

Gozdna tla in vegetacija eno leto po požaru na Goriškem Krasu

Forest soil and vegetation one year after the Goriški Kras fire

Valerija BABIJ¹, Lado KUTNAR², Aleksander MARINŠEK³, Janez KERMAVNAR⁴

Izleček:

V letu 2023 – eno leto po obsežnem požaru na Goriškem Krasu, ki je divjal julija leta 2022 – smo na izbranih gozdnih vzorčnih ploskvah popisali zeliščno, grmovno in drevesno vegetacijo in analizirali tla do globine 10 cm. Ploskve smo izbrali na lokacijah stalnih vzorčnih ploskev ZGS z različno stopnjo poškodovanosti zaradi požara. Na izbranih ploskvah smo skupno popisali 260 vrst praprotnic in semenk. V drevesni plasti smo popisali trinajst vrst (enajst domorodnih in dve tujerodni), v grmovni plasti trideset, v zeliščni pa 255. V drevesni plasti so bili najpogostejši mali jesen, črni gaber in črni bor, v grmovni mali jesen, navadni ruj in robide. V zeliščni plasti smo med drugimi popisali tudi devetnajst drevesnih vrst, ki so pomembna zasnova pri naravni obnovi požganega gozda na Krasu; najpogostejša sta bila črni gaber in rešeljika. Gradient poškodovanosti po požaru se jasno kaže v večini vegetacijskih in talnih spremenljivk. Statistično značilne razlike med skupinami ploskev z različno stopnjo poškodovanosti smo ugotovili za šest parametrov: pH-vrednosti in vsebnosti žvepla v organskem delu tal, zastiranje drevesne plasti, zastiranje mahov, število vrst v spodnji drevesni plasti, število vrst zeliščne plasti. Na ploskvah smo prepoznali devet (ter še tri vrste na požarišču zunaj ploskev) invazivnih ali potencialno invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst; med drevesnimi sta bila najpogostejša robinija in visoki pajesen. Študija pomembno prispeva k razumevanju razvoja vegetacije, pomlajevanja ključnih drevesnih vrst in poškodb gozdnih tal v inicialni fazi po obsežnem požaru.

Ključne besede: gozdna vegetacija, poškodbe tal, gozdni požar, drevesne vrste, pestrost vrst, invazivne rastlinske vrste, Kras, Slovenija

Abstract:

In 2023 – one year after the large fire at Goriški Kras raging in July 2022 – we surveyed the herb, shrub, and tree layers of vegetation and analyzed the soil to the depth of 10 cm on the selected forest sampling plots. The plots were selected on the locations of the permanent sampling plots (of the Slovenia Forest Service), with diverse damage grades due to the fire. We recorded a total of 260 species of ferns and seed plants on the selected plots. In the tree layer, we recorded 13 species (11 autochthonous and 2 non-native ones), in the shrub layer 30, in the herb layer 255 species. The most frequent in the tree layer were manna ash, hop hornbeam, and black pine; in the shrub layer manna ash, common smoketree, and brambles. In the herb layer, among other species we also recorded 19 tree species representing an important base in the natural regeneration of the burnt forest on Kras; the most frequent were hop hornbeam and mahaleb cherry. The gradient of damage after the fire is clearly shown in the majority of vegetation and soil variables. We detected statistically significant differences between the groups of plots with diverse damage levels for six parameters: pH values and sulfur content in the organic part of the soil, covering of the tree layer, covering of mosses, the number of species in the lower tree layer, the number of herb layer species. On the plots, we identified 9 invasive or potentially invasive non-native plant species (and another three species on the burnt area outside of the plots); the most frequent tree species were black locust and tree of heaven. The study significantly contributes to the understanding of vegetation development, regeneration of the key tree species, and forest soil damage in the initial phase after a large fire.

Key words: forest vegetation, soil damage, forest fire, tree species, species diversity, invasive plant species, Karst, Slovenia

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Gozdni požari so globalna težava, ki povzročijo resne posledice za okolje, gospodarstvo in človekovo varnost. S segrevanjem ozračja in spreminjanjem padavinskega režima so vse pogostejši pojav v svetovnem in evropskem merilu (IPCC,

2023). Zaradi vse pogostejših in daljših sušnih obdobj so požari v naravnem okolju tudi vse bolj uničujoči, saj ogrožajo naravne ekosisteme in tudi infrastrukturo, človeška naselja in zdravje (Sastry, 2002; Fowler, 2003; Kalogiannidis in sod., 2023).

Sredozemlje je med bolj ogroženimi območji zaradi požarov v Evropi (Trucchia in sod., 2023).

¹ Dr. V. B., Zavod za gozdove Slovenije, Centralna enota, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. valerija.babij@zgs.si

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

³ Dr. A. M., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana in Šolski center Postojna, Višja strokovna šola, Ljubljanska 2, SI-6230 Postojna. aleksander.marinsek@gozdis.si

⁴ Dr. J. K., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. janez.kermavnar@gozdis.si

Med najbolj požarno ogroženimi evropskimi sredozemskimi državami so Španija, Grčija, Hrvaška in Italija. Tudi Slovenija je zaradi položaja na robu Sredozemlja potencialno vse bolj izpostavljena uničujočim požarom (jugozahodni del Slovenije je uvrščen v submediteransko fitogeografsko območje (Wraber, 1969), submediteransko ekološko regijo (Kutnar in sod., 2002) oz. Kraško-Vipavski distrikt ilirsko-jadranske province evrosibirsko-severno-ameriške regije (Zupančič in Vreš, 2018)). Glede na novejšo študijo požarov na območju vzhodnega Sredozemlja (Trucchia in sod., 2023) je bil velik del Slovenije uvrščen celo med območja z največjo požarno ogroženostjo.

Velika požarna ogroženost Slovenije se kaže tudi v številnih požarih na tem območju, saj je Zavod za gozdove Slovenije (v nadaljevanju ZGS) v obdobju od 1995 do 2019 zabeležil kar 2.176 gozdnih požarov, kar je povprečno 91 požarov na leto (Komac, 2022). V dveh tretjinah požarov v tem obdobju je pogorelo manj kot en hektar gozda. Povprečna površina gozda, ki jo je prizadel požar v obdobju od 1995 do 2019, je merila približno pet hektarov (Komac, 2022).

V letu 2022 je nastal največji požar v Sloveniji doslej. Požar, ki je gorel od 15. do 29. julija 2022, je skupaj prizadel 3.707 ha površin, od tega 2.902 ha gozdov (ZGS, 2022). Požar je bil razširjen na območju Goriškega Krasa (slike 1, 2, 3) in tudi na mejnem območju v Italiji. Ocenjeno je bilo, da je skupna pogorela površina na obeh straneh meje obsegala okoli 4.500 ha. Od vseh gozdov, ki jih je zajel požar, je kar 2.503 ha gozdov tako zelo poškodovanih, da jih je treba obnoviti (ZGS, 2022). Območje požara obsega velik del gozdnogospodarske enote Goriško in manjši, skrajno zahodni del GGE Kras I. V obdobju od 1995 do 2019 je v Sloveniji tretjina velikih požarov nastala na Krasu in v slovenski Istri; med gozdnimi požari vseh velikosti jih je na Krasu nastalo kar 50 % (Komac, 2022).

Gozdne požare lahko delimo glede na količino in vrsto goriva ter mesta gorenja v vertikalnem preseku (Jakša, 2006). Glede na mesto gorenja Jakša (2006) razlikuje naslednje vrste gozdnih požarov: 1) podtalne požare; 2) talne požare; 3) vršne oz. kompleksne požare; 4) debelne požare; 5) kombinirane požare. Različni tipi gozdnih požarov povsem specifično vplivajo na gozdna

tla in vegetacijo. Čeprav po ugotovitvah nekaterih raziskovalcev gozdni požari bistveno ne spremenijo sestave rastlinskih vrst (Stančič in Repe, 2018; Komac, 2022), pa vsak od njih vsaj kratkoročno spremeni talne in vegetacijske lastnosti gozda. Stančič in Repe (2018) ugotavljata, da se pionirske vrste naselijo približno pet let po požaru.

Ogenj v gozdnem ekosistemu v zelo kratkem času povzroči stres in spremembe ekoloških razmer (Yildiz in sod., 2010). Požari hitreje in največkrat z večjo intenzivnostjo spremenijo celotno zalogo ogljika, kot se to dogaja v postopnem razvoju ekosistema (Körner, 2002; Nave in sod., 2011). Vpliv ognja na gozdna tla je odvisen od več dejavnikov, vključno z intenzivnostjo požara, vrsto tal, prisotnostjo vegetacije in podnebnih razmer. Na splošno ogenj lahko vpliva na fizične spremembe tal, spremeni njihove kemijske lastnosti, kot je npr. sprememba pH-vrednosti (Osman, 2013). Visoke temperature zaradi požara uničijo mikroorganizme v tleh, vključno z mikrobi, ki razgrajujejo organske snovi in vplivajo na kroženje hranil v tleh. Ogenj povzroči izgubo organske snovi, ki je pomembna za zadrževanje vlage in hranil v tleh. Uničenje vegetacije in organske plasti tal lahko poveča tveganje za erozijo tal, ker so tla bolj izpostavljena erozijskim dejavnikom, kot sta dež in veter. Požar lahko spremeni hidrološke lastnosti tal, vključno z zmanjšanjem njihove sposobnosti za zadrževanje vlage (Osman, 2013), kar lahko neposredno vpliva na dotok podzemne vode in pretok rek. Za učinkovito izvajanje ukrepov obnove gozdov in usmerjanje razvoja gozdov po požarih je treba čim bolj spoznati in analizirati poškodbe na gozdnih sestojih, v tleh, vegetaciji ter gozdnemu drevju. Poznavanje poškodovanosti gozdov in sukcesijski razvoj gozdne vegetacije po požaru sta ključna dejavnika presoje o načinu obnove gozdov. Poleg omenjenega je pri obnovi gozdov po požaru treba upoštevati tudi poudarjenost gozdnih funkcij, stališča in želje lastnikov gozdov, lokalnih skupnosti in strokovnih služb s področja varstva narave, varstva kulturne dediščine in drugih deležnikov v gozdnem prostoru (ZGS, 2022). Stopnja poškodovanosti gozdnih sestojev in tal sta ob stopnji preživetja osebkov posameznih drevesnih vrst pomembna dejavnika za presojo, do katere mere lahko pričakujemo naravno obnovo

in v kolikšni meri se moramo odločati za obnovo gozdov s sadnjo in setvijo.

Cilj prispevka je ovrednotiti poškodovanost in stanje tal ter opraviti analizo vegetacije in

pojavljanja drevesnih vrst na gozdnih površinah na Goriškem Krasu, ki so bile v letu 2022 različno intenzivno prizadete po požaru.



Slika 1: Površine požganih nasadov črnega bora na Krasu nad Renčami po sanitarni sečnji (foto: V. Babij)



Slika 2: Pogled na povsem degradirane gozdne sestoje po požaru in sanitarni sečnji na Goriškem Krasu (foto: L. Kutnar)

2 METODE

2 METHODS

2.1 Opis študijskega območja

2.1 Study area

Ploskve za analizo tal in vegetacije po požaru smo izbrali v različno poškodovanih požganih sestojuh na Goriškem Krasu. Izbrali smo jih tako, da ima večina središče na istem mestu kot obstoječe stalne vzorčne ploskve (SVP) Zavoda za gozdove Slovenije, namenjene sistematični inventuri gozdnih sestojev za potrebe gozdnogospodarskega načrtovanja. Ploskve smo izbrali v sestojuh z različno stopnjo poškodovanosti. Metodologijo ocenjevanja stopnje poškodovanosti so izdelali na ZGS (2022). Ocene stopenj poškodovanosti sestojev so uvrstili v štiri kategorije (ZGS, 2022).

3 – Poškodovanost gozdnih sestojev je več kot 90 %. Vključene so gozdne površine, ki jih je poškodoval vršni oz. kompleksni požar, to je

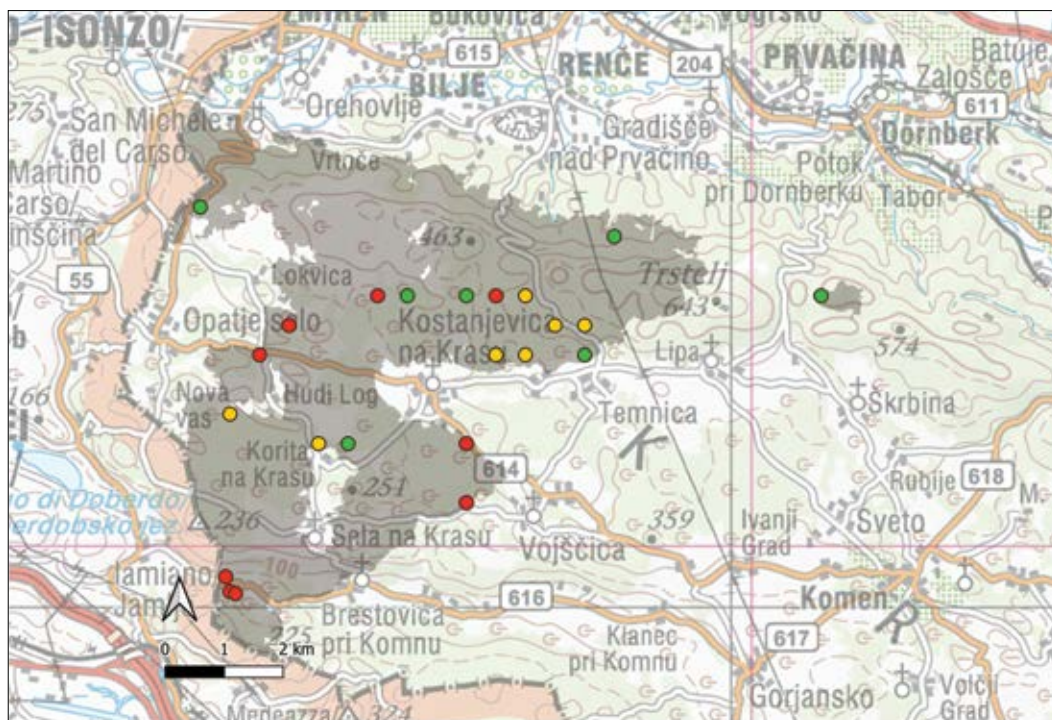
požar v drevesnih krošnjah, pri katerem gori ves nadzemni del, vključno s krošnjami in debli. Primer prikazujemo na sliki 4.

2a – Poškodovanost gozdnih sestojev je večja od 50 % in manjša ali enaka 90 %. Pri tem se talni ali vršni požar ni razširil v krošnje, poškodovana pa so drevesna debela. Prevladuje delež drevja, ki se je že posušilo ali pa se bo z veliko verjetnostjo. Primer na sliki 5.

2b – Poškodovanost gozdnih sestojev je od 10 % do 50 %. Pri tem se talni ali vršni požar ni razširil v krošnje, debela pa so le delno poškodovana. Primer na sliki 6.

1 – Poškodovanost gozdnih sestojev je manjša od 10 %. Take površine je poškodoval predvsem talni požar, pri katerem je pogorelo pritalno rastje, grmovnice in humusna plast tal. V takih sestojuh so drevesa le malo prizadeta.

Domnevamo, da naj bi bila na večjem delu pogorelih površin potencialno naravna vegeta-



Slika 3: Prikaz lokacij izbranih ploskev za popis vegetacije v letu 2023, prizadetih po požaru na Krasu iz leta 2022. Z različnimi barvami so prikazane ploskve z različno stopnjo poškodovanosti (zeleno barva, stopnja 2b: poškodovano 10 do 50 % sestoja; oranžna barva, stopnja 2a: poškodovano 50 do 90 % sestoja; rdeča barva, stopnja 3: poškodovano več kot 90 % sestoja). S temno sivo barvo je označena skupna površina požara



Slika 4: Primer sestoja črnega bora, ki je bil poškodovan več kot 90 % (stopnja poškodovanosti 3). Požar je zajel drevesna debela in krošnje, ki so bile tako poškodovane, da leto po požaru niso ozelenele (foto: L. Kutnar).



Slika 5: Primer sestoja črnega bora, ki je bil poškodovan od 50 % do 90 % (stopnja poškodovanosti 2a). Požar se ni razširil v krošnje, poškodovana pa so drevesna debela (foto: L. Kutnar).



Slika 6: Primer sestoja cera, ki je bil poškodovan od 10 % do 50 % (stopnja poškodovanosti 2b). Požar se ni razširil v krošnje, debela so le delno poškodovana. Večina dreves je ozelenela v naslednjem letu po požaru (foto: L. Kutnar).

cija gozd puhastega hrasta in črnega gabra, ki ga zdaj uvrščamo v asociacijo *Aristolochio luteae-Quercetum pubescentis*. V severnem delu Krasa, še posebno na osojnih pobočjih nad Vipavsko dolino, so pogosti sestoji s prevladujočim črnim gabrom, ki jih uvrščamo v asociacijo *Seslerio autumnalis-Ostryetum* (večinoma njene sestoe štejeemo kot dolgotrajen sukcesijski stadij na rastiščih puhavčevih ali bukovih gozdov). Subspontano nastale sestoe črnega bora pa obravnavamo kot drugotno, z neposrednimi ali posrednimi človekovimi posegi nastalo združbo, ki jo uvrščamo v asociacijo *Seslerio autumnalis-Pinetum nigrae*. Vse tri navedene asociacije pripadajo gozdnemu rastiščnemu tipu Primorsko hrastovje in črnogabrovje na apnencu, ki pokriva več kot 98 % gozdnih površin požarišča (Podatkovna zbirka ZGS, 2023).

Neznaten delež požganih gozdnih površin pokrivajo še trije gozdni rastiščni tipi: Primorsko cerovje na flišu in apnencu, Primorsko gradnovje z jesensko vilovino ter Primorsko belogabrovje in gradnovje.

2.2 Analiza tal

2.2 Soil analyses

Tla smo vzorčili na sedemnajstih ploskvah, ki jih je ogenj poškodoval z različno intenzivnostjo, in na petih nepoškodovanih ploskvah v bližini. Ploskve za vzorčenje tal smo izbrali le na podlagi stopnje poškodovanosti (ZGS, 2022) in ne na podlagi prevladujočega gozdnega tipa. Prevladujoči tip tal na celotni raziskovani površini uvrščamo v sprsteninasto rendzino, manjši del površine pa pokrivajo rjava pokarbonatna tla. Talna tipa se med seboj mozaično prepletata glede na geomorfologijo terena.

Tla smo vzorčili po metodologiji, kot so jo opisali Kobal in sod. (2007). Vzorčili smo organski (podhorizonti Ol; Of in Oh) in mineralni del tal do globine 10 cm, ločeno za globino 0 do 5 cm in 5 do 10 cm. Organski del tal smo vzorčili z lesenim okvirjem, mineralnega s kovinsko sondo, ki ima notranji premer 6,7 cm. Na vsaki ploskvi smo na sistematičen način odvzeli po pet vzorcev iz vsakega podhorizonta oz. globine, ki smo jih nato združili v kompozitne vzorce. Tako smo zmanjšali

vpliv variabilnosti gozdnih tal. Vzorce tal smo analizirali (preglednica 1) v laboratoriju za gozdno ekologijo na Gozdarskem inštitutu Slovenije. V okviru analize gozdnih tal po požaru smo želeli preveriti, ali so se na različno poškodovanih tleh, v primerjavi z nepoškodovanimi, pojavile razlike v kemijskih lastnostih. Leto po požaru smo s tem namenom preverili razlike v reakciji tal (pH) in vsebnosti ogljika, dušika ter žvepla v tleh.

Preglednica 1: Seznam pedoloških parametrov in laboratorijskih analiz z navedbo ustreznih standardov za analize

Parameter	Uporabljeni standard
Priprava vzorca (sušenje, trenje, sejanje)	ISO 11464:2006
pH v 0,01 M CaCl ₂	ISO 10390:2006
Skupni dušik (N)	ISO 11261:1996 ISO 13878:1999
Žveplo (S)	ISO 15178:2006
Organski ogljik (C)/ Organska snov	ISO 10694:1996 ISO 10693:2014 ISO 14235:1999

2.3 Popis vegetacije

2.3 Vegetation survey

Popis gozdne vegetacije smo izvedli na triindvajsetih ploskvah (karta na sliki 3), ki so bile izbrane v gozdovih na Krasu z različno stopnjo poškodovanosti po požaru. Za analizo vegetacije po požaru smo izbrali ploskve v sestojih s predhodnimi ocenami poškodovanosti 3, 2a in 2b (ZGS, 2022), ker so nas zanimale predvsem spremembe v gozdnih sestojih po požaru.

Na ploskvah smo popisali vse vaskularne rastlinske vrste v različnih vertikalnih plasteh gozdne vegetacije. Velikost popisnih ploskev je bila 400 m². Fitocenološke popise smo naredili po ustaljeni srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet, 1964) od maja do avgusta leta 2023. Velika večina ploskev za popis vegetacije po požaru je na mestih stalnih vzorčnih ploskev (ZGS), ki so namenjene za potrebe gozdnogospodarskega načrtovanja. Za vse ploskve smo opredelili koordinate (geokodirane ploskve) in njihovo lokacijo v širšem in ožjem prostoru (npr.

bližina določene vasi ali zaselka). Na osnovi kart in naprav GPS smo ugotovili nadmorsko višino ploskev in ocenili lego ter nagib ploskve. Ocenili smo delež površine ploskve, ki jo pokrivajo skale in kamni (v odstotkih). Ocene zastiranja gozdne vegetacije (v odstotkih) smo izdelali ločeno po plasteh (D – drevesna, G – grmovna, Z – zeliščna in M – mahovna plast) in skupaj (zastiranje vseh plasti). Ocenili smo višino prevladujočih osebkov v posameznih plasteh (v metrih oz. centimetrih). V ocenah zastiranja in višine smo upoštevali samo žive osebke; odmrlih požganih dreves in grmov nismo vključili v popise (slika 7).

Vertikalne plasti vegetacije so opredeljene v skladu z ICP-Forests protokolom (Canullo in sod. 2016). V zgornjo drevesno plast (D1) uvrščamo osebke drevesnih vrst, ki tvorijo streho sestoja (sorasla in nadrasla drevesa). V to plast so vključene tudi olesenele vzpenjavke, ki dosega višino zgornje drevesne plasti. Osebke grmovnih in drevesnih vrst, ki presegajo višino petih metrov in v



Slika 7: Skorja oz. lubje in kambij sta pri nekaterih drevesih v celoti zgorela (foto: L. Kutnar).

prsnem premeru merijo več kot deset centimetrov, uvrščamo v spodnjo drevesno plast (D2). V to plast uvrščamo posamezna drevesa, ki še niso dosegla t. i. strehe sestoja in so podstojna, ter tudi olesenele vzpenjavke, ki dosegajo višino spodnje drevesne plasti. Osebkke lesnatih rastlinskih vrst, ki so visoki več kot petdeset centimetrov in še ne dosegajo višine petih metrov, uvrščamo v grmovno plast (G). V to plast spadajo tudi olesenele vzpenjavke, ki se pojavljajo v tej vertikalni plasti. V zeliščno plast (Z) spadajo vse zelnate rastline (neglede na višino) in vse lesnate vrste, ki ne presegajo petdeset centimetrov višine.

Nomenklaturni vir za poimenovanje večine vrst je Mala flora Slovenije (Martinčič in sod., 2007), za imena gozdnih rastiščnih tipov in asociacij pa Gozdni rastiščni tipi Slovenije (Bončina in sod., 2021).

2.4 Analiza podatkov

2.4 Data analysis

Vegetacijske in nekatere rastiščne spremenljivke, ki smo jih ocenjevali ob popisu vzorčnih ploskev in testirali med skupinami poškodovanosti, so bile: zastiranje in višina posameznih plasti, število vrst po plasteh ter kamnitost oz. skalnatost. Razlike med stopnjami poškodovanosti za izbrane spremenljivke smo testirali z uporabo neparametrične analize variance (ANOVA) oz. Kruskal-Wallisovim testom in Bonferronijevo korekcijo statistične značilnosti (P-vrednost) za parne primerjave pri *post-hoc* analizi (Dunn, 1964). Na enak način smo testirali razlike tudi za štiri talne parametre (pH tal, organski ogljik C (%), skupni dušik N (%), žveplo S (%)), in sicer ločeno za organski del ter mineralni del tal (0 do 5 cm in 5 do 10 cm). Pri vseh testih smo upoštevali stopnjo tveganja pet odstotkov. Za statistično analizo podatkov smo uporabili R-programsko okolje različice 4.3.0 (R Core Team, 2023) in knjižnico *agricolae* (de Mendiburu, 2023).

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Analiza tal

3.1 Soil analysis

Analiza vzorcev tal je pokazala razlike v vzorcih organskega dela tal. Povprečna pH-vrednost najbolj

poškodovanih tal je statistično značilno višja od nepoškodovanih. Obratno je pri deležu žvepla, saj ga je v najbolj poškodovanih tleh statistično značilno manj kot v preostalih vzorcih. Povprečni delež dušika (N) in ogljika (C) je v vseh vzorcih približno enak (preglednica 2). Povprečni delež organskega ogljika (Corg), dušika (N) in žvepla (S) v mineralnem delu tal, tako v globini 0 do 5 cm kakor tudi od 5 do 10 cm, ni statistično značilno različen v tleh, ki jih je prizadel požar (preglednica 2).

Rezultati so nekoliko presenetljivi, saj smo pričakovali, da so razlike vsaj med nepoškodovanimi in najbolj poškodovanimi tlemi v mineralnem delu na globini od 0 do 5 cm. Različni avtorji navajajo, da se ravno količina žvepla in dušika po požaru po navadi zmanjšata (npr. Knicker, 2007; Raison in sod., 1986). Delež organskega ogljika (Corg) v tleh je odvisen od intenzivnosti požara. Ugotovili so, da požari majhne intenzivnosti ne spremenijo oziroma le malo povečajo delež Corg, medtem ko požari velike intenzivnosti povzročijo zmanjšanje količine Corg v tleh (Caon in sod., 2014). Višje pH-vrednosti praviloma ugotavljajo v tleh, ki jih je prizadel intenziven požar (temperatura več kot 450 °C) (Knicker, 2007). Načeloma veliko raziskovalcev poroča, da se pH-vrednost v tleh po požaru značilno zviša (Dzwonko in sod., 2015; Francos in sod., 2019; Hinojosa in sod., 2021), kar se zgodi zaradi reakcije tal s hranili bogatega pepela (bazični kationi) po sežigu organskih snovi in denaturaciji (strukturnih sprememb molekul) organskih skupin iz organske snovi (Alcañiz in sod., 2018). Nekateri raziskovalci pa navajajo, da je pH po požaru ostal nespremenjen (Badía in sod., 2014; Fernández-Fernández in sod., 2015; Fernández-García in sod., 2019). To je lahko povezano z okoljskimi razmerami po požaru, npr. erozije (Fernández-García in sod., 2019), ali majhne do zmerne intenzivnosti požarov (Alcañiz in sod., 2018).

Drugi mogoč vzrok za nespremenjene talne parametre v mineralnem delu tal bi bilo lahko tudi dejstvo, da požar vzorčenih tal ni prizadel zelo globoko, temveč le nekaj centimetrov, kakor kaže slika 8. Fotografijo smo posneli na ploskvi, uvrščeni v kategorijo najbolj poškodovanih sestojev. Pri interpretaciji rezultatov je treba upoštevati tudi dejstvo, da tal nismo vzorčili takoj po požaru, temveč šele po enem letu.

Preglednica 2: Povprečne vrednosti za talne parametre (pH, organski ogljik – C, dušik – N, žveplo – S) po posameznih stopnjah poškodovanosti (nepoškodovani sestoji, 2b, 2a, 3). Kategorije poškodovanosti z enako nadpisano črko se ne razlikujejo statistično značilno pri stopnji tveganja 5 %.

ORGANSKI del tal				
	nepoškodovano	2b	2a	3
pH	5,67 ^a	5,97 ^{ab}	6,33 ^{ab}	6,71 ^b
C (%)	43,68 ^a	43,70 ^a	44,57 ^a	45,22 ^a
N (%)	1,33 ^a	1,63 ^a	1,73 ^a	1,45 ^a
S (%)	0,12 ^{ab}	0,12 ^{ab}	0,13 ^a	0,08 ^b
MINERALNI del tal 0 do 5 cm				
	nepoškodovano	2b	2a	3
pH	6,60 ^a	6,13 ^a	6,52 ^a	6,72 ^a
C (%)	10,02 ^a	11,78 ^a	12,95 ^a	15,43 ^a
N (%)	0,66 ^a	0,67 ^a	0,73 ^a	0,73 ^a
S (%)	0,07 ^a	0,07 ^a	0,07 ^a	0,05 ^a
MINERALNI del tal 5 do 10 cm				
	nepoškodovano	2b	2a	3
pH	6,74 ^a	5,71 ^a	6,58 ^a	6,20 ^a
C (%)	5,77 ^a	6,64 ^a	6,32 ^a	6,47 ^a
N (%)	0,49 ^a	0,55 ^a	0,51 ^a	0,53 ^a
S (%)	0,04 ^a	0,06 ^a	0,06 ^a	0,05 ^a



Slika 8: Mineralni del tal na ploskvah z najvišjo ocenjeno intenzivnostjo požara na Goriškem Krasu je bil večinoma poškodovan le nekaj centimetrov globoko (foto: A. Marinšek).

3.2 Popis vegetacije s poudarkom na drevesnih vrstah

3.2 Vegetation survey with emphasis on tree species

Izbrane vzorčne ploskve so v višinskem razponu od 20 m (vrtača v Klaričih) do 477 m n. v. (pobočje Velikega Ovcnjaka) v vseh legah, z nagibom 0 do 38 ° in kamnitostjo oz. skalnatostjo 5 do 70 %.

Na triindvajsetih ploskvah (na skupni površini $23 \times 400 \text{ m}^2 = 0,92 \text{ ha}$) smo zabeležili 260 različnih vrst praprotnic in semenk. Razpon skupnega števila vrst (upoštevana drevesna, grmovna in zeliščna plast) na ploskev je od 30 do 79: na najmanj in srednje požganih ploskvah je razpon števila vrst od 30 do 60, na najbolj požganih ploskvah pa od 36 do 79 vrst. V izbranem vzorcu ploskev se je z večjo stopnjo požganosti večalo število vrst zeliščne plasti in zmanjševalo število vrst grmovne in drevesne (preglednica 3). Na požarišču je bilo sicer veliko osebkov požganih dreves in grmov še prisotnih, vendar jih nismo upoštevali pri popisu, če niso bili več živi in predstavljajo odmrlo lesno maso. Razmeroma veliko skupno število vrst in vrstna pestrost na posamezni ploskvi sta

Preglednica 3: Povprečne vrednosti za vegetacijske in rastiščne spremenljivke po posameznih stopnjah poškodovanosti (2b, 2a, 3). Kategorije poškodovanosti z enako nadpisano črko se ne razlikujejo statistično značilno pri stopnji tveganja 5 %. Plasti vegetacije: D1 – zgornja drevesna plast, D2 – spodnja drevesna plast, G – grmovna plast, Z – zeliščna plast, M – mahovna plast.

Stopnje poškodovanosti gozdnih površin po požaru na Goriškem Krasu leta 2022	2b	2a	3
Št. vseh ploskev = 23	N = 7	N = 7	N = 9
Kamnitost, skalnatost %	36,1 ^a	40,7 ^a	35,0 ^a
Zastiranje sum vse plasti %	76,7 ^a	72,9 ^a	76,7 ^a
Zastiranje D	62,9 ^a	41,7 ^{ab}	5,2 ^b
Zastiranje G	23,6 ^a	25,7 ^a	27,2 ^a
Zastiranje Z	63,6 ^a	42,9 ^a	61,1 ^a
Zastiranje M	1,9 ^a	0,6 ^b	0,9 ^{ab}
Višina D1 (m)	18,9 ^a	15,5 ^a	14,8 ^a
Višina D2 (m)	12,0 ^a	10,4 ^a	8,6 ^a
Višina G (cm)	321,4 ^a	204,3 ^a	146,7 ^a
Višina Z (cm)	81,4 ^a	87,1 ^a	101,1 ^a
Število vrst – D1	1,1 ^a	1,0 ^a	0,6 ^a
Število vrst – D2	2,9 ^a	1,9 ^{ab}	0,9 ^b
Število vrst – G	8,4 ^a	7,6 ^a	7,1 ^a
Število vrst – Z	32,1 ^b	35,3 ^{ab}	50,2 ^a

posledica geografske lege in podnebja Krasa, človekovih vplivov na gozd ter vpliva motenj, v tem primeru požara.

Glede na stopnjo zastiranja po posameznih plasteh vegetacije je požar najbolj prizadel drevesno plast; samo na štirih ploskvah je bilo zastiranje drevesne plasti 75 % ali večje (največ do 95 %). Brez živih dreves so bile štiri ploskve, vse v skupini najbolj požganih (kategorija poškodovanosti 3). Zastiranje grmovne plasti je bilo v razponu od 10 do 60 %, ploskev brez grmov ni bilo. Najbolj ohranjena – ali pa se najhitreje obnavlja – je bila zeliščna plast z zastiranjem v razponu od 20 do 95 %.

V drevesni plasti smo zabeležili trinajst različnih lesnatih vrst. Najpogostejši, na več kot polovici ploskev (61 %), je bil mali jesen (*Fraxinus ornus*), pogosti (na 40 do 50 % ploskev) so bili črni gaber (*Ostrya carpinifolia*), puhasti hrast (*Quercus pubescens*) in črni bor (*Pinus nigra*). Robinijo (*Robinia pseudoacacia*), trikrpi javor (*Acer monspessulanum*), rešeljiko (*Prunus mahaleb*), maklen

(*Acer campestre*), cer (*Quercus cerris*) in lipo (*Tilia platyphyllos*) smo zabeležili na do treh ploskvah (do 13 % ploskev). Poleg naštetih drevesnih vrst smo v drevesni plasti zaradi presežene višine pet metrov na po eni ploskvi popisali tudi navadni ruj (*Cotinus coggygia*) in enovrati glog (*Crataegus monogyna*), ki sta sicer pogosta v grmovni plasti, ter olesenelo vzpenjavo navadni bršljan (*Hedera helix*). V skupini najbolj poškodovanih ploskev smo skupno evidentirali šest vrst v drevesni plasti (črni bor, puhasti hrast, mali jesen, maklen, črni gaber, enovrati glog), na posamezni ploskvi od nič do največ tri različne vrste. V preostalih dveh skupinah poškodovanosti se pojavlja vseh trinajst vrst, in sicer od ene do šestih na posamezni ploskvi.

Stopnja zastiranja drevesne plasti je bila na najmanj poškodovanih ploskvah pričakovano največja, in sicer 30 do 95 %. Na srednje poškodovanih je bilo njeno zastiranje 1 do 75 %. Na najbolj požganih gozdnih ploskvah je bilo zastiranje drevesne plasti zgolj 0 do 15 %. Iz razponov

zastiranja lahko povzamemo, da je bil sklep krošenj na ploskvah največkrat pretrgan, vrzelast ali rahel.

Na ploskvah smo najvišjo oceno zastiranja v sloju krošenj po posameznih vrstah dodelili robiniji, in sicer 50 do 75 % (na dveh ploskvah z najmanjšo stopnjo požganosti). Črni bor je dosegal le še do 50 % zastiranje (na treh ploskvah najmanj in srednje požganih ploskev), mali jesen pa na dveh srednje požganih. Preostale vrste so na ploskvah zastirale manj kot 25 % drevesne plasti ne glede na stopnjo požganosti.

V grmovni plasti smo popisali trideset različnih rastlinskih vrst. Robide (*Rubus* spp.) in šipke (*Rosa* spp.) smo določili samo do rodu, preostale rastline do vrste. Najpogostejša sta bila mali jesen (*Fraxinus ornus*, na 96 % ploskev) in navadni ruj (*Cotinus coggygria*, na 87 % ploskev). Na 70 % ploskev se pojavljajo robide. Na več kot tretjini do polovici ploskev so bili popisani navadna kalina (*Ligustrum vulgare*), robinija (*Robinia pseudoacacia*), enovrati



Slika 9: Tudi navadni koprivovec (*Celtis australis*) se z manjšo zastopanostjo pojavlja na požariščih (foto: L. Kutnar).

glog (*Crataegus monogyna*), črni gaber (*Ostrya carpinifolia*) in rešeljika (*Prunus mahaleb*). Na četrtini ploskev so bili navadni koprivovec (*Celtis australis*, slika 9), navadna trdoleska (*Euonymus europaea*) in terebint (*Pistacia terebinthus*). Na manj kot petini ploskev smo popisali rumeni dren (*Cornus mas*), puhasti hrast (*Q. pubescens*, slika 10), bodečo lobodiko (*Ruscus aculeatus*), črni bezeg (*Sambucus nigra*), visoki pajesen (*Ailanthus altissima*), navadno lesko (*Corylus avellana*), skalno krhliko (*Frangula rupestris*), navadni bršljan (*Hedera helix*), kovačnik (*Lonicera caprifolium*), maklen (*Acer campestre*), ostrolistni beluš (*Asparagus acutifolius*), navadni srobot (*Clematis vitalba*), navadni brin (*Juniperus communis*), navadni derak (*Paliurus spina-christi*), črni trn (*Prunus spinosa*), poljski brest (*Ulmus minor*), navadni oreh (*Juglans regia*) in navadni mokovec (*Sorbus aria*). Domnevamo, da so vse v grmovni plasti popisane vrste požar preživele v obliki že razvite večletne rastline ali pognale iz panja (sliki 9 in 10), tako da verjetno med njimi še ni bilo primerkov, ki bi na novo pognali iz semen in že v prvem letu po požaru dosegli grmovno velikost. Na posamezni ploskvi smo v grmovni plasti zabeležili od dve do šestnajst vrst. Razlike med številom vrst med tremi skupinami požganosti statistično niso bile značilne. Od vrst, ki smo jih zabeležili v drevesni plasti, na ploskvah v grmovni plasti nismo potrdili črnega bora, trikrpega javora in lipe.

Med stopnjami zastiranja grmovne plasti ni bilo statistično značilnih razlik med skupinami različno poškodovanih ploskev (preglednica 3). Na najmanj poškodovanih ploskvah je bilo zastiranje grmovne plasti 10 do 50 %, na srednje poškodovanih 10 do 60 %, na najbolj požganih ploskvah pa 10 do 50 %.

V zeliščni plasti smo popisali 255 vrst. Na posamezni ploskvi smo v zeliščni plasti zabeležili od 20 do 66 vrst. Razlika med številom vrst v zeliščni plasti najbolj požgane skupine (v povprečju dobrih 50 vrst) in preostalima skupinama (v povprečju malo več kot 30 vrst) je bila statistično značilna (preglednica 3); 105 vrst (41 %) smo popisali samo enkrat (na eni ploskvi). Velik delež enkrat zastopanih vrst kaže na neustaljeno in pestro floristično sestavo ploskev, kar smo v tako kratkem času po veliki motnji – požaru – tudi pričakovali.



Slika 10: Puhasti hrast (*Quercus pubescens*) odganja iz ožganih panjev. Njegove liste je napadla pepelasta plesen (foto: L. Kutnar).

Najpogostejša vrsta zeliščne plasti je bila trava jesenska vilovina (*Sesleria autumnalis*), prisotna v vseh treh skupinah poškodovanosti, skupno na več kot 80 % ploskev. To je edina vrsta v vzorcu, ki je na eni od ploskev najmanj poškodovane skupine dosegla zastiranje v zeliščni plasti več kot 75 %. Veliko pogostnost so dosegale invazivne tujerodne vrste hudoletnic (*Conyza* spp.). V zeliščni plasti – v fazi vznika ali mladja – smo popisali devetnajst drevesnih vrst, med njimi vse, ki smo jih tudi v drevesni plasti. Najpogostejša sta bila črni gaber in rešeljika, ki sta uspevala na treh četrtinah ploskev. Sklepamo lahko, da je pri teh vrstah požar preživel tudi seme, saj je bilo sorazmerno veliko osebkov v stadiju klice ali prvih listov. Na skoraj polovici ploskev so se pojavljali mali jesen, robinija in puhasti hrast. Navadni koprivovec smo popisali na 35 % ploskev v vseh treh skupinah. Visoki pajesen je bil navzoč na 30 % ploskev, pogostejše na srednje in najbolj požganih.

Klice črnega bora smo registrirali na skupno 30 % ploskev, povsod le s posamičnimi primerki. V skupini najbolj požganih ploskev nismo našli pomladka črnega bora. Na po štirih različnih ploskvah sta bila hrast cer in trikrpi javor.

Stopnja zastiranja zeliščne plasti na najmanj poškodovanih ploskvah je bila 30 do 90 %. Na srednje poškodovanih je bilo zastiranje 20 do 80 %. Zastiranje zeliščne plasti na najbolj požganih ploskvah je bilo 40 do 95 %. Rezultat kaže na hitro obnovo in preraščanje tal z zeliščno plastjo že v prvem letu po požaru ne glede na stopnjo požganosti. K razmeroma hitri in bujni ozelenitvi je verjetno prispevalo tudi s padavinami bogato obdobje po požaru. Leto 2022, ko je gorelo na Goriškem Krasu, je bilo rekordno toplo s povprečno količino padavin (ARSO METEO, Arhiv meritev): na merilni postaji v Biljah pri Novi Gorici (požarišču najbližja glavna meteorološka postaja) je bilo izmerjenih osemdeset vročih dni (ko temperatura doseže vsaj 30 °C), s čimer je bil dosežen slovenski rekord v njihovem številu. V letu 2022 so v Biljah izmerili 946 mm padavin, v letu 2023 pa 1463 mm, kar je 55 % več kot leto prej.

3.2.1 Razlike med stopnjami poškodovanosti sestojev po požaru

3.2.1 Differences between levels of fire-damaged forest stands

Gradient poškodovanosti po požaru se zelo jasno kaže v večini vegetacijskih in rastiščnih spremenljivk (preglednica 3). Med povprečnimi vrednostmi za štirinajst spremenljivk po posameznih stopnjah poškodovanosti smo statistično značilne razlike ugotovili za štiri variable:

zastiranje drevesne plasti je značilno večje na manj poškodovanih ploskvah kot na najbolj poškodovanih (zastiranje D: med stopnjama 2b in 2a in stopnjo 3),

zastiranje mahov je na najmanj poškodovanih ploskvah značilno večje kot na srednje poškodovanih; najbolj poškodovana stopnja se statistično značilno ne razlikuje od preostalih dveh kategorij (zastiranje M: med stopnjo 2b in stopnjo 2a),

število vrst v spodnji drevesni plasti je na najmanj poškodovanih ploskvah značilno večje kot na najbolj poškodovanih (število vrst: med stopnjo 2b in stopnjo 3),

število vrst zeliščne plasti je na najbolj poškodovanih ploskvah značilno večje kot na najmanj poškodovanih (število vrst: med stopnjo 3 in stopnjo 2b).

3.2.2 Črni bor po požaru

3.2.2 Black pine after forest fire

V Sloveniji je črni bor domorodna drevesna vrsta, njegovo pojavljanje na Krasu pa je drugotno in posledica pogozdovanja ogolelih površin v 19. in 20. stoletju. Pred obravnavanim požarom so iglavci oziroma črni bor predstavljali glavnino (60 %) lesne mase na območju požarišča (ZGS, 2022).

Zastopanost črnega bora v zeliščni plasti vzorčnih ploskev je razmeroma majhna; registrirali smo ga na manj kot tretjini ploskev s posameznimi klicami z neznatnim zastiranjem brez potrditve v zeliščni plasti najbolj poškodovane skupine ploskev. V grmovni plasti ga nismo zabeležili. V drevesni plasti smo živ črni bor potrdili na manj

kot polovici ploskev, pa tudi na teh v plasti krošenj njegovo zastiranje ni nikjer preseglo polovice površine ploskve. Sestoji s prevladujočim črnim borom na izrazito skalnatih rastiščih s plitvimi, skeletnimi tlemi so bili med najbolj poškodovanimi gozdovi (slika 11). Lahko sklepamo, da se na Krasu ob požarih črni bor verjetno dolgoročno ne bo ohranil spontano. Poškodovani črni bor ne odganja iz panja, niti ne razvije drugotnih adventivnih poganjkov na deblu in v krošnji, kar pa smo opazili pri listavcih, tudi pri zelo požganih osebkih (slika 12).

Na nekaj lokacijah smo na borovih deblih opazili žive podlubnike in navrtano skorjo (slika 13). Z načrtovano ponovitvijo fitocenoloških popisov na istih ploskvah v naslednjih letih bomo ponovno preverili prisotnost bora in drugih drevesnih vrst v vseh treh plasteh vegetacije ter preživetje požganih, a oslavljenih osebkov, ki so ob tokratnem popisu še imeli vsaj delno zelene krošnje.



Slika 11: Zelo ožgana drevesa črnega bora v letu po požaru niso odganjala (brez zelenih iglic). Iz panjev pa odganjajo različni listavci; posnetek s konca maja 2023 (foto: L. Kutnar).



Slika 12: Za razliko od požganih črnih borov so drevesa puhastega hrasta precej ozelenela v letu po požaru (stanje konec maja 2023). Na vejah in deblu zelo poškodovanih dreves hrastov in drugih listavcev odganjajo drugotni (adventivni) poganjki (foto: L. Kutnar).

3.2.3 Invazivne in potencialno invazivne tujerodne rastlinske vrste

3.2.3 Invasive and potentially invasive plant species

Na izbranih vzorčnih ploskvah smo popisali devet tujerodnih rastlinskih vrst, ki so v slovenskih ali evropskih seznamih uvrščene med invazivne ali potencialno invazivne (Jogan in sod., 2012; Kutnar in sod., 2019; Uredba (EU) št. 1143/2014 – 2019). Na posamezni ploskvi smo zabeležili od ene do osem invazivnih ali potencialno invazivnih tujerodnih vrst (v nadaljevanju: ITV), ploskev brez ITV v našem vzorcu ni bilo. Na posameznih lokacijah na požarišču smo zunaj ploskev opazili še tri ITV.

Med lesnatimi ITV je bila najpogostejša robinija (*Robinia pseudoacacia*, slika 14). V drevesni plasti smo jo popisali na treh ploskvah (vse v skupini najmanj poškodovanih ploskev), med katerimi je na dveh ploskvah dosegla zastiranje več kot 50 % drevesne plasti. Robinija je uspevala v grmovni plasti polovice ploskev v vseh treh skupinah poškodovanosti z zastiranjem do polovice površine ploskve. Tudi v zeliščni plasti smo jo zabeležili v vseh treh skupinah; največkrat v skupini najmanj požganih ploskev, kjer dosega zastiranje tudi več kot 50 %. Glede na visoko frekvenco, razmeroma visoko zastiranje v vseh treh plasteh in pojavljanje



Slika 13: Zaradi požara oslABLJENA drevesa črnega bora je navrtal podlubnik. Osebek podlubnika na sliki je bil velik 8 mm, našli pa smo ga v borovem sestoju na južnem pobočju Fajtjega hriba (foto: V. Babij).

v vseh skupinah požganosti lahko pričakujemo, da bo robinija tudi v prihodnosti pomembno vplivala na razvoj in podobo gozdov na Krasu. Študije iz sredozemskih držav so pokazale, da gozdni požari pomembno prispevajo k invazivnemu širjenju robinije (npr. Saulino in sod., 2023).

Visoki pajesen (*Ailanthus altissima*, slika 15) smo v grmovni plasti zabeležili na eni ploskvi iz vsake skupine poškodovanosti z zastiranjem do 5 %. V zeliščni plasti se je pojavljal na tretjini najbolj in srednje požganih ploskev ter na eni ploskvi najmanj poškodovane skupine; v vseh treh skupinah je dosegal do 25 % zastiranja površine. V drevesni plasti (živega) pajesena, ki bi presegal višino petih metrov, v izbranem vzorcu nismo popisali. Visoki pajesen smo z visoko stopnjo zastiranja v zeliščni in grmovni plasti opazili tudi na pogorišču zunaj popisanih površin (slika 16).

Med zelnatimi ITV, popisanimi v zeliščni plasti, so bile najpogostejše hudoletnice (*Conyza* spp., slika 17), med katerimi na Krasu verjetno prevladuje belkasta hudoletnica (*C. sumatrensis*), prepoznali smo tudi kanadsko (*C. canadensis*). Večino fitocenoloških popisov smo opravili v prvi polovici leta, hudoletnice pa polno razvitost socvetij dosežejo pozno poleti ali jeseni, ko lahko zanesljivo določimo te vrste. V jeseni je videz ploskev s hudoletnicami, belkasta preseže meter višine, povsem drugačen kot spomladi oz. zgodaj poleti. Hudoletnice smo popisali na več kot 80 % vseh ploskev, na vseh srednje in zelo požganih ter malo manj kot na polovici najmanj požganih. Po mnenju I. Daksoblerja (2024, ustni vir), odličnega poznavalca slovenskega rastlinstva, je na posekah, verjetno tudi požariščih, veliko pogostejša in invazivna belkasta hudoletnica: njeno naglo širjenje na gozdne poseke, vetrolomne površine in gozdne vlake opaza predvsem zadnjih deset let.

Južnoafriška ITV raznozobi grint (*Senecio inaequidens*) se je pojavljala na polovici ploskev vseh treh stopenj požganosti. Enoletno suholetnico (*Erigeron annuus*) smo popisali na eni ploskvi iz skupine najmanj požganih in na po dveh ploskvah iz skupin srednje in zelo požganih. Tudi ameriška barvilnica (*Phytolacca americana*) se je pojavljala na ploskvah vseh treh skupin, a z večjo pogostnostjo na najbolj požganih. Na dveh ploskvah smo zabeležili posamezne primerke

iz skupine ameriških ščirov (*Amaranthus hybridus* s. lat.).

Čeprav se je ameriški pagrint (*Erechtites hieracifolia*, slika 18), enoletnica iz družine nebinovk (*Asteraceae*), v vzorcu pojavljal le s posameznimi primerki (zabeležili smo ga na skupno štirih ploskvah vseh treh stopenj), zaradi produkcije velike količine lahkih semen, ki jih raznaša veter, lahko pričakujemo njegovo nadaljnje širjenje po Krasu in na motenih rastiščih tudi drugod v naših gozdovih. Podobno kot veliko drugih invazivk tudi ta vrsta dozori šele pozno poleti ali jeseni, ko zraste tudi do višine 1,5 m. Prve objave o pojavljanju te vrste v Evropi so iz druge polovice 19. stol. (poseka ob vinogradu blizu Zagreba (Kornhuber in Heimerl, 1885)). Nato je dobro stoletje veljala za redko, od začetka 21. stol. pa se je število njenih nahajališč v srednji in vzhodni Evropi zelo povečalo, tako da jo ponekod že uvrščajo na seznam invazivnih vrst (Kaplan in sod., 2023). Njeno tipično rastišče so gozdne poseke, katerih površina se v zadnjih desetletjih po sanitarnih sečnjah zaradi podlubnikov in ujm povečuje ter tako nastaja ugoden habitat za to vrsto. Njena imena (angl. *fireweed*, *American burnweed*) jasno kažejo tudi na povezavo s požari. O primeru invazije ameriškega pagrinta na požarišču borovega gozda blizu Kijeva poročata ukrajinska raziskovalca (Mosyakin in Mosyakin, 2021). V Sloveniji je razširjenost ameriškega pagrinta verjetno podcenjena in ponekod spregledana vrsta zaradi razmeroma poznega cvetenja in podobnosti z domorodnimi vrstami grintov (*Senecio* spp.). Avtorji tega prispevka smo ga ob terenskem delu tudi drugod po Sloveniji občasno opazili na gozdnih posekah, npr. v Polhograjskih dolomitih, na Jelovici, na Pohorju, na trajnih raziskovalnih ploskvah v nižinskih dobovih gozdovih v vzhodni Sloveniji (Kermavnar in Kutnar, 2024). Po podatkih iz podatkovne zbirke FloVegSi (Seliškar in sod., 2003) se nahajališča zgostijo v širši okolici Ljubljane, nekaj jih je tudi v severovzhodni Sloveniji. Širi se po posekah, gozdnih vrzelih in vlakah v Posočju, na Krasu so ga leta 2017 našli npr. pri Senožčah (Daksobler, 2024a, ustni vir).

Na območju požarišča, sicer zunaj površine vzorca popisnih ploskev, smo na nekaj lokacijah



Slika 14: Invazivna tujerodna vrsta robinija (*Robinia pseudoacacia*) je med pogostejšimi vrstami v gozdnih sestojih na Krasu, poškodovanih zaradi požara (foto: L. Kutnar).

v zeliščni ali grmovni plasti opazili posamezne primerke pavlovnije (*Paulownia tomentosa*). Ob cesti zahodno od Mirenskega gradu je podivjala navadna papirjevka (*Broussonetia papyrifera*). Njeno subspontano pojavljanje pri Mirnu je znano že vsaj od leta 2007 (podatek Dakskoblerja v podatkovni bazi FloVegSi). Na ruderalnih mestih in ob cestah je razširjena pelinolistna žvrklja ali ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia*).

4 POVZETEK

V letu 2023 – eno leto po obsežnem požaru na Goriškem Krasu – smo na triindvajsetih izbranih gozdnih vzorčnih ploskvah popisali vegetacijo in na dvaindvajsetih zbrali vzorce tal. Ploskve smo zaradi analiz vegetacijskih in talnih parametrov, ki smo jih ocenili oz. izmerili, uvrstili v skupine glede na stopnjo poškodovanosti gozda po požaru. Cilji raziskave so bili vrednotenje poškodovanosti in stanja tal, analiza gozdne vegetacije ter pojavljanja drevesnih vrst na gozdnih površinah na Goriškem Krasu, ki jih je v letu 2022 različno intenzivno prizadel požar.



Slika 15: Na požariščih na Krasu se pojavlja visoki pajesen (*Ailanthus altissima*), invazivna tujerodna vrsta (foto: L. Kutnar).



Slika 16: V pritalnih plasteh zelo degradiranih sestojev lahko invazivna tujerodna vrsta visoki pajesen povsem prevlada že leto po požaru (foto: L. Kutnar).



Slika 17: V zeliščni plasti degradiranih sestojev po požaru lahko povsem prevladajo različne hudoletnice (*Conyza* spp.) (foto: L. Kutnar).



Slika 18: Ameriški pagrint (*Erechtites hieracifolia*) je ponekod v Evropi že invaziven, pojavlja se zlasti na gozdnih posekah. V Sloveniji njegova razširjenost še ni zadostno znana. Na Krasu se pojavlja raztreseno in posamezno (foto: V. Babij).

Analize vzorcev tal, ki smo jih odvzeli eno leto po požaru, kažejo, da tla niso utrpela večjih poškodb zaradi ognja. Statistično značilne razlike v določenih kemijskih lastnostih gozdnih tal (pH, organski ogljik, dušik in žveplo) kažejo, da so razlike le v zgornjem delu tal, v organskem delu, kjer smo ugotovili, da se pH-vrednost vzorcev tal viša s stopnjo prizadetosti zaradi ognja, delež žvepla pa je statistično najmanjši v tleh najbolj poškodovanih sestojev. Mineralnega, bolj stabilnega dela tal ogenj ni poškodoval zelo globoko. Tako so se ohranile kemijske lastnosti tal pred požarom v letu 2022, saj razlik v kemijskih lastnostih nismo našli niti znotraj vzorcev različno prizadetih sestojev, niti v njihovi primerjavi s tlemi nepoškodovanih sestojev oz. tal.

Skupno smo popisali 260 vrst praprotnic in semenk z razponom od 30 do 79 vrst na plo-

sksev. Vrst, ki smo jih zabeležili na samo po eni ploskvi, je bilo 41 %. Taki podatki potrjujejo že znano dejstvo, da je Kras vrstno izjemno pestro območje, vendar kažejo tudi na neustaljeno in pestro floristično sestavo degradiranih gozdnih sestojev po intenzivni motnji – obsežnem požaru. Vrstna pestrost zlasti zeliščne plasti je pričakovano povečana tudi zaradi večjega deleža ruderalnih in negozdnih rastlin pa tudi invazivk.

V drevesni plasti smo skupno popisali trinajst vrst (enajst domorodnih in dve tujerodni), v grmovni trideset, v zeliščni pa 255. V drevesni plasti so bili najpogostejši mali jesen, črni gaber in črni bor, v grmovni mali jesen, navadni ruj in robide. V zeliščni plasti smo med drugimi popisali tudi devetnajst drevesnih vrst, ki so pomembna zasnova pri naravni obnovi požganega gozda na Krasu; najpogostejša med njimi sta bila črni gaber in rešeljika.

Črni bor, ki je na območju požarišča uspeval v obsežnih nasadih in pred požarom predstavljal glavnino lesne mase, se spontano verjetno dolgoročno ne bo ohranil, kar sklepamo po skromni zastopanosti v zeliščni plasti, v grmovni ga ni bilo in razmeroma majhni zastopanosti ter zastiranju preživelih osebkov v drevesni plasti vzorčnih ploskev.

Na vzorčnih ploskvah smo prepoznali devet invazivnih ali potencialno invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst; med drevesnimi sta bila najpogostejša robinija in visoki pajesen. Na območju požarišča smo zunaj vzorčnih ploskev opazili še tri ITV.

Glede na stopnjo zastiranja po posameznih plasteh vegetacije je požar najbolj prizadel drevesno plast; samo na štirih ploskvah je bilo zastiranje drevesne plasti 75 % ali večje. Brez živih dreves so bile štiri ploskve, vse v skupini najbolj požganih. Zastiranje grmovne plasti je v razponu 10 do 60 %, ploskev brez grmov ni bilo. Najbolj ohranjena – ali pa se najhitreje obnavlja – je zeliščna plast z zastiranjem v razponu 20 do 95 %. Rezultat kaže na hitro obnovo in poraščanje tal z rastjem že v prvem letu po požaru ne glede na stopnjo požganosti.

Gradient poškodovanosti po požaru se jasno kaže v večini vegetacijskih in talnih spremenljivk. Statistično značilne razlike med skupinami ploskev

z različno stopnjo poškodovanosti smo ugotovili za šest spremenljivk: pH-vrednosti in vsebnosti žvepla v organskem delu tal, zastiranje drevesne plasti, zastiranje mahov, število drevesnih vrst v spodnji drevesni plasti in število vrst zeliščne plasti.

Vrstno bogata naravna zasnova in razmeroma dobro zastiranje zeliščne ter grmovne plasti sta dobra osnova za razvoj vegetacije in ohranjanje tal, prizadetih zaradi požara. Listavci imajo zaradi vrstne pestrosti, dobre zastopanosti v vseh plasteh vegetacije in hitri regeneraciji prednost pred iglavci, v tem primeru predvsem pred črnim borom. Za podrobnejše razumevanje smeri razvoja vegetacije in pomlajevanja oz. naravne obnove poškodovanih gozdov bomo s ponovitvami vegetacijskih popisov ugotavljali uspešnost preživetja ter uveljavljanja zlasti drevesnih vrst po intenzivni motnji, ki jo je na Goriškem Krasu povzročil požar v letu 2022.

4 SUMMARY

In 2023 – one year after the large fire on Goriški Kras – we surveyed vegetation on 23 selected forest sampling plots and gathered soil samples on 22 of them. We classified the plots due to the analyses of vegetation and soil parameters we assessed or measured in groups according to the damage levels of the forest after the fire. The goal of the study was to rate the soil damage and condition as well as the analysis of forest vegetation and occurring tree species in Goriški Kras forest areas which the fire of 2022 affected with diverse intensities.

The soil sample analyses taken one year after the fire indicate that the soil did not suffer major damage due to the fire. Statistically significant differences in chemical characteristics of forest soil (pH, organic carbon, nitrogen, and sulfur) indicate the differences are only in the upper part of the soil, in the organic part, where we found that the pH value of the soil samples increases with the damage level due to the fire, and sulfur share is the lowest in the soil of the most damaged stands.

The fire did not damage the mineral, more stable part of the soil very deeply, and thereby the chemical characteristics before the 2022 fire were preserved, since we found no differences in chemical characteristics neither inside the samples of diversely affected stands nor in their comparison with the soil of the undamaged stands.

We surveyed a total of 260 species of ferns and seed plants, with a span of 30 to 79 species per plot. 41 % of the recorded species show up on only one of the plots. These data confirm the already known fact that Kras represents an area of high biodiversity, however, they also indicate an unsettled and diverse floristic composition of the degraded forest stands after an intensive disturbance – a large fire. Species diversity, above all of the herb layer, is expectedly higher also due to a higher share of ruderal and non-forest plants, but also of invasive plants.

In the tree layer, we surveyed a total of 13 species (11 native and two non-native), in the shrub one 30, in the herb layer 255. Manna ash, hop hornbeam, and black pine were the most frequent in the tree layer, and manna ash, common smoketree, and brambles in the shrub one. In the herb layer, among other species we also recorded 19 tree species representing an important base in the natural regeneration of the burnt forest on Kras; the most frequent were hop hornbeam and mahaleb cherry.

Black pine growing in the fire area in large planted stands and representing most of the wood mass before the fire, will probably not survive spontaneously in the long term. We gather this based on its poor representation in the herb layer, absence in the shrub layer, and relatively low representation and covering of the living specimens in the tree layer of the sampling plots.

On the sampling plots, we identified 9 invasive or potentially invasive non-native plant species; black locust and tree of heaven were the most frequent tree species. In the burnt area, we noticed additional three invasive species out of the sampling plots.

Considering the level of covering by individual vegetation layers, the fire most affected the tree layer; on only four plots, the covering of the tree layer was 75 % or higher. Four plots, all of them in the group of most burnt, had no living trees. Covering of the shrub layer is in the range of 10–60 %, there were no plots without shrubs. Most preserved – or it regenerates fastest – is the herb layer, with covering in the range of 20–95 %. The result shows fast regeneration and overgrowing of the soil with plants already in the first year after the fire regardless of the burn level.

The gradient of damage after the fire is clearly shown in the majority of vegetation and soil variables. We identified statistically significant differences in groups of plots with various damage levels for six variables: pH values and sulfur content in the organic part of the soil, covering of the tree layer, covering of mosses, number of the tree species in the lower tree layer, and number of the plant species of the herbaceous layer.

Damaged forest stands rich in species and relatively good covering of the herb and shrub layers represents a good basis for the vegetation development and soil conservation affected by the fire. Due to the species diversity, good representation in all vegetation layers, and fast regeneration, broadleaves have an advantage over conifers, above all over black pine. For a more detailed understanding of the direction of vegetation development and rejuvenation or natural regeneration of the damaged forests, we will determine survival success and assertion, above all, of tree species after the intensive disturbance caused by the fire of 2022 on Goriški Kras repeatedly performing vegetation surveys.

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGEMENT

Raziskava je potekala v okviru razvojnega dela izvajanja javne gozdarske službe. Avtorji se zahvaljujemo ekipi laboratorija za gozdno ekologijo na Gozdarskem inštitutu Slovenije za opravljene analize vzorcev tal, Vesni Meden in Davidu Vodičarju za pomoč pri terenskem delu ter recenzentu za recenzijo besedila in koristne pripombe.

6 VIRI

6 REFERENCES

- Alcañiz M., Outeiro L., Francos M., Úbeda X. 2018. Effects of prescribed fires on soil properties: a review. *Sci Total Environ* 613: 944–957.
- Anderle B. 2023. Pregled razširjenosti praprotnic in semenk na Gorenjskem. *Samozal*: 604 str.
- ARSO METEO. Arhiv meritev. <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (26. 2. 2024).
- Badía D., Martí C., Aguirre A.J., Aznar J.M., González-Pérez J.A., De la Rosa J.M., León J., Ibarra P., Echeverría T. 2014. Wildfire effects on nutrients and organic carbon of a Rendzic Phaeozem in NE Spain: changes at cm-scale topsoil. *CATENA* 113: 267–275.
- Bončina A., Rozman A., Daskobler I., Klopčič M., Babji V., Poljanec A. 2021. Gozdni rastišni tipi Slovenije: vegetacijske, sestojne in upravljalvske značilnosti. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta: 575 str.
- Braun-Blanquet J. 1964: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Auf., Springer Verlag, Wien–New York.
- 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 p. + Annex <http://www.icpforests.org/manual.htm>
- Daskobler I. 2024. Pojavljanje belkaste hudoletnice (*Conyza sumatrensis*) na gozdnih posekah in požariščih (ustni vir).
- Daskobler I. 2024a. Pojavljanje ameriškega pagrinta (*Erechtites hieracifolia*) v submediteranskem območju Slovenije (ustni vir).
- Dzwonko Z., Loster S., Gawroński S. 2015. Impact of fire severity on soil properties and the development of tree and shrub species in a Scots pine moist forest site in southern Poland. *For Ecol Manage* 342: 56–63.
- de Mendiburu F. 2023. *Agricolae: statistical procedures for agricultural research*, version 1.3-7 <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>
- Dunn O.J. 1964. Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics* 6(3): 241–252.
- Fernández-Fernández M., Gómez-Rey M.X., González-Prieto S.J. 2015. Effects of fire and three fire-fighting chemicals on main soil properties, plant nutrient content and vegetation growth and cover after 10 years. *Sci Total Environ* 515: 92–100.
- Fernández-García V., Marcos E., Fernández-Guisuraga J.M., Taboada A., Suárez-Seoane S., Calvo L. 2019. Impact of burn severity on soil properties in a *Pinus pinaster* ecosystem immediately after fire. *Int J Wildland Fire* 28(5): 354–364.
- Francos M., Stefanuto E.B., Úbeda X., Pereira P. 2019. Long-term impact of prescribed fire on soil chemical properties in a wild-land-urban interface. Northeastern Iberian Peninsula. *Sci Total Environ* 689: 305–311.
- Fowler C.T. 2003. Human health impacts of forest fires in the Southern United States: A literature review. *Journal of Ecological Anthropology* 7 (1): 39–63.
- Grčman H., Vidic N. J., Zupan M., Lobnik F., Jones A., Montanarella L. 2015. Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1: 250,000. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Hinojosa M.B., Albert-Belda E., Gómez-Muñoz B., Moreno J.M. 2021. High fire frequency reduces soil fertility underneath woody plant canopies of Mediterranean ecosystems. *Sci Total Environ* 752: 141877.
- IPCC 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel*

- on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Jakša J. 2006. Gozdni požari. Gozdarski vestnik, 64 (9): 97–112.
- Jogan N., Bačič M., Strgulc Krajšek S. (ur.) 2012: Neobiota Slovenije, končno poročilo projekta. Oddelek za biologijo BF UL, Ljubljana. 272 str.
- Kalogiannidis S., Chatzitheodoridis F., Kalfas D., Patitsa C., Papagrigoriou A. 2023. Socio-psychological, economic and environmental effects of forest fires. *Fire*, 6: 280. <https://doi.org/10.3390/fire6070280>
- Kaplan Z., Danihelka J., Šumberová K., Pranč J., Velebil J., Dřevojan P., Ducháček M., Businský R., Repka R., Maděra P., Galušková H., Wild J. & Brůna J. 2023. Distributions of vascular plants in the Czech Republic. Part 12. – *Preslia* 95: 1–118.
- Kermavnar J., Kutnar L. 2024. Habitat degradation facilitates the invasion of neophytes: A resurvey study based on permanent vegetation plots in oak forests in Slovenia (Europe). *Plants* 13(7): 962. <https://doi.org/10.3390/plants13070962>
- Knicker H. 2007. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. *Biogeochemistry* 85(1): 91–118.
- Kobal M., Urbančič M., Kralj T., Simončič P. 2007: Navodila za vzorčenje tal na 4 x 4 kilometrski mreži velikoprostorskega popisa poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov v letu 2007. Interno gradivo. 21 str.
- Komac B. 2022. Veliki gozdni požari v Sloveniji. *Geografski vestnik* 94, 2: 21–43. <https://doi.org/10.3986/GV94202>
- Kornhuber A., Heimerl A. 1885. *Erechthites hieracifolia* Rafinesque, eine neue Wanderpflanze der europäischen Flora. – *Oesterreichische botanische Zeitschrift* 35: 297–303.
- Körner C. 2003. Slow in, rapid out – Carbon flux studies and Kyoto targets, *Science*, Vol. 300, 1242 – 1243.
- Kutnar L., Zupančič M., Robič D., Zupančič N., Žitnik S., Kralj T., Tavčar I., Dolinar M., Zrnc C., Kraigher H. 2002. Razmejitev provenienčnih območij gozdnih drevesnih vrst v Sloveniji na osnovi ekoloških regij. Zbornik gozdarstva in lesarstva 67: 73–117.
- Kutnar L., Marinšek A., Kus Veenvliet J., Jurc D., Ogris N., Kavčič A., De Groot M., Flajšman K., Veenvliet P. 2019. Terenski priročnik za prepoznavanje tujerodnih vrst v gozdovih. 2., dopolnjena izd. Ljubljana: Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije, 202 str.
- Mosyakin S.L., Mosyakin A.S. 2021. Lockdown botany 2020: Some noteworthy records of alien plants in Kyiv City and Kyiv Region. *Ukrainian Botanical Journal*, 78(2): 96–111. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.02.096>
- Nave L.E., Vance E.D., Swanston, C.W., Curtis, P.S. 2011. Fire effect on temperate forest soil C and N storage. *Ecological Application*, 21, 1189–1201.
- Osman K.T. 2013. Forest soils. Properties and management. Springer, 217 str.
- Podatkovna zbirka ZGS, 2023. Zbirka podatkov o sestojih, odsekih, SVP.
- Raison R.J., Woods P.V., Jakobsen B.F., Bary G.A. 1986. Soil temperatures during and following low-intensity prescribed burning in a *Eucalyptus pauciflora* forest. *Soil Res* 24(1): 33–47.
- R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Sastry N. 2002. Forest fires, air pollution, and mortality in Southeast Asia. *Demography* 39: 1–23 <https://doi.org/10.1353/dem.2002.0009>
- Saulino L., Rita A., Stinca A., Liuzzi G., Silvestro R., Rossi S., Saracino A. 2023. Wildfire promotes the invasion of *Robinia pseudoacacia* in the unmanaged Mediterranean *Castanea sativa* coppice forests. *Front. For. Glob. Change* 6: 1177551. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1177551>
- Seliškar T., Vreš B., Seliškar A. 2003. *FloVegSi 2.0 Računalniški program za urejanje in analizo bioloških podatkov*. Biološki inštitut ZRC SAZU. Ljubljana.
- SIST ISO 10390:2006. Kakovost tal – Določevanje pH.
- SIST ISO 10693:1996 – Kakovost tal – Ugotavljanje vsebnosti karbonatov - Volumetrijska metoda.
- SIST ISO 10694:1996 Kakovost tal - Ugotavljanje organskega ogljika in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza).
- SIST ISO 11261:1996, Kakovost tal - Ugotavljanje skupnega dušika - Modificirana Kjeldahlova metoda.
- SIST ISO 13878:1999, Kakovost tal - Določevanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza).
- SIST ISO 14235:1999, Kakovost tal - Določevanje organskega ogljika z oksidacijo v kromžvepleni kislini.
- SIST ISO 15178:2006. Kakovost tal – Določevanje celotnega žvepla s suhim sežigom.
- Stančič L., Repe B. 2018. Post-fire succession: Selected examples from the Karst region, southwest Slovenia. *Acta Geographica Slovenica*, 58 (1): 27–38. <https://doi.org/10.3986/AGS.1942>
- Trucchia A., Meschi G., Fiorucci P., Provenza A., Tonini M., Pernice U. 2023. Wildfire hazard mapping in the eastern Mediterranean landscape. *International Journal of Wildland Fire*, 32 (3): 417–434. <https://doi.org/10.1071/WF22138>
- ZGS 2022. Načrt sanacije gozdov, poškodovanih v požaru Goriški Kras od 15. julija do avgusta 2022. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana.
- Uredba (EU) št. 1143/2014 – 2019: Uredba (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta o preprečevanju in obvladovanju vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst (s posodobitvami do leta 2019).
- Wraber M. 1969. Pflanzengeographische Stellung und Gliederung Sloweniens. *Vegetatio*, The Hague, 17 (1-6), s. 176–199.
- Yildiz O., Esen D., Sarginci M., Toprak B. 2010. Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia*, Ten) Ecosystems, *Journal of Environmental Biology*, 31, 11–13.
- Zupančič M., Vreš B. 2018. Phytogeographic analysis of Slovenia = Fitogeografska oznaka Slovenije. *Folia biologica et geologica*, 59 (2): 159–211.