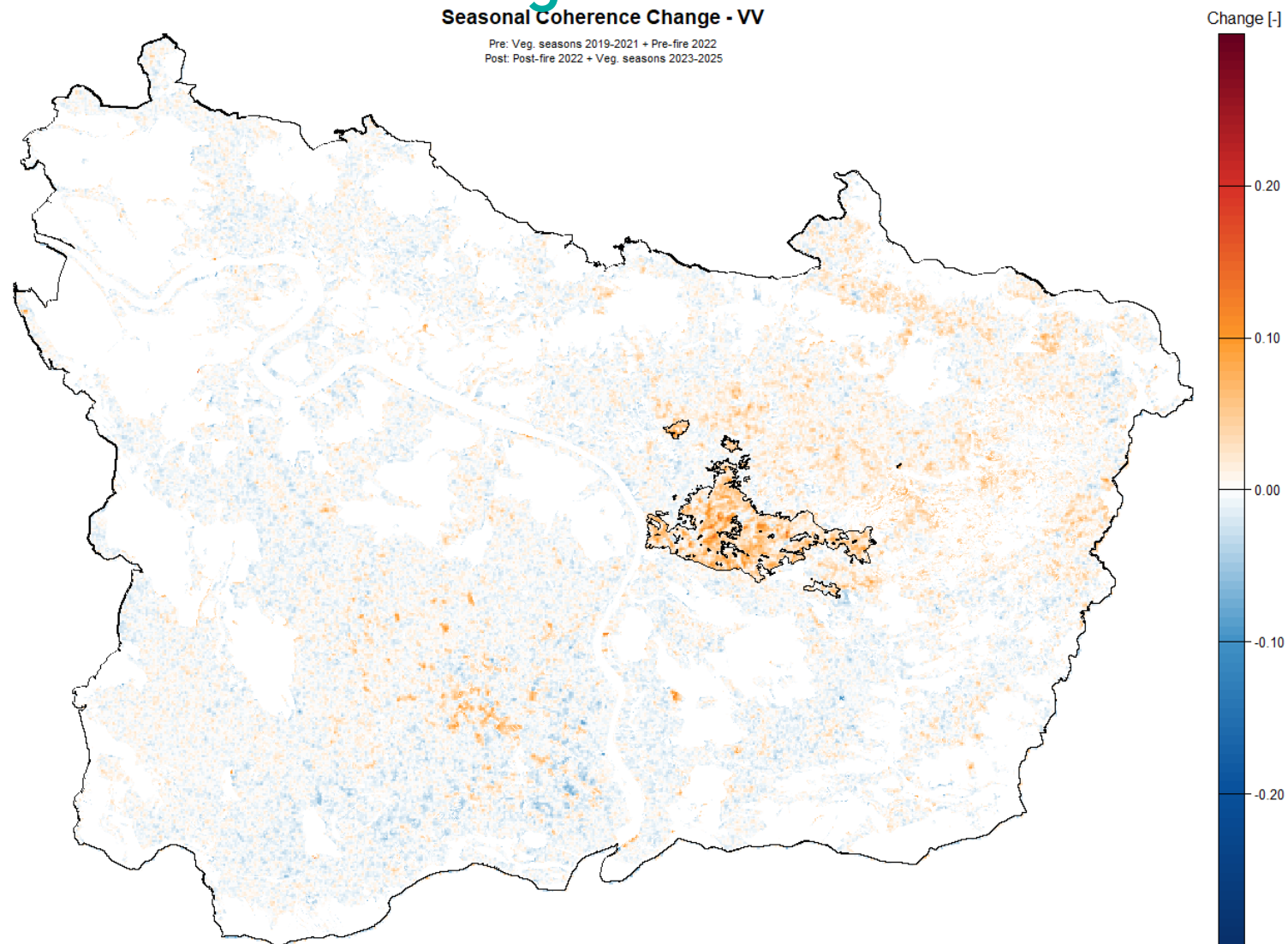
Mean Seasonal Coherence Change

Pouze zdravé lesní porosty



Mean Seasonal Coherence Change

Kůrovcové porosty



Zelená: les zasažený kůrovcem

Požár v Českosaském Švýcarsku a koherence

- Radarová koherence dokáže identifikovat úbytek biomasy
- Otázkou zůstává míra vlivu topografie terénu, či další geometrické nejistoty snímání
- Pro spolehlivé výsledky je vhodná kombinace s dalšími přístupy



Využití InSAR koherence z družice Sentinel-1 pro mapování lesních disturbancí:

Vít Ježek

jezekv@fzp.czu.cz

David Moravec

dmoravec@fzp.czu.cz

Katedra prostorových věd
Fakulta životního prostředí
Česká zemědělská univerzita v Praze