

Program LIFE je finančni instrument EU za okolje in podnebne ukrepe.

Cilj projekta LIFE SySTEMiC (Trajnostno in sonaravno gospodarjenje z gozdovi v času podnebnih sprememb) je uporaba "orodja" genetske pestrosti za pomoč pri gospodarjenju z gozdovi v času podnebnih sprememb.

Osnovna zamisel je razmeroma preprosta: večja kot je genetska pestrost dreves v gozdovih, večja je verjetnost, da bodo nekatera drevesa imela podedovane značilnosti, zaradi katerih se bodo lažje prilagajala hitrim podnebnim spremembam, kar bo povečalo odpornost celotnega gozdnega ekosistema.



Priručnik za trajnostno gospodarjenje z gozdovi

Priručnik za trajnostno gospodarjenje z gozdovi



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO REGIONALE
AGRICOLTURA, ALBERGHI E FORESTALI



CASENTINO
UNIONE DEI COMUNI MONTANI



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



Priročnik za trajnostno gospodarjenje z gozdovi

Izdelek projekta Life SySTEMic: Priročnik za trajnostno
gospodarjenje z gozdovi za 8 drevesnih vrst



Projektni partnerji

Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy (Coordinator)

Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

D.R.E.A.M., Italy

Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli (MSRM), Italy

Gozdarski inštitut Slovenije / Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Zavod za gozdove Slovenije / Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia

Unione dei Comuni Montani del Casentino (UCCAS), Italy

Avtorji

DAGRI-UNIFI: Cristina Vettori (IBBR-CNR), Roberta Ferrante, Cesare Garosi, Francesco Parisi, Davide Travaglini, Donatella Paffetti

CFRI: Sanja Bogunović, Mladen Ivanković, Anđelina Gavranović Markić, Barbara Škiljan, Zvonimir Vujnović, Miran Lanščak

MSRM: Francesca Logli

SFI: Marko Bajc, Rok Damjanić, Natalija Dovč, Tine Grebenc, Tijana Martinović, Tanja Mrak, Tina Unuk Nahberger, Nataša Šibanc, Marjana Westergren, Hojka Kraigher

SFS: Andrej Breznikar, Kristina Sever

Trajanje projekta

01/09/2019 - 31/08/2024

Skupni stroški in prispevek EU

Proračun projekta: 2,976,245 €

LIFE sredstva: 1,635,709 € (55% od skupnega upravičenega proračuna)

Kontaktne podatke projekta

Koordinatorica in znanstveno odgovorna oseba projekta

Donatella Paffetti - DAGRI-UNIFI

Via Maragliano, 77

50144 Firenze

Italy

donatella.paffetti@unifi.it

Vodja projekta

Cristina Vettori - IBBR-CNR

Via Madonna del Piano, 10

50019 Sesto Fiorentino (FI)

Italy

cristina.vettori@cnr.it

Vodja komunikacije

Davide Travaglini - DAGRI-UNIFI

Via San Bonaventura, 13

50145 Firenze

Italy

davide.travaglini@unifi.it

Spletna stran

<https://www.lifesystemic.eu>



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR

Projekt LIFE SySTEMiC - LIFE18ENV/IT/000124 je prejel sredstva iz programa LIFE Evropske unije.

Navajanje vsebine

Vsebina knjige je zaščitena z licenčnimi pravicami, ki so vezane na pogoje in določila Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Public License ("Javna licenca") (za podrobnosti glejte <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>).

Besedilo, fotografije, slike, ilustracije

Uporaba besedil, fotografij, slik in ilustracij, navedenih v Priročniku, je dovoljena z navedbo vira in LIFE SySTEMiC projekta. Pri predstavitev in publikacijah se navede povezavo do spletne strani projekta in vir: Life Systemic Priročnik za trajnostno gospodarjenje z gozdovi, 124 strani (www.lifesystemic.eu).



Grafično oblikovanje: Arts & altro Grafica



LIFEsystemic © 2020 | All Rights Reserved

Vsebina

OPIS PROJEKTA LIFE SYSTEMIC

4

1. Uvod	5
2. Trajnostno gospodarjenje z jelovimi gozdovi (<i>Abies alba</i> Mill.)	9
2.1 Uvod	9
2.2 Struktura gozda, odmrlo drevje in drevesni mikrohabitati	11
2.3 <i>Krajinska genomika</i>	15
2.4 Biotska pestrost tal	19
2.5 Objedanje	20
2.6 Model Genbiosilvi	23
2.7 Smernice za trajnostno gospodarjenje z jelovimi gozdovi	29
3. Trajnostno gospodarjenje z bukovimi gozdovi (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	37
3.1 Uvod	37
3.2 Struktura gozda, odmrlo drevje in drevesni mikrohabitati	40
3.3 <i>Krajinska genomika</i>	47
3.4 Biotska pestrost tal	50
3.4.1 Poskus s sečnjo	52
3.4.2 Dolgoročni učinki gozdnogojitvenih ukrepov	53
3.5 Model Genbiosilvi	57
3.6 Priporočila za trajnostno gospodarjenje z gozdovi	63
4. Trajnostno gospodarjenje z borovimi gozdovi (črni bor (<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold), pinija (<i>Pinus pinea</i> L.), obmorski bor (<i>Pinus pinaster</i> Aiton))	69
4.1 Uvod	69
4.2 Struktura gozda, odmrli les in drevesni mikrohabitati	73
4.3 <i>Krajinska genomika</i>	79
4.4 Model Genbiosilvi	83
4.5 Smernice za trajnostno gospodarjenje z borovimi gozdovi	85
5. Trajnostno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi (dob (<i>Quercus robur</i> L.), puhasti hrast (<i>Quercus pubescens</i> Willd.), črnika (<i>Quercus ilex</i> L.))	91
5.1 Uvod	91
5.2 Struktura gozda, odmrli les in drevesni mikrohabitati	95
5.3 <i>Krajinska genomika</i>	100
5.4 Hrastova pepelovka	104
5.5 Model Genbiosilvi	106
5.6 Smernice za trajnostno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi	111
Viri	116

OPIS PROJEKTA LIFE SYSTEMIC

Program LIFE je instrument Evropske unije za financiranje projektov s področja ohranjanja okolja in biotske raznovrstnosti ter boju proti podnebnim spremembam.

Cilj projekta LIFE SySTEMiC (Trajnostno in sonaravno gospodarjenje z gozdovi v času podnebnih sprememb) je uporaba »orodja« genetske pestrosti za pomoč pri gospodarjenju z gozdovi v času podnebnih sprememb. Osnovna ideja je preprosta: večja kot je genetska pestrost dreves v gozdu, večja je verjetnost, da imajo nekatera drevesa podedovane genetske značilnosti, zaradi katerih se bodo lažje prilagajala hitrim podnebnim spremembam, kar bo povečalo odpornost celotnega gozdnega ekosistema.

Glavni cilji projekta so:

- Raziskati povezavo med gospodarjenjem z gozdom in genetsko pestrostjo za osem gozdnih drevesnih vrst v treh evropskih državah (Hrvaška, Italija, Slovenija) z namenom ugotoviti, kateri gozdnogojitveni sistemi ohranjajo visoko stopnjo genetske pestrosti.
- Razviti inovativni model, ki vključuje genetsko in biotsko vrstno raznovrstnost ter gojenje gozdov (GenBioSilvi), in temelji na kombinaciji napredne krajinske genomike, uporabne genetike in modelov gojenja gozdov za podporo trajnostnega gospodarjenja z gozdovi.
- Širjenje znanja o tako razviti metodi po Evropi in prenos njene uporabe v gozdarsko prakso z vključevanjem različnih deležnikov.

Spletna stran projekta LIFE SySTEMiC s podrobnimi protokoli in rezultati: <https://www.lifesystemic.eu/>



1. UVOD

Hojka Kraigher¹, Kristina Sever², Andrej Breznikar², Davide Travaglini³

¹ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

² Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

³ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

Trajnostno, sonaravno in večnamensko gospodarjenje z gozdovi

Trajnostno, sonaravno in večnamensko gospodarjenje z gozdovi ohranja gozdove ter vse njihove vloge, hkrati pa zagotavlja dobiček lastnikom gozdov. Lahko ga opišemo z načeli »slovenske gozdarske šole«, kot so jih opisali Kraigher in sod. (2019):

- gospodarjenje z gozdovi je prilagojeno značilnostim rastišča in naravnemu razvoju gozdov;
- aktivno varstvo naravnih populacij gozdnega drevja;
- varovanje in ohranjanje biotske raznovrstnosti v gozdovih (vključno z genetsko pestrostjo);
- podpora bioekološki in gospodarski stabilnosti gozdov s povečevanjem lesne zaloge;
- nega različnih razvojnih faz spodbuja vitalnost in kakovost gozdnega drevja, kar optimalno vpliva na vse funkcije gozdov;
- spodbujanje naravne obnove v vseh gozdovih;
- v primeru uporabe semena ali sadik, morajo le-ta biti ustreznega izvora, uporabljajo pa se lahko samo rastišču primerne avtohtone drevesne vrste.

Sonaravno gozdarstvo uporablja metode gospodarjenja z gozdovi, ki zagotavljajo ohranjanje narave in gozdov, hkrati pa se iz gozda pridobivajo materialne in nematerialne dobrine na način, da ga ohranijo kot naravni ekosistem za različne oblike življenja in odnose, ki se ustvarjajo med njimi. Temelji na podrobnem načrtovanju gospodarjenja z gozdovi, ki je prilagojeno posameznim rastiščem in sestojem ter funkcijam gozdov in upošteva naravne procese in strukture, značilne za naravne gozdne ekosisteme. Sonaravno gozdarstvo posnema naravne procese v gozdovih, v katerih se ne gospodari in v gozdnih rezervatih. Naravni procesi se spreminjajo v čim manjši meri, hkrati pa se ohranjata finančna donosnost in socialna trajnost gospodarjenja z gozdovi (Forest management by Mimicking nature, 2014).

Gozdni sestoji se obnavljajo po naravni poti in posnemajo mešanje drevesnih vrst v gozdovih, kjer ni vpliva človeka. Gospodarjenje z gozdovi lahko neposredno vpliva na populacije drevesnih vrst v gozdnem ekosistemu. Z naravno obnovo gozdnih sestojev se ohranjata prilagodljivost dreves na razmere posameznih rastišč in naravna dinamika v sestojih. Zato je potrebno gozdnogojitvene sisteme skrbno izbrati, spodbujati sonaravne pristope in posnemati naravne procese v gozdnih sestojih.

Z gozdovi se gospodari na način, da se ohrani njihova večnamenska vloga (ekološke, socialne in proizvodne funkcije gozdov). To je mogoče doseči samo z ohranjanjem zdravih gozdov in njihove biotske raznovrstnosti, z varovanjem njihove naravne rodovitnosti, vodnih virov in drugih koristnih funkcij gozdov, ki zagotavljajo kroženje vode in ogljika, s trajnostno oskrbo z lesom in drugimi gozdnimi proizvodi, dobičkom in zaposlovanjem ter možnostmi za rekreacijo in z drugimi družbenimi koristmi, povezanimi z gozdovi.

Prilagajanje značilnostim posameznega rastišča je glavna usmeritev sonaravnega gospodarjenja z gozdovi, ki se v okviru projekta LIFE SySTEMiC preučuje na različnih demonstracijskih ploskvah. Usmerjen razvoj gozdnih sestojev, prilagojen razmeram posameznega rastišča in sestoja ter funkcijam gozda, zahteva veliko mero prilagodljivosti pri izbiri ustreznega sistema gospodarjenja z gozdom

in skrbno načrtovanje ukrepov.

Glavni ukrepi za prilagajanje gospodarjenja z gozdovi podnebnim spremembam so usmerjeni v prilagajanje drevesne sestave v gozdnih sestojih, povečevanje odpornosti gozdov z zagotavljanjem strukturne pestrosti sestojev na vseh ravneh, zlasti genetski, z ukrepi za obnovo gozdov ter povečevanje njihove stabilnosti z dovolj zgodnjimi negovalnimi ukrepi (npr. redčenje), oblikovanje večslojnih in prebiralnih gozdnih struktur v ustreznih sestojih ter (ne nazadnje) monitoring in ohranjanje biotske raznovrstnosti gozdov, vključno z genetsko pestrostjo (Bajc in sod., 2020).

Preglednica 1.1. Pregled različnih načinov gospodarjenja z gozdovi in gozdnogojitvenih sistemov.

Intenzivnost gospodarjenja z gozdovi	Gozdnogojitveni sistem	Opis gozdnogojitvenega sistema
Brez gospodarjenja	Gozdni rezervat	Brez ukrepov, vstop je dovoljen samo za raziskovalne namene po pridobitvi dovoljenja nacionalne organizacije pristojne za gozdove in varstvo narave, zavarovano območje kategorije I po kriterijih Svetovne zveze za varstvo narave (IUCN).
Nizka intenzivnost gospodarjenja	Skupinsko postopno gojenje	Obnova v vrzelih (pomladitvena jedra) velikosti do dveh drevesnih višin, kjer mlada drevesa rastejo v zavetju in pod zaščito odraslega sestoja. Pozneje se ta jedra združijo in nastane sestoj z raznodobno strukturo (prilagojeno po Čater M., Diaci J. 2020); uvrsti se lahko v zavarovano območje kategorije IV ali VI po kriterijih Svetovne zveze za varstvo narave (IUCN).
	Prebiralno gojenje gozdov	Na majhni površini so drevesa vseh velikosti in starosti. Obnova poteka neprekinjeno, rast in razvoj dreves pa sta bolj individualna. Sklep krošenj je rahel, struktura pa večslojna. V prebiralnih sestojih je mogoče opredeliti tri glavne skupine glede na njihov položaj: zasenčeni čakalci v spodnjem sloju, tekači v srednjem sloju in vladajoča drevesa (zmagovalci) v najvišjem sloju krošenj (Čater M., Diaci J. 2020); po kriterijih Svetovne zveze za varstvo narave (IUCN) jih lahko uvrstimo v zavarovano območje kategorije IV. ali VI.
Srednja intenzivnost gospodarjenja	Umetna obnova po obsežnih motnjah	Kadar naravna obnova ni mogoča ali je zelo otežena (zlasti po obsežnih motnjah), je priporočljiva izvedba umetne obnove s semeni ali sadikami, ki izvirajo iz ustreznih virov/provenienc. Uporabljajo se lahko samo ustrezne drevesne vrste in provenience.
	Sistem zastornih sečenj	Odrasel sestoj se postopoma odstrani z več sečnjami (dvema ali tremi, odvisno od vrste, s katero se gošpodari), da se spodbudi nastanek novega enodobnega sestoja v zavetju starega. Cilj je zaščititi in zagotoviti zavetje za razvijajoče se mladje (naravna obnova). Semenska drevesa iz gornjega drevesnega sloja ostanejo v sestoju, kjer zagotavljajo seme in varujejo obnavljajoči se spodnji sloj sestoja, dokler ta ne potrebuje več zavetja.

Visoka intenzivnost gospodarjenja	Posek na golo, ki mu sledi obnova s sadnjo	Gojitveni sistem, ki se uporablja v nekaterih enodobnih gozdovih. Posek na golo se lahko uporablja tudi pri premeni monokultur (npr. smreke) v bolj raznovrstne sestoje. Premena se lahko izvede postopoma ali s posekom na golo, ki mu sledi obnova s sadnjo sadik gozdnega drevja.
	Nasadi izven gozda	Zasaditev sadik drevesnih vrst zunaj gozdnega območja.



2. TRAJNOSTNO GOSPODARJENJE Z JELOVIMI GOZDOVI (*ABIES ALBA* MILL.)

2.1 Uvod

Hojka Kraigher, Marjana Westergren

Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Jelka je endomna vetrocvetna in tujeprašna drevesna vrsta iz evropskih gorskih gozdov zmernege pasu (vključno s sredozemskimi in celinskimi), območje razširjenosti je predstavljeno na sliki 2.1.1.



Slika 2.1.1. Območje razširjenosti jelke (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

Raste lahko na različnih vrstah tal, razen na hidromorfni in zbitih tleh. Zelo dobro prenaša senco in lahko več desetletij preživi pod zastorom dreves. V čistih sestojih lahko zraste do višine 50 (60) m, vendar se običajno pojavlja v zgornjem gozdnem pasu v mešanih sestojih skupaj s smreko in/ali borom, v nižjih legah pa z bukvijo. Reprodukativno fazo lahko doseže pri 20 letih, običajno pa po 60. letu starosti. Ženski cvetovi so večinoma na najvišjih vejah, moški pa nekoliko nižje v krošnji. Znano je, da ne semeni obilno, saj zaradi žuželk in poznih zmrzali dozori le majhno število storžev. Cveti od aprila do junija, odvisno od nadmorske višine, storži pa dozori v 90 do 120 dneh. Zreli storži so rumenkasto rjavkaste barve, rastejo na vejah usmerjeni navzgor in ko semena dozori, razpadejo na kose in ostane samo še srednja os. Storži razpadejo glede na razmere na rastišču, semena pa med septembrom in oktobrom razprši veter. Zbiranje semen je potrebno dobro načrtovati, da lahko zrele storže pobere (s plezanjem na drevesa ali s posekanimi drevesi) še preden razpadejo (v Sloveniji sredi septembra). Semenska leta se ponavadi pojavljajo periodično (vsakih 4-6 let), vendar lahko glede na rastišče nekatera drevesa obrodijo storže vsako leto (Kavaliauskas in sod., 2020).

Storže je mogoče pridobivati v gospodarske namene, če je na vzdolžnem prerezu vidnih vsaj 50 % polnih semen. En liter svežih semen običajno tehta približno 400 g, semena pa vsebujejo od 8 do 11 % vode. V 1 kg storžev je 15-30 storžev, 1 kg semen pa vsebuje približno 14.000-23.000 semen brez krilc. V vsakem storžu je lahko 260-290 semen. Semena s približno 8-odstotno vsebnostjo vode je mogoče od tri do pet let shranjevati v hermetično zaprtih posodah pri temperaturi od -10 do -15 oC. Embrio jelke je dormanten, zato je pred setvijo potrebna od 3 do 7 tednov dolga hladna stratifikacija (Kraigher 2024; Regent, 1980; USDA 2008).

Jelka, zlasti njeno mladje, je občutljiva na temperaturni režim, pozne zmrzali in dolgotrajno sušo. Njeno obnovo močno ogroža tudi objedanje, zaradi spreminjajočega se podnebja je zlasti v bližini sredozemskih regij manj odporna proti škodljivcem in boleznim. Kavaliasukas in sod. (2020) med škodljivci in boleznimi omenjajo še zlasti poškodbe lubja in brstov, ki jih povzročajo osmerozobi smrekov lubadar (*Ips typographus* L.), jelova uš (*Cinara pectinatae* (Nördlinger)), vrsta *Epinotia nigricans* (Herrich-Schäffer), ter bela trohnoba korenin (*Armillaria mellea* P. Kumm agg.) in rdeča trohnoba (*Heterobasidium annosum* Bref.), ki povzročata gnitje korenin in spodnjega dela debla, poškodovana jelka pa je zato manj odporna na močne vetrove.

Genski skladi jelke so glede na zemljepisno dolžino dobro zastopani in se delijo na balkansko-južnotalijanski, srednjeevropsko-severnoitalijanski, alpski, južnofrancoski in pirenejski genski sklad (GenTree 2020), ki se pozneje deli še na vzhodnega in zahodnega (Scotti-Santaigine in sod., 2021). Vendar se vzorec porazdelitve genetske pestrosti razlikuje glede na uporabljene molekularne markerje (FORGENIUS 2023; GenTree 2020; Piotti in sod., 2017; Teodosiu in sod., 2019).

V preglednici 2.1.1 je seznam demonstracijskih ploskev za jelko (*Abies alba* Mill.) v okviru projekta LIFE SySTEMiC.

Preglednica 2.1.1 Seznam demonstracijskih ploskev za jelko (*Abies alba* Mill.) v okviru projekta LIFE SySTEMiC.

Št. ploskve	Ime ploskve	Država	Vrsta	EFT*	Struktura	Gozdnogojitveni sistem
6	Faltelli	Italija	<i>A. alba</i>	10.6	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
7	Tre Termini	Italija	<i>A. alba</i>	7.3	Raznodobna	Prebiralno gojenje gozdov
16	Gorski kotar, Skrad	Hrvaška	<i>A. alba</i>	3.2	Raznodobna	Prebiralno gojenje gozdov
26	Smolarjevo	Slovenija	<i>A. alba</i>	3.2	Raznodobna	Prebiralno gojenje gozdov
27	Leskova dolina	Slovenija	<i>A. alba</i>	7.4	Enodobna	Prebiralno gojenje gozdov
30	La Verna	Italija	<i>A. alba</i>	10.6	Raznodobna	Brez gospodarjenja

*EFT = Evropski gozdni tipi: 3.2 Alpski in predalpski smrekov gozd in alpski gozd smreke in jelke; 7.3 Apeninsko-korziški gorski bukov gozd; 7.4 Ilirski gorski bukov gozd; 10.6 sredozemski in anatolski gozd jelke; 14.1 Nasadi avtohtonih vrst.

2.2 Struktura gozda, odmrlo drevje in drevesni mikrohabitati

Davide Travaglini¹, Cesare Garosi¹, Francesco Parisi^{2,3}, Natalija Dovč⁴, Rok Damjanič⁴, Kristina Sever⁵

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy .

² Department of Bioscience and Territory, University of Molise, Italy

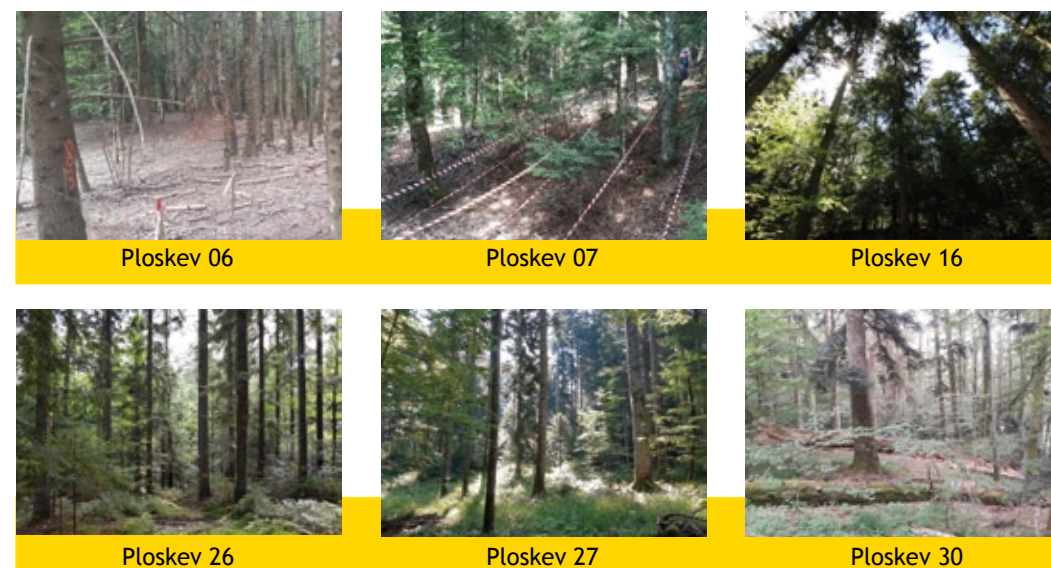
³ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

⁴ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

⁵ Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

Na šestih demonstracijskih ploskvah (slika 2.2.1) smo popisali strukturo gozda, odmrlo drevje in drevesne mikrohabitatske.

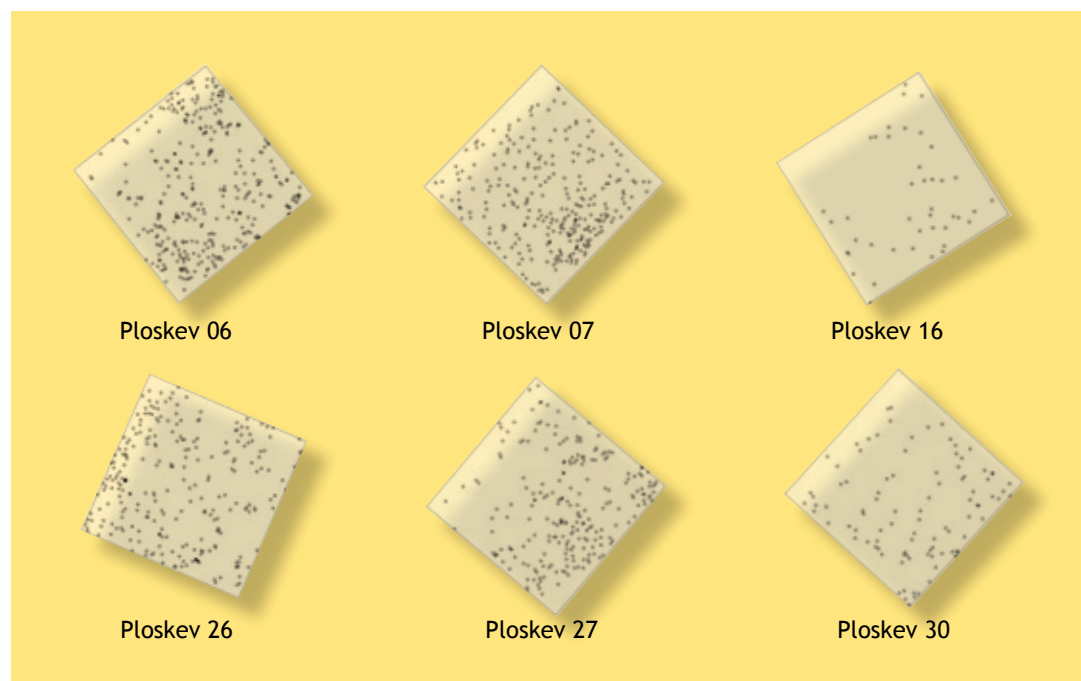
Za ploskev smo izbrali območje z reprezentativnim gozdnogojitvenim sistemom. Ploskev je imela pravokotno obliko, vsaka stranica je bila dolga 50 m (s površino 2500 m²). Če je bilo število dreves ciljne vrste (jelke s premerom v prsni višini več kot 2,5 cm) manjše od 30, je bila vzpostavljena dodatna ploskev, dokler ni bilo doseženo število najmanj 30 dreves. Podrobni protokoli za terensko raziskavo in pripravo podatkov so na voljo na spletni strani projekta LIFE SySTEMiC: <https://www.lifesystemic.eu/>.



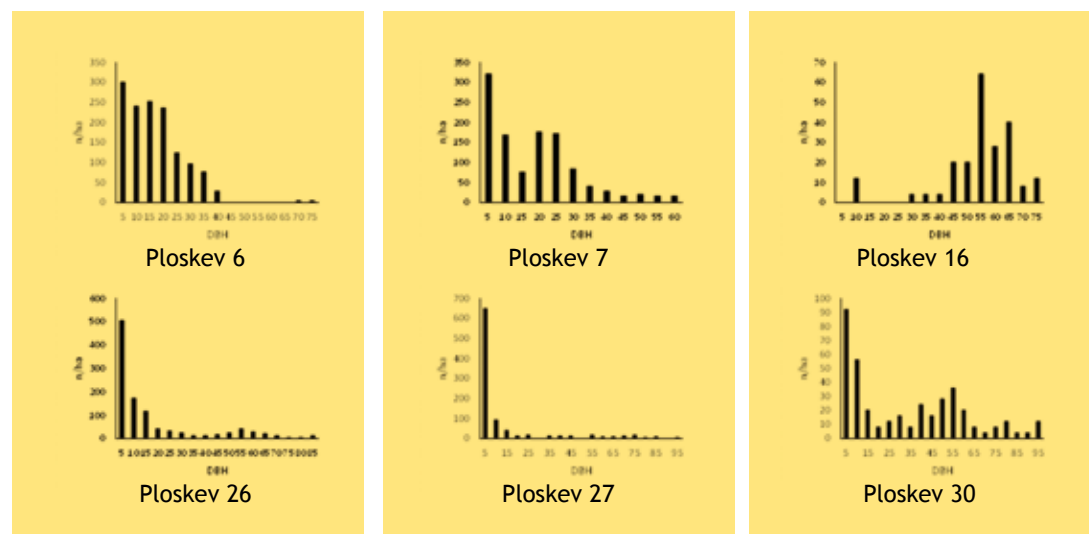
Slika 2.2.1. Demonstracijske ploskve za jelko (*Abies alba* Mill.)

Jelka (*Abies alba* Mill.) je bila prevladujoča drevesna vrsta (pokrovnost > 75 %) na ploskvah 16 in 27; na preostalih ploskvah pa je bila jelka najpogosteje v sestoji skupaj z bukvijo (ploskve 6, 7 in 30), gorskimi javorjem (ploskve 6) ter smreko (Ploskev 26) in drugimi manjšinskimi drevesnimi vrstami.

Prostorska razporeditev dreves na demonstracijskih ploskvah je prikazana na sliki 2.2.2. Na sliki 2.2.3 je prikazana porazdelitev števila in premera dreves na vsaki ploskvi.



Slika 2.2.2. Prostorska razporeditev dreves na demonstracijskih ploskvah.



Slika 2.2.3. Porazdelitev števila in premera dreves na demonstracijskih ploskvah.

Parametri strukture gozda so navedeni v preglednici 2.2.1. V pregledanih sestojih jelke je znašala temeljnica med 38 m²/ha in 58 m²/ha, lesna zaloga pa med 440 m³/ha in 998 m³/ha. V gospodarskih enodobnih sestojih (ploskvi 6 in 27) je povprečna temeljnica znašala 40 m²/ha in povprečna lesna zaloga 496 m³/ha; v gospodarskih raznodobnih sestojih (ploskve 7, 16 in 26) pa je povprečna temeljnica

znašala 52 m²/ha in povprečna lesna zaloga 722 m³/ha. Pragozd, v katerem se ne gospodari (ploskev 30), je imel raznodobno strukturo, temeljnica je znašala 56 m²/ha, lesna zaloga pa 998 m³/ha.

Pestrost gozdne strukture, ki jo predstavlja standardni odklon in koeficient variacije prsnega premera in višin, je bila v pragozdu visoka (standardni odklon prsnih premerov (SDBBH) = 26,9 %, standardni odklon vseh višin dreves (SDH) = 14,4 %), sledila pa sta mu raznodoben (SDBBH = 15,7 %, SDH = 9,1 %) in enodoben sestoj (SDBBH = 14,8 %, SDH = 8,6 %).

Preglednica 2.2.1. Parametri strukture gozda na demonstracijskih ploskvah. N = število dreves; BA = temeljnica; V = lesna zaloga; QMD = kvadrat srednjih vrednosti premera (premer drevesa s povprečno temeljnico); MH = povprečna višina (višina drevesa ob srednji temeljnici); DH = višina dominantnih dreves (povprečna višina 100 dreves na hektar z največjimi premeri v primeru enodobnih sestojev in povprečna višina treh najvišjih dreves na hektar v primeru raznodobnih sestojev); SDBBH= standardni odklon prsnega premera; SDH= standardni odklon višin dreves; CVDBH= koeficient variacije prsnega premera; CVH= koeficient variacije višin dreves.

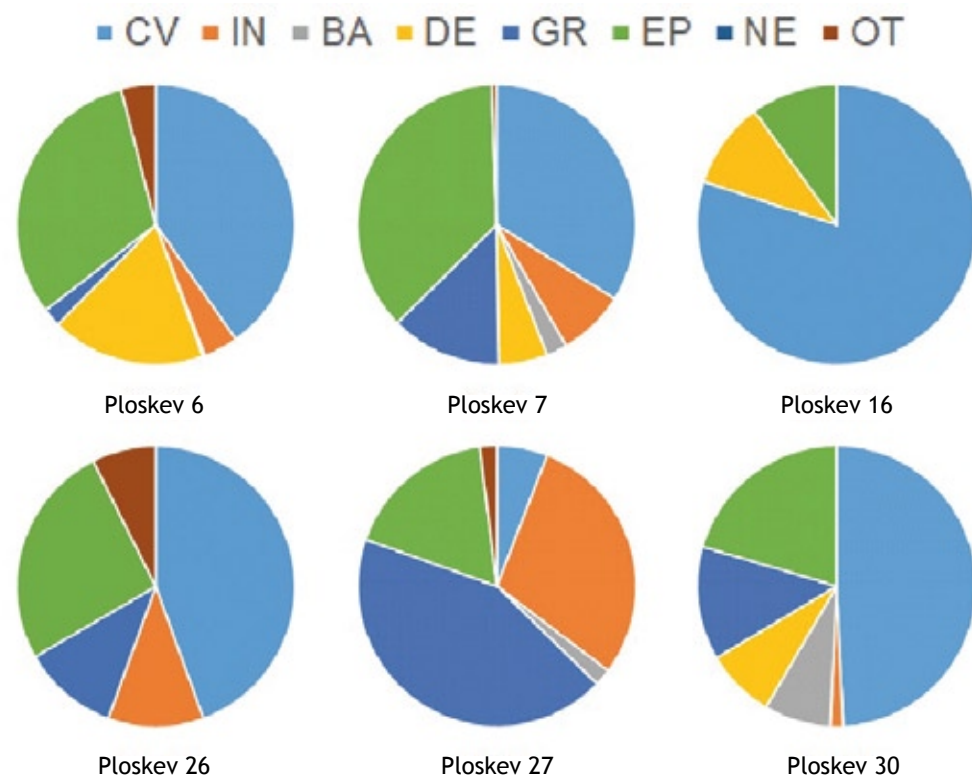
Številka ploskve	N	BA	V	QMD	MH	DH	SDBBH	SDH	CVDBH	CVH
	n/ha	m ² /ha	m ³ /ha	cm	m	m	cm	m	%	%
06	1360	41.4	440.3	19.7	19.2	26.0	10.3	6.6	61.8	41.4
07	1132	44.6	504.7	22.4	19.3	27.2	13.1	8.5	72.3	59.2
16	216	53.5	882.6	56.2	33.5	39.5	14.1	7.2	26.0	22.4
26	1072	57.6	779.4	26.2	24.0	45.0	19.8	11.6	115.2	88.6
27	920	38.2	550.6	23.0	21.6	37.0	19.3	10.5	154.3	118.1
30	388	56.0	997.8	42.9	30.6	45.8	26.9	14.4	80.1	66.5

Količina odmrlega lesa za vsako ploskev je navedena v preglednici 2.2.2. V pregledanih sestojih je skupni volumen odmrle lesne biomase znašal od 14 m³/ha do 426 m³/ha. V gospodarskih enodobnih sestojih (ploskvi 6 in 27) je bila povprečna količina odmrle lesne biomase 24 m³/ha (to so bili večinoma panji (59 %) ter stoječe odmrlo drevje (22 %)); v gospodarskih raznodobnih sestojih (ploskve 7, 16 in 26) pa je bila povprečna količina odmrle lesne biomase 48 m³/ha (predvsem stoječe odmrlo drevje (43 %) in panji (32 %)). Največjo količino odmrle lesne biomase smo zabeležili v pragozdu (426 m³/ha) - ploskev 30, največ je bilo stoječega odmrlega drevja (39 %), podrtih odmrlih dreves (31 %) in drugih ležečih kosov odmrlega lesa (29 %).

Preglednica 2.2.2. Količina odmrlega lesa na demonstracijskih ploskvah.

Številka ploskve	Stoječe odmrlo drevje	Podrto odmrlo drevje	Drugi ležeči kosi odmrlega lesa	Panji	Skupaj
	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
06	10.0	0.0	3.8	2.3	16.1
07	17.2	0.0	0.4	14.0	31.6
16	44.0	23.7	8.7	23.1	99.5
26	1.2	1.5	2.0	9.1	13.8
27	0.6	0.4	4.9	25.9	31.8
30	168.0	129.8	122.5	5.7	426.0

Pogostost drevesnih mikrohabitata na ploskvah, ki je predstavljena kot odstotek različnih vrst drevesnih mikrohabitata, je prikazana na sliki 2.2.4. Na vseh ploskvah so bile najpogostejše oblike mikrohabitata dupline in epifiti, razen na ploskvi 27, kjer so bile najpogostejše različne deformacije/oblike rasti ter poškodbe in rane.



Slika 2.2.4. Drevesni mikrohabitati na ploskvah (odstotek različnih vrst mikrohabitata) (CV = dupline; IN = poškodbe in rane; BA = skorja; DE = odmrl les; GR = deformacije/oblike rasti; EP = epifiti; NE = gnezda; OT = drugo).



Slika 2.2.5. Demonstracijska ploskev 30, pragozd.



Slika 2.2.6. Demonstracijska ploskev 30, pragozd.

2.3 Krajinska genomika

Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,2}, Marko Bajc³, Katja Kavčič Sonnenschein³, Donatella Paffetti^{1,4}

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy

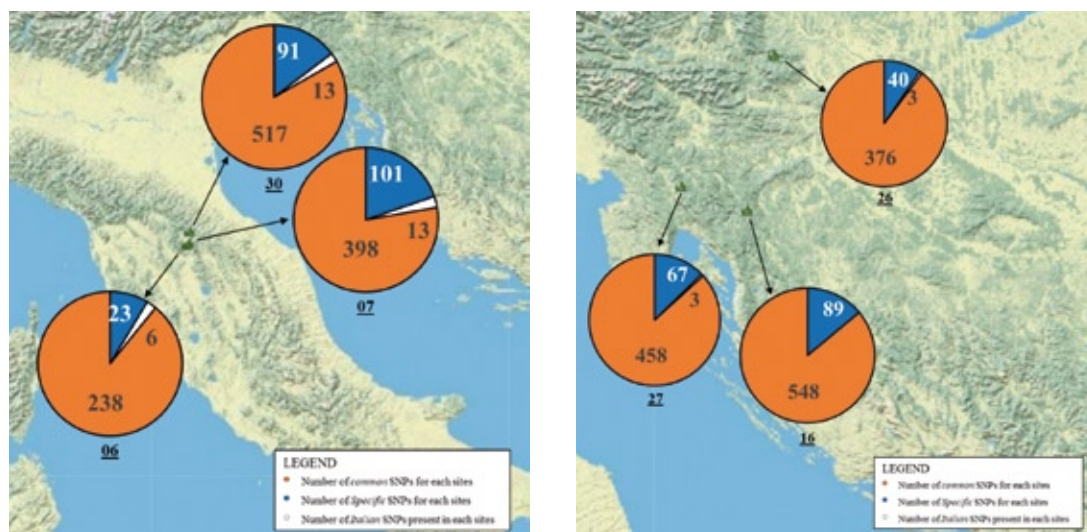
² Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy.

³ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

⁴ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

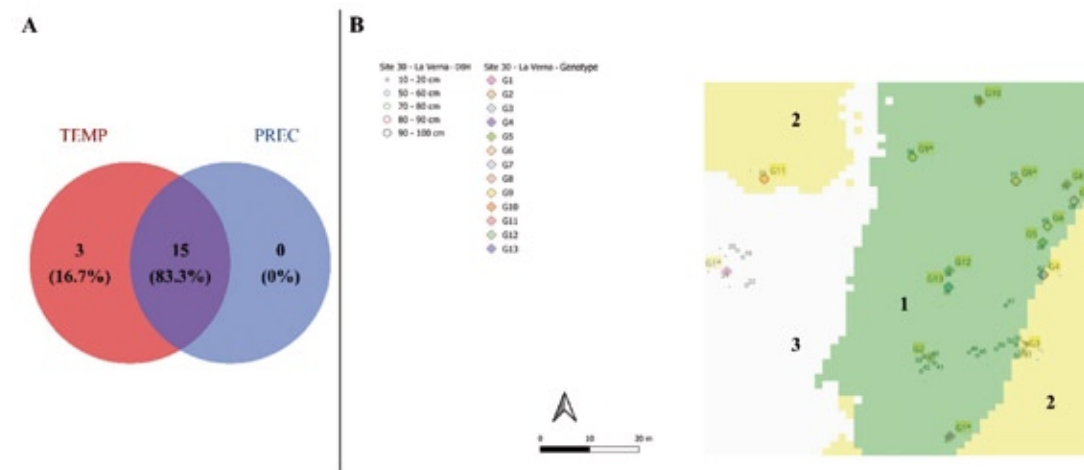
Populacije gozdnega drevja lahko za spoprijemanje s podnebnimi spremembami uporabijo dve glavni strategiji: migracije in prilagajanje (Aitken in sod., 2008). Podnebne spremembe bodo verjetno hitrejše od naravne migracije drevesnih vrst (Davis in sod., 2001). Hkrati lahko migracije ovirajo tudi naravne ovire in preoblikovanje habitatov zaradi človekovega vpliva (Hoegh-Guldberg in sod., 2008). Po drugi strani pa za prilagajanje populacij drevesnih vrst in s tem blažitev podnebnih sprememb potrebujemo genetsko pestrost, (Mosca in sod., 2012). Prilagajanje poteka z izbiro (selekcijo) potencialno koristnih alelov, ki so prisotni v populacijah (Barret in sod., 2008). Na ravni populacije je genetska pestrost nujna za njeno preživetje, saj omogoča, da so v populaciji dreves prisotni tudi osebkovi z boljšim fitnessom (genetskim doprinosom) v spreminjajočem se okolju. (Balkenhol in sod., 2016). Genetske spremembe, fenotipska plastičnost in evolucijska sposobnost so v vsaki populaciji posledica kombinacije naključnih in usmerjenih procesov, na katere lahko vplivamo tudi z gozdarskimi praksami (Lefèvre in sod., 2014). Razumevanje dinamike in mehanizmov prilagajanja pri naravnih populacijah je podlaga za napovedovanje odzivov na okoljske spremembe, vključno s tistimi, ki so povezane z globalnimi podnebnimi spremembami. Med prilagajanjem se spreminjajo frekvence alelov, ki vplivajo na povprečni fitness populacij v določenih okoljih (Lefèvre in sod., 2014) Zato je razumevanje odnosa med genomi in prilagoditvenimi fenotipskimi značilnostmi ter tega, kako okolje vpliva nanje, lahko bistvenega pomena za napovedovanje prihodnosti drevesnih vrst, ki se spopadajo s podnebnimi spremembami (Babst in sod., 2019; Alberto in sod., 2013).

Jelka je ena najpomembnejših vrst iglavcev v gorskih območjih Evrope. Ob stalnih podnebnih spremembah je jelka ponovno vzbudila zanimanje zaradi svoje presenetljive odpornosti proti suši, ki jo je bilo mogoče opaziti v srednji in južni Evropi (Carrer in sod., 2010; Tinner in sod., 2013; Vitali in sod., 2017; Vitasse in sod., 2019). Čeprav na splošno velja, da je jelka precej odporna proti suši (Boriaud in sod., 2009; Elling in sod., 2009), je v zadnjih desetletjih vodni stres povzročil upočasnitev rasti, osutost krošenj, vodni stres pa povezujejo tudi z vzorci semenjenja (semenskih let) in obnove (González de Andrés in sod., 2014, 2022). Po napovedih bodo ob segrevanju, suše na območju Sredozemlja pogostejše in intenzivnejše, zaradi česar se bo jelka težje spopadala z novimi okoljskimi vplivi (Ozturk in sod., 2014). V tem kontekstu je krajinska genomika prilagodljiv analitični okvir za razumevanje interakcij med okoljsko heterogenostjo in prilagoditveno genetsko pestrostjo v naravnih populacijah (Balkenhol in sod., 2016). Pri analizi nevtralne in prilagoditvene genetske pestrosti smo ravno s pomočjo krajinske genomike raziskovali vzorce prilagajanja populacij na lokalno okolje. Za nalaizo prilagoditvene genetske pestrosti smo uporabili polimorfizme posameznih nukleotidov (SNP) in jih povezali z bioklimatskimi kazalniki. Nukleotidni mikrosatelitni markerji (nSSR) so bili analizirani kot merilo nevtralne genetske variabilnosti in strukture preučevanih populacij (slika 2.3.1). Pri ponovnem ciljnem sekvenciranju jelke je bilo v 24 genomskih regijah, povezanih z odzivom na enega ali več abiotičnih stresorjev, ugotovljenih približno 1500 SNP-jev (rezultati so navedeni v dokumentu projektne akcije B1: Zemljevid SNP za vsako preučevano ploskev). Poleg tega smo raziskovali razširjenost teh SNP-jev na ravni populacij in izdelali zemljevid, da bi opazovali njihovo prostorsko razporeditev med vsemi analiziranimi populacijami (slika 2.3.1).



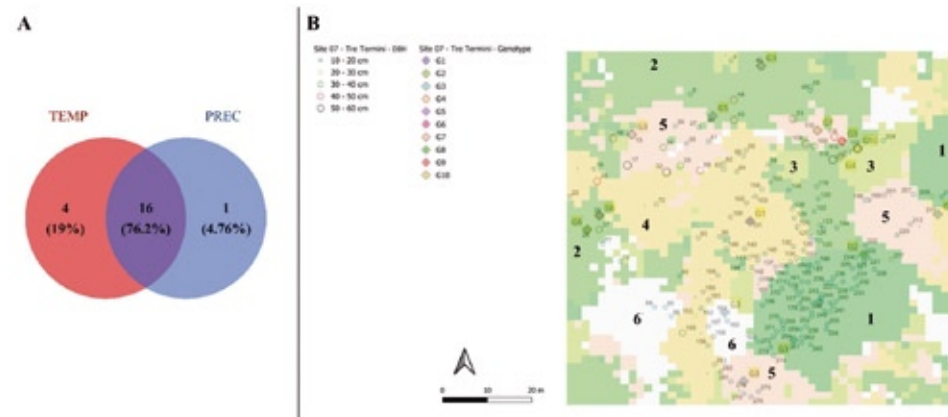
Slika 2.3.1. Na sliki je prikazan zemljevid razporeditve SNP-jev za jelko na ploskvah v Italiji (A) ter na Hrvaškem in v Sloveniji (B), vzpostavljenih v okviru projekta LIFE SySTEMiC. V legendi so prikazane vrste podatkov, ki so označene z različnimi barvami. Barve predstavljajo naslednje podskupine SNP-jev: sklop SNP-jev, prisotnih na posamezni ploskvi, ki so skupni vsaj dvema preučevanima ploskvama (oranžna); število edinstvenih SNP-jev, ki so značilni za samo eno ploskev (bela), in število SNP-jev, prisotnih na posamezni ploskvi, ki so značilni za posamezno regijo (Italija vs. Slovenija in Hrvaška skupaj, modra). Pod vsakim grafom je prikazana identifikacijska številka ustrezne ploskve (zapisana je s krepko pisavo in podčrtana).

Na ploskvah v Italiji je v povprečju mogoče opaziti večje število SNP-jev, značilnih za posamezno ploskev in regijo (slika 2.3.1). To pojavnost SNP-jev bi lahko razlagali kot znak prilagoditve sredozemskemu bioklimatskemu režimu, ki je značilen za italijanski polotok in se razlikuje od bolj celinskega podnebja v Sloveniji in na Hrvaškem. Analizo lokalnih prilagoditev naravnih populacij smo izvedli v več analitičnih korakih (Blanquart in sod., 2013). Za vsako ploskev smo iz literature (Flint in sod., 2013; Gugger in sod., 2016, 2021; Pluess in sod., 2016) najprej izbrali dvanajst bioklimatskih kazalnikov. Potem smo opravili analize GEA (analizo asociacij med okoljem in genomi) na dveh ravneh: globalno analizo in analizo za posamezno ploskev. Rezultati analize so pokazali obstoj štirih različnih skupin v Italiji, na Hrvaškem in v Sloveniji. Še bolj zanimiva pa je bila ugotovitev, da obstaja povezava med 78 alelnimi različicami in povprečnimi vrednostmi 12 bioklimatskih kazalnikov, ki smo jih upoštevali v analizah (kot je navedeno v dokumentu Rezultat aktivnosti B1: Izdelava zemljevidov prostorske razporeditve genetske pestrosti in korelacije med razporeditvijo alelov in okoljsko variacijo). Prisotnost teh povezav bi lahko razlagali kot genotip osnovne prilagoditve jelke pri njenem širjenju na srednjeevropskem območju. Posebej zanimivo je bilo odkritje nekaterih različic alelov, povezanih s posamezno ploskvijo. Prisotnost teh različic alelov bi lahko bila povezana z lokalnim in ne regionalnim vzorcem prilagoditve. Pri analizi povezave z okoljem (EAA) je pomembno upoštevati nevtralno genetsko strukturo (Rellstab in sod., 2015), saj ta lahko ustvari vzorce, ki so enaki tistim, ki jih pričakujemo pri procesih, ki niso nevtralni (Excoffier in Ray, 2008; Excoffier in sod., 2009; Silanpää 2011). Poleg tega smo za analizo genetske strukture populacij uporabili dva različna pristopa: Bayesovo razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme STRUCTURE (Pritchard in sod., 2000) in Bayesovo prostorsko razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme GENELAND.



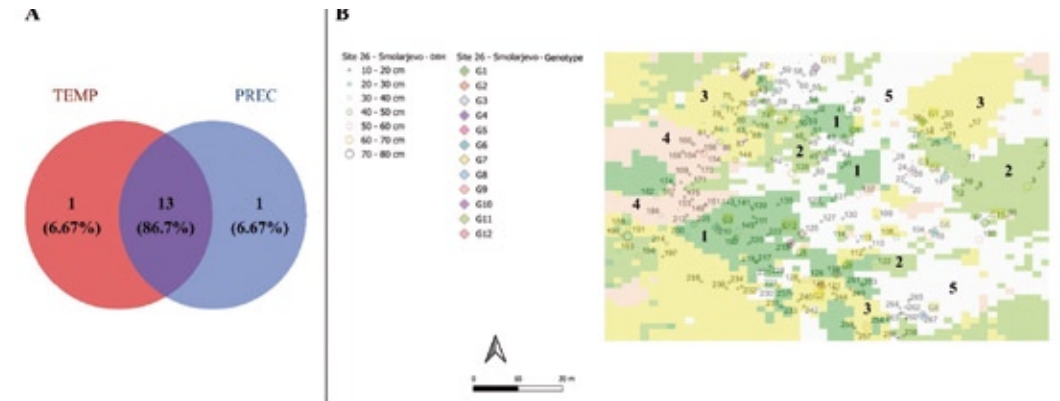
Slika 2.3.2. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 30 -La Verna. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 3 skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebk, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebk. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Na splošno smo na negospodarjenih ploskvah (npr. ploskev 30 - La Verna) ugotovili zmerno do veliko število posebnih alelnih različic (slika 2.3.2). Prisotnost velikega števila SNP-jev, povezanih s prilaganjem na bioklimatske kazalnike na teh ploskvah, bi lahko bila povezana z nevtralno genetsko strukturo, ki jo je mogoče opaziti na teh ploskvah (Aravanopoulos, 2018; Paffetti in sod., 2012; Stiers in sod., 2018). V nekaterih študijah je bilo ugotovljeno, da je za te ploskve značilna kompleksna nevtralna genetska struktura z velikim številom družinskih skupin. Ta velika variabilnost lahko omogoča večjo verjetnost pojava novih alelnih različic, ki bi lahko obogatile prilagoditveni potencial te vrste na trenutne in prihodnje podnebne spremembe. Podobno stanje je bilo mogoče opaziti v sestojih, v katerih se je gospodarilo prebiralno. Tudi v tem primeru je obstajalo veliko število alelnih različic, značilnih za vsako ploskev. Z analizo vzorca razširjenosti genetske pestrosti na podlagi podatkov SSR smo ugotovili, da imajo sestoji jelke tam, kjer se uporablja prebiralno gospodarjenje, kompleksno in heterogeno prostorsko genetsko strukturo. To je mogoče pripisati nenaključnemu opravevanju med osebki. Zanimiva ugotovitev je število alelnih različic, povezanih z bioklimatskimi kazalniki, ki so značilni za lokalno okolje na ploskvi 07 - Tre Termini (slika 2.3.3).



Slika 2.3.3. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 07 -Tre Termini. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 6 skupin (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Jelka se zaradi svoje izjemne sposobnosti širjenja in zakoreninjenja zlahka obnavlja na naraven način, brez človekovega poseganja in sajenja. Težave z obnovo se pojavljajo v sestojih, v katerih prihaja do prekomernega izkoriščanja (običajno v gozdovih brez nadzorovanega sistema gospodarjenja) in v sestojih z veliko gostoto rastlinojede divjadi, ki jelko objedajo. Na podlagi rezultatov, pridobljenih za vsak preučevan sestoj, je bilo mogoče v prvobitnih gozdovih (pragozdovih) jelke, opaziti poenostavljeno prostorsko genetsko strukturo. To je lahko posledica manjšega obsega naravne obnove kot na ploskvah, kjer se gospodari. Ploskvi 07 - Tre Termini in 26 - Smolarjevo (slika 2.3.4), kjer se pri gospodarjenju uporablja prebiralno gojenje gozdov, sta imeli najbolj kompleksno prostorsko genetsko strukturo med ploskvami, kjer se z gozdom gospodari (6 oziroma 5 genetskih skupin) in največje število SNP-jev, povezanih z okoljskimi spremenljivkami. Kompleksnost, o kateri so poročali za ti ploskvi, nakazuje, da gre za dinamičen in prilagodljiv ekosistem, ki se je sposoben odzivati na okoljske spremembe z ustvarjanjem nove genetske variabilnosti z rekombinacijo in pretokom genov med podpopulacijami. Za prilaganje je pomembna prisotnost tistih alelnih različic, ki so povezane z bioklimatskimi kazalniki, najbolj značilnimi za lokalno okolje.



Slika 2.3.4. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 26 -Smolarjevo. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 5 skupin (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Enake barve pomenijo, da gre za enake genotipe.

Nastanek vrzeli v gozdnih sestojih in kompleksnost strukture, ki je značilna za te sestoje, bi lahko bila povezana z večjo verjetnostjo rekombinacije genov med genotipi, ki pripadajo različnim družinam. Možnost, da bi z uporabo gozdnogojitvenega sistema z nizko intenzivnostjo lahko ohranili prilagoditveno genetsko pestrost, se zdi obetavna. Zanimiva ugotovitev je prisotnost velikega števila povezanih SNP-jev in kompleksne prostorske genetske strukture (4 skupine) na ploskvi 06 - Faltelli. Na tej ploskvi se uporablja sistem zastornih sečenj.

Ugotovili smo, da so gojitveni sistemi z nizko intenzivnostjo, npr. prebiralno gospodarjenje, korelirani z velikim številom alelnih različic, povezanih z odzivom na okoljske dejavnike. Podobni rezultati so bili opaženi v negospodarjenih sestojih in pragozdovih. Rezultati te študije bi lahko imeli pomembno vlogo pri načrtovanju gozdnogojitvenih ukrepov, kjer bi lahko bilo poznavanje genetske pestrosti s prilagoditvenega vidika v pomoč pri sprejemanju odločitev. To je pomembno za ohranitev trenutnih gozdnih genetskih virov, pa tudi za obogatitev obstoječih sestojev s potencialno ugodnimi genotipi.

2.4 Biotska pestrost tal

Tanja Mrak, Tina Unuk Nahberger, Tine Grebenc, Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Biotska pestrost na vseh ravneh (tj. genetska, vrstna, ekosistemska) podpira trajnostno dinamiko gozdov, vključno z raznolikimi funkcijami in biologijo gozdnih drevesnih vrst ter njihovo genetsko pestrostjo. V evropskih gozdnih zmerne pasu večina sestojnih drevesnih vrst živi v simbiozi z ektomikoriznimi glivami (Kraigher in sod., 2013). Ektomikorizne glive se z ektramatričnim (izvenkoreninskim) micelijem, ki ga tvorijo izhajajoče hife in/ali rizomorfi (tj. snopi hif), razraščajo v okoliškem substratu ter privzemajo hranila in vodo iz delov tal, ki so drevesnim koreninam nedostopni (Finlay, 2008). Funkcionalna združljivost simbioze je odvisna od vrste in provenience/populacije gozdnega drevja ter vrst in sevov simbiotskih gliv (Gianinazzi-Pearson, 1984; Hazard in sod., 2017), zato je identifikacija mikoriznih gliv izredno pomembna za razumevanje delovanja gozdnih ekosistemov.

Pestrost ektomikoriznih gliv jelke smo raziskovali v štiritedenskih intervalih od marca 2016 do oktobra 2017 na ploskvi 26. Pri tem smo uporabili kombinacijo morfološko-anatomskega pristopa in Sangerjeve metode sekvenciranja (Unuk Nahberger, 2020). V študijo je bilo vključenih pet dreves, ki so bila med seboj oddaljena od 5 do 7 m, pri vsakem vzorčenju pa smo pregledali po 500 koreninskih vršičkov na drevo (to število vključuje vsoto živih in neživih koreninskih vršičkov). Skupaj smo zabeležili 42 taksonov, od katerih so bili najštevilčnejši: *Thelephora wakefieldiae*, *Russula ochroleuca*, *Elaphomyces granulatus*, *Xerocomellus pruinatus*, *Lactarius subdulcis*, *Neoboletus erythropus*, *Cenococcum geophilum*, *Tomentella stuposus*, *Russula badia* in *Tylospora fibrillosa*. Visoko relativno številčnost rodov *Thelephora*, *Tylospora* in *Lactarius* na ploskvi 26 bi lahko pojasnili z relativno visoko vsebnostjo dušika v tleh (0,62 %) na tej lokaciji, kar bi lahko povzročilo tudi odsotnost ali nizko relativno številčnost rodov, občutljivih na dušik, kot so *Cortinarius*, *Tricholoma* in *Piloderma*.

Mesec vzorčenja je pomembno vplival na vitalnost ektomikorize ($p = 0,0419$), vrstno bogastvo ($p = 0,0012$), indeks izenačenosti ($p = 0,0018$) in dominance ($p = 0,0102$) na ploskvi 26. V letu 2016 je bil največji delež ($p < 0,05$) vitalne ektomikorize ugotovljen julija in avgusta, najmanjši pa marca in maja. Leta 2017 je bila največja vitalnost zabeležena maja, najmanjša pa junija. Največja vitalnost ektomikorize je sledila ali sovpadala z razvojem novih iglic pri jelki. Poleti je bilo na splošno opazno manjše vrstno bogastvo, indeks izenačenosti in številčnost najštevilčnejših in redkih taksonov. Te spremembe bi bilo mogoče pojasniti z dinamiko rasti drobnih korenin, kjer dva vrhunca rasti drobnih korenin spomladi in jeseni prekine poletno obdobje relativne neaktivnosti drobnih korenin (Unuk Nahberger, 2020).

2.5 Objedanje

Natalija Dovč¹, Rok Damjanič¹, Marjana Westergren¹, Marko Bajc¹, Davide Travaglini², Andrej Breznikar³, Hojka Kraigher¹

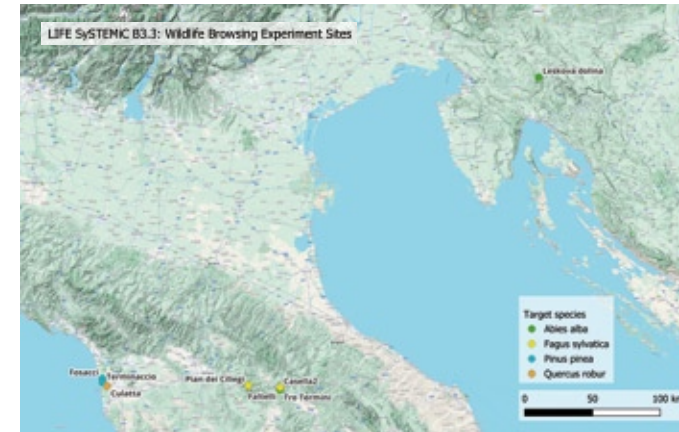
¹ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

² Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy .

³ Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

V zadnjem stoletju sta se v večini evropskih držav, tudi v Sloveniji (Hafner in sod., 2020), močno povečali gostota in prostorska razporeditev velikih rastlinojedih sesalcev, zlasti srnjadi (*Capreolus capreolus*, (Linnaeus, 1758)) in jelenjadi (*Cervus elaphus*, (Linnaeus, 1758)). Dokazano je, da ima objedanje parkljaste divjadi velik vpliv na gozdne ekosisteme. Parkljasta divjad selektivno izbira določene drevesne vrste ali osebke, zaradi česar so druge vrste, ki jih divjad ne objeda tako pogosto, v prednosti. Zato lahko objedanje močno vpliva na strukturo, sestavo, rast in sukcesijo gozda. To lahko dolgoročno povzroči zmanjšanje vrstne pestrosti in ogrozi odpornost gozda na prihodnje motnje.

V okviru dejavnosti B3 pri projektu LIFE SySTEMic smo želeli ugotoviti, ali je vpliv objedanja parkljaste divjadi na območjih z visoko gostoto divjadi in posledično visok pritisk objedanja mogoče zaznati tudi v genetski pestrosti mladja. Ta raziskava je vključevala celovito načrtovanje poskusov, vzpostavitev raziskovalnih ploskev (ograjenih in neograjenih) za štiri ciljne vrste - jelko (*Abies alba* Mill.), navadno bukev (*Fagus sylvatica* L.), pinijo (*Pinus pinea* L.) in hrast dob (*Quercus robur* L.) - v Sloveniji in Italiji (slika 2.5.1) ter obsežen popis mladja gozdnih drevesnih vrst (slika 2.5.2). Pomen vpliva objedanja parkljaste divjadi in opis naše študije je naveden v poglavju o beli jelki v tej knjigi, saj je bila izmed vseh štirih vrst prav za to vrsto izvedena najbolj obsežna študija, ki je vključevala tudi genetske analize.



Slika 2.5.1. Ploskve za izvedbo poskusa objedanja divjadi

Vzpostavitev ploskev je bila izvedena po protokolu »Protokol poskusa objedanja parkljaste divjadi«. Vzpostavljeni so bili štiri pari območij - eno ograjeno in drugo neograjeno -, ki so predstavljala štiri ponovitve. Vsako območje je bilo veliko 12,5 × 12,5 m. Vogale območij smo označili z lesenimi koli in jih pobarvali s trajno barvo. Območja, izbrana za zaščito pred parkljasto divjadjo, so imela okoli kolov nameščeno ogrado.

S primerjavo drevesne sestave mladja in odraslih dreves smo skušali količinsko opredeliti intenzivnost pritiska objedanja divjadi. Na eni od ploskev v Leskovi dolini v Sloveniji, smo dve leti po prvem popisu opravili drugi popis mladja jelke. Namen tega nadaljnega popisa je bil ugotoviti, ali je mogoče že v tako kratkem času opaziti spremembe v številčnosti mladja. Popisu je sledilo vzorčenje, vzorčili pa smo tako mladje kot odrasla drevesa jelke. Primerjati smo želeli kazalnike genetske pestrosti glede na markerje nSSR med mladjem na neograjenih in ograjenih območjih ter jih primerjati z odraslimi (potencialnimi matičnimi) drevesi. Predvsem nas je zanimalo morebitno zmanjšanje genetske pestrosti mladja na neograjenih območjih, ki je bilo izpostavljeno pritisku objedanja, v primerjavi z ograjenimi območji in odraslimi drevesi dve leti po ograditvi.



Slika 2.5.2. Merjenje višin mladja (levo), ocena poškodovanosti zaradi objedanja (sredina) in prikaz popisa (desno).

Na ploskvah jelke z visoko gostoto parkljaste divjadi upravljavci gozdov dobro poznajo vpliv objedanja na mladja. V naši študiji to velja predvsem za ploskvi za izvedbo poskusa Leskova dolina in Faltelli, kjer smo lahko opazovali različne učinke objedanja:

- **Nizka številčnost mladja jelke v višjih višinskih razredih**, zlasti v višinskem razredu nad 150 cm, ki na naših raziskovalnih ploskvah včasih sploh ni bil prisoten. Ta mejna višina je ključnega pomena, saj označuje točko, ko postane vpliv objedanja parkljaste divjadi na sestavo gozda zanemarljiv. Ta višinski razred je tako osnova za oblikovanje prihodnjih gozdnih sestojev (Hafner in sod., 2020). Odsotnost mladja v tem razredu nakazuje, da pritisk objedanja morda ovira uspešno uspevanje nekaterih vrst. V idealnem primeru bi bilo mladje zastopano v vseh višinskih razredih. Prisotnost mladja v najnižjem višinskem razredu kaže na zadostno proizvodnjo semen in začetno uspevanje. Vendar pa uspešna rast v višje višinske razrede pomeni, da je mladje sposobno prenašati okoljske motnje in ostati konkurenčno.
- **Manjši delež jelke v mladju v primerjavi z odraslo populacijo**. Ta razlika je najbolj očitna v Leskovi dolini in jo je mogoče vsaj deloma pripisati objedanju parkljaste divjadi. Vrste, ki jih ima divjad najraje, izgubijo svojo kompetitivnost predvsem zaradi objedanja terminalnih brstov. Močno objedanje parkljarjev povzroči zmanjšanje višine teh objedenih vrst v sloju mladja, kar močno vpliva na njihovo kompetitivno sposobnost (Horsley in sod., 2003; Tremblay in sod., 2007). Objedanje močno vpliva na okusne vrste, zaradi česar prevladujejo manj okusne vrste, kot je navadna smreka (*Picea abies* (L.) H. Karst.). Ta prehod lahko zmanjša splošno biotsko raznovrstnost in vpliva na procese obnove gozdov (D'Aprile in sod., 2020).
- **Velika poškodovanost mladja**. Največji delež poškodovanega mladja je bil zabeležen pri beli jelki, kjer je bilo največ poškodb zaradi objedanja v višinskih razredih od 11 do 50 cm in od 51 do 150 cm. Med listavci so bili na naših raziskovalnih območjih najbolj okusni gorski javor (*Acer pseudo-platanus* L.), jerebika (*Sorbus aucuparia* L.) in črničevje (*Quercus ilex* L.), medtem ko navadna bukev večinoma ni imela poškodb zaradi objedanja. Študije iz srednje in jugovzhodne Evrope (Shulze in sod., 2014) kažejo, da jelenjad, ki se najraje prehranjuje z določenimi vrstami, prispeva k homogenizaciji spodnjega gozdnega sloja, kar lahko ima dolgoročen vpliv na strukturo gozda in biotsko raznovrstnost.

Kljub opaznemu vplivu objedanja parkljaste divjadi na strukturo in sestavo mladja pa nismo odkrili pomembnih genetskih vplivov. Genetska pestrost med odraslimi drevesi jelke in njihovim mladjem na ograjenih ali neograjenih območjih se ni bistveno razlikovala.

Vpliv objedanja parkljaste divjadi na različne vrste in faze rasti gozdnega drevja je lahko zelo različen. Mladi gozdovi, zlasti v zgodnjih fazah rasti, so pogosto izpostavljeni večjemu pritisku objedanja, kar močno vpliva na preživetje in hitrost rasti mladja dreves. Vrste, kot sta hrast in bukev, ki so odpornejše na objedanje, lahko bolje prenesejo ta pritisk kot jelka in bor, ki sta bolj občutljiva. Močnejše objedanja določenih vrst lahko sčasoma privede do sprememb v sestavi gozda, saj so odpornejše vrste v prednosti, zaradi česar lahko pride do sprememb gozdnega ekosistema (Hafner in sod., 2020).

Učinkovite strategije gospodarjenja z gozdovi morajo upoštevati to dinamiko, da bi podprle raznolike in odporne gozdne ekosisteme. Upravljavci gozdov lahko izvajajo nadzorovano objedanje, zaščitne ukrepe, kot so ograje, in spodbujajo mešano sestavo vrst, ki vključuje drevesa, odpornejša na objedanje (Hafner in sod., 2020). Alternativne strategije za obvladovanje populacij parkljaste divjadi bi lahko zagotovile priložnosti za obnovo gozda v času in/ali prostoru (Didion in sod., 2009). Poleg tega lahko z vključevanjem upravljanja z divjadjo za uravnavanje populacij rastlinojede divjadi zmanjšamo negativne vplive in tako zagotovimo, da gozdni ekosistemi ostanejo odporni in produktivni. Takšne strategije so ključnega pomena za uravnoteženje ciljev ohranjanja z ekološko realnostjo interakcij z rastlinojedo divjadjo (Hafner in sod., 2020).

2.6 Model Genbiosilvi

Roberta Ferrante^{1,2}, Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,3}, Davide Travaglini¹, Katja Kavčič Sonnen-schein⁴, Donatella Paffetti¹

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy

² NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

³ Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

⁴ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Razvoj modela GenBioSilvi temelji na ohranjanju biotske raznovrstnosti gozdnih ekosistemov in trajnostnem gospodarjenju z gozdovi pri odzivu na abiotski stres. Zato se je model GenBioSilvi osredotočil na opredelitev kazalnikov genetske pestrosti in drugih kazalnikov biotske raznovrstnosti gozdnih ekosistemov v različnih evropskih gozdnih tipih (EFT), da bi opredelil optimalne prakse gojenja gozdov za ohranitev oz. izboljšanje genetske pestrosti, ki omogoča odziv na podnebne spremembe.

Merjenje genetske pestrosti je ključnega pomena za razumevanje stanja odpornosti gozdnih ekosistemov. Z analizo vzorca razširjenosti genetske pestrosti na podlagi podatkov SSR smo ugotovili, da imajo sestoji jelke tam, kjer se pri gospodarjenju uporablja prebirani sistem, kompleksno in heterogeno prostorsko genetsko strukturo. Zadnja značilnost povečuje možnost spolne rekombinacije med osebki nad zemljo in zato se spremeni možnost njihovega odzivanja na podnebne spremembe.

Na podlagi rezultatov, pridobljenih za vsak preučevan sestoj, je bilo mogoče v negospodarjenih pragozdovih opaziti poenostavljeno prostorsko genetsko strukturo. To je lahko posledica manjšega obsega naravne obnove kot na ploskvi, kjer se z gozdom gospodari. Ploskvi 07 - Tre Termini in 26 - Smolarjevo (slika 2.3.4), kjer se pri gospodarjenju uporablja prebiralni sistem, sta imeli najbolj kompleksno prostorsko genetsko strukturo med ploskvami, na katerih se gospodari (6 oziroma 5 genetskih skupin). Kompleksnost, o kateri so poročali za ploskev 07 - Tre Termini, nakazuje, da gre za dinamičen in prilagodljiv ekosistem, ki se je sposoben odzivati na okoljske spremembe z ustvarjanjem nove genetske variabilnosti z rekombinacijo in pretokom genov med podpopulacijami. Poleg tega smo opazili veliko število SNP-jev, ki so povezani s trenutnimi okoljskimi pogoji na različnih ploskvah. Ugotovili smo, da je bilo na ploskvah 16 - Skrad (prebiralni sistem) in 07 - Tre Termini (prebiralni sistem) večje število SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki.

Na podlagi naših rezultatov smo domnevali, da so boljši pogoji na ploskvah, kjer se je uporabljal prebiralni sistem.

Pri opisu raznolikosti gozdne strukture smo upoštevali dendrometrične podatke. Večslojni raznodobni sestoj spodbuja razvoj mladja, saj prihaja do vrzeli v krošnjah, ki ustvarjajo idealne pogoje za naravno obnovo. Poleg tega večslojni sestoj povečuje verjetnost sporadičnega pojavljanja vrst. Večslojni sestoj omogoča tudi visoko stopnjo razprševanja peloda, kar spodbuja genetsko pestrost. Zato smo na podlagi parametrov, uporabljenih za opredelitev strukture gozda, ugotovili, da imajo ploskve, za katere je značilna večslojna raznodobna struktura gozda, tudi kompleksno prostorsko genetsko strukturo in veliko genetsko pestrost. Ploskev 16 - Skrad, kjer se pri gospodarjenju uporablja prebiralni sistem, je imela enoslojno strukturo gozda zvonaste oblike, kar pomeni, da mladje ni prisotno. Na ploskvi 30 - La Verna, kjer se z gozdom ne gospodari, je bila namesto tega ugotovljena dvoslojna struktura gozda v obliki črke J.

Prisotnost odmrlega lesa lahko spodbuja kalitev in razvoj sadik drevesnih vrst, saj je lahko podlaga za razvoj mladja in s tem prispeva k obnovi gozda. Kar zadeva količino odmrlega lesa, je bilo najboljše stanje ugotovljeno na ploskvah, kjer se z gozdom ne gospodari. Na teh ploskvah je bil volumen odmrlega lesa večji.

Odmrl les je pomemben mikrohabitat za razvoj in ohranjanje vrst, pomembnih za gozdni ekosistem. Poleg odmrlega lesa smo opazili tudi druge kazalnike, povezane s saproksilnimi mikrohabitati. Največje število drevesnih mikrohabitata je bilo ugotovljeno na ploskvah, kjer rastejo stoletni osebkji z deformacijami in duplinami. Pogostost epiksilnih mikrohabitata je v vseh opazovanih populacijah nižja od saproksilnih. Epiksilni mikrohabitati se uporabljajo kot indikatorji za oceno stanja ekosistema. Prisotnost teh drevesnih mikrohabitata je pomemben vir biotske raznovrstnosti. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da gozdnogojitveni sistemi, ki omogočajo razvoj kompleksne gozdne strukture, značilne za raznodobne in večslojne sestoje, povečujejo verjetnost, za prisotnost različnih vrst mikrohabitata.

Vse analizirane ploskve so mešani sestoji jelke. Jelka je namreč skiafilna vrsta, ki le redko tvori čiste sestoje. Jelka je pomemben sestavni del mešanih gozdov na gorskih in subalpskih ravninah, npr. v povezavi z bukvijo (*Fagus sylvatica* L.), ki ima podobne zahteve glede podnebja in tal, na subalpskih višinah pa je lahko povezana z macesnom (*Larix decidua* Mill.) in smreko (*Picea abies* (L.) H.Karst.).

Pri analizi rezultatov smo ugotovili, da uporaba prebiralnega načina gospodarjenja z gozdom ohranja in/ali povečuje raznolikost. Ta vrsta gospodarjenja ima manjši vpliv na genetsko strukturo populacij, poleg tega pa posnema razmere, ki jih običajno najdemo v primarnih gozdovih in pragozdovih. Odstranitev nekaj osebkov na podlagi fenotipa in položaja povzroči nastanek vrzeli v zastoru krošenj, ki spodbujajo razvoj naravnega mladja. V primerjavi z sestoji jelke, kjer se ne gospodari in v katerih ni mladja, ali pa je prisotno samo na robnih območjih, se v sestojih, kjer se pri gospodarjenju uporablja prebirani sistem, pojavljajo vrzeli v gozdnih površinah in zagotavljajo optimalne pogoje za nastanek mladja.

Ta vrsta gospodarjenja povečuje kompleksnost gozdne strukture in oblikuje večslojni sestojni vzorec, ki je značilen za raznodobne gozdove. To omogoča boljše stopnjo razpršitve peloda in s tem velik pretok genov, saj je prisotnih manj ovir. To pa spodbuja genetsko pestrost in povečuje prostorsko genetsko kompleksnost, kar vodi k večji verjetnosti pojava novih alelnih različic, ki so bistvene za odzivanje na podnebne spremembe. Poleg tega je ključni vidik odpornosti gozdnih sestojev visoka biotska raznovrstnost. Na podlagi projektnih rezultatov smo ugotovili, da je v sestojih z večjo genetsko pestrostjo večja tudi biotska raznovrstnost na ravnih ekosistemov in vrst.

Na podlagi rezultatov analiz in izračunanih kazalnikov gozdnega ekosistema je mogoče simulirati stanje genetske pestrosti sestoja in uporabnike usmerjati k trajnostnemu gospodarjenju za ohranjanje in/ali povečanje prisotne genetske pestrosti.

Glede na rezultate, pridobljene z analizo vseh kazalnikov biotske raznovrstnosti, smo razvili model, ki opisuje trenutno stanje genskih virov na ploskvi. Ta model je bil razvit kot pomoč uporabnikom gozdov pri analizi trenutnega stanja biotske raznovrstnosti sestojev in zagotavljanju smernic za trajnostno gospodarjenje. Pri razvoju uporabniku prijaznega in primernega modela smo ugotovili, da je mogoče določiti nabor ključnih kazalnikov, ki so bolj reprezentativni. Kazalniki, na katerih temelji model, lahko posredno opišejo stanje genetske pestrosti sestoja, kot je razvidno iz dobljenih rezultatov. Poleg tega je mogoče določiti tudi nekatere kazalnike, ki so bolj reprezentativni za oceno biotske pestrosti in vključujejo podatke o odmrlem lesu, drevesnih mikrohabitatih in vrstni pestrosti. Zato smo se odločili, da v obrazec, ki smo ga pripravili za uporabnike, ne vključimo zbiranja podatkov o genetski pestrosti in pestrosti tal, ki ju je težko določiti. V model smo vključili tudi nekatere ključne kazalnike, ki opisujejo trenutno stanje analiziranega sestoja. Izbrani kazalniki so prikazani v preglednici 2.6.1.

Preglednica 2.6.1. Opis izbranega kazalnika, ki lahko uporabniku pomaga opisati stanje sestoja.

Kategorije	Kazalniki	Opis
Struktura gozda	Standardni odklon premerov dreves v prsni višini	Variabilnost premerov dreves znotraj sestoja
	Delež mladja v sestoju	Prisotnost mladja ciljnih drevesnih vrst
	Krivulja porazdelitve razredov premerov dreves v prsni višini	Kompleksnost horizontalne in vertikalne strukture gozda
	Število sestojnih slojev	
Odmrl les	Prisotnost stoječih odmrlih dreves	Prisotnost odmrlega lesa, ki deluje kot mikrohabitat
	Večji ostanki lesa	
Pestrost vrst	Pestrost drevesnih vrst	Število vseh vrst, prisotnih v drevesnem sloju in v mladju
	Odstotek manjšinskih vrst v mladju	
Drevesni mikrohabitati	Odstotek osebkov z dupli	Prisotnost mikrohabitata, ključnih za biotsko raznovrstnost
	Odstotek osebkov s poškodbami in ranami	
	Odstotek osebkov z deformacijami	



Model je vključeval izdelavo obrazca, ki zahteva zbiranje določenih parametrov, ki jih uporabniki lahko pridobijo na terenu. Na podlagi dobljenih rezultatov smo za vsak izbrani kazalnik izbrali mejne vrednosti. Z obdelavo dejanskih podatkov se na podlagi izbranih mejnih vrednosti določi ocena za vsak kazalnik. Končna ocena je povezana z opredelitvijo trenutnega stanja analiziranega sestoja. Za vsako končno oceno so navedeni podatki glede možnih ukrepov, ki jih je treba sprejeti za izvajanje trajnostnega gospodarjenja s sestojem (slika 2.6.1).

Spodaj je prikazan primer obrazca, ki smo ga pripravili za izpolnjevanje (slika 2.6.2). Na sliki 2.6.3 pa je prikazan izpolnjen obrazec, ki temelji na dejanskih podatkih, pridobljenih na ploskvi 07 - Tre Termini.

Skupni končni rezultat ovrednotenja biotske raznovrstnosti v sestoj:
 -> **Od 0 do 6 točk** : Gospodarjenje z analiziranimi gozdnimi sestoji je potrebno izboljšati. Rezultat je posledica slabega splošnega stanja biotske raznovrstnosti v sestoju ali enostavne strukture gozda.
Od 7 do 9 točk : Dobro splošno stanje analiziranega sestoja v pogledu biotske raznovrstnosti in raznovrstnosti sestojnih struktur.
≥ 10 točk: Analizirani sestoji so v odličnem stanju tako z vidika biotske raznovrstnosti kot kompleksnosti gozdne strukture.

Rezultati ocene biotske raznovrstnosti v sestoj:
 -> **Od 0 do 5 točk**: Biotsko raznovrstnost sestoja je potrebno izboljšati. Rezultat dosedanjega gospodarjenja je skromna prisotnost drevesnih mikrohabitativ in/ali majhna količina odmrle lesne biomase v gozdnem sestoju.
≥ 6 točk: Ocene kazalnikov biotske raznovrstnosti so srednje do visoke. V sestoju so pogosto prisotni drevesni mikrohabitati različnih vrst in/ali večja količina odmrle lesne biomase in/ali prisotnost spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst, ki se tudi pomlajujejo

Rezultati ocene pestrosti strukture sestoja:
 -> **Od 0 do 2 točki** : Posledica trenutnega gospodarjenja je enostavna struktura sestoja, enodobna v pogledu starosti, brez naravnega pomladka oziroma s skromnim naravnim pomlajevanjem. Gospodarjenje z gozdom je potrebno izboljšati in zagotoviti naravno pomlajevanje.
≥ 3 točke: Za sestoj je značilna kompleksna struktura gozda, raznodobna in raznomena, s prisotnim naravnim pomlajevanjem.

Slika 2.6.1. Smernice za gospodarjenje z gozdovi na podlagi končne ocene, pridobljene po izpolnitvi obrazca za oceno gozda.



Izpolnite prostor s podatki, priobljene na podlagi meritev in ocen na terenu. Obrazec je interaktiven in omogoča samodejno izračun končne ocene.

Obrazec za vrednotenje gozdnih sestojev			
Gospodarjenje z gozdovi	Podatki o gozdnem sestoju		Posledice za gozd in gospodarjenje z gozdom
Z gozdovi je potrebno gospodariti tako, da ohranjamo njihovo stabilnost, odpornost in večnamensko vlogo (ekološko, socialno in proizvodno). To je mogoče doseči le z ohranjanjem zdravih gozdov in njihove biotske raznovrstnosti, varovanjem naravne rodovitnosti in vodnih virov v gozdu ter z zagotavljanjem vseh drugih koristnih funkcij, ki jih gozdovi opravljajo.			
Kazalniki za strukturo gozda	Vrednost kazalnika v sestoj	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena strukture gozda
Kazalniki strukture sestoja			Rezultati ocene in izračuna posameznih mlakov za strukturo sestoja
Standardni odklon (SD) prsnih premerov dreves		<input type="checkbox"/> 1 točka (SD < 10) <input type="checkbox"/> 2 točki (10 ≤ SD < 20) <input type="checkbox"/> 3 točke (SD > 20)	<input type="checkbox"/> Ocena 1 (Enostavna struktura gozda brez mladovja) - od 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 2 (poenostavljena struktura gozda z mladovjem ali kompleksna struktura gozda brez mladovja) - od 7 do 8 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem - od 9 do 11 točk <input type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
Delež mladovja (%) v sestoju (ob upoštevanju dreves s premerom manj kot 10 cm)		<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
Krivulja debelinskih stopenj		<input type="checkbox"/> 1 točka (vzrastna oblika) <input type="checkbox"/> 2 točki (multimodalna oblika) <input type="checkbox"/> 3 točke (v obliki črke J)	
Število slojev v sestoj		<input type="checkbox"/> 1 točka (enoslojni sestoj) <input type="checkbox"/> 2 točki (dvoslojni sestoj) <input type="checkbox"/> 3 točke (tri- ali večslojni sestoj)	
Kazalniki produktivnosti	Vrednost kazalnika		Skupna ocena biotske raznovrstnosti populacije
Produktivnost gozdnega rastišča je proizvodnja, ki jo je mogoče realizirati v okviru določenega sestoja, na določenem rastišču, ob dani genetski strukturi sestoja in ob določenem načinu gospodarjenja. Produktivnost gozdnega sestoja je odvisna tako od naravnih dejavnikov, ki so del gozdnega rastišča, kot od dejavnikov, povezanih z načinom gospodarjenja.	Lesna zaloga (m ³ /ha)		V odraslih gozdnih sestojih senevodnih gozdnih drevesnih vrst, kjer se aktivno gospodarji, naj znaša minimalna lesna zaloga lesa okoli 300-350 m ³ /ha.
Kazalniki biotske raznovrstnosti	Vrednost kazalnika	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena biotske raznovrstnosti sestojev
Kazalniki odmrle lesa			Rezultati ocene odmrle lesne biomase
Prisotnost stoječega odmrlega lesa		<input type="checkbox"/> 1 točka (stoječa odmrla lesna biomasa ni prisotna) <input type="checkbox"/> 2 točki (stoječa odmrla lesna biomasa je prisotna)	<input type="checkbox"/> Ocena 1 (Popolna odsotnost odmrle lesne biomase) - 2 točki <input type="checkbox"/> Ocena 2 (prisotnost odmrle stoječe lesne biomase ali velikih lesnih ostankov) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Prisotnost različnih vrst odmrlega lesa) - 4 točke
Veliki lesni ostanki		<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost velikih lesnih ostankov) <input type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost velikih lesnih ostankov)	
Kazalniki pestrosti drevesne sestave	Vrednost kazalnika v sestoj	Točkovanje posameznih rezultatov	
Bogastvo vrst (prisotnost spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst)		<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst) <input type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst)	Rezultati ocene pestrosti drevesne sestave <input type="checkbox"/> Ocena 1 (enovrstni sestoj) - 2 točki <input type="checkbox"/> Ocena 2 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomlajevanje pa ni ali je redko) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 3 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomlajevanje je obilno) - 4 do 6 točk
Ohranjanje biotske raznovrstnosti je ključni cilj sonaravnega in trajnostnega gospodarjenja z gozdovi. Biotsko raznovrstnost opredeljuje množica dejavnikov kar otežuje njeno celovito oceno v določenem sestoju. Za spremljanje biotske raznovrstnosti se tako uporabljajo kazalniki, kot so količina in kakovost odmrle lesne biomase, pestrost spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst, tako v matičnem sestoj kot v mladovju, in prisotnost različnih oblik drevesnih mikrohabitativ.	Delež (%) spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst v mladovju	<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
Kazalniki zastopnosti drevesnih mikrohabitativ	Vrednost kazalnika v sestoj	Točkovanje posameznih rezultatov	Rezultati ocene zastopnosti posameznih drevesnih mikrohabitativ
delež (%) dreves z dupli		<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15%) <input type="checkbox"/> 2 točki (15% < % dreves ≤ 50%) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50%)	<input type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitativ) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitativ) - 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitativ) - 7 do 9 točk
delež (%) dreves s poškodbami in ranami		<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15%) <input type="checkbox"/> 2 točki (15% < % dreves ≤ 50%) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50%)	
delež (%) dreves z deformacijami		<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15%) <input type="checkbox"/> 2 točki (15% < % dreves ≤ 50%) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50%)	
Končni rezultat:			

Slika 2.6.2. Struktura obrazca za oceno gozdnega sestoja.

Izpolnite prostor s podatki, pridobljenimi na podlagi meritev in ocen na terenu. Obrazec je interaktiven in omogoča samodejen izračun končne ocene.

Obrazec za vrednotenje gozdnih sestojev - demonstracijska ploskev 07 (Tre Termini)				
Gospodarjenje z gozdovi		Podatki o gozdnem sestoju		Posledice za gozd in gospodarjenje z gozdom
<p>2 gozdovi je potrebno gospodariti tako, da ohranjamo njihovo stabilnost, odpornost in večnamensko vlogo (ekološko, socialno in proizvodno). To je mogoče doseči le z ohranjanjem zdravih gozdov in njihove biotske raznovrstnosti, varovanjem naravne rodovitnosti in vodnih virov v gozdu ter z zagotavljanjem vseh drugih koristnih funkcij, ki jih gozdovi opravljajo.</p>		Prebiralno gospodarjenje z gozdovi		
<p>Kazalniki za strukturo gozda</p>		Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena strukture gozda
<p>Kazalnik strukture sestoj</p>				
<p>Standardni odklon (SD) prsnih premerov dreves</p>		13,1	<input type="checkbox"/> 1 točka (SD < 10) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (10 ≤ SD < 20) <input type="checkbox"/> 3 točke (SD > 20)	<p>Rezultati ocene in izračuna posameznih znakov za strukturo sestoj</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 1 (Enostavna struktura gozda brez mladovja) - od 4 do 6 točk</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 2 (poenostavljena struktura gozda z mladovjem ali kompleksna struktura gozda brez mladovja) - od 7 do 8 točk</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem) - od 9 do 11 točk</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk</p>
<p>Delež mladovja (%) v sestoji (ob upoštevanju dreves s premerom manj kot 10 cm)</p>		76,19	<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input checked="" type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
<p>Krivulja debelinskih stopenj</p>		J-shaped	<input type="checkbox"/> 1 točka (rvonasta oblika) <input type="checkbox"/> 2 točki (multimodalna oblika) <input checked="" type="checkbox"/> 3 točke (v obliki črke J)	
<p>Število slojev v sestoji</p>		Tri-stratified	<input type="checkbox"/> 1 točka (enoslojni sestoj) <input type="checkbox"/> 2 točki (dvoslojni sestoj) <input checked="" type="checkbox"/> 3 točke (tri- ali večslojni sestoj)	
<p>Kazalniki produktivnosti</p>		Vrednost kazalnika		Skupna ocena biotske raznovrstnosti populacije
<p>Produktivnost gozdnega rastišča je proizvodnja, ki jo je mogoče realizirati v okviru določenega sestaja, na določenem rastišču, ob dani genetski strukturi sestaja in ob določenem načinu gospodarjenja. Produktivnost gozdnega rastišča je odvisna tako od naravnih dejavnikov, ki so del gozdnega rastišča, kot od dejavnikov, povezanih z načinom gospodarjenja.</p>		Lesna zaloga (m ³ /ha)	300-400 m ³ /ha	V odraslih gozdnih sestojih sencovzdržnih gozdnih drevesnih vrst, kjer se aktivno gospodarji, naj znaša minimalna lesna zaloga lesa okoli 300-350 m ³ /ha.
<p>Kazalniki biotske raznovrstnosti</p>		Vrednost kazalnika	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena biotske raznovrstnosti sestojev
<p>Kazalniki odmrlega lesa</p>				
<p>Prisotnost stoječega odmrlega lesa</p>		Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (stoječa odmrila lesna biomasa ni prisotna) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (stoječa odmrila lesna biomasa je prisotna)	<p>Rezultati ocene odmrle lesne biomase</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 1 (Popolna odsotnost odmrle lesne biomase) - 2 točki</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ocena 2 (prisotnost odmrle stoječe lesne biomase ali velikih lesnih ostankov) - 3 točke</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 3 (Prisotnost različnih vrst odmrlega lesa) - 4 točke</p>
<p>Veliki lesni ostanki</p>		Absence	<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost velikih lesnih ostankov) <input type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost velikih lesnih ostankov)	
<p>Kazalniki pestrosti drevesne sestave</p>		Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	
<p>Bogastvo vrst (prisotnost spremjevalnih in manjšinskih drevesnih vrst)</p>		Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost spremjevalnih in manjšinskih drevesnih vrst) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost spremjevalnih in manjšinskih drevesnih vrst)	<p>Rezultati ocene pestrosti drevesne sestave</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 1 (enovrstni sestoj) - 2 točki</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ocena 2 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomlajevanje pa ni ali je redko) - 3 točke</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 3 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomlajevanje je obilno) - 4 do 6 točk</p>
<p>Delež (%) spremjevalnih in manjšinskih drevesnih vrst v mladovju</p>		2,6	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
<p>Kazalniki zastopanosti drevesnih mikrohabitata</p>		Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	
<p>delež (%) dreves z dupli</p>		17,9	<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	<p>Rezultati ocene zastopanosti posameznih drevesnih mikrohabitata</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitata) - 3 točke</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitata) - 4 do 6 točk</p> <p><input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitata) - 7 do 9 točk</p>
<p>delež (%) dreves s poškočbami in ranami</p>		9,1	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	
<p>delež (%) dreves z deformacijami</p>		12,5	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	
				Končni rezultat: 10

Slika 2.6.3. Struktura obrazca za oceno gozdnega sestaja s podatki s ploskve 07 - Tre Termini.

2.7 Smernice za trajnostno gospodarjenje z jelovimi gozdovi

Andrej Breznikar¹, Davide Travaglini²

¹ Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

² Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy

Opis gozdnogojitvenih sistemov

Gozdnogojitvene prakse, ki se trenutno uporabljajo v sestojih jelke na mediteranskem območju so zelo različne, od zastornega gospodarjenja, skupinsko postopnega gospodarjenja do prebiralnega načina gojenja gozdov. Na območjih, kjer so sestoji jelke nastali s sadnjo, na primer v Apeninskem gorovju v Italiji, se uporablja tudi golosečni sistem z umetno obnovo. Vendar prevladujejo zmerno intenzivne gozdnogojitvene prakse. Obnova je pogosto naravna, sestoji so selektivno redčeni, velikosti pomladitvenih jeder pri končnih posekih so majhne (tj. < 1 ha). Gozdnogojitveni sistemi, ki so najprimernejši za sestoj jelke, so prebiralno gospodarjenje, skupinsko prebiranje in skupinsko postopno gospodarjenje na majhnih površinah. V takšnih razmerah lahko jelka v mešanih gozdnih sestojih konkurira bukvi, smreki, javorju in drugim primešanim drevesnim vrstam (ZGS, 2021).

Pri prebiralnem gospodarjenju se s stalno sečnjo v presledkih od 5 do 15 let vzdržujejo optimalna lesna zaloga in razmere v sestoji, ki so ugodne za obnovo jelke. V takih gozdovih je količina posekane lesa približno enaka prirastku (Wolf in sod., 2010).

Pri sistemu skupinsko postopnega gospodarjenja je za uspešno obnovo in preraščanje jelke potrebna daljša doba obnove (> 30 let). To pomeni, da na mestih, kjer želimo spodbujati jelko, postopoma in dolgoročno obnavljamo in uravnavamo svetlobne razmere tako, da postopoma odstranjujemo drevesa iz gornjega drevesnega sloja. Na območjih, kjer so cilji za obnovo drugačni, pa je obnova mogoča v krajšem času in tudi na večjem območju. Takšna metoda zahteva skrbno in prilagojeno gozdnogospodarsko načrtovanje. Stalna sečnja in trajna, vendar prostorsko omejena obnova sta pomembni tudi pri sistemu skupinsko postopnega gospodarjenja.

S tega vidika gospodarjenje, ki se osredotoča na intenzivno večanje lesne zaloge in intenzivno obnovo na velikih površinah, ni primerno za sestoj jelke. K uspešni obnovi jelke je mogoče prispevati z ohranjanjem vitalnega (mlajšega) gornjega sloja jelke na območjih, ki se obnavljajo z bukvijo (Wolf in sod., 2010).

Zaradi precejšnjih razlik v rasti jelke in ekologiji obnove, je treba smernice glede gojenja gozdov, ciklov sečnje in ciljnih dimenzij prilagoditi tipu gozda, rastišču in razmeram v sestoji. V primerjavi z bukovimi sestoji, pa so zaradi dinamike rasti, proizvodna doba in ciljne dimenzije v sestojih jelke na splošno višje kot v bukovih gozdovih (ZGS, 2021).

V okviru projekta LIFE SySTEMiC so bili preučeni 4 glavni sistemi trajnostnega gospodarjenja z gozdovi, od prebiralnega do zastornega in skupinsko postopnega sistema, vse skupaj pa smo primerjali s stanjem v gozdovih brez gospodarjenja. Analizirani gozdovi jelke ustrezajo štirim evropskim gozdnim tipom.



Slika 2.7.1. Za gospodarjenje s sestoji jelke sta najprimernejša sistema prebiralno in skupinsko postopno gospodarjenje.

Gozdnogojitvene značilnosti jelke

Pojavljanje jelke v gozdnih sestojih omejujejo pozne zmrzali, suša, poletna vročina in zimski mraz. Glavna prednost jelke v primerjavi z drugimi gozdnimi drevesnimi vrstami so njene svetlobne potrebe. Gre za vrsto, ki dobro prenese senčnate pogoje in v neugodnih svetlobnih razmerah uspeva veliko bolje od svojih konkurentov. Mladje jelke lahko dolgo časa preživi v globoki senci prebiralnega gozda. Po drugi strani pa je jelka zelo občutljiva na toploto in vlago ter spada med vrste z ozko ekološko valenco. Poleg tega je jelka zelo občutljiva na pozno pozebo, saj običajno prihaja do poškodbe stranskih poganjkov, ki se pojavijo zgodaj spomladi (Prpić (ur.), 2001).

Jelka potrebuje veliko vode in je zelo občutljiva na sušo, zlasti v mladosti. Po drugi strani pa je bilo zlasti v srednji in južni Evropi opaženih nekaj primerov, ko je jelka presenetljivo dobro prenašala sušo (Carrer in sod., 2010). Rastišča jelke so v pogledu tal zelo raznolika. Raste lahko tako na apnenčasti kot na silikatni podlagi (Prpić (ur.), 2001).

Ogroženost

Zaradi negativnih posledic podnebnih sprememb bo jelka najverjetneje med bolj ogroženimi drevesnimi vrstami, zlasti zaradi posebnih podnebnih zahtev sestaja ter težav pri naravni in umetni obnovi zaradi objedanja divjadi. Delež jelke v gozdovih in s tem število populacij in/ali gostota jelke se že več desetletij zmanjšujeta. Majhne populacije ali populacije z redko posajenimi drevesi so podvržene genetskemu zdrsu in samooploditvi ter posledično slabšemu stanju populacije in manjši genetski pestrost (Wolf in sod., 2010). Delež jelke se hitreje zmanjšuje na rastiščih mešanih sestojev jelke in bukve kot na rastiščih jelke in smreke ter na rastiščih čistih sestojev jelke, kjer je obnova pogosto uspešnejša, škoda zaradi objedanja je manjša, struktura starostnih razredov pa obeta uspešnejšo

ohranitev jelke v prihodnjih gozdovih. Zaskrbljujoče so tudi napovedi o zmanjšanju deleža jelke v gozdnih združbah v scenarijih prihodnosti, v katerih sta predvidena dvig temperatur in zmanjšanje količine padavin, zlasti v kombinaciji s težavami pri obnovi (Wolf in sod., 2010).

V sedemdesetih in osemdesetih letih prejšnjega stoletja so v srednji Evropi opazili razširjeno propadanje jelke, kar so poimenovali »odmiranje jelke«. Mnenja o razlogih za odmiranje jelke so bila različna, vendar je prevladovalo mnenje, da je zmanjšanje rasti jelke med letoma 1970 in 1990 povzročil SO₂ v kompleksni interakciji s podnebnimi in biotskimi dejavniki (Abies, 2016).

Podnebne spremembe naj bi negativno vplivale na rast avtohtonih populacij jelke v Evropi v zadnjih desetletjih. Grožnje zaradi podnebnih sprememb so predvsem večja verjetnost negativnih vplivov abiotskih in biotskih (škodljivci, bolezni) dejavnikov. Pričakovano je tudi zmanjšanje deleža jelke zaradi bele trohnobe (*Sclerotinia sclerotiorum*), do katere prihaja zaradi nenadnega odprtja velikega območja (obsežna sečnja zaradi naravnih nesreč) in s tem hitre spremembe mikroklimе. Obstaja tudi nevarnost zapleveljenja vrzeli za obnovo z invazivnimi tujerodnimi rastlinskimi vrstami in s tem omejitve možnosti naravnega pomlajevanja avtohtonih vrst. Zaradi vdora invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst se bodo lastnosti tal spremenile in poslabšale, povečalo se bo osiromašenje habitatov, zmanjšala se bo biotska raznovrstnost, rastlinojeda divjad pa bo še v večji meri objedala avtohtono mladje (ZGS, 2021).

Ocena prilagoditvenega potenciala jelovih gozdov na podnebne spremembe

Prilagoditveni potencial jelovih gozdov je odvisen od rastišča, strukture sestaja in sestave drevesnih vrst. Zaradi primerne strukture gozdov (skupinsko prebiranje in prebiralna struktura), ustrezne strukture gozdnega roba, prisotnosti prebiralnega redčenja sestojev, izvedenega redčenja srednjedobnih sestojev, visoke stopnje ohranjenosti drevesne sestave in precej nemotenega naravnega pomlajevanja je lahko prilagoditveni potencial zelo visok. Močno pa ga zmanjšujejo nizka stopnja izvajanja negovalnih ukrepov v mlajših razvojnih fazah, enomerna struktura sestojev, spremenjena drevesna sestava in čezmerno objedanje divjadi (ZGS, 2021).

Obnova sestojev jelke

Zaradi dolgih obdobij obnove v sestojih jelke je potrebno s postopkom obnove začeti prej kot pri drugih drevesnih vrstah. Velike razlike v rasti dreves enakih dimenzij kažejo, da se je potrebno glede poseka odločati na ravni posameznih dreves (ZGS, 2021).

Obnovo sestojev je treba izvajati na majhnih pomladitvenih površinah, saj to omogoča predvsem pomlajevanje ključnih drevesnih vrst. Z malopovršinskim pristopom se zmanjšajo tudi potrebe po negovalnih ukrepih mladja. Velikost vrzeli uravnava sestavo mladja: nižja intenzivnost zagotavlja večji delež jelke, saj smreka potrebuje več svetlobe, še več pa je potrebujejo listavci z izjemo bukve, ki senco dobro prenaša. Na bolj sušnih območjih je smiselno odpreti večja območja, da bi zagotovili obnovo vrst, ki so bolj odporne na sušo, kot sta bor in macesen, ki lahko nadomestita jelko in bukev. Pri izvedbi pomladitvene sečnje je treba hkrati odstraniti nevitarna drevesa v spodnjem sloju in grmovnice.

Pri obsežnih obnovah po naravnih nesrečah lahko prihaja do težav pri obnovi. V teh primerih je treba sestoj intenzivneje pripraviti na obnovo, v nekaterih primerih pa v obnovo poseči tudi s sadnjo.

Sadnja se uporablja tudi tam, kjer ni mogoče naravno zagotoviti ustreznega deleža listavcev.

Na gozdnih rastiščih z nekarbonatno podlago, kjer je bela jelka dominantna vrsta, ni težav z obnovo. Tukaj samo ohranjamo njen naravni delež v drevesni sestavi. Na rastiščih s karbonatno podlago, na primer na visokem krasu v Sloveniji, v gozdovih z mešanim sestojem jelke in bukve, bukev s ciklično sukcesijo ponovno povečuje svoj delež v antropogeno spremenjeni drevesni strukturi. Tu je med vsemi drevesnimi vrstami jelka najbolj ogrožena zaradi objedanja rastlinojede divjadi. V svetlobnih

razmerah, kjer jelka tekmuje z drugimi vrstami, raste razmeroma počasi in je zato dlje časa izpostavljena objedanju. V takšnih razmerah se moramo posebej posvetiti jelki, sicer ne moremo pričakovati nadaljnega povečanja njenega deleža, ki se je v zadnjih desetletjih nenehno manjšal. Na takšnih ploskvah usmerjamo razvoj gozda z naravno obnovo, kjer se jelke uspešno obnavljajo na ograjenih območjih in/ali s sadnjo sadik jelke. Pomembna je tudi individualna zaščita sadik pred objedanjem divjadi (ZGS, 2021).



Slika 2.7.2. Na nekaterih območjih je zaščita pred objedanjem parkljaste divjadi bistvenega pomena za obnovo jelke.

Nega in zaščita sestojev jelke

Najprimernejši ukrepi za nego in varstvo so povzeti na podlagi smernic za trajnostno gospodarjenje z gozdovi v Sloveniji (ZGS, 2021) in rezultatov projekta LIFE SySTEMiC. Najpogostejši negovalni ukrep v mladju je postopno odstranjevanje grmovnic in zarasti ob hkratnem uravnavanju mešanice ciljnih drevesnih vrst v gozdnem sestoju. Pri posamični izbiri dreves so negovalni ukrepi osredotočeni na manjše skupine mladja. Z negovalnimi ukrepi v mladju ustvarjamo razgibano vertikalno in horizontalno strukturo sestojev in s tem povečujemo stabilnost gozdov pred škodljivimi abiotičnimi vplivi (veter, žled, sonce, moker sneg).

Pomembno je skrajšati proizvodno dobo v sestojih jelke s končnim posekom, ko začne njena rast upadati, tj. med starostjo 80 in 100 let.

Na produktivnih rastiščih jelke je potrebno intenzivnejše redčenje, zlasti v mlajših razvojnih fazah (med 20 in 25 %). Redčenje mora biti zgodnje in usmerjeno k uravnavanju drevesne sestave ter krepitvi stabilnosti sestojev. Med redčenjem je treba posebno pozornost nameniti zagotavljanju stabilnosti sestojev in ohranjanju listavcev v bolj suhih delih gozdnega sestoja. Jakost redčenja srednje starih sestojev mora biti med 15 in 20 %.

V prebiralnih gozdovih mora biti sečnja usmerjena k ohranjanju strukture prebiralnega gozda.

V odraslih sestojih mora biti redčenje manj intenzivno (med 10 in 15 % lesne zaloge) in ne sme povzročiti večjih vrzeli v gozdnih sestojih.

Zadosten delež jelke v bodočih gozdovih se zagotavlja predvsem z uravnavanjem svetlobnih razmer na gozdnih tleh. Glavne drevesne vrste morajo biti primešane v skupinah, plemeniti listavci pa morajo biti dodani posamično ali v skupinah. Poleg glavnih drevesnih vrst je pomemben tudi polnilni sloj.

Pomemben ukrep je preoblikovanje enodobnih sestojev v bolj strukturirane z uporabo prebiralnega redčenja. Preoblikovanje se izvaja predvsem v sestojih drevesnih vrst, ki niso primerne za določeno gozdno rastišče (na primer nasadi smreke), in sicer kadar se vitalnost sestojev ali zdravje sestojev tako poslabša, da ogroža normalno gospodarjenje z gozdom.

V teh oslabiljenih in nevitarnih sestojih je treba najprej z redčenjem zagotoviti večji dotok svetlobe, kar bo povzročilo naravno oblikovanje spodnjega sloja drevesnih vrst in grmovnic s sposobnostjo melioracije, kar bo izboljšalo tla. Tako se bo zagotovilo, da se bodo sestoji razvijali v smeri potencialne vegetacije v postopnem sukcesijskem procesu. Pri preoblikovanju je posebna pozornost namenjena manjšinskim drevesnim vrstam, ki imajo sposobnost melioracije, kar posredno izboljšuje in povečuje produktivnost gozda. Posebej pomembne so drevesne vrste, ki imajo funkcijo melioratorjev, hkrati pa imajo tudi gospodarsko vrednost (bukev, gorski javor, gorski brest, veliki jesen, lipa, gaber, divja češnja, divja hruška, macesen, kostanj, črna jelša, topol itd.).

Uravnotežena struktura sestojev, ki nastane s prebiralnim gospodarjenjem, je veliko bolj odporna proti negativnim abiotičnim dejavnikom kot enomerna struktura. Zato je smiselno, da se enomerni sestoji s prebiralnim redčenjem preoblikujejo v raznomerne sestoj. S preoblikovanjem s pomočjo redčenja je treba začeti čim prej in sprostiti mesto v krošnjah za izbrana drevesa ter ustvariti mrežo dreves, ki podpira stabilnost sestojev.

Ukrepi za varstvo jelovih gozdov so večinoma zaščita pred objedanjem divjadi z repelenti ali posamično zaščito. Zaščita z ograjo se uporablja predvsem na območjih z večjo koncentracijo divjadi. Sanitarna sečnja mora biti redna in hitra - odstraniti je treba vsa drevesa, ki so jih močno napadli škodljivci in bolezni (npr. bela omela, zmrzal in jelov rak). V prebiralnih sestojih je potrebno poskrbeti za uravnoteženo porazdelitev dreves glede na debelinske razrede, s čimer se prepreči izguba jelke zaradi pomanjkanja vlage v sestojih s prevelikim deležem dreves z debelejšim deblom (razred debeline nad 50 cm).

Prilagajanje sestojev jelke na podnebne spremembe

Najpomembnejši ukrepi, s katerimi lahko pripomoremo k ohranjanju jelke v podnebno nestabilnem okolju, med drugim vključujejo:

- prebiralno redčenje, ki lahko omogoči socialni vzpon jelke v enodobnih sestojih,
- redni negovalni ukrepi v mlajših sestojih, v katerih lahko povečamo število jelovih osebkov z uravnavanjem zmesi drevesnih vrst in kasneje s pozitivno izbiro,
- sadnja jelk pod zastorom krošenj (npr. v smrekovih kulturah) in
- ohranjanje vrzeli v gozdovih, ohranjanje strukturiranega gozdnega roba in zadostnega deleža semenjakov jelke.

Genetska variabilnost jelke je eden najpomembnejših dejavnikov njenega odziva na podnebne spremembe (Oggioni, 2024), saj se lahko prilagodljivost in značilnosti rasti dreves razlikujejo glede na njihov izvor. Zato mora trajnostno gospodarjenje s sestoji jelke podpirati njihov naravni proces migracij in prilagajanja novim rastiščnim razmeram s pomočjo pri selitvi posameznih provenienc z dopolnilno sadnjo.



Slika 2.7.3. Pomlajevanje jelke v prebiralnih sestojih (fotografija: ZGS).



3. TRAJNOSTNO GOSPODARJENJE Z BUKOVIMI GOZDOVI (*FAGUS SYLVATICA* L.)

3.1 Uvod

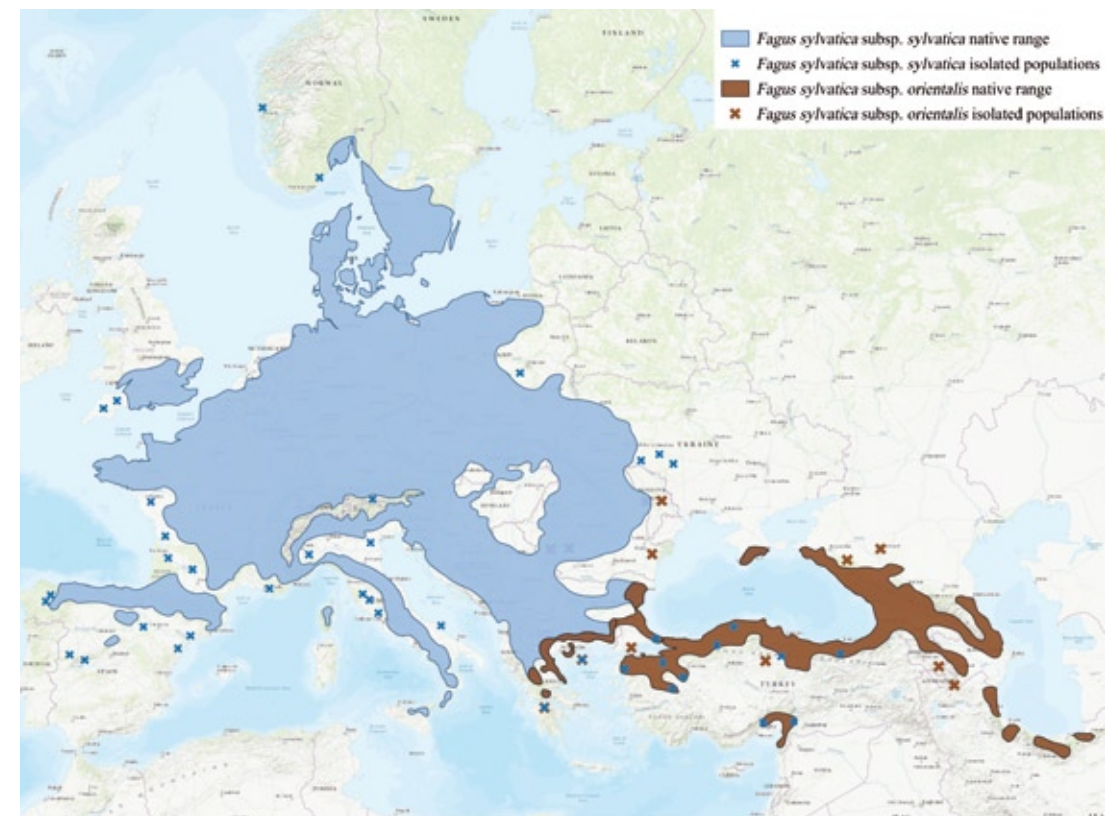
Hojka Kraigher¹, Marjana Westergren¹, Kristina Sever², Miran Lanščak³

¹ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

² Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

³ Croatian Forest Research Institute, Croatia

Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.) je vetrocvetna endomna vrsta z življenjsko dobo do 300 let, ki doseže višino do 50 m. Je sestojna drevesna vrsta, ki raste v čistih ali mešanih sestojih po vsej Evropi. Na jugovzhodu se lahko križa z vrsto *Fagus orientalis* Lipsky (slika 3.1.1). Raste na najrazličnejših tleh, razen na kompaktnih in na tistih, v katerih zastaja voda. Najraje ima vlažno podnebje. Ker je občutljiva na visoke temperature, poletne suše in pozne zmrzali, je njena razširjenost omejena na Sredozemlje ter celinske dele zahodne in severne Evrope (Westergren in sod., 2020).



Slika 3.1.1. Območje razširjenosti navadne bukve (www.euforgen.org)



Navadna bukev doseže reproduktivno fazo pri starosti od 50 do 60 let. Na istih vejah in v istih popkih so ločeni moški (mačice) in ženski cvetovi. Cvetenje sledi takoj po olistanju aprila in maja. Trikotni plod bukke, žir, raste v skledicah, v katerih so od 2 do 3 plodovi. Plodovi dozori v obdobju od septembra do oktobra. Zrel rjavi žir pade z dreves do konca novembra. Polno semensko leto se po navadi pojavi vsakih 5 do 10 let, nekatera drevesa pa lahko cvetijo vsakih nekaj let.

Svež žir vsebuje 20-30 % vode in plodovi imajo različne stopnje dormantnosti, hladna stratifikacija pa lahko traja od 4 do več kot 20 tednov. Posušen žir z vlažnostjo 8-9 % je mogoče shranjevati 5 do 6 let pri temperaturi od -10 do -15°C, pri umetno povišani koncentraciji CO₂ pa tudi dlje časa. V enem kilogramu svežega žira (z vlago od 20 do 30 %) je lahko od 3000 do 6000 plodov, 1000 plodov pa tehta približno 150 do 300 g. Prvi žir, ki z drevesa pade septembra, je običajno prazen zaradi žuželk (Kraigher, 2024; Regent, 1980; USDA 2008).

Westergren in sod. (2020, s pripadajočimi referencami) ugotavljajo, da spomladanske pozebe pogosto poškodujejo mlada drevesa ali cvetove, ki se pojavijo hkrati z listi. Velika bukova listna hrčica (*Mikiola fagi* Hartig) lahko uniči mlada bukova drevesa in zmanjša prirastek pri močno napadenih drevesih. Bukve lahko postane tudi gostiteljica karantenske glive *Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man. Kitajski kozliček (*Anoplophora chinensis* Forster) in azijski kozliček (*Anoplophora glabripennis* Motschulsky), ki izvirata iz Azije, čedalje bolj ogrožata bukev.

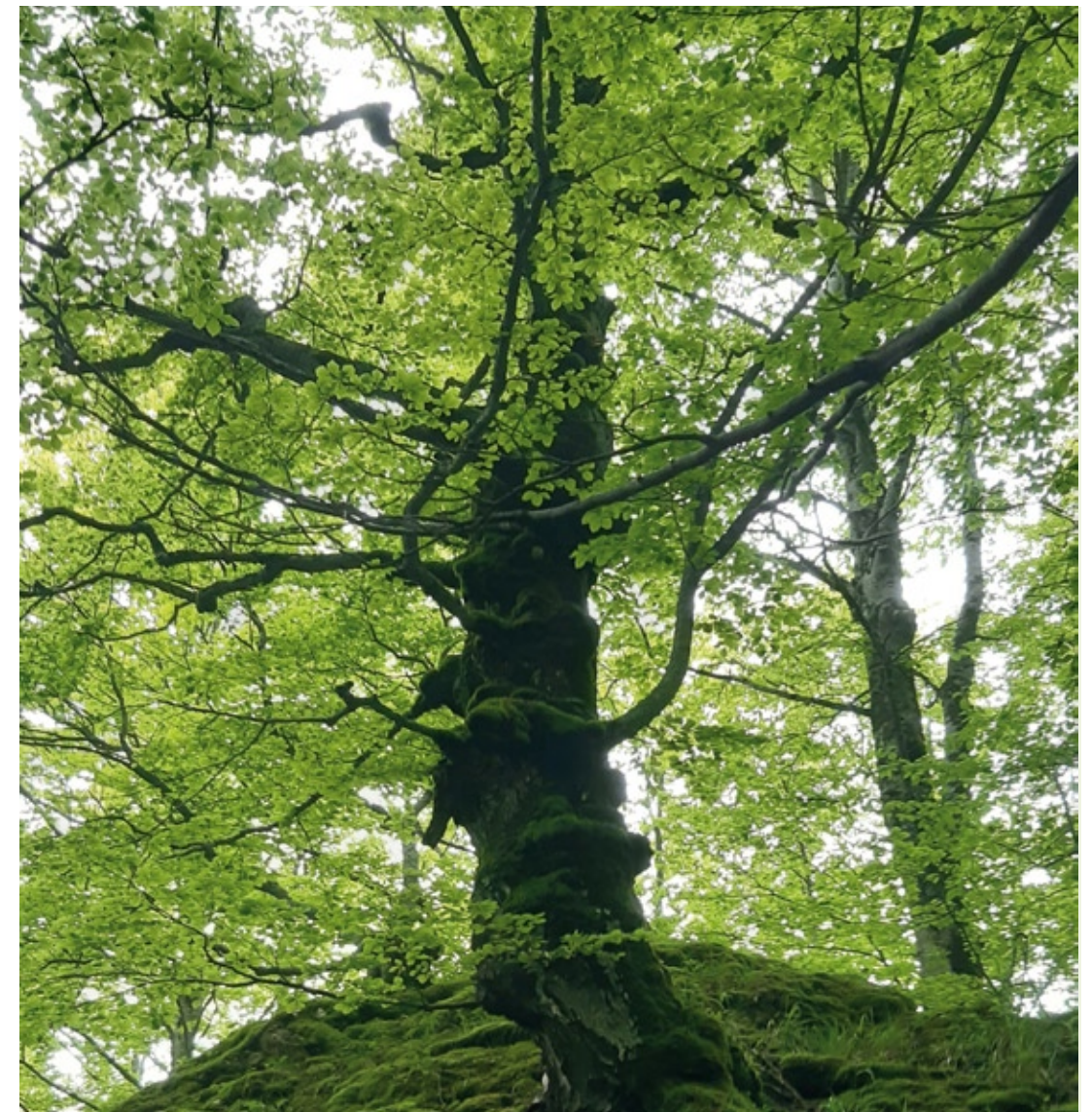
Za navadno bukev je značilna nizka genetska struktura po vsej evropski celini. Populacije na Iberskem polotoku in jugozahodu Francije, Italijanskem polotoku in jugovzhodnem Balkanu (v regiji so lahko še drugi genski skladi) pripadajo različnim genskim skladom, medtem ko se srednjeevropski genski sklad meša z balkanskim in se širi proti severnemu območju razširjenosti vrste (Demesure in sod., 1996; Magri in sod., 2006; GenTree, 2021; Höhn in sod., 2021), pri čemer ima pri diferenciaciji pomembno vlogo izolacija zaradi razdalje (Höhn in sod., 2021). Zdi se, da je genetska pestrost bukke največja v ledeniških refugijih (GenTree, 2021). Na splošno so si populacije v središču območja razširjenosti bolj podobne glede pestrosti in strukture (GenTree, 2021). V preglednici 3.1.1 je naveden seznam demonstracijskih ploskev za vrsto *Fagus sylvatica* L. v okviru projekta LIFE SySTEMiC.

Preglednica 3.1.1 Seznam demonstracijskih ploskev za bukev (*Fagus sylvatica* L.) v okviru projekta LIFE SySTEMiC.

Številka ploskve	Ime ploskve	Država	Vrsta	EFT*	Struktura	Gozdnogojitveni sistem
01	Pian degli Ontani	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
02	Baldov gozd	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Raznodobna	Individual tree selection
03	Pian dei Ciliegi	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
04	Caselle 1	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
05	Caselle 2	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
11	Fonte Novello	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Brez gospodarjenja
12	Venacquaro	Italija	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
14	Ogulin	Hrvaška	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Enodobna	Sistem zastornih sečenj

23	Osankarica	Slovenija	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Enodobna	Skupinsko postopno gojenje
24	Pri Studencu	Slovenija	<i>F. sylvatica</i>	6.6	Enodobna	Skupinsko postopno gojenje
25	Rajhenavski Rog	Slovenija	<i>F. sylvatica</i>	7.4	Enodobna	Brez gospodarjenja
29	Gorski kotar, Vrbovsko	Hrvaška	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Raznodobna	Prebiralno gojenje gozdov

*EFT = Evropski gozdni tipi: 6.6 Predgorski bukov gozd; 7.2 Srednjeevropski gorski bukov gozd; 7.3 Apeninsko-korziški gorski bukov gozd in 7.4 Ilirski gorski bukov gozdov.



3.2 Struktura gozda, odmrlo drevje in drevesni mikrohabitati

Davide Travaglini¹, Cesare Garosi¹, Francesco Parisi^{2,3}, Natalija Dovč⁴, Kristina Sever⁵, Rok Damjanič⁴

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy .

² Department of Bioscience and Territory, University of Molise, Italy

³ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italia

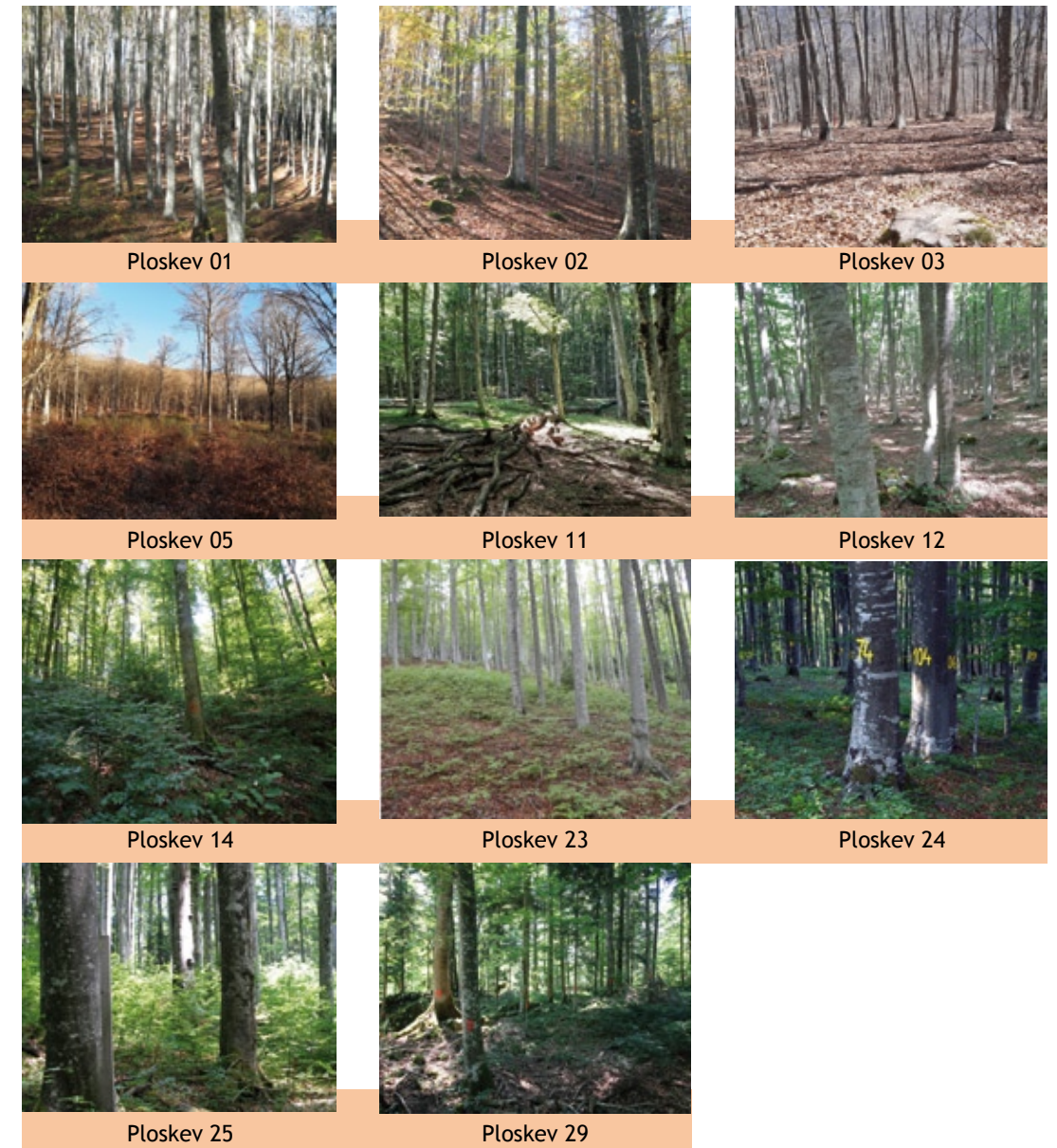
⁴ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

⁵ Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

Struktura gozda, odmrlo drevje in drevesni mikrohabitati so bili popisani na 11 demonstracijskih ploskvah (slika 3.2.1).

Na vsaki ploskvi je bilo izbrano stalno območje z reprezentativno strukturo gospodarjenja z gozdom. Ploskev je imela pravokotno obliko, vsaka stranica je bila dolga 50 m (s površino 2500 m²). Če je bilo število dreves ciljne vrste bukev (*Fagus sylvatica* L. s premerom v prsni višini več kot 2,5 cm) manjše od 30, je bilo na demonstracijski ploskvi vzpostavljeno dodatno območje, dokler ni bilo doseženo število najmanj 30 dreves.

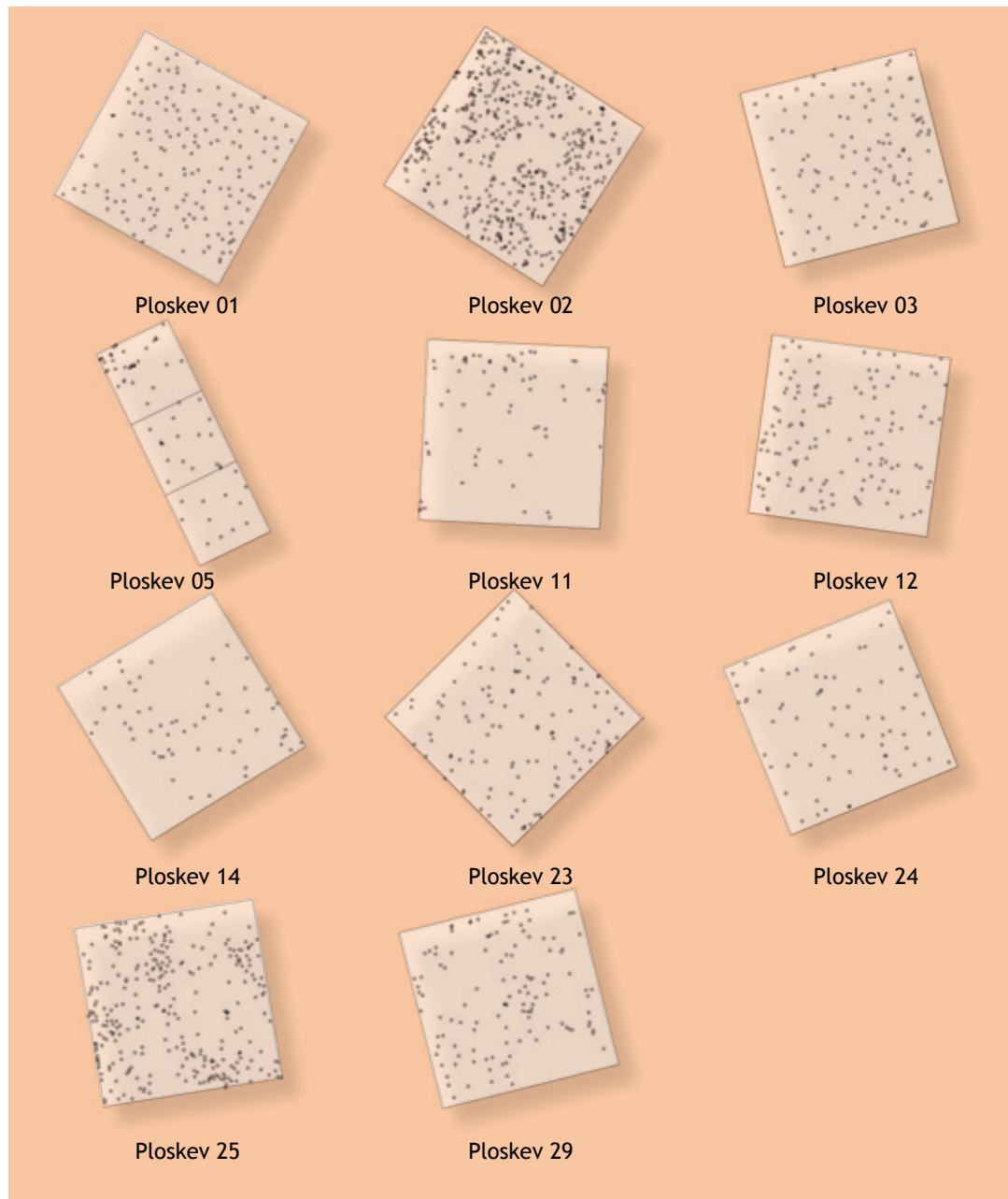
Podrobni protokoli za terensko raziskavo in pripravo podatkov so na voljo na spletni strani projekta LIFE SySTEMiC: <https://www.lifesystemic.eu/>.



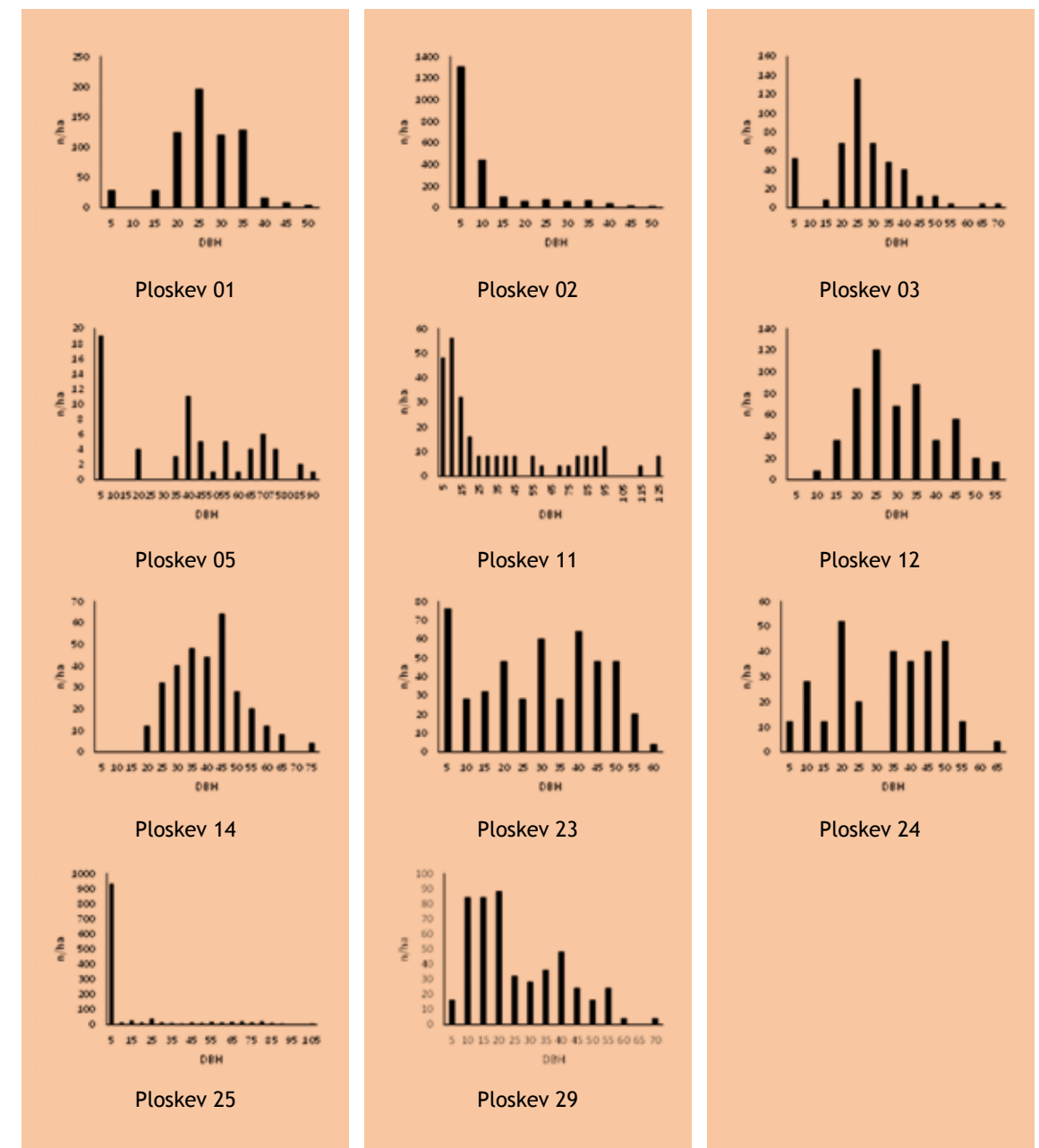
Slika 3.2.1. Demonstracijske ploskve za bukev (*Fagus sylvatica* L.)

Bukev (*Fagus sylvatica* L.) je bila prevladujoča drevesna vrsta (temeljnica > 75 %) na ploskvah 1, 2, 3, 5, 11, 12, 14, 23 in 24; na preostalih ploskvah pa se je bukev pojavljala skupaj z jelko (ploskvi 25 in 29), gorskim javorjem, lipovcem in ostalimi manjšinskimi drevesnimi vrstami (ploskev 29).

Prostorska razporeditev dreves na demonstracijskih ploskvah je prikazana na sliki 3.2.2. Na sliki 3.2.3 je prikazana porazdelitev števila in premera dreves na vsaki ploskvi.



Slika 3.2.2. Prostorska razporeditev dreves na demonstracijskih ploskvah.



Slika 3.2.3. Porazdelitev števila in premera dreves na demonstracijskih ploskvah.

Parametri strukture gozda so navedene v preglednici 3.2.1. V pregledanih sestojih bukve je bila temeljnica med 15 m²/ha in 55 m²/ha, lesna zaloga pa med 204 m³/ha in 987 m³/ha. V gospodarskih enodobnih sestojih (ploskve 1, 3, 5, 12, 14, 23 in 24), so bile povprečne vrednosti temeljnice 35 m²/ha in lesne zaloge 490 m³/ha; v gospodarskih raznodobnih sestojih (ploskvi 2 in 29) pa so bile povprečne vrednosti temeljnice 33 m²/ha in lesne zaloge 354 m³/ha. Ploskvi, kjer se ne gospodari (ploskvi 11 in 25) sta imeli raznodobno strukturo, povprečna temeljnica je bila 52 m²/ha, lesna zaloga pa 904 m³/ha.

Pestrost gozdne strukture, ki jo predstavlja standardni odklon in koeficient variacije prsnega premera in višin, je bila v gozdovih brez gospodarjenja visoka (koeficient variacije prsnega premera (CVDBH) = 135,7 %, koeficient variacije višin dreves (CVH) = 82,6 %), v raznodobnih sestojih (CVDBH = 76,0 %, CVH = 54,5 %) in v enodobnih sestojih (CVDBH = 44,6 %, CVH = 31,8 %).

Preglednica 3.2.1. Parametri strukture gozda na demonstracijskih ploskvah. N = število debel; BA = temeljnica; V = lesna zaloga; QMD = kvadrat srednjih vrednosti premera (premer drevesa s povprečno temeljnico); MH = povprečna višina (višina drevesa ob srednji temeljnici); DH = višina dominantnih dreves (povprečna višina 100 dreves na hektar z največjimi premeri v primeru enodobnih sestojev in povprečna višina treh najvišjih dreves na hektar v primeru raznodobnih sestojev); SDDBH = standardni odklon prsnega premera; SDH = standardni odklon višin dreves; CVDBH = koeficient variacije prsnega premera; CVH = koeficient variacije višin dreves.

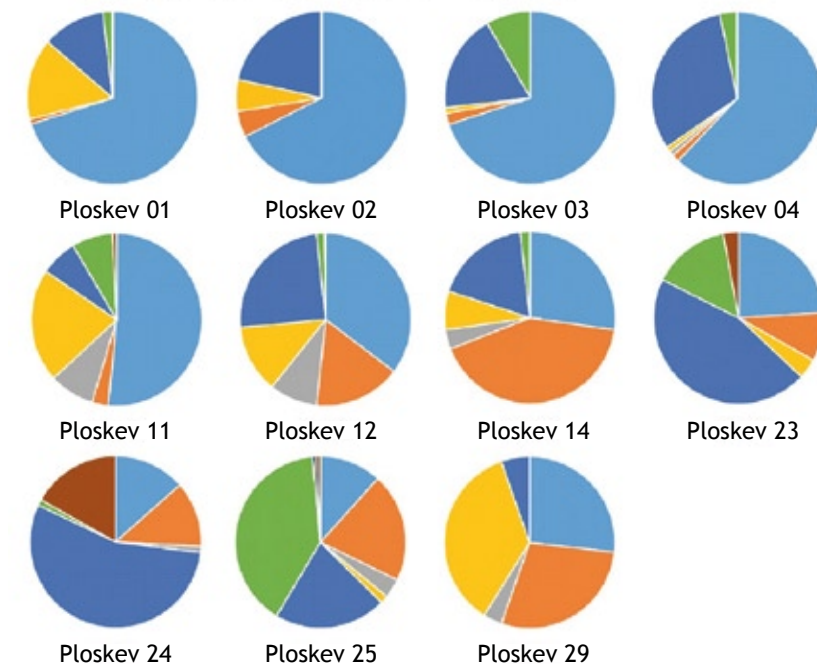
Številka ploskve	N	BA	V	QMD	MH	DH	SDDBH	SDH	CVDBH	CVH
	n/ha	m ² /ha	m ³ /ha	cm	m	m	cm	m	%	%
01	652	38.5	528.2	27.4	27.4	28.4	8.1	5.3	30.8	20.1
02	2164	32.6	363.4	13.9	16.2	30.8	9.5	6.9	94.9	65.7
03	456	31.3	340.5	29.6	21.3	22.8	12.3	5.7	45.6	29.6
05	88	15.2	204.4	46.9	25.1	25.6	26.9	10.1	69.7	51.9
11	260	48.0	820.7	48.5	29.6	44.6	34.5	11.3	100.6	55.3
12	532	43.6	639.9	32.3	28.6	31.9	10.3	5.5	33.6	20.4
14	312	42.3	694.3	41.5	30.0	31.6	11.6	3.9	29.0	13.3
23	484	41.2	534.9	32.9	26.3	31.6	16.1	10.7	56.2	50.0
24	300	31.5	489.0	36.5	33.0	37.4	15.7	10.8	47.5	37.4
25	1168	54.9	986.7	24.5	23.4	46.1	21.1	10.3	170.7	109.9
29	488	32.5	344.2	29.1	18.1	28.8	14.5	6.5	57.1	43.3

Količina odmrlega lesa za vsako ploskev je navedena v preglednici 3.2.2. V pregledanih sestojih je bila skupna količina odmrle lesne biomase od 5 m³/ha do 420 m³/ha. V gospodarskih enodobnih sestojih (ploskve 1, 3, 5, 12, 14, 23 in 24) je bila povprečna količina odmrle lesne biomase 8 m³/ha in so jo večinoma sestavljali panji (58 %), drugi ležeči kosi odmrlega lesa (22 %) ter odmrlo stoječe drevje (20 %); v gospodarskih raznodobnih sestojih (ploskvi 2 in 29) pa je bila povprečna količina odmrlega lesa 17 m³/ha in so jo večinoma sestavljali panji (51 %) ter odmrlo stoječe drevje (41 %). Največ odmrle lesne biomase (329 m³/ha) je bilo v gozdovih v katerih se ne gospodari (ploskvi 11 in 25), sestavljali pa so ga drugi ležeči kosi odmrlega lesa (58 %), stoječe odmrlo drevje (16 %), podrtlo odmrlo drevje (23 %) in panji (3 %).

Preglednica 3.2.2. Volumen odmrlega lesa na demonstracijskih ploskvah.

Številka ploskve	Stoječe odmrlo drevje m ³ /ha	Podrtlo odmrlo drevje m ³ /ha	Drugi ležeči kosi odmrlega lesa m ³ /ha	Panji m ³ /ha	Skupaj m ³ /ha
01	0.0	0.0	2.3	3.0	5.3
02	0.5	0.0	0.0	5.9	6.4
03	0.0	0.0	0.1	5.8	5.9
05	0.0	0.0	0.3	7.1	7.4
11	0.4	0.0	216.6	20.8	237.8
12	3.3	0.0	0.2	1.7	5.2
14	5.2	0.0	4.7	3.4	13.3
23	0.0	0.1	1.5	7.3	8.9
24	2.5	0.0	2.6	2.7	7.8
25	103.0	149.4	163.4	4.2	420.0
29	13.1	2.0	0.8	11.0	26.9

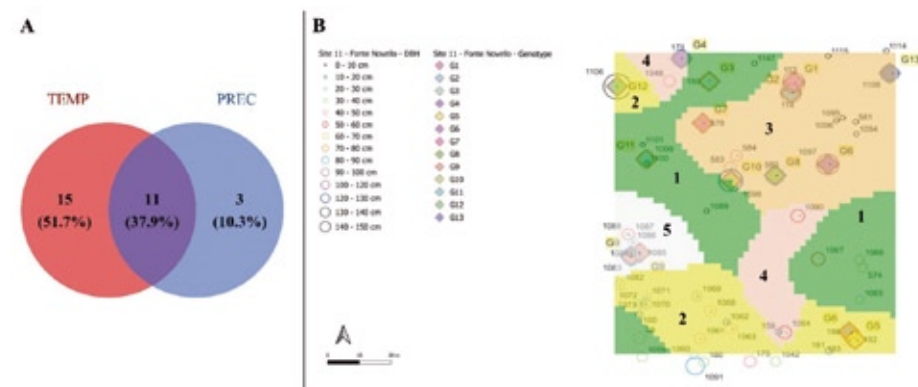
Pogostost drevesnih mikrohabitats na vsaki ploskvi, ki je predstavljena kot odstotek različnih vrst mikrohabitats, je prikazana na sliki 3.2.4. Dupline in različne deformacije/oblike rasti so bile najpogostejše oblike mikrohabitats na ploskvah 1, 2, 3, 5 in 12. Različne deformacije/oblike rasti so bile najpogostejše tudi na ploskvah 23 in 24. Odmrl les ter poškodbe in rane so bili pogosti v gozdovih v katerih se ne gospodari (ploskvi 11 in 29). Epifiti so bili pogosti na ploskvi 25.



Slika 3.2.4. Drevesni mikrohabitats na ploskvah (odstotek različnih vrst mikrohabitats) (CV = dupline; IN = poškodbe in rane; BA = skorja; DE = odmrli les; GR = deformacije/oblike rasti; EP = epifiti; NE = gnezda; OT = drugo).

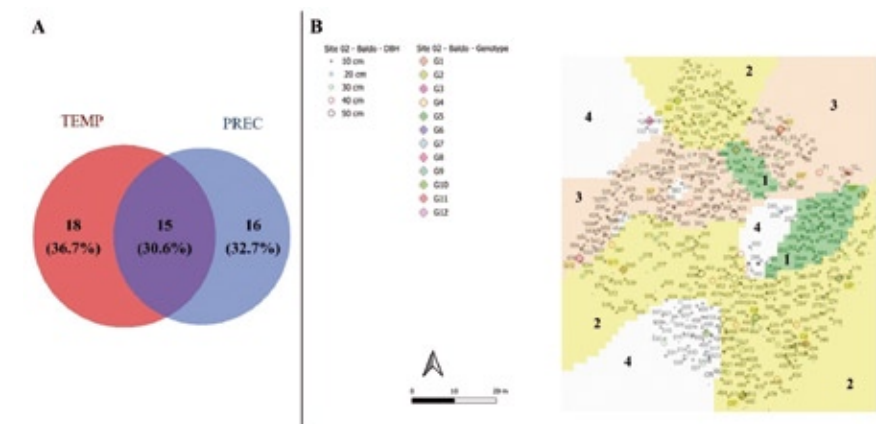
Slika 3.3.1. Na sliki je prikazan zemljevid razporeditve SNP-jev za bukev na ploskvah, vzpostavljenih v okviru projekta LIFE SYSTEMiC. V legendi so prikazane vrste podatkov, ki so označene z različnimi barvami. Barve predstavljajo naslednje podskupine SNP-jev: sklop SNP-jev, prisotnih na posamezni ploskvi, ki so skupni vsaj dvema preučevanima ploskvama (oranžna); število edinstvenih SNP-jev, ki so značilni za to ploskev (bela), in število SNP-jev, prisotnih na posamezni ploskvi, ki so značilni za posamezno regijo (Italija vs. Slovenija in Hrvaška skupaj, modra). Pod vsakim grafom je prikazana identifikacijska številka ustrezne ploskve (zapisana je s krepko pisavo in podčrtana).

Na ploskvah v Italiji je mogoče opaziti večje število SNP-jev, značilnih za posamezno ploskev in državo (slika 3.3.1). To pojavnost SNP-jev bi lahko razlagali kot znak prilagoditve sredozemskemu bioklimatskemu režimu, ki je značilen za italijanski polotok in se razlikuje od bolj celinskega podnebja v Sloveniji in na Hrvaškem. Analizo lokalnih prilagoditev naravnih populacij smo izvedli v več analitičnih korakih (Blanquart in sod., 2013). Za dragoceno se je izkazala identifikacija lokusov s pomembnimi korelacijami z bioklimatskimi kazalniki, dosežena z ocenjevanjem povezav med podnebnimi spremenljivkami in alelnimi različicami z uporabo različnih modelov. Za vsako ploskev smo iz literature (Flint in sod., 2013; Gugger in sod., 2016, 2021; Pluess in sod., 2016) najprej izbrali dvanajst bioklimatskih kazalnikov. Potem smo opravili analize GEA (analizo asociacij med okoljem in genomi) na dveh ravneh: globalno analizo in analizo za posamezno ploskev. Rezultati analize so pokazali obstoj petih različnih genotipov v Italiji, na Hrvaškem in v Sloveniji. Še bolj zanimiva pa je bila ugotovitev, da obstaja povezava med 98 alelnimi različicami in povprečnimi vrednostmi 12 bioklimatskih kazalnikov, ki smo jih upoštevali v teh analizah (kot je navedeno v poročilu izvedbe Akcije B1: Izdelava zemljevidov prostorske razporeditve genetske pestrosti in korelacije med razporeditvijo alelov in okoljsko variacijo). Prisotnost teh povezav bi lahko razlagali kot genotip osnovne prilagoditve bukke pri njenem širjenju na srednjeevropskem območju. Posebej zanimivo je bilo odkritje nekaterih alelnih različic, ki so povezane z določeno državo (Italija ali Slovenija oz. Hrvaška) in posameznimi ploskvami. Prisotnost alelnih različic, povezanih s posameznimi ploskvami, bi lahko bila povezana z lokalnim in ne regionalnim vzorcem prilagoditve. Pri analizi povezave z okoljem (EAA) je pomembno upoštevati nevtralnno genetsko strukturo (Rellstab in sod., 2015), saj ta lahko ustvari vzorce, ki so enaki tistim, ki jih pričakujemo pri procesih, ki niso nevtralni (Excoffier in Ray, 2008; Excoffier in sod., 2009; Sillanpää 2011). Poleg tega smo za analizo genetske strukture populacij uporabili dva različna pristopa: Bayesovo razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme STRUCTURE (Pritchard in sod., 2000) in Bayesovo prostorsko razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme GENELAND.



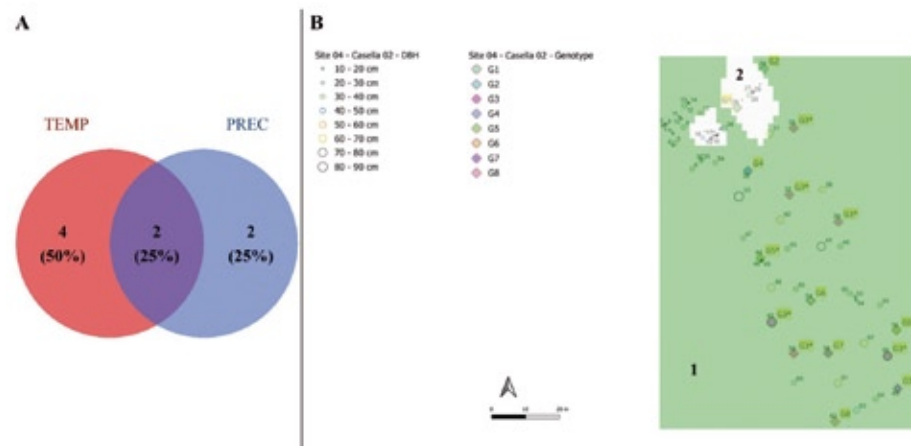
Slika 3.3.2. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 11 - podatki za Fonte Novello. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v zvezi s temperaturo in z bioklimatskimi kazalniki v zvezi s padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 5 skupin (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Na splošno smo na ploskvah kjer se ne gospodari in v pragozdovih ter gozdnih rezervatih ugotovili veliko število posebnih alelnih različic (slika 3.3.2). Prisotnost velikega števila SNP-jev, povezanih s prilagajanjem na bioklimatske kazalnike na teh ploskvah, bi lahko bila povezana z nevtralnno genetsko strukturo, ki jo je mogoče opaziti na teh ploskvah (Aravanopoulos, 2018; Paffetti in sod., 2012; Stiers in sod., 2018). V nekaterih študijah je bilo namreč ugotovljeno, da je za te ploskve značilna kompleksna nevtralnna genetska struktura z velikim številom družinskih skupin. Ta velika variabilnost lahko omogoča večjo verjetnost pojava novih alelnih različic, ki bi lahko obogatile prilagoditveni potencial te vrste na trenutne in prihodnje podnebne spremembe. Podobno stanje je bilo mogoče opaziti v sestojih, v katerih se je uporabljala način gospodarjenja z nizko intenzivnostjo, tj. prebiralno gospodarjenje z gozdovi. Tudi v tem primeru je obstajalo veliko število alelnih različic, značilnih za vsako ploskev. Izjemno zanimivo je bilo število alelnih različic, povezanih z lokalno prilagoditvijo, ki smo ga ugotovili na ploskvi Baldov gozd (slika 3.3.3).



Slika 3.3.3. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 02 - Baldov gozd. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v zvezi s temperaturo in z bioklimatskimi kazalniki v zvezi s padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in organizacija v 4 skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Ta ploskev ima največje število SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki. Podobni podatki so bili ugotovljeni tudi na drugih gospodarskih ploskvah. Tudi tukaj je število ugotovljenih alelnih različic lahko ponovno povezano s preteklim gozdnogojitvenim gospodarjenjem. Nastanek vrzeli in kompleksnost strukture, ki je značilna za te sestoj, bi lahko bila povezana z večjo verjetnostjo rekombinacije genov med genotipi, ki pripadajo različnim družinskih skupinam. Ti vzorci so podobni tistim, ki jih najdemo v pragozdovih in v gozdovih v katerih se ne gospodari. Zato se možnost, da bi z uporabo gozdnogojitvenega sistema z nizko intenzivnostjo lahko ohranili adaptivno genetsko pestrost, zdi obetavna. Te podatke še dodatno podpira analiza drugih bukovih ploskev v študiji. Zanimivo odkritje je prisotnost najmanjšega števila specifičnih alelnih različic na določenih ploskvah. Na vseh teh ploskvah se uporablja sistem zastornih sečenj (slika 3.3.4).



Slika 3.3.4. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 05 - Casello 02. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v zvezi s temperaturo in z bioklimatskimi kazalniki v zvezi s padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 2 skupini (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Takšen način gojenja gozdov spodbuja naravno obnovo. Vendar so prejšnje študije (Aravanopoulos, 2018; Brang in sod., 2014; Paffetti in sod., 2012; Stiers in sod., 2018) pokazale, da je prostorska genetska struktura, ki je značilna za takšne sestoje, precej preprosta. Prisotnost preproste prostorske genetske strukture je lahko povezana z nižjo stopnjo rekombinacije genov, kar zmanjšuje možnost ustvarjanja novih alelnih različic in spodbuja križanje med sorodniki. To lahko privede do visoke stopnje homozigotnosti in izroditve. Zdi se, da pri načinih gospodarjenja z nizko intenzivnostjo, npr. prebiralno gospodarjenje, poročajo o populacijah z velikim številom alelnih različic, povezanih z odzivom na bioklimatske kazalnike. Podobni rezultati so bili opaženi v gozdovih v katerih se ne gospodari in v pragozdovih. Rezultati te študije bi lahko imeli pomembno vlogo pri načrtovanju gozdnogojitvenega gospodarjenja, kjer bi lahko bilo poznavanje genetske variabilnosti s prilagoditvenega vidika v pomoč pri sprejemanju odločitev. Poleg tega bi se to znanje lahko uporabilo tudi pri načrtovanju opravil za pomoč pri migraciji. To je pomembno za ohranitev trenutnih gozdnih genskih virov (GGV), pa tudi za obogatitev obstoječih sestojev s potencialno ugodnimi genotipi.

3.4 Biotska pestrost tal

Tanja Mrak, Marko Bajc, Rok Damjanič, Natalija Dovč, Tine Grebenc, Tijana Martinović, Nataša Šibanc, Tina Unuk Nahberger, Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Ektomikorizni koreninski vršički vsebujejo specifične in raznolike populacije bakterij in mikroglij, vključno z bakterijami, ki pomagajo pri vzpostavitvi mikoriznih simbioz. V drevesnih koreninah se nahajajo tudi temni septirani endofiti in glive, ki razgrajujejo les (Baldrian, 2017). Poleg micelijev mikoriznih gliv in z njim povezanih organizmov so v tleh tudi saprotrofne glive in bakterije (Baldrian, 2017). Velika biotska pestrost tal podpira funkcionalno prilagodljivost na spremembe, do katerih bi lahko prišlo v prihodnosti.

Količina ogljika, ki se pri fotosintezi iz nadzemnih delov prenaša do drobnih korenin in z njimi po-

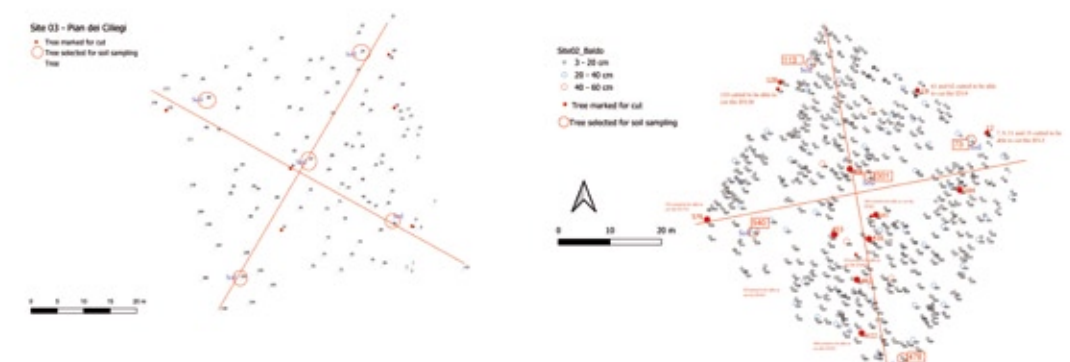
vezanih mikroorganizmov pod površjem tal, se v gospodarskih gozdovih zmanjša (Noormets in sod., 2015). Zato lahko z naraščajočo intenzivnostjo gospodarjenja pričakujemo spremembe v alfa in beta diverziteti mikrobne združbe tal in korenin. Prizadevamo si doseči takšno intenzivnost gospodarjenja z gozdovi, ki še vedno podpira visoko biotsko pestrost tal.

Pri projektu LIFE SySTEMiC smo ektomikorizne glive, ki so aktivno povezane s koreninami dreves, identificirali s klasičnimi metodami, ki so vključevale morfološko-anatomsko karakterizacijo in Sangerjevo metodo sekvenciranja. Pestrost in sestavo združb mikrobioma rizosfere in tal smo analizirali s sekvenciranjem naslednje generacije (NGS).

Mikrobiom tal smo preučevali leta 2021 na devetih bukovih demonstracijskih ploskvah (preglednica 3.4.1) z različnimi gozdnogojitvenimi pristopi (glejte preglednico 3.1.1). Vzorci so bili zbrani oktobra in novembra. Na dveh od teh ploskev (tj. ploskvi 2 in 3) je bilo novembra 2020 opravljeno dodatno vzorčenje pred posekom izbranih dreves. Položaj posekanih dreves glede na drevesa, pri katerih je bilo opravljeno vzorčenje mikrobioma tal, je prikazan na sliki 3.4.1.

Številka ploskve	Ime ploskve	Podlaga
2	Baldov gozd	silikatna
3	Pian dei Ciliegi	silikatna
11	Fonte Novello	apnenčasta
12	Venacquaro	apnenčasta
14	Ogulin	apnenčasta
23	Osankarica	silikatna
24	Pri Studencu	apnenčasta
25	Rajhenavski Rog	apnenčasta
29	Gorski kotar, Vrbovsko	calcareo

Preglednica 3.4.1. Seznam demonstracijskih ploskev bukke, kjer je bilo opravljeno vzorčenje za ektomikorizo in mikrobiom tal.



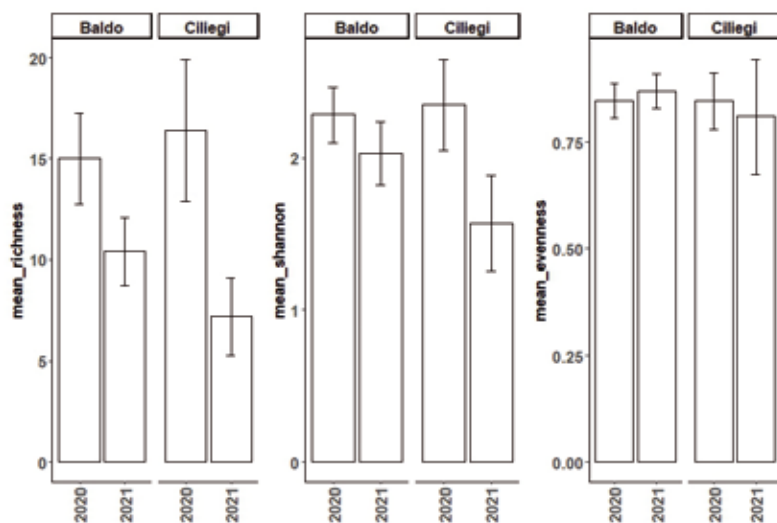
Slika 3.4.1. Položaj posekanih dreves glede na mesta vzorčenja za ugotavljanje biotske pestrosti tal na ploskvah 2 in 3.

Vzorčenje je potekalo na štirih točkah (sevni, južni, vzhodni in zahodni) na razdalji enega metra okoli vsakega od petih izbranih dreves na ploskvi (za podroben opis glejte <https://www.lifesystemic.eu>). Na vsaki od štirih točk smo ločeno odvzeli vzorce za analize aktivne ektomikorize (EcM), sekvenciranje NGS in fizikalno-kemijske analize tal. Priprava vzorcev in analize so potekali v skladu s protokoli, ki so na voljo na spletni strani LIFE SySTEMiC: <https://www.lifesystemic.eu/>. Podatke za oba pristopa smo korigirali, da bi odpravili učinek različnih velikosti vzorcev ter globine sekvenciranja.

3.4.1 Poskus s sečnjo

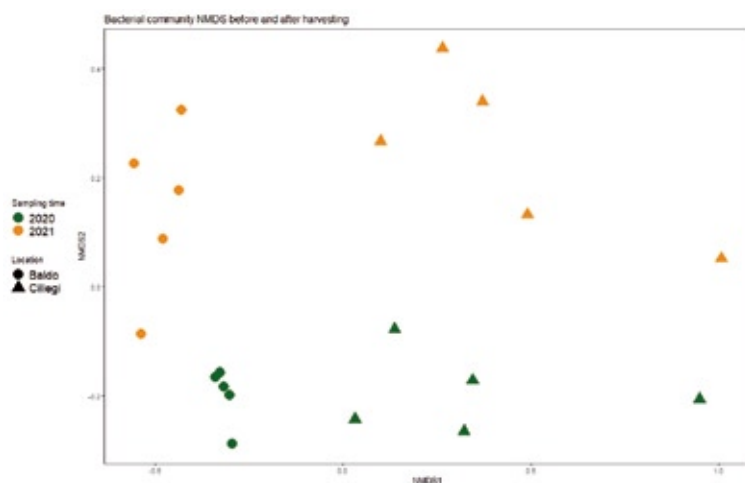
Na podlagi rezultatov sekvenciranja naslednje generacije (NGS) smo ugotovili, da je imela sečnja šibek kratkoročen vpliv na številčnost operativnih taksonomskih enot (OTU), Shannonov indeks pestrosti ter indeks izenačenosti tako vseh gliv kot tudi podskupine ektomikoriznih gliv.

Pri aktivni ektomikorizi se je po sečnji znatno zmanjšala številčnost taksonov (morfortipov) in Shannonov indeks pestrosti, medtem ko se indeks izenačenosti ni bistveno spremenil (slika 3.4.1.1).



Slika 3.4.1.1. Vrednosti alfa diverzitete (povprečne vrednosti številčnosti taksonov, Shannonovega indeksa pestrosti in Pieloujevega indeksa izenačenosti) aktivnih ektomikoriznih gliv pred sečnjo (2020) in po njej (2021).

Po sečnji je bila celotna združba gliv (slika 3.4.1.2) precej drugačna kot prejšnje leto, enako velja za podskupino ektomikoriznih gliv in aktivne ektomikorize. Pomemben je bil tudi vpliv lokacije (ploskve).

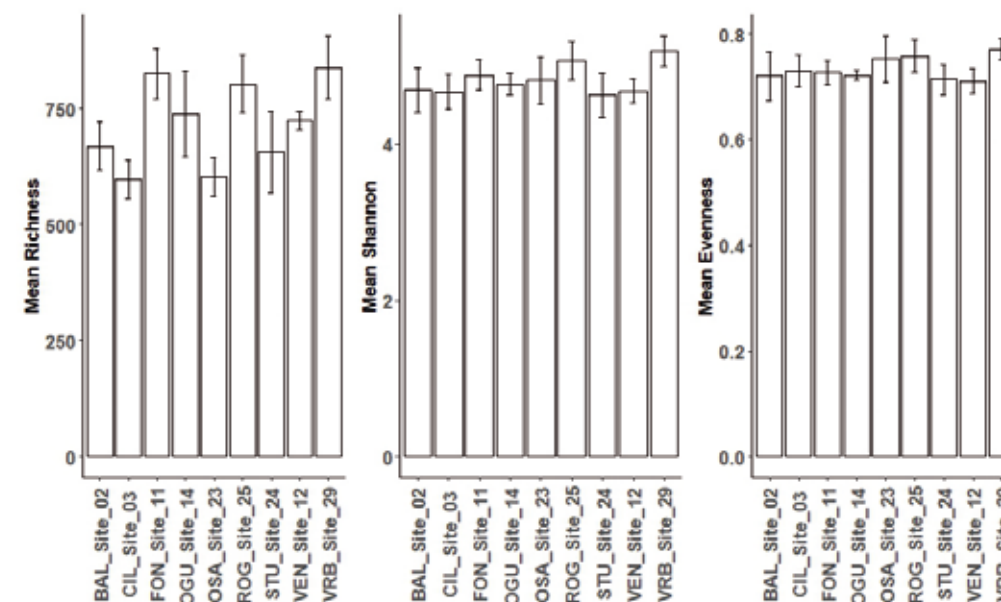


Slika 3.4.1.2. Nemetrično večdimenzionalno skaliranje (nMDS) na podlagi Bray-Curtisove razdalje za primerjavo celotne združbe gliv pred sečnjo in po njej na dveh ploskvah (Baldo - ploskev 2 in Pian dei Ciliegi - ploskev 3), stres = 0,11.

Po sečnji se je zaradi izgube ektomikoriznih partnerjev in zmanjšane prenosa ogljika pod površje tal relativna številčnost operativnih taksonomskih enot ektomikorize na obeh ploskvah zmanjšala, medtem ko se je relativna številčnost saprotrofov zaradi povečane odmrle biomase povečala. Leta 2021 se je v primerjavi z letom 2020 (pred sečnjo) zmanjšala relativna številčnost operativnih taksonomskih enot ektomikoriznega rodu *Russula*, relativna številčnost operativnih taksonomskih enot ektomikoriznega rodu *Cortinarius* pa se je na obeh ploskvah povečala.

3.4.2 Dolgoročni učinki gozdnogojitvenih ukrepov

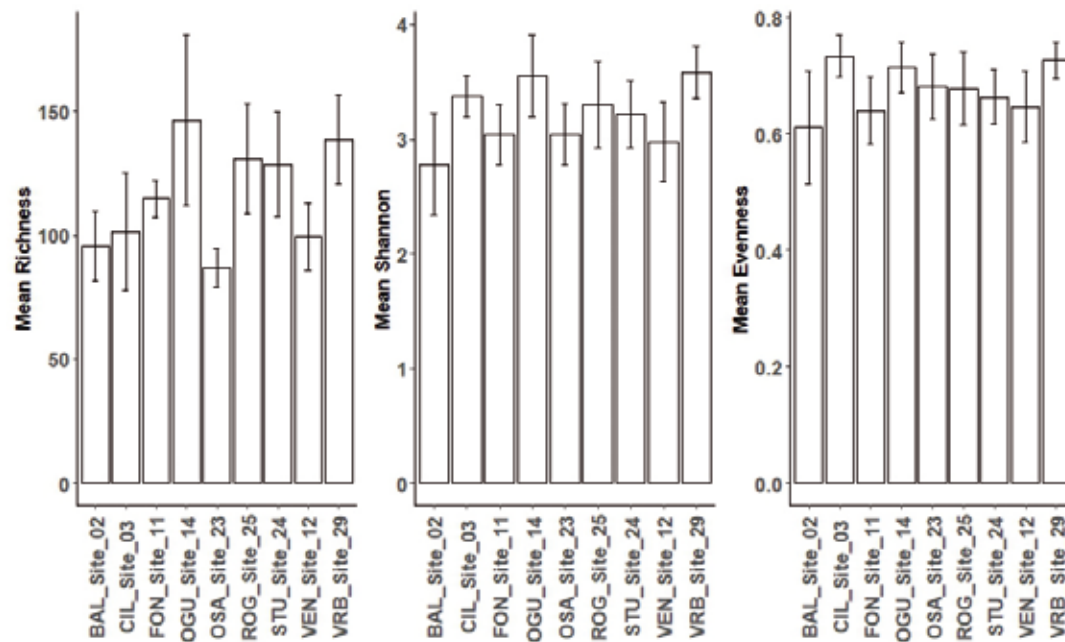
Največjo številčnost operativnih taksonomskih enot za celotno združbo gliv (slika 3.4.2.1) smo ugotovili na ploskvah v sestojih na katerih se ne gospodari - 11 in 25 ter na ploskvi 29, kjer poteka prebiralno gospodarjenje z gozdovi. Na tej ploskvi je skupna količina odmrle lesne biomase približno petkrat večja od količine odmrle lesne biomase na ploskvi 2, ki ima enak način gospodarjenja (glejte preglednico 3.2.2).



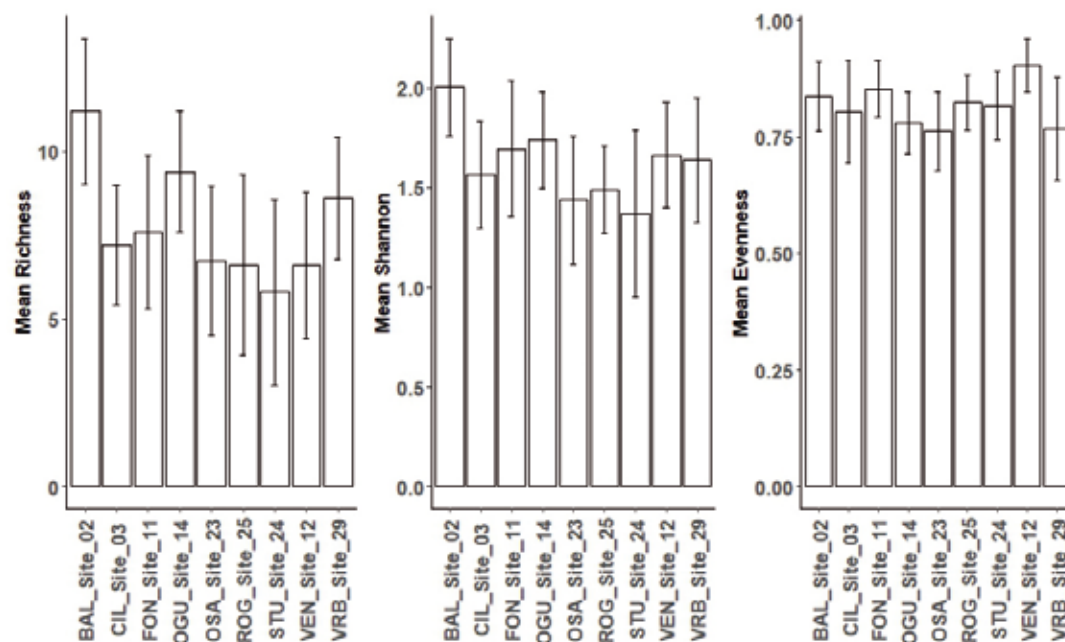
Slika 3.4.2.1. Primerjava indeksov alfa diverzitete celotne združbe gliv na ploskvah v bukovih gozdovih.

Podskupina ektomikoriznih gliv (aktivna ektomikoriza skupaj z dormantnimi propagulami) (slika 3.4.2.2) je najvišje vrednosti pokazala na ploskvah 14 in 29, kar je bilo skladno s podatki o aktivni ektomikorizi na teh dveh ploskvah (glejte sliko 3.4.2.3), vendar ne s podatki za ploskev 2. Katera aktivna ektomikoriza se razvije v določenem času, je lahko odvisno od številnih okoljskih parametrov, kot so vremenske razmere, fenologija dreves itd.

Največja številčnost taksonov in pestrost aktivne ektomikorize sta bili zabeleženi na ploskvah 2, 14 in 29 (slika 3.4.2.3). Na ploskvah 2 in 29 poteka prebiralno gospodarjenje z gozdovi, v sestoju, katerega del je ploskev 14, pa sistem zastornih sečenj, vendar pa je bila ploskev 14 v zadnjih desetih letih gozdni semenski objekt, iz katerega so odstranjevali samo posamezna odmrta drevesa in drevesa v slabem zdravstvenem stanju.



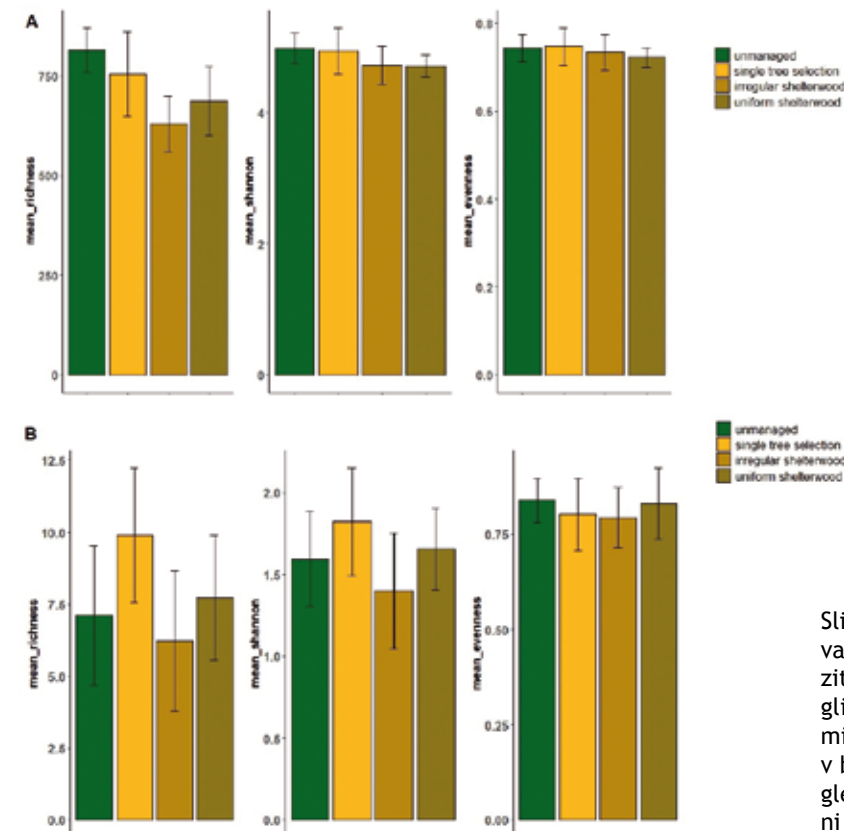
Slika 3.4.2.2. Primerjava indeksov alfa diverzitete podskupine ektomikoriznih gliv na ploskvah v bukovih gozdovih.



Slika 3.4.2.3. Indeksi alfa diverzitete (izračunani iz korigiranih podatkov) aktivne ektomikorize za preučevane ploskve v bukovih gozdovih.

Gozdnogojitveni sistemi so pomembno vplivali na številčnost vseh gliv, pri čemer so gozdovi brez gospodarjenja in gozdovi s prebiralnim gospodarjenjem omogočali večjo številčnost gliv kot sistem zastornih sečenj ali skupinsko postopno gospodarjenje (slika 3.4.2.4a). To kaže, da manj intenzivne prakse gospodarjenja prispevajo k večji pestrosti gliv. Učinki na Shannonov indeks pestrosti so bili manj izraziti, prav tako ni bilo pomembnega vpliva na indeks izenačenosti, kar kaže, da je relativna številčnost vrst pri različnih načinih gospodarjenja še vedno enaka. Tudi v podskupini ektomikoriznih gliv so gozdnogojitveni sistemi pomembno vplivali na številčnost, kar odseva vzorce, ki jih je bilo mogoče opaziti v celotni združbi gliv. V sestojih brez gospodarjenja ter v sestojih, v katerih poteka prebiralno gospodarjenje, je bilo vrstno bogastvo ektomikorize večje, kar poudarja pomen manj intenzivnega gospodarjenja za ohranjanje pestrosti ektomikorize. Učinki na Shannonov indeks pestrosti so bili značilni, vendar niso pokazali jasnih razlik med različnimi praksami gospodarjenja, podobno kot pri celotni združbi gliv. Tudi v tem primeru ni bilo pomembnejšega vpliva na indeks izenačenosti.

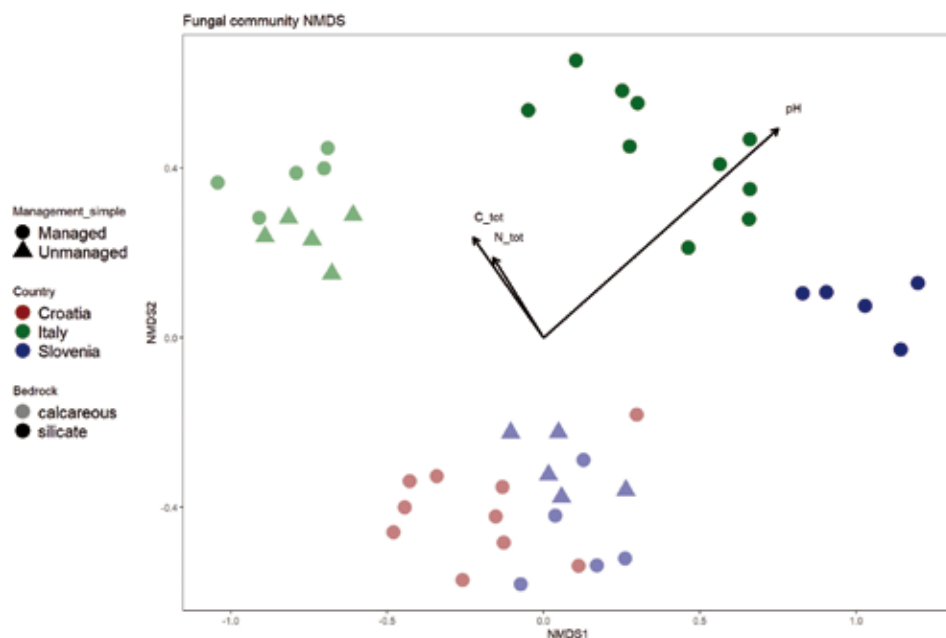
Številčnost taksonov aktivne ektomikorize na ploskvah brez gospodarjenja je bila enaka kot na ploskvah, kjer je bil v uporabi sistem zastornih sečenj, medtem ko je prebiralno gospodarjenje z gozdovi nekoliko odstopalo v pozitivno smer (slika 3.4.2.4b). Visoka številčnost taksonov aktivne ektomikorize pri prebiralnem gospodarjenju z gozdovi bi lahko povezana z večjo kompleksnostjo gozdne strukture v kombinaciji z sečno posameznih dreves iz zgornjega drevesnega sloja, kar preprečuje prehod v klimaksno stanje sukcesije. Po podatkih iz literature (Twieg in sod., 2007) se največje vrstno bogastvo ektomikoriznih gliv pojavlja ob zaključku sklepanja krošenj, za katerega sta značilni najhitrejša rast dreves in največja listna površina, kar ustreza večjemu prenosu ogljika pod površje tal, v korenine in koreninske simbiote (Twieg in sod., 2007). Učinki na Shannonov indeks pestrosti niso pokazali jasnih razlik med praksami gospodarjenja, prav tako ni bilo pomembnega vpliva na indeks izenačenosti.



Slika 3.4.2.4. Primerjava indeksov alfa diverzitete celotne združbe gliv (A) in aktivne ektomikorize (B) na ploskvah v bukovih gozdovih glede na gozdnogojitveni sistem.

Čeprav gozdnogojitveni sistemi vplivajo na združbe gliv, njihov učinek pogosto zasenčijo močnejši vplivi lokacije in podlage, če jih upoštevamo. Pomembni učinki teh spremenljivk kažejo, da so lokalni okoljski pogoji in regionalne razlike ključni dejavniki pestrosti gliv in strukture njihovih združb. Čeprav je izbira gozdnogojitvenega sistema pomembna, je treba za učinkovito ohranjanje in upravljanje biotske pestrosti gliv upoštevati tudi ostale odločilne dejavnike.

Pri preučevanju beta diverzitete, ki odraža spremembe v sestavi združbe gliv na različnih ploskvah, je analiza pokazala, da ima tip podlage ključno vlogo pri oblikovanju celotne združbe gliv in združbe ektomikoriznih gliv (slika 3.4.2.5).



Slika 3.4.2.5. Nemetrično večdimenzionalno skaliranje (nMDS) na podlagi Bray-Curtisove razdalje (stres = 0,1050) za združbe vseh gliv, na katere vplivajo podlaga, lokacija in način gospodarjenja (primerjava gozdov z in brez gospodarjenja).

Rezultati permutacijske multivariantne analize variance (PERMANOVA) so pokazali, da je podlaga pomembno vplivala na sestavo teh združb, kar kaže na to, da sta geologija in kemija tal med ključnimi dejavniki, ki vplivajo na sestavo glivnih združb. Ta vpliv je bil izrazitejši od vpliva gozdnogojitvenih praks, kar kaže na temeljni vpliv abiotičnih dejavnikov na združbe gliv. Medtem ko so gozdnogojitvene prakse vplivale na sestavo združbe aktivne ektomikorize, je bil vpliv podlage precejšen in je imel večji vpliv.

3.5 Model Genbiosilvi

Roberta Ferrante^{1,2}, Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,3}, Davide Travaglini¹, Katja Kavčič Sonnenschein⁴, Donatella Paffetti¹

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy .

² NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

³ Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

⁴ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Merjenje genetske pestrosti je ključnega pomena za razumevanje zdravstvenega stanja gozdnih ekosistemov, kot odziva na podnebne spremembe ter za podporo pri ohranjanju in gospodarjenju z gozdovi.

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko domnevamo, da je genetska pestrost na vseh ploskvah velika, vendar ne moremo sklepati, da obstaja velika genetska raznolikost med posameznimi ploskvami, čeprav se razlikujejo po tipih gospodarjenja. Z analizo vzorca razširjenosti genetske pestrosti na podlagi podatkov SSR smo ugotovili, da imajo pragozdovi in gozdovi v katerih se ne gospodari, kompleksno in heterogeno prostorsko genetsko strukturo. Prostorske genetske strukture, ki jih opažamo v bukovih pragozdovih, je mogoče pripisati nenaključnemu opraševanju med tesno sorodnimi osebki. Večina bukovih semen kali v bližini matičnih dreves, kar prispeva k oblikovanju takšnih družinskih struktur. Gospodarjenje lahko vpliva na demografijo populacije.

Na podlagi rezultatov, je bilo mogoče na ploskvi 2 - Baldov gozd (prebiralni način gospodarjenja) opaziti kompleksno prostorsko genetsko strukturo, podobno tisti, ki jo najdemo v pragozdovih. Ploskev 02 je raznodoben prebiralni sestoj, kjer smo zabeležili najbolj zapleteno prostorsko genetsko strukturo med gospodarskimi sestoji (ploskvami). Pri analizi različnih sestojev s skupinskim postopnim gospodarjenjem in sistemom zastornih sečenj smo opazili trend poenostavljene prostorske genetske strukture. Kompleksnost pragozdov in ploskve 02 - Baldov gozd, nakazuje, da gre za dinamičen in prilagodljiv ekosistem, ki se je sposoben odzivati na okoljske spremembe z ustvarjanjem nove genetske variabilnosti z rekombinacijo in pretokom genov med subpopulacijami. Poleg tega smo opazili veliko število SNP-jev, ki so povezani s trenutnimi okoljskimi pogoji na različnih ploskvah. Pomembna je prisotnost tistih alelnih različic, ki so povezane z bioklimatskimi kazalniki, najbolj značilnimi za lokalno okolje. Na ploskvi 02 - Baldov gozd smo ugotovili večje število SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki, in kompleksno prostorsko genetsko strukturo. Na podlagi dobljenih rezultatov smo domnevali, da pogoji v pragozdovih in na ploskvah, kjer se uporablja prebiralno gospodarjenje z gozdovi, bolj ugodni. Struktura sestojev je ključni element pri ocenjevanju ekoloških funkcij in ekosistemskih storitev.

Za opis biotske raznovrstnosti smo upoštevali dendrometrične podatke, da bi določili strukturo gozdov na analiziranih ploskvah. Na podlagi teh podatkov lahko domnevamo, da je bila najboljša ugotovljena struktura tista, ki je značilna za večslojen raznodobni gozd. Ploskve s temi značilnostmi so ploskve 02 - Baldov gozd, 11 - Fonte Novello in 25 - Rajhenavski Rog. Večslojna raznodobna struktura spodbuja prisotnost mladja, saj prihaja do vrzeli v krošnjah, ki ustvarjajo idealne pogoje za naravno obnovo. Poleg tega takšna struktura povečuje verjetnost sporadičnega pojavljanja vrst. Raznodobna in raznomerna struktura omogočata tudi visoko stopnjo razprševanja peloda, kar spodbuja genetsko pestrost. Zato smo na podlagi najboljših kazalnikov, uporabljenih za opredelitev strukture gozda, ugotovili, da imajo ploskve, za katere je značilna večslojna raznodobna struktura gozda, tudi kompleksno prostorsko genetsko strukturo in veliko genetsko pestrost.

Odmrlni les ima ključno funkcionalno vlogo, na primer pri kroženju hranil in kot ponor ogljika. Prisotnost odmrlega lesa lahko spodbuja kalitev in razvoj mladja in s tem prispeva k obnovi gozda.

Kar zadeva količino odmrlega lesa, je bilo najboljšo stanje ugotovljeno v gozdovih v katerih se ne gospodari (pragozdovi in gozdni rezervati), kjer je bila količina odmrle lesne biomase največja.

Odmrl les je pomemben mikrohabitat za razvoj in ohranjanje vrst, pomembnih za gozdni ekosistem. Poleg odmrlega lesa smo opazili tudi druge kazalnike, povezane s saproksilnimi mikrohabitati. Največje število drevesnih mikrohabitata je bilo ugotovljeno na ploskvah, kjer rastejo stoletni osebki z deformacijami in dupli. Pogostost epikslnih mikrohabitata je v vseh opazovanih populacijah nižja od saproksilnih. Epikslni mikrohabitati se uporabljajo kot indikatorji za oceno stanja ekosistema. Prisotnost teh mikrohabitata je pomemben vir biotske raznovrstnosti. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da gozdnogojitveni sistemi, ki omogočajo razvoj kompleksne gozdne strukture, značilne za raznodobne sestoje, povečujejo verjetnost, da bomo lahko opazili različne oblike drevesnih mikrohabitata.

Na večini analiziranih ploskev so rasli čisti bukovni sestoji. Na nekaterih ploskvah, kot so ploskve 29, 25 in 12, se je bukev mešala z nekaterimi manjšinskimi drevesnimi vrstami: jelka (*Abies alba* Mill.), divja češnja (*Prunus avium* L.), javorji (*Acer* spp. L.) in jeseni (*Fraxinus* spp. L.). Manjšinske drevesne vrste je treba vzdrževati, kjer pa se pojavlja mladje, ga je treba zaščititi in ohranjati in/ali spodbujati.

Gospodarjenje z gozdovi vpliva na talno združbo, ki pa je ključni člen pri kroženju hranil in za zdravje dreves. Z gospodarjenjem lahko spreminjamo mikrobnobno dinamiko v tleh, kar povzroči zmanjšanje pestrosti ektomikoriznih gliv. To lahko zavira rast dreves in ogrozi splošno delovanje gozdnih ekosistemov. Zato je razumevanje vpliva gospodarjenja nujno za spodbujanje trajnostnega in sonaravnega gospodarjenja z gozdovi.

Izrazite in pomembne razlike, ki so bile opažene v sestavi bakterijskih, ektomikoriznih in glivičnih združb pri sonaravnih, negospodarjenih in srednje intenzivnih pristopih gospodarjenja z gozdovi, je mogoče pripisati različnim dejavnikom. Vsak poseg v gozd predstavlja motnjo gozdnega ekosistema. Cilj sonaravnega gospodarjenja je posnemati naravne motnje z minimalnim poseganjem, medtem ko v pragozdove in gozdne rezervate človek skoraj ne posega. Srednje intenzivno gospodarjenje pa lahko vključuje bolj invazivne ukrepe, kar privede do večjih motenj v ekosistemu. Prišli smo do zaključka, da je večja raznolikost tal prisotna na ploskvah, na katerih je gospodarjenje manj intenzivno in na katerih se ne gozdari.

Pri analizi rezultatov smo ugotovili, da prebiralno gospodarjenje z gozdovi ohranja in/ali povečuje pestrost gozdnih sestojev. Ta gojitveni sistem ima manjši vpliv na sestoj, poleg tega pa posnema razmere, ki jih običajno najdemo v pragozdovih in gozdnih rezervatih. Sečnja dreves na podlagi fenotipa in položaja v sestoji povzroči nastanek vrzeli v sklepu krošenj, kar spodbudi naravno obnovo. V primerjavi s pragozdovi, kjer obnova zelo omejeno, se na ploskvah, s prebiralnim načinom gospodarjenja naravna obnova spodbuja. Prebiralno gospodarjenje povečuje kompleksnost gozdne strukture, ki se kaže kot raznomena zgradba ki je značilna za raznodobne gozdove. To omogoča boljše širjenje peloda in s tem velik pretok genov. To spodbuja genetsko pestrost in povečuje prostorsko genetsko kompleksnost, kar vodi k večji verjetnosti pojava novih alelnih različic, ki so bistvene za odzivanje na podnebne spremembe. Poleg tega je ključni vidik odpornosti gozdov visoka biotska raznovrstnost. Na podlagi rezultatov smo ugotovili, da je v sestojih z večjo genetsko pestrostjo večja tudi biodiverzitetata vrst in ekosistemov.

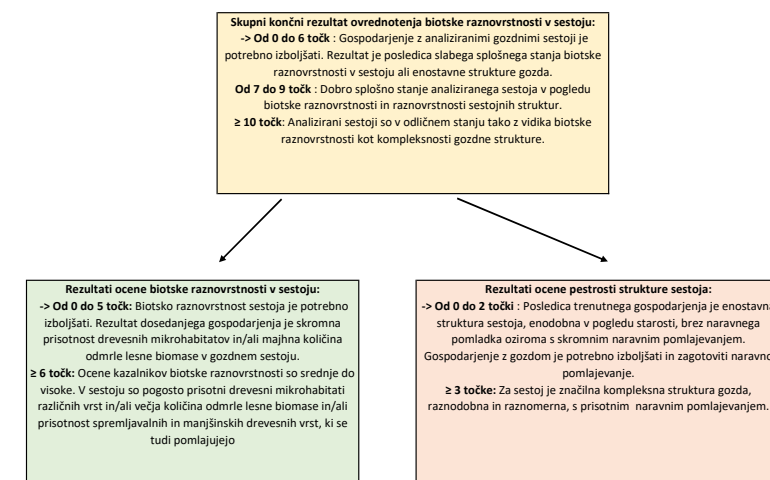
Na podlagi rezultatov analiz je ob upoštevanju teh kazalnikov mogoče simulirati stanje genetske pestrosti sestoya in uporabnike usmerjati k trajnostnemu gospodarjenju za ohranjanje in/ali povečanje prisotne genetske pestrosti.

Glede na rezultate, pridobljene z analizo vseh kazalnikov biotske raznovrstnosti, smo razvili model, ki opisuje trenutno stanje genskih virov na ploskvi. Ta model je bil razvit kot pomoč upravljalcem gozdov pri preverjanju trenutnega stanja biotske pestrosti sestojev in zagotavljanju smernic za trajnostno gospodarjenje. Pri razvoju modela smo ugotovili, da je mogoče določiti nabor ključnih reprezentativnih kazalnikov. Kazalniki, na katerih temelji model, lahko posredno opišejo stanje genetske pestrosti sestoya. Določili smo tudi kazalnike, ki so reprezentativni za oceno biotske pestrosti in vključujejo podatke o odmrlem lesu, drevesnih mikrohabitatih in vrstni pestrosti. Zato smo se odločili, da v obrazec, ki smo ga pripravili za uporabnike, ne vključimo zbiranja podatkov o genetski pestrosti in pestrosti tal, ki ju je zelo težko določiti. V model smo vključili tudi nekatere ključne kazalnike, ki opisujejo trenutno stanje analiziranega sestoya. Izbrani kazalniki so prikazani v preglednici 3.5.1.

Preglednica 3.5.1. Opis izbranega kazalnika, ki lahko uporabniku pomaga opisati stanje sestoya.

Kategorije	Kazalniki	Opis
Struktura gozda	Standardni odklon premerov dreves v prsni višini	Variabilnost premerov dreves znotraj sestoya
	Delež mladja v sestoji	Prisotnost mladja ciljnih drevesnih vrst
	Krivulja porazdelitve razredov premerov dreves v prsni višini	Kompleksnost horizontalne in vertikalne strukture gozda
Odmrl les	Število sestojnih slojev	
	Prisotnost stojećih odmrlih dreves	Prisotnost odmrlega lesa, ki deluje kot mikrohabitat
	Večji ostanki lesa	
Pestrost vrst	Pestrost drevesnih vrst	Število vseh vrst, prisotnih v drevesnem sloju in v mladju
	Odstotek manjšinskih vrst v mladju	
	Odstotek osebkov z dupli	Prisotnost mikrohabitata, ključnih za biotsko raznovrstnost
Drevesni mikrohabitati	Odstotek osebkov s poškodbami in ranami	
	Odstotek osebkov z deformacijami	

Model vključuje obrazec, ki omogoča zbiranje določenih kazalnikov, ki jih uporabniki lahko pridobijo na terenu. Na podlagi dobljenih rezultatov smo za vsak izbrani kazalnik izbrali mejne vrednosti. Z obdelavo dejanskih podatkov se na podlagi izbranih mejnih vrednosti določi ocena za vsak kazalnik. Končna ocena je povezana z opredelitvijo trenutnega stanja analiziranega sestoya. Za vsako končno oceno so navedeni možni ukrepi, ki jih je treba sprejeti za izvajanje trajnostnega gospodarjenja s sestojem (slika 3.5.1). Spodaj je prikazan primer obrazca, ki smo ga pripravili za izpolnjevanje (slika 3.5.2). Na sliki 3.5.3 pa je prikazan izpolnjen obrazec, ki temelji na resničnih podatkih, pridobljenih na ploskvi 02 - Baldov gozd.



Slika 3.5.1. Smernice za gospodarjenje z gozdovi na podlagi končne ocene, pridobljene po izpolnitvi obrazca za oceno gozdnega sestoya.

Izpolnite prostor s podatki, pridobljenimi na podlagi meritev in ocen na terenu. Obrazec je interaktiven in omogoča samodejen izračun končne ocene.

Obrazec za vrednotenje gozdnih sestojev			
Gospodarjenje z gozdovi	Podatki o gozdnem sestoju		Posledice za gozd in gospodarjenje z gozdom
Z gozdovi je potrebno gospodariti tako, da ohranjamo njihovo stabilnost, odpornost in večnamensko vlogo (ekološko, socialno in proizvodno). To je mogoče doseči le z ohranjanjem zdravih gozdov in njihove biotske raznovrstnosti, varovanjem naravne rodovitnosti in vodnih virov v gozdu ter z zagotavljanjem vseh drugih koristnih funkcij, ki jih gozdovi opravljajo.			
Prebrirano gospodarjenje z gozdovi			
Kazalniki za strukturo gozda	Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena strukture gozda
Rezultati ocene in izračuna posameznih znakov za strukturo sestojev			
Struktura gozda je posledica in usmerjevalec razvojnih procesov v gozdnem ekosistemu ter pomemben del biotske raznovrstnosti. Spremembe v strukturi gozda zaradi neustreznega gospodarjenja imajo negativne posledice za vse komponente gozdnih ekosistemov			
Kazalniki strukture sestojev			
Standardni odklon (SD) prsnih premerov dreves		<input type="checkbox"/> 1 točka (SD < 10) <input type="checkbox"/> 2 točki (10 ≤ SD ≤ 20) <input type="checkbox"/> 3 točke (SD > 20)	
Delež mladovja (%) v sestoji (ob upoštevanju dreves s premerom manj kot 10 cm)		<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	<input type="checkbox"/> Ocena 1 (Enostavna struktura gozda brez mladovja) - od 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 2 (poenostavljena struktura gozda z mladovjem ali kompleksna struktura gozda brez mladovja) - od 7 do 8 točk
Krivulja debelinskih stopenj		<input type="checkbox"/> 1 točka (zvonasta oblika) <input type="checkbox"/> 2 točki (multimodalna oblika) <input type="checkbox"/> 3 točke (v obliki črke J)	<input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem) - od 9 do 11 točk <input type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
Število slojev v sestoji		<input type="checkbox"/> 1 točka (enoslojni sestoj) <input type="checkbox"/> 2 točki (dvoslojni sestoj) <input type="checkbox"/> 3 točke (tri- ali večslojni sestoj)	<input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem) - od 9 do 11 točk <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
Kazalniki produktivnosti	Vrednost kazalnika	Skupna ocena biotske raznovrstnosti populacije	
Produktivnost gozdnega rastišča je proizvodnja, ki jo je mogoče realizirati v okviru določenega sestaja, na določenem rastišču, ob dani genetski strukturi sestaja in ob določenem načinu gospodarjenja. Produktivnost gozdnega sestaja je odvisna tako od naravnih dejavnikov, ki so del gozdnega rastišča, kot od dejavnikov, povezanih z načinom gospodarjenja.			
Lesna zaloga (m ³ /ha)		V odraslih gozdnih sestojih sencovodnih gozdnih drevesnih vrst, kjer se aktivno gospodarji, naj znaša minimalna lesna zaloga leta okoli 300-350 m ³ /ha.	
Kazalniki biotske raznovrstnosti	Vrednost kazalnika	Skupna ocena biotske raznovrstnosti sestojev	
Rezultati ocene odmrle lesne biomase			
Prisotnost stoječega odmrlega lesa			
Veliki lesni ostanki			
Kazalniki pestrosti drevesne sestave			
Bogatstvo vrst (prisotnost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst)			
Delež (%) spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst v mladovju			
Kazalniki zastopanosti drevesnih mikrohabitativ			
delež (%) dreves z dupli			
delež (%) dreves s poškvobami in ranami			
delež (%) dreves z deformacijami			
Končni rezultat:			

Slika 3.5.2. Struktura obrazca za oceno gozdnega sestaja

Izpolnite prostor s podatki, pridobljenimi na podlagi meritev in ocen na terenu. Obrazec je interaktiven in omogoča samodejen izračun končne ocene.

Obrazec za vrednotenje gozdnih sestojev - demonstracijska ploskev 02 - Baldov gozd			
Gospodarjenje z gozdovi	Podatki o gozdnem sestoju		Posledice za gozd in gospodarjenje z gozdom
Z gozdovi je potrebno gospodariti tako, da ohranjamo njihovo stabilnost, odpornost in večnamensko vlogo (ekološko, socialno in proizvodno). To je mogoče doseči le z ohranjanjem zdravih gozdov in njihove biotske raznovrstnosti, varovanjem naravne rodovitnosti in vodnih virov v gozdu ter z zagotavljanjem vseh drugih koristnih funkcij, ki jih gozdovi opravljajo.			
Prebrirano gospodarjenje z gozdovi			
Kazalniki za strukturo gozda	Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena strukture gozda
Rezultati ocene in izračuna posameznih znakov za strukturo sestojev			
Struktura gozda je posledica in usmerjevalec razvojnih procesov v gozdnem ekosistemu ter pomemben del biotske raznovrstnosti. Spremembe v strukturi gozda zaradi neustreznega gospodarjenja imajo negativne posledice za vse komponente gozdnih ekosistemov			
Kazalniki strukture sestojev			
Standardni odklon (SD) prsnih premerov dreves	9,55	<input type="checkbox"/> 1 točka (SD < 5) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (5 ≤ SD ≤ 15) <input type="checkbox"/> 3 točke (SD > 15)	
Delež mladovja (%) v sestoji (ob upoštevanju dreves s premerom manj kot 10 cm)	83,54	<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input checked="" type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	<input type="checkbox"/> Ocena 1 (Enostavna struktura gozda brez mladovja) - od 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 2 (poenostavljena struktura gozda z mladovjem ali kompleksna struktura gozda brez mladovja) - od 7 do 8 točk
Krivulja debelinskih stopenj	J-shaped	<input type="checkbox"/> 1 točka (zvonasta oblika) <input type="checkbox"/> 2 točki (multimodalna oblika) <input checked="" type="checkbox"/> 3 točke (v obliki črke J)	<input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem) - od 9 do 11 točk <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
Število slojev v sestoji	Tri-stratified	<input type="checkbox"/> 1 točka (enoslojni sestoj) <input type="checkbox"/> 2 točki (dvoslojni sestoj) <input checked="" type="checkbox"/> 3 točke (tri- ali večslojni sestoj)	<input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem) - od 9 do 11 točk <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
Kazalniki produktivnosti	Vrednost kazalnika	Skupna ocena biotske raznovrstnosti populacije	
Produktivnost gozdnega rastišča je proizvodnja, ki jo je mogoče realizirati v okviru določenega sestaja, na določenem rastišču, ob dani genetski strukturi sestaja in ob določenem načinu gospodarjenja. Produktivnost gozdnega sestaja je odvisna tako od naravnih dejavnikov, ki so del gozdnega rastišča, kot od dejavnikov, povezanih z načinom gospodarjenja.			
Lesna zaloga (m ³ /ha)		305 m ³ /ha	
Kazalniki biotske raznovrstnosti	Vrednost kazalnika	Skupna ocena biotske raznovrstnosti sestojev	
Rezultati ocene odmrle lesne biomase			
Prisotnost stoječega odmrlega lesa			
Veliki lesni ostanki			
Kazalniki pestrosti drevesne sestave			
Bogatstvo vrst (prisotnost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst)			
Delež (%) spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst v mladovju			
Kazalniki zastopanosti drevesnih mikrohabitativ			
delež (%) dreves z dupli			
delež (%) dreves s poškvobami in ranami			
delež (%) dreves z deformacijami			
Končni rezultat: 8			

Slika 3.5.3. Struktura obrazca za oceno gozdnega sestaja s podatki s ploskve 02 - Baldov gozd.

3.6 Priporočila za trajnostno gospodarjenje z gozdovi

Andrej Breznikar¹, Davide Travaglini²

¹ *Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija*

² *Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy*

Opis gozdnogojitvenih sistemov

Trajnostno in sonaravno gospodarjenje z gozdovi spodbuja ohranjanje narave in gozdov in ohranja naravne ekosisteme z vsemi življenjskimi oblikami in povezavami, ki se ustvarjajo med njimi. Temelji na skrbnem načrtovanju gojitvenih ukrepov, ki so prilagojeni rastiščnim razmeram in gozdnim sestojem ter funkcijam gozdov. Posnema naravne procese in strukture, ki jih najdemo v pragozdovih in gozdnih rezervatih, v katerih se ne gospodari. Naravni procesi se spreminjajo v čim manjši meri, hkrati pa se ohranjata finančna donosnost in socialna trajnost gospodarjenja z gozdovi (Veselič, 2008).

Gozdnogojitvene sisteme za bukove sestoj je treba skrbno izbrati, priporočamo sonaravne pristope, ki posnemajo naravne procese v pragozdovih. V okviru projekta LIFE SySTEMiC so bili analizirani štiri gozdnogojitveni sistemi v bukovih sestojih:

- skupinsko postopno gospodarjenje, kjer obnova (večinoma naravna) poteka v vrzelih,
- prebiralno gospodarjenje z gozdovi, kjer so na majhni površini prisotna drevesa različnih velikosti in starosti,
- sistem zastornih sečenj, kjer se stari sestoj odstrani z več sečnjami (pri bukvi običajno s tremi), da se spodbudi nastanek novega enodobnega sestoja v zavetju starega,
- brez gospodarjenja, kjer je gozd prepuščen naravnemu razvoju.

Analizirani gozdnogojitveni sistemi so podrobno opisani v uvodu tega priročnika.

V okviru projekta LIFE SySTEMiC je bilo preučeni 12 bukovih sestojev, ki ustrezajo štirim evropskim gozdnim tipom (EFT): 6.6 Predgorski bukov gozd; 7.2 Srednjeevropski gorski bukov gozd; 7.3 Apeninsko-korziški gorski bukov gozd in 7.4 Ilirski gorski bukov gozd. Rezultati, opisani v prejšnjih poglavjih, kažejo, da je z vidika ohranjanja genetske pestrosti bolje uporabljati gozdnogojitvene sisteme z nizko intenzivnostjo gospodarjenja, kot sta prebiralno gospodarjenje in skupinsko postopno gospodarjenje z gozdovi.



Slika 3.6.1. Skupinsko postopno gospodarjenje je običajen način gospodarjenja z bukovimi sestoji.

Gozdnogojitvene značilnosti bukve

Bukev je sencozdržna drevesna vrsta, ki je prisotna v številnih gozdnih rastlinskih združbah v Evropi in različnih tipih gozdov, večinoma kot dominantna, v nekaterih primerih pa tudi kot primešana drevesna vrsta. Zanj je značilna počasna rast v mladosti, ki doseže vrh šele po 45. letu starosti, če to dopuščajo svetlobne razmere. Prirastek bukve doseže svoj maksimum zelo pozno, na nekaterih rastiščih šele po 75. letu starosti. Na splošno povprečni skupni prirastek ne kaže znakov upadanja do starosti 150 let. Bukev se tudi na gozdnogojitvene ukrepe ali redčenje odziva do visoke starosti in prekaša vse druge drevesne vrste (Diaci, 2006).

Ogroženost

Bukev je razmeroma odporna na večino bolezní. Ne ogrožajo je množični napadi škodljivcev, ki bi privedli do odmiranja sestojev. Pozne spomladanske pozebe pogosto poškodujejo mlada drevesa ali cvetove, ki se pojavijo hkrati z razvojem listov. Močna sončna svetloba lahko poškoduje površino stebela. Lubje lahko napadejo uši, gliva *Nectria ditissima* pa lahko povzroči nekrozo lubja (Wuehlisch, 2010).

Glavne grožnje bukovim gozdom zaradi podnebnih sprememb so naravne ujme, kot so žled in težek sneg na višjih nadmorskih višinah, pa tudi veter, ki lahko v teh gozdovih povzroči veliko škodo. Na toplejših rastiščih lahko bukov gozd ogrožajo tudi močnejše poletne suše. Gozdovi na severnih pobočjih so manj ogroženi (ZGS, 2021).

Kar zadeva biotske dejavnike, velja, da lahko te gozdove poškodujejo avtohtoni škodljivi organizmi v kombinaciji z oslavitvijo vitalnosti bukve zaradi globalnega segrevanja (kompleksni vzroki suše, fitofora) in morebitnimi vdori novih bolezní in škodljivcev.

Stabilnost bukovih sestojev z večjim deležem drugih vrst močno ogroža zdravstveno stanje teh vrst (na primer smreke in napadi lubadarja). V gozdovih v bližini naselij in infrastrukturnih objektov (ceste, železnice) obstaja tudi večja nevarnost vdora in širjenja invazivnih tujerodnih vrst. Pomembno grožnjo mladim drevesom predstavlja tudi objedanje divjadi (ZGS, 2021).



Slika 3.6.2. Žled lahko močnejše poškoduje bukove sestoje na višjih nadmorskih višinah.

Ocena prilagoditvenega potenciala bukve na podnebne spremembe

Ocena prilagoditvenega potenciala bukovih gozdov na podnebne spremembe kaže, da je zaradi uspešnega pomlajevanja in razmeroma visoke prilagodljivosti na rastiščne razmere tudi prilagodljivost na podnebne spremembe precej visoka. Prilagoditveni potencial v prihodnosti je odvisen predvsem od aktivnega gospodarjenja z nizko intenzivnostjo, od gozdnogojitvenih ukrepov in zmanjšanja škode, ki nastane zaradi objedanja divjadi (ZGS, 2021).

Obnova bukovih sestojev

Sonaravno gospodarjenje čim bolj posnema procese in strukture v pragozdovih. Z naravno obnovo bukovih sestojev se ohranjata prilagodljivost dreves na razmere na posameznih rastiščih in naravna dinamika. Priporoča se naravna obnova bukovih sestojev in mešanje drevesnih vrst, kot v pragozdovih (ZGS, 2021).

Naravna obnova v bukovih sestojih na splošno ni težavna. Za mlade bukove sestoje je značilno, da so gosti in močno razslojeni. V vrzelih in raznomernih mladih sestojih dominantna drevesa hitro razvijajo velike krošnje (Diaci, 2006).

Najpogostejši način obnove bukovih sestojev je pod zastorom krošenj odraslih dreves. Obnova sledi sečnji, večinoma se uporablja sistem zastornih sečenj (Nocentini, 2009) ali skupinsko postopno gospodarjenje. Skupinsko postopno gospodarjenje se načrtuje v majhnih pomladitvenih vrzelih (višine enega do dveh dreves), ki se nato postopoma združijo med seboj. Zelo primeren sistem je tudi prebiralno gospodarjenje, zlasti v mešanih sestojih z jelko in na območjih, kjer je zelo veliko tveganje za naravne ujme (ZGS, 2021). Po drugi strani pa lahko obnovo uvedemo tudi na nekoliko večjih površinah (nad 2 ha), ki jih je treba prostorsko ločiti z odraslimi sestoji. Ta gozdnogojitveni pristop ima že nekatere značilnosti sistema zastornih sečenj.

Obnova v vrzelih se začne po obilnem semenskem letu z intenzivnostjo sečnje med 30 in 50 % lesne zaloge (Matić in sod. 2003). Sestoj se pripravi na naravno obnovo s posekom dreves v spodnjem in grmovnem sloju. Kjer je to mogoče, se uporablja narava obnova, saj so tako motnje evolucijskega procesa manjše in se ohranja genetska pestrost gozdov. Po vzniku kakovostnega mladja se obnova nadaljuje z bolj intenzivno sečnjo (med 50 in 60 % lesne zaloge), da se poveča tekmovalnost drugih pomembnih drevesnih vrst, ki so del bukovih gozdnih združb. S končnim posekom zaključimo obnovo najpozneje takrat, ko so mlada drevesa visoka od 1 do 2 metra. Vse obnovitvene sečnje na območjih z že vzpostavljenimi mladimi sestoji je treba izvajati zunaj vegetacijske dobe (ZGS, 2021).

V sestojih, kjer naravna obnova ni uspešna, je priporočljivo gozd obnoviti s sadnjo bukovih sadik ter drugih, rastišču primernih drevesnih vrst (kot so hrast, gorski javor in druge plemenite vrste trdih listavcev). Umetna obnova naj se izvaja samo v majhnih skupinah dreves. Površine za obnovo morajo biti čim manjše - mozaična struktura bodočih sestojev povečuje njihovo odpornost proti posledicam podnebnih sprememb.

Kljub temu, da je naravna obnova prednostna izbira, je treba skrbno premisliti glede obnove s sadnjo in setvijo. Slabost naravne obnove je, da so gozdni viri lahko ogroženi, saj se dolgožive drevesne vrste zgolj s prenosom genetskih informacij skozi naravne evolucijske procese ne morejo dovolj hitro prilagoditi novim boleznim in škodljivcem. Posebej problematična so poškodovana območja, kjer imajo drevesa poškodovane regenerativne dele krošenj, ki naj bi zagotavljali naravno pomlajevanje (ZGS, 2021).

Nega in zaščita bukovih sestojev

Najprimernejši ukrepi za nego in varstvo so povzeti na podlagi smernic za trajnostno gospodarjenje z gozdovi v Sloveniji (ZGS, 2021) in rezultatov projekta LIFE SySTEMiC. Z gozdnogojitvenega vidika bukev ob primerni gostoti hitro odstrani veje, zato ukrepi redčenja v fazi mladja večinoma vključujejo odstranjevanje slabo oblikovanih, poškodovanih in predraslih dreves. Dreves v spodnjem sloju ne odstranjujemo, saj so pomembna za stabilnost bodočega sestoja. Z uravnavanjem drevesne sestave ohranjamo biotsko raznovrstnost drevesnih vrst in zmanjšujemo delež nezaželenih drevesnih vrst.

Posebno pozornost je treba nameniti stabilnosti bukovih sestojev, zlasti na pobočjih. Z novimi spoznanji o razvoju gozdnih sestojev in zaradi vse večjega gospodarskega pomena gozdov in zaradi vse večje potrebe po večji odpornosti sestojev, je treba posodobiti in prilagoditi gozdnogojitvene ukrepe. V obdobju vse pogostejših naravnih ujm postajajo vprašanja stabilnosti in odpornosti bukovih sestojev vse pomembnejša. Intenzivna nega ogroža stabilnost bukovih sestojev. Primernejša rešitev je tako imenovano situacijsko redčenje, ki upošteva klasična gozdnogojitvena načela nege, vendar se osredotoča na manjše število izbranih ciljnih dreves. Deli gozdnega sestoja so lahko prepuščeni naravnemu razvoju, kar ohranja tudi njegovo genetsko pestrost (Sever in sod. 2022).

Pri izbiri ciljnih dreves velja načelo, da imata vitalnost in stabilnost dreves prednost pred kakovostjo, ta pa pred razdaljo med ciljnim drevesi. Intenzivnost odstranjevanja konkurenčnih dreves je za pomezna ciljna drevesa prilagojena razmeram v gozdnem sestoju in drevesni vrsti (Diaci, 2021).

Postopna premena odraslih bukovih sestojev je potrebna samo, kadar je sestava drevesnih vrst tako močno spremenjena, da ogroža njihovo stabilnost. Premena bi morala biti usmerjena k naravni obnovi z listavci, zlasti bukvijo in vsemi plemenitimi listavci, vključno s češnjo in lipo.

Ukrepi za varstvo gozdov v bukovih sestojih so usmerjeni v preventivne ukrepe, kot so skrajševanje proizvodnih dob v najbolj ranljivih sestojih, izboljšanje stabilnosti sestojev - pravočasna in zadostna redčenja, ki bodo zagotovila ustrezno razmerje med premerom in višino drevesa, pozornost krošnjam dreves, ki morajo imeti dovolj prostora za rast, vzdrževanje strukturiranega gozdnega roba in zaščita naravnega mladja pred prekomernim objedanjem divjadi (ZGS, 2021).



Slika 3.6.3. Redčenje je še vedno del gospodarjenja z bukovimi sestoji v njihovi odrasli dobi.

Prilagajanje bukovih sestojev podnebnim spremembam

Glavni ukrepi za prilagajanje gospodarjenja z bukovimi sestoji podnebnim spremembam so usmerjeni v prilagajanje drevesne sestave v bukovih sestojih, povečevanje odpornosti gozdov s pestro sestojno zgradbo na vseh ravneh, zlasti genetski, v ukrepe naravne in umetne obnove gozdov ter v povečevanje njihove stabilnosti z dovolj zgodnjimi negovalnimi ukrepi (npr. redčenje), oblikovanje večslojnih in prebiralnih zgradb v ustreznih sestojih ter (ne nazadnje) monitoring in ohranjanje biotske raznovrstnosti gozdov, od genetske pestrosti dalje (Bajc in sod., 2020).

Obnova bukovih sestojev ponuja možnost izbire drevesnih vrst in njihovih provenienc, za katere domnevamo, da so bolj prilagojene na spreminjajoče se okolje. Po drugi strani pa je gozd v obdobju obnove še posebej občutljiv na podnebne spremembe, saj so mlada drevesa lahko zelo občutljiva na sušo in druge ekstremne dogodke. Seleksijski pritisk na mlajše povečuje možnosti za preživetje odraslih sestojev, ki se razvijejo iz tega mladja. Izbrati je treba provenience bukve in ostalih drevesnih vrst, ki so prilagojene različnim rastiščnim razmeram in lahko tvorijo stabilne in strukturno pestre sestojne.

Ključni ukrep za prilagoditev gospodarjenja z gozdovi je tudi povečanje stabilnosti in odpornosti bukovih sestojev na pričakovane vse pogostejše naravne ujme (npr. žledolom, snegolom). Ustrezne rešitve so v mozaični strukturi gozdnih sestojev, v raznomerni zgradbi sestojev oz. prebiralni zgradbi, in v pravočasnem redčenju mladih in srednje starih sestojev. Stabilnost sestojne zgradbe lahko povečamo tudi z zmanjšanjem velikosti vrzeli v sestoju, oblikovanjem gozdnih robov, skrajšanjem proizvodnih dob in s pospeševanjem drevesnih vrst z globokim koreninskim sistemom (Breznikar, 2019).

Da bi zagotovili prilagodljivost bodočih sestojev na spremembe v okolju, je treba uporabiti genetsko pester gozdni reprodukcijski material (GRM), in sicer tako, da v obdobju močnega cvetenja in obroda pridobimo seme z velikega števila dreves, GRM ustrezno strokovno premešamo ter na podlagi provenienčnih testov izvedemo znanstveno utemeljen prenos različnih lokalnih provenienc na različna gozdna rastišča. Poleg tega sta pomembna ustrezno srednjeročno načrtovanje shranjevanja zalog semen v semenski hranilnici in stalna razpoložljivost ustreznih sadik (Bajc in sod., 2020).



Slika 3.6.4. Uspešna obnova bukovih sestojev s sadnjo je odvisna od kakovostnih in genetsko pestrih semenskih dreves.

4. TRAJNOSTNO GOSPODARJENJE Z BOROVIMI GOZDOVI (črni bor (*Pinus nigra* J.F. Arnold), pinija (*Pinus Pinea* L.), obmorski bor (*Pinus pinaster* Aiton))

4.1 Uvod

Miran Lanščak, Anđelina Gavranović Markić, Sanja Bogunović, Zvonimir Vujnović, Barbara Škiljan, Mladen Ivanković

1 Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

Rod *Pinus* - bori

V Evropi so bori med najpomembnejšimi ekološkimi in gospodarskimi drevesnimi rodovi v sredozemskih in submediteranskih regijah. Na svetovni ravni so eden največjih taksonomskih rodov z več kot sto vrstami, ki rastejo predvsem na severni polobli. Bori spadajo med svetloljubne drevesne vrste in so prilagodljivi na različne ekološke razmere, vključno s temperaturo, vlago in tlemi. Živijo lahko tudi do 250 let. Bori so zimzeleni iglavci z značilnimi iglicami, ki lahko rastejo skupaj v parih (dvoigličasti), po tri (triigličasti) ali po pet (petigličasti). Storži (plodovi) dozori v drugem ali tretjem letu.

Črni bor (*Pinus nigra* L.) - Biologija in območje razširjenosti

Črni bor (*Pinus nigra* J.F. Arnold) je zimzeleni iglavec, ki izvira iz sredozemske regije in delov Evrope. Glede na geografsko razširjenost, dolžino in togost iglic lahko bore razdelimo na pet podvrst: podvrsta *P. nigra* J.F. Arnold subs *P. nigra* je razširjena v jugovzhodni Avstriji, severni Italiji, na Balkanskem polotoku, v Bolgariji, Romuniji in Turčiji v Evropi; *P. nigra* subsp. *Salzmannii* (Dunal) Franco je razširjena v jugozahodni Evropi, Franciji (Hérault, Pireneji), Španiji, Alžiriji in Maroku, podvrsto *P. nigra* subsp. *larico* (Poir.) Palib. Ex Maire najdemo v Franciji in Italiji; *P. nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco je razširjena na Hrvaškem; *P. nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe v Grčiji, na Cipru, v jugozahodni Bolgariji, jugovzhodni Severni Makedoniji, južni Albaniji in od Krima ob obali Črnega morja do Turčije (Gausen in sod., 1993; Farjon, 2017). Črni bor raste skupaj z rdečim borom (*Pinus sylvestris* L.), rušjem (*Pinus mugo* Turra), alepskim borom (*Pinus halepensis* Mill.), pinijo (*Pinus Pinea* L.) in muniko (*Pinus heldreichii* Christ (Burns in Honkala, 1990)).

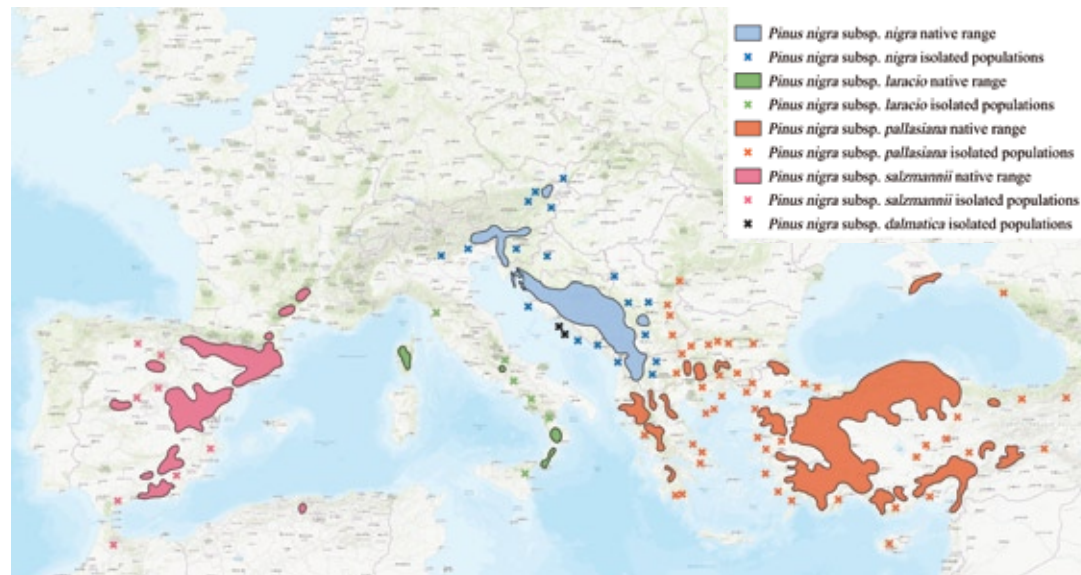
Črni bor običajno tvori čiste sestoje, najdemo pa ga tudi v mešanih sestojih skupaj z drugimi bori, zlasti z rdečim borom (Isajev in sod., 2004). Črni bor lahko zraste do višine 30 metrov (redko od 40 do 50 metrov). Mlada drevesa črnega bora so visoka in vitka, s starostjo pa postajajo bolj okrogla in v nekaterih primerih razvijejo tudi sploščeno krošnjo, ki ima obliko dežnika (Isajev in sod., 2004.). Skorja mladih osebkov je rjavkasto siva in luskasta, z odraščanjem dreves pa nastajajo razpoke in brazde. Zahodne vrste imajo svetle luske, vzhodne podvrste pa temnejše, skoraj črne žlebove. Pri starejših drevesih postanejo razpoke zelo globoke, luske pa veliko večje (Eckenwalder, 2009). Brsti so jajčasti, koničasti in smolnati. Igllice, ki rastejo v parih, so dolge od 8 do 15 (19) cm, debele od 1 do 2 mm, ravne ali ukrivljene in drobno nazobčane. Barva iglic je zelena, od blede do temno zelene, odvisno od provenience, na vsaki strani pa imajo od 12 do 24 vrst listnih rež. Na drevesu ostanejo od 3 do 4 (8) let (Willis in sod., 1998).

Črni bor je enodomna vrsta. Razmnoževalno zrelost doseže pri starosti od 15 do 20 let. Moške mačice so svetlo rumene barve, valjaste oblike in imajo kratke peclje, ženska socvetja pa so svetlo rdeče do vijolične barve, majhna in imajo kratke peclje ali pa so brez njih. Črni bor je anemofilen, opravevanje pa poteka od maja do junija, ko se sproščajo velike količine peloda. Po opravitvi se začnejo storži počasi razvijati. Zreli storži so sedeči in se razširjajo vodoravno, dolgi so od 4 do 8 (9) cm dolgi, široki pa od 2 do 4 cm. Storži dozori od septembra do novembra v drugi rastni sezoni in se spremenijo iz rumeno zelene v svetlečo rumeno rjavo do svetlo rjavo barvo. Odprejo se v tretjem letu po opravitvi. Storži vsebujejo od 30 do 40 semen, ki so siva, dolga od 5 do 7 mm, s krilcem, dolgim od 19 do 26



mm (Isajev in sod., 2004). Seme izpada od oktobra do novembra v drugi rastni sezoni. Semensko leto je na tri do pet let.

Sestoji črnega bora rastejo na nadmorskih višinah od 350 m do 2200 m, optimalni razpon nadmorske višine pa je med 800 in 1500 m (Praciak in sod., 2013). Raste lahko na različnih tleh, od podzola do apnenčaste podlage, kar je pogosto odvisno od regije in podnebja (Farjon in Filer, 2013). Črni bor lahko raste tako v zelo suhih kot tudi v vlažnih habitatih in zelo dobro prenaša temperaturna nihanja. Je svetloljuben in ne prenese sence, dobro pa prenaša veter, sušo in slana tla.



Slika 4.1.1. Območje razširjenosti črnega bora (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

Pinija - (*Pinus Pinea* L.) - Biologija in območje razširjenosti

Pinija (*Pinus Pinea* L.), znana tudi kot dežnikasti bor, je zimzelena iglavec, ki izvira iz sredozemske regije in je razširjen od Portugalske do Sirije ter po nekaterih obalnih območjih Črnega morja (Farjon in Filer, 2013). Prvotno naravno območje razširjenosti pinije je zaradi obsežnega gojenja in širjenja še od predrimskega obdobja težko določiti, zato je tudi težko razlikovati med avtohtonimi območji in tistimi, kjer je bila zasajena. Človek je zaradi gospodarskega pomena pinije pomembno vplival na njeno sedanjo geografsko in genetsko pestrost.

V Španiji, na Portugalskem, v Italiji in Turčiji pinijo pogosto gojijo za različne namene, kot so pridelava plodov in lesa, varstvo okolja in hortikultura. Uspešno so jo vnesli tudi v severno Afriko, Argentino in Južno Afriko (Bussotti, 1996).

Pinija je srednje veliko drevo, ki zraste do višine 25-30 metrov, premer debla pa lahko presega 2 metra. Krošnja je v mladosti glavičasta in grmičasta, pri srednji starosti dobi obliko dežnika, v zrelem obdobju pa postane ploska in široka. Deblo je pogosto kratko s številnimi navzgor obrnjenimi vejami, po katerih rastejo iglice skoraj do konca. Skorja ima kompleksno strukturo. Pri mladih drevesih je pepelnato siva in razpokana, pozneje pa postane rdečkasto rjava in ima globoke vzdolžne brazde med dolgimi sivimi in ploskimi luskastimi ploskvami. Brsti so dolgi približno 1 cm in imajo rjave luske. Igllice so svetlo zelene in rastejo v šopih po dve, povprečno so dolge od 8 do 15 cm ter imajo oster vrh in listne reže na vsaki strani. Na drevesu se obdržijo 2-3 leta. Pinija je enodomna vrsta. Razmnoževalna zrelost se pri drevesih, ki rastejo na prostem začne, ko so stara od 15 do 20 let, v gozdnih sestojih

pa, ko so stara približno od 20 do 30 let. Moške mačice z rumenim pelodom se nahajajo v skupinah ob spodnjem delu novih poganjkov, ženska socvetja pa so pokončna in dolga približno 2 cm. Pinija je anemofilna in opraševanje poteka od maja do junija, ko se sproščajo velike količine peloda. Do oploditve pride dve leti po oprašitvi, storži pa dozori v tretjem letu. Zreli storži, ki so dolgi od 8 do 14 cm, imajo široko jajčasto obliko, so sedeči in ločeni, ko pa se odprejo, ostanejo pritrjeni še več let. Semena so blede rjave barve, prekrita s črnim prahom, dolga so od 15 do 20 mm, so težka in imajo krilca, ki se preprosto ločijo in so neučinkovita pri širjenju z vetrom. Pri piniji se semenska leta pojavljajo precej neredno, obrod pa je lahko zelo različen (Eckenwalder, 2009; Johnson in More, 2006).

Pinija uspeva v širokem razponu podnebnih in talnih razmer v sredozemskem območju. V severnem Sredozemlju jo najdemo od obale morja do 500 - 600 m nadmorske višine, v vzhodnem Sredozemlju pa tudi do nadmorskih višin med 800 in 1400 m. Večinoma tvori čiste sestoje, ki se naravno obnavljajo s semeni. Sestoje lahko najdemo v toplem do srednje toplem delu sredozemskega podnebja ter v polvlažnih bioklimatskih razmerah, za katere so značilna vroča in suha poletja ter deževne in blage zime. Vrsta je svetloljubna in daje prednost kislim ali nevtralnim peščenim tlem, čeprav prenese tudi rahlo apnenčasta tla (Montero in sod., 2008).



Slika 4.1.2. Območje razširjenosti pinije (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

Obmorski bor (*Pinus pinaster* Aiton) - Biologija in območje razširjenosti

Pinus pinaster ali obmorski bor je široko razširjeno zimzeleno drevo, ki izvira iz južnoatlantske evropske regije in delov zahodnega Sredozemlja.

Je srednje veliko drevo, ki doseže višino od 20 do 35 m. Lubje je oranžnordeče barve, debelo in in ima globoke razpoke (Iravani in Zolfaghari, 2014). Igllice večinoma rastejo v parih (Idžojtić, 2009), dolge so do 25 cm in imajo modrozeleno do izrazito rumenzeleno barvo. Storži imajo jajčasto in stožčasto obliko, dolgi so od 10 do 20 cm in so na spodnjem delu v zaprtem stanju široki od 5 do 7 cm. Sprva so zelene barve, ko pa v 24 mesecih dozori, postane njihova barva bleščeče rjava. V naslednjih nekaj letih ali če jih segreje gozdni požar, se počasi odpirajo in sproščajo semena, ki so široka od 8 do 10 cm (Idžojtić, 2013).

Območje razširjenosti obmorskega bora je predvsem zahodno Sredozemlje in južna atlantska obala

Evrope. Pojavlja se na Iberskem polotoku, v južni Franciji, zahodni Italiji, na zahodnih sredozemskih otokih, v severnem Maroku, Alžiriji in Tuniziji. Zaradi umetnih nasadov in naturalizacije postaja vse bolj razširjen in dosega že jugozahodno francosko obalo, jadranske države in celo severno Evropo, vključno z Združenim kraljestvom in Belgijo (Jalas in Suominen, 1973; Critchfield in Little, 1966; Pereira, 2002; Farjon in Filer, 2013). Na sedanjo dokaj razdrobljeno razširjenost vrste sta vplivala dva glavna dejavnika: pretrganost naravnih rastišč in višina gorskih verig, ki izolirata celo bližnje populacije, ter velik vpliv človeka zaradi krčenja gozdov in sprememb v rabi tal (Alía in Martín, 2003). Kljub tem izzivom se ta vrsta še vedno pogosto sadi in goji v različnih državah, tako znotraj kot zunaj njenega naravnega areala. Razprostira se od morske gladine v priobalnih nižinah do zmernih nadmorskih višin, do 1600 m na Iberskem polotoku in Korziki ter do približno 2000 m nadmorske višine v Maroku (Wahid in sod., 2006; Farjon, 2010). Ta višinski razpon kaže na prilagodljivost vrste na različne nadmorske višine in podnebne razmere. Naravno raste v toplih zmernih območjih z oceanskim podnebjem, zlasti v vlažnih in polvlažnih regijah z letnimi padavinami, ki presegajo 600 mm. Vendar lahko preživi tudi na območjih z le 400 mm letnih padavin, če je v zraku dovolj vlage. Ne prenaša sence in daje prednost silikatnim podlagam z grobo teksturo, zlasti peščenim tlom, sipinam in drugim revnim podlagam (Viñas in sod., 2016). V preglednici 4.1.1 je naveden seznam demonstracijskih ploskev za rod borov (*Pinus* spp.) v okviru projekta LIFE SySTEMiC.



Slika 4.1.3. Območje razširjenosti obmorskega bora (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

Preglednica 4.1.1 Seznam demonstracijskih ploskev za rod borov (*Pinus* spp.) v okviru projekta LIFE SySTEMiC.

Številka ploskve	Ime ploskve	Država	Vrsta	EFT*	Struktura	Gozdnogojitveni sistem
08	Terminaccio	Italija	<i>P. pinea</i>	10.1	Enodobna	Posek na golo in sadnja
9A	Fossacci	Italija	<i>P. pinea</i>	10.1	Enodobna	Posek na golo in sadnja
9B	Fossacci	Italija	<i>P. pinea</i>	10.1	Enodobna	Posek na golo in sadnja
9C	Fossacci	Italija	<i>P. pinea</i>	10.1	Enodobna	Posek na golo in sadnja
15	Zadar	Hrvaška	<i>P. pinea</i>	10.1	Enodobna	Posek na golo in sadnja
17	Klana	Hrvaška	<i>P. nigra</i>	3.3	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
18	Brač	Hrvaška	<i>P. nigra</i>	10.2	Enodobna	Skupinsko postopno gojenje
19	Pelješac	Hrvaška	<i>P. pinaster</i>	10.1	Enodobna	Skupinsko postopno gojenje
22	Mlake	Slovenija	<i>P. nigra</i>	14.1	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
31	Mljet	Hrvaška	<i>P. pinea</i>	10.1	Enodobna	Sistem zastornih sečenj

*EFT = evropski gozdni tipi: 3.3 Alpski gozd rdečega in črnega bora; 10.1 Sredozemski borov gozd; 10.2 Sredozemski in anatolski gozd črnega bora; 10.6 Sredozemski in anatolski gozd jelke; 14.1 Nasadi avtohtonih vrst.

4.2 Struktura gozda, odmrlo drevje in drevesni mikrohabitati

Davide Travaglini¹, Cesare Garosi¹, Francesco Parisi^{2,3}, Natalija Dovč⁴

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

² Università degli Studi del Molise, Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Italia

³ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italia

⁴ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Na devetih demonstracijskih ploskvah (slika 4.2.1) smo popisali strukturo gozda, odmrlo drevje in drevesne mikrohabitatske.

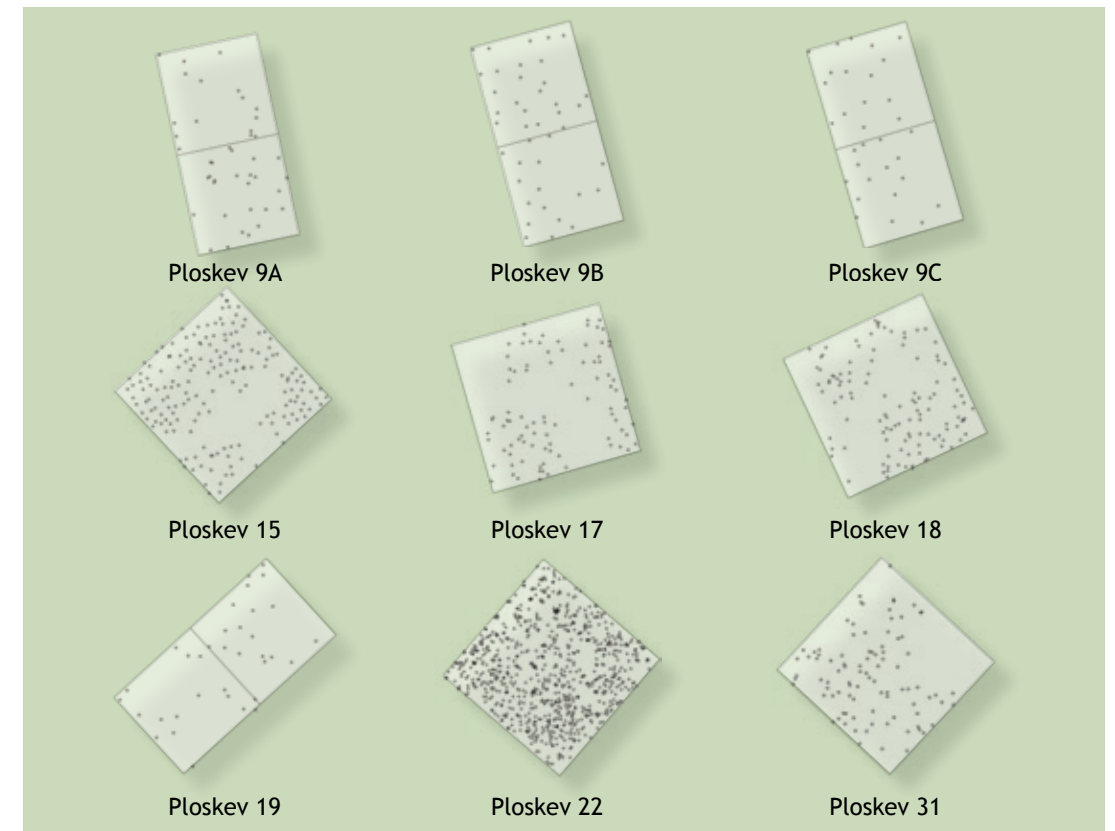
Na vsaki ploskvi je bilo izbrano območje z reprezentativno obliko gospodarjenja z gozdom. Ploskev je bila pravokotne oblike s skupno površino 2500 m², vsaka stranica pa je bila dolga 50 m. Če je bilo število dreves ciljne vrste (iz rodu borov (*Pinus* spp.), s premerom v prsni višini več kot 2,5 cm) manjše od 30, je bilo na demonstracijski ploskvi vzpostavljeno dodatno območje, dokler ni bilo doseženo število najmanj 30 dreves.

Podrobni protokoli za terenske raziskave in pripravo podatkov so na voljo na spletni strani projekta LIFE SySTEMiC: <https://www.lifesystemic.eu/>.

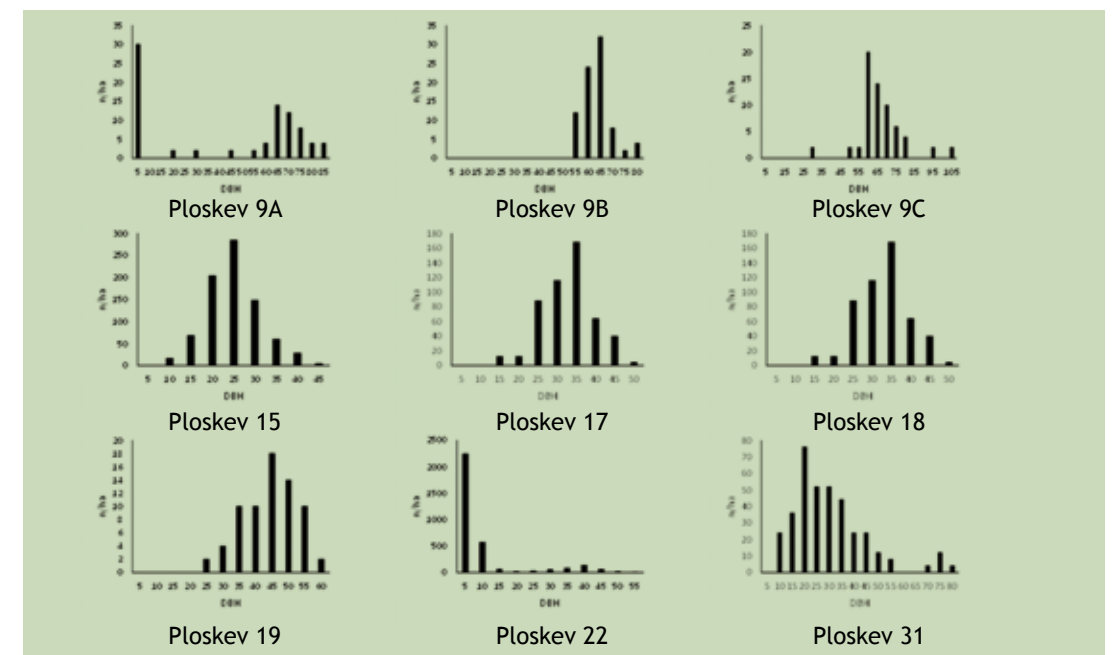
Figura 4.2.1. Demonstracijske ploskve za bore (*Pinus* spp.)

Pinija (*Pinus Pinea* L.) je bila prevladujoča drevesna vrsta (pokrovnost > 75 %) na ploskvah 9A, 9B, 9C in 15; na ploskvi 31 je bila pinija pomešana z alepskim borom (*Pinus halepensis* Mill.) in drugimi sekundarnimi drevesnimi vrstami kot so vednozeleni ciprese (*Cupressus sempervirens* L.). Na ploskvah 17, 18 in 22 je prevladoval črni bor (*Pinus nigra* J.F. *Pinus nigra* J.F. Arnold). Na ploskvi 19 je bil čisti sestoj obmorskega bora (*Pinus pinaster* Aiton) po požaru.

Prostorska razporeditev dreves na demonstracijskih ploskvah je prikazana na sliki 4.2.2. Na sliki 4.2.3 je prikazana porazdelitev števila in premera dreves na vsaki ploskvi.



Slika 4.2.2. Prostorska razporeditev dreves na demonstracijskih ploskvah.



Slika 4.2.3. Porazdelitev števila in premera dreves na demonstracijskih ploskvah.

Parametri strukture gozda so navedeni v preglednici 4.2.1.

Pregledani sestoji pinije (9A, 9B, 9C, 15, 31) so bili v preteklosti gospodarjeni na golosečni način, temeljnica sestoja je znašala med 19 m²/ha in 41 m²/ha s povprečno vrednostjo 29 m²/ha, lesna zaloga sestoja pa med 277 m³/ha in 370 m³/ha s povprečno vrednostjo 322 m³/ha. Pestrost gozdne strukture, ki jo predstavljata koeficient variacije prsnega premera in koeficient variacije višin, je znašala 35,6 % oziroma 26,5 %.

Vsi sestoji črnega bora (ploskve 17, 18 in 22) so nastali z golosečnim gospodarjenjem. Temeljnica sestoja je znašala med 29 m²/ha in 51 m²/ha s povprečno vrednostjo 41 m²/ha, lesna zaloga pa med 171 m³/ha in 423 m³/ha s povprečno vrednostjo 322 m³/ha. Koeficient variacije prsnega premera in koeficient variacije višin sta bila 58,5 % oziroma 29,0 %.

Ploskev z obmorskim borom (19) je imela temeljnico 11 m²/ha in lesno zalogo 97 m³/ha.

Preglednica 4.2.1. Parametri strukture gozda na demonstracijskih ploskvah. N = število debel; BA = temeljnica; V = lesna zaloga; QMD = kvadrat srednjih vrednosti premera (premer drevesa s povprečno temeljnico); MH = povprečna višina (višina drevesa ob srednji temeljnici); DH = višina dominantnih dreves (povprečna višina 100 dreves na hektar z največjimi premeri v primeru enodobnih sestojev in povprečna višina treh najvišjih dreves na hektar v primeru raznodobnih sestojev); SDDBH= standardni odklon prsnega premera; SDH= standardni odklon višin dreves; CVDBH= koeficient variacije prsnega premera; CVH= koeficient variacije višin dreves.

Številka ploskve	N	BA	V	QMD	MH	DH	SDDBH	SDH	CVDBH	CVH
	n/ha	m ² /ha	m ³ /ha	cm	m	m	cm	m	%	%
9A	84	19.2	283.3	53.9	25.7	26.9	32.2	12.8	74.0	70.3
9B	82	26.1	365.7	63.7	26.6	26.4	5.9	3.2	9.3	12.0
9C	64	23.1	315.8	67.9	26.9	26.8	12.9	4.0	19.4	15.3
15	812	41.1	276.7	25.4	9.2	9.5	6.1	0.6	24.9	6.3
17	504	43.7	423.0	33.2	17.6	18.7	6.7	1.8	20.5	10.7
18	532	28.5	170.9	26.1	9.9	10.9	9.5	2.0	39.2	21.0
19	70	11.3	96.5	45.3	16.2	16.0	8.3	3.2	18.6	19.9
22	3256	51.3	372.5	14.2	14.7	23.3	10.7	5.3	115.9	55.4
31	372	33.6	369.7	33.9	14.1	16.4	15.2	3.6	50.3	28.7

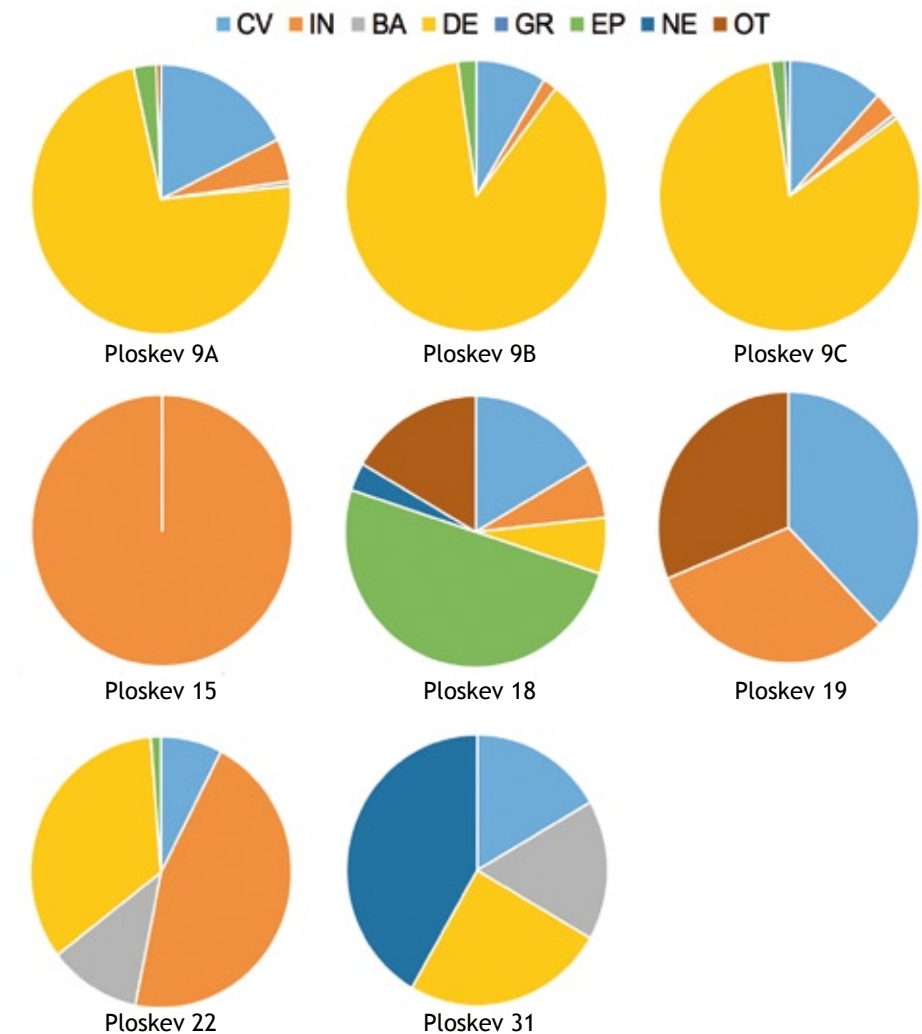
Preglednica 4.2.2. Volumen odmrlega lesa na demonstracijskih ploskvah.

Številka ploskve	Stoječa odmrila drevesa	Podrta odmrila drevesa	Drugi ležeči kosi odmrlega lesa	Panji	Skupaj
	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
9A	12.8	0.0	1.9	2.7	17.4
9B	0.0	0.0	1.6	4.8	6.4
9C	0.0	0.0	4.8	1.5	6.3
15	12.3	0.0	0.1	0.0	12.4
17	1.3	0.8	1.1	2.2	5.4
18	4.5	0.1	0.0	0.0	4.6
19	5.4	13.7	21.1	1.5	41.7
22	7.2	32.3	9.5	2.9	51.8
31	5.0	9.7	3.2	1.6	19.5

Količina odmrlega lesa je za vsako ploskev navedena v preglednici 4.2.2. V sestojih pinije (ploskve 9A, 9B, 9C, 15 in 31) je bil skupni volumen odmrlega lesa od 6 m³/ha do 20 m³/ha, pri čemer je bila povprečna vrednost 12 m³/ha in so jo večinoma sestavljali stoječe odmrlo drevje (49 %), drugi ležeči kosi odmrlega lesa (19 %), panji (17 %) in podrta odmrila drevesa (16 %).

V sestojih črnega bora (ploskve 17, 18 in 22) je bil povprečni volumen odmrlega lesa 21 m³/ha. Na ploskvi z obmorskim borom (19) je volumen odmrlega lesa znašal 42 m³/ha.

Pogostost drevesnih mikrohabitata na vsaki ploskvi, ki je predstavljena kot odstotek različnih vrst drevesnih mikrohabitata, je prikazana na sliki 4.2.4. Najpogostejša oblika drevesnih mikrohabitata v sestojih pinije je bil odmrli les, zlasti na ploskvah 9A, 9B in 9C. V sestojih črnega bora so bili pogosti odmrli les, epifiti (ploskev 18) ter poškodbe in rane (ploskev 22). Na ploskvi sestoja obmorskega bora so bili dupline, poškodbe in rane ter druge oblike mikrohabitata skoraj enako zastopani (ploskev 19).



Slika 4.2.4. Drevesni mikrohabitati na ploskvah (odstotek različnih vrst drevesnih mikrohabitata) (CV = dupline; IN = poškodbe in rane; BA = skorja; DE = odmrli les; GR = deformacije/oblike rasti; EP = epifiti; NE = gnezda; OT = drugo).



Slika 4.2.5. Odmrlo drevo na demonstracijski ploskvi 9A.

Slika 4.2.6. Naravna obnova pinije (*Pinus Pinea* L.) na demonstracijski ploskvi 9B.

4.3 Krajinska genomika

Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,2}, Marko Bajc³, Katja Kavčič Sonnenschein³, Donatella Paffetti¹

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

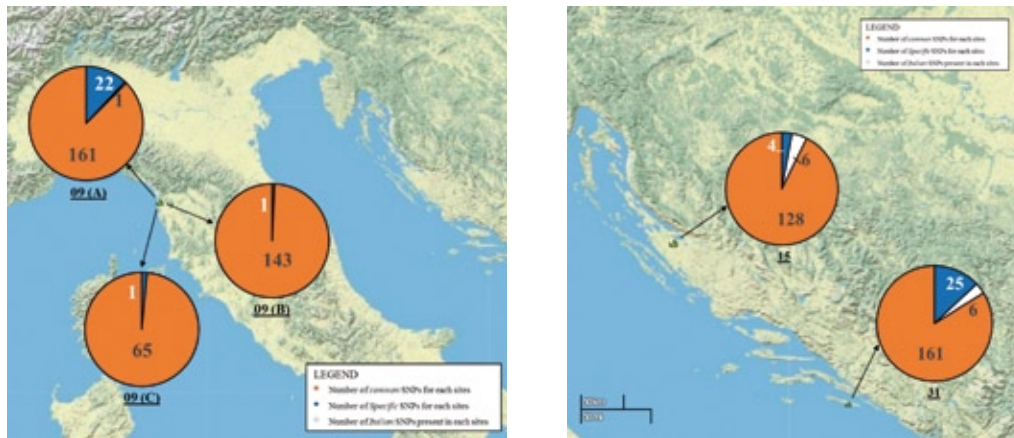
² Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

³ Gozdarski inštitut Slovenija (GIS), Slovenija

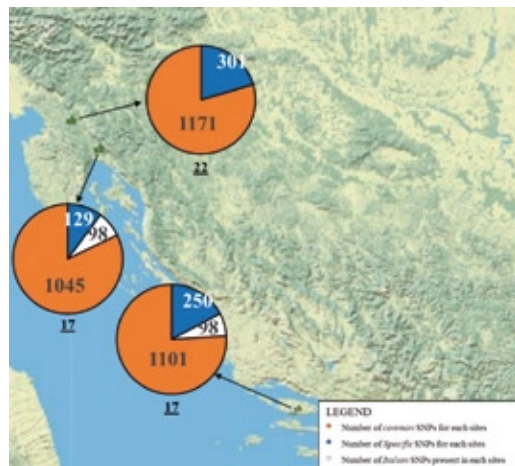
Rod *Pinus* spp. L. vključuje več kot 100 vrst, od katerih jih veliko zagotavlja pomembne ekosistemske storitve na severni polobli, pomembna pa je tudi proizvodnja lesa. Pinija (*Pinus Pinea* L.) ima kljub svoji široki razširjenosti zelo majhno genetsko variabilnost glede na različne markerje (Pinzauti in sod., 2012), vendar kaže veliko fenotipsko plastičnost (Chambel in sod., 2007; Carrasquinho in Gonçalves, 2013). V nasprotju s tem pa ima črni bor (*Pinus nigra* J.F. Arnold) razdrobljen vzorec razširjenosti in ga najdemo od severne Afrike do severnega Sredozemlja ter vzhodno do Črnega morja in Krima (Eckert in Hall, 2006; Gausson in sod., 1964; Scotti-Saintagne in sod., 2019). Za razliko od pinije ima črni bor veliko genetsko pestrost znotraj populacij in nizko pestrost med njimi (Fady in Conord, 2010; Scotti-Saintagne in sod., 2019), kar pripisujejo zgodovinsko visokemu pretoku genov na dolge razdalje (Kremer in sod., 2012; Scotti-Saintagne in sod., 2019). Genetska pestrost populacij bi lahko bila ključna za blažitev učinkov podnebnih sprememb (Mosca in sod., 2012) in omogočanje prilagajanja z izbiro potencialno koristnih alelov, ki so prisotni v populacijah (Barret in sod., 2008).

Razumevanje dinamike in mehanizmov prilagajanja pri naravnih populacijah je podlaga za napovedovanje odzivov na okoljske spremembe, vključno s tistimi, ki so povezane z globalnimi podnebnimi spremembami. Med prilagajanjem se spreminjajo frekvence alelov, ki vplivajo na povprečni fitness populacij v določenih okoljih (Lefèvre in sod., 2014). Zato je razumevanje odnosa med genomi in prilagoditvenimi fenotipskimi značilnostmi ter tega, kako okolje vpliva nanje, lahko bistvenega pomena za napovedovanje prihodnosti drevesnih vrst, ki se spopadajo s podnebnimi spremembami (Babst in sod., 2019; Alberto in sod., 2013).

V tem kontekstu je krajinska genomika prilagodljiv analitični okvir za razumevanje interakcij med okoljsko heterogenostjo in prilagoditveno genetsko pestrostjo v naravnih populacijah (Balkenhol in sod., 2016). Pri analizi nevtralne in prilagoditvene genetske pestrosti smo ravno s pomočjo krajinske genomike raziskovali vzorce prilagajanja populacij na lokalno okolje. Za nalaizo prilagoditvene genetske pestrosti smo uporabili polimorfizme posameznih nukleotidov (SNP) in jih povezali z bioklimatskimi kazalniki. Nukleotidni mikrosatelitni markerji (nSSR) so bili analizirani kot merilo nevtralne genetske variabilnosti in strukture preučevanih populacij (slika 4.3.1 in 4.3.2). Pri ponovnem ciljnem sekvenciranju pinije je bilo v 28 genomskih regijah, povezanih z odzivom na enega ali stresorjev, ugotovljenih približno 500 SNP-jev (rezultati so navedeni v dokumentu akcije B1: SNP road-map of each study site). Poleg tega smo raziskovali razširjenost teh SNP-jev na ravni populacij in izdelali zemljevid, da bi opazovali njihovo prostorsko razporeditev med vsemi analiziranimi populacijami (slika 4.3.1).



Slika 4.3.1. Na sliki je prikazan zemljevid razporeditve SNP-jev za pinijo na ploskvah v Italiji (A) ter na Hrvaškem in v Sloveniji (B), vzpostavljenih v okviru projekta LIFE SySTEMiC. V legendi so prikazane vrste podatkov, ki so označene z različnimi barvami. Barve predstavljajo naslednje podskupine SNP-jev: Sklop SNP-jev, prisotnih na posamezni ploskvi, ki so skupni vsaj dvema preučevanima ploskvama (oranžna); število edinstvenih SNP-jev, ki so značilni za to ploskev (modra), in število SNP-jev, prisotnih na posamezni ploskvi, ki so značilni za državo izvora (bela). Pod vsakim grafom je prikazana identifikacijska številka ustrezne ploskve (zapisana je s krepko pisavo in podčrtana).



Slika 4.3.2. Na sliki je prikazan zemljevid razporeditve SNP-jev za črni bor na ploskvah, vzpostavljenih v okviru projekta LIFE SySTEMiC. V legendi so prikazane vrste podatkov, ki so označene z različnimi barvami. Barve predstavljajo naslednje podskupine SNP-jev: sklop SNP-jev, prisotnih na tej ploskvi, ki so skupni vsaj dvema preučevanima ploskvama (oranžna); število edinstvenih SNP-jev, ki so značilni za to ploskev (bela), in število SNP-jev, prisotnih na tej ploskvi, ki so značilni za posamezno regijo (Italija vs. Slovenija in Hrvaška skupaj, modra). Pod vsakim grafom je prikazana identifikacijska številka ustrezne ploskve (zapisana je s krepko pisavo in podčrtana).

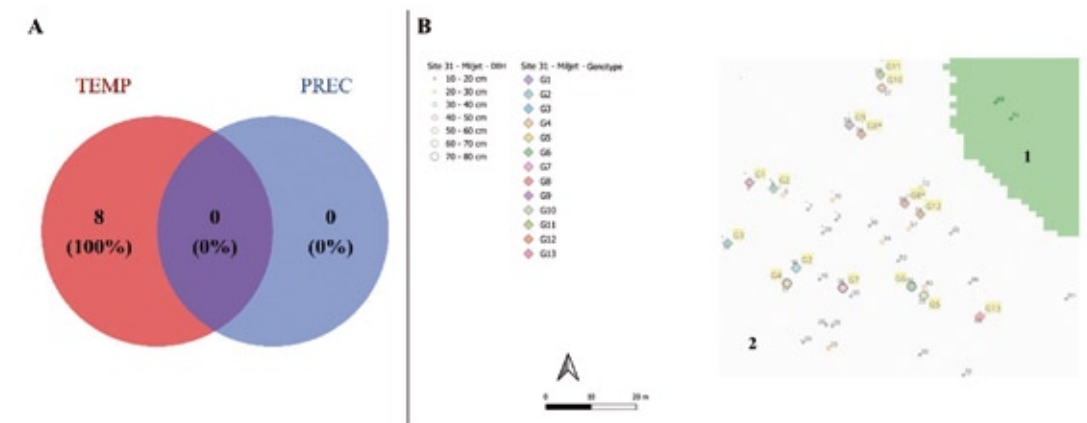
Kot je navedeno v literaturi (Pinzauti in sod., 2012), je za pinijo značilna majhna genetska pestrost. Na sliki 4.3.1. je mogoče opaziti majhno število SNP-jev, značilnih za posamezno ploskev in državo, za vse preučevane ploskve z borom. Vendar pa je zanimivo, da je na ploskvah 09 (Fossacci) in 31 (Miljet) prisotno večje število SNP-jev, specifičnih za posamezno ploskev. Vse analizirane ploskve se nahajajo v bioklimatski regiji, za katero so značilne mediteranske podnebne razmere.

Opazovani nabor SNP-jev, značilnih za posamezno ploskev, je mogoče pojasniti kot znak prilagoditve na bioklimatski režim sredozemske regije.

Pri ponovnem ciljnim sekvenciranju črnega bora je bilo v 21 genomskih regijah, povezanih z odzivom na enega ali več abiotičnih stresov, ugotovljenih približno 2000 SNP-jev (rezultati so navedeni v dokumentu akcije B1: SNP road-map of each study site). Kot je prikazano na sliki 4.3.2, smo za vsako ciljno vrsto izdelali zemljevid, da bi opazovali njeno prostorsko razporeditev med vsemi analiziranimi populacijami.

Za razliko od pinije ima črni bor veliko genetsko pestrost znotraj populacij in nizko med njimi (Fady in Conord, 2010; Scotti-Saintagne in sod., 2019). Na sliki 4.3.2. je mogoče opaziti veliko število SNP-jev, značilnih za posamezno ploskev in državo, za vse preučevane ploskve z borom. Kljub različnim bioklimatskim regijam vsake analizirane ploskve bi lahko veliko število SNP-jev, značilnih za posamezno ploskev, pojasnili kot znak prilagoditve na lokalno okolje.

Analizo lokalnih prilagoditev naravnih populacij smo izvedli v več analitičnih korakih (Blanquart in sod., 2013). Za vsako ploskev smo iz literature (Flint in sod., 2013; Gugger in sod., 2016, 2021; Pluess in sod., 2016) najprej izbrali dvanajst bioklimatskih kazalnikov. Potem smo opravili analize GEA (analizo asociacij med okoljem in genomi) na dveh ravneh: globalno analizo in analizo za posamezno ploskev. Globalna analiza nam je omogočila odkriti možne vzorce prilagoditve bioklimatskim razmeram, ki so značilni za območje razširjenosti rodu *Pinus* spp. Rezultati analize so pokazali obstoj treh različnih skupin za pinijo in štirih skupin za črni bor v Italiji, na Hrvaškem in v Sloveniji. Še bolj zanimiva pa je bila ugotovitev, da obstaja povezava med nekaterimi alelnimi različicami in povprečnimi vrednostmi 12 bioklimatskih kazalnikov, ki smo jih upoštevali v teh analizah: 39 SNP-jev za pinijo in 14 za črni bor (kot je navedeno v dokumentu Rezultati akcije B1: Production of maps of spatial distribution of genetic diversity and of correlation between allele distribution and environmental variation). Prisotnost teh povezav bi lahko razlagali kot genotip osnovne prilagoditve rodu *Pinus* spp pri njegovem širjenju na srednjeevropskem območju. Posebej zanimivo je bilo odkritje nekaterih različic alelov, povezanih s posamezno ploskvijo. Prisotnost teh različic alelov bi lahko bila povezana z lokalnim in ne regionalnim vzorcem prilagoditve. Pri analizi povezave z okoljem (EAA) je pomembno upoštevati nevtravno genetsko strukturo (Rellstab in sod., 2015), saj ta lahko ustvari vzorce, ki so enaki tistim, ki jih pričakujemo pri procesih, ki niso nevtralni (Excoffier in Ray, 2008; Excoffier in sod., 2009; Silanpää 2011). Poleg tega smo za analizo genetske strukture populacij uporabili dva različna pristopa: Bayesovo razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme STRUCTURE (Pritchard in sod., 2000) in Bayesovo prostorsko razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme GENELAND. Za pinijo smo na vsaki ploskvi odkrili majhno do zmerno število povezanih alelnih različic. Ugotovili smo, da je na ploskvi 09 - Fossacci večje število SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki (20 SNP-ji). Za prilagoditev je pomembna prisotnost tistih alelnih različic, ki so povezane z bioklimatskimi kazalniki, najbolj značilnimi za lokalno okolje. Kljub največjemu številu povezanih SNP-jev, o katerih so poročali za ploskev 09, je prostorska genetska struktura poenostavljena (1 skupina, rezultati so navedeni v dokumentu akcije B1: Production of maps of spatial distribution of genetic diversity and of correlation between allele distribution and environmental variation). Namesto tega smo, kot je prikazano na sliki 4.3.3, opazili manj poenostavljeno prostorsko genetsko strukturo in veliko število povezanih SNP-jev na ploskvi 31 - Miljet.

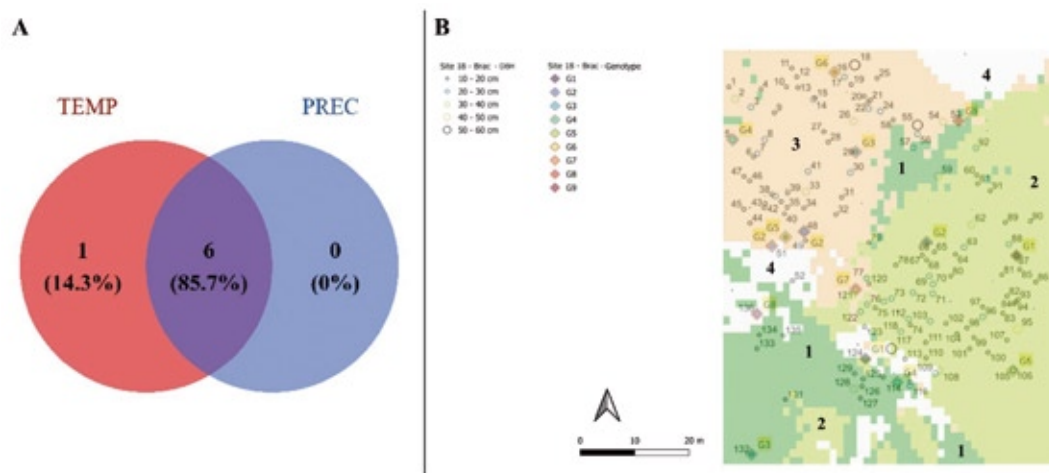


Slika 4.3.3. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 31 -Miljet. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v po-

vezavi s temperaturo in s padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 3 skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Na podlagi dobljenih rezultatov je mogoče domnevati, da bi spodbujanje naravne obnove pri piniji lahko prineslo dobre rezultate v smislu genetske pestrosti in prilagajanja populacij na prihodnje podnebne spremembe. Prisotnost velikega števila SNP-jev, povezanih s prilagajanjem na bioklimatske kazalnike na teh ploskvah, bi lahko bila povezana z nevtralno genetsko strukturo, ki jo je mogoče opaziti na teh ploskvah (Aravanopoulos, 2018; Paffetti in sod., 2012; Stiers in sod., 2018).

Pri črnem boru je bilo ugotovljeno povsem drugačno stanje. Če primerjamo gospodarjene in negospodarjene ploskve, smo opazili splošno kompleksno prostorsko genetsko strukturo z manjšim številom koreliranih SNP-jev. Najvišje vrednosti adaptivne genetske pestrosti sta imeli ploskvi 18 - Brač (slika 4.3.4) in 22 - Mlake.



Slika 4.3.4. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskve 18 -Brač. (A) Na Venovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNP-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 4 skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Pomembna je prisotnost tistih alelnih različic, ki so povezane z bioklimatskimi kazalniki, najbolj značilnimi za lokalno okolje. Ugotovili smo, da so imele gospodarjene ploskve največje število SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki.

Na podlagi dobljenih rezultatov je mogoče domnevati, da bi spodbujanje naravne obnove pri črnem boru lahko prineslo dobre rezultate v smislu genetske pestrosti in prilagajanja populacij na prihodnje podnebne spremembe. Zdi se, da pri načinih gospodarjenja nižje intenzitete, kot je npr. prebiralno gospodarjenje, poročajo o populacijah z velikim številom alelnih različic, povezanih z odzivom na okoljske spremenljivke. Namesto tega so za negospodarjene sestoje poročali o poenostavljeni prostorski genetski strukturi in majhnem številu povezanih SNP-jev. Rezultati te študije bi lahko imeli pomembno vlogo pri načrtovanju gozdnogojitvenih ukrepov, saj je poznavanje genetske variabilnosti s prilagoditvenega vidika v veliko pomoč pri sprejemanju odločitev. To je pomembno za ohranitev trenutnih gozdnih genetskih virov (GGV), pa tudi za obogatitev obstoječih sestojev s potencialno ugodnimi genotipi.

4.4 Model GenBioSilvi

Roberta Ferrante^{1,2}, Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,3}, Davide Travaglini¹, Katja Kavčič Sonnenschein⁴, Donatella Paffetti¹

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy

² NBFC, National Biodiversity Future Center, Italia

³ Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

⁴ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Pomen vseh vrst v gozdnih ekosistemih je neprecenljiv. Vsaka vrsta, od gliv, malih sesalcev do nevretenčarjev ima ključno vlogo pri ohranjanju produktivnosti gozda in delovanju ekosistema. Ohranjanje biotske raznovrstnosti gozdov je bistvenega pomena za ohranjanje ekoloških procesov, kot so razkroj, kroženje hranil in hidrološki cikli, sukcesija in naravna obnova, kar spodbuja stabilnost ekosistema. Za zagotavljanje kakovostne biotske raznovrstnosti je ključnega pomena zaščititi ali okrepiti zapletene vzorce in procese, ki spodbujajo heterogenost v gozdnih ekosistemih (Spanos in sod., 2007). Do izgube biotske raznovrstnosti prihaja na lokalni, regionalni, nacionalni in svetovni ravni (Fussi in sod., 2016). Na ta upad vplivajo predvsem človekove dejavnosti in podnebne spremembe, zlasti prek dejavnikov, kot so uničevanje habitatov, zmanjševanje populacij vrst, prekomerno izkoriščanje virov, vnos invazivnih vrst in povečevanje števila izrednih vremenskih dogodkov (Hoban in sod., 2020).

Ohranjanje biotske raznovrstnosti je eden glavnih ciljev trajnostnega gozdarstva. V zvezi s tem smo razvili napovedni model za trajnostno gospodarjenje z gozdovi. Cilj projekta LIFE SySTEMiC je bil razvoj genetskih in sestojnih kazalnikov v različnih evropskih gozdnih tipih (EFT) za uporabo v napovednem modelu za trajnostno gospodarjenje z gozdovi - GenBioSilvi.

Ta model je zasnovan tako, da vključuje več kazalnikov, vključno z genetsko pestrostjo, strukturo gozda, odmrlim lesom, pestrostjo tal in zastopanostjo drevesnih mikrohabitatov. Ti kazalniki so se izračunali za vse drevesne vrste, ki so bile vključene v projekt. V tem poglavju se bomo posebej osredotočili na bore, rod *Pinus* spp. Cilj modela GenBioSilvi je, da z združevanjem teh raznolikih kazalnikov zagotovi celovito orodje za trajnostno gospodarjenje z gozdovi, ki podpira gozdne ekosisteme in njihovo prilagajanje na podnebne spremembe.

Številne študije so pokazale, da ima vrsta pinija (*Pinus Pinea* L.) v primerjavi z drugimi vrstami iglavcev bistveno manjšo genetsko pestrost (Vendramin in sod., 2008, Carrasquinho in sod., 2013, Sáez-Laguna in sod., 2014, Mutke in sod., 2019). Ta zmanjšana genetska pestrost je deloma posledica preteklih populacijskih ozkih grl in omejenega pretoka genov, pa tudi klonskega razmnoževanja vrste in neenaomerne razširjenosti v sredozemski regiji. Kljub majhni genetski pestrosti ima pinija visoko fenotipsko plastičnost, ki ji omogoča, da se z mehanizmi, kot so epigenetske spremembe, prilagaja različnim okoljskim razmeram. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko domnevamo, da je genetska pestrost na vseh ploskvah majhna, vendar ne moremo sklepati, da obstaja velika genetska raznolikost med posameznimi ploskvami, čeprav se razlikujejo po tipu gospodarjenja. V tem projektu smo preučevali tri načine gospodarjenja (golosečni način s sadnjo, skupinsko postopno in prebiralno gospodarjenje). Z analizo vzorca razširjenosti genetske pestrosti na podlagi podatkov SSR smo ugotovili, da je za vse ploskve značilna poenostavljena prostorska genetska struktura (ena ali dve skupini). To je mogoče pripisati majhni genetski pestrosti, ki je značilna za pinijo, kot je navedeno v literaturi.

Kljub nizki genetski pestrosti, ki je bila ugotovljena z rezultati analize porazdelitve podatkov na podlagi SSR, ki so navedeni v dokumentu Rezultati akcije B2 za model GenBioSilvi, se je pokazalo, da lahko z opazovanjem SNP-jev v kandidatnih genih za odziv na abiotski stres potrdimo veliko genetsko pestrost. Zlasti na ploskvi 09 - Fossacci so bile ugotovljene najvišje vrednosti adaptivne genetske pestrosti.

Pomembna je prisotnost tistih alelnih različic, ki so povezane z bioklimatskimi kazalniki, najbolj zna-

čilnimi za lokalno okolje. Ugotovili smo, da je na ploskvi 09 - Fossacci večje število SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki.

Na podlagi dobljenih rezultatov je mogoče domnevati, da bi spodbujanje naravne obnove pri piniji lahko prineslo dobre rezultate v smislu ohranjanja genetske pestrosti in prilagajanja populacij na prihodnje okoljske spremembe.

Struktura sestojev je ključni element pri ocenjevanju ekoloških funkcij in ekosistemskih storitev v gozdovih. Za opis biotske raznovrstnosti smo upoštevali dendrometrične podatke, da bi določili strukturo gozdov na analiziranih ploskvah. Na podlagi teh podatkov lahko domnevamo, da je nabolj ustrezna struktura gozda večslojna raznodobna, v katerem je prisotno naravno mladje. To povezavo med genetsko pestrostjo in strukturo gozda smo ugotovili na vseh ploskvah kjer poteka gospodarjenje z gozdom, razen na ploskvi 15 - Zadar. V analiziranem sestoji pinije poteka stalno naravno pomlajevanje pod dokaj močnim sklepom odraslih dreves. Večslojna raznodobna populacija spodbuja pojav mladja, saj prihaja do vrzeli v krošnjah, ki ustvarjajo idealne pogoje za naravno obnovo. Poleg tega večslojni sestoj povečuje verjetnost sporadičnega pojavljanja drugih vrst. Večslojni sestoj omogoča tudi visoko stopnjo razprševanja peloda, kar spodbuja genetsko pestrost. Odmrl les ima ključno funkcionalno vlogo, na primer pri kroženju hranil in kot ponor ogljika. Prisotnost odmrlega lesa lahko spodbuja kalitev in razvoj sadik drevesnih vrst, saj je lahko podlaga za razvoj mladja in s tem prispeva k obnovi gozda. Kar zadeva količino odmrlega lesa, je bilo najbolj ugodno stanje ugotovljeno na ploskvah, kjer se ne gospodari. Tudi na ploskvi 09 - Fossacci je bila ugotovljena večja količina odmrlega lesa. V preteklosti so bili ostanki odmrlega lesa pri gospodarjenju z gozdovi zaradi varstva gozdov (širjenje patogenih organizmov, nevarnost požarov) nemudoma odstranjeni in so bili sinonim za slabo gospodarjenje. Odmrl les je pomemben mikrohabitat za razvoj in ohranjanje vrst, pomembnih za gozdni ekosistem. Poleg odmrlega lesa smo opazili tudi druge kazalnike, povezane s saproksilnimi mikrohabitati. Pogostost epiksilnih mikrohabitata je v vseh opazovanih populacijah nižja od saproksilnih. Epiksilni mikrohabitati se uporabljajo kot indikatorji za oceno stanja ekosistema. Prisotnost drevesnih mikrohabitata je pomemben vir biotske raznovrstnosti. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da načini gospodarjenja, ki omogočajo razvoj kompleksne gozdne strukture, značilne za raznodobne in večslojne sestoj, povečujejo verjetnost, da bomo lahko opazili različne oblike drevesnih mikrohabitata.

Črni bor (*Pinus nigra* J.F. Arnold) se pogosto uporablja za sajenje na območjih z neugodno podlago in težavnimi podnebnimi razmerami (Dias in sod., 2020). Na podlagi rezultatov, o katerih so poročali v dokumentu Rezultati aktivnosti B2 - model GenBioSilvi lahko domnevamo, da je genetska pestrost na vseh ploskvah velika, vendar ne moremo sklepati, da obstaja velika genetska raznolikost med posameznimi ploskvami, čeprav se razlikujejo po načinih gospodarjenja. V tem projektu smo preučevali vpliv prebiralnega gospodarjenja in vpliv prepuščanja gozda naravnemu razvoju (brez gospodarjenja). Z analizo vzorca razširjenosti genetske pestrosti na podlagi podatkov SSR smo ugotovili, da ima ploskev, kjer se ne gospodari z gozdom, poenostavljeno prostorsko genetsko strukturo (dve skupini). To je mogoče pripisati odsotnosti gospodarjenja, ki vpliva na možnost obnove. Poleg tega smo z opazovanjem SNP-jev v kandidatnih genih glede odziva na abiotični stres opazili veliko genetsko pestrost. Zlasti na ploskvi 22 - Mlake so bile ugotovljene najvišje vrednosti adaptivne genetske pestrosti. Pomembna je prisotnost tistih alelnih različic, ki so povezane z bioklimatskimi kazalniki, najbolj značilnimi za lokalno okolje. Ugotovili smo, da so imele gospodarjene ploskve največje število SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki. Na podlagi dobljenih rezultatov je mogoče domnevati, da bi spodbujanje naravne obnove pri črnem boru lahko prineslo dobre rezultate v smislu genetske pestrosti in prilagajanja populacij na prihodnje okoljske spremembe. Analizirane ploskve imajo zvonasto porazdelitev razredov prsnega premera in vertikalno enoslojno do dvoslojno strukturo, na katerih ni mladja ciljnih vrst. Na vseh ploskvah je opazno tudi mladje spremljajočih drevesnih vrst, predvsem trdih listavcev. Te značilnosti so bile opažene na vseh preučevanih lokacijah. Kar zadeva količino odmrlega lesa, je bilo najboljše stanje ugotovljeno na ploskvah kjer se ne gospodari. Ploskev 22 - Mlake je imela največjo količino odmrlega lesa med gospodarsjenimi ploskvami. Poleg odmrlega lesa smo opazili tudi druge kazalnike, povezane s saproksilnimi mikrohabitati. Na gospodarjenih ploskvah smo opazili dva različna scenarija: na ploskvi 22 - Mlake je bila pogostost epiksilnih mikrohabitata manjša od pogostosti saproksilnih mikrohabitata, na ploskvi 18 - Brač pa je bila pogostost saproksilnih mikrohabitata manjša od pogostosti epiksilnih mikrohabitata. Epiksilni mikrohabitati se uporabljajo kot indikatorji za oceno stanja ekosistema. Pri-

sotnost teh drevesnih mikrohabitata je pomemben vir biotske raznovrstnosti. Na podlagi dobljenih rezultatov je mogoče ugotoviti, da se na ploskvi, kjer se pri gospodarjenju uporablja prebiralna sečnja, poveča verjetnost pojava različnih oblik drevesnih mikrohabitata. Lahko posplošimo, da so vse analizirane ploskve čisti sestoji črnega bora. Vendar je bilo na ploskvi 22 - Mlake ugotovljeno največje število primešanih drevesnih vrst z močnim naravnim mladjem. Črni bor je vrsta, ki pogosto nastopa v zmesi z drugimi vrstami, ki v istih razmerah kažejo podobno rastno dinamiko (črnika - *Quercus ilex* L., cer - *Quercus cerris* L., in alepski bor - *Pinus halapensis* Mill.).

Obrazec za črni bor in pinijo zaradi premajhnega števila ploskev ni bil izdelan. Zaradi te omejitve nismo mogli ustrezno predstaviti in razlikovati več scenarijev, kar je bistveno za celovito in natančno ugotavljanje biotske raznovrstnosti teh vrst.

Podobno so bile tudi pri analizi **obmorskega bora (*Pinus pinaster* Aiton)** uporabljene enake metodologije kot za črni bor in pinijo. Vendar je bilo zaradi omejenega števila razpoložljivih ploskev (po ena za vsako vrsto) težko pridobiti statistično pomembne rezultate.

4.5 Smernice za trajnostno gospodarjenje z borovimi gozdovi

Davide Travaglini¹, Francesca Logli², Miran Lanščak³

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

² Ente Parco Regionale Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli, Pisa, Italia

³ Croatian Forest Research Institute, Croatia

Pinija (*Pinus Pinea* L.)

Pinija (*Pinus Pinea* L.) je sredozemska vrsta, ki je razširjena od portugalske atlantske obale do obale Črnega morja in pobočij Libanonskega gorovja (Quézel in Médail, 2003). Najpomembnejša območja razširjenosti so v Španiji (470.000 ha), na Portugalskem (80.000 ha), v Turčiji (50.000 ha) in Italiji (46.000 ha). Več kot polovica tega območja je rezultat pogozdovanja (Martinez in sod., 2004).

V Italiji so gozdovi pinije že približno pet stoletij značilni za obalno pokrajino. V Toskani (osrednja Italija) je bil velik del te združbe zasajen za stabilizacijo obalnih peščenih tal po melioracijah, ki jih je v 16. stoletju začelo izvajati Medičejsko vojvodstvo, v 18. in 19. stoletju pa je z njimi nadaljevala družina Lorena. Od takrat so borovi gozdovi pomemben vir surovin, obenem pa opravljajo tudi druge vloge, ki prispevajo k družbeno-gospodarskemu razvoju obalnega območja in k dobrobiti prebivalcev. Borovi gozdovi so stabilizirali sipine in zaščitili kmetijska zemljišča pred morskimi vetrovi, zagotavljali lesne proizvode, kar se na nekaterih območjih še vedno nadaljuje v obliki predelave lesa v lesne sekance, proizvajali pinjole, ki so zelo cenjen proizvod v živilski industriji, njihova proizvodnja pa je v Italiji leta 1999 zašla v krizo zaradi pojava storžev listonožke (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann), podpirali so proizvodnjo drugih nelesnih proizvodov, kot sta terpentini in tartufi, ter nudili pašnike in zavetje ovcam in živini (Del Perugia in sod., 2017).

Obalni borovi gozdovi so pomemben habitat za ohranjanje rastlinskih in živalskih vrst, ki so pomembne z naravovarstvenega vidika, in so zato pogosto vključeni v območja mreže Natura 2000.

Te gozdne združbe so skozi stoletja in vse do danes opravljale zgodovinsko-kulturne, socialne in krajinske funkcije, ki postajajo vse pomembnejše, saj so prispevale k privabljanju intenzivnih turistično-rekreacijskih dejavnosti.

Funkcionalnost in obstojnost gozdov pinije pa ogrožajo tako biotske kot okoljske nesreče. Borove gozdove na obali ogroža erozija. Kjer je pojav intenziven, erozija najprej uničuje zaščitni pas obmorskega

bora, zaradi česar so potem krošnje pinij izpostavljene morskim vetrovom, ki jih izsušijo, potem pa začnejo propadati še sama drevesa. Zaradi erozije lahko pride tudi do pronicanja morske vode v tla in zasoljevanja plasti podtalnice, kar povzroča stres za borov gozd in drevesa v spodnjem sloju, zlasti na območjih med sipinami. Če melioracijski kanali niso učinkovito vzdrževani, ne morejo ustrezno uravnati odtoka vode, zato se lahko v deževnih obdobjih nabira stoječa voda, kar dodatno obremenjuje gozdna tla. Zaradi teh dejstev je sistem borovega gozda in sredozemske makije še posebej občutljiv na napade parazitov. Glavni fitopatogeni so sredozemski borov strženar (*Tomicus destruens* Woll), ki povzroča propadanje borovih gozdov, že omenjena storževa listonožka, ki je povzročila propad proizvodnje pinjol, tujerodn vrsta *Toumeyella parvicornis* (Garonna in sod., 2018) in gliva *Heterobasidion irregulare* Garbel. & Otrrosina, ki povzroča gnitje korenin pri borih (Gonthier in sod., 2015).

Sestoji pinije so med ekosistemi, ki so najbolj občutljivi na podnebne spremembe. Trenutno povečanje pogostosti suš v sredozemski regiji ima dokazano negativen vpliv na njihovo dolgoročno uspevanje (Mazza in Manetti, 2013; Piraino 2020; Mecherghi in sod., 2021). Poleg tega je še zlasti poleti velika nevarnost požarov ob obali.

Gozdni sestoji pinije so večinoma umetnega izvora in imajo običajno enodobno strukturo z obhodnjo od 80 do 120 let glede na rastišče. Tradicionalno gospodarjenje z enodobnim sestojem pinije temelji na golosečnji, ki se je izvajala do konca sedemdesetih let 20. stoletja (Calama in sod., 2017), nato pa jo je nadomestil sistem zastornega gospodarjenja, da bi dosegli sonaravni sistem naravne obnove teh sestojev (Pardos in sod., 2015; Calama in sod., 2017; Mecherghi in sod., 2021). V raznodobnih sestojnih zgradbah je precej razširjena tudi prebiralna sečnja (Barbeito in sod., 2008; Pique-Nicolau in sod., 2011).

V Italiji sistem gospodarjenja z gozdovi pinije še vedno temelji na golosečnji z umetno obnovo, ki omogoča optimalno proizvodnjo semen in/ali lesa. Danes velja, da ima ta sistem negativen vpliv na kakovost naravnega okolja in krajine ter je pogosto vzrok za konflikte, zlasti na zavarovanih območjih. To je eden od razlogov za pomanjkanje aktivnega gospodarjenja z obalnimi gozdovi pinije v zadnjih desetletjih, zaradi česar so lastniki in upravljalci gozdov zahtevali vzpostavitev novih gozdnogojitvenih modelov (Del Perugia in sod., 2017; Portoghesi in sod., 2022).

Na demonstracijski ploskvi 9 - Fossacci projekta LIFE SySTEMiC smo analizirali enodoben sestoj pinije, star 103 leta, s prisotnim naravnim mladjem (slika 4.5.1). Gostota mladja se je gibala med 362 dreves/ha na ploskvi C in 688 dreves/ha na ploskvi A. Večino mladja so predstavljale mlajše razvojne faze (mladje, gošča) na več kot 80 % vseh analiziranih površin, preostalo pa letvenjak (Travaglini in sod.,



Slika 4.5.1. Demonstracijska ploskev 9B, mladje pinije.

2022). Naši rezultati kažejo, da je naravna obnova sestojev pinije v parku San Rossore dosegljiv cilj, vendar je za to potrebno ustrezno gospodarjenje.

Calama in sod. (2013) so ugotovili, da so vsaj v začetnih fazah obnove pogoji za širjenje in kalitev semen ter vznik sadik pinije najugodnejši v srednje senčnih legah, tik pod območjem krošnje, čeprav je treba matična drevesa postopoma odstraniti, da se omogoči rast mladim pinijam, ko se njihove potrebe po svetlobi povečajo. Koncentracijo obnovitvenih jeder pod krošnjami ali v njihovi bližini je mogoče pojasniti tudi z omejeno sposobnostjo pinije za širjenje semen (Barbeito in sod., 2008).

Študije, ki so jih izvedli Manso in sod. (2014) in Calama in sod. (2017) poročajo, da so lahko prakse gospodarjenja z enodobnimi sestoji, ki se uporabljajo za sistem zastornega gospodarjenja, vzrok za neuspešno podporo mladju v sestojih pinije, zlasti zaradi nizke gostote sestoja in velikih vrzeli, ki nastajajo v obdobju obnove. Zaradi nezmožnosti širjenja semen v velikih vrzelih, ki nastanejo zaradi intenzivne sečnje, kjer pustijo samo nekaj semenjakov, in sekundarnih sečenj, so velika območja še leta po sečnji brez mladja.

Da bi zagotovili raztros semen v vrzeli, je treba na začetku pomladitvenih sečenj redčiti do gostote približno 125-150 dreves na ha, intenzivne sečnje (npr. intenzivni sistem zastornega gospodarjenja) pa je treba nadomestiti z bolj postopnimi in manj intenzivnimi sečnjami (Calama in sod., 2017). Hkrati bi bilo dobro nadzorovati gostoto vegetacije v spodnjem sloju (Ciancio in sod., 1986). Vendar bi bilo treba na lokacijah z bogatim in starejšim mladjem kot alternativo uporabiti prehod na raznomerno, raznodobno gospodarjenje s sistemom skupinskega prebiranja (Barbeito in sod., 2008; Ciancio in sod., 2009), kar spodbuja tudi pretok genov (Mecherghi in sod., 2021).

Črni bor (*Pinus nigra* J.F. Arnold)

Črni bor (*Pinus nigra* J.F. Arnold) lahko razdelimo na pet podvrst: *P. nigra* J.F. Arnold subs *P. nigra*, *P. nigra* subsp. *Salzmannii* (Dunal) Franco, *P. nigra* subsp. *larico* (Poir.) Palib. Ex Maire, *P. nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco, *P. nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.

Črni bor je pionirska in heliofilna vrsta, ki se zaradi svojih rastnih značilnosti uporablja pri projektih obnove gozda za zaščito tal.

Gojenje gozdov črnega bora v sredozemskih državah obsega vse od golosečnje in različnih vrst končnih sečenj (v pasovih ali zaplatah), zastornega in skupinsko postopnega gospodarjenja do prebiralnih sečenj.

Posek na golo, ki mu sledi obnova s sadnjo se običajno izvaja na 1-3 hektarjih. Sečnja v pasovih ali zaplatah z naravno obnovo se navadno izvaja na manjših površinah, naravno obnovo z naravno nasemenitvijo pa spodbuja sežiganje sečnih ostankov in priprava tal ob spravlilu lesa. Če naravna obnova ni uspešna, se uporabi sajenje sadik.

Pri zastornem ali skupinsko postopnem gospodarjenju poteka naravna obnova v zavetju in zaščiti odraslega sestoja.

V Kalabriji na jugu Italije se poslužujejo sistema skupinskega prebiranja majhnih skupin za črni bor, podvrsto *P. nigra* subsp. *larico* (Poir.) Palib. Ex Maire. Ta sistem je prispeval k ohranjanju čistih borovih sestojev s kompleksno raznodobno strukturo v zasebnih gozdovih (Ciancio in sod., 2006).

Na podlagi izkušenj iz projekta LIFE SySTEMiC so sistemi gospodarjenja z gozdovi, ki temeljijo na naravni obnovi bora najprimernejši za spodbujanje genetske pestrosti in prilagajanje gozdov na prihodnje spremembe okolja.

Pri obnovi gozdov, ki se izvaja za zaščito tal, se renaturalizacija uporablja kot sistem gojenja gozdov, ki spodbuja naravne evolucijske procese, saj se na tak način povečata kompleksnost in biotska raznovrstnost sestoja (Nocentini, 2006).

Obmorski bor (*Pinus pinaster* Aiton)

Obmorski bor (*Pinus pinaster* Aiton) je pionirska in svetloljubna vrsta, ki potrebuje veliko svetlobe in ima najraje silikatne podlage. V primerjavi s pinijo (*Pinus Pinea* L.) obmorski bor slabše prenaša sušo, saj ima plitvejši koreninski sistem. To je vrsta, ki zelo zgodaj rodi in se po požarih zlahka obnavlja.

Obmorski bor tvori čiste sestoje na rastiščih s tlemi slabše kakovosti, kjer ima lahko večslojno strukturo. Obnova sestojev obmorskega bora je povezana predvsem s ponavljajočimi se požari. Če po požaru pride do obilne obnove, nastanejo zelo gosti borovi gozdovi z enodobno strukturo.

Zaradi sušnega stresa je obmorski bor bolj dovzeten za poškodbe vrste žuželke *Matsucoccus feytaudi* Ducasse. Poleg omenjenega škodljivca so še ostale vrste, ki povzročajo škodo: glivi *Melaspore pinitorqua* in *Coronarum flaccidum*, vrsta borovega zavrtača - *Diorictria silvestrella* in pinijev sprevodni prelec - *Thaumetopoea pityocampa*.

Gozdovi obmorskega bora, v katerih se uporablja golosečni sistem gospodarjenja, se lahko obnovijo naravno ali umetno. Naravno obnovo je mogoče spodbuditi s sežiganjem ostankov, in storžev, kar posnema požare, na ta način je mogoče vzgojiti zelo gosto mladje. Umetna obnova lahko poteka s sadnjo sadik ali setvijo gensko izboljšanih semen. Pri zelo gostem mladju so potrebni zelo zgodnji negovalni ukrepi, npr. od 2 do 4 redčenja med 4. in 15. letom starosti. Temu sledi postopno redčenje, da ne bi osamili dreves, saj obstaja nevarnost za vetrolom. Golosečnja (v pasovih ali zaplatah) z naravno obnovo z naravno nasemenitvijo se izvaja na majhnih površinah.

Za naravno obnovo sestoja v zavetju odraslega sestoja se uporablja sistem skupinsko postopnega gospodarjenja. Sistem prebiralne izbire dreves se lahko uporablja v razmiku od 15 do 20 let, da se pridobijo enodobne in bolj kompleksne strukture.



5. TRAJNOSTNO GOSPODARJENJE S HRASTOVIMI GOZDOVI (dob (*Quercus robur* L.), puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.), črnika (*Quercus ilex* L.))

5.1 Uvod

Miran Lanščak; Anđelina Gavranović Markić; Sanja Bogunović; Zvonimir Vujnović, Barbara Škiljan, Mladen Ivanković

Croatian Forest Research Institute (CFRI), Croatia

Hrasti (*Quercus* spp.)

Hrasti so rod dreves in grmovnic iz družine bukovk (Fagaceae). Z ekološkega vidika so hrasti ključne vrste, ki jih najdemo na območjih od celinskih delov severne poloble prek sredozemskih polpuščav do subtropskih deževnih gozdov. Obstaja več kot 600 različnih vrst hrastov. Vse so enodomne, med njimi najdemo tako listopadne kot zimzelene vrste. Hrast simbolizira trdnost, moč in odpornost, zato ga pogosto imenujejo »kralj gozda«. Pogosto sta zanj značilni velikost in počasna rast. Hrastov plod je orešek, imenovan želod, ki je obdan s čašasto skledico, dozori v istem letu in vsebuje taninske kisline, ki ga ščitijo pred nekaterimi glivami in žuželkami.

Dob (*Quercus robur* L.) - Biologija in območje razširjenosti

Dob (*Quercus robur* L.) je ena najbolj razširjenih in dragocenih drevesnih vrst v Evropi, ki je imela v preteklosti pomembno gospodarsko, družbeno in ekološko vlogo (Morić in sod., 2018). Klepac (1996) ocenjuje, da je ekološki vpliv dobovih gozdov nekajkrat večji od njihovega gospodarskega vpliva, s posebnim poudarkom na njihovih protierozijskih in hidroloških regulacijskih funkcijah.

Posamezna drevesa doba lahko živijo več kot 1.000 let. Taka drevesa običajno zrastejo do višine od 30 do 40 (tudi do 50) metrov in v premeru merijo do 2,5 metra. Zanje je značilna široka, pogosto nepravilna, vendar dobro razvejana krošnja. Pri mladem drevesu je lubje gladko, pozneje pa postane vzdolžno razpokano z globljimi in plitvejšimi prečnimi razpokami. Koreninski sistem ima dobro razvito glavno korenino, ki prodre več metrov globoko v tla, stranske korenine pa se širijovstran.

Brsti so pokriti s spiralno razporejenimi svetlo rjavimi luskami, terminalni brst pa obdaja več manjših stranskih brstov. Listne ploskve so na 2-10 mm dolgih listnih pecljih in merijo od 8 do 15 (do 20) cm v dolžino in od 3 do 10 cm v širino. Listno dno je lahko asimetrično, zaobljeno ali uhato. Moški cvetovi so v 2-5 cm dolgih mačicah, ženski cvetovi pa so posamični ali v skupinah do pet. Želod, plod hrasta, ima vzdolžne črte, je svetlo rjav ali rumenkast in meri od 1,5 do 5 cm v dolžino ter 0,7 do 2,7 cm v širino (Franjić in Škvorc, 2010).

Dob je enodomna listopadna drevesna vrsta. Je vetrocvetna in svetloljubna z zmernimi zahtevami po vlagi (mezofilna). Cveti aprila in maja, želod pa dozori in pade na tla septembra in oktobra, kar je glavni način razširjanja, različne ptice in sesalci pa pomagajo pri razširjanju semen na večje razdalje (Pasta in sod., 2016).

Dob raste po skoraj vsej Evropi, od Norveške in Švedske na severu do Iberskega, Apeninskega in Balkanskega polotoka ter Turčije na jugu (Pasta in sod., 2016), mogoče pa ga je najti celo na severu Škotske. Areal vrste sega tudi na Kavkaz in v Malo Azijo ter zajema območja severno in vzhodno od območja razširjenosti gradna. Tla, na katerih uspeva dob, so večinoma rodovitna ilovnata ali peščena, ki so običajno vlažna in imajo visoko raven podtalnice. Dob pogosto raste v združbah z gabrom in jesenom (Franjić in Škvorc, 2010). Dobro prenaša zimo, čeprav lahko pozne spomladanske pozebe močno poškodujejo mlade liste in posledično vplivajo na rast. Ker se hranila iz koreninskega sistema porabijo za razvoj novih listov, se pričakuje, da bo v letu z zmrzaljo obrod želoda bistveno manjši.

Hrast dob vpliva na regulacijo vode v tleh saj s transpiracijo vzdržuje ravnovesje vodnega nivoja in preprečuje zastajanje vode.





Slika 5.1.1. Območje razširjenosti hrasta doba (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

Puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.) - Biologija in območje razširjenosti

Puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.) je ena najbolj razširjenih drevesnih vrst v Evropi na območju južno od Donave, od atlantske obale Francije do Črnega morja in Krima ter do Kavkaza in Male Azije (Tutin in sod., 1993). Je zelo polimorfna vrsta s številnimi taksoni, ki se razlikujejo predvsem po nekaterih morfoloških značilnostih (Franjič in Škvorc, 2010). Večinoma uspeva na toplejših območjih s sredozemskim in submediteranskim podnebjem. Puhasti hrast se pojavlja na različnih nadmorskih višinah in je prevladujoča drevesna vrsta v termofilnih in submediteranskih gozdovih jugovzhodne Evrope (Horváth in sod., 1974). Raste na suhih in skeletnih tleh ter na toplejših legah. Najdemo ga posamično ali v razpršenih skupinah, grmičevju in drugih skupinah toploljubne vegetacije (Franjič in Škvorc, 2010).

Puhasti hrast je srednje veliko drevo, ki doseže do 20 metrov višine in več kot 100 cm premera (Franjič in Škvorc, 2010). Skorja je debela, sivkasta in globoko razpokana. Ima manjše, sivo-rjave brste. Listi so izmenični, jajčasto podolgovati in dolgi do 10 cm. Cvetovi so enospolni; moški cvetovi so v mačicah, ženski pa posamični ali v gostih klasastih socvetjih. Plodovi rastejo v grozdih s 3-4 majhnimi želodi na kratkih, dlakavih pecljih in so obdani s kapico, ki pokriva od 1/2 do 1/3 dolžine (Pasta in sod., 2016). Cveti od marca do maja, vendar je čas cvetenja odvisen od nadmorske višine. Želod dozori jeseni istega leta in v ugodnih razmerah lahko takoj vzkljuje, kar je pomembno za prehrano živali (Pasta in sod., 2016).

Puhasti hrast je listopadna, endomna drevesna vrsta ki se oprašuje z vetrom (anemofilna) in ki uspeva v sušnih razmerah (kserotermna) ter na bazičnih tleh (kalCIFilna vrsta) (Franjič in Škvorc, 2010).



Slika 5.1.2. Območje razširjenosti puhastega hrasta (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

Črnika (*Quercus ilex* L.) - Biologija in območje razširjenosti

Quercus ilex L., črnika, črni hrast ali črničevje, je širokolistno zimzeleno drevo ali grm, ki izvira iz Sredozemlja, kjer je prevladujoča vrsta v gozdovih in makiji.

Črnika lahko zraste do višine od 20 do 27 m (Schirone in sod., 2019) in je znana po svoji odpornosti in dolgoživosti, saj pogosto živi več stoletij (Gea-Izquierdo in sod., 2011; Praciak in sod., 2013). Skorja je rjavkasto-črna in rahlo razpokana v majhne, kvadratne, tanke ploščice (Mitchell, 1974). Listi so temno zeleni z volnato spodnjo stranjo, zelo spremenljive oblike, običajno so ozko ovalni ali jajčasto suličasti, v dolžino merijo od 3 do 8 cm, v širino pa od 2 do 4 cm (Idžojtič, 2009). Robovi so valoviti ali nazobčani, na mladih drevesih pa so lahko nazobčani ali v nekaterih primerih bodičasti. Cvetenje poteka med aprilom in majem, ko poteka tudi olistanje. Plod je želod, ki dozori oktobra in novembra v prvi sezoni, rjave barve, dolg 2,5 cm (Idžojtič, 2013).

V naravi je črnika razširjena v Sredozemlju. Na celotnem območju razširjenosti sta prisotni dve podvrsti, prepoznavni predvsem po različni morfologiji listov: *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia* (včasih imenovan *Quercus ilex* subsp. *ballota* ali kot samostojna vrsta *Quercus rotundifolia*) ima bolj suličaste liste s 6-8 žilami in ga najdemo na Portugalskem, v južni in jugovzhodni Španiji ter Maroku, medtem ko ima *Quercus ilex* subsp. *ilex* bolj jajčaste liste z 8-9 žilami in ga najdemo na preostalih območjih (Schwarz, 1993; Praciak in sod., 2013). V zahodnih sredozemskih regijah (Iberski polotok, atlantska in sredozemska obala Francije, italijanski polotok, glavni sredozemski otoki) tvori črnika velike čiste sestoje, medtem ko ga v vzhodnih regijah (balkanska obala, Grčija, Kreta, Črno morje in severni Libanon) pogosteje najdemo v mešanih sestojih (Schirone in sod., 2019). Raste na različnih nadmorskih višinah: na območju Črnega morja raste na višini od 100 do 140 m nad morjem, v Sredozemlju od 400 do 600 m, v Maroku pa na višini od 2000 do 2600 m (Schirone in sod., 2019).

Črnika je drevo, ki lahko uspeva na različnih vrstah tal in v različnih sredozemskih podnebjih, od polsuhih do zelo vlažnih razmer glede na količino padavin ter od toplih do zelo nizkih temperatur na visokih nadmorskih višinah, če je količina padavin nizka (Barbero in sod., 1992). Kljub temu, da lahko uspeva v različnih okoljih, pa so čisti gozdovi črnike zaradi človekovih dejavnosti, kot so krčenje gozdov, urbanizacija in večstoletno širjenje kmetijstva, vse redkejši.



Slika 5.1.3. Območje razširjenosti črnike (EUFORGEN 2009, www.euforgen.org).

V preglednici 5.1.1. je naveden seznam demonstracijskih ploskev za obravnavane vrste hrastov v okviru projekta LIFE SySTEMiC.

Preglednica 5.1.1. Seznam demonstracijskih ploskev za hraste v okviru projekta LIFE SySTEMiC.

Številka ploskve	Ime ploskve	Država	Vrsta	EFT*	Struktura	Gozdnogojitveni sistem
10	Culatta	Italija	<i>Q. robur</i>	5.1	Raznodobna	Brez gospodarjenja
13	Nova Gradiška	Hrvaška	<i>Q. robur</i>	5.1	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
20	Pula	Hrvaška	<i>Q. ilex</i>	9.1	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
21	Črni kal	Slovenija	<i>Q. pubescens</i>	8.1	Enodobna	Skupinsko postopno gojenje
28A	Krakovo (gospodarski gozd)	Slovenija	<i>Q. robur</i>	5.1	Enodobna	Sistem zastornih sečenj
28B	Krakovo (gozdni rezervat)	Slovenija	<i>Q. robur</i>	5.1	Raznodobna	Brez gospodarjenja

*EFT = Evropski gozdni tipl: 5.1 Gozd doba in belega gabra; 8.1 Gozd puhastega hrasta; 9.1 Sredozemski zimzeleni hrastov gozd).

5.2 Struktura gozda, odmrl les in drevesni mikrohabitati

Davide Travaglini¹, Cesare Garosi¹, Francesco Parisi^{2,3}, Natalija Dovč⁴, Rok Damjanič⁴, Kristina Sever⁵, Andreja Gregorič⁵

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNI-FI), Italy

² Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università del Molise, Italia

³ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

⁴ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

⁵ Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

Na šestih demonstracijskih ploskvah (slika 5.2.1) smo analizirali strukturo gozda, količino odmrglega lesa in drevesne mikrohabitade.

Na vsaki ploskvi je bilo izbrano stalno območje z reprezentativnim načinom gospodarjenja z gozdom. Ploskev je imela pravokotno obliko, vsaka stranica je bila dolga 50 m (s površino 2500 m²). Če je bilo število dreves ciljne vrste hrastov s prsnim premerom več kot 2,5 cm manjše od 30, je bilo na demonstracijski ploskvi vzpostavljeno dodatno območje, dokler ni bilo doseženo število najmanj 30 dreves v vzorcu.

Podrobni protokoli za terenske raziskave in pripravo podatkov so na voljo na spletni strani projekta LIFE SySTEMiC: <https://www.lifesystemic.eu/>.



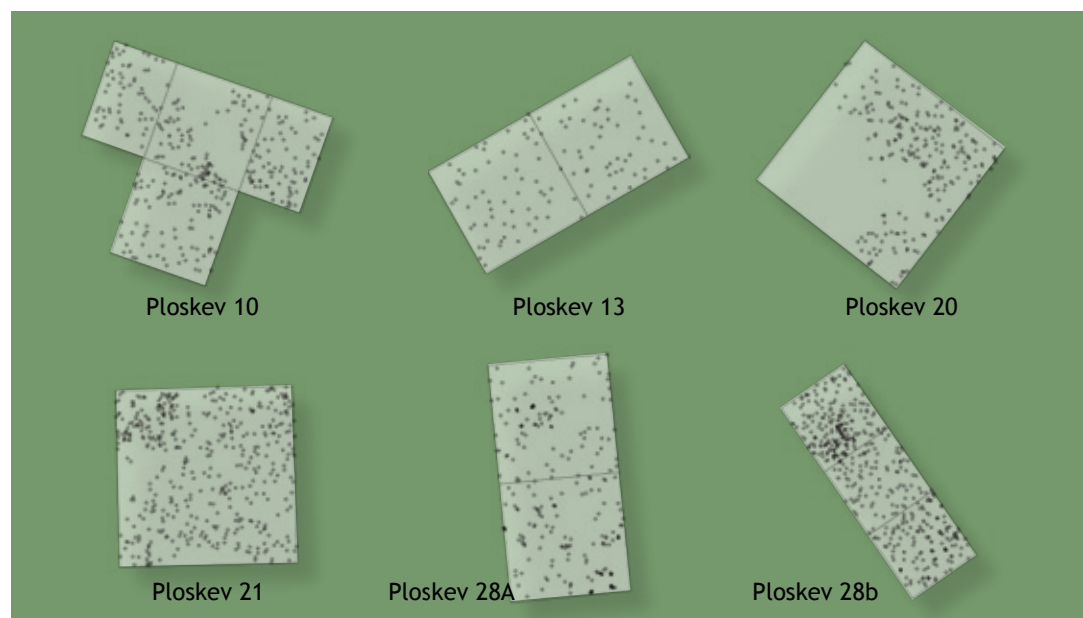
Figura 5.2.1. Demonstracijske ploskve za obravnavane vrste hrastov.

Dob (*Quercus robur* L.) je bil prevladujoča drevesna vrsta (pokrovnost > 75 %) na ploskvi 28A, pomešan s belim gabrom (*Carpinus betulus* L.). Na ploskvah 10, 13 in 28B je bil dob najpogosteje pomešan z ostrolisnitnim jesenom (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) (ploskev 10), belim gabrom (ploskvi 13 in 28A) in drugimi manjšinskimi drevesnimi vrstami.

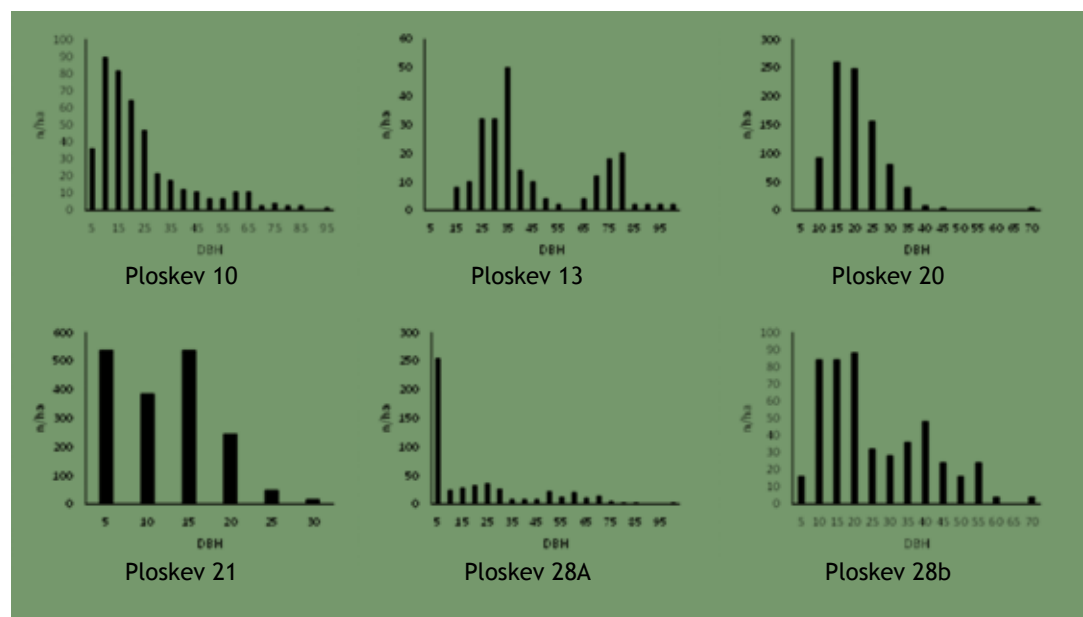
Puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.) je bila prevladujoča drevesna vrsta na ploskvi 21, pomešana s malim jesenom (*Fraxinus ornus* L.) in drugimi manjšinskimi drevesnimi vrstami.

Črnika (*Quercus ilex* L.) je bila najpogostejša vrsta na ploskvi 20, v mešanem sestoju z vrstama puhaštim hrastom in navadnim lovrom (*Laurus nobilis* L.).

Prostorska razporeditev dreves na demonstracijskih ploskvah je prikazana na sliki 5.2.2. Na sliki 5.2.3 je prikazana porazdelitev števila in premera debel na vsaki ploskvi.



Slika 5.2.2. Prostorska razporeditev dreves na demonstracijskih ploskvah.



Slika 5.2.3. Porazdelitev števila in premera debel na demonstracijskih ploskvah.

Parametri strukture gozda so navedeni v preglednici 5.2.1.

V pregledanih sestojih doba je znašala temeljnica med 15 m²/ha in 55 m²/ha, lesna zaloga pa med 204 m³/ha in 987 m³/ha. V gospodarjenih enodobnih sestojih (ploskvi 13 in 28A) je znašala temeljnica 40 m²/ha, lesna zaloga pa 674 m³/ha (povprečne vrednosti). Negospodarjeni sestoji (ploskvi 1 in 28B) so imeli raznodobno strukturo, temeljnica je znašala 35 m²/ha, lesna zaloga pa 506 m³/ha (povprečne vrednosti).

Pestrost gozdne strukture, ki jo predstavlja dimenzijska raznolikost dreves (standardni odklon in koeficient variacije prsnega premera ter višin), je bila višja v negospodarjenih sestojih (CVDBH = 98.6 %, CVH = 58.6 %) kot v gospodarjenih enodobnih sestojih (CVDBH = 78.4 %, CVH = 53.9 %).

Temeljnica in lesna zaloga v sestoju *Quercus pubescens* Willd. (ploskev 21) in v sestoju *Quercus ilex* L. (ploskev 20) sta znašali 24 m²/ha, 93 m³/ha, 34 m²/ha in 274 m³/ha.

Preglednica 5.2.1. Parametri strukture gozda na demonstracijskih ploskvah. N = število debel; BA = temeljnica; V = lesna zaloga; QMD = kvadrat srednjih vrednosti premera (premer drevesa s povprečno temeljnico); MH = povprečna višina (višina drevesa ob srednji temeljnici); DH = višina dominantnih dreves (povprečna višina 100 dreves na hektar z največjimi premeri v primeru enodobnih sestojev in povprečna višina treh najvišjih dreves na hektar v primeru raznodobnih sestojev); SDDBH = standardni odklon prsnega premera; SDH = standardni odklon višin dreves; CVDBH = koeficient variacije prsnega premera; CVH = koeficient variacije višin dreves.

Številka ploskve	N	BA	V	QMD	MH	DH	SDDBH	SDH	CVDBH	CVH
	n/ha	m ² /ha	m ³ /ha	cm	m	m	cm	m	%	%
10	427	29.0	370.7	29.4	22.8	38.2	17.7	8.1	75.0	47.3
13	224	42.8	805.1	49.0	31.3	33.8	21.9	6.7	49.6	23.4
20	892	33.5	274.3	21.9			7.3	1.7	35.5	12.1
21	1764	23.9	93.4	13.1	7.4	9.8	6.1	2.2	52.5	32.8
28A	512	35.6	542.3	29.8	27.2	38.0	21.8	13.5	107.2	84.4
28B	611	41.7	641.9	29.5	22.9	42.6	22.8	9.7	122.1	69.8

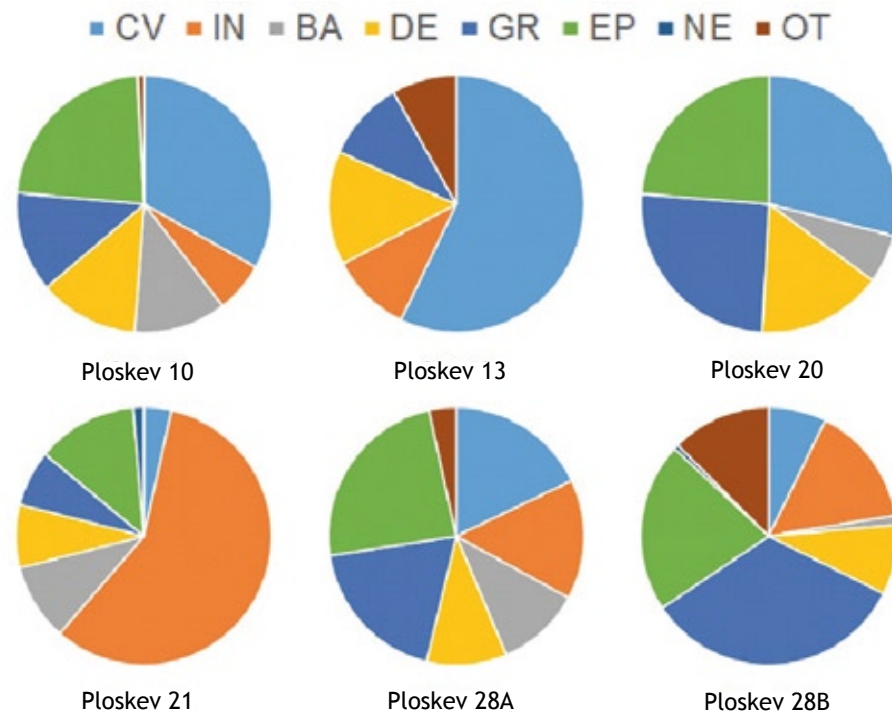
Količina odmrlega lesa je za vsako ploskev navedena v preglednici 5.2.2. V sestojih doba se je skupna prostornina odmrlega lesa gibala med 13 m³/ha in 490 m³/ha. V gospodarjenih enodobnih sestojih (ploskvi 13 in 28A) je bila povprečna količina odmrlega lesa 18 m³/ha, največ je bilo stoječih odmrlih dreves (50 %), drugih ležečih kosov odmrlega lesa (27 %) in panjev (20 %). Največ odmrlega lesa (272 m³/ha, povprečna vrednost) je bilo v sestojih brez gospodarjenja (ploskvi 1 in 28B), predvsem so to bila podrtja odmrle drevesa (49 %), odmrle stoječa drevesa (36 %) in drugi ležeči kosi odmrlega lesa (14 %).

Skupna količina odmrlega lesa v analiziranem sestoju puhastega hrasta (ploskev 21) in v sestoju črni-ke (ploskev 20) je znašala 7 m³/ha oziroma 16 m³/ha.

Preglednica 5.2.2. Količina odmrlega lesa na demonstracijskih ploskvah.

Številka ploskve	Stoječa odmrta drevesa m ³ /ha	Podrta odmrta drevesa m ³ /ha	Drugi ležeči kosi odmrlega lesa m ³ /ha	Panji m ³ /ha	Skupaj m ³ /ha
10	7.5	11.2	34.3	1.6	54.6
13	13.3	0.5	4.8	4.1	22.7
20	6.8	5.4	0.8	2.8	15.8
21	4.1	2.3	0.1	0.2	6.7
28A	4.7	0.5	5.1	3.0	13.4
28B	190.4	257.0	42.3	0.2	489.9

Pogostost drevesnih mikrohabitats na vsaki ploskvi, ki je predstavljena kot odstotek različnih vrst drevesnih mikrohabitats, je prikazana na sliki 5.2.4. Kot je razvidno iz slike, so bile na pregledanih ploskvah ugotovljene skoraj vse oblike drevesnih mikrohabitats.



Slika 5.2.4. Drevesni mikrohabitats na ploskvah (odstotek različnih vrst mikrohabitats) (CV = dupline; IN = poškodbe in rane; BA = skorja; DE = odmrli les; GR = deformacije/oblike rasti; EP = epifiti; NE = gnezda; OT = drugo).



Slika 5.2.5. Odmrli les na demonstracijski ploskvi 10.



Slika 5.2.6. Drevesni mikrohabitats na demonstracijski ploskvi 10.

5.3 Krajinska genomika

Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,2}, Marko Bajc³, Katja Kavčič Sonnenschein³, Donatella Paffetti¹

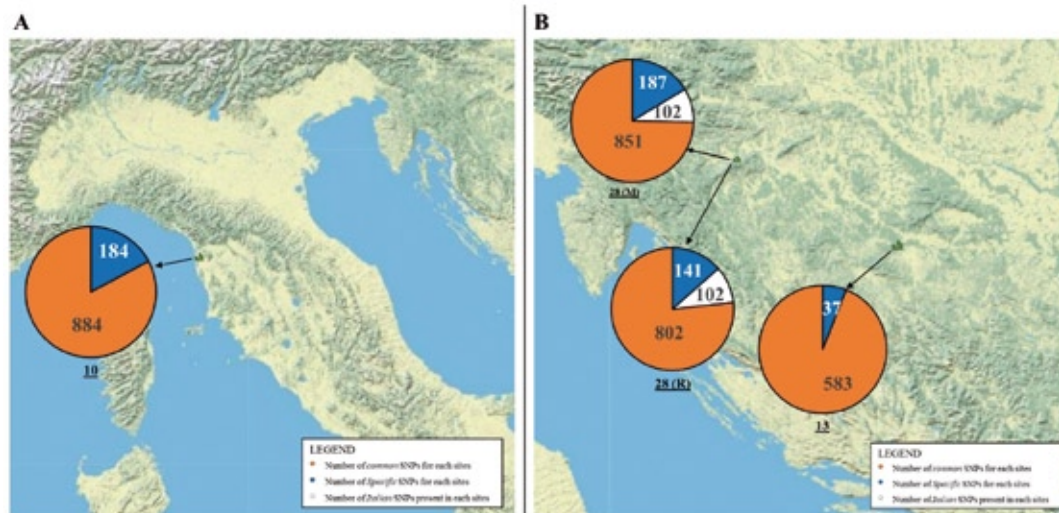
¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy .

² Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

³ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Na ravni populacije je genetska pestrost nujna za njeno preživetje, saj omogoča, da so v populaciji dreves prisotni tudi osebki z boljšim fitnessom (genetskim doprinosom) v spreminjajočem se okolju (Balkenhol in sod., 2016). Gozdovi, ki spadajo med najbolj prizadete ekosisteme zaradi človekovih dejavnosti, so še posebej ranljivi za zdrs genetske pestrosti in povečano divergenco med genskimi skladi, kar na koncu vpliva na preživetje vrst (Wade in sod., 2003; Degen in sod., 2021). Vendar lahko drevesa s svojo veliko genetsko pestrostjo, učinkovitim pretokom genov in dolgimi življenjskimi cikli ublažijo učinke fragmentacije habitatov (Kramer in sod., 2008; Degen in sod., 2021). Razumevanje dinamike in mehanizmov lokalne prilagoditve pri naravnih populacijah je podlaga za napovedovanje odzivov vrste na okoljske spremembe, vključno s tistimi, ki so povezane z globalnimi podnebnimi spremembami. Med prilagajanjem se spreminjajo frekvence alelov, ki vplivajo na povprečni fitness populacij v določenih okoljih (Lefèvre in sod., 2014).

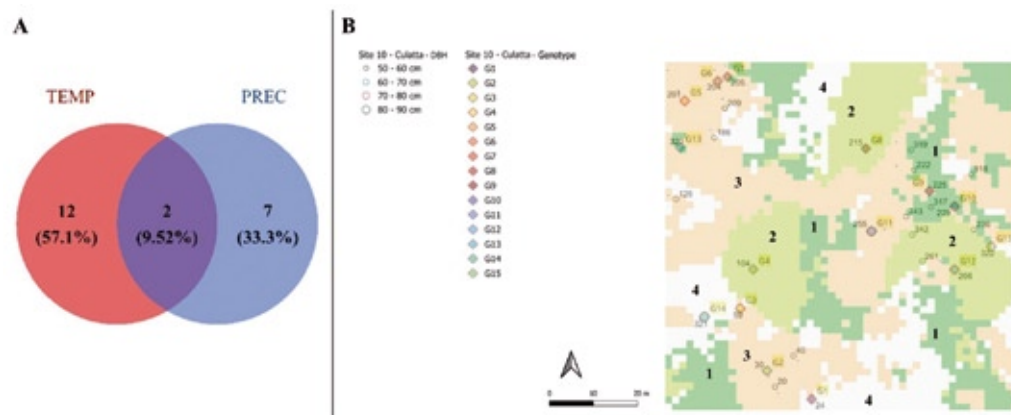
Hrast dob, ki je ključna drevesna vrsta evropskih listnatih gozdov, se zaradi fragmentacije habitatov, podnebnih sprememb in drugih stresnih dejavnikov sooča z različnimi težavami (Ducouso in Bordacs, 2004; Degen in sod., 2021). V zadnjih desetletjih so se dobovi gozdovi v Evropi soočali s številnimi izzivi, vključno z nizko ravnijo podzemne vode, sušnim stresom in učinki podnebnih sprememb, kar je povzročilo poslabšanje zdravstvenega stanja, hitrosti rasti in naravne obnove (Kesic in sod., 2021; Degen in sod., 2021). Študije genetske pestrosti populacij doba so bistvene za razumevanje njihovih odzivov na manjšanje habitatov, podnebne spremembe in druge okoljske izzive. To znanje je ključnega



Slika 5.3.1. Na sliki je prikazan zemljevid razporeditve SNP-jev za dob na ploskvah v Italiji (A) ter na Hrvaškem in v Sloveniji (B), vzpostavljenih v okviru projekta LIFE SySTEMiC. V legendi so prikazane vrste podatkov, ki so označene z različnimi barvami. Barve predstavljajo naslednje podskupine SNP-jev: Sklop SNP-jev, prisotnih na posamezni ploskvi, ki so skupni vsaj dvema preučevanima ploskvama (oranžna); število edinstvenih SNP-jev, ki so značilni za to ploskev (modra), in število SNP-jev, prisotnih na posamezni ploskvi, ki so značilni za državo izvora (bela). Pod vsakim grafom je prikazana identifikacijska številka ustrezne ploskve (zapisana je s krepko pisavo in podčrtana).

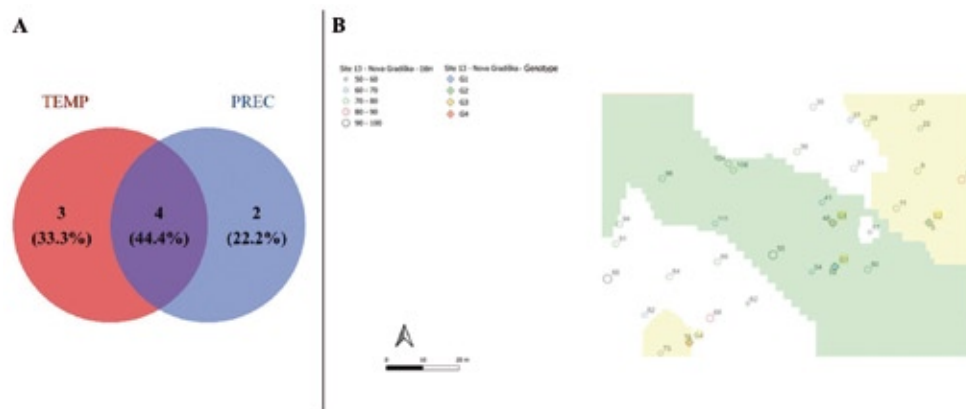
pomena za oblikovanje učinkovitih strategij ohranjanja in zagotavljanje dolgoročnega preživetja te pomembne gozdne drevesne vrste (Kesic in sod., 2021). V tem kontekstu je krajinska genomika prilagodljiv analitični okvir za razumevanje interakcij med okoljsko heterogenostjo in prilagoditveno genetsko pestrostjo v naravnih populacijah (Balkenhol in sod., 2016). Pri analizi nevtralne in prilagoditvene genetske pestrosti smo ravno s pomočjo krajinske genomike raziskovali vzorce prilagajanja populacij na lokalno okolje. Za nalaizo prilagoditvene genetske pestrosti smo uporabili polimorfizme posameznih nukleotidov (SNP) in jih povezali z bioklimatskimi kazalniki. Nukleotidni mikrosatelitni markerji (nSSR) so bili analizirani kot merilo nevtralne genetske variabilnosti in strukture preučevanih populacij (slika 5.3.1). Pri ponovnem ciljnem sekvenciranju doba je bilo v 27 genomskih regijah, povezanih z odzivom na enega ali več abiotičnih strosorjev, ugotovljenih približno 1600 SNP-jev (rezultati so navedeni v dokumentu Rezultat dejavnosti B1: Zemljevid SNP za vsako preučevano ploskev). Poleg tega smo, kot je prikazano na sliki 5.3.1, izdelali zemljevid, da bi ponazorili njihovo prostorsko porazdelitev med vsemi analiziranimi populacijami.

Za analizirane ploskve, povezane z dobom, sta značilna dva tipa gospodarjenja z gozdom: bodisi gre za gozd brez gospodarjenja (ploskvi 10 in 28B) ali za sistem zastornega gospodarjenja (ploskvi 13 in 28A). Na sliki 5.3.1 lahko vidimo, da je za vse lokacije značilno veliko število SNP-jev, značilnih za posamezno lokacijo. To bi lahko razumeli kot značilnost prilagoditve lokalnemu okolju. Zanimiva je tudi prisotnost posebnega nabora SNP-jev povezanih z državo izvora na ploskvah v Sloveniji. To pojavnost SNP-jev bi lahko razlagali kot znak prilagoditve srednjeevropskemu/celinskemu bioklimatskemu režimu, ki je značilen na območju Slovenije in se razlikuje od bolj sredozemskega podnebja v Italiji. Analizo lokalnih prilagoditev naravnih populacij smo izvedli v več analitičnih korakih (Blanquart in sod., 2013). Za vsako ploskev smo iz literature (Flint in sod., 2013; Gugger in sod., 2016, 2021; Pluess in sod., 2016) najprej izbrali dvanajst bioklimatskih kazalnikov. Potem smo opravili analize GEA (analizo asociacij med okoljem in genomi) na dveh ravneh: globalno analizo in analizo za posamezno ploskev. Globalna analiza nam je omogočila odkriti možne vzorce prilagoditve bioklimatskim razmeram, ki so značilni za območje razširjenosti hrasta doba. Rezultati analize so pokazali obstoj štirih različnih genotipov v Italiji, na Hrvaškem in v Sloveniji. Še bolj zanimiva pa je bila ugotovitev, da obstaja povezava med 42 alelnimi različicami in povprečnimi vrednostmi 12 bioklimatskih kazalnikov, ki smo jih upoštevali v teh analizah. Prisotnost teh povezav bi lahko razlagali kot genotip osnovne prilagoditve hrasta pri njegovem širjenju na srednjeevropskem območju. Posebej zanimivo je bilo odkritje nekaterih alelnih različic, ki so povezane z določeno državo (Italija ali Slovenija oz. Hrvaška) in posameznimi ploskvami. Prisotnost alelnih različic, povezanih s posameznimi ploskvami, bi lahko bila povezana z lokalnim in ne regionalnim vzorcem prilagoditve. Pri analizi povezave z okoljem (EAA) je pomembno upoštevati nevtralno genetsko strukturo (Rellstab in sod., 2015), saj ta lahko ustvari vzorce, ki so enaki tistim, ki jih pričakujemo pri procesih, ki niso nevtralni (Excoffier in Ray, 2008; Excoffier in sod., 2009; Sillanpää 2011). Poleg tega smo za analizo genetske strukture populacij uporabili dva različna pristopa: Bayesovo razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme STRUCTURE (Pritchard in sod., 2000) in Bayesovo prostorsko razvrščanje v skupine z uporabo programske opreme GENELAND. Pri opazovanju vsake ploskve posebej smo opazili precej zanimive rezultate, povezane s številom SNP-jev, najdenih v povezavi z enim ali več bioklimatskimi kazalniki. Največje število alelnih variant (21 SNP-jev) smo našli na negospodarjenih ploskvah (ploskev 10 - Culatta; slika 4.3.2). Prisotnost velikega števila SNP, povezanih s prilagajanjem na bioklimatske kazalnike na teh ploskvah, bi lahko bila povezana z nevtralno genetsko strukturo, ki jo je mogoče opaziti na teh ploskvah (Aravanopoulos, 2018; Paffetti in sod., 2012; Stiers in sod., 2018). V nekaterih študijah je bilo namreč ugotovljeno, da je za te ploskve značilna kompleksna nevtralna genetska struktura, za katero je značilno veliko število družin (skupin). Ta velika variabilnost lahko omogoča večjo verjetnost pojava novih alelnih različic, ki bi lahko obogatile prilagoditveni potencial te vrste na trenutne in prihodnje podnebne spremembe.



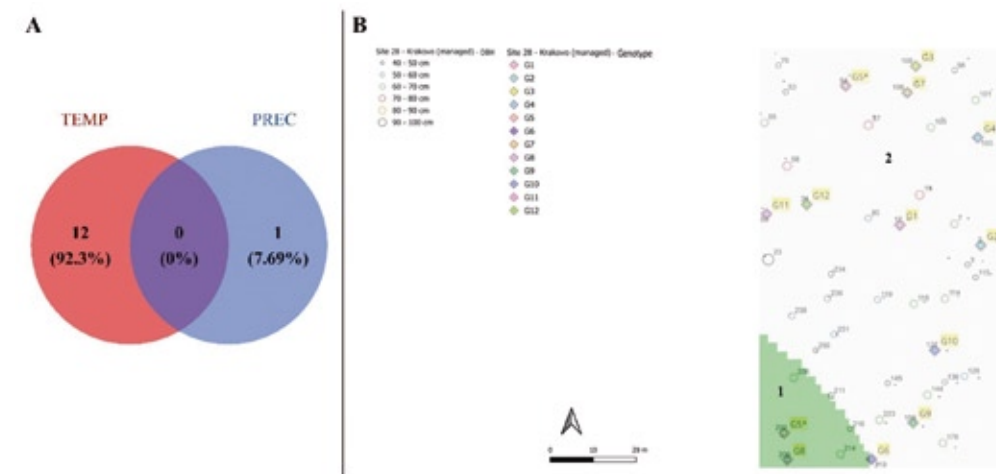
Slika 5.3.2. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 10 -Culatta. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNPS-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 4 skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo) in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Iste barve pomenijo, da gre za iste genotipe.

Podobno velja za ploskev 13 - Nova Gradiška (slika 5.3.3). V tej populaciji (brez gospodarjenja) smo opazili kompleksno prostorsko genetsko strukturo (poenostavljeno glede na ploskev 10 - Culatta) z najmanjšim številom SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki (9 SNP-jev). To majhno število povezanih SNP-jev je mogoče razložiti tudi z odsotnostjo SNP-jev, specifičnih za posamezno ploskev, in z najmanjšim številom SNP-jev, specifičnih za posamezno državo, o katerih so poročali.



Slika 5.3.3. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 13 -Nova Gradiška. (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNPS-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v skupine (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo) in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Enake barve pomenijo, da gre za enake genotipe.

Zanimiv je bil rezultat analize števila alelnih različic, povezanih z lokalno prilagoditvijo na ploskvi 28 - Krakovski gozd (gospodarski gozd, slika 5.3.3). Na tej ploskvi, kjer se gospodari s sistemom zastornega gospodarjenja, smo odkrili veliko število SNP-jev (13), povezanih z bioklimatskimi kazalniki. Vendar je navedena prostorska genetska struktura poenostavljena glede na drug primer (skupina 2), kot je prikazano na sliki 5.3.4. Število ugotovljenih alelnih različic je lahko tudi tukaj povezano s preteklim gospodarjenjem z gozdom. Način gospodarjenja je bil usmerjen v spodbujanje naravne obnove. Vendar so prejšnje študije (Aravanopoulos, 2018; Brang in sod., 2014; Paffetti in sod., 2012; Stiers in sod., 2018) pokazale, da je prostorska genetska struktura, ki je značilna za to vrsto sestojev, precej preprosta. Prisotnost preproste prostorske genetske strukture je lahko povezana z nižjo stopnjo rekombinacije genov, kar zmanjšuje možnost ustvarjanja novih alelnih različic in spodbuja križanje med sorodniki. To lahko privede do visoke stopnje homozigotnosti in izroditve.



Slika 5.3.4. Rezultati analize LFMM in zemljevid porazdelitve genotipov za ploskev 28A - Krakovski gozd (gospodarjen gozd). (A) Na Vennovem diagramu je prikazano prekrivanje med SNPS-ji, povezanimi z bioklimatskimi kazalniki v povezavi s temperaturo in padavinami. (B) Prostorska razporeditev genotipov in prostorska organizacija v 2 skupini (rezultati GENELAND). Na zemljevidu so prikazani osebki, ki so prisotni na preučevani ploskvi (krog s črno obrobo), in sekvencirani osebki. Slednji so označeni s krogi, katerih barva ustreza ugotovljenemu genotipu. Enake barve pomenijo, da gre za enake genotipe.

V hrastovih gozdovih v Franciji, nekaterih državah na Balkanu in v Nemčiji se intenzivno gospodari z namenom proizvodnje lesa. V Italiji so t.i. visoki gozdovi prisotni predvsem v zavarovanih območjih. V Franciji in Sloveniji se s hrastovnimi gozdovi gospodari na zastorni ali skupinsko postopni način. Dob je heliofilna in slabo konkurenčna vrsta, ki uspeva v neugodnih okoljih, kjer so kompetitivne vrste manj aktivne. Dinamika obnove doba je odvisna od prisotnosti zeliščnega in grmovnega sloja. Odsotnost obnove sorodnih vrst spodbuja obnovo doba.

Pri manj intenzivnih načinih gospodarjenja z gozdom, kot je npr. prebiralno gospodarjenje se po rezultatih različnih analiz pojavijo populacije z velikim številom alelnih različic, povezanih z odzivom na bioklimatske kazalnike. Podobni rezultati so bili opaženi v gozdnih sestojih kjer se ne gospodari in v pragozdovih. Rezultati te študije bi lahko imeli pomembno vlogo pri načrtovanju gozdnogojitvenega ukrepanja v gozdovih, saj je poznavanje genetske variabilnosti populacij gozdnega drevja v povezavi z njihovim prilagajanjem v veliko pomoč pri sprejemanju odločitev. Poleg tega je to znanje pomembno tudi za načrtovanje usmerjene selitve drevesnih vrst v naravnem prostoru. To je pomembno za ohranitev trenutnih gozdnih genskih virov, pa tudi za obogatitev obstoječih sestojev s potencialno ugodnimi genotipi posamezne drevesne vrste.

5.4 Hrastova pepelovka

Natalija Dovč, Rok Damjanič, Hojka Kraigher

Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Dob (*Quercus robur* L.), ključna drevesna vrsta v Evropi, se v (skoraj) naravnih gozdovih sooča z negotovo prihodnostjo zaradi izzivov pri naravni obnovi. Eden glavnih dejavnikov, ki prispevajo k tej negotovosti, je glivična bolezen, znana kot hrastova pepelovka (*Erysiphe alphitoides* complex). Glive močno vplivajo na odpornost mladice na zasenčenje in na višinsko rast sadik in dreves, zaradi česar se občutno zmanjšata njihova vitalnost in konkurenčnost. Zato naravno obnovo pod zastorom matičnih dreves hrastov pogosto ovirajo okužbe s pepelovko (Demeter in sod., 2021).

Ko hrastova pepelovka okuži nezrele liste, se prašna prevleka razširi po celotni listni površini, kar povzroči neenakomeren razvoj listov ali morebitno sušenje. To razraščanje je še posebej škodljivo za sadike, saj omejuje njihovo rast in povzroča njihov propad. V nasprotju s sadikami pa se prašnata prevleka na listih odraslih dreves omeji na določen del in povzroči zmerno škodo na odraslih drevesih (Thomas in sod., 2002; Marçais in Breda, 2006). Glive proizvajajo spore (konidije), ki se zlahka razširijo z vetrom, žuželkami in vodo. Te spore vzklijejo in okužijo nova rastlinska tkiva, zlasti v razmerah visoke vlažnosti in zmernih temperatur.



Slika 5.4.1. Sadika hrasta okužena s hrastovo pepelovko.

V okviru projekta LIFE SySTEMiC smo na eni od naših ploskev za izvedbo poskusa v Krakovskem gozdu preizkusili različne načine zatiranja hrastove pepelovke. Krakovski gozd je največji nižinski poplavni gozd v Sloveniji, v katerem prevladuje dob. Prisotnost hrastove pepelovke je tako obsežna, da je eden od omejitvenih dejavnikov naravne obnove.

Cilj študije je bil oceniti vpliv gostote sajenja in različnih koncentracij biopesticida AQ-10 na okužbo sadik s pepelovko. Poskus je vključeval sajenje na ograjenem območju v skladu s »Protokolom za poskus sajenja: protokol za nadzor hrastove pepelovke« (slika 5.4.2, levo). Učinki gostote sajenja so bili preverjeni z dvema gostotama: približno 1100 in 4400 sadik na hektar. Učinki biološkega nadzora so bili ocenjeni z dvema koncentracijama AQ-10: polovico priporočene koncentracije, polno priporočeno koncentracijo in kontrolno skupino brez tretiranja.

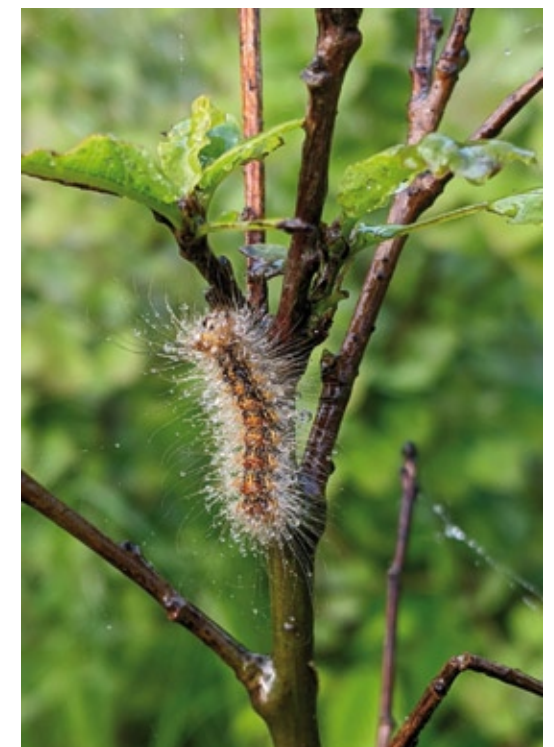
Pri vseh vrstah tretiranja smo ocenili stopnjo umrljivosti mladice in njihovo rast v višino, medtem ko smo stopnjo okužb ocenili vizualno s 5-stopenjsko lestvico. Naši rezultati niso pokazali razlik med različnimi obdelavami niti v rasti v višino niti v smrtnosti, ki je po dveh letih v vseh obde-

lavah v povprečju znašala med 29,2 % in 31,9 %. Intenzivnost okužbe se je v našem primeru izkazala za neustrezno merilo, saj je bil na začetku rastne sezone med škropljenjem z biopesticidom velik del listne površine že poškodovan ali manjkajoč zaradi defoliorjev (slika 5.4.2, desno), kar je oviralo zanesljivo oceno. Pozneje v rastni sezoni so »kresni« poganjki (druga in tretja rast sredi poletja) nadomestili večino spomladi razvite listne površine, novo nastala listna površina pa je ostala netretirana. Na podlagi naših rezultatov biofungicid AQ-10 ni imel zelenih učinkov proti hrastovi plesni, prav tako na njen pojav ni vplivala gostota sajenja.

Kljub našim nespodbudnim rezultatom je še vedno ključno raziskati različne metode za zaščito pred hrastovo plesnijo, ki se izvajajo predvsem v gozdnih drevesnicah. Trenutno je na voljo več metod za boj proti bolezni, kot so konvencionalni fungicidi, ki temeljijo na citronski kislini, antagonističnih bakterijah ali glivah, in komercialna kemična sredstva, kot so žveplo, kalijev bikarbonat, kalijev fosfit in salicilna kislina, ter prizadevanja za razvoj genetske odpornosti (Turczanski in sod., 2023).

Učinkovito zatiranje pepelovke na dobovih sadikah in mladih hrastovih rastlinah je bistvenega pomena za uspešno uvajanje hrastovih sestojev v obnovo. Na pepelovko so dokaj odporne dobro razvite eno- in dvoletne hrastove sadike, saj ne ovira več njihove rasti (Pap in sod., 2012).

Pri ohranjanju in načrtovanju gospodarjenja s hrastovimi gozdovi je tako potrebno upoštevati vpliv hrastove pepelovke. Zagotoviti je potrebno njihovo naravno obnavljanje in spodbuditi naravno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi in z njim povezano biotsko raznovrstnost. Priporoča se ustvarjanje vrzeli v krošnjah, kar spodbuja nadaljnji razvoj mladja (Demeter in sod., 2021). Zastorno gospodarjenje je ena najučinkovitejših in najzanesljivejših metod za naravno obnovo hrastovega drevja (Dobrowolska, 2008).



Slika 5.4.2. Ploskev za izvedbo poskusa v Krakovskem gozdu (levo) in ličinka navadnega gobarja (*Lymantria dispar* L.).

5.5 Model Genbiosilvi

Roberta Ferrante^{1,2}, Cesare Garosi¹, Cristina Vettori^{1,3}, Davide Travaglini¹, Katja Kavčič Sonnenschein⁴, Donatella Paffetti¹

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

² NBFC, National Biodiversity Future Center, Italia

³ Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

⁴ Gozdarski inštitut Slovenije (GIS), Slovenija

Spremljanje genetske pestrosti je ključnega pomena za razumevanje stanja gozdnih ekosistemov ter za podporo prizadevanjem za njihovo ohranjanje in gospodarjenje z njimi.

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko domnevamo, da je genetska pestrost na vseh ploskvah velika, vendar ne moremo sklepati, da obstaja velika genetska raznolikost med posameznimi ploskvami, čeprav se razlikujejo po tipih gospodarjenja. Za dob smo preučevali dve ploskvi, kjer se z gozdom ne gospodarja in dve ploskvi, kjer je bil pri gospodarjenju uporabljen sistem zastornega gospodarjenja.

Ker smo v analizo vključili le dva pristopa pri gospodarjenju (brez gospodarjenja, zastorno gospodarjenje), nimamo dovolj podatkov, da bi lahko določili, katera vrsta gospodarjenja spodbuja genetsko pestrost.

Z analizo vzorca razširjenosti genetske pestrosti na podlagi podatkov SSR smo ugotovili, da imata ploskvi 10 - Culatta (brez gospodarjenja) in 13 - Nova Gradiška (sistem zastornega gospodarjenja) kompleksno in heterogeno prostorsko genetsko strukturo. To je mogoče pripisati nenaključnemu opraševanju med tesno sorodnimi osebki. Na podlagi rezultatov, pridobljenih za vsak preučevan sestoj, je bilo mogoče na drugih ploskvah ugotoviti le poenostavljeno prostorsko genetsko strukturo.

Kompleksnost, o kateri smo poročali za ploskvi 10 in 13 nakazuje, da gre za dinamičen in prilagodljiv ekosistem, ki se je sposoben odzivati na okoljske spremembe z ustvarjanjem nove genetske variabilnosti z rekombinacijo in pretokom genov med podpopulacijami. Poleg tega smo opazili veliko število SNP-jev, ki so povezani s trenutnimi okoljskimi pogoji na različnih ploskvah. Pomembna je prisotnost tistih alelnih različic, ki so povezane z bioklimatskimi kazalniki, najbolj značilnimi za lokalno okolje. Ugotovili smo, da je na ploskvi 10 - Culatta (brez gospodarjenja) večje število SNP-jev, povezanih z bioklimatskimi kazalniki.

Struktura sestojev je ključni element pri ocenjevanju ekoloških funkcij in storitev v gozdnih ekosistemih. Za opis biotske raznovrstnosti smo upoštevali dendrometrične podatke, da bi določili strukturo gozdov na analiziranih ploskvah. Na podlagi teh podatkov lahko domnevamo, da je največja staopnja raznovrstnosti v večslojnem raznodobnem gozdu, če upoštevamo vse prisotne vrste. Ko smo analizirali samo osebke doba na vseh ploskvah, smo opazili zvonasto monostratično strukturo, značilno za sestoj doba. Večslojna raznodobna populacija spodbuja prisotnost mladja, saj prihaja do vrzeli v krošnjah, ki ustvarjajo idealne pogoje za naravno obnovo konkurenčnih vrst. Večslojni sestoj omogoča tudi visoko stopnjo razprševanja peloda, kar spodbuja genetsko pestrost. Zato smo na podlagi parametrov, uporabljenih za opredelitev strukture gozda, ugotovili, da imajo ploskve, za katere je značilna večslojna raznodobna struktura gozda (ob upoštevanju vseh vrst v sestoju), tudi kompleksno prostorsko genetsko strukturo in veliko genetsko pestrost.

Odmrl les ima ključno funkcionalno vlogo, na primer pri kroženju hranil in kot ponor ogljika. Prisotnost odmrlega lesa lahko spodbuja kalitev in razvoj sadik drevesnih vrst, saj je lahko podlaga za razvoj mladja in s tem prispeva k obnovi gozda.

Kar zadeva količino odmrlega lesa, je bilo najbolj ugodno stanje ugotovljeno na ploskvah kjer se ne

gospodari, pri čemer je bila največja količina odmrlega lesa ugotovljena na ploskvi 28B - rezervat v Krakovskem gozdu.

Odmrl les je pomemben mikrohabitat za razvoj in ohranjanje vrst, pomembnih za gozdni ekosistem. Poleg odmrlega lesa smo opazili tudi druge kazalnike, povezane s saproksilnimi mikrohabitati. Največje število drevesnih mikrohabitats je bilo ugotovljeno na ploskvah, kjer rastejo stoletni osebki z deformacijami in duplinami. Pogostost epiksilnih mikrohabitats je v vseh opazovanih populacijah nižja od saproksilnih. Epiksilni mikrohabitati se uporabljajo kot indikatorji za oceno stanja ekosistema. Prisotnost teh mikrohabitats je pomemben vir biotske raznovrstnosti. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da gojitveni sistemi, ki omogočajo razvoj kompleksne gozdne strukture, značilne za raznodobne in večslojne sestoj, povečujejo verjetnost, da bomo lahko opazili različne vrste drevesnih mikrohabitats.

Vse analizirane ploskve so mešani sestoji doba.

Na podlagi rezultatov analiz je ob upoštevanju teh indikatorjev mogoče simulirati stanje genetske pestrosti sestoj in uporabnike rezultatov usmerjati k trajnostnemu gospodarjenju za ohranjanje in/ali povečanje prisotne genetske pestrosti.

Glede na rezultate, pridobljene z analizo vseh kazalnikov biotske raznovrstnosti, smo razvili model, ki opisuje trenutno stanje genskih virov na ploskvi. Ta model je bil razvit kot pomoč upravljalcem gozdov pri preverjanju trenutnega stanja biotske raznovrstnosti sestojev in zagotavljanju trajnostnega gospodarjenja. Pri razvoju uporabniku prijaznega in primernega modela smo ugotovili, da je mogoče določiti nabor ključnih kazalnikov, ki so bolj reprezentativni. Kazalniki, na katerih temelji model, lahko posredno opišejo stanje genetske pestrosti sestoj, kot je razvidno iz dobljenih rezultatov. Poleg tega je mogoče določiti tudi nekatere kazalnike, ki so bolj reprezentativni za oceno biotske pestrosti in vključujejo podatke o odmrlem lesu, drevesnih mikrohabitats in vrstni pestrosti. Zato smo se odločili, da v obrazec, ki smo ga pripravili za končne uporabnike, ne vključimo zbiranja podatkov o genetski pestrosti in pestrosti tal, ki ju je težko določiti.

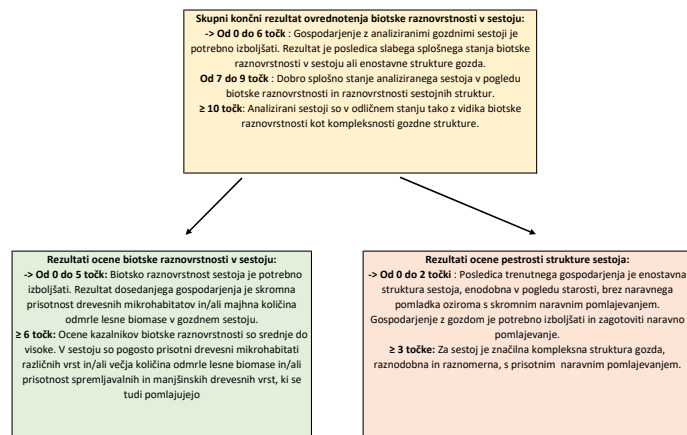
V model smo vključili tudi nekatere ključne kazalnike, ki opisujejo trenutno stanje analiziranega sestoj. Izbrani kazalniki so prikazani v preglednici 5.5.1.

Preglednica 5.5.1. Opis izbranega kazalnika, ki lahko uporabniku pomaga opisati stanje sestoj.

Kategorije	Kazalniki	Opis
Struktura gozda	Standardni odklon premerov dreves v prsni višini	Variabilnost premerov dreves znotraj sestoj
	Delež mladja v sestoju	Prisotnost mladja ciljnih drevesnih vrst
	Krivulja porazdelitve razredov premerov dreves v prsni višini	Kompleksnost horizontalne in vertikalne strukture gozda
Odmrl les	Število sestojnih slojev	
	Prisotnost stoječih odmrlih dreves	Prisotnost odmrlega lesa, ki deluje kot mikrohabitat
Pestrost vrst	Večji ostanki lesa	
	Pestrost drevesnih vrst	Število vseh vrst, prisotnih v drevesnem sloju in v mladju
	Odstotek manjšinskih vrst v mladju	
Drevesni mikrohabitati	Odstotek osebkov z dupli	Prisotnost mikrohabitats, ključnih za biotsko raznovrstnost
	Odstotek osebkov s poškodbami in ranami	
	Odstotek osebkov z deformacijami	

Model je vključeval izdelavo obrazca, ki zahteva zbiranje določenih parametrov, ki jih uporabniki lahko pridobijo na terenu. Na podlagi dobljenih rezultatov smo za vsak izbrani kazalnik izbrali mejne vrednosti. Z obdelavo dejanskih podatkov se na podlagi izbranih mejnih vrednosti določi ocena za vsak kazalnik. Končna ocena je povezana z opredelitvijo trenutnega stanja analiziranega sestoja. Za vsako končno oceno so navedeni podatki glede možnih ukrepov, ki jih je treba sprejeti za izvajanje trajnostnega gospodarjenja s sestojem (slika 5.5.1).

Spodaj je prikazan primer obrazca, ki smo ga pripravili za izpolnjevanje (slika 5.5.2). Na sliki 5.5.3 pa je prikazan izpolnjen obrazec, ki temelji na dejanskih podatkih, pridobljenih na ploskvi 10 - Cullatta.



Slika 5.5.1. Smernice za gospodarjenje z gozdovi na podlagi končne ocene, pridobljene po izpolnitvi obrazca za oceno gozda.

Izpolnite prostor s podatki, pridobljenimi na podlagi meritev in ocen na terenu. Obrazec je interaktiven in omogoča samodejno izračun končne ocene.

Obrazec za vrednotenje gozdnih sestojev				
Gospodarjenje z gozdovi	Podatki o gozdnem sestoji		Posledice za gozd in gospodarjenje z gozdom	
Z gozdov je potrebno gospodariti tako, da ohranjamo njihovo stabilnost, odpornost in večnamensko vlogo (ekološko, socialno in proizvodno). To je mogoče doseči le z ohranjanjem zdravih gozdov in njihove biotske raznovrstnosti, varovanjem naravne rodovitnosti in vodnih virov v gozdu ter z zagotavljanjem vseh drugih koristnih funkcij, ki jih gozdovi opravljajo.				
Kazalniki za strukturo gozda	Vrednost kazalnika v sestoji		Skupna ocena strukture gozda	
	Kazalnik strukture sestoju	Točkovanje posameznih rezultatov		
	Standardni odklon (SD) prsnih premerov dreves	<input type="checkbox"/> 1 točka (SD < 10)		<input type="checkbox"/> Ocena 1 (Enostavna struktura gozda brez mladovja) - od 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 2 (poenostavljena struktura gozda z mladovjem ali kompleksna struktura gozda brez mladovja) - od 7 do 8 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem - od 9 do 11 točk <input type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
		<input type="checkbox"/> 2 točki (10 ≤ SD ≤ 20)		
		<input type="checkbox"/> 3 točke (SD > 20)		
Delež mladovja (%) v sestoji (ob upoštevanju dreves s premerom manj kot 10 cm)	<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15)			
	<input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30)			
	<input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50)			
	<input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)			
Krivulja debelinskih stopenj	<input type="checkbox"/> 1 točka (zvonasta oblika)			
	<input type="checkbox"/> 2 točki (multimodalna oblika)			
	<input type="checkbox"/> 3 točke (v obliki črke J)			
Število slojev v sestoji	<input type="checkbox"/> 1 točka (enoslojni sestoj)			
	<input type="checkbox"/> 2 točki (dvoslojni sestoj)			
	<input type="checkbox"/> 3 točke (tri- ali večslojni sestoj)			

Kazalniki produktivnosti	Vrednost kazalnika		Skupna ocena biotske raznovrstnosti populacije
Produktivnost gozdnega rastišča je proizvodnja, ki jo je mogoče realizirati v okviru določenega sestoja, na določenem rastišču, ob dani genetski strukturi sestoja in ob določenem načinu gospodarjenja. Produktivnost gozdnega sestoja je odvisna tako od naravnih dejavnikov, ki so del gozdnega rastišča, kot od dejavnikov, povezanih z načinom gospodarjenja.	Lesna zaloga (m ³ /ha)		V odraslih gozdnih sestojih sencovzdržnih gozdnih drevesnih vrst, kjer se aktivno gospodarji, naj znaša minimalna lesna zaloga lesa okoli 300-350 m ³ /ha.
Kazalniki biotske raznovrstnosti		Vrednost kazalnika	Skupna ocena biotske raznovrstnosti sestojev
Kazalniki odmrlega lesa		Točkovanje posameznih rezultatov	
Prisotnost stoječega odmrlega lesa		<input type="checkbox"/> 1 točka (stoječa odmrta lesna biomasa ni prisotna)	<input type="checkbox"/> Ocena 1 (Popolna odsotnost odmrle lesne biomase) - 2 točki <input type="checkbox"/> Ocena 2 (prisotnost odmrle stoječe lesne biomase ali velikih lesnih ostankov) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Prisotnost različnih vrst odmrlega lesa) - 4 točke
		<input type="checkbox"/> 2 točki (stoječa odmrta lesna biomasa je prisotna)	
Veliki lesni ostanki		<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost velikih lesnih ostankov)	<input type="checkbox"/> Ocena 1 (enovrstni sestoj) - 2 točki <input type="checkbox"/> Ocena 2 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovega pomlajevanja pa ni ali je redko) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 3 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomlajevanje je obilno) - 4 do 6 točk
		<input type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost velikih lesnih ostankov)	
Kazalniki pestrosti drevesne sestave		Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov
Bogastvo vrst (prisotnost spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst)		<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst)	<input type="checkbox"/> Rezultati ocene pestrosti drevesne sestave <input type="checkbox"/> Ocena 1 (nenosilni sestoj) - 2 točki <input type="checkbox"/> Ocena 2 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovega pomlajevanja pa ni ali je redko) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 3 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomlajevanje je obilno) - 4 do 6 točk
		<input type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst)	
Delež (%) spremljavalnih in manjšinskih drevesnih vrst v mladovju		<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15)	<input type="checkbox"/> Rezultati ocene zastopanosti drevesnih mikrohabitativ <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitativ) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitativ) - 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitativ) - 7 do 9 točk
		<input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30)	
		<input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50)	
		<input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
Kazalniki zastopanosti drevesnih mikrohabitativ		Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov
delež (%) dreves z dupli		<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %)	<input type="checkbox"/> Rezultati ocene zastopanosti drevesnih mikrohabitativ <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitativ) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitativ) - 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitativ) - 7 do 9 točk
		<input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %)	
		<input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	
delež (%) dreves s poškodbami in ranami		<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %)	<input type="checkbox"/> Rezultati ocene zastopanosti drevesnih mikrohabitativ <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitativ) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitativ) - 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitativ) - 7 do 9 točk
		<input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %)	
		<input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	
delež (%) dreves z deformacijami		<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %)	<input type="checkbox"/> Rezultati ocene zastopanosti drevesnih mikrohabitativ <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitativ) - 3 točke <input type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitativ) - 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitativ) - 7 do 9 točk
		<input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %)	
		<input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	
Končni rezultat:			

Slika 5.5.2. Struktura obrazca za oceno gozdnega sestoja.

Izpolnite prostor s podatki, pridobljenimi na podlagi meritev in ocen na terenu. Obrazec je interaktiven in omogoča samodejen izračun končne ocene.

Obrazec za vrednotenje gozdnih sestojev - demonstracijska ploskev 10 - Culatta			
Gospodarjenje z gozdovi	Podatki o gozdnem sestoju		Posledice za gozd in gospodarjenje z gozdom
Z gozdovi je potrebno gospodariti tako, da ohranjamo njihovo stabilnost, odpornost in večnamensko vlogo (ekološko, socialno in proizvodno). To je mogoče doseči le z ohranjanjem zdravih gozdov in njihove biotske raznovrstnosti, varovanjem naravne rodovitnosti in vodnih virov v gozdu ter z zagotavljanjem vseh drugih koristnih funkcij, ki jih gozdovi opravljajo.	Brez gospodarjenja		
Kazalniki za strukturo gozda	Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena strukture gozda
Kazalniki strukture sestoja			
Standardni odklon (SD) prsnih premerov dreves	14,31	<input type="checkbox"/> 1 točka (SD < 10) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (10 ≤ SD ≤ 20) <input type="checkbox"/> 3 točke (SD > 20)	Rezultati ocene in izračuna posameznih znakov za strukturo sestoja <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 1 (Enostavna struktura gozda brez mladovja) - od 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 2 (poenostavljena struktura gozda z mladovjem ali kompleksna struktura gozda brez mladovja) - od 7 do 8 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem) - od 9 do 11 točk <input type="checkbox"/> Ocena 4 (kompleksna gozdna struktura s prisotnim mladovjem na celotni površini) - od 12 do 13 točk
Delež mladovja (%) v sestoji (ob upoštevanju dreves s premerom manj kot 10 cm)	0	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
Krivulja debelinskih stopenj	Bell-shaped	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (zvonasta oblika) <input type="checkbox"/> 2 točki (multimodalna oblika) <input type="checkbox"/> 3 točke (v obliki črke J)	
Število slojev v sestoji	Bi-stratified	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (enoslojni sestoji) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (dvoslojni sestoji) <input type="checkbox"/> 3 točke (tri- ali večslojni sestoji)	
Kazalniki produktivnosti	Vrednost kazalnika	Skupna ocena biotske raznovrstnosti populacije	
Produktivnost gozdnega rastišča je proizvodnja, ki jo je mogoče realizirati v okviru določenega sestoja, na določenem rastišču, ob dani genetski strukturi sestoja in ob določenem načinu gospodarjenja. Produktivnost gozdnega rastišča je odvisna tako od naravnih dejavnikov, ki so del gozdnega rastišča, kot od dejavnikov, povezanih z načinom gospodarjenja.	Lesna zaloga (m ³ /ha)	367,5 m ³ /ha	V odraslih gozdnih sestojih sencovzdržnih gozdnih drevesnih vrst, kjer se aktivno gospodari, naj znaša minimalna lesna zaloga lesa okoli 300-350 m ³ /ha.
Kazalniki biotske raznovrstnosti	Vrednost kazalnika	Točkovanje posameznih rezultatov	Skupna ocena biotske raznovrstnosti sestojev
Kazalniki odmrlega lesa			
Prisotnost stoječega odmrlega lesa	Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (stoječa odmrila lesna biomasa ni prisotna) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (stoječa odmrila lesna biomasa je prisotna)	Rezultati ocene odmrle lesne biomase <input type="checkbox"/> Ocena 1 (Popolna odsotnost odmrle lesne biomase) - 2 točki <input type="checkbox"/> Ocena 2 (prisotnost odmrle stoječe lesne biomase ali velikih lesnih ostankov) - 3 točke <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 3 (Prisotnost različnih vrst odmrlega lesa) - 4 točke
Veliki lesni ostanki	Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost velikih lesnih ostankov) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost velikih lesnih ostankov)	
Kazalniki pestrosti drevesne sestave	Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	
Bogastvo vrst (prisotnost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst)	Presence	<input type="checkbox"/> 1 točka (odsotnost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (prisotnost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst)	Rezultati ocene pestrosti drevesne sestave <input type="checkbox"/> Ocena 1 (enovrstni sestoji) - 2 točki <input type="checkbox"/> Ocena 2 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovega pomajevanja pa ni ali je redko) - 3 točke <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 3 (nenosilne drevesne vrste so prisotne, njihovo pomajevanje je obilno) - 4 do 6 točk
Ohranjanje biotske raznovrstnosti je ključni cilj sonaravnega in trajnostnega gospodarjenja z gozdovi. Biotska raznovrstnost opredeljuje množica dejavnikov kar otežuje njeno celovito oceno v določenem sestoji. Za spremljanje biotske raznovrstnosti se tako uporabljajo kazalniki, kot so količina in kakovost odmrle lesne biomase, pestrost spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst, tako v matičnem sestoji kot v mladovju, in prisotnost različnih oblik drevesnih mikrohabitata.	Delež (%) spremljevalnih in manjšinskih drevesnih vrst v mladovju	38,43	
	Delež (%) dreves s premerom manj kot 10 cm	<input type="checkbox"/> 1 točka (% mladovja < 15) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 ≤ % mladovja < 30) <input checked="" type="checkbox"/> 3 točke (30 ≤ % mladovja < 50) <input type="checkbox"/> 4 točke (% mladovja ≥ 50)	
Kazalniki zastopanosti drevesnih mikrohabitata	Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	
	delež (%) dreves z dupli	29,8	<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)
	delež (%) dreves s poškodbami in ranami	7,14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)
	delež (%) dreves z deformacijami	0,62	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)
Končni rezultat: 9			

Kazalniki zastopanosti drevesnih mikrohabitata	Vrednost kazalnika v sestoji	Točkovanje posameznih rezultatov	Rezultati ocene zastopanosti posameznih drevesnih mikrohabitata
delež (%) dreves z dupli	29,8	<input type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input checked="" type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	<input type="checkbox"/> Ocena 1 (Odsotnost oziroma majhna pogostnost mikrohabitata) - 3 točke <input checked="" type="checkbox"/> Ocena 2 (Srednja pogostnost mikrohabitata) - 4 do 6 točk <input type="checkbox"/> Ocena 3 (Visoka pogostnost mikrohabitata) - 7 do 9 točk
delež (%) dreves s poškodbami in ranami	7,14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	
delež (%) dreves z deformacijami	0,62	<input checked="" type="checkbox"/> 1 točka (% dreves ≤ 15 %) <input type="checkbox"/> 2 točki (15 % < % dreves ≤ 50 %) <input type="checkbox"/> 3 točke (% dreves > 50 %)	
Končni rezultat: 9			

Slika 5.5.3. Struktura obrazca za oceno gozdnega sestoja s podatki s ploskve 10 - Culatta.

5.6 Smernice za trajnostno gospodarjenje s hrastovimi gozdovi

Andrej Breznikar¹, Davide Travaglini²

¹ Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), Slovenija

² Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy

Opis gozdnogojitvenih sistemov

Med 13 evropskimi vrstami hrasta sta dob (*Q. robur*) in graden (*Q. petraea*) gospodarsko in ekološko najpomembnejša listavca v Evropi (Diaci, 2006), medtem ko druge vrste hrasta, kot sta puhasti hrast (*Q. pubescens*) in črnika (*Q. ilex*), ki smo jih prav tako preučevali v okviru projekta LIFE SYSTEMiC, postajajo vse pomembnejše zaradi svoje odpornosti na podnebne spremembe.

Hrasti so v Evropi zelo razširjeni. Uspevajo od severne Španije do južne Skandinavije in od Irske do vzhodne Evrope. Poleg tega so si hrasti med seboj tesno sorodni, se lahko med seboj mešajo, tekmujejo in naravno križajo. Zato so hrasti ena najbolj raznolikih drevesnih vrst v gozdovih. Visoka stopnja raznolikosti je najverjetneje posledica velikih populacij, prekrivanja ekoloških niš, pretoka genov na dolge razdalje in medvrstne hibridizacije (Ducousso in Bordacs, 2004). Človekov vpliv na populacije hrastov je zelo velik, z večino hrastovih gozdov se gospodari na različne načine. Analizirani hrastovi sestoji v okviru projekta LIFE SYSTEMiC so bili večinoma enodobni, z njimi se bodisi ni gospodarilo ali pa se je gospodarilo na način zastornega ali skupinsko postopnega gospodarjenja. Gozdnogojitveni sistem, ki je najprimernejši za hrastove gozdove je skupinsko postopno gospodarjenje z večjimi pomladitvenimi jedri v velikosti med 0,5 in 2 ha ali zastorni način gospodarjenja, ki pokriva potrebe hrasta po svetlobi. Gozdnogojitveni sistemi, ki se na projektnem območju redko uporabljajo, so intenzivno gospodarjenje z enodobnimi sestoji hrasta in predvsem v Italiji golosečni sistem, zlasti v gozdovih puhastega hrasta in črnike (Ciancio in Nocentini, 2004). Poleg tega se predvsem v gozdovih mediteranskega hrasta na strmih pobočjih z omejeno dostopnostjo pogosto sploh ne gospodari.

Gozdnogojitvene značilnosti hrastov

Trajnostno gospodarjenje s preučevanimi hrastovimi gozdovi doba, puhastega hrasta in črnike je potrebno prilagoditi posameznim značilnostim gozdnih rastišč in razvojni dinamiki gozda. Značilnosti hrastovih rastišč se lahko spreminjajo na kratkih razdaljah. Če želimo te značilnosti ohraniti in v največji možni meri izkoristiti njihove posebnosti, je potrebno pri gospodarjenju uporabiti primerne mešane strukture dreves in gozdnih sestojev. Usmerjen razvoj sestojev hrasta, prilagojen razmeram posame-

znega rastišča in sestoja, zahteva veliko mero prilagodljivost pri izbiri ustreznega sistema gospodarjenja z gozdom in skrbno načrtovanje ukrepov. Vrste hrastov se razlikujejo po svoji morfologiji in glede na njihove rastiščne zahteve. (Diaci, 2006). Vse hrastove vrste so svetloлюбne, ki v mladosti hitro zrastejo v višino. Na boljših rastiščih brez vpliva dreves v zgornjem sloju dosežejo vrhunec rasti že med 30. in 45. letom starosti. Nato se volumenski prirastek zmanjša, vendar ne hitro, tako da je povprečni dobní volumenski prirastek 200 let starih sestojev še vedno skoraj najvišji (Diaci, 2006). Zlasti v mladih fazah se hrasti odlično odzivajo na gozdnogojitvene ukrepe, ki pomembno vplivajo na obliko dreves in strukturo sestoja.

Ogroženost

Glede na trenutne podnebne grožnje in tveganja v hrastovih gozdovih bodo z višanjem povprečnih letnih temperatur hrastova rastišča postajala postopoma vse bolj sušna, kar bo povzročilo zmanjšanje primernih površin za hraste, predvsem za *Q. robur* in *Q. petraea* (ZGS, 2021). Zaradi kompleksnega delovanja biotskih (bolezni, škodljivci) in abiotskih dejavnikov (suša) je deloma ogrožen tudi delež lesne zaloge hrastov v starejših razvojnih fazah. Z večjo sušnostjo se bo povečala tudi požarna ogroženost hrastovih gozdov. Primes iglavcev, ki so prav tako zelo ogroženi (rdeči in črni bor) prav tako zelo povečajo ranljivost teh gozdov. Glavni problemi za ohranitev hrastovih gozdov so glivične bolezni (hrastova pepelovka) in škodljivci, hiter razvoj tujerodnih invazivnih rastlinskih vrst ter zmanjševanje možnosti za naravno pomlajevanje hrastov. V dobovih sestojih primanjkuje semenskih sestojev, predvsem zaradi degradacije, sprememb v sestavi drevesnih vrst ter sprememb v temperaturnem in vodnem režimu. Redka so tudi semenska leta. Zaradi vdora tujerodnih invazivnih rastlinskih vrst se lahko spremenijo in poslabšajo lastnosti tal. Prisotnost bolezni in škodljivcev zahteva nenačrtovane ukrepe, ki lahko bistveno motijo načrtovano dinamiko obnove hrastovega gozda (ZGS, 2021).

Velika grožnja genetski pestrosti hrastov je tudi vnos eksotičnih genotipov z osnovanjem plantaž. Hrasti imajo zelo široke ekološke niše in včasih zasedajo tudi ekstremne habitate (skalnata pobočja v gorah, peščene sipine, slana tla, šotička, garige). Te populacije so izpostavljene velikemu tveganju, da izginejo, saj je število osebkov majhno, habitati so nestabilni, vpliv človeka pa je pogosto velik (Bajc in sod., 2020).

Naravna obnova hrastov je pogosto težavna. Zaradi porušenega razmerja razvojnih faz, prešteviline rastlinojede divjadi ali sprememb režima podtalnice, je naravna obnova ogrožena. V mnogih primerih sadike odmrejo nekaj let po kalitvi (ZGS, 2021).

Resna grožnja so tudi patogeni in škodljivi organizmi. Hrastova pepelovka (*Microsphaera alphitoides*) je najpogostejši hrastov patogen. Akutno propadanje hrasta je nov sindrom, ki prizadene predvsem dobe in gradne, v zadnjih letih pa postaja vse bolj prepoznaven problem. Defoliacijo prvega snopa listov pogosto povzroča več gosenic, npr. *Tortrix viridana*, *Lymantria dispar*, *Operophtera brumata* in *Thaumetopoea processionea*, hrastov sprevodni prelec, ki se je iz južne Evrope razširil naprej proti severu (Bajc in sod., 2020).

Sredozemske hraste dodatno ogrožajo prekomerna sečnja in paša ter podnebne spremembe, neselektivna sečnja, neustrezno gozdnogojitveno gospodarjenje (goloseki ali čiste sečnje na velikih površinah, kjer obnova ne more uspeti) in intenzivno objedanje parkljaste divjadi (Bordacs in sod., 2019).

Ocena prilagoditvenega potenciala hrastovih gozdov na podnebne spremembe

Prilagoditveni potencial dobovih gozdov na podnebne spremembe je zaradi številnih nevarnosti, ki grozijo dobo kot ključni vrsti, precej nizek. V gozdovih puhastega hrasta in črnike je ta potencial večji, saj so te drevesne vrste bolj odporne proti suši. V teh gozdovih so prisotne tudi drevesne vrste, ki se lahko dobro obnavljajo iz panjev, kar je še posebej koristno v primeru različnih nesreč (požarov), vendar so takšni gozdovi nezanimivi za gospodarsko izkoriščanje, kar zmanjšuje dejanski obseg aktivnega gospodarjenja. Kljub temu je smiselno izboljšati njihovo prilagodljivost na podnebne spremembe, predvsem s pospeševanjem semenitve gozdnih sestojev in postopnim preoblikovanjem gozdnih sestojev (Bordacs in sod., 2019).

Obnova hrastovih sestojev

Obnovo ohranjenih sestojev doba je potrebno začeti po hrastovem semenskem letu. Prvenstveno skušamo dobove sestojev obnavljati po naravni poti, po potrebi pa tudi s sajenjem in setvijo. Pri uvajanju hrastovega sestoja za obnovo je pomembno, da polnilnega drevesnega sloja ne odstranimo v celoti zaradi ugodnega vpliva na mikroklimo, zaščito sadik ter preprečevanja intenzivne rasti plevelov in grmovnic (ZGS, 2021).

Obnovo sestavlja serija dveh ali treh sečenj: pripravljalna sečnja s 30-odstotno jakostjo, semenilna sečnja s 50-odstotno jakostjo in končni posek. Sečnjo je treba izvesti precej hitro, z razmikom od 3 do 5 let. V dveh do treh letih po setvi je treba v celoti odstraniti drevesni sloj.

Pomemben dejavnik uspeha pomlajevanja hrastovih sestojev je smer odpiranja sestoja. Pri odpiranju z južne strani so svetlobni pogoji ugodni za rast in večjo gostoto mladja. Vsi sestoji niso primerni za naravno obnovo. Biti morajo dobre kakovosti, z razvitimi krošnjami, kar zagotavlja boljši vznik in prenos želenih genetskih lastnosti na mlado rastje.



Slika 5.6.1. Uvajanje hrastovih sestojev v obnovo se izvede po semenskem letu.

Obnova s sajenjem ali setvijo je potrebna v primerih, ko delno ali v celoti manjkajo semenska drevesa ali so nezadostne kakovosti, ko konkurenčna pritalna vegetacija izrazito ovira vznik in nasemenitev, v gozdnih sestojih, poškodovanih zaradi naravnih nesreč ali v primerih preoblikovanja spremenjenih gozdov, in ko glede na strukturo, zgradbo in druge lastnosti sestoja (mikroklima) naravna obnova ni uspešna.

Gostota sajenja naj bo med 3.000 in 5.000 sadik/ha. Poleg sajenja se lahko uporablja tudi setev. Optimalna količina želoda za setev naj bi bila med 400 in 800 kg/ha, odvisno od načina setve (raztresanje semen, sajenje semen) (ZGS, 2021).

Nega in zaščita hrastovih sestojev

Najprimernejši ukrepi za nego in varstvo hrastovih gozdov so povzeti na podlagi smernic za trajnostno gospodarjenje z gozdovi v Sloveniji (ZGS, 2021) in rezultatov projekta LIFE SySTEMiC. V sestojih doba s pravilnim izvajanjem negovalnih ukrepov (zgodnja in močna redčenja) zagotovimo možnost hitrega razvoja močnih krošenj hrastov in s tem stabilnost gozdov pred škodljivimi abiotičnimi vplivi (veter, sneg). Intenzivna nega mladega drevja je potrebna za zagotovitev ustrezne sestojne strukture bodočega gozda. V naravnem mladju je treba dati prednost uravnavanju zmesi drevesnih vrst. V začetni fazi je največja težava podrast, ki raste hitreje kot hrastovmladje, zato jo je treba odstranjevati vsako leto, dokler hrast ni več ogrožen. Pri umetni obnovi s hrastom je zaradi hitro rastoče zeliščne in grmovne vegetacije potrebna redna in pravočasna obžetev, dvakrat na leto, odvisno od razmer na terenu. Če je izpad mladja večji od 30 %, izvedemo dopolnilno sadnjo s hrastom in plemenitimi listavci (gorski javor, divja češnja) (ZGS, 2021).



Slika 5.6.2. Zaradi konkurenčne zeliščne in grmovne vegetacije je potrebna redna obžetev mladja.

V fazi mladovja je potrebno spremljati negativni učinek hrastove pepelovke, saj je to eden od glavnih omejitvenih dejavnikov naravne obnove.

Nego mladja običajno izvedemo enkrat, ko so pozitivne lastnosti posameznih mladih dreves že vidne. S selektivnim redčenjem moramo začeti zgodaj. Močno redčenje hrastovih sestojev zagotavlja možnost hitrega razvoja močnih krošenj in večjo stabilnost. Redčenje hrastovih sestojev je potrebno za zagotovitev dovolj velikega ravnega prostora za izbrana drevesa. Njihove krošnje morajo biti dovolj široke.

Prav tako si moramo prizadevati za ohranitev polnilnega sloja, ki ga sestavljajo različne primešane drevesne in grmovne vrste. Načeloma ne posegamo v polnilni sloj, če pa že, z izbiralnim redčenjem pomagamo najkakovostnejšim osebkom.

V odraslih sestojih je redčenje smiselno le v mlajših delih sestoja (v jakosti 12-16 % lesne zaloge).

Polnilni sloj je potrebno obdržati do začetka pomlajevanja, to je pred uvajanjem sestoja za obnovo.

Na slabših rastiščih puhastega hrasta in črnike večinoma ni potrebna nega ali je le minimalna. Ta nega naj bi bila usmerjana predvsem na sestoje puhastega hrasta in črnega bora. Na bolj produktivnih rastiščih se ukrepi nege mladega gozda izvedejo samo enkrat v obdobju mladovja.

Skrajševanje proizvodnih obdobij je smiselno za ohranjanje vitalnosti gozdnih sestojev in doseganje večjih gospodarskih učinkov v sestojih, v katerih se je spremenila drevesna sestava, ali v sestojih, v katerih je zdravstveno stanje hrasta slabo in se drevesa sušijo.

Prilagajanje hrastovih sestojev podnebnim spremembam

Genski viri hrastov so ogroženi zaradi izgube naravnih rastišč in omejenosti semenskih virov, pa tudi zaradi posledic dolgoletnega onesnaževanja zraka in podnebnih sprememb (Bajc in sod., 2020).

Sistem obnove hrastovih gozdov je potrebno prilagoditi vse pogostejšim naravnim nesrečam ter določiti prednostne naloge ukrepanja po naravnih nesrečah in metode obnove poškodovanih gozdov.

Površine za obnovo morajo biti manjše, saj to zagotavlja mozaično strukturo prihodnjih sestojev in povečuje njihovo odpornost. Kljub temu ne smemo zanemariti zahtev posameznih drevesnih vrst po svetlobi/rasti in s tem zožiti vrstne pestrosti bodočega mladja.

Razmerje med naravno obnovo in obnovo s sajenjem mora slediti drugim strategijam, zlasti v smislu zagotavljanja stalne pokritosti gozdnih površin in zagotavljanja genetske pestrosti mladega gozda. Kjer je mogoče, se uporablja naravno obnavljanje, saj je tako evolucijski proces manj moten. Težava nastane, ko se okolje spreminja hitreje, kot se drevesa lahko prilagodijo. To lahko privede do zmanjšane vitalnosti in celo do kritične točke, ko se populacija ne more več obnavljati.

Glavna usmeritev še vedno ostaja pomlajevanje pod zastorom in posredna nega s pomočjo odraslega sestoja. Pomlajevalne dobe je treba ponovno kritično oceniti in jih po možnosti skrajšati ali podaljšati v nekaterih gozdnih sestojih.

Z ustrezno, dovolj pogosto in dovolj intenzivno nego hrastovih sestojev lahko vplivamo na izboljšanje strukture sestojev in s tem zmanjšamo občutljivost na naravne motnje ter vpliv negativnih biotskih in abiotičnih dejavnikov. Prav tako je treba prilagoditi (predvsem zmanjšati) gostoto gozdnih sestojev in zagotoviti večjo heterogenost sestojne zgradbe (več vertikalnih plasti) ter ohraniti raznoliko vertikalno, horizontalno in starostno strukturo gozdnih sestojev.

Klasično prebiralno redčenje v primernih rastiščnih razmerah nadomešča situacijsko redčenje, ki je bistveno manj tvegan način nege odraščajočih sestojev. Z večanjem pogostosti in resnosti poškodb se povečuje tudi nevarnost poškodb sestojev in s tem razvrednotenje visokih vlaganj v ukrepe nege (ZGS, 2021).

VIRI

- Abies (2016). The 15th international conference on ecology and silviculture of fir. Bringing knowledge on Fir species together. Conference proceedings, 56 p. http://www.iufro.org/download/file/26518/1404/10109-abies2016-sapporo-abstracts_pdf/.
- Alía R., Martín S. (2003). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Maritime pine (*Pinus pinaster*). Mednarodni inštitut za rastlinske genske vire, Rim, Italija, 6 str.
- Bajc M., Aravanopoulos F., Westergren M., Fussi B., Kavaliauskas D., Alizoti P., Kiourtsis F., in Kraigher Hojka (ur.) (2020). Priročnik za gozdni genetski monitoring. Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silva Slovenica. Ljubljana.
- Baldrian P. (2017). Forest microbiome: diversity, complexity and dynamics, FEMS Microbiology Reviews, 41(2): str. 109-130.
- Barbeito I., Pardos M., Calama R., Cañellas I. (2008). Effect of stand structure on Stone pine (*Pinus Pinea* L.) regeneration dynamics. Forestry, 81: str. 617-629. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpn037>.
- Barbero M., Loisel R., Quézel P. (1992). *Quercus ilex* L. ecosystems: function, dynamics and management. V: Romane F., Terradas J. (ur.), Springer Netherlands, Advances in vegetation science, 13: str. 19-34.
- Bordács S., Zhelev P., Schirone B. (2019). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use of pubescent oak (*Quercus pubescens*). European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), European Forest Institute, 6 str.
- Breznikar A. (2019). Podnebne spremembe postajajo glavni izziv javne gozdarske službe na področju gojenja in varstva gozdov. Gozdarski vestnik, letnik 77, No. 9, Ljubljana, str. 332-337.
- Burns R.M., Honkala B.H. (1990). Silvics of North America: 2. Hardwoods.
- Bussotti F. (1996). *Pinus Pinea*. V Schütt P, Schuck HJ, Aas G, Lang UM (ur.), Enzyklopaedie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Ecomed Verlagsgesellschaft. Landsberg
- Calama R., Manso R., Lucas-Borja M.E., Espelta J.M., Piqué M., Bravo F., Del Peso C., Pardos M. (2017). Natural regeneration in Iberian pines: A review of dynamic processes and proposals for management. Forest Systems, 26: eR025. <https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11255>.
- Calama R., Puértolas J., Madrigal G., Pardos M. (2013). Modeling the environmental response of leaf net photosynthesis in *Pinus Pinea* L. natural regeneration. Ecological Modelling, 251: str. 9-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.11.029>.
- Carrer, M., Nola, P., Motta, R. and Urbinati, C. (2010). Contrasting tree-ring growth to climate responses of *Abies alba* toward the southern limit of its distribution area. Oikos, 119(9), str. 1515-1525. <http://www.jstor.org/stable/20779075>
- Čater M., Diaci J. (2020). Forest management - silvicultural systems. V: Forests and forestry in Slovenia. Ur.: Čater M., Železnik P., Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica, 120 str.
- Caudullo G., CC BY 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Fagus_sylvatica_range.svg.
- Ciancio O., Nocentini S. (2004). The coppice forest. Silviculture, regulation, management. V: "Il bosco ceduo. Selvicoltura, assestamento, gestione". Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze,

str. 679-701.

Ciancio O., Cutini A., Mercurio R., Veracini A. (1986) - Sulla struttura della pineta di pino domestico di Alberese. Annali dell'Istituto Sperimentale di Selvicoltura, XVII: str. 171-236.

Ciancio O., Iovino F., Menguzzato A., Nicolaci A., Nocentini S. (2006). Structure and growth of a small group selection forest of Calabrian pine in Southern Italy: a hypothesis for continuous cover forestry based on traditional silviculture. Forest Ecology and Management 224: str. 229-234. - doi: 10.1016/j.foreco.2005.12.057

Ciancio O., Travaglini D., Bianchi L., Mariotti B. (2009) - La gestione delle pinete litoranee di pino domestico: il caso dei "Tomboli di Cecina". V: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), str. 156-162.

Critchfield W.B., Little E.L. (1966). Geographic distribution of the pines of the world (No. 991). US Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C.

D'Aprile D., Vacchiano G., Meloni F., Garbarino M., Motta R., Ducolim V., Partel P. (2020). Effects of Twenty Years of Ungulate Browsing on Forest Regeneration at Paneveggio Reserve, Italy. Forests, 11: 612. doi:10.3390/f11060612

Del Perugia B., Travaglini D., Bottalico F., Nocentini S., Rossi P., Salbitano F., Sanesi G., 2017 - Are Italian stone pine forests (*Pinus Pinea* L.) an endangered coastal landscape? A case study in Tuscany (Central Italy). L'Italia Forestale e Montana, 72 (2): str. 103-121. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2017.2.01>.

Demesure B., Comps B., Petit R.J. (1996). Chloroplast DNA phylogeography of the common beech (*Fagus sylvatica*) in Europe. Evolution (N.Y). 50, 2515. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1996.tb03638.x>

Demeter L., Molnár A. P., Öllerer P., Csóka G., Kiš A., Vadász C., Horváth F., Molnár Z. (2021). Rethinking the natural regeneration failure of pedunculate oak: The pathogen mildew hypothesis. Biological Conservation, 253. doi: 10.1016/j.biocon.2020.108928.

Diaci J. (2006). Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 348 str.

Diaci J., Roženbergar D., Fidej G., Arnič D. (2021). Sodobna izhodišča redčenja: povezovanje načel izbiralnega redčenja, situacijskega redčenja, redčenja šopov in skupin ter redčenja spremenljive gostote. Gozdarski vestnik, 79, št. 9: str. 299-311.

Didion M., Kupferschmid A.D., Bugmann H. (2009). Long-term effects of ungulate browsing on forest composition and structure. Forest Ecology and Management, 258: S44 - S55. doi: 10.1016/j.foreco.2009.06.006

Ducousso A., Bordacs S. (2004). EUFORGEN - Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). Mednarodni inštitut za rastlinske genske vire, Rim, Italija, 6 str.

Eckenwalder J.E. (2009). Conifers of the World: The Complete Reference.

Farjon A. (2010). A handbook of the world's conifers. Brill, e-ISBN : 9789047430629.

Farjon A. (2017). A Handbook of the World's Conifers Vols 1 -2. Brill, Leiden & Boston, 2. izd.

VIRI

- Farjon A., Filer D. (2013). An atlas of the world's conifers: an analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status. Brill. Leiden & Boston.
- Finlay R.D. (2008). Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of Experimental Botany*, 59: str. 1115-1126.
- Forest management by mimicking nature, How to conserve forests by using them. 2014. Zavod za gozdove Slovenije: 27 str.
- Forgenius (2023). Deliverable D4.3: Synthetic index of genome-wide diversity and other adaptive potential estimators for a subset of the selected GCUs/species.
- Franjić, J.; Škvorc, Ž.; Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, 2010. 432.
- Garonna A.P., Foscari A., Russo E., Jesu G., Somma S., Cascone P., Guerrieri E. (2018). The spread of the non-native pine tortoise scale *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae) in Europe: a major threat to *Pinus pinea* in Southern Italy. *iForest* 11: str. 628-634. doi: 10.3832/ifer2864-011.
- Gaussen H., Webb D.A., Heywood H.V. (1993) *Pinus*. V: Tutin G.H., Heywood H.V., Burges V.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A. (ur.), *Flora Europaea*, vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge, UK: str. 40-44.
- Gea-Izquierdo G., Cherubini P., Cañellas I. (2011). Tree-rings reflect the impact of climate change on *Quercus ilex* L. along a temperature gradient in Spain over the last 100 years. *Forest Ecology and Management*, 262(9): str. 1807-1816.
- GenTree (2020). Deliverable D1.5: Report characterizing the genetic diversity of the European Conservation Network and monitoring strategies.
- Gianinazzi-Pearson V. (1984). Host-Fungus Specificity, Recognition and Compatibility in Mycorrhizae. V: "Genes Involved in Microbe-Plant Interactions. Plant Gene Research" (Verma D.P.S., Hohn, T. ur.). Springer, Vienna.
- Gonthier P., Faccoli M., Garbelotto M., Capretti P. (2015). Invasioni biologiche ed effetti sulla biodiversità forestale. V: (Orazio Ciancio) Proceedings of the Second International Congress of Silviculture, Designing the future of the forestry sector (Vol. 1). Firenze, 26. - 29. november 2014. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, str. 155-160.
- Dobrowolska D. (2008). Effect of stand density on oak regeneration in flood plain forests in lower Silesia, Poland. *Forestry*, 81: 511-523. doi: 10.1093/forestry/cpn025
- Hafner B., Černe B., Stergar M., Poljanec A. (2020). Analiza stanja poškodovanosti gozdnega mladja od rastlinojede parkljaste divjadi v letih 2010, 2014, 2017 in 2020/Analysis of the state of damage to forest natural regeneration by ungulate herbivores in years 2010, 2014, 2017 and 2020. Zavod za gozdove Slovenije, 104 str.
- Hazard C., Kruitbos L., Davidson H., Mbow F.T., Taylor A.F.S., Johnson D. (2017). Strain identity of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor* is more important than richness in regulating plant and fungal performance under nutrient rich conditions. *Frontiers in Microbiology*, 8: 1874.
- Höhn M., Major E., Avdagić A., Bielak K., Bosela M., Coll L., Dinca L., Giammarchi F., Ibrahimspahić A., Mataruga M., Pach M., Uhl E., Zlatanov T., Cseke K., Kovács Z., Palla B., Ladányi M., Heinze B. (2021). Local characteristics of the standing genetic diversity of European beech with high within-

VIRI

- region differentiation at the eastern part of the range. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(12): str. 1791-1798. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0413>.
- Horsley S.B., Stout S.L., DeCalstea D.S. (2003). White-tailed deer impact on the vegetation dynamics of a northern hardwood forest. *Ecological Applications* 13: str. 98-118. doi: 10.1890/1051-0761.
- Horvat I., Glavac V.U., Ellenberg H. (1974). *Vegetation Sudosteuroapas*. Stuttgart.
- Idžojtić M. (2009). *Dendrologija-list*. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 577 str.
- Idžojtić M. (2013). *Dendrologija-cvijet, češer, plod, sjeme*. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 424 str.
- IPCC (1996). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas. Spletno mesto. [na spletu, zadnji dostop: 2. julij 2024] URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.
- Iravani S., Zolfaghari B. (2014). Phytochemical analysis of *Pinus eldarica* bark. *Research in pharmaceutical sciences*, 9(4): str. 243-250.
- Isajev V., Fady B., Semerci H., Andonovski V. (2004). EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for European Black pine, *Pinus nigra*. Rome, ITA: IPGRI. <http://prodinra.inra.fr/record/76757>.
- Jalas J., Suominen J. (1973). *Atlas Florae Europaeae: distribution of vascular plants in Europe Vol. 2 Gymnospermae (Pinaceae to Ephedraceae)*. Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki.
- Johnson O., More D. (Collins, 2006) *Collins tree guide*.
- Kavaliauskas in sod. (2020). Guidelines for genetic monitoring of Silver fir (*Abies alba* Mill.) and King Boris fir (*Abies borisii-regis* Mattf.). V: *Bajc in sod. (ur.) Manual for Forest Genetic Monitoring*. Gozdarski inštitut Slovenije: Založba Silva Slovenica, Ljubljana.
- Klepac D. (1996). Uvod. V: D. Klepac (ur.), *Hrast lužnjak u Hrvatskoj, HAZU i »Hrvatske šume« p.o., Vinkovci - Zagreb*: 9-12.
- Kraigher H. (2024). Ohranjanje gozdnih genskih virov s semenarskim praktikumom. Univerzitetna založba Univerze v Mariboru. <https://doi.org/10.18690/um.fnm.3.2024>
- Kraigher H., Bajc M., Grebenc T. (2013). Mycorrhizosphere complexity. V: "Climate change, air pollution and global challenges: understanding and perspectives from forest research" (Matyssek R. ur.). Elsevier, Amsterdam, str. 151-177.
- Magri D., Vendramin G.G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gömöry D., Latawowa M., Litt T., Paule L., Roure J.M., Tantau I., Van Der Knaap W.O., Petit R.J., De Beaulieu J.L. (2006). A new scenario for the Quaternary history of European Beech populations: Palaeobotanical evidence and genetic consequences. *New Phytol.*, 171: str. 199-221.
- Manso R., Pukkala T., Pardos M., Miina J., Calama R. (2014). Modelling *Pinus pinea* forest management to attain natural regeneration under present and future climatic scenarios. *Canadian Journal of Forest Research*, 44: 250-262. <https://dx.doi.org/10.1139/cjfr-2013-0179>.
- Marçais B. and Bréda N. (2006). Role of an opportunistic pathogen in the decline of stressed oak trees. *Journal of Ecology*, 94, str. 1214-1223. doi:10.1111/j.1365-2745.2006.01173.x

VIRI

Martinez FG, Montero R, Ruiz-Peinado I, Canellas JA, Candela A (2004). Geobotanica e historia de los pinares [Geobotany and history of the pine forests]. V: "El Pino pinonero (*Pinus Pinea* L.) en Andalucía: Ecología, distribución y silvicultura" (Montero G, Candela JA, Fernandez A ur). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, Spain, str. 49-111.

Matić S. (ur.) (2003). Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj [Common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Croatia]. Akademija Šumarskih Znanosti, Zagreb, Hrvatska, 855 str.

Mazza G, Manetti M. (2013). Growth rate and climate responses of *Pinus Pinea* L. in Italian coastal stands over the last century. *Climatic Change* 121 (4): str. 713-725. doi: 10.1007/s10584-013-0933-y.

Mechergui K., Saleh Altamimi A., Jaouadi W., Naghmouchi S. (2021). Climate change impacts on spatial distribution, treeing growth, and water use of stone pine (*Pinus Pinea* L.) forests in the Mediterranean region and silvicultural practices to limit those impacts. *iForest* 14: str. 104-112. doi: 10.3832/ifer3385-013.

Mitchell A. (1974). A field guide to the trees of Britain and northern Europe. Collins.

Montero G., Calama R., Ruiz-Peinado R. (2008). Silvicultura de *Pinus Pinea* (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (España)): str. 431-470.

Morić M., Bogdan S., Ivanković M. (2018). Kvantitativna genetska diferencijacija populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u pokusnom nasadu »Jastrebarski lugovi«. *Nova mehanizacija šumarstva*, 39 (1): str. 35-45.

Nocentini S. (2006). La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: è necessario un modello di riferimento? *Forest@ - Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 3: str. 376-379.

Nocentini S. (2009). Structure and management of beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in Italy. *iForest* 2: str. 105-113. doi: 10.3832/ifer0499-002.

Noormets A., Epron D., Domec J.C., McNulty S.G., Fox T., Sun G., Kinget J.S. (2015). Effects of forest management on productivity and carbon sequestration: A review and hypothesis. *Forest Ecology and Management*, 355: str. 124-140.

Oggioni S.D., Rossi L.M.W., Avanzi C., Marchetti M, Piotti A., Vacchiano G. (2024). Drought responses of Italian silver fir provenances in a climate change perspective. *Dendrochronologia*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2024.126184>.

Pap P., Ranković B. and Maćirević S. (2012). Significance and need of powdery mildew control (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.) in the process of regeneration of the pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stands in the Ravni Srem area. *Periodicum Biologorum*, 114: str. 1, 91-102

Pardos M., Calama R., Maroschek M., Rammer W., Lexer M.J. (2015). A model based analysis of climate change vulnerability of *Pinus Pinea* stands under multiobjective management in the Northern Plateau of Spain. *Annals of Forest Science*, 72: 1009-1021. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0520-7>.

Pasta S., De Rigo D., Caudullo G. (2016). *Quercus pubescens* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of forest tree species*: str. 156-157.

Pereira J.S. (2002). Pines of Silvicultural Importance, CABI, ur. CABI, Wallingford, UK: str. 316-328.

Piotti A., Leonarduzzi C., Postolache D., Bagnoli F., Spanu I., Brousseau L., Urbinati C., Leonardi S., Vendramin GG. (2017). Unexpected scenarios from Mediterranean refugial areas: disentangling

VIRI

complex demographic dynamics along the Apennine distribution of silver fir. *Journal of Biogeography*, 44: str. 1547-1558.

Pique-Nicolau M., del-Rio M., Calama R., Montero G. (2011). Modelling silviculture alternatives for managing *Pinus Pinea* L. forest in North-East Spain. *Forest Systems*, 20: str. 3-20.

Piraino S. (2020). Assessing *Pinus Pinea* L. resilience to three consecutive droughts in central-western Italian Peninsula. *iForest* 13: str. 246-250. doi: 10.3832/ifer3320-013.

Portoghesi L., Tomao A., Bollati S., Mattioli W., Angelini A., Agrimi M. (2022). Planning coastal Mediterranean stone pine (*Pinus Pinea* L.) reforestation as a green infrastructure: combining GIS techniques and statistical analysis to identify management options. *Annals of Forest Research*, 65: str. 31-46. <https://doi.org/10.15287/afr.2022.2176>.

Praciak A., Pasiecznik N., Sheil D., Van Heist M., Sassen M., Correia C.S., Teeling C. (2013). The CABI encyclopedia of forest trees (CABI, Oxfordshire, UK). ISBN: 978178064236.

Prpic B. (ur.) (2001). Silver fir in Croatia. Hrvatske šume p.o, Zagreb: Akademija šumarskih znanosti. Zagreb, Hrvatska, 895 str.

Quézel P., Médail F. (2003). Ecologie et biogéographie des forêts du bassin Méditerranéen [Ecology and biogeography of forests in the Mediterranean basin]. Elsevier Masson, Pariz, Francija, str. 573.

Regent B. (1980). Šumsko sjemenarstvo. Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd.

Schirone B., Vessella F., Varela M.C. (2019). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Holm oak (*Quercus ilex*). *European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN)*, European Forest Institute, 6 p.

Schulze E.D., Bouriaud O., Wäldchen J., Eisenhauer N., Walentowski H., Seele C., Heinze E., Pruschtzki U., Danila G., Marin G., Hessenmöller D., Bouriaud L., Teodosiu M. (2014). Ungulate browsing causes species loss in deciduous forests independent of community dynamics and silvicultural management in Central and Southeastern Europe. *Annals of Forest Research* 57(2): str. 267-288. doi: 10.15287/afr.2014.273.

Schwarz O. (1993). *Flora Europaea: Psilotaceae to Platanaceae* (Vol. 1). V: Tutin T. G. in sod. (ur), Cambridge University Press, 2. izd.: str. 72-76.

Scotti-Saintagne C., Boivin T., Suez M., Musch B., Scotti I., Fady B. (2021). Prepoznavna značilnost srednjepleistocenskih linij pri beli jelki (*Abies alba* Mill.) na robu njene geografske porazdelitve. *Ecol Evol.*, 11(16): str. 10984-10999. doi: 10.1002/ece3.7886.

Sever K., Fidej G., Breznikar A., Roženbergar D., Rantaša B. (2022). *Sodobna nega gozda - zbiranka*. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 2 str.

Teodosiu M., Mihai G., Fussi B., Ciocîrlan E. (2019). Genetic diversity and structure of Silver fir (*Abies alba* Mill.) at the southeastern limit of its distribution range. *Ann. For. Res.*, 62: str. 139-156.

Thomas F. M., Blank R. and Hartmann G. (2002). Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in central Europe. *Forest Pathology*, 32, str. 277-307. doi:10.1046/j.1439-0329.2002.00291.x

Travaglini D., Garosi C., Logli F., Parisi F., Ursumando I., Vettori C., Paffetti D. (2022). Stand structure and natural regeneration in a coastal Stone pine (*Pinus Pinea* L.) forest in Central Italy, str. 775-784

© 2022 Author(s), CC BY-NC-SA 4.0, doi: <https://doi.org/10.36253/979-12-215-0030-1.74>.

VIRI

Tremblay J.P., Hout J., Potvin F. (2007). Density-related effects of deer browsing on the regeneration dynamics of boreal forests. *Journal of Applied Ecology* 44: str. 552-562. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01290.x.

Turczanski K., Bełka M., Sychalski M., Kukawka R., Prasad R. and Smiglak M. (2023). Resistance Inducers for the Protection of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) Seedlings against Powdery Mildew *Erysiphe alphitoides*. *Plants* 2023, 12, 635

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. (ur.) (1993). *Flora Europaea*, ed. 2, 1. Cambridge.

Twieg B.D., Durall D.M., Simard S.W. (2007). Ectomycorrhizal fungal succession in mixed temperate forests. *New Phytologist*, 176: str. 437-447.

Unuk Nahberger T. (2020). Ectomycorrhizal symbionts of silver fir (*Abies alba* Mill.): doctoral dissertation. Biotehniška fakulteta, Ljubljana.

USDA (2008). *The Woody Plant Seed Manual*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727. Washington D. C., USA.

Veselič, Ž. (ur.) (2008). *Forest management by mimicking nature: close-to-nature forest management in Slovenia: how to conserve forests by using them*. Ljubljana: Zavod za gozdove Slovenije, 2008, 27 str.

Viñas R.A., Caudullo G., Oliveira S., De Rigo D. (2016). *Pinus Pinea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. V: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (ur.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, str. e012d59+

Wahid N., González-Martínez S.C., El Hadrami I., Boulli A. (2006). Variation of morphological traits in natural populations of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Morocco. *Annals of forest science*, 63(1): str. 83-92.

Westergren M., Božič G., Ferreira A., Kraigher H. (2015). Insignificant effect of management using irregular shelterwood system on the genetic diversity of European beech (*Fagus sylvatica* L.): a case study of managed stand and old growth forest in Slovenia. *Forest Ecology and Management*, 335: str. 51-59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.09.026>.

Westergren in sod. (2020) *Guidelines for genetic monitoring of European beech (Fagus sylvatica L.)*. V: Bajc in sod. (ur.) *Manual for Forest Genetic Monitoring*. Gozdarski inštitut Slovenije: Založba Silva Slovenica, Ljubljana.

Willis K.J., Bennett K.D., Birks H.J.B. (1998). The late Quaternary dynamics of pines in Europe. In *Ecology and Biogeography of Pinus*; Richardson, D.M., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, Združeno kraljestvo: str. 107-121.

Wolf H., Westergren M., Poljanec A., Kraigher H. (2010). Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: bela jelka: *Abies alba*. *Gozd vestn.*, 68(10): str. 485-490.

Wuehlisch G. (2008). *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European beech (Fagus sylvatica)*. Bioersity International, Rim, Italija, 6 str.

ZGS (2021). *Usmeritve za gospodarjenje z gozdovi po skupinah gozdnih rastiščnih tipov*. Notranja publikacija. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 236 str.

VIRI



