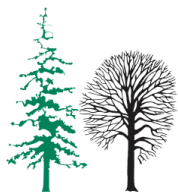


Potencialna razširjenost navadne bukve v Sloveniji glede na različne scenarije podnebnih sprememb do konca 21. stoletja

Nikica OGRIS

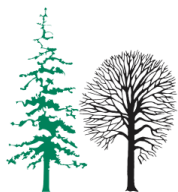
16. Slovensko posvetovanje o varstvu rastlin, 6. marec 2024, Bohinjska Bistrica



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE

Cilj

- Razviti model naravne razširjenosti navadne bukve (*Fagus sylvatica*) v Sloveniji in na njegovi podlagi narediti projekcijo potencialne razširjenosti navadne bukve do konca 21. stoletja glede na različne scenarije podnebnih sprememb.
- Odvisno spremenljivko v modelu je predstavljala prisotnost ali odsotnost bukve v modelski celici (binarna spremenljivka).
- Ker areal navadne bukve presega območje Slovenije, smo morali razviti model, ki pokriva cel areal navadne bukve. Na njegovi osnovi pa smo potem napovedali potencialno razširjenost navadne bukve v Sloveniji v prihodnosti glede na štiri scenarije podnebnih sprememb in štiri obdobja 2021–2100.



Metode dela

- Naravno razširjenost navadne bukve v Evropi smo pojasnjevali z neodvisnimi spremenljivkami, ki opisujejo podnebje in tla = ki jih je uporabil tudi projekt EU-Trees4F
- Prostorska ločljivost
 - Evropa: 5 ločnih minut (ok. 10 km)
 - Slovenija: 1 km

Spremenljivka

Ime spremenljivke

povprečna letna temperatura (°C)

BIO1

poletna temperatura (°C)

BIO10

kontinentalnost (°C)

BIO7

povprečna letna količina padavin (mm/leto)

BIO12

povprečna količina padavin pozimi (mm)

BIO19

povprečna količina padavin poleti (mm)

BIO18

sezonskost padavin

BIO15

pH tal (0–15 cm)

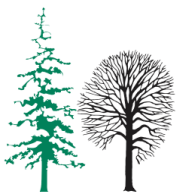
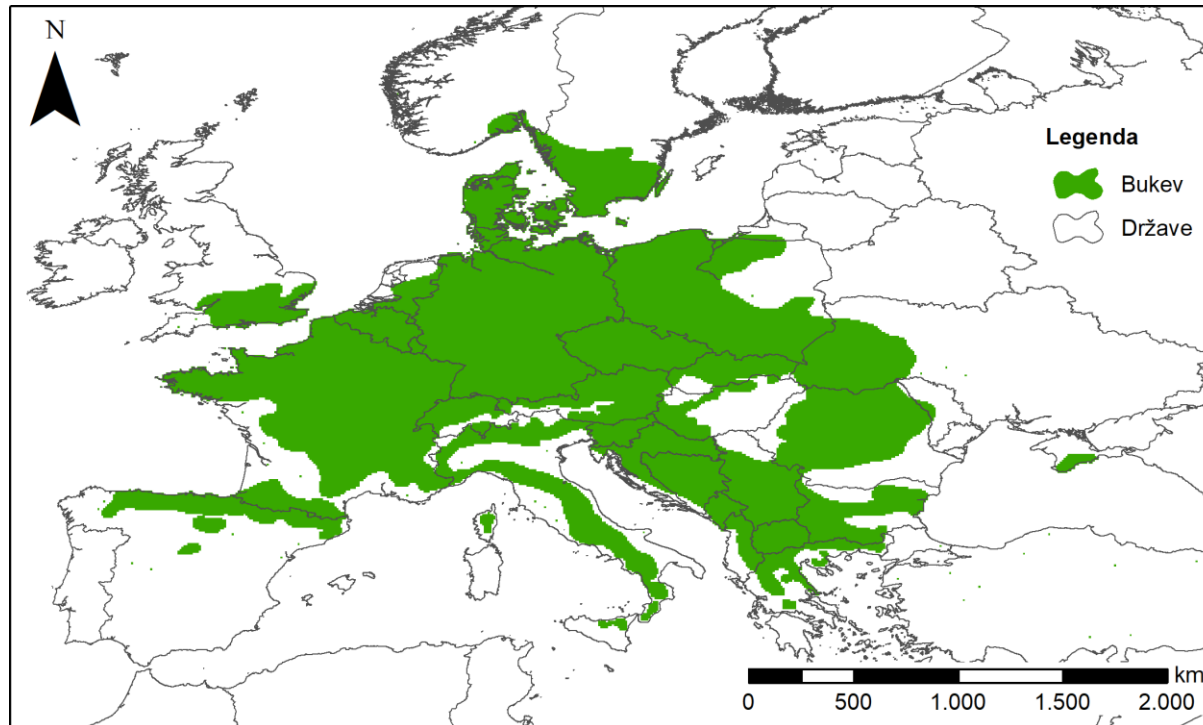
tla_ph

vsebnost organskega ogljika v tleh (0–15 cm)

tla_oc

Metode dela

Odvisno spremenljivko je predstavljala naravna razširjenost navadne bukve. Areal razširjenosti navadne bukve smo črpali iz prostorske podatkovne zbirke, tj. kartah arealov drevesnih vrst v Evropi.



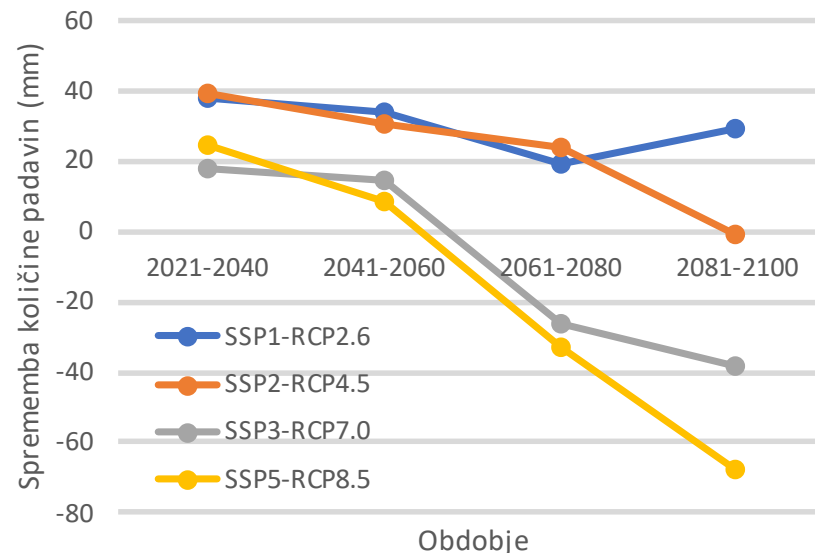
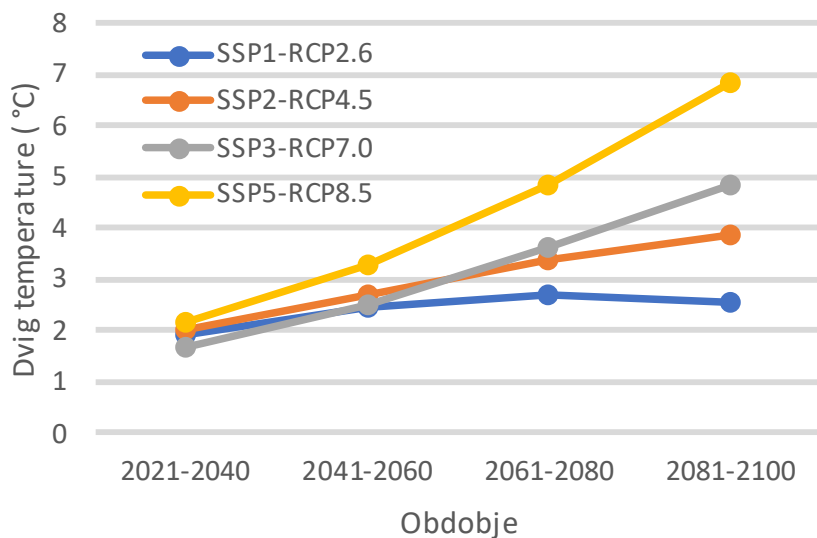
Metode dela

- Model naravne razširjenosti bukve smo razvili s šestimi modelskimi pristopi v programski opremi R s knjižnico BIOMOD2:
 - GLM (ang. Generalized Linear Models),
 - GAM (ang. Generalized Additive Models),
 - GBM (ang. Generalized Boosting Models, Boosted Regression Trees),
 - MARS (ang. Multiple Adaptive Regression Splines),
 - MAXENT (ang. Maximum Entropy) in
 - RF (ang. Random Forest).
- Dodatno smo razvili skupen model z združitvijo posameznih modelov.
- Končne rezultate smo prikazali samo za območja, kjer je trenutno gozd.
- Modele smo preverjali z 10-kratno navzkrižno validacijo (ang. cross-validation).
- Rezultate validacije smo predstavili s kazalnikom TSS (ang. True Skill Statistics).
 - $TSS = \text{občutljivost} + \text{specifičnost} - 1$.

Metode dela

Napoved potencialne razširjenosti navadne bukve smo izračunali s skupnim modelom

- za štiri scenarije SSP-RCP (RCP2.6, RCP4.5, RCP7.0, RCP8.5) in
- devet GCM: CNRM-CM6-1, CNRM-ESM2-1, EC-Earth3-Veg-LR, FIO-ESM-2-0, GISS-E2-1-H, HadGEM3-GC31-LL, IPSL-CM6A-LR, MIROC6, MPI-ESM1-2-LR.

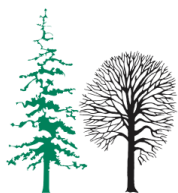


Zanesljivost modelov

- Vse vrste modelov so imele $TSS > 0,70$. Zato so bili vsi modeli vključeni v skupen model za napoved potencialne razširjenosti navadne bukve.
- Najbolj zanesljiva vrsta modela je bila RF, ki je imela TSS vrednost enako 0,96. Na drugem mestu je bila skupina modelov GBM, MARS in GLM, ki so imeli podobno zanesljivost. Nekoliko slabše ampak še vedno zadovoljivo sta se odrezala modela MAXENT in GAM.
- Skupen model je imel $TSS = 0,88$.

	GAM	GBM	GLM	MARS	MAXENT	RF	Skupen model
TSS*	0,75	0,83	0,81	0,83	0,77	0,96	0,88

*Povprečna ocena za 10 ponovitev v okviru 10-kratne navzkrižne validacije.



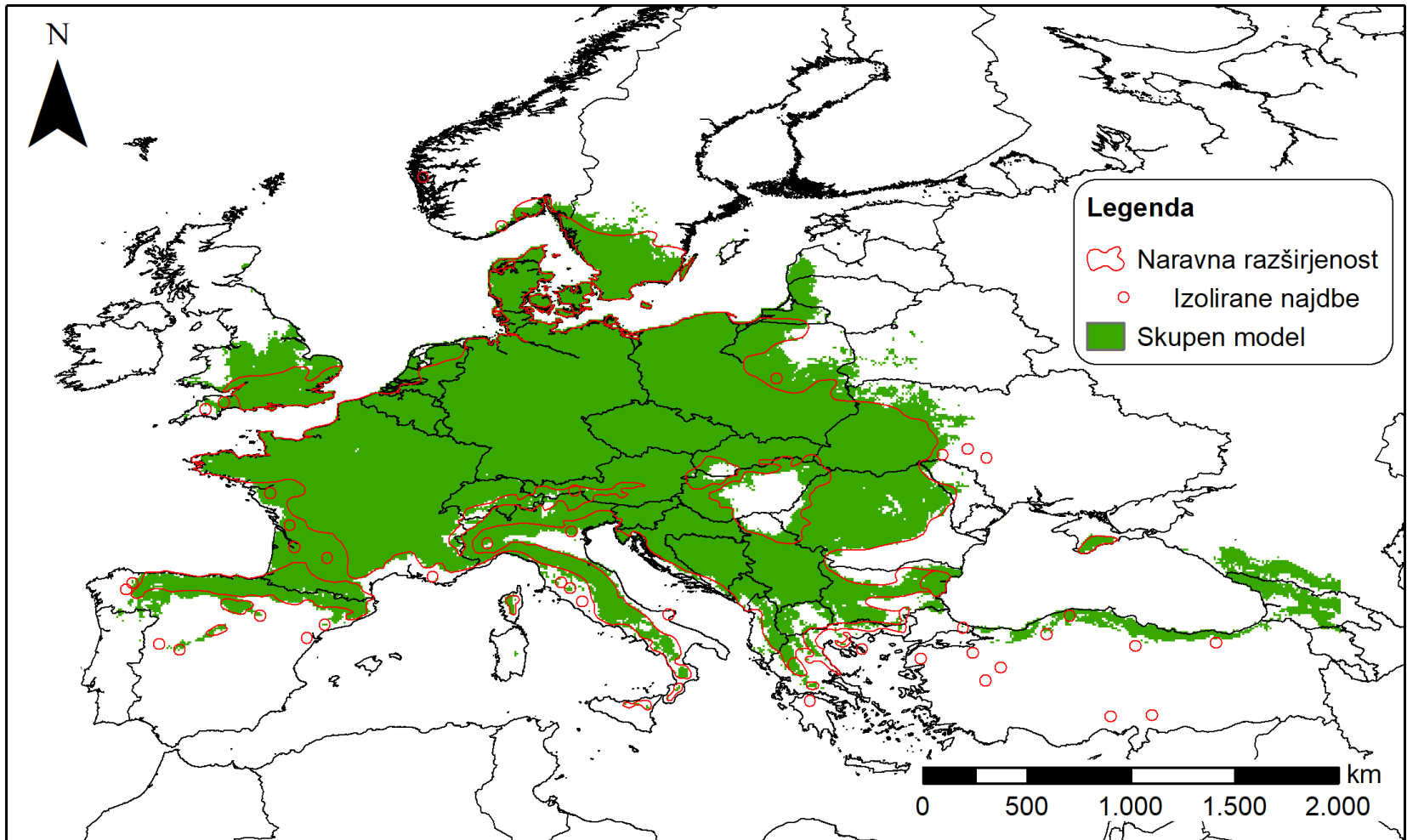
Pomembnost spremenljivk

Najpomembnejše pojasnjevalne spremenljivke so bile kontinentalnost (razlika med temperaturo zraka najtoplejšega meseca in najhladnejšega meseca), vsebnost organskega ogljika v tleh, povprečna letna količina padavin in povprečna letna temperatura zraka.

Spremenljivka	Povp.	Min	Maks.	St. odkl.
kontinentalnost	0,31	0,23	0,41	0,06
vsebnost organskega ogljika v tleh	0,26	0,08	0,43	0,12
povprečna letna količina padavin	0,23	0,00	0,45	0,18
povprečna letna temperatura	0,22	0,06	0,37	0,10
povprečna količina padavin pozimi	0,15	0,00	0,29	0,12
poletna temperatura	0,10	0,00	0,26	0,08
pH tal	0,06	0,00	0,11	0,04
povprečna količina padavin poleti	0,06	0,02	0,12	0,04
sezonskost padavin	0,05	0,01	0,11	0,04

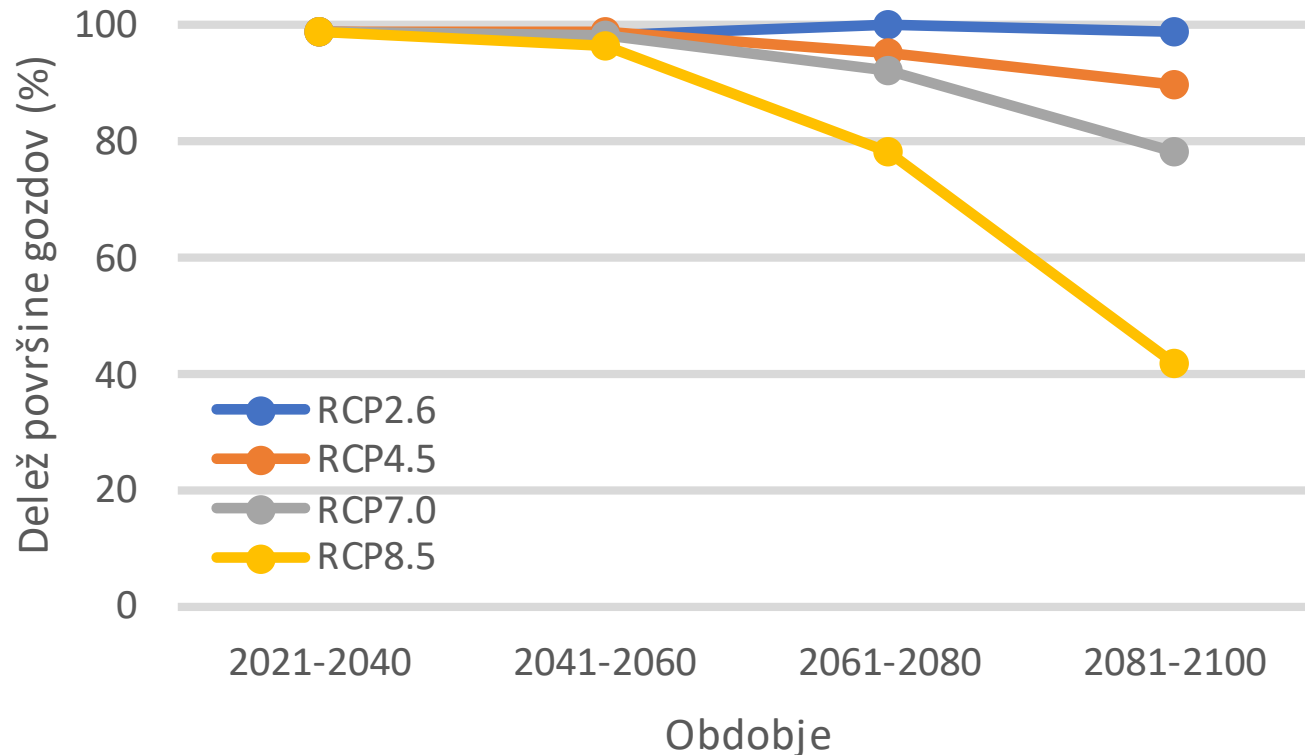
Potencialna razširjenost navadne bukve v referenčnem obdobju

Skupen model je precej dobro napovedal potencialno razširjenost navadne bukve v Evropi v referenčnem obdobju 1970–2020, kar je odraz relativno visoke zanesljivosti skupnega modela



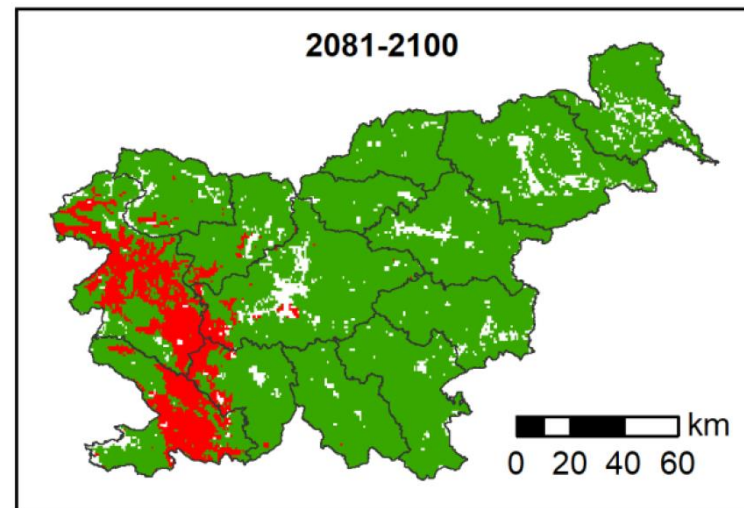
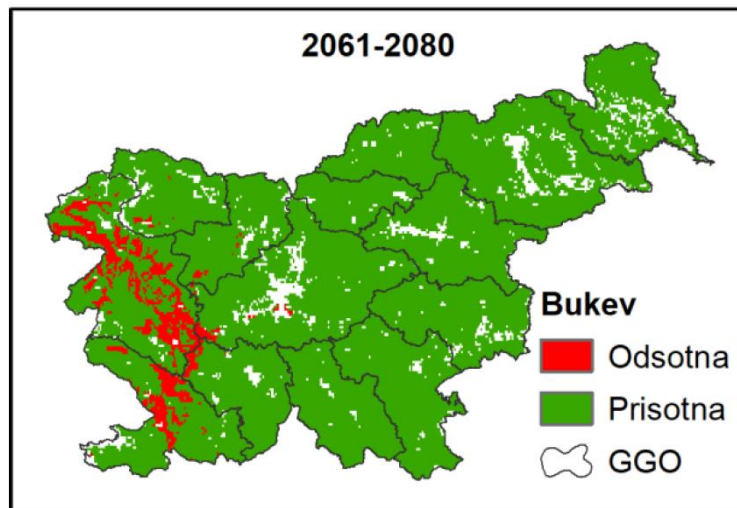
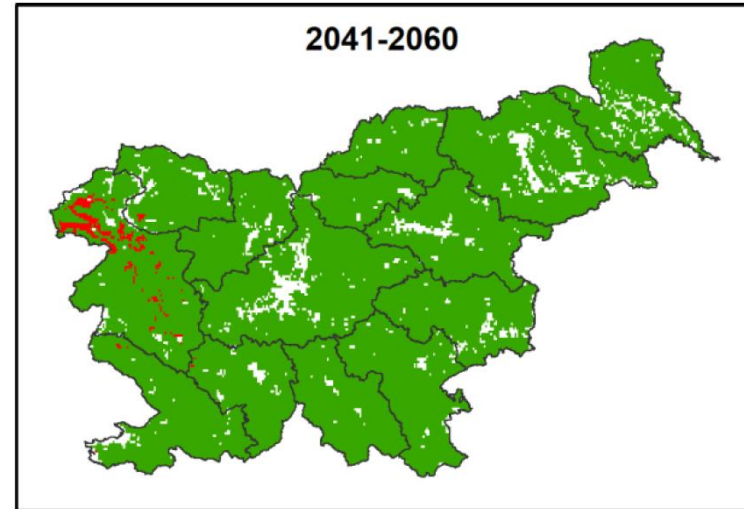
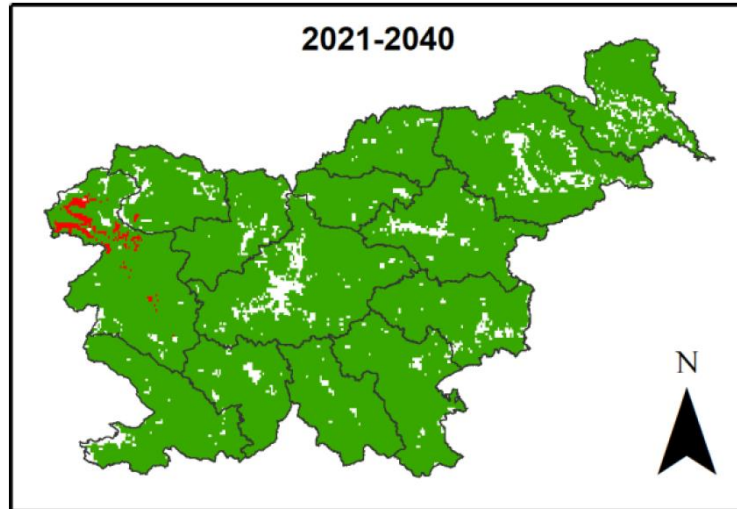
Potencialna razširjenost navadne bukve v prihodnosti

- V obdobjih 2021–2040 in 2041–2060 bo potencialna razširjenost navadne bukve glede na napovedi ansambla modelov ostala na takšni ravni kot v referenčnem obdobju 1970–2000, tj. pojavljala se bo po vsej Sloveniji.
- Ansambel modelov je napovedal, da se bo potencialna razširjenost navadne bukve verjetno pričela zmanjševati po letu 2060.



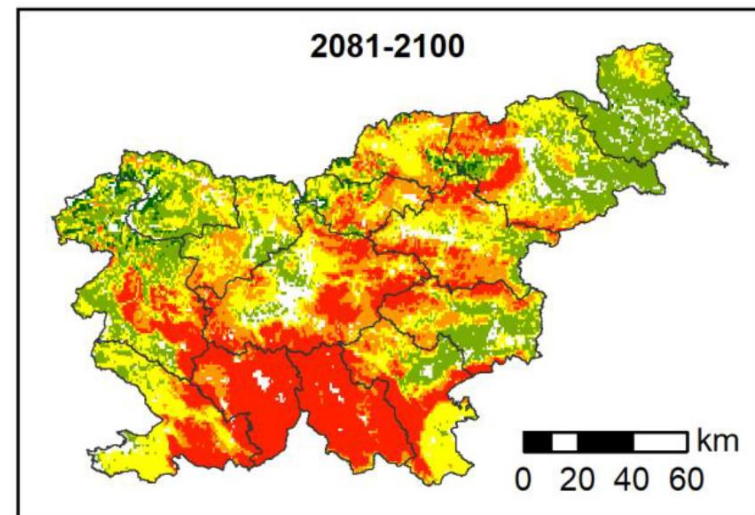
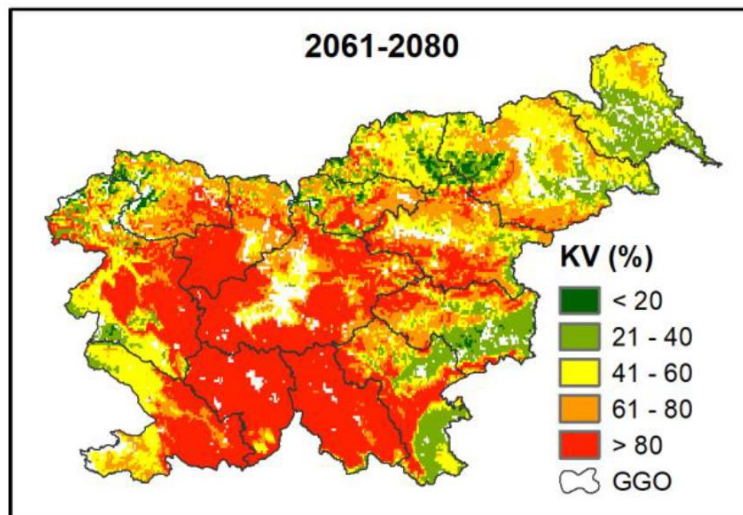
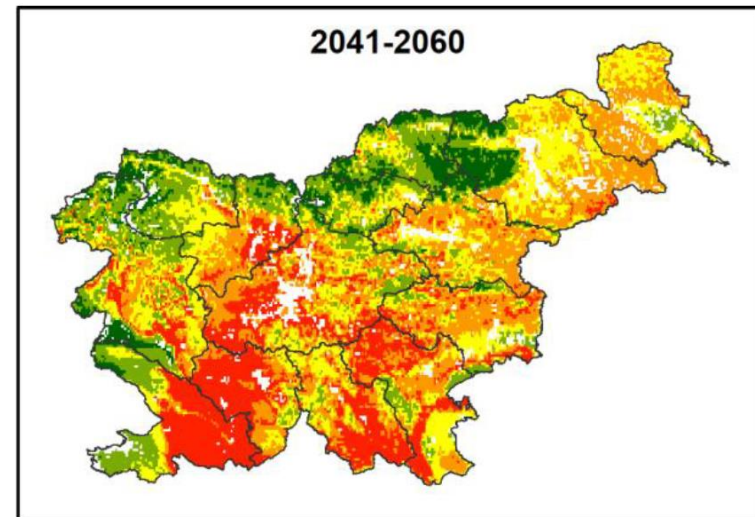
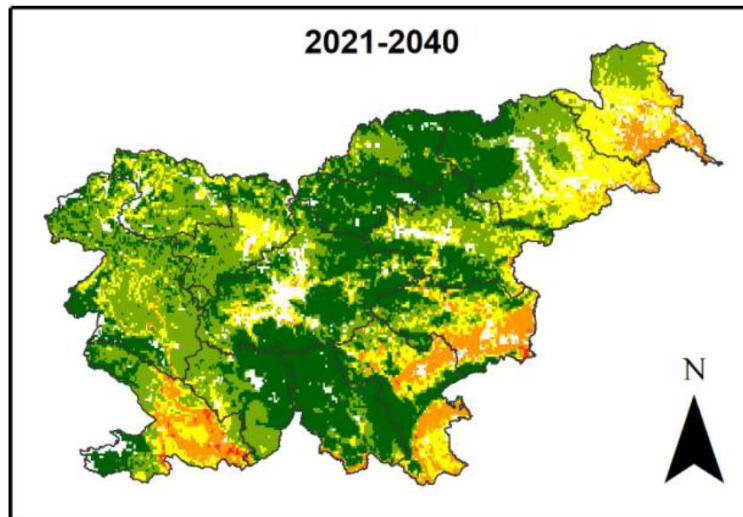
Potencialna razširjenost navadne bukve - RCP 4.5

Bukev je na JZ Slovenije na robu svojega areala, zato se bo predvidoma potencialno krčenje njene razširjenosti pričelo iz te smeri.



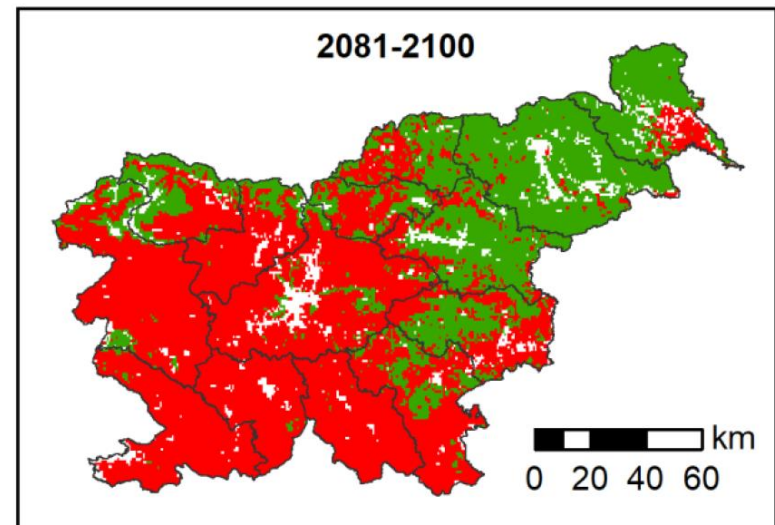
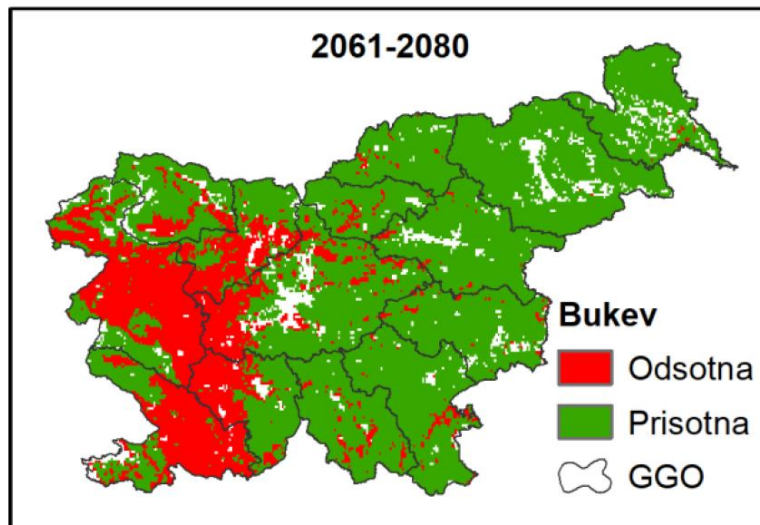
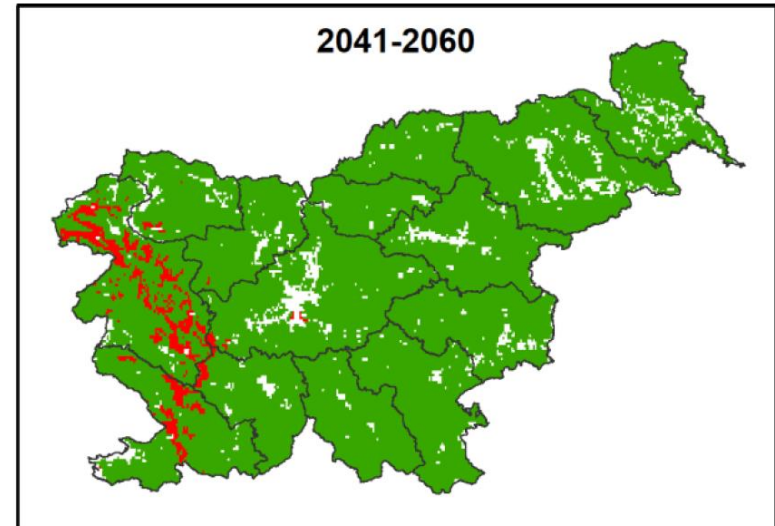
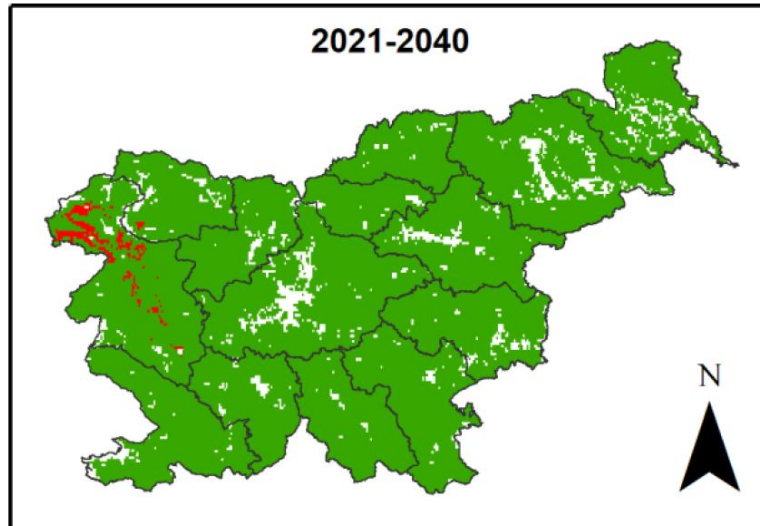
Zanesljivost napovedi - RCP 4.5

Koeficient variacije napovedi na odločenih območjih visok, kar kaže na visoko variabilnost napovedi različnih GCM in s tem manjšo zanesljivost



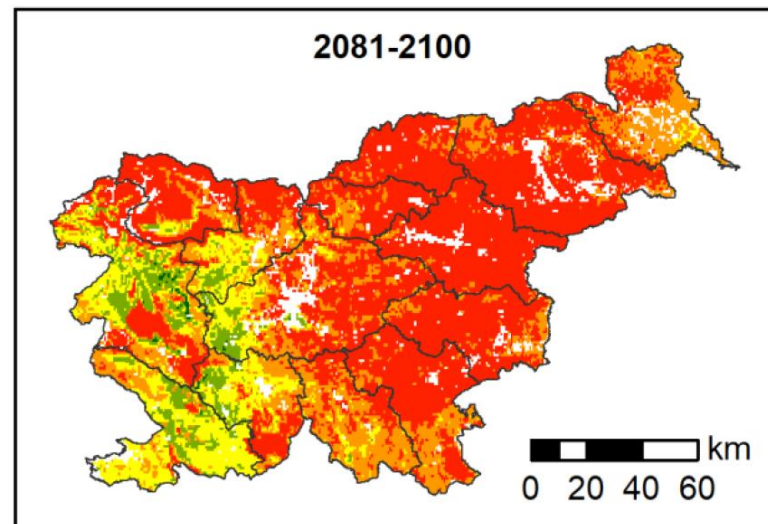
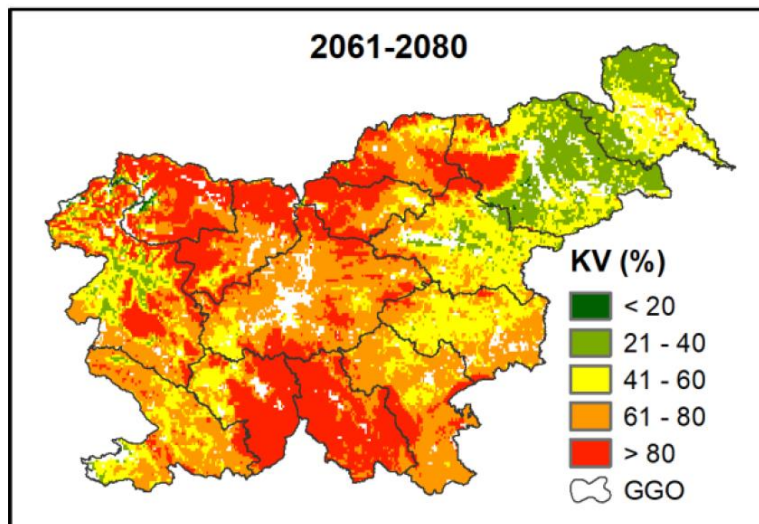
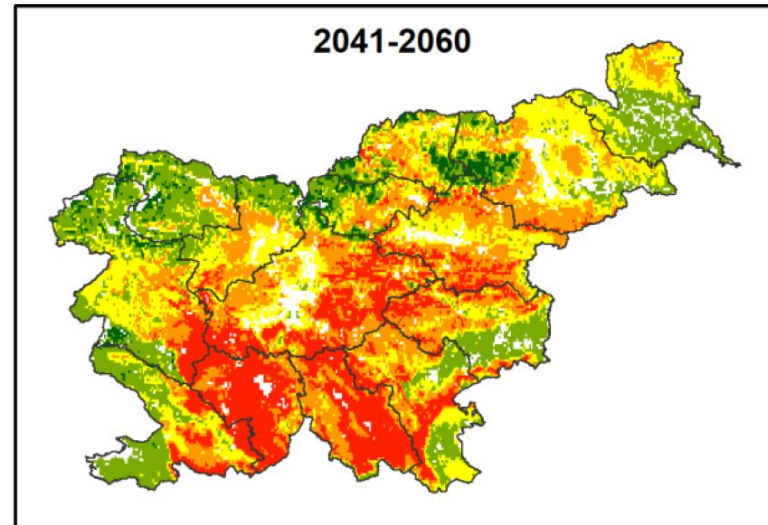
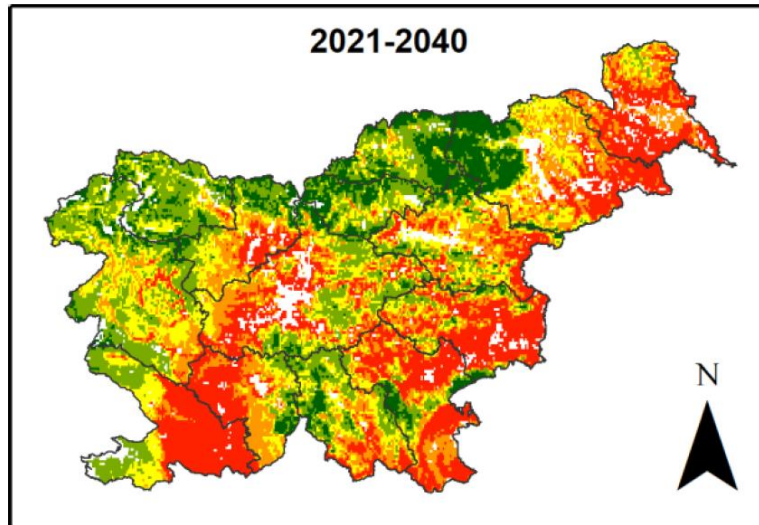
Potencialna razširjenost navadne bukve RCP 8.5

Po scenariju RCP8.5 se bo potencialna razširjenost navadne bukve krčila hitreje in intenzivneje kot po RCP4.5



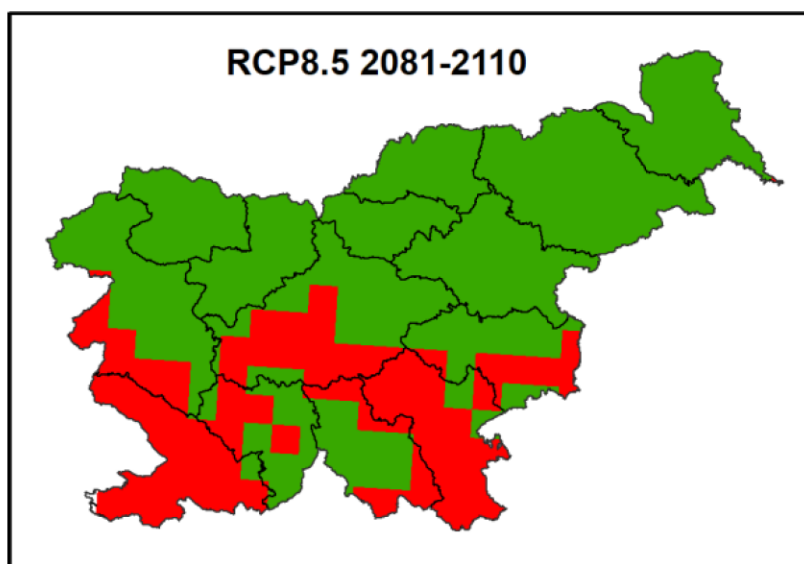
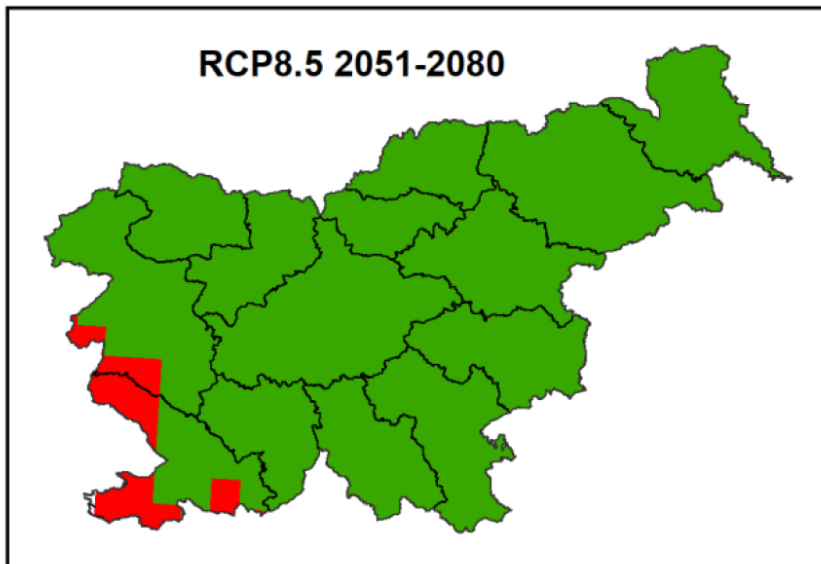
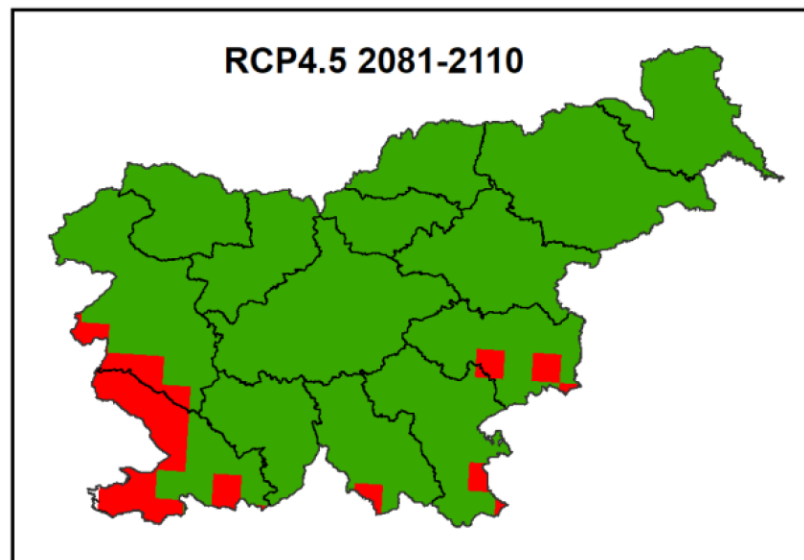
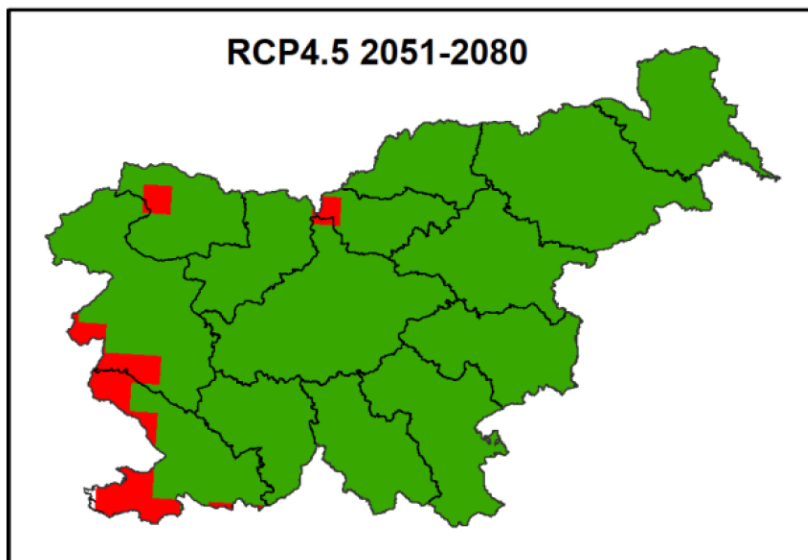
Zanesljivost napovedi RCP 8.5

Koeficient variacije napovedi na določenih območjih visok, kar kaže na visoko variabilnost napovedi različnih GCM in s tem manjšo zanesljivost



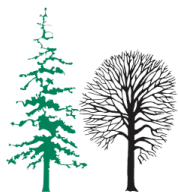
Napoved skupnega modela Mauri in sod. (2022), EU-Trees4F

Manj ekstremna od našega modela



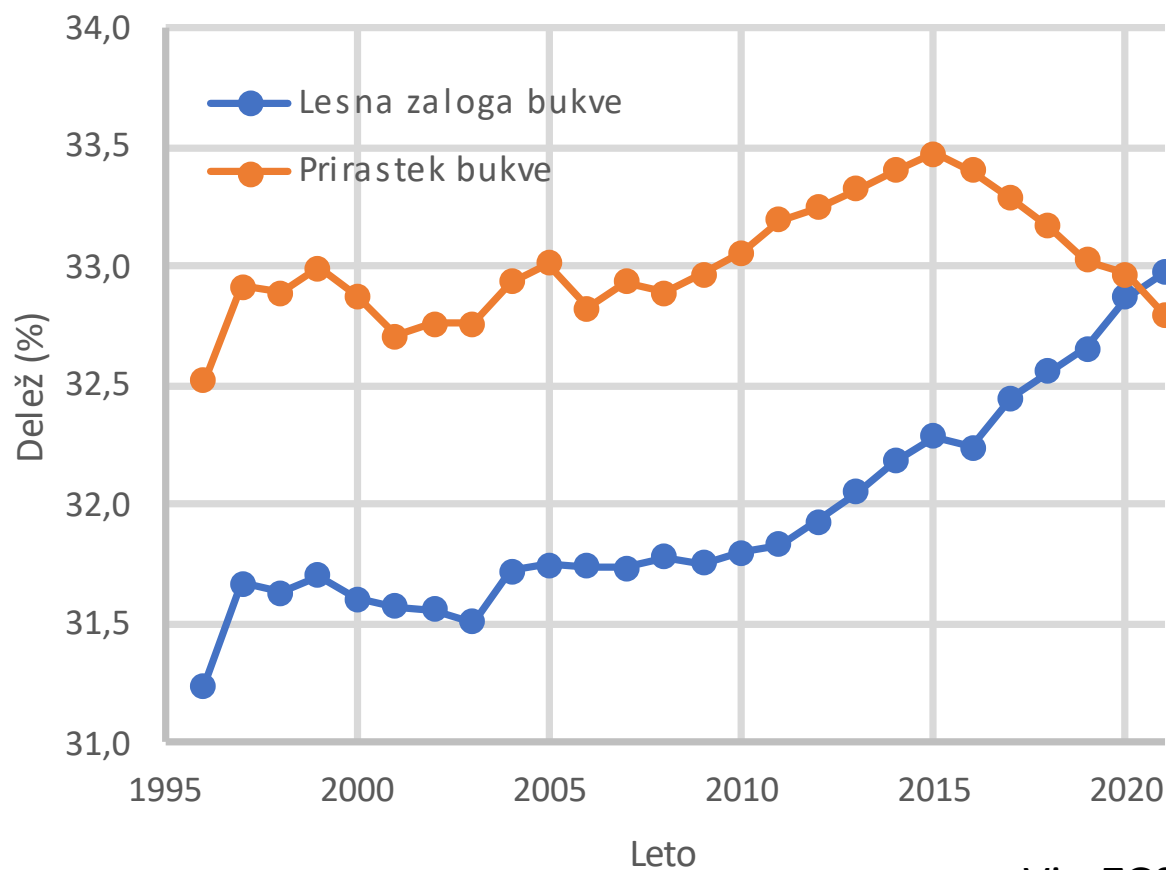
Zaključki

- V obdobju 2021–2040 in 2041–2060 bo potencialna razširjenost navadne bukve glede na napovedi skupnega modela ostala na takšni ravni kot v referenčnem obdobju, tj. pojavljala se bo po vsej Sloveniji.
- Skupen model je napovedal, da se bo potencialna razširjenost navadne bukve verjetno pričela zmanjševati po letu 2060. Vendar so te napovedi zelo nezanesljive in variabilne.
- Bukev je na ZJZ Slovenije na robu svojega areala, zato se bo predvidoma potencialno krčenje njene razširjenosti pričelo iz te smeri.
- Zaradi visoke variabilnosti napovedi, so rezultati uporabni zgolj na regijskem nivoju (ne pa tudi na nivoju modelske celice).



Zaključki

Delež lesne zaloge bukve je naraščal od 1996 do 2021. Glede na trend bo lesna zaloga bukve naraščala še naprej.

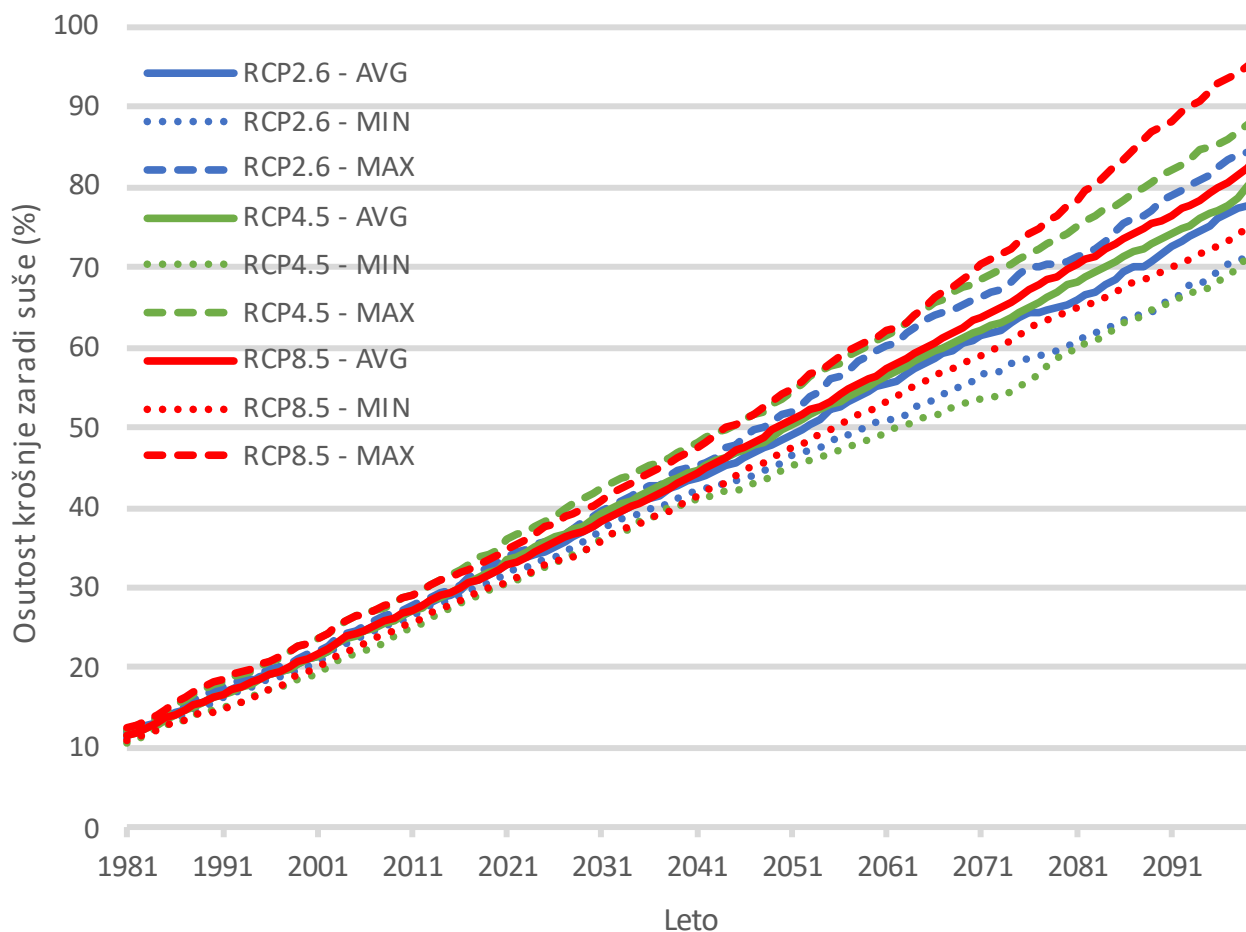


Vir: ZGS

Zaključki

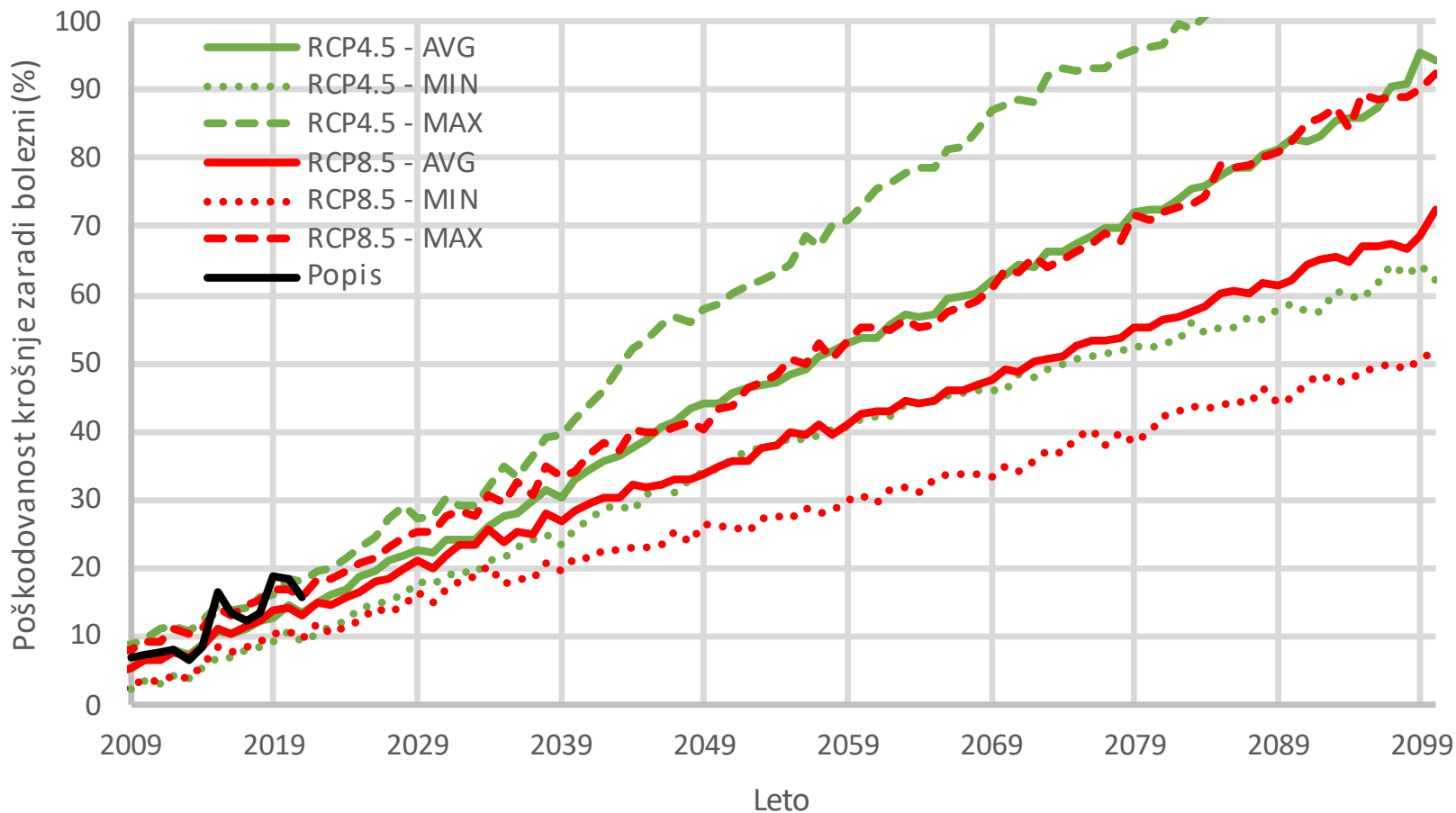
Ugotovili smo, da je kumulativno število dogodkov suše v pozitivni korelaciji s povprečno osutostjo bukove krošnje

Po napovedih bo povprečna osutost bukove krošnje leta 2100 znašala več kot 70 % na območju celotne Slovenije.



Zaključki

Glede na trende s popisa poškodovanosti gozdov bodo bolezni predvidoma povzročile visoko poškodovanost bukve do konca 21. stoletja. Posledično se bo verjetno postopoma povečala varstveno-sanitarna sečnja bukve zaradi njih.



<https://www.zdravgozd.si/projekti/bukev/>

CRP Bukev 2020-2023

Bolezni, škodljivci in sušni stres pri navadni bukvi v različnih scenarijih podnebnih sprememb (V4-2026)

Vsebina projekta

Delovni sklopi

Rezultati

Projektna skupina

Financerji

O projektu

Naslov: **Bolezni, škodljivci in sušni stres pri navadni bukvi v različnih scenarijih podnebnih sprememb**

Šifra: V4-2026

Razpis: Ciljni raziskovalni program »Zagotovimo.si hrano za jutri« v letu 2020

Vodja projekta: dr. Nikica Ogris

Cenovna kategorija: B

Višina sredstev: 130.000,00 €

Trajanje: 36 mesecev od 1. 11. 2020 do 31. 10. 2023

Financerja:

- [Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano](#)
- [Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije](#)

Sodelujoče organizacije:

- [Gozdarski inštitut Slovenije](#)
- [Kmetijski inštitut Slovenije](#)
- [Zavod za gozdove Slovenije](#)

Urejanje, oblikovanje, izdelava: Nikica Ogris, Gozdarski inštitut Slovenije. ISSN 2738-4497

© Gozdarski inštitut Slovenije

Zahvala

- ARSO
- Bolezni, škodljivci in sušni stres pri navadni bukvi v različnih scenarijih podnebnih sprememb (V4-2026)
 - MKGP
 - ARIS

