

Merjenje črnega ogljika in njegovih virov ter primeri sodelovanja s slovenskimi občinami

Dr. Martin Rigler

Predstavitev nove evropske direktive o kakovosti zraka
Ljubljana, 27. 5. 2025



AEROSOL
MAGEE SCIENTIFIC

Soavtorji

Dr. Matic Ivančič

Dr. Irena J. Breclj

Dr. Balint Alföldy

Dr. Asta Gregorič



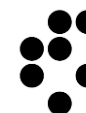
AEROSOL
MAGEE SCIENTIFIC

Projekti:



TIM DD F4CE

Sodelujoče organizacije:



Sodelujoče občine:



Direktiva EU o kakovosti zunanjega zraka

Meritve črnega ogljika

- Znižanje mejnih vrednosti $PM_{2,5}$, PM_{10}
- Poudarek na meritvah nereguliranih parametrov: **eBC**

WHO, 2021

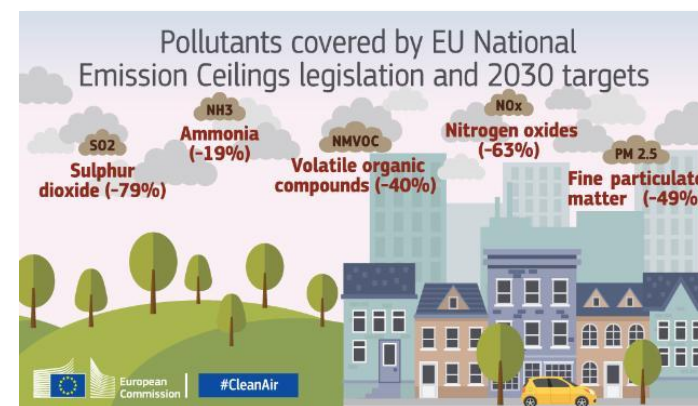


Priporočene vrednosti

Pollutant	Averaging time	AQG level
$PM_{2,5}$, $\mu g/m^3$	Annual	5
	24-hour ^a	15
PM_{10} , $\mu g/m^3$	Annual	15
	24-hour ^a	45

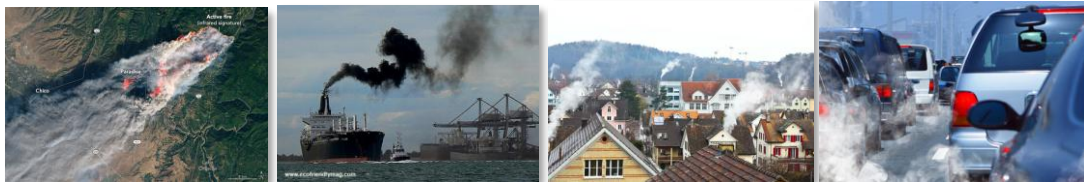
Nova direktiva

Pollutant	Averaging time	AQG level
$PM_{2,5}$, $\mu g/m^3$	Annual	10
	24-hour ^a	25
PM_{10} , $\mu g/m^3$	Annual	20
	24-hour ^a	45



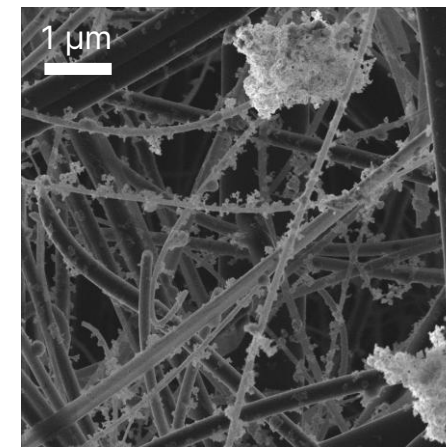
Črni ogljik

- Črni ogljik, del $PM_{2.5}$, nastane pri nepopolnem gorenju fosilnih goriv ali biomase.

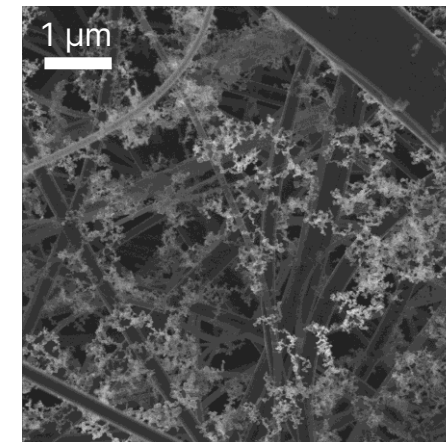


- Je vedno primaren in je dober indikator primarnih emisij kot tudi uspešnosti ukrepov za zmanjševanje onesnaženosti zraka.
- je ena izmed najmočnejših svetlobo absorbirajočih snovi v atmosferi in pomembno prispeva k podnebnim spremembam
- Delci črnega ogljika lahko prodrejo globoko v dihalne poti in povzročajo bolezni dihal in srčno-žilnega sistema.

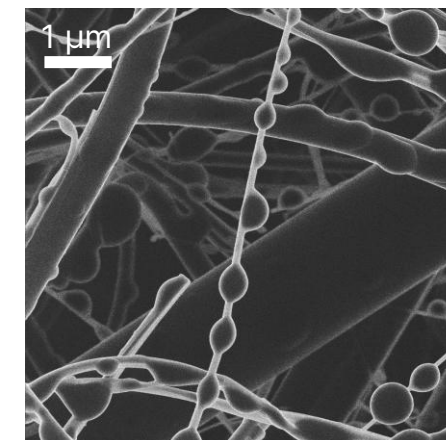
Dizel



Učinkovito
kurjenje
lesa

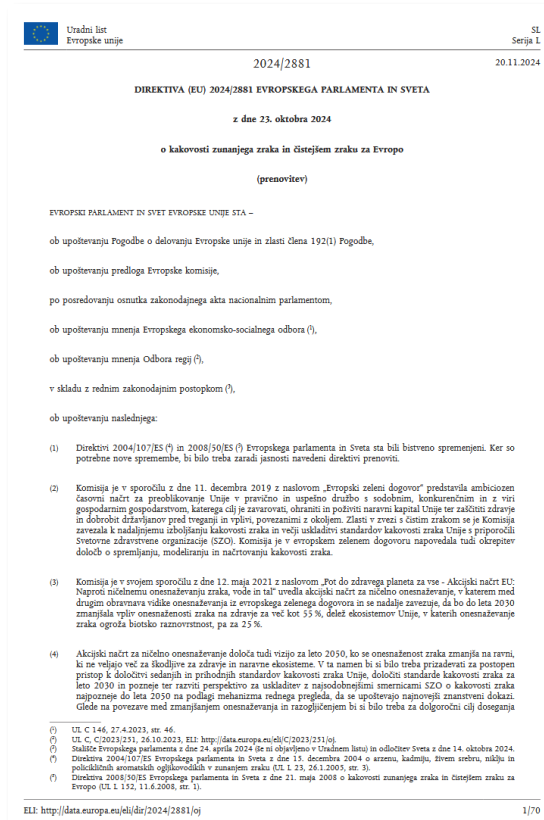


Neučinkovito
kurjenje lesa -
smojenje



Črni ogljik in nova evropska direktiva

- Nova evropska direktiva o kakovosti zraka (2024/2881) zapoveduje obvezne meritve črne ogljika, in sicer:
 - Države članice (DŽ) < 10 milijoni prebivalcev: ena urbana merilna postaja (MP, ozadje) (Število delcev (PNC) + Velikostna porazdelitev delcev (PNSD) + Črni Ogljik (BC)).
 - DČ > 10 milijoni prebivalcev: ena urbana ozadna MP/10mio (PNC + PNSD + BC).
 - DČ z ozemljem med 10.000 in 100.000 km²: ena ruralna MP merilna postaja (PNC + BC).
 - DČ z ozemljem > 100.000 km²: ena ruralna MP/100.000 km² (PNC + BC).



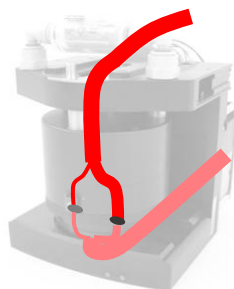
DIREKTIVA (EU) 2024/2881

Črni ogljik in nova evropska direktiva

- ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure) je evropska raziskovalna infrastruktura, namenjena opazovanju in raziskovanju aerosolov in plinov za boljše razumevanje podnebnih sprememb in kakovosti zraka.
- Čeprav standard za vzorčenje in merjenje črnega ogljika še ni določen, ACTRIS priporoča, da se – kjer je ustrezno – spremljanje uskladi s strategijo raziskovalne infrastrukture ACTRIS.
- Edini inštrumenti za merjenje črnega ogljika, ki se še izdelujejo in so usklajeni z ACTRIS, so Aethalometri podjetja Aerosol d.o.o.



Aethalometer



Optična komora



Filtrski trak



AE36



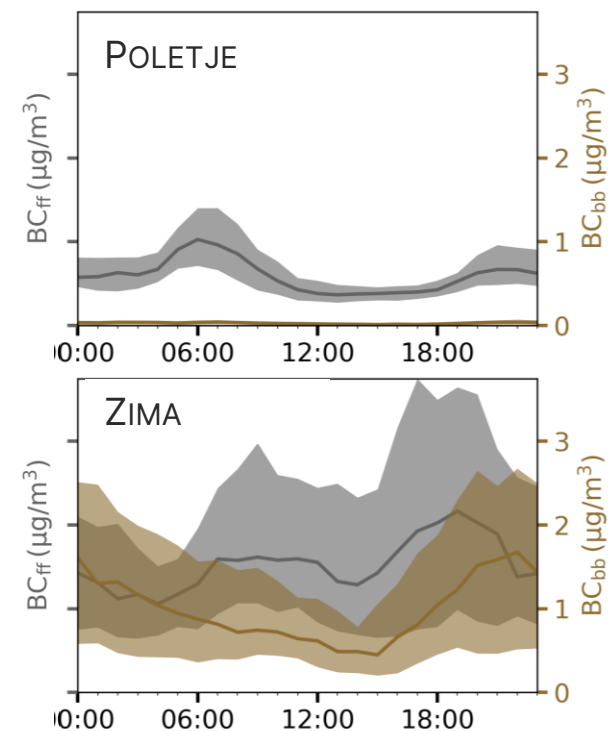
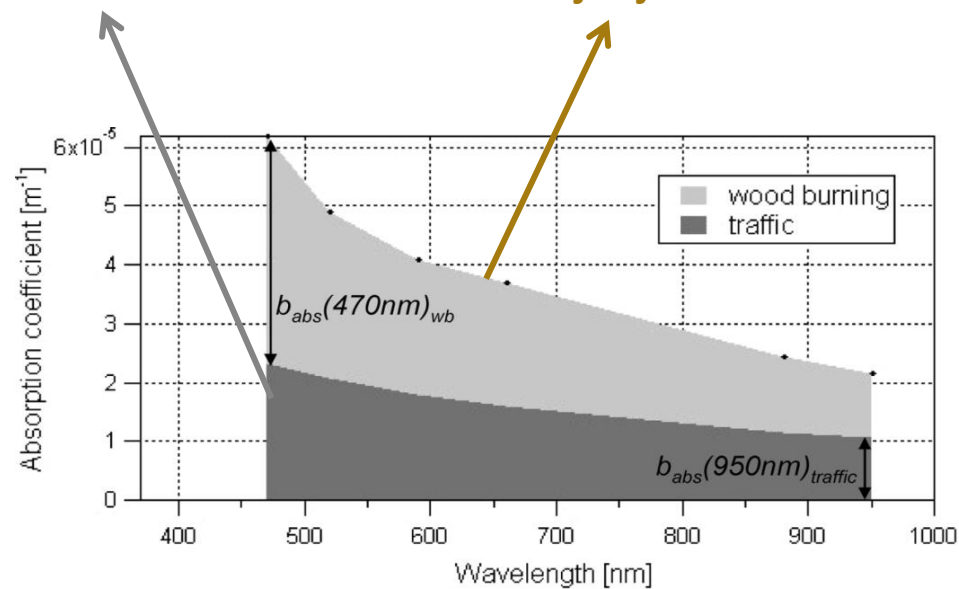
AE36s

Določanje virov črnega ogljika

Optične lastnosti delcev (7 ali 9 valovnih dolžin)

Prometni viri: AAE ≈ 1

Kurjenje lesa: AAE ≈ 2



Vir: Sandradewi et al., 2008

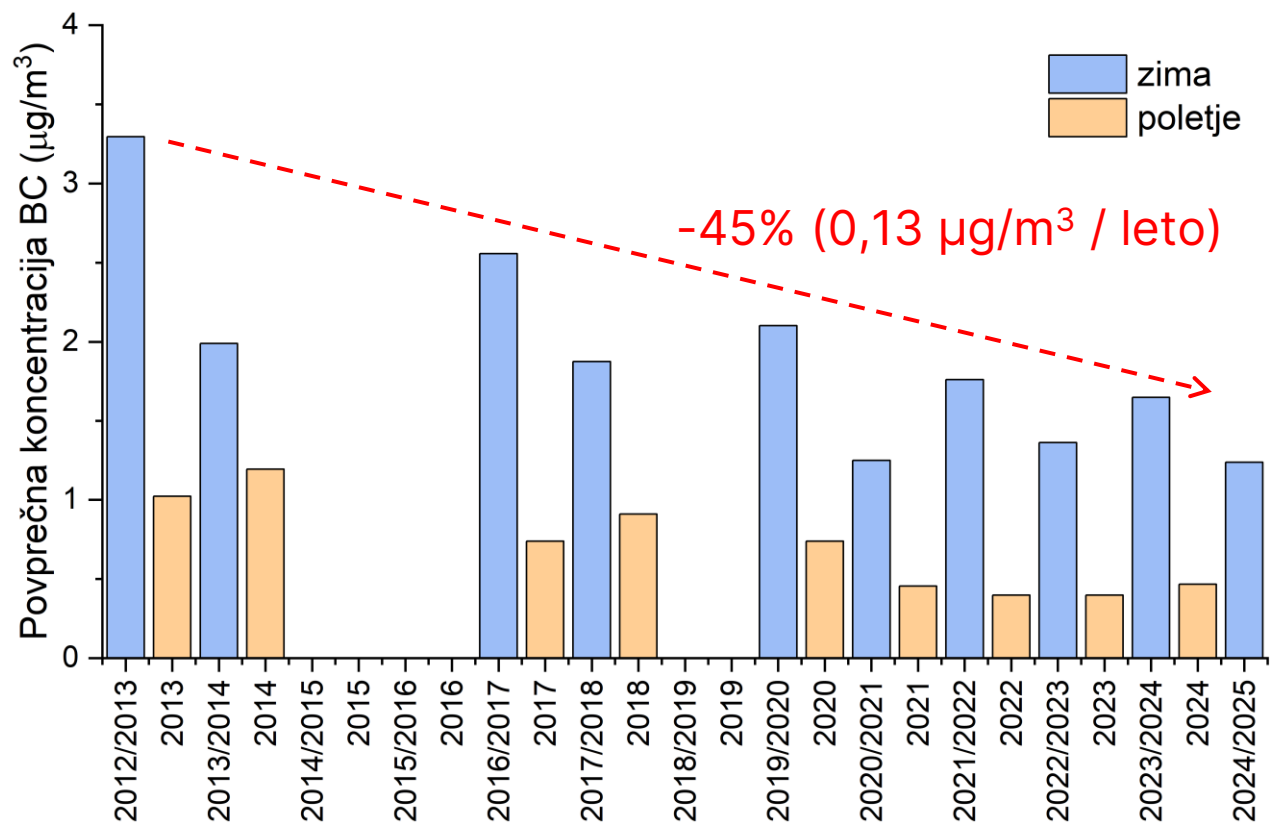


Slovenija – merilne kampanje virov črnega ogljika





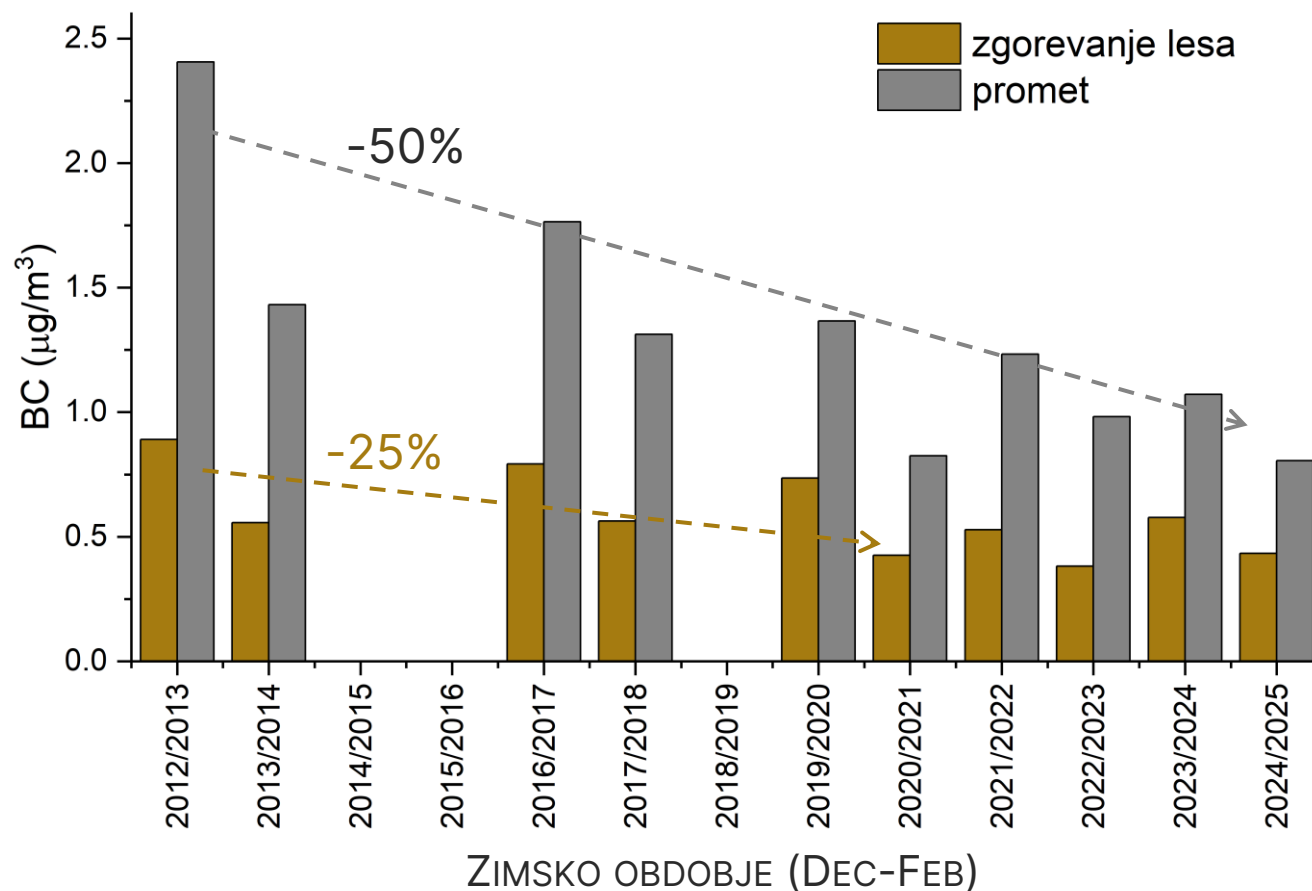
Koncentracije BC v Ljubljani 2012 – 2025 padajo



- Nižanje koncentracij vidno predvsem v zimskih mesecih, ko je redčenje emisij omejeno.

Koncentracije BC v Ljubljani 2012 – 2025 padajo

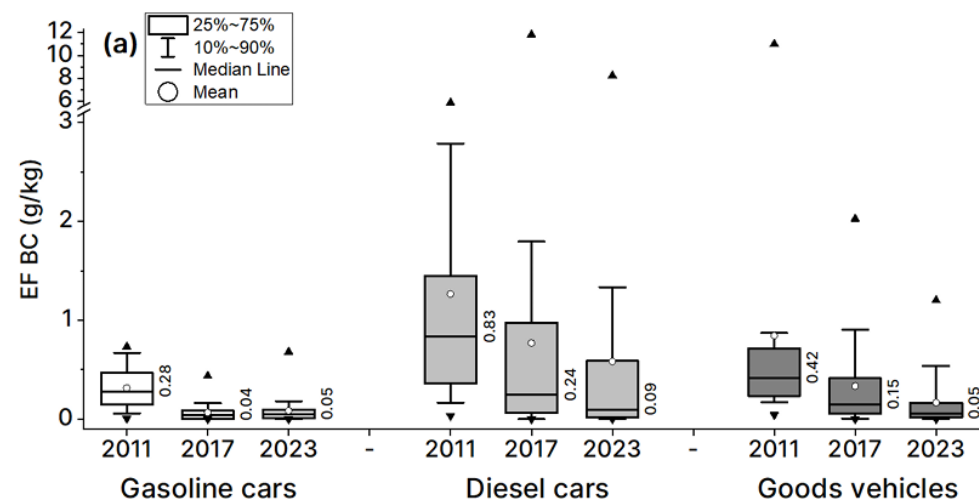
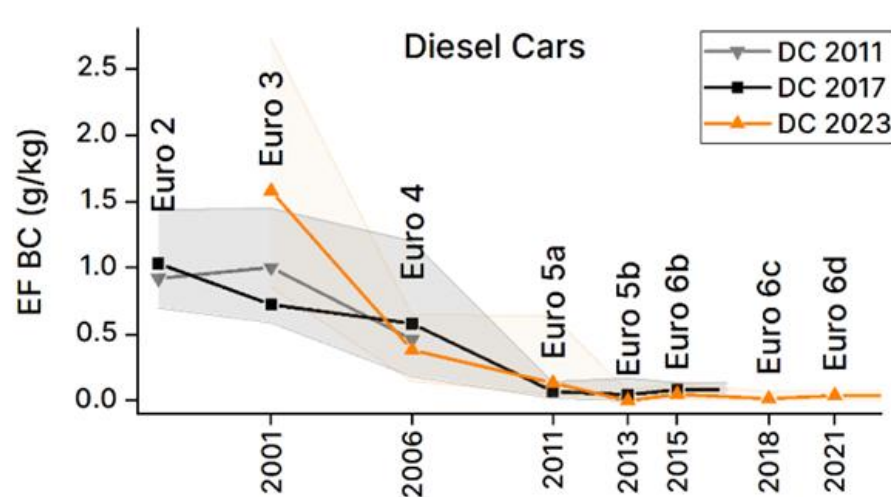
Razlog: nižje emisije BC iz prometa



- Večina znižanja na račun novjših vozil z nižjimi emisijami BC.
- Milejše zime z redkejšim pojavljanjem temperaturnih inverzij.
- V obdobju 2020 – 2025 ni opaznega trenda v koncentracijah BC iz zgorevanja lesa.

Emisijski faktorji BC iz vozil

Meritve EF z zasledovanjem vozil



Večina znižanja na račun novjših vozil z nižjimi emisijami BC.

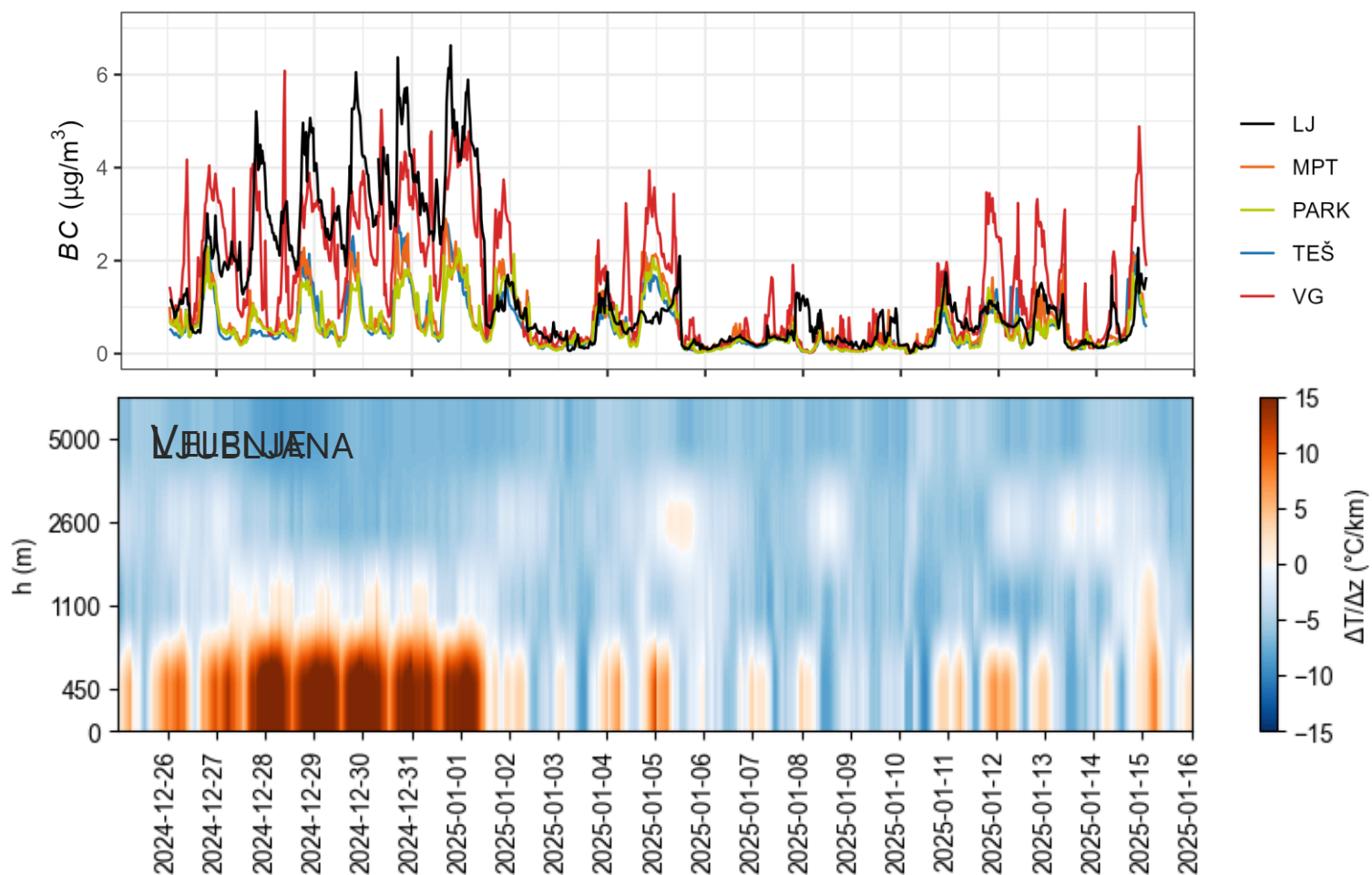
Meritve BC v Mestni občini Velenje

Februar 2024 -



Časovni potek koncentracij BC (Ljubljana – Velenje)

Vpliv meteorologije

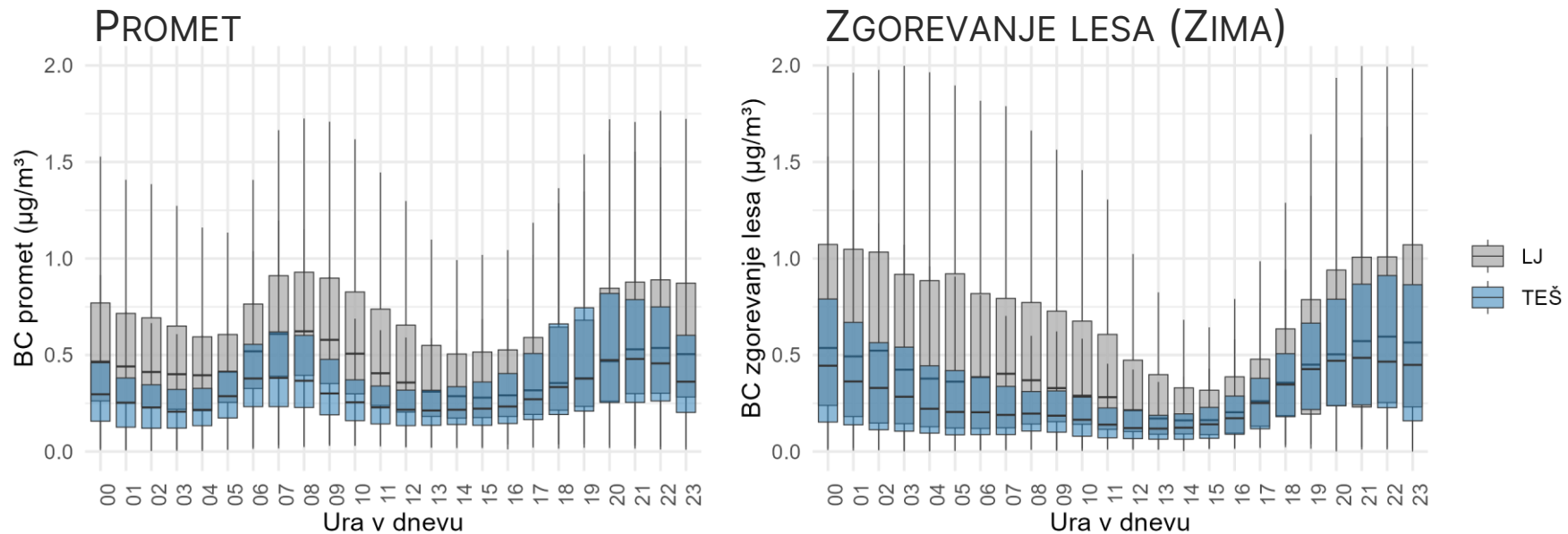


- Vinska Gora: Lokalni viri pomembno vplivajo na koncentracije BC.
- Neprekinjena temperaturna inverzija povzroči kopičenje onesnaževal v Ljubljanski kotlini.



Primerjava med Ljubljano in Velenjem

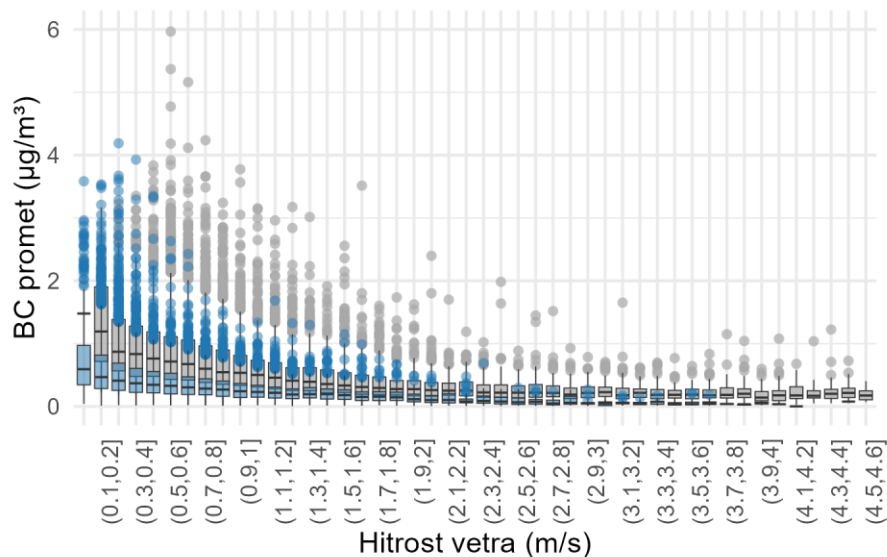
Feb 2024 – Feb 2025



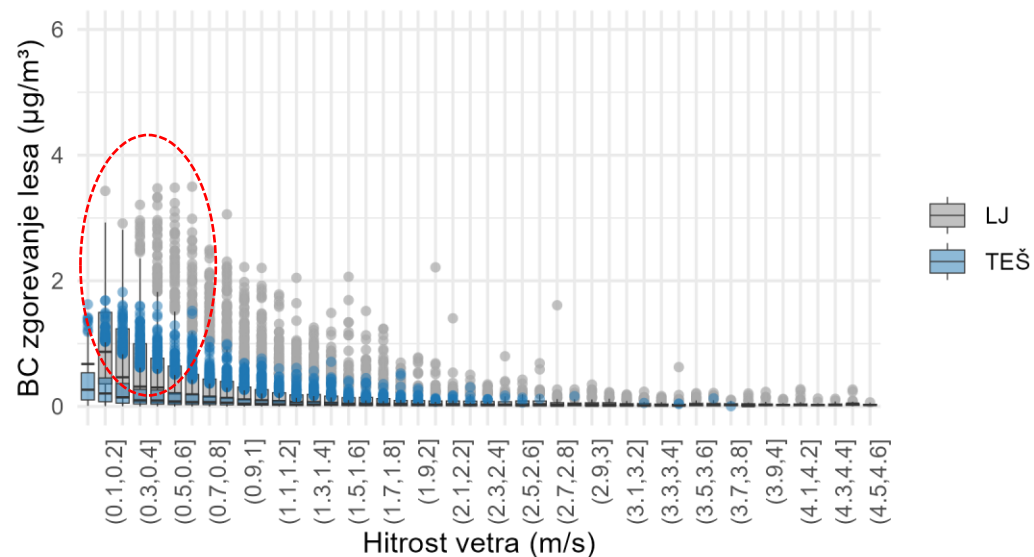
Primerjava med Ljubljano in Velenjem

Veter: v stabilnih razmerah so koncentracije višje

PROMET



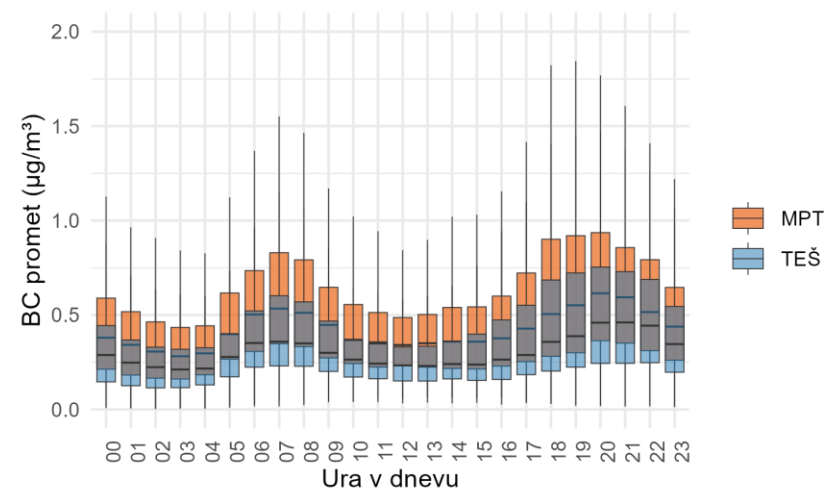
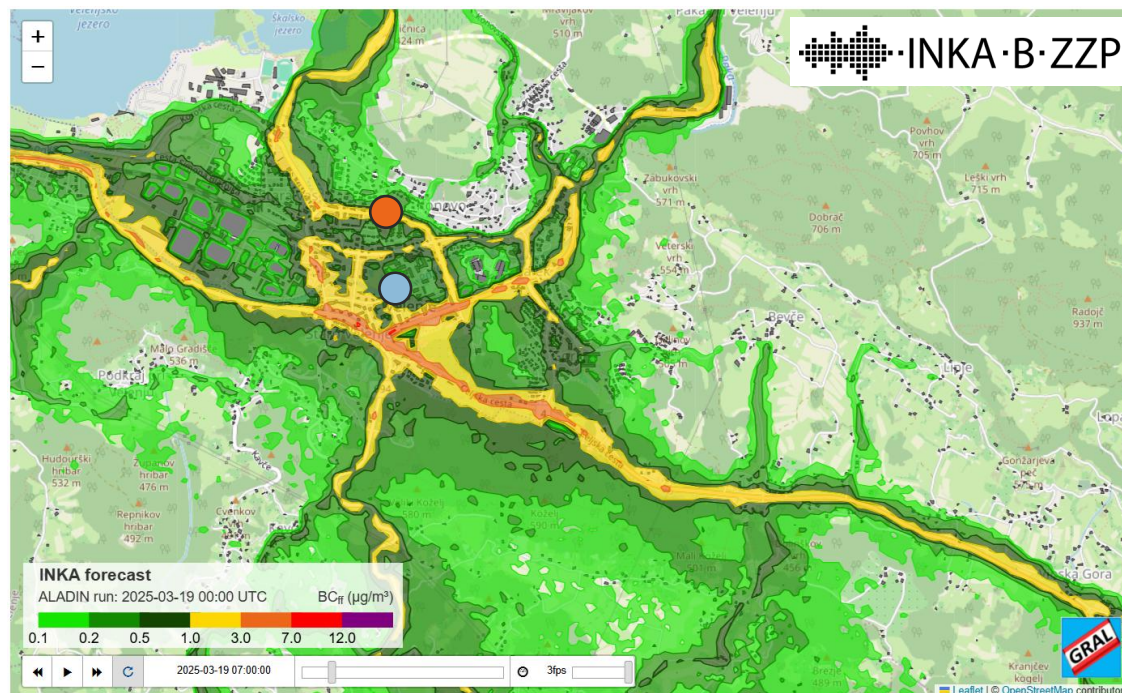
ZGOREVANJE LESA



V najbolj stabilnih obdobjih koncentracije BC iz zgorevanja lesa v Ljubljani dosežejo okrog $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v Velenju pa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

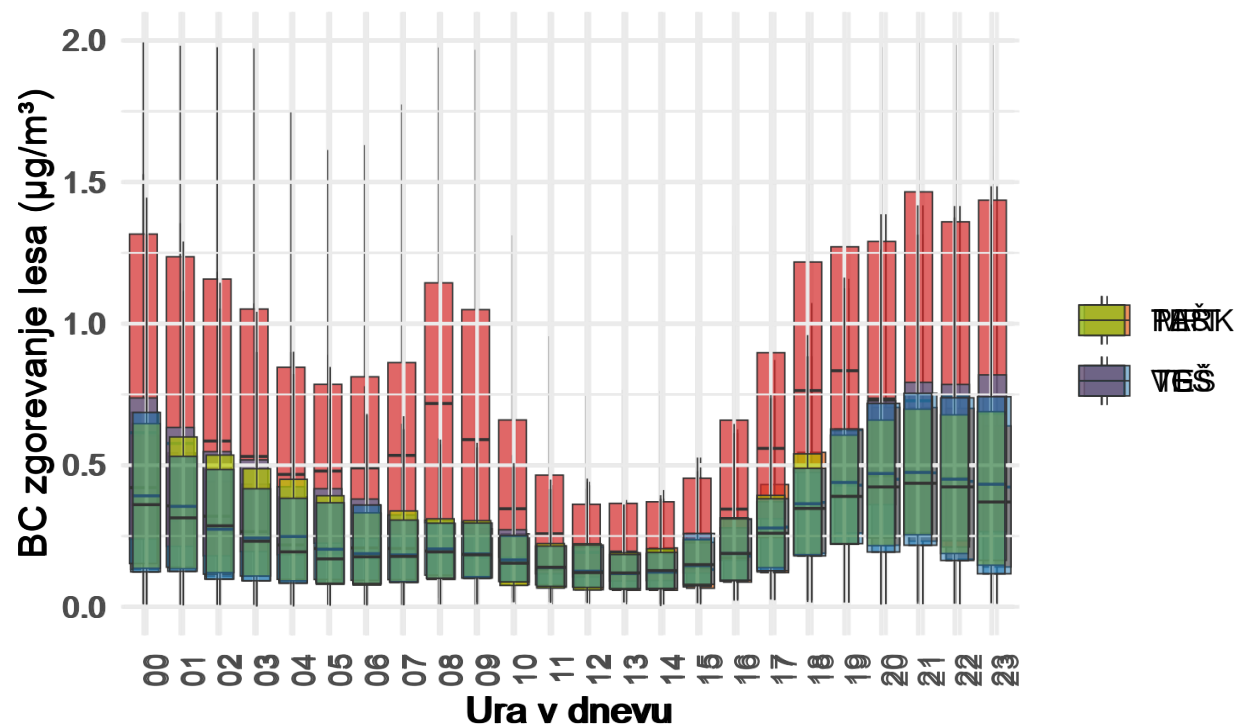
Prispevek virov BC v Velenju in okoliških krajih

Vpliv prometnih virov na porazdelitev koncentracij BC v mestu



Prispevek zgorevanja lesa ni zanemarljiv

Vpliv okoliških naselij



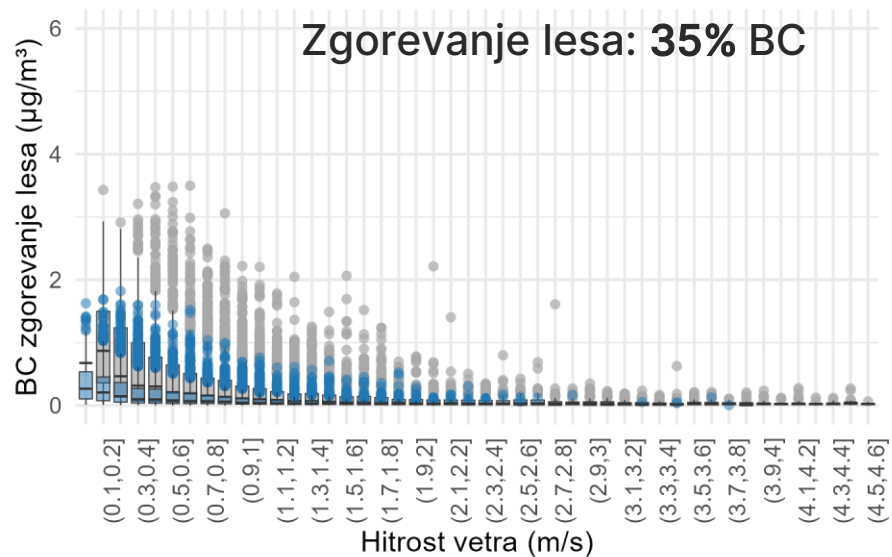
- Lesni dim je enakomerno porazdeljen po mestu (30% – 40% BC).
- Velik vpliv lokalnih emisij zraka v okoliških naseljih (primer: Vinska Gora).



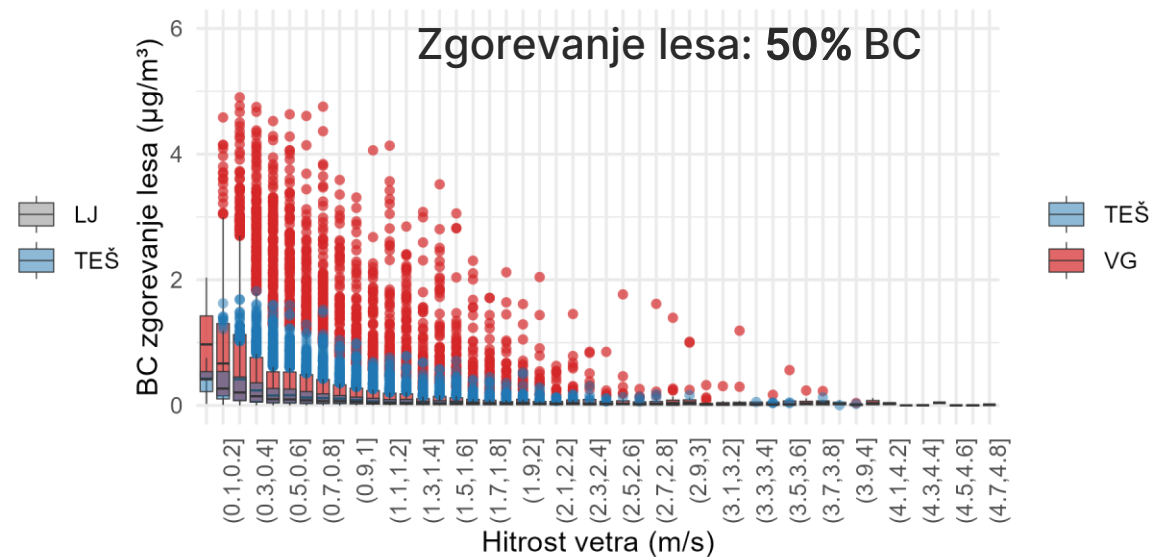
Primerjava med Ljubljano in Vinsko Goro

Zima 2024/25

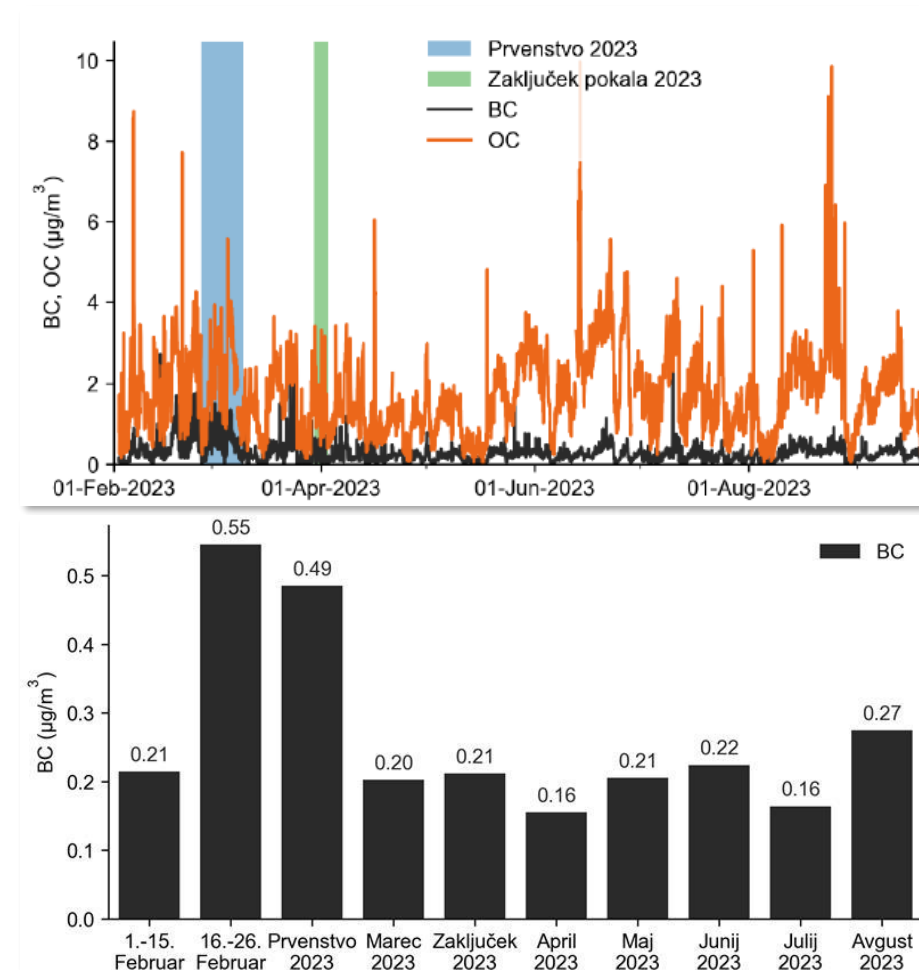
LJUBLJANA



VINSKA GORA

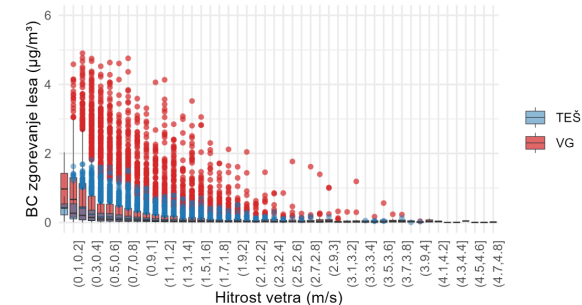
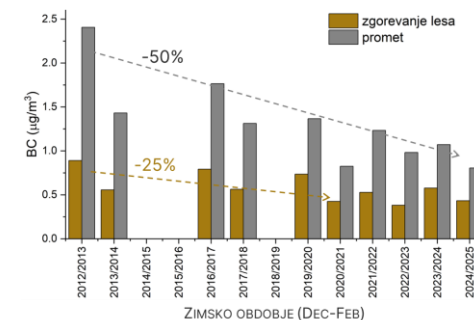


Turizem in onesnaženje zraka SP v Planici 2023



Zaključki

- Koncentracije BC v Ljubljani so se od leta 2012 **znižale za 45%**, v večji meri zaradi strožjih emisijskih standardov vozil.
- Prispevek kurjenja lesa za ogrevanje ostaja konstanten v zadnjih 5 letih. Pomembno prispeva k ogljičnim delcem.
- **Lokalni viri** emisij iz zgorevanja lesa ključno vplivajo na kakovost zraka tudi v manjših naseljih/vaseh.



Hvala za pozornost!

mrigler@aerosolmageesci.com

Zahvala:

- Ana Kočar, Mestna občina Velenje
- INKA-B-ZZP (DEMO-PILOTI) financira Evropska Unija - NextGenerationEU



Financira
Evropska unija
NextGenerationEU



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSTVO,
TURIZEM IN ŠPORT

