

Spremljanje pritalne vegetacije gozdov v Sloveniji kaže na zmanjševanje števila rastlinskih vrst

Monitoring of the forest ground vegetation in Slovenia shows a decline in the number of plant species

Lado KUTNAR¹, Janez KERMAVNAR²

Izvleček:

Spremljanje stanja in sprememb pritalne vegetacije gozdov v Sloveniji poteka v okviru mednarodnega programa ICP Forests na dveh različnih ravneh (raven 1 in 2). Na ravni 2, ki vključuje reprezentativne ploskve za intenzivni monitoring gozdov (ploskve IM), sistematično spremljamo stanje pritalne vegetacije že od leta 2004. Ob četrti ponovitvi popisa v letih 2019/2020 smo ugotovili, da se je v obdobju od prvega popisa število vrst v zeliščni plasti na večjih vegetacijskih podploskvah v povprečju zmanjšalo za –7,1 % in na manjših za –11,2 %. Čeprav se je na večini ploskev IM število vrst zmanjšalo (najizraziteje v nižinskih gozdovih), pa se je predvsem zaradi velikopovršinskih motenj na posameznih ploskvah vrstna pestrost tudi povečala. V prihodnje bomo v okviru spremljanja sprememb pritalne vegetacije gozdov namenili večjo pozornost tudi procesom termofilizacije, evtrofikacije in biotske homogenizacije, ki jih že zaznavamo v pritalni vegetaciji slovenskih gozdov.

Ključne besede: spremljanje pritalne vegetacije, zeliščna plast, številčnost rastlinskih vrst, vrstna pestrost, velikopovršinske motnje, intenzivni monitoring

Abstract:

The monitoring of the state and changes in ground vegetation in Slovenian forests are conducted within the framework of the international ICP Forests programme at two distinct levels: Level 1 and Level 2. At Level 2, which encompasses representative intensive forest monitoring plots (IM plots), the status of ground vegetation has been subjected to systematic monitoring since 2004. The fourth repetition of the survey, conducted in 2019/2020, revealed a decline in species richness in the herb layer. On average, the number of species declined by –7.1% in the larger vegetation sub-plots and by –11.2% in the smaller ones. Although the number of species has decreased in the majority of IM plots (most notably in lowland forests), species diversity has also increased in some plots, primarily as a result of large-scale disturbances. In the future, in the context of monitoring changes in the ground vegetation of forests, we will also pay more attention to the processes of thermophilisation, eutrophication and biotic homogenisation, which are already observed in the ground vegetation of Slovenian forests.

Key words: ground vegetation monitoring, herb layer, plant species richness, species diversity, large-scale disturbances, intensive monitoring

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Vegetacija ali rastje je ena od ključnih komponent gozdnih ekosistemov, saj ima pomembno vlogo pri kroženju vode in hranil ter je tesno povezana z drugimi biotskimi komponentami (npr. žuželke, divjad). Vegetacija je dober pokazatelj stanja in sprememb v okolju. Na podlagi poznavanja ekoloških niš rastlinskih vrst in dolgotrajnejših študij vegetacijske dinamike lahko sklepamo na spremenjene okoljske (rastiščne) dejavnike v gozdnem ekosistemu.

Spremljanje pritalne vegetacije gozdov v Evropi poteka v okviru mednarodnega programa ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) (de Vries in sod. 2003a, 2003b), znotraj katerega je oblikovana posebna ekspertna skupina za biotsko pestrost in pritalno vegetacijo (Expert Panel on Biodiversity and Ground Vegetation) (ICP Forests, 2024). Spremljanje stanja in sprememb vegetacije v Evropi poteka na dveh različnih ravneh: (i) sistematično razvrščene ploskve na enotni evropski mreži

¹ Doc. dr. L. K., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, lado.kutnar@gozdis.si

² Dr. J. K., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, janez.kermavnar@gozdis.si

16 × 16 km (raven 1); (ii) reprezentativne ploskve za intenzivno spremljanje gozdov (raven 2). Cilj spremljanja pritalne vegetacije je pridobivanje informacij o spremembah rastlinske vrstne pestrosti zaradi naravnih sprememb (npr. naravna sukcesija gozda) in motenj (npr. onesnaženje okolja, podnebne spremembe, gospodarjenje z gozdom). S tem namenom se ugotavlja (i) vrstna pestrost in sestava, (ii) stopnja zastiranja vrst (pokrovnost, obilje) in (iii) vertikalna struktura vegetacije.

Spremljanja stanja in sprememb pritalne vegetacije temelji na principu ponovitvenih popisov (ang. *resurvey*), ki je uporabno orodje za razumevanje dolgoročne dinamike rastlinskih združb (Hédl in sod., 2017; Kapfer in sod., 2017; Knollová in sod., 2024). Ponovitve popisov vegetacije so pomembne za ocenjevanje vpliva okoljskih sprememb (Kapfer in sod., 2017; Kutnar in sod., 2019; Lelli in sod., 2021; Diekmann in sod., 2023) ter za ugotavljanje smeri in hitrosti sprememb vegetacije (Roth in sod., 2022).

Začetki spremljanja pritalne vegetacije v Sloveniji okviru programa ICP Forests segajo že v leto 1994, ko smo popisali del ploskev na mreži 16 × 16 km (raven 1). Prve raziskave pritalne vegetacije na ravni 2 (intenzivno spremljanje gozdov) smo poskusno začeli leta 1996 na dveh ploskvah v bližini Kočevske Reke. Začetek sistematičnega spremljanja pritalne vegetacije je leto 2004, ko smo v okviru evropskega programa Forest Focus (2004-2006) izvedli celovit popis vegetacije na enajstih izbranih ploskvah za intenzivno spremljanje stanja gozdov (raven 2) (Kutnar, 2006, 2011; Kutnar in Martinčič, 2008). Celovitejši popis pritalne vegetacije na 39 ploskvah mreže 16 × 16 km (raven 1) je bil izveden v letih 2006 in 2007 v okviru evropskega demonstracijskega projekta BioSoil - Biodiverziteta.

Namen prispevka je predstaviti spremembe vrstne pestrosti v zeliščni plasti na ploskvah za intenzivno spremljanje stanja pritalne vegetacije na ravni 2 v Sloveniji (v nadaljevanju: ploskve IM) od začetka (večina ploskev IM je bila prvič popisana leta 2004) do zadnjega popisa (2019/2020) ter pojasniti morebitne znane vzroke za spremembe.

2 RAZISKOVALNE PLOSKVE IN METODE

2 STUDY PLOTS AND METHODS

Monitoring na ploskvah IM poteka po veljavni in usklajeni ICP Forests metodologiji za spremljanje stanja pritalne vegetacije (Canullo in sod., 2016). Gozdno vegetacijo na ploskvah IM od leta 2004 popisujemo na vsakih pet let. Monitoring vegetacije izvajamo na enajstih ploskvah IM po Sloveniji (preglednica 1), na katerih smo za namen spremljanja stanja in sprememb vegetacije postavili več vegetacijskih podploskev.

Na vsaki ploskvi IM smo popisali pritalno vegetacijo na štirih večjih podploskvah z velikostjo 10 × 10 m (s skupno popisno površino 400 m²), ki so na rastiščno razmeroma homogeni površini. Na ograjenih ploskvah IM pa smo dodali še štiri podploskve 10 × 10 m zunaj ograje (slika 1). Na ograjenih ploskvah IM spremljamo tudi več različnih parametrov in izvajamo več ekoloških meritev, zato imajo status intenzivnih ploskev (preglednica 1).

Preglednica 1: Splošna oznaka ploskev za intenzivno spremljanje gozdnih ekosistemov (ploskev št. 7. Temenjajk (Vinska gora) je bila opuščena).

Table 1: General characteristics of plots for intensive monitoring of forest ecosystems (plot no. 7, Temenjajk (Vinska gora), was abandoned).

Št. pl.	Ime ploskve	Območje/ bližina kraja	Nadmor. višina	Prevladujoča drevesna vrsta	Status/ ograjenost
1	KRUCMANOVE KONTE (KK)	Pokljuka	1397 m	<i>Picea abies</i>	manj intenzivna / neograjena
2	FONDEK (FO)	Trnovski gozd	827 m	<i>Fagus sylvatica</i>	intenzivna / ograjena
3	GROPAJSKI BORI (GB)	Sežana	420 m	<i>Pinus nigra</i>	manj intenzivna / neograjena
4	BRDO (BR)	Kranj	471 m	<i>Pinus sylvestris</i>	intenzivna / ograjena
5	BOROVEC (BO)	Kočevska Reka	705 m	<i>Fagus sylvatica</i>	intenzivna / ograjena
6	KLADJE (KL)	Osankarica, Pohorje	1304 m	<i>Picea abies</i>	manj intenzivna / neograjena
8	LONTOVŽ (LO)	Kum	958 m	<i>Fagus sylvatica</i>	intenzivna / ograjena
9	GORICA (GO)	Draga, Loški Potok	955 m	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Abies alba</i>	manj intenzivna / neograjena
10	KRAKOVSKI GOZD (KG)	Kostanjevica na Krki	160 m	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>	manj intenzivna / neograjena
11	MURSKA ŠUMA (MŠ)	Lendava	170 m	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>	intenzivna / ograjena
12	TRATICE (TR)	Osankarica, Pohorje	1285 m	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Picea abies</i>	manj intenzivna / neograjena

Na podploskvah smo ocenili stopnjo zastiranja (pokrovnost) vertikalnih vegetacijskih plasti (drevesna, grmovna, zeliščna, mahovna plast). Vertikalne plasti vegetacije smo opredelili po naslednjih merilih (Canullo in sod., 2016):

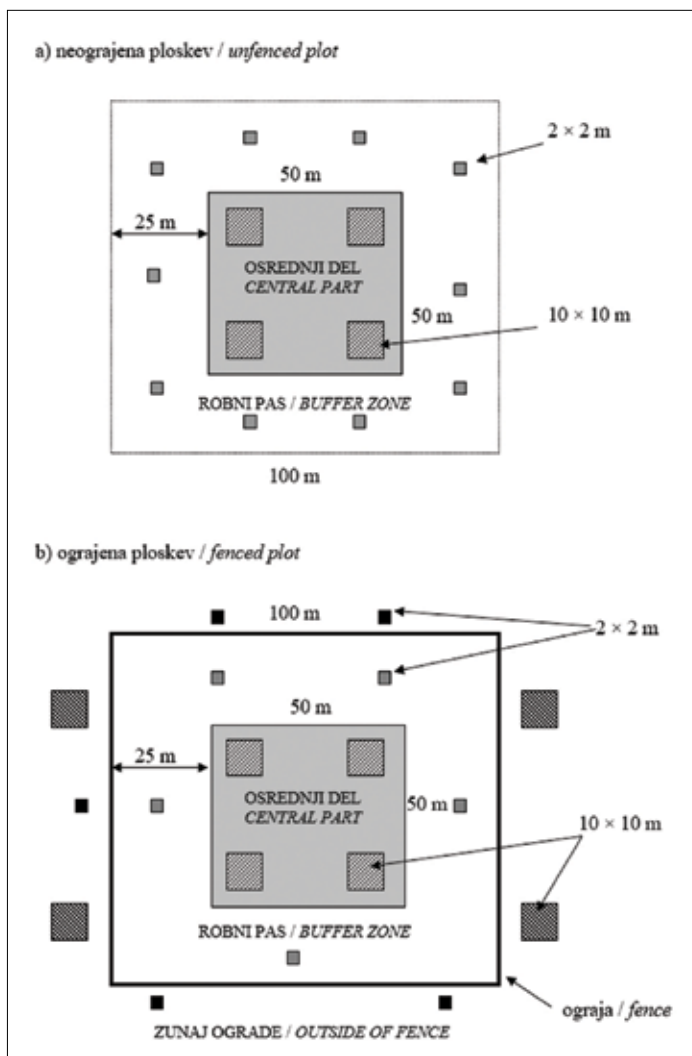
- V zgornjo drevesno plast (D1) smo uvrstili osebke drevesnih vrst, ki tvorijo streho sestoja (sorasla in nadrasla drevesa). V to plast smo vključili tudi olesenele vzpenjavke, ki dosegajo višino zgornje drevesne plasti;
- Osebke grmovnih in drevesnih vrst, ki presegajo višino 5 m in imajo prsni premer več kot 10 cm, smo uvrstili v spodnjo drevesno plast (D2). V to plast uvrščamo posamezna drevesa, ki še niso dosegla t. i. strehe sestoja in so podstojna. V to plast smo vključili tudi olesenele vzpenjavke, ki dosegajo višino spodnje drevesne plasti;
- Osebke lesnatih rastlinskih vrst, ki so visoki več kot 50 cm in še ne dosegajo višine 5 m

ali prsnega premera 10 cm, smo uvrstili v grmovno plast (G). V to plast smo vključili tudi olesenele vzpenjavke, ki se pojavljajo v tej vertikalni plasti;

- V zeliščno plast (Z) smo uvrstili zelnate/neo-lesenele rastlinske vrste z višino prevladujočih osebkov do 50 cm. V to plast smo uvrstili tudi vse zelnate rastline, ki presegajo to višino. Poleg teh smo v to plast uvrstili tudi lesnate rastline, ki ne presegajo višine 50 cm;
- V mahovno plast (M) smo uvrstili le mahovne vrste.

Razmejitev med spodnjo in zgornjo drevesno plastjo je relativna, odvisna od rastiščnih razmer in tipa (zgradbe/strukture) gozda.

Za posamezno vegetacijsko plast smo izdelali okularno oceno deleža zastrtih tal, ki predstavlja pravokotno projekcijo nadzemnih delov rastlin na površino podploskve.



Slika 1: Shema razporeditve vegetacijskih (pod)ploskev na ploskvah IM v Sloveniji: a) neograjena/manj intenzivna ploskev; b) ograjena/intenzivna ploskev.

Figure 1: Distribution scheme of vegetation (sub)plots on IM plots in Slovenia: a) unfenced/less intensive plot; b) fenced/intensive plot.

Rastlinske vrste (vaskularne rastline – praprotnice in semenke) in njihovo stopnjo zastiranja smo ocenili ločeno po vertikalnih plasteh (zgornja in spodnja drevesna plast, grmovna plast in zeliščna plast). Stopnjo zastiranja posameznih rastlinskih vrst smo na večjih vegetacijskih podploskvah ocenili na devetstopenjski lestvici po modificirani metodi po Barkmanu in sod. (1964).

Na vseh ploskvah IM smo popisali pritalno vegetacijo in drevesno plast tudi na desetih

manjših vegetacijskih podploskvah z velikostjo 2×2 m (slika 1). Na ograjenih ploskvah smo v robnem pasu znotraj ograje postavili pet manjših vegetacijskih podploskev, pet pa zunaj ograje (v neposredni bližini). Razporejene so tako, da čim bolj zajemajo rastiščno in vegetacijsko variabilnost znotraj izbranega gozdnega ekosistema. Na manjših vegetacijskih podploskvah (4 m^2) smo oceno stopnje zastiranja vertikalnih vegetacijskih plasti (drevesna, grmovna, zeliščna, mahovna plast)

izdelali na enak način kot na večjih (Canullo in sod., 2016). Na manjših vegetacijskih podploskvah smo oceno stopnje zastiranja posameznih rastlinskih vrst izdelali na osnovi modificirane metode po Londo (1976), ki je podrobnejša in vsebuje trinajst stopenj (večinoma so v razponu 10 % zastiranja, razen pri nižjih stopnjah).

Kot nomenklaturne vire smo za imena rastlinskih vrst uporabljali domači (nacionalni) vir – Mala flora Slovenije (Martinčič in sod., 2007) in evropski vir – Flora Europaea (Tutin in sod., 1964–1980, 1993).

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

3 RESULTS AND DISCUSSION

Na večini ploskev IM smo v letih 2019 in 2020 izvedli četrti popis (2004/2005; 2009/2010; 2014/2015 in 2019/2020), izjema je le ploskev Tratice na Pohorju, ki je bila izbrana naknadno in kjer je bil prvi popis v letu 2009. Ob zadnji ponovitvi popisa smo ugotovili povprečen trend zmanjševanja števila vrst v zeliščni plasti izbranih gozdov na večjih (10×10 m) (-7,1 %) in manjših (2×2 m) vegetacijskih podploskvah (-11,2 %) (preglednica 2). Povprečno število vrst v zeliščni

Preglednica 2: Število rastlinskih vrst v zeliščni plasti ploskev IM in vegetacijskih podploskev (10×10 m in 2×2 m). Prikazana so povprečja števila vrst po podploskvah in povprečja po vseh ploskvah IM. Število vrst je prikazano za dve obdobji: i) prvi popis 2004/2005, razen za 12-TR: 2009; ii) zadnji popis: 2019/2020. Prikazane so relativne spremembe (povečanje ali zmanjšanje) povprečnega števila vrst.

Table 2: Number of plant species in the herb layer of IM plots and vegetation subplots (10×10 m and 2×2 m). Averages of the number of species per subplots and averages over all IM plots are shown. The number of species is shown for two periods: i) first survey 2004/2005, except for 12-TR: 2009; ii) last survey: 2019/2020. Relative changes (increase or decrease) in the mean number of species are shown.

Ploskve IM	Velikost podploskve (v m)	Število vrst, 1. popis	Število vrst, zadnji popis	Povečanje (+) / zmanjšanje (-) št. vrst (v %)
1 - KRUCMANOVE KONTE (KK)	10×10	41,5	43,5	+4,8
	2×2	20,5	19,8	-3,4
2 - FONDEK (FO)	10×10	25,5	24,4	-4,3
	2×2	10,6	10,2	-3,8
3 - GROPAJSKI BORI (GB)	10×10	21,3	17,3	-18,8
	2×2	7,7	7,6	-1,3
4 - BRDO (BR)	10×10	11,6	10,9	-6,0
	2×2	7,3	6,1	-16,4
5 - BOROVEC (BO)	10×10	43,8	39,0	-11,0
	2×2	17,4	12,8	-26,4
6 - KLADJE (KL)	10×10	10,5	8,8	-16,2
	2×2	6,9	6,1	-11,6
8 - LONTOVŽ (LO)	10×10	49,9	52,9	+6,0
	2×2	26,0	26,1	+0,4
9 - GORICA (GO)	10×10	54,5	59,0	+8,3
	2×2	26,0	33,1	+27,3
10 - KRAKOVSKI GOZD (KG)	10×10	42,3	26,3	-37,8
	2×2	23,3	11,3	-51,5
11 - MURSKA ŠUMA (MŠ)	10×10	29,6	22,0	-25,7
	2×2	17,0	8,4	-50,6
12 - TRATICE (TR)	10×10	10,3	12,3	+19,4
	2×2	4,6	6,5	+41,3
Povprečje ± st. odklon na vseh ploskvah	10×10	31,0 ± 16,3	28,8 ± 17,3	-7,1
	2×2	15,2 ± 8,1	13,5 ± 9,0	-11,2

plasti na večjih podploskvah je bilo ob prvem popisu 31,0 in ob zadnjem 28,8, medtem ko se je na manjših ploskvah število vrst zmanjšalo s 15,2 na 13,5 vrste. Zmanjšanje števila vrst je v skladu predhodno študijo vrstne pestrosti na ploskvah IM, v kateri smo po desetih letih spremljanja ugotovili zmanjšanje skupnega števila vrst (gama diverziteta) s 272 na 243 (Kutnar in sod., 2019). V tej študiji smo ugotovili, da je trend zmanjševanja števila vrst izrazitejši kot povečanje števila vrst zaradi vpliva motenj v gozdu. Ugotovili smo, da je zmanjševanje pestrosti vrst v veliki meri posledica zamenjave specialističnih vrst z generalističnimi (splošno razširjene vrste).

Po petnajstih letih spremljanja pritalne vegetacije smo ugotovili največje zmanjšanje števila vrst v zeliščni plasti nižinskih gozdov. Na večjih podploskvah na IM Krakovski gozd in IM Murska šuma se je število vrst zmanjšalo za 37,8 oz. 25,7 %, na manjših podploskvah pa celo za 51,5 oz. 50,6 %. Zmanjšanje števila vrst v nižinskih gozdovih bi bilo lahko posledica spremenjenih rastiščnih razmer zaradi zmanjševanja nivoja poplavne vode in podtalnice, kar lahko zavira rast nekaterih higrofilnih vrst, prilagojenih na mokra rastišča. Bolj sušne razmere vzpodbujajo uspevanje mezofilnih vrst in drugih generalistov, vključno z invazivnimi tujerodnimi vrstami. Slednje lahko v veliki meri zasedejo rastni prostor specialistov, ki so v preteklosti uspevali v različnih mikorastiščnih razmerah.

Dodatni dejavnik, ki lahko prispeva k spremembi vrstne pestrosti, je večji vpliv depozitov duškovih spojin iz zraka in dotok z vodo. S tem prihaja do eutrofikacije rastišč, kar pomeni ugodnejše razmere za rastlinske vrste z večjimi potrebami po hranilih (dušiku). Tovrstni učinki povzročajo spremembe biotskih (medvrstnih) odnosov in potencialno lahko privedejo do tekmovalnega izključevanja določenih vrst ter posledičnega zmanjšanja vrstne pestrosti rastlinskih združb.

Zmanjševanje celotnega števila vrst (gama diverziteta) in zmanjševanje povprečnega števila po ploskvah IM (alfa diverziteta), ki se odraža kot izginjanje specialistov zaradi generalistov, zlasti invazivnih tujerodnih vrst, lahko do neke mere razumemo kot homogenizacijo vegetacije, ki je znana kot eden od globalnih fenomenov zmanjše-

vanja biotske raznovrstnosti (Clavel in sod., 2011; Sonnier in sod., 2014; Olden in sod., 2018). Vendar kot je pokazala že predhodna študija (Kermavnar in Kutnar, 2024) pa odziv vegetacije na ploskvah IM ni enoten (preglednica 2). Na ploskvi IM Tratice na Pohorju se je samo v enem desetletju zaradi odpiranja sestoja, v katerem vse bolj prevladuje bukev, povečalo število vrst na obeh tipih podploskev. Odpiranje sestojev po žledu v letu 2014 in sanitarna sečnja sta prispevali k povečanju števila vrst tudi na ploskvi IM Gorica. Zaradi sprememb v ekoloških razmerah na nekaterih ploskvah, ki so predvsem posledica odpiranja sestojev oz. zmanjšanega zastiranja nadstojne vegetacije (drevesne plasti) in poškodb tal, se lahko v pritalni vegetaciji pojavijo tudi nove, zlasti bolj svetloлюбne in na motnje prilagojene (ruderalne) rastlinske vrste. Zaradi segrevanja ozračja v zadnjem obdobju poteka tudi proces pomikanja vrstne sestave proti bolj toploljubnim združbam (proces termofilizacije) (Kermavnar in Kutnar, 2024).

Analiza podatkov je pokazala, da so bile spremembe vegetacije v drugi polovici obdobja spremljanja večje kot v prvi polovici (Kutnar in sod., 2019). Večje spremembe so se zgodile po žledolomu leta 2014 in vetrolomih ter napadih podlubnikov v obdobju 2014–2020. Na osnovi tretjega in četrtega popisa smo zaznali določene spremembe v vrstni sestavi in tudi v površinskem deležu posameznih rastlinskih vrst. Spremembe sestojnih in rastiščnih razmer se praviloma v večji meri odražajo na manjših podploskvah. Manjše spremembe v pritalni vegetaciji lahko pripišemo tudi sukcesijskemu razvoju in naravnemu medletnemu nihanju obilja vrst. Pri zadnjem popisu smo opazili, da so bile nekatere zelnate trajnice, kot je npr. navadna ciklama (*Cyclamen purpurascens*), v primerjavi s predhodnimi popisi prisotne na manj podploskvah in/ali so imele nižjo stopnjo zastiranja. Morebitno vrstno osiromašenje tipičnih predstavnikov podrasti (npr. bukovih) gozdov lahko povzroči pomembne posledice za biotsko pestrost gozdov, ekosistemске procese in celotno funkcioniranje ekosistemov, zato bomo na dinamiko pojavljanja teh in ekološko podobnih vrst v prihodnje še posebno pozorni.

Za poglobljeno razumevanje odzivov pritalne vegetacije uporabljamo tudi nekatere funk-

cionalne vidike, saj funkcionalni znaki rastlin (ang. *plant functional traits*) služijo kot zanesljivi pokazatelji stanja in sprememb okoljskih razmer (Kermavnar in Kutnar, 2020). Tako smo za ploskve za spremljanje stanja gozdov (raven 1 in raven 2) prikazali značilne povezave med pritalno vegetacijo in izmerjenimi ekološkimi dejavniki, kot so npr. tla, podnebje in sestojne razmere (Kermavnar in sod., 2021, 2022). Poleg tega smo na teh ploskvah proučevali tudi pestrost mahovnih vrst in njihove funkcionalne znake (Kutnar in sod., 2023a, 2023b).

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

Gozdna vegetacije se odziva na spremembe okolja. Spremljanje gozdne vegetacije na ploskvah za intenzivni monitoring v Sloveniji se bo redno nadaljevalo v periodičnih popisih na pet let. V prihodnje bo poudarek predvsem na ugotavljanju signalov vegetacijskih procesov, kot so termofilizacija, evτροφikacija in biotska homogenizacija. V ta namen smo v okviru združenja ICP Forests vključeni v ožjo skupino raziskovalcev iz različnih evropskih držav, pri čemer vzorce in procese pritalne gozdne vegetacije ugotavljamo tudi na večjem prostorskem merilu (nekaj sto ploskev za monitoring po skoraj celotni Evropi).

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENT

Študija je bila izvedena v okviru Intenzivnega monitoringa stanja gozdov v Sloveniji, ki je del programa EU ICP Forests. Raziskavo je v okviru nalog Javne gozdarske službe GIS – JGS 1/3 (Intenzivno spremljanje vpliva onesnaženosti zraka na gozdove v skladu s Pravilnikom o varstvu gozdov in Konvencije UNECE CLRTAP) in JGS 1/2 (Spremljanje stanja gozdnih rastišč in njihovega razvrednotenja kot podlage za načrtovanje in gospodarjenje z gozdov) – podprlo Ministrstvo za kmetijsko, gozdarstvo in prehrano RS. Velik del aktivnosti je potekal v okviru postdoktorskega projekta Z4-4543 (Spremembe gozdne vegetacije zaradi vplivov globalnih in lokalnih okoljskih sprememb v daljšem časovnem obdobju) in Programske skupine P4-0107, ki ju financira Javna

agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost RS (ARIS).

Hvala Primožu Simončiču, Danielu Žlindri in Mateju Ruplu ter mnogim drugim sodelavcem Gozdarskega inštituta Slovenije in Zavoda za gozdove Slovenije za pomoč pri izvedbi študije. Zahvala tudi anonimnemu recenzentu za natančen pregled in izboljšanje prispevka.

6 VIRI IN LITERATURA

6 REFERENCES

- Barkman, J. J., Doing, H., Segal, S., 1964. Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Botanica Neerlandica*, 13: 394–419
- Canullo R, Starlinger F, Granke O, Fischer R, Aamlid D, 2016. Part VI.1: Assessment of Ground Vegetation. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, 12 s., https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/ICP_Manual_2016_01_part07-1.pdf
- Clavel, J., Julliard, R., Devictor, V., 2011. Worldwide decline of specialist species: Toward a global functional homogenization? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2011, 9: 222–228. <https://doi.org/10.1890/080216>
- de Vries, W., Reinds, G. J., Posch, M., Sanz, M. J., Krause, G. H. M., Calatayud, V., Renaud, J.P., Dupouey J.L., Sterba, H., Vel, E. M., Dobberty, M., Gundersen, P., Voogd J.C.H., 2003a. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report 2003. UN/ECE EC, Brussels, Geneva, 161 s.
- de Vries, W., Vel, E., Reinds, G. J., Deelstra, H., Klap, J. M., Leeters, E. E. J. M., Hendriks, C. M. A., Kerkvoorden, M., Landmann, G., Herkendell, J., Hausmann, T., Erisman, J. W., 2003b. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe - 1. Objectives, set-up and evaluation strategy. *Forest Ecology and Management*, 174, 1-3: 77–95
- Diekmann, M., Heinken, T., Becker, T., Dörfler, I., Heinrichs, S., Leuschner, C., Peppeler-Lisbach, C., Osthaus, M., Schmidt, W., Strubelt, I., Wagner, E.-R., 2023. Resurvey studies of terricolous bryophytes and lichens indicate a widespread nutrient enrichment in German forests. *Journal of Vegetation Science* 34, e13201. <https://doi.org/10.1111/jvs.13201>
- Hédli, R., Bernhardt-Römermann, M., Grytnes, J. A., Jurasinski, G., Ewald, J., 2017. Resurvey of historical vegetation plots: a tool for understanding long-term

- dynamics of plant communities. *Applied Vegetation Science*, 20, 161–163. <https://www.jstor.org/stable/44211483>
- ICP Forests, 2024. The International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests operating under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution plots, <http://icp-forests.net/>
- Kapfer, J., Hédli, R., Jurasinski, G., Kopecký, M., Schei, F.H., Grytnes, J.A., 2017. Resurveying historical vegetation data – opportunities and challenges. *Applied Vegetation Science*, 20: 164–171. <https://doi.org/10.1111/avsc.12269>
- Kermavnar, J., Kutnar, L., 2020. Patterns of understory community assembly and plant trait-environment relationships in temperate SE European forests. *Diversity*, 12(3): 91. <https://doi.org/10.3390/d12030091>
- Kermavnar, J., Kutnar, L., Marinšek, A., 2021. Disentangling the ecological determinants of species and functional trait diversity in herb-layer plant communities in European temperate forests. *Forests* 12 (5): 552. <https://doi.org/10.3390/f12050552>
- Kermavnar, J., Kutnar, L., Marinšek, A., 2022. Variation in floristic and trait composition along environmental gradients in the herb layer of temperate forests in the transition zone between Central and SE Europe. *Plant Ecology*, 223: 229–242. <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01203-8>
- Kermavnar, J., Kutnar, L., 2024. Mixed signals of environmental change and a trend towards ecological homogenization in ground vegetation across different forest types. *Folia Geobotanica*, <https://doi.org/10.1007/s12224-024-09445-w>
- Knollová, I., Chytrý, M., Bruelheide, H., Dullinger, S., Jandt, U., Bernhardt-Römermann, B., Biurrun, I., de Bello, F., Glaser, M., Hennekens, S. in sod., 2024. ReSurveyEurope: a database of resurveyed vegetation plots in Europe. *Journal of Vegetation Science*, 35:e13235: 1–18. <https://doi.org/10.1111/jvs.13235>
- Kutnar, L., 2006. Intenzivni monitoring vegetacije gozdnih ekosistemov v Sloveniji = Intensive monitoring of vegetation of forest ecosystems in Slovenia. V: *Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino*, Studia Forestalia Slovenica. Hladnik D. (ed.). Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 277–290.
- Kutnar, L., 2011. Pestrost lesnatih rastlin na ploskvah za spremljanje stanja gozdov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 69 (5-6): 271–278
- Kutnar, L., Martinčič, A., 2008. Bryophyte species diversity of forest ecosystems in Slovenia (Intensive Monitoring Programme) = Pestrost mahovnih vrst v gozdnih ekosistemih Slovenije (program intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov). *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 85, s. 11–26
- Kutnar, L., Nagel, T. A., Kermavnar, J., 2019. Effects of disturbance on understory vegetation across Slovenian forest ecosystems. *Forests*, 10 (11): 1048. <https://doi.org/10.3390/f10111048>
- Kutnar, L., Kermavnar, J., Sabovljevič, M. S., 2023a. Bryophyte diversity, composition and functional traits in relation to bedrock and tree species composition in close-to-nature managed forests. *European Journal of Forest Research*, 142: 865–882. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01560-1>
- Kutnar, L., Kermavnar, J., Sabovljevič, M. S., 2023b. Congruence between vascular plants and bryophytes in response to ecological conditions in sustainably managed temperate forests (taxonomic- and trait-based levels). *Plant Ecology*, 224: 1001–1014. <https://doi.org/10.1007/s11258-023-01357-7>
- Lelli, C., Nascimbene, J., Alberti, D., Agostini, N., Zoccola, A., Piovesan, G., Chiarucci, A., 2021. Long-term changes in Italian mountain forests detected by resurvey of historical vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 32: e12939. <https://doi.org/10.1111/jvs.12939>
- Londo, G., 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio*, 33: 61–64.
- Martinčič, A., Wraber, T., Jogan, N., Podobnik, A., Turk, B., Vreš, B., in sod., 2007. *Mala flora Slovenije*. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 967 s.
- Olden, J.D., Comte, L., Giam, X., 2018. The Homocene: A research prospectus for the study of biotic homogenisation. *NeoBiota*, 37: 23–36. <https://doi.org/10.3897/neobiota.37.22552>
- Roth, M., Müller-Meißner, A., Michiels, H.G., Hauck, M., 2022. Vegetation changes in the understory of nitrogen-sensitive temperate forests over the past 70 years. *Forest Ecology and Management*, 503: 119754. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119754>
- Sonnier, G., Johnson, S.E., Amatangelo, K.L., Rogers, D.A., Waller, D.M. 2014. Is taxonomic homogenization linked to functional homogenization in temperate forests? *Global Ecology and Biogeography*, 23: 894–902. <https://doi.org/10.1111/geb.12164>
- Tutin, T. G., Burges, N. A., Chater, A. O., Edmondson, J. R., Heywood, V. H., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., Webb, D. A., 1993. *Flora Europaea*, vol 1. Cambridge University Press, Cambridge, MA, 581 s.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., Webb, D. A., 1964–1980. *Flora Europaea*, vol 2–5. Cambridge University Press, Cambridge, MA.