



*Smjernice za
održivo gospodarenje
šumama obične bukve*

(Fagus sylvatica L.)



Smjernice za održivo gospodarenje šumama obične bukve (*Fagus sylvatica* L.)

B. Provedbene aktivnosti
Akcija B3 - Šumsko-uzgojne mjere

Isporuka: Smjernice o šumsko-uzgojnim aktivnostima
u područjima očuvanja šuma u kontekstu klimatskih promjena
za svaku od 4 ciljane vrste



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI AGROLOGIA
E DIFESA DELLE PIANTE



UNIVERSITÀ
CASENTINO
LUNGONI IORI E STRALDI NANTANI



CRISTINA IORIO
SERENA BATTI
SERVIZIO REGIONALE
SILVICOLTURA



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



OPIS PROJEKTA LIFE SySTEMiC

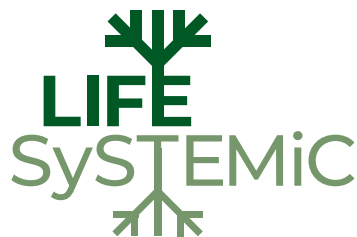
Program LIFE instrument je Europske unije za financiranje projekata očuvanja okoliša, bioraznolikosti i borbe protiv klimatskih promjena.

Cilj projekta LIFE SySTEMiC (Održivo gospodarenje šumama u skladu s prirodom u uvjetima klimatskih promjena) je korištenje „alata za modeliranje” temeljenog na genetskoj raznolikosti kako bi se odredile najbolje šumarske prakse za zaštitu naših šuma u doba klimatskih promjena. Osnovna ideja je jednostavna: što je veća genetska raznolikost drveća u šumi, veća je vjerojatnost da neka stabla imaju genetske karakteristike koje ih čine prilagodljivijima na klimatske promjene, time povećavajući otpornost i izdržljivost šumskog sustava.

Na temelju tih premisa, glavni ciljevi projekta su:

- Istražiti odnose između gospodarenja šumama i genetske raznolikosti za osam vrsta šumskog drveća u tri europske zemlje (Hrvatska, Italija, Slovenija) kako bi se identificirali šumarski sustavi koji održavaju visoku razinu genetske raznolikosti.
- Razviti inovativni model Genetske bioraznolikosti i šumarstva (GenBioSilvi) temeljen na kombinaciji napredne krajobrazne genomike, primijenjene genetike i šumarskih modela za podršku održivom gospodarenju šumama.
- Proširiti znanje o metodi diljem Europe i prenijeti njezinu uporabu u šumarsku praksu uključivanjem različitih vrsta dionika.

Web-stranica projekta LIFE SySTEMiC, uključujući detaljne protokole, dostupna je na poveznici: <https://www.lifesystemic.eu/>

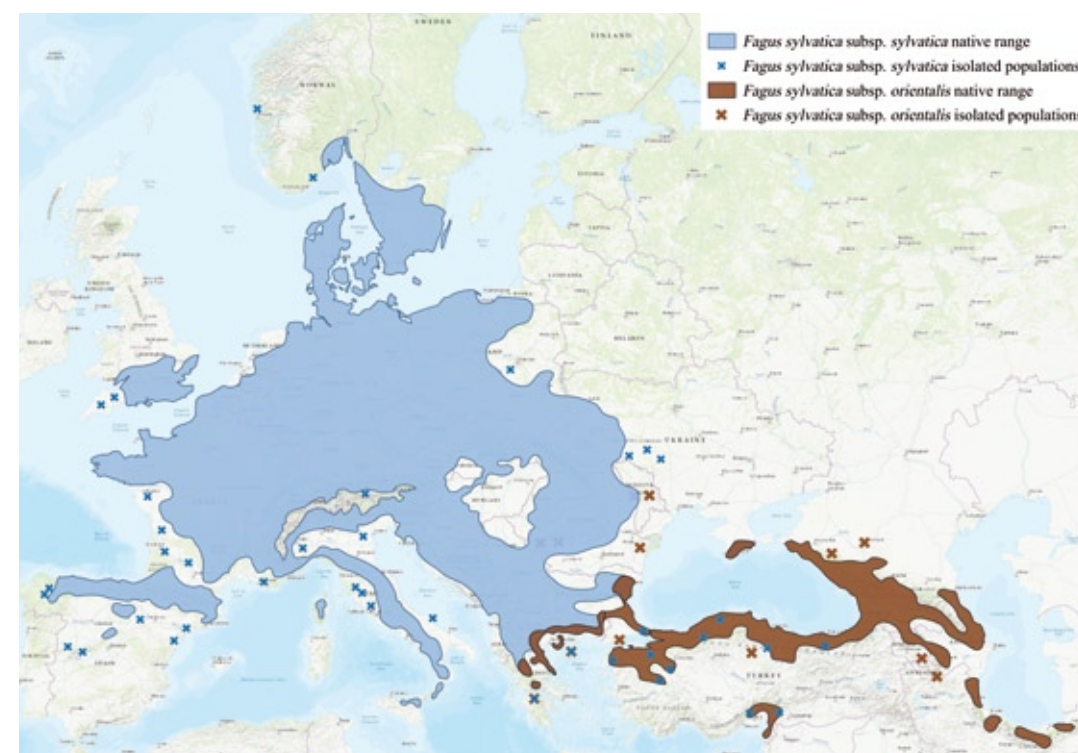


1. Uvod

Hojka Kraigher, Marjana Westergren

Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) jednodomna je vrsta koja se oprašuje vjetrom, a životni vijek joj može biti do 300 godina. Doseže visinu od 40 (60) metara. Obična bukva raste u sastojinama diljem Europe koje mogu biti čiste ili mješovite. Na jugoistoku Europe može se križati s *Fagus orientalis* Lipsky (Slika 1.1.). Raste na širokom rasponu tala, osim na zbijenim i vodom zasićenim tlima te preferira vlažne klime. Budući da je osjetljiva na visoke temperature, ljetne suše i kasne mrazove, njezin areal ograničen je na Mediteran i kontinentalne dijelove zapadne i sjeverne Europe (Westergren i sur., 2020).



Slika 1.1. Rasprostranjenost obične bukve (www.euforgen.org) prema Caudullo G., CC BY 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, putem Wikimedia Commons. Legenda:

Obična bukva obilježena je niskom genetskom strukturom širom europskog kontinenta. Populacije na Pirenejskom poluotoku i jugozapadnoj Francuskoj, Apeninskom poluotoku i jugoistočnom Balkanu (moguće su i druge genske baze u regiji) pripadaju različitim genskim bazama, dok se srednjoeuropska genska baza miješa s balkanskom genskom bazom i širi prema sjevernom arealu vrste (Demesure i sur., 1996; Magri i sur., 2006; GenTree, 2021; Höhn i sur., 2021), pri čemu izolacija prema udaljenosti igra važnu ulogu u diferencijaciji (Höhn i sur., 2021). Genetska raznolikost bukve čini se da je najviša u glacialnim područjima (GenTree, 2021). Općenito, populacije u središtu areala sličnije su u pogledu raznolikosti i strukture (GenTree, 2021).

2. Smjernice za održivo gospodarenje i prilagodbu bukovih šuma klimatskim promjenama

Andrej Breznikar

Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Održivo i prirodno blisko šumarstvo koristi metode gospodarenja šumama koje promiču očuvanje prirode i šuma kako bi se očuvao prirodni ekosustav svih njezinih različitih oblika života i odnosa koji se u njemu formiraju. Temelji se na detaljnom planiranju gospodarenja šumama, prilagođenom specifičnim uvjetima na terenu i funkcijama šuma, uzimajući u obzir prirodne procese i strukture specifične za prirodne šumske ekosustave (Veselič, 2008).



Slika 2.1. Pomladjenje pod zastorom krošanja na malim površinama uobičajen je način gospodarenja bukovim šumama.

Šumsko-uzgojni oblici za bukove šume trebaju biti pažljivo odabrani kako bi se promicali pristupi bliski prirodi i oponašali prirodni procesi u šumskim staništima. Unutar LIFE SySTEMiC projekta analizirana su četiri šumsko-uzgojna oblika bukovih šuma (Tablica 2.1.). Također je proučavano 12 sastojina bukve koje odgovaraju 4 europska tipa šuma (EFT): 6.6 Ilirska pretplaninska bukova šuma; 7.2 Srednjoeuropska planinska bukova šuma; 7.3 Apeninsko-korzijska planinska bukova šuma; 7.4 Ilirska planinska bukova šuma. Rezultati opisani u prethodnim poglavljima pokazuju da su šumsko-uzgojni oblici sa smanjenim intenzitetima gospodarenja povoljniji za očuvanje genetske varijabilnosti, kao što su preborno gospodarenje i oplodne sječe na malim površinama.

Tablica 2.1. Popis demonstracijskih ploha za *Fagus sylvatica* L. u projektu LIFE SySTEMiC.

Id	Site name	Country	Species	EFT *	Structure	Silvicultural system
01	Pian degli Ontani	Italy	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Even-aged	Uniform shelterwood
02	Baldo's forest	Italy	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Uneven-aged	Individual tree selection
03	Pian dei Ciliegi	Italy	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Even-aged	Uniform shelterwood
04	Caselle 1	Italy	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Even-aged	Uniform shelterwood
05	Caselle 2	Italy	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Even-aged	Uniform shelterwood
11	Fonte Novello	Italy	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Uneven-aged/Old-growth	Unmanaged
12	Venacquaro	Italy	<i>F. sylvatica</i>	7.3	Even-aged	Uniform shelterwood
14	Ogulin	Croatia	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Even-aged	Uniform shelterwood
23	Osankarica	Slovenia	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Even-aged	Irregular shelterwood
24	Pri Studencu	Slovenia	<i>F. sylvatica</i>	6.6	Even-aged	Irregular shelterwood
25	Rajhenavski Rog	Slovenia	<i>F. sylvatica</i>	7.4	Uneven-aged/Old-growth	Unmanaged
29	Gorski kotar, Vrbovsko	Croatia	<i>F. sylvatica</i>	7.2	Uneven-aged	Individual tree selection

*EFT = Europski tip šume: 6.6 Ilirska pretplaninska bukova šuma; 7.2 Srednjoeuropska planinska bukova šuma; 7.3 Apeninsko-korzijska planinska bukova šuma; 7.4 Ilirska planinska bukova šuma.

Bukva je vrsta drveća koja podnosi sjenu i prisutna je u mnogim šumskim biljnim zajednicama i različitim tipovima šuma u Europi, većinom kao dominantna ili u nekim slučajevima kao pridružena vrsta drveća. Karakterizira je spori rast u mladosti, koji kulminira tek nakon 45 godina kada svjetlosni uvjeti to dopuštaju. Debljinski prirast bukve dostiže svoj maksimum vrlo kasno, na nekim staništima tek nakon 75 godina. Općenito, prosječno ukupno povećanje drvne zalihe ne pokazuje znakove opadanja do dobi od 150 godina. Bukva također reagira na šumsko-uzgojne mjere ili prorjeđivanje sve do starosti i nadmašuje sve ostale vrste drveća (Diaci, 2006).

Bukva je relativno otporna na većinu bolesti i ne pati od masovnih napada štetnika koji bi doveli do potpunog propadanja sastojina. Kasni proljetni mrazovi često oštećuju mlada stabla ili cvjetove koji se pojavljuju istovremeno s listanjem. Intenzivno sunčevo svjetlo može oštetiti površinu debla. Lisne uši mogu napasti koru, a gljiva *Nectria ditissima* uzrokuje nekrozu kore (Wuehlisch, 2010). Glavne prijetnje bukovim šumama zbog klimatskih promjena su prirodne nepogode poput ledoloma i snjegoloma (Slika 2.2.) na većim nadmorskim visinama, kao i vjetrovi koji mogu prouzročiti velike štete u sastojinama.



Slika 2.2. Ledolom može biti vrlo štetan za bukove sastojine na većim nadmorskim visinama.

Šume bukve na toplijim područjima mogu biti ugrožene zbog jačih ljetnih suša. Šume na sjevernim padinama su manje ugrožene (ZGS, 2021). Stabilnost sastojina bukve s većim udjelom drugih vrsta izrazito je ugrožena zdravstvenim stanjem tih vrsta (npr. smreka i gradacije njenih štetnika). Također, postoji povećani rizik od unosa i širenja invazivnih stranih vrsta u šumama blizu naselja i infrastrukturnih objekata (ceste, željeznice).

Kroz prirodno pomlađenje sastojina bukve prilagodljivost stabala specifičnim uvjetima rasta i prirodne dinamike je očuvana. Sastojine bukve trebaju se pomlađivati prirodno i oponašati omjere smjese vrsta drveća šumskih sastojina prirodnih šuma (ZGS, 2021). Prirodno pomlađenje sastojina bukve općenito nije problematično. Mlade sastojine bukve obilježene su gustim rastom s jakom stratifikacijom. Na progalama i u raznodobnim mladim sastojinama dominantna stabla brzo razvijaju prerasle krošnje (Diaci, 2006).

Najčešći način obnove sastojina bukve je pod zastorom krošanja. Obnova se obavlja u nekoliko sijekova, uglavnom po principu oplodnih sječa na velikim (Nocentini, 2009) ili malim površinama (Westergren i sur. 2015). Oplodne sječe na malim površinama planiraju se na površinama promjera do dvije visine stabla te se postupno s vremenom povezuju jedna s drugom. Vrlo prikladan sustav je preborno gospodarenje, posebno u mješovitim sastojinama s običnom jelom i na područjima gdje je pritisak klimatski nestabilnog okoliša vrlo visok (ZGS, 2021). S druge strane, obnova se može provoditi i na nešto većim područjima (preko 2 ha), koja bi trebala biti prostorno odvojena od zrelih sastojina.

Obnova oplodnim sječama na malim površinama trebala bi započeti nakon godine punog uroda s intenzitetom sječe između 30 i 50 % drvne zalihe (Matić i sur., 2003). Potrebno je pripremiti sastojinu za prirodnu obnovu uklanjanjem podmlatka i sloja grmlja. Gdje je moguće, koristi se prirodno pomlađenje jer manje narušava evolucijski proces i čuva genetsku raznolikost populacija šumskog drveća. Nakon pojave kvalitetnog pomlatka, pomlađenje sastojine se nastavlja većim intenzitetom sječe (između 50 i 60 % drvne zalihe) kako bi se povećala konkurentnost drugih važnih vrsta koje čine zajednicu šuma bukve. Sa dovršenim sjekom, završavamo pomlađenje sastojine najkasnije kada su mlada stabla visoka 1 do 2 metra. Sve oplodne sječe na područjima s već uspostavljenim mladim

sastojinama moraju se provoditi izvan vegetacijskog perioda (ZGS, 2021). Na površinama gdje prirodno pomlađenje ne uspijeva, preporučuje se sadnja i popunjavanje sadnicama bukve s dodatkom drugih vrsta drveća prikladnih za to stanište (kao što su hrast, javor i druge plemenite tvrde listače). Popunjavanje sadnicama trebalo bi se provoditi samo u malim grupama. Veličina pomladnih površina trebala bi biti što manja - mozaična struktura budućih sastojina povećava njihovu otpornost na klimatske promjene.

Nedostatak prirodnog pomlađenja je taj što šumski resursi mogu biti ugroženi jer se dugovječne vrste drveća ne mogu dovoljno brzo prilagoditi novim bolestima i štetnicima isključivo putem prijenosa genetskih informacija kroz prirodne evolucijske procese. Osobito su problematična oštećena područja gdje su stablima oštećeni regenerativni dijelovi krošanja koji bi trebali osigurati prirodno pomlađivanje.

S uzgojnog aspekta, bukva, uz odgovarajuću gustoću, brzo čisti svoje grane, tako da zahvati u mladim fazama razvoja obično uključuje uklanjanje loše oblikovanih, oštećenih i preraslih stabala (Slika 2.3.). Stabla u podrastu ne bi trebala biti uklonjena jer su važan dio stabilnosti buduće sastojine (ZGS 2021). Regulacijom sastava drveća treba očuvati biološku raznolikost vrsta drveća i smanjiti udio neželjenih vrsta. Posebna pažnja treba se posvetiti stabilnosti sastojina bukve, posebno na padinama. S novim saznanjima o razvoju šumskih sastojina, zbog rastuće ekonomske važnosti gospodarenja šumama i povećane potrebe za većom otpornošću sastojina, potrebne su aktualizacije i prilagodbe šumsko-uzgojnih mjera. U razdoblju sve učestalijih i ozbiljnijih prirodnih katastrofa, pitanja stabilnosti i otpornosti bukovih sastojina postaju sve važnija. Intenzivne šumsko-uzgojne mjere sastojina bukve mogu ugroziti njihovu stabilnost. Prorode, koje uzimaju u obzir klasične šumsko-uzgojne metode, ali se fokusiraju na mali broj odabranih ciljanih stabala, prikladnije su rješenje. Dio šumske sastojine može se prepustiti prirodnom razvoju, što je također jedan od načina očuvanja genetske raznolikosti (Sever i sur., 2022).

Postupna prirodna transformacija odraslih sastojina bukve potrebna je samo ako se promijeni sastav vrsta drveća do te mjere da ugrožava njihovu stabilnost. Promjena bi trebala ići u smjeru prirodnog pomlađenja s listopadnim drvećem, posebno bukvom i svim plemenitim listačama, uključujući trešnju i lipu (ZGS 2021).



Slika 2.3. Prorode su i dalje dio gospodarenja sastojinama bukve u njihovoj odrasloj dobi.

Glavne mjere prilagodbe klimatskim promjenama usmjerene su na prilagodbu sastava drveća u sastojinama bukve, povećanje otpornosti šuma kroz raznovrsne strukture sastojina na svim razinama, posebno genetske, putem naprednih mjera obnove šuma i pošumljavanja, kao i povećanje njihove stabilnosti kroz rane mjere njege (npr. proreda), formiranje višeslojnih i selektivnih šumskih struktura u odgovarajućim sastojinama te praćenje i očuvanje šumske bioraznolikosti, počevši od genetske raznolikosti (Bajc i sur., 2020).



Slika 2.4. Uspješna obnova sastojina bukve sadnjom ovisi o kvaliteti i genetski raznovrsnim izvorima sjemena.

Kako bi se osigurala prilagodljivost budućih sastojina promjenama u okolišu, nužno je koristiti genetski raznovrsni šumski reprodukcijski materijal (ŠRM), dobivanjem sjemena s velikog broja stabala tijekom razdoblja jakog cvjetanja i plodnosti, stručno primjerenim miješanjem ŠRM-a te, na temelju testova provenijencije, znanstveno utemeljenim premještanjem različitih lokalnih provenijencija između različitih ekoloških okruženja. Osim toga, važno je i adekvatno srednjoročno planiranje skladištenja sjemenskih zaliha u sjemenskoj banci te stalna dostupnost odgovarajućih sadnica (Kraigher i sur., 2019).

3. Krajobrazna genomika

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

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

² Institute of Bioscience and BioResources - CNR, Italy

³ Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Za analizu neutralnih i adaptivnih komponenti genetske raznolikosti kako bismo istaknuli moguće znakove lokalne prilagodbe u populacijama bukve koristili smo pristupe krajobrazne genomike. Također su korišteni neutralni i adaptivni molekularni markeri u kombinaciji s prostornim podacima i bioklimatskim pokazateljima. Kao rezultat ponovnog sekvenciranja *Fagus sylvatica* L., u 18 genetskih regija relevantnih za odgovor na jedan ili više abiotičkih stresova uočeno je oko 1400 SNP-ova (rezultati su navedeni u rezultatima Akcije B1: SNP karta za svako istraživano područje). Kroz prostornu distribuciju SNP-ova (rezultati su navedeni u rezultatima Akcije B1: SNP karta za svako istraživano područje) mogao se primijetiti veći broj specifičnih i regionalnih SNP-ova za područje Italije. To se može interpretirati kao znak prilagodbe na mediteranski bio-klimatski režim koji karakterizira Italiju i razlikuje je od kontinentalnije klime koja je prisutna u Sloveniji i Hrvatskoj.

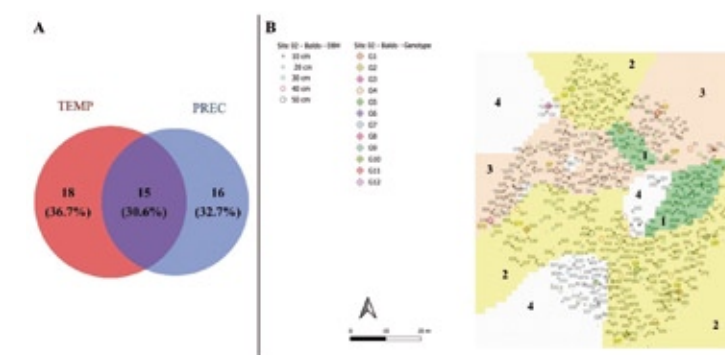
Kako bismo identificirali znakove lokalne prilagodbe, proveli smo analize GEA. Rezultati analize pokazali su prisutnost povezanosti između 98 alelnih varijanti i srednjih vrijednosti 12 okolišnih varijabli odabranih za analize (kako je navedeno u rezultatima Akcije B1: Izrada karata prostorne distribucije genetske raznolikosti i korelacija između distribucije alela i okolišne varijacije). Prisustvo specifičnih alelnih varijanti može se povezati s lokalnim, a ne regionalnim obrascem prilagodbe. U analizi asocijacije s okolišem (EAA) važno je uzeti u obzir neutralnu genetsku strukturu (Rellstab i sur., 2015) jer neutralna genetska struktura može proizvesti obrasce slične onima koji se očekuju pod ne-neutralnim procesima (Excoffier i Ray, 2008; Excoffier i sur., 2009; Sillanpää, 2011). Nadalje, genetska struktura populacija analizirana je korištenjem dva različita pristupa: Bayesovim grupiranjem pomoću STRUCTURE softvera (Pritchard i sur., 2000) i prostornim Bayesovim grupiranjem pomoću GENELAND softvera.

Općenito, istraživanje je otkrilo značajan broj specifičnih alelnih varijanti na negospodarenim plohama i u starim šumskim sastojinama. Prisustvo velikog broja SNP-ova povezanih s prilagodbom na okolišne varijable na tim područjima moglo bi se povezati s neutralnom genetskom strukturom koja je opažena za ta područja (Aravanopoulos, 2018; Paffetti i sur., 2012; Stiers i sur., 2018). Naime,

Slika 3.1. Rezultati LFMM analize i karta distribucije genotipova na demonstracijskoj plohi O2 - Baldo:

(A) Vennov dijagram prikazuje preklapanje između SNP-ova povezanih s bioklimatskim pokazateljima vezanim uz temperaturu i oborine, dobivenih iz LFMM analize. Prikazuje koliko SNP-ova je specifično povezano s temperaturom i oborinama te koliko ih je povezano s oba.

(B) Prostorna raspodjela genotipova i prostorna organizacija u 4 klastera (rezultati GENELAN-a): Karta prikazuje prostornu raspodjelu genotipova na plohi O2 - Baldo. Svaka jedinka unutar istraživane plohe označena je krugom s crnim rubom, a jedinice koje su sekvencirane dodatno su označene obojenim krugovima prema opaženom genotipu. Identične boje označavaju identične genotipove među jedinkama.



neka istraživanja su pokazala da su ta područja obilježena složenom neutralnom genetskom strukturom, koja se odlikuje velikim brojem familijskih klastera. Velika varijabilnost može omogućiti veću vjerojatnost pojave novih alelnih varijanti koje bi mogle obogatiti adaptivni potencijal ove vrste za trenutne i buduće klimatske promjene. Slična situacija zapažena je u sastojinama gdje se gospodarilo slabijim intenzitetima, tj. gdje je provođeno preborno gospodarenje. Broj alelnih varijanti specifičnih za svako područje je visok. Demonstracijska ploha Baldo ima najveći broj SNP-ova povezanih s okolišnim varijablama (Slika 3.1.). Otvaranje progala i složenost strukture koja karakterizira te sastojine mogli bi biti povezani s većom vjerojatnošću rekombinacije gena između genotipova koji pripadaju različitim familijskim klasterima. Ti obrasci nalikuju onima pronađenim u starim šumama i negospodarenim populacijama. Stoga se čini da potencijal za gospodarenje šumama sa smanjenim intenzitetima u očuvanju adaptivne genetske raznolikosti izgleda obećavajuće. Ti su podaci dodatno potvrđeni analizom rezultata prikupljenih na ostalim demonstracijskim ploham bukve.

Gospodarenje šumama manjeg intenziteta, kao što je preborno gospodarenje, rezultira populacijom s velikim brojem alelnih varijanti povezanih s odgovorom na okolišne varijable. Slični rezultati dobiveni su u negospodarenim šumama i starim šumama. Rezultati prikazani u ovom istraživanju mogli bi igrati ključnu ulogu u planiranju gospodarenja šumama, pri čemu bi znanje o genetskoj varijabilnosti s adaptivnog stajališta moglo pomoći u donošenju budućih odluka. Osim toga, to znanje moglo bi se koristiti i u predviđanju radova asistiranе migracije. To je važno za očuvanje trenutnih šumskih genetskih resursa (FGR), ali i za obogaćivanje postojećih sastojina potencijalno povoljnijim genotipovima.

4. Biološka raznolikost tla

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

Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Vitalno tlo, rezultat interakcije fizičkih, kemijskih i bioloških svojstava tla, ključno je za održavanje rasta šuma i usluga ekosustava. Visoka bioraznolikost tla podržava funkcionalnu fleksibilnost za prilagodbu na nepoznate promjene koje se mogu pojaviti u budućnosti.

Ektomikorizni korijenski vršci (Slika 4.1.) podržavaju specifične i raznovrsne populacije bakterija i mikrogljivica, uključujući bakterije koje pomažu u uspostavljanju mikoriznih simbioza. Korijeni stabala također sadrže tamne septirane endofite i gljive koje razgrađuju drvo (Baldrian, 2017). Osim mikoriznih micelija i povezanih organizama, većina tala također je dom saprotrofnim gljivama i bakterijama (Baldrian, 2017). Značajan dio živih organizama u tlu, uključujući mnoge zemljane beskrležnjake, oslanja se na protok fotosintetskog ugljika s drveća u tlo (Prescott i Grayston, 2023).



Slika 4.1. Ektomikorizne gljive su simbioti drveća koji pozitivno utječu na rast drveća omogućujući mu pristup hranjivim tvarima i vodi u zamjenu za fotosintetski ugljik kao produkt tog drveća.

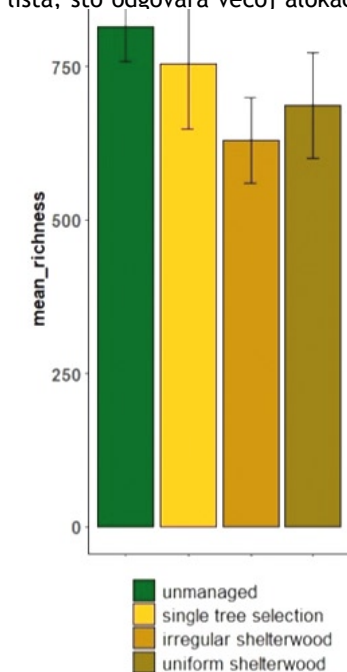
IU gospodarenim šumama količina fotosintetskog ugljika koji se premješta ispod zemlje finim korijenjem i mikroorganizmima povezanim s korijenjem se smanjuje (Noormetsi sur., 2015). Stoga se očekuju promjene u alfa i beta raznolikosti korijena i mikrobiota tla s povećanjem intenziteta gospodarenja. Cilj nam je postići intenzitet šumskog gospodarenja koji i dalje podržava visoku bioraznolikost tla. U sklopu LIFE SySTEMiC projekta, kratkoročni učinci uklanjanja pojedinačnih stabala i dugoročni učinci četiri šumsko-uzgojna oblika ocijenjeni su kao jedni od pokazatelja bioraznolikosti tla.

Uklanjanje pojedinačnih stabala ima kratkoročni učinak na smanjenje bogatstva vrsta i niži Shannon indeks raznolikosti (indeks koji uzima u obzir broj vrsta i njihovu relativnu pokrovnost površine) te smanjenje bogatstva ektomikoriznih gljiva razvijenih na korijenju preostalih stabala. Međutim, uklanjanje pojedinačnih stabala nije utjecalo na bogatstvo i raznolikost ukupne zajednice gljiva. S druge strane, zajednice gljiva promijenile su se u sastavu, što je zamijećeno kao povećanje saprotrofnih gljiva, vjerojatno zbog povećane mrtve organske tvari (npr. odumrlo korijenje, mikorizni micelij i svi organizmi koji ovise o njima) i smanjenja relativne pojavnosti ektomikoriznih gljiva. Opadanje broja ektomikoriznih gljiva vjerojatno je rezultat uklanjanja njihovih fotosintetskih partnera i smanjenja protoka ugljika u tlu.

Istraživanje dugoročnih učinaka uključivalo je negospodarene šume, preborno gospodarenje te oplodne sječe na većim i manjim površinama. Općenito, negospodarene šume, poznate po velikim količinama mrtvog drva i preborne šume sa značajnom količinom mrtvog drva (oko 25 m³/ha), imale su najveće bogatstvo gljiva. Ektomikorizne gljive pojavile su se u većem broju u preborno gospodarenju, vjerojatno zbog veće složenosti strukture šume u kombinaciji s uklanjanjem pojedinačnih dominantnih stabala, što sprječava prijelaz u završno stanje sukcesije. Prema Twieg i sur. (2007), najveće bogatstvo vrsta ektomikoriznih gljiva javlja se pri zatvorenom sklopu. Ta faza obilježena je najvišim stopama rasta drveća i maksimalnom površinom lista, što odgovara većoj alokaciji ugljika u tlu, korijenju i simbiozama korijena. Ostala dva šumsko-uzgojna oblika bila su uspoređena s negospodarenim šumama u smislu bogatstva ektomikoriznih gljiva. Nekoliko istraživanja ističe važnost očuvanja drveća u grupama ili kao pojedinačnih stabala za tzv. kontinuirano korijensko šumarstvo. U takvim sustavima, pojedinačna stabla ne bi trebala biti udaljena više od 15 metara jedno od drugoga kako bi se osigurala održivost bioraznolikosti tla (Prescott i Grayston, 2023).

Iako šumsko-uzgojni oblici imaju utjecaj na zajednice gljiva (vidi primjer na Slici 4.2.), njihov učinak često je zasjenjen jačim utjecajima lokaliteta i podloge kada se ti faktori uzmu u obzir. Značajni učinci tih varijabli sugeriraju da su lokalni okolišni uvjeti i regionalne razlike ključni u određivanju raznolikosti gljiva i strukture zajednice. Stoga, iako su šumsko-uzgojni oblici važni, trebali bi se razmatrati zajedno sa svim drugim utjecajnim faktorima za učinkovito očuvanje i upravljanje bioraznolikošću gljiva.

Iako nije bio značajan, graf pokazuje opadajući trend u bogatstvu zajednice gljiva u gospodarenim šumama u usporedbi s negospodarenim šumama.



Slika 4.2. Prosječno bogatstvo OTU (operativnih taksonomskih jedinica) gljiva pod različitim šumsko-uzgojnim oblicima.

5. GenBioSilvi model

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

- ¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florence (UNIFI), Italy
- ² NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy
- ³ Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

Za istraživanje bioraznolikosti u šumskim ekosustavima analizirali smo indikatore koji su uključivali genetsku raznolikost, strukturu šume, mrtvo drvo, raznolikost tla i uvjete mikrostaništa, koristeći podatke prikupljene iz drugih projektnih zadataka. Kod obične bukve uočili smo da negospodarene i stare šume utječu na očuvanje i bogatstvo bioraznolikosti. Gospodarene šume kojima se gospodari preborno pokazale su slične razine bioraznolikosti. Analiza genetske raznolikosti korištenjem SSR-a otkrila je da zrele šume i preborne šume imaju složene prostorne genetske strukture, za razliku od šuma kojima se gospodari oplodnim sječama na velikim i malim površinama. Identificirani su brojni SNP-ovi povezani s okolišnim uvjetima, posebno na demonstracijskoj plohi 02 - Baldo, koja je imala složenu genetsku strukturu. Dendrometrijski podaci sugeriraju da je najbolja struktura šume slojevita raznodobna šuma kakva se pojavljuje na demonstracijskim ploham 02 - Baldo, 11 - Fonte Novello i 25 - Rajhenavski Rog. Negospodarene plohe imale su najveći volumen mrtvog drva i mnoga saproksilična mikrostaništa, posebno kod starih stabala. Većina demonstracijskih ploha bile su čiste sastojine bukve s nekim sporadičnim vrstama koje treba očuvati. Raznolikost tla bila je najviša u zrelim šumama i minimalno gospodarenim šumama. Postavili smo hipotezu da je najbolji šumsko-uzgojni oblik za visoku bioraznolikost preborno gospodarenje, koji oponaša uvjete u zrelim sastojinama i potiče prirodnu obnovu. Takav način gospodarenja potiče raspršivanje peludi, genetsku raznolikost i nove alelne varijante ključne za prilagodbu klimatskim promjenama. Razvili smo model koji se fokusira na ključne indikatore kao što su mrtvo drvo, mikrostaništa i raznolikost vrsta kako bi prikazala bioraznolikost te se dale smjernice za održivo gospodarenje šumama. Podaci o genetskoj raznolikosti i raznolikosti tla isključeni su iz korisničkog obrasca zbog poteškoća u opažanju (Tablica 5.1.).

Tablica 5.1. Opis odabranih pokazatelja koji pomažu korisnicima opisati stanje sastojine.

Categories	Indicators	Description
Forest structure	DBH standard deviation	Variability in tree DBH within the stand
	Percentage of trees in regeneration layer	Presence of the target species natural regeneration
	DBH class distribution curve	Complexity of horizontal and vertical forest structure
	No. of population strata	
Deadwood	Standing deadwood presence	Description the presence of deadwood functioning as microhabitat
	Coarse woody debris	
Species diversity	Species richness	Number of all species present in the stand regarding both the presence of adults' individuals and regeneration
	Percentage of non-target individuals regeneration	
	Percentage of individuals with cavities	Presence of key microhabitat form for biodiversity
Microhabitat	Percentage of individuals with Injuries and wounds	
	Percentage of individuals with Deformation	

Forest management	Real Data		Indicator-specific score	Implication for Management
Forests should be managed in a way to preserve their multifunctional role (ecological, social and productive forest functions). This can be achieved only through maintenance of healthy forests and their biodiversity, protection of its natural fertility and water sources as well as other beneficial functions of forests: the water and carbon cycle, sustainable supply of wood and other products from forest, profit and employment.	Single tree selection thinning			
Forest structure indicator	Real Data	Indicator-specific score		Implication for Horizontal and Vertical Forest structure
Forest structure is both a product and driver of ecosystem processes and biological diversity. Changes in forest structure as a result of management for timber production have undesirable consequences for other components of forest ecosystems	Non-target indicator	None		Results from associated parameters <input type="checkbox"/> Score 1 (Single forest structure without preservation) - From 4 to 9 <input type="checkbox"/> Score 2 (Simplified forest structure with preservation or Complex forest structure without preservation) - From 7 to 8 <input type="checkbox"/> Score 3 (Complex forest structure with preservation) - From 9 to 11 <input checked="" type="checkbox"/> Score 4 (Complex forest structure with preservation present in the stand area) - From 12 to 13
	DBH Standard deviation	SD	Score 1 (DBH SD < 15) Score 2 (15 < DBH SD < 18) Score 3 (DBH SD > 18)	
	Reference % of trees in regeneration layer (considering DBH less than 10 cm)	MR	Score 1 (% Reg < 15) Score 2 (15 < % Reg < 30) Score 3 (30 < % Reg < 45) Score 4 (% Reg > 45)	
	Curve of DBH class distribution	J-shaped	Score 1 (J-shaped) Score 2 (Multi-modal) Score 3 (L-shaped)	
N° of strata identification of population	Tri-modal	Score 1 (Bi-modal) Score 2 (Bi-modal) Score 3 (Tri or Multi-modal)		
Productivity indicators	Real data		Implication for population biodiversity	
Forest site productivity is the production that can be realized at a certain site with a given genotype and a specified management regime. Site productivity depends both on natural factors inherent to the site and on management-related factors.	Growing stock (m³/ha)	205 m³/ha		In managed stands, the minimum growing stock should be around 100-150 m³/ha. This might be applicable for shade tolerant species
Biodiversity indicators	Real data	Indicator-specific score		Implication for stand biodiversity
Deadwood indicators	Standing deadwood (including snags) presence	Score 1 (Presence of standing deadwood)		Results from associated parameters <input type="checkbox"/> Score 1 (Total absence of deadwood) - 2 point <input checked="" type="checkbox"/> Score 2 (Presence of standing deadwood) - 3 point <input type="checkbox"/> Score 3 (Presence of coarse woody debris) - 4 point
		Score 2 (Presence of coarse woody debris)		
		Score 3 (Presence of various type of deadwood) - 4 point		
Coarse woody debris	Metric	Score 1 (Presence of coarse woody debris)		<input type="checkbox"/> Score 2 (Presence of various type of deadwood) - 4 point
		Score 2 (Presence of coarse woody debris)		
		Score 3 (Presence of coarse woody debris)		
Species diversity indicators	Real data	Indicator-specific score		Implication for stand biodiversity
Biodiversity conservation is a key objective for sustainable forest management, but the multi-dimensional and multi-scale character of biodiversity renders full assessment difficult at large scale. Therefore, indicators are often used to monitor biodiversity. The quantity and quality of deadwood are commonly used in nature conservation as indicators of forest biodiversity. Additionally, the presence of species different from the target species as well as the presence of specific type of microhabitat are also used to monitor biodiversity in forest stand.	Species richness (presence of individual of non-target species)	Score 1 (Absence of other species)		Results from associated parameters <input checked="" type="checkbox"/> Score 1 (Monospecific site) - 2 point <input type="checkbox"/> Score 2 (Presence of other species) - 3 point <input type="checkbox"/> Score 3 (Presence of other species with more or less regeneration) - 3 point <input type="checkbox"/> Score 4 (Presence of other species with high regeneration) - 4 to 6 point
		Score 2 (Presence of other species)		
		Score 1 (% Reg < 15) Score 2 (15 < % Reg < 30) Score 3 (30 < % Reg < 50) Score 4 (% Reg > 50)		
		Score 1 (% Reg < 15) Score 2 (15 < % Reg < 30) Score 3 (30 < % Reg < 50) Score 4 (% Reg > 50)		
Microhabitat indicators	Real data	Indicator-specific score		Implication for stand biodiversity
% of individuals with cavities	MR	Score 1 (% Ind < 10%)		Results from associated parameters <input checked="" type="checkbox"/> Score 1 (Absence of low number of microhabitat) - 3 point <input type="checkbox"/> Score 2 (Presence of low number of microhabitat) - 4 to 6 point <input type="checkbox"/> Score 3 (High presence of microhabitat) - 7 to 9 point
		Score 2 (10% < % Ind < 30%)		
		Score 3 (30% < % Ind < 50%)		
		Score 4 (% Ind > 50%)		
% of individuals with injuries and wounds	LPT	Score 1 (% Ind < 10%)		<input type="checkbox"/> Score 2 (Presence of low number of microhabitat) - 3 point <input type="checkbox"/> Score 3 (High presence of microhabitat) - 4 to 6 point <input type="checkbox"/> Score 4 (High presence of microhabitat) - 7 to 9 point
		Score 2 (10% < % Ind < 30%)		
		Score 3 (30% < % Ind < 50%)		
% of individuals with deformation	LPT	Score 1 (% Ind < 10%)		<input type="checkbox"/> Score 2 (Presence of low number of microhabitat) - 3 point <input type="checkbox"/> Score 3 (High presence of microhabitat) - 4 to 6 point <input type="checkbox"/> Score 4 (High presence of microhabitat) - 7 to 9 point
		Score 2 (10% < % Ind < 30%)		
		Score 3 (30% < % Ind < 50%)		
		Score 4 (% Ind > 50%)		
Final Score: 8				

Slika 5.1. Opis odabranih pokazatelja koji pomažu korisnicima opisati stanje sastojine.

Iznad je naveden primjer koji prikazuje sastavljeni obrazac temeljen na stvarnim podacima dobivenim na demonstracijskoj plohi 02 - Baldo (Slika 5.1.).

6. Preporuke za održivo gospodarenje šumama

Hojka Kraigher¹, Kristina Sever², Davide Travaglini³, Cesare Garosi³, Cristina Vettori^{3,4}, Donatella Paffetti³, Roberta Ferrante^{3,5}, Tanja Mrak¹, Andrej Breznikar²

¹ Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

² Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia

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

⁴ Institute of Bioscience and Bioresources (IBBR), National Research Council (CNR), Italy

⁵ NBFC, National Biodiversity Future Center, Italy

- Šumsko-uzgojni oblici za sastojine bukve trebali bi biti pažljivo odabrani kako bi se promicali pristupi bliski prirodi i oponašali prirodni procesi u šumama bukve.
- Šumsko-uzgojni oblici smanjenog intenziteta su povoljniji za očuvanje genetske varijabilnosti šuma bukve, kao što su preborno gospodarenje i oplodne sječe na malim površinama.
- Bukva je vrsta drveća koja podnosi sjenu, spororastuća je u mladosti te kasnije dostiže maksimalni volumni prirast koji ne pokazuje znakove opadanja sve do starije dobi.
- Bukva je relativno otporna na većinu bolesti, ali je podložna kasnim proljetnim mrazovima, oštećenjima debela zbog intenzivne sunčeve svjetlosti i prirodnim katastrofama kao što su ledene kiše, snježni udari i oluje.
- Kroz prirodnu obnovu sastojina bukve postiže se prilagodljivost stabala uvjetima specifičnog rasta i prirodne dinamike, stoga bi sastojine bukve trebale biti prirodno obnavljane.
- Najčešći način obnove sastojina bukve je pod zastorom krošanja, gdje se obnova obavlja kroz niz sječa, najčešće na malim površinama.
- Obnova na progalama treba započeti nakon godine plodonošenja, uz pripremu sastojine za prirodnu obnovu sječom podstojnih stabala i sloja grmlja.
- Kada prirodna obnova ne uspije, preporučuje se obnova šume sadnjom i podsadivanjem sadnica bukve u malim skupinama s dodatkom drugih vrsta drveća prikladnih za to područje.
- Posebnu pažnju treba posvetiti stabilnosti sastojina bukve, osobito na padinama.
- Vrlo prikladno rješenje za sastojine bukve je selektivna proreda, koja se fokusira na mali broj odabranih stabala u sastojini.
- Glavne mjere za prilagodbu upravljanja sastojina bukve klimatskim promjenama su prilagodba sastava stabala u šumama bukve, povećanje otpornosti šuma raznovrsnim strukturama sastojina na svim razinama, posebno genetskoj, kroz napredne mjere obnove i pošumljavanja te povećanje njihove stabilnosti pravovremenim i prilagođenim mjerama njege.
- Krajobrazna genomika ključna je za procjenu neutralne i adaptivne genetske raznolikosti radi razumijevanja potpisa lokalne prilagodbe u populacijama za gospodarenje šumama.
- Poznavanje genetske varijabilnosti u pogledu adaptacije može poboljšati odluke o upravljanju šumama i unaprijediti napore u potpomognutom migriranju. To je ključno za očuvanje genetskih resursa šuma (FGR) i obogaćivanje sastojina s povoljnim genotipovima, čime se osiguravaju otpornost šuma i genetska raznolikost.
- Za sastojine preporučujemo šumsko-uzgojne metode manjeg intenziteta, poput gospodarenja proredama, koje su povezane s populacijama s visokim brojem alelnih varijanti u odgovoru na ekološke varijable. Slični rezultati zabilježeni su u negospodarenim sastojinama i zrelim šumama.
- Praćenje i proučavanje biološke raznolikosti i svih njenih komponenata ključno je za razumijevanje otpornosti šumskih ekosustava. Zbog toga je važno prikupiti informacije o genetskoj raznolikosti, strukturi šuma, mrtvom drvetu, raznolikosti tla i uvjetima mikrostaništa.
- Za sastojine obične bukve koje su pokazale slične karakteristike onima uključenima u naše istraživanje, predlažemo korištenje modela gospodarenja koji povećava složenost strukture sastojine s višeslojnom vertikalnom strukturom koja olakšava disperziju peludi, promiče genetsku raznolikost i povećava nove alelne varijante važne za prilagodbu klimatskim promjenama. U našem istraživanju ove karakteristike nalaze se u sastojinama kojima se gospodari preborno.

- Korištenje GenBioSilvi modela trebalo bi pomoći krajnjim korisnicima šuma u provjeri trenutnog stanja biološke raznolikosti sastojine i pružiti smjernice za održivo gospodarenje. Identificirani su ključni indikatori koji neizravno opisuju genetsku raznolikost i predstavljaju biološku raznolikost, usredotočujući se na mrtvo drvo, mikrostaništa i raznolikost vrsta. Koncentrirali smo se na vidljive ključne indikatore za opis trenutnog stanja analiziranih sastojina.
- Da bi se osigurala prilagodljivost budućih sastojina na promjene u okolišu, nužno je koristiti genetski raznoliki materijal za obnovu šuma (ŠRM), sakupljajući sjeme s velikog broja stabala tijekom razdoblja intenzivnog cvjetanja i plodonošenja, stručnog miješanja ŠRM-a i, na temelju testova provenijencija, znanstveno utemeljenog prijenosa ŠRM-a iz provenijencija različitih ekoloških okruženja, prvenstveno iz jugoistočnih regija prema sjeverozapadnim lokacijama.



Reference

- Aravanopoulos, FA. (2018), Do Silviculture and Forest Management Affect the Genetic Diversity and Structure of Long-Impacted Forest Tree Populations? *Forests*. 9(6):355. <https://doi.org/10.3390/f9060355>
- Bajc M., Aravanopoulos F., Westergren M., Fussi B., Kavaliauskas D., Alizoti P., Kiourtsis F., Kraigher H. (eds.) (2020). *Manual for Forest Genetic Monitoring*. Slovenian Forestry Institute, Silva Slovenica Publishing Center. Ljubljana.
- Baldrian P. (2017). Forest microbiome: diversity, complexity and dynamics, *FEMS Microbiology Reviews*, 41(2): 109-130.
- 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: 9- 21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.11.029>.
- Diaci J. (2006). *Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 348 p.
- 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: 299-311.
- Excoffier L, Ray N. (2008). Surfing during population expansions promotes genetic revolutions and structuration. *Trends Ecol Evol*. Jul;23(7):347-51. doi: 10.1016/j.tree.2008.04.004. PMID: 18502536.
- Excoffier, L., Hofer, T. & Foll, M. (2009), Detecting loci under selection in a hierarchically structured population. *Heredity* 103, 285-298. <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.74>
- Guillot G., Mortier F., Estoup A. (2008). Analysing georeferenced population genetics data with Geneland: a new algorithm to deal with null alleles and a friendly graphical user interface. *Bioinformatics* 24:1406-1407. <http://dx.doi.org/10.1093/bioinformatics/btn136>.
- Kraigher H., Bajc M., Božič G., Brus R., Jarni K., Westergren M. (2019). Forests, forestry and the Slovenian forest genetic resources programme. In: *Forests of Southeast Europe under a changing climate* (Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Nonić M. eds.). Springer International Publishing. pp. 29-47. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95267-3_3.
- Matić S. (ed.) (2003). *Obična bukva (Fagus sylvatica L.) u Hrvatskoj [Common beech (Fagus sylvatica L.) in Croatia]*. Akademija Šumarskih Znanosti (Academy of Forest Science), Zagreb, Croatia, 855 p.
- Nocentini S. (2009). Structure and management of beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in Italy. *iForest* 2: 105-113. doi: 10.3832/ifor0499-002.
- Paffetti, D., Travaglini, D., Buonamici, A., Nocentini, S., Vendramin, G., Giannini, R., Vettori, C. (2012), The influence of forest management on beech (*Fagus sylvatica* L.) stand structure and genetic diversity, *Forest Ecology and Management*, Volume 284, Pages 34-44, ISSN 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.026>.
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P. (2000), Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*. Jun;155(2):945-59. doi: 10.1093/genetics/155.2.945. PMID: 10835412; PMCID: PMC1461096.
- Prescott C.E., Grayston S.J. (2023). TAMM review: Continuous root forestry—Living roots sustain the belowground ecosystem and soil carbon in managed forests, *Forest Ecology and Management*, 532: 120848.
- Sever K., Fidej G., Breznikar A., Roženbergar D., Rantaša B. (2022). *Sodobna nega gozda - zgibanka*. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 2 p.
- Westergren *et al.* (2020) Guidelines for genetic monitoring of European beech (*Fagus sylvatica* L.). In: Bajc *et al.* (eds) *Manual for Forest Genetic Monitoring*. Slovenian Forestry Institute: Silva Slovenica Publishing Centre, Ljubljana.
- Wuehlisch G. (2008). *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European beech (Fagus sylvatica)*. Bioversity International, Rome, Italy, 6 p.
- ZGS (2021). *Usmeritve za gospodarjenje z gozdovi po skupinah gozdnih rastiščnih tipov*. Internal publication. Slovenia Forest Service, Ljubljana, Slovenija, 236 p.



Proječni partneri

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

Slovenian Forestry Institute (SFI), Slovenia

Slovenia Forest Service (SFS), Slovenia

Unione dei Comuni Montani del Casentino (UCCAS), Italy

Autori

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 Damjanič, 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

Vrijednost projekta i EU financiranje

Total project budget: 2,976,245 €

LIFE Funding: 1,635,709 € (55% of total eligible budget)

Kontakt

Koordinator i znanstveno odgovorna osoba projekta

Donatella Paffetti - DAGRI-UNIFI

Via Maragliano, 77

50144 Firenze

Italy

donatella.paffetti@unifi.it

Proječni manager

Cristina Vettori - IBBR-CNR

Via Madonna del Piano, 10

50019 Sesto Fiorentino (FI)

Italy

cristina.vettori@cnr.it

Komunikacijski manager

Davide Travaglini - DAGRI-UNIFI

Via San Bonaventura, 13

50145 Firenze

Italy

davide.travaglini@unifi.it

WEB stranica

<https://www.lifesystemic.eu>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI AGRICOLTURA,
ALIMENTAZIONE E FORESTAZIONE



Zavod za gozdove Slovenije
Slovenia Forest Service



The LIFE SySTEMiC project has received funding from the LIFE program of the European Union.

Details on how to cite the content

The contents of book is under the Licensed Rights bound by the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Public License ("Public License") (for details see <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>).

Text, photos, images, illustrations

You are allowed to use the text, photos, images, and illustration reported within the Guidelines for Sustainable Forest Management of Beech (*Fagus sylvatica* L.), but acknowledgements to LIFE SySTEMiC project must be provided reporting the link to website of the project in the case of presentations/publications, and cited as Guidelines for Sustainable Forest Management of Beech (*Fagus sylvatica* L.), pages 22, (www.lifesystemic.eu). ISBN: 978889578858.



Graphics Arts & altro Grafica



See details

LIFEsystemic © 2020 | All Rights Reserved

