ALTERNATOR
Misliti znanost.

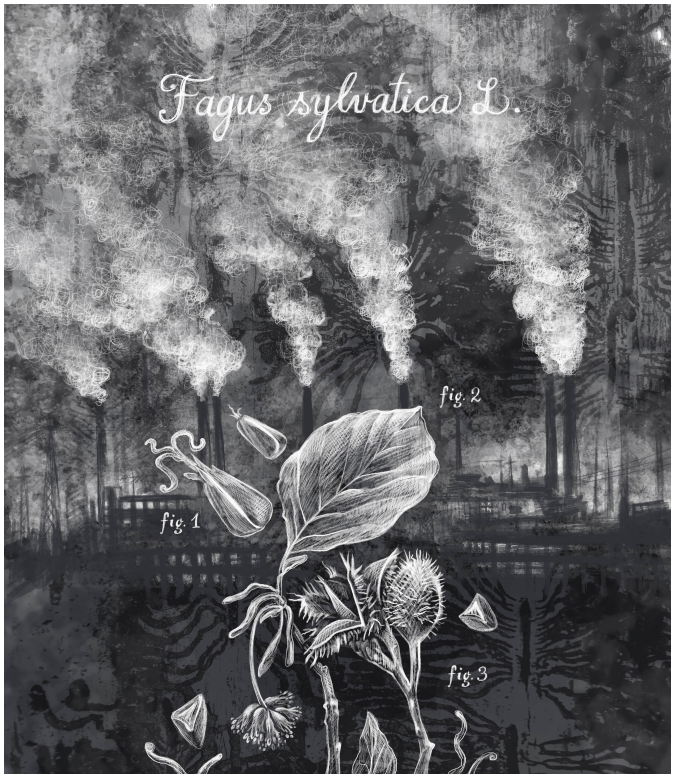
Gozdovi pod pritiskom podnebnih sprememb – in kaj to pomeni za nas

15. 10. 2026

Številka: 21/2026

Avtorica:

- Jožica Gričar



Ilustracija: Milanka Fabjančič

© Milanka Fabjančič in ZRC SAZU, 2026. Vse pravice pridržane. Brez predhodnega pisnega dovoljenja imetnika avtorskih pravic ni dovoljeno reproduciranje, distribuiranje, javna priobčitev, predelava ali druga uporaba ilustracije v kakršnemkoli obsegu ali postopku.

Kljub številnim negotovostim pri napovedovanju ekstremnih vremenskih pojavov postaja vse bolj očitno, da so gozdni ekosistemi po vsem svetu občutljivi za okoljske stresorje (https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102820-012804) , zlasti vse bolj vroče in intenzivne suše, kar se odraža v množičnem umiranju dreves v številnih regijah. Poročila o povečani umrljivosti dreves zaradi podnebnih sprememb se v zadnjih treh desetletjih kopičijo, kar vzbuja zaskrbljenost za zdravje gozdov po vsem svetu. Gozdovi, v katerih je nenavadno visoka stopnja umrljivosti dreves, lahko doživijo nepopravljive ekosistemske spremembe. Umiranje dreves se pojavlja tudi v okoljih, ki so v preteklosti veljala za relativno odporna na te spremembe. To kaže, da obstajajo v prihodnosti znatna tveganja za številne gozdne ekosisteme, ki jih podnebne spremembe do zdaj še niso prizadele. Glede na globalne podnebne projekcije, ki napovedujejo vse pogostejše in hujše suše ter povišanje temperatur, je zelo verjetno, da bomo v tudi v naših in okoliških gozdovih v bližnji prihodnosti zaznali nenadno in nepričakovano povečano umrljivost dreves. Pri tem pa je treba upoštevati, da se bodo lahko pojavljali še drugi izredni dogodki, ki se danes na določenih območjih ne pojavljajo pogosto ali v velikem obsegu, v prihodnosti pa se najverjetneje bodo, npr. požari v zmernem pasu srednje Evrope. Obenem postajajo sezone gozdnih požarov v južni Evropi vse daljše in bolj uničujoče.

Kaj pomeni umiranje dreves za ljudi?

Gozdovi so največji kopenski ekosistem v Evropski uniji (https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/PROJEKTI/SKP-2021-2027/Strategije/Strategija-za-gozdove.pdf) , saj pokrivajo približno 40 % njenega ozemlja in hkrati predstavljajo najbolj biotsko raznovrsten kopenski ekosistem. V gozdovih namreč živi več kot 80 % vseh kopenskih vrst živali, rastlin in gliv. Trenutno je več kot 90 % gozdov pretežno polnaravnih. Primarni gozdovi in pragozdovi, ki predstavljajo manj kot 4 %, so izjemnega pomena za biotsko raznovrstnost Evrope, saj so stabilnejši, odpornejši in bolj prilagodljivi motnjam kot spremenjeni gozdovi.

Človeštvu gozdovi zagotavljajo številne življenjsko pomembne funkcije (https://doi.org/10.1007/s12199-008-0069-2) oziroma ekosistemske storitve, ki imajo ekonomski, ekološki in socialni pomen. Preživetje 1,6 milijarde ljudi po svetu je neposredno odvisno od gozdov, saj jim ti zagotavljajo hrano, zavetje, energijo in dohodek (les in druge dobrine). Kljub njihovemu izjemnemu pomenu pa se krčenje gozdov odvija z zaskrbljujočo hitrostjo. Vsako leto je na svetovni ravni

povprečno izkrčenih približno 13 milijonov hektarjev gozdov. Krčenje gozdov predstavlja od 12 do 20 % svetovnih emisij toplogrednih plinov, ki pomembno prispevajo k svetovni podnebni krizi, kar je delež, primerljiv s celotnim svetovnim prometnim sektorjem.

Intenzivno spreminjanje rabe zemljišč in izkoriščanje gozdov sta trenutno največji grožnji za gozdove, a se pričakuje, da ju bodo podnebne spremembe prehitele tako na lokalni kot tudi regionalni ravni. Te bodo skupaj z ekstremnimi vremenskimi pojavi (npr. vročinski valovi, orkanski veter, žled) in vremensko pogojenimi naravnimi nesrečami (npr. poplave, požari, suša, pozebe) nedvomno vplivale na evropske gozdne ekosisteme v smislu zmanjšane biotske pestrosti, spremenjene razširjenosti drevesnih vrst in vrstne sestave ter zmanjšane stabilnosti in produkcijske sposobnosti gozdov. Gozd se brez večjih težav prilagaja počasnim spremembam okolja, resno pa ga lahko ogrozijo hitre in nepredvidljive spremembe, ki so velik stresni dejavnik in lahko močno ogrozijo odpornost dreves. Še posebno so ogrožene populacije drevesnih vrst, ki so na robu svojega naravnega območja razširjenosti. Zaradi zmanjšane odpornosti se njihova dovzetnost za bolezni in napade škodljivcev poveča. To lahko sčasoma vodi do propadanja posamezne drevesne vrste in degradacije gozdov, kar močno vpliva tudi na globalni gozdarski sektor v smislu ponudbe, povpraševanja in proizvodnje lesa, prizadete regije pa imajo velike gospodarske izgube. Zaradi običajno dolgih obhodenj (čas, po katerem se lahko ponovi sekanje na istem prostoru) je treba razvoj gozdov že danes aktivno usmerjati glede na pričakovane prihodnje okoljske razmere, zlasti s spremembo strategij gospodarjenja ter z izbiro bolje prilagojenih in posledično odpornejših drevesnih vrst ali provenienc (t. i. podnebno pametno gozdarstvo).

Od globalnega k lokalnemu

Tudi v Sloveniji izhaja pomen prilagajanja gospodarjenja z gozdovi iz pričakovanih podnebnih sprememb, zlasti ker je Slovenija tretja najbolj gozdnata država v Evropi – gozdovi namreč pokrivajo kar 58,1 % površine države. Kot zanimivost naj dodam, da je do leta 2009 smreka predstavljala največji del lesne mase slovenskih gozdov, v zadnjih letih pa je to bukev. Ti dve drevesni vrsti tako skupno znašata več kot 60 % lesne zaloge. Zaradi vpliva podnebnih sprememb ter konceptov trajnostnega gospodarjenja z gozdovi lahko tudi v prihodnje pričakujemo spremembe v vrstni sestavi slovenskih gozdov, zlasti večanje deleža listavcev. V prihodnje lahko v Sloveniji pričakujemo spremembe v vrstni sestavi gozdov, saj je v zadnjih desetletjih že opazen jasen trend zniževanja deleža iglavcev v lesni zalogi in povečevanja deleža listavcev. Ta trend lahko pripišemo številnim dejavnikom, v največji meri pa nanj vplivajo pogoste in obsežne težave zaradi številnih ujm in podlubnikov ter načrtno zmanjševanje deleža monokultur smreke v slovenskih gozdovih.

Sanitarna sečnja pri nas se je po letu 2013 močno povečala, predvsem kot posledica žledoloma v februarju 2014. V obdobju 2015–2020 je skupna količina sanitarnega poseka presegala 20 milijonov m3, kar je predstavljalo 58,2 % celotnega poseka. V strukturi sanitarnega poseka je prevladoval les iglavcev (77 %) v primerjavi z lesom listavcev (23 %). V letu 2024 je sanitarna sečnja predstavljala 45 % celotnega poseka, pri čemer je posek zaradi podlubnikov predstavljal 35 %, posek zaradi naravnih ujm pa 46 % sanitarnega poseka. Izbruhi žuželk so v zadnjih 20 letih podvojili svoj delež škode in so posledica vpliva višjih temperatur na večanje generacij na leto, preteklih gozdarskih odločitev (npr. sajenja smreke zunaj njenega naravnega rastišča) ter zmanjšanja obrambne sposobnosti dreves in velike količine poškodovanega lesa zaradi ekstremnih vremenskih dogodkov, ki so spodbudili razmnoževanje podlubnikov. Iglavci bodo zaradi nizke odpornosti na sušo bolj občutljivi za podnebne spremembe. Rezultat sanitarne sečnje so velike količine dostikrat poškodovanega in manjvrednega lesa (zlasti smreke) na svetovnih trgih in posledično slabi donosi ter izdelki z nizko dodano vrednostjo. To močno vpliva na ponudbo, povpraševanje in proizvodnjo lesa in lahko lokalno povzroči znatne gospodarske izgube v gozdno-lesnih vrednostnih verigah. Najverjetnejši podnebni scenarij za Slovenijo predvideva dvig povprečne letne temperature zraka za približno 2 °C do leta 2100 glede na obdobje 1981–2010. Obenem se spreminjata tudi količina in letna porazdelitev padavin, ki so obilnejše v hladni in skromnejše v topli polovici leta. Dvig temperature v Sloveniji že vpliva na fenološki razvoj dreves in s tem na dolžino rastne sezone, ki se v splošnem podaljšuje. To se praviloma odraža v širših letnih prirastkih lesa. Po drugi strani pa so zaradi sezonske prerazporeditve padavin poletne suše pogostejše, kar negativno vpliva na širino letnih prirastkov lesa, saj poletne suše povzročijo predčasen zaključek debelinske rasti dreves. Velika nihanja v temperaturi in padavinah bodo povečala medletno variabilnost v širinah letnih prirastkov lesa. Gostotna nihanja znotraj posameznega prirastka in med njimi se bodo večala, kar bo negativno vplivalo na lastnosti lesa. Obseg teh sprememb in njihov vpliv na kakovost lesa pri posameznih drevesnih vrstah in s tem posledice za celotno gozdno-lesno vrednostno verigo bo treba še raziskati. Nedvomno pa bo to vplivalo na celotno gostoto lesa, kar bo treba upoštevati pri morebitnih novih preračunih vezave ogljika v stoječih drevesih. Rastline namreč predstavljajo več kot 90 % živih zalog biomase, ogljik, shranjen v olesenelih celicah dreves, pa je ključni sestavni del globalnega kroženja ogljika.

Ko se posamezno drevo odziva na vplive okolja

Za poglobljeno razumevanje odzivov gozdov velikega prostorskega obsega na podnebne spremembe so ključne celovite raziskave (https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01069) , ki so osredotočene na posamezno drevo. Pri t. i. individualnem pristopu je tako posamezno drevo osrednji vir informacij za raziskave rastnih odzivov na različne okoljske dejavnike. Opazovanja temeljijo na skrbno izbranih drevesih oz. drevesnih vrstah v različnih okoljskih razmerah in omogočajo poglobljeno razumevanje odzivov gozdov velikega prostorskega obsega na podnebne spremembe. Individualni pristop, osredotočen na posamezno drevo, v primerjavi s pristopi, ki temeljijo na funkcionalnih tipih rastlin (t. i. modeli PFT), sicer zagotavlja manjšo prostorsko pokritost, vendar omogoča vpogled v kompleksne strukturno-fiziološke odzive posameznih dreves na določene okoljske dejavnike.

Vzpostavitev individualnega pristopa, osredotočenega na drevo, zajema: (a) poglobljeno razumevanje vzročnih procesov, tj. številnih fizioloških in strukturnih sprememb, ki potekajo v drevesu kot odziv na okoljske spremembe; (b) raziskave zvez med strukturo in funkcijo drevesa, kar omogoča presojo kratkoročnih vplivov ekstremnih dogodkov na delovanje dreves kot posledice strukturnih sprememb v različnih tkivih (les, skorja) in organih dreves (korenine, listi, deblo); (c) dolgoročno spremljanje rastnih vzorcev dreves v povezavi s podnebnimi razmerami (dendrokronologija), saj se odziv dreves odraža v spremenjenih širinah in strukturah letnih prirastkov lesa, kar omogoča retrospektivne analize; (č) primerjalne študije na izbranih lokacijah s pogostimi ekstremnimi vremenskimi pojavi skupaj z dolgoročnimi raziskavami in poskusi v različnih, bolj ali manj nadzorovanih okoljskih razmerah (npr. provenienčni poskusi), ki omogočajo vpogled v rastne vzorce dreves tudi v razmerah, ki presegajo današnje naravno območje razširjenosti vrst/provenienc.

V zadnjem času v te študije intenzivno vključujemo tkiva skorje (https://doi.org/10.1093/jxb/erae410) , ki so v primerjavi z lesom bistveno manj raziskana. Skorja je bila v preteklosti zelo redko vključena v ekofiziološke in dendroekološke študije, četudi tkiva opravljajo številne naloge, ki so ključne za rast drevesa, kot denimo transport produktov fotosinteze iz listov do živih in razvijajočih se tkiv, v katerih potekajo celične delitve in rast. V nedavnih raziskavah smo dokazali, da se struktura skorje vsakoletno prilagaja na dane okoljske razmere in ni v pretežni meri nadzorovana z notranjimi dejavniki, kot so hormoni in geni, kar je veljalo včasih. Njen odziv na stresne razmere (suša, požar) ali zmanjšano vitalnost dreves je lahko zelo različen v primerjavi z lesom, zato tkiva skorjepredstavljajo komplementaren vir podatkov o prilagoditvi in preživetju dreves v različnih okoljih. Glavni namen individualnega pristopa, osredotočenega na drevo, je razumeti procese in strukturne odzive dreves na spreminjajoče se okoljske razmere na različnih časovnih skalah – tj. od kratkoročnih odzivov na ekstremne podnebne dogodke do dolgoročnih rastnih vzorcev, primerljivih z življenjskimi cikli drevesnih populacij. Tovrstne študije se izvajajo na izbranih drevesih različnih vrst in starosti, ki rastejo v raznolikih okoljih (različni tipi gozdov, vrstna sestava, sukcesijske faze, režimi gospodarjenja) ter so izpostavljeni različnim vremenskim razmeram in ekstremnim dogodkom. Tako pridobljeno znanje dopolnjuje druge raziskovalne pristope in lahko neposredno podpira gozdarske odločitve, na primer pri izbiri ustreznih drevesnih vrst ali provenienc za različna okolja z namenom boljše prilagoditve gozdnih sestojev na prihodnje okoljske izzive. Ustrezni in pravočasni ukrepi bodo omogočili nadaljnji razvoj gozdov v smeri stabilnih in kvalitetnih gozdnih sestojev.

Kompleksnost napovedovanja umrljivosti gozdov

Ocene tveganja za evropske drevesne vrste so pokazale, da naj bi se delež trenutno gospodarsko najpomembnejših vrst bodisi zmanjšal (npr. smreka, rdeči bor, jelka in nižinski hrast oz. dob) bodisi ostal nespremenjen (npr. bukev). Za vrste, ki so bolj odporne na sušo (npr. sredozemski hrasti in graden), naj bi bilo tveganje izgube habitata znatno manjše. Tem hrastom bi lahko podnebne spremembe celo koristile, saj se predvideva, da bodo vse bolj konkurenčni vrstam, ki so na sušo manj odporne. Obenem naj bi se povečal tudi delež nekaterih trenutno manj zastopanih in gospodarsko dokaj nepomembnih drevesnih vrst (npr. črni bor, puhasti hrast, črnika, pravi kostanj). V luči podnebnih sprememb se v srednji in jugovzhodni Evropi priporoča torej izbira tistih drevesnih vrst, ki so na sušo bolj odporne, pri čemer je zelo pomembno tudi njihovo poreklo (provenienca).

Napovedovanje umrljivosti dreves je zahtevna naloga, zlasti zaradi omejenega razumevanja zapletenih interakcij med drevesi in okoljem, kar predstavlja velik izziv za zanesljivo modeliranje, zato so trenutne napovedi globalne umrljivosti dreves (https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2017/08/Forest_book_final_WEBpdf.pdf) ob nadaljnjih podnebnih spremembah zelo nezanesljive. Pomembno je opredeliti pragove nenadnega propadanja gozdov, saj lahko njihova obnova in ponovna vzpostavitev ekosistemskih storitev trajata več desetletij. Zelo težko je napovedati pojav ekstremnih vremenskih pojavov, ki so zelo nepredvidljivi v smislu pogostosti, intenzivnosti in obsega. Ne glede na to pa modeli kažejo, da naj bi bili ti pojavi v prihodnosti še pogostejši in intenzivnejši. V prihodnjih letih je mogoče pričakovati pomemben napredek v (a) zmogljivostih daljinskega zaznavanja za obsežno spremljanje prostorskih vzorcev in časovnih trendov pri zdravju gozdov ter umrljivosti dreves, kar bo omogočilo razvoj robustnejših empiričnih modelov umrljivosti, in (b) procesno zasnovanih dinamičnih globalnih vegetacijskih modelih (DGVM), ki bodo omogočali natančnejše simulacije umrljivosti dreves. Takšna izboljšana orodja bodo ključna za napovedovanje prihodnje dinamike in stanja gozdov v velikih prostorskih merilih ter za podporo ohranjanju in trajnostnemu gospodarjenju s svetovnimi gozdovi.

Ali se soočamo s prihodnostjo brez zdravih gozdov?

Na to ključno vprašanje (https://doi.org/10.1126/science.aac6759) za zdaj še ni mogoče odgovoriti, saj noben obstoječi opazovalni sistem ne omogoča celovitega spremljanja nenehnih sprememb v gozdovih na način, ki bi omogočal zanesljivo pripisovanje vzrokov propadanja gozdov, napovedovanje možnosti okrevanja ali nadaljnjega propadanja ter razumevanje posledic ohranjanja ali izgube določenih gozdnih ekosistemskih storitev. Ob dejstvu, da bodo številna danes živa drevesa v prihodnosti izpostavljena temperaturam in koncentracijam CO_2 zunaj območja, na katerega so prilagojena, je nujno spremljati stanje gozdov, še posebno pojave množičnega umiranja dreves.

Vsak posameznik lahko prispeva k ohranjanju zdravih gozdov, zlasti z vsakodnevnimi trajnostnimi odločitvami, kot sta zmanjšanje porabe papirja in nakup certificiranih lesenih izdelkov (npr. FSC), ki so pridelani iz lokalnega lesa. Podpiranje projektov pogozdovanja, zmanjšanje osebnega ogljičnega odtisa in prostovoljno delo pri lokalnih prizadevanjih za ohranjanje narave neposredno pomagajo zaščititi, obnoviti in ohraniti gozdne ekosisteme. Gozdovi obstajajo bistveno dlje kot človeška družba in so v preteklosti že prestali širok spekter podnebnih sprememb. Dolgoročno se bodo zato verjetno izkazali za odporne tudi proti hitrim antropogenim spremembam podnebja in okolja, bodisi v svoji sedanji obliki bodisi v

novih vrstnih združbah. Zaskrbljenost ljudi za zdravje gozdov (https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102820-012804) v veliki meri odraža našo odvisnost od stalne razpoložljivosti proizvodov in drugih ekosistemskih storitev, ki nam jih zagotavljajo gozdovi. Naša ranljivost že ob začasnih motnjah v njihovi oskrbi dodatno poudarja nujnost zgodnjega odkrivanja, boljšega razumevanja in zanesljivega napovedovanja morebitnega upada zdravja gozdov na globalni ravni.

* Pripravo prispevka je omogočila Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS), raziskovalni program P4-0430 in projekt J4-4541.

** Besedilo je prvotno izšlo v tiskani tematski številki // Preživetje človeštva, ki jo lahko naročite tule (https://knjigarna.zrc-sazu.si/sl/publikacije/alternator-2026) , naprodaj pa je tudi v knjigarni Azil (https://maps.app.goo.gl/kmCnd1G1fuWnLZV76) v Ljubljani in knjigarni Maks (https://maps.app.goo.gl/wNHriAa3xtCgpSFq5) v Novi Gorici.