



# Bolezni, škodljivci in sušni stres pri navadni bukvi v različnih scenarijih podnebnih sprememb (V4-2026)

## Aktivnost 2.1: Vzroki hiranja navadne bukve v Sloveniji

Nikica Ogris, Andreja Kavčič, Janja Zajc, Ana Brglez, Maarten de Groot, Barbara Piškur

## Kazalo vsebine

<b>1</b>	<b>Uvod .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Metode dela.....</b>	<b>3</b>
2.1	Vzorčne ploskve in vzorčenje .....	3
2.2	Izolacija gliv v čiste kulture .....	5
2.3	Identifikacija vrst gliv .....	5
2.4	Identifikacija vrst žuželk .....	6
2.5	Identifikacija vrst fitoftor .....	6
2.6	Obdelava podatkov.....	7
<b>3</b>	<b>Rezultati.....</b>	<b>7</b>
3.1	Osutost in poškodovanost bukve .....	7
3.2	Povzročitelji poškodb na bukvi .....	9
3.2.1	Glive .....	9
3.2.2	Fitoftore .....	14
3.2.3	Žuželke .....	14
<b>4</b>	<b>Razprava .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Zaključki.....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Zahvala .....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Priloge.....</b>	<b>21</b>
7.1	Priloga 1. Identificirani taksoni gliv in njihova frekvenca pojavljanja glede na del rastline.....	21
7.2	Priloga 2. Identificirani taksoni gliv in njihova frekvenca pojavljanja glede na mesto izolacije.....	23
7.3	Priloga 3. Identificirani taksoni žuželk, njihova frekvenca pojavljanja glede na del drevesa in razred poškodovano/zdravo drevo .....	26
<b>8</b>	<b>Viri.....</b>	<b>29</b>

## 1 Uvod

Cilj aktivnosti 2.1. je bil določiti vzroke hiranja navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.) v Sloveniji.

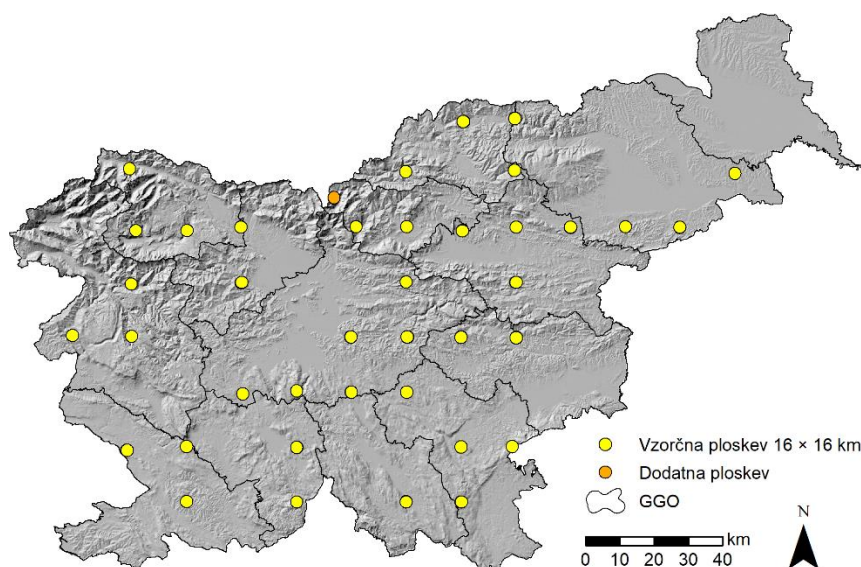
Preskušali smo naslednje hipoteze:

1. V proces hiranja navadne bukve v Sloveniji je vpletenih večje število škodljivih dejavnikov, ki skupaj povzročajo kompleksno bolezen<sup>1</sup>.
2. Bolezni povzročijo v povprečju večjo poškodovanost navadne bukve v Sloveniji kot žuželke in drugi škodljivi dejavniki.
3. Fitoftore se pojavljajo v zemlji na več kot polovici poškodovanih vzorčenih navadnih bukvah in so zato pomemben škodljiv dejavnik hiranja navadne bukve.

## 2 Metode dela

### 2.1 Vzorčne ploskve in vzorčenje

Izbranih je bilo 40 vzorčnih ploskev, od tega 39 ploskev v bližini stalnih vzorčnih ploskev na sistematični mreži 16 × 16 km in ena dodatna ploskev v Kamniško-Savinjskih Alpah (**Slika 1**). V primeru, da na ploskvi ni bilo bukve ali vzorčenje ni bilo mogoče, je bila izbrana naslednja najbližja možna lokacija. Vzorčne ploskve so bile povprečno 459 m oddaljene od prvotne točke sistematične mreže 16 × 16 km in največ 1744 m.



**Slika 1.** Lokacije vzorčnih ploskev (N = 40)

Na vsaki vzorčni ploskvi sta bili posekani dve drevesi, skupaj 80 dreves: eno zdravo ali manj poškodovano in eno poškodovano (osutost krošnje vsaj 20 %). Obe drevesi sta morali biti vladajoči ali vsaj sovladajoči glede na socialni položaj v sestoji, da bi se izognili vplivu konkurence okoliških dreves na oceno osutosti in poškodovanosti. Razdalja med zdravim in poškodovanim drevesom je bila v povprečju 42 m z razponom 6–144 m. Za vsako od 80 dreves smo izmerili prsni obseg, višino drevesa in koordinate dreves ter ovrednotili osutost (**Preglednica 1**). Prsni premer je bil izračunan iz obsega v višini prsi z uporabo enačbe  $d = c/\pi$ , kjer je c obseg. Višina drevesa je bila izmerjena z napravo Vertex III (Haglöf, Švedska).

<sup>1</sup> Bolezen, ki jo povzroči več škodljivih dejavnikov; mnogofaktorsko obolenje.

Koordinate so bile izmerjene z ročnim GPS GPSMAP 64s (Garmin, ZDA). Osutost je opredeljena kot izguba listov v krošnji, ki jo je mogoče oceniti, v primerjavi z referenčnim drevesom (Eichhorn in sod., 2016; Kovač, 2014). Osutost je bila ocenjena na 5 % natančno. Za referenčno drevo je bilo izbrano lokalno referenčno drevo, ki je bilo opredeljeno kot najboljšo drevo s polnim listjem, ki bi lahko raslo na določenem mestu, ob upoštevanju dejavnikov, kot so nadmorska višina, zemljepisna širina, starost drevesa, pogoji rastišča in socialni položaj.

**Preglednica 1.** Prsni premer, višina in osutost vzorčnih dreves

Razred	Št.	Prsni premer (cm)			Višina (m)		
		Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
<b>poškodovano</b>	40	40,5	19,1	59,8	27,2	15,8	35
<b>zdravo</b>	40	39,3	24,8	67,5	25,5	15,3	39,5

Za namen ugotavljanja prisotnosti fitoftor v tleh in njihovega vpliva na poškodovanost dreves, smo vzorčili zemljo na treh do štirih točkah okoli vsakega vzorčenega drevesa v razdalji do 1 m od debla. Odstranili smo zgornjo plast humusa in organske snovi ter vzeli vzorec zemlje iz globine 10–20 cm. Za en vzorec smo zbrali najmanj 1 kg zemlje. Orodje smo med posameznimi vzorci razkuževali. Vzorec zemlje smo shranili v hladilni torbi in ga dostavili v uradni laboratorij RS za določevanje oomicet, tj. na Kmetijski inštitut Slovenije v roku 24 ur.

Vzorčno drevo smo posekali in skrbno pregledali glede morebitnih znakov bolezni, žuželk ali drugih vrst poškodb. Vizualna ocena stanja krošenj in poškodb je bila ovrednotena po metodah in merilih za usklajeno vzorčenje, ocenjevanje, spremljanje in analizo vplivov onesnaženosti zraka na gozdove, ki je rezultat Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (CLRTAP) in Mednarodnega sodelovanja - operativni program ocenjevanja in spremljanja vplivov onesnaženosti zraka na gozdove (ICP Forests) (Eichhorn in sod., 2016; Jurc Dušan in Jurc, 2014; Kovač, 2014). Zabeleženi so bili naslednji podatki: prizadeti del drevesa, prizadeti del drevesa podrobneje, lokacija v krošnji, starost poškodbe, glavna kategorija povzročitelja ali dejavnika, znanstveno ime povzročitelja, obseg poškodbe (%).

Za namen identifikacije vrst gliv smo vzorčili pet delov drevesa: listi, vejice (premera do 20 mm; **Preglednica 2**), veje (premera nad 20 mm), deblo, površinske korenine in koreničnik (do 25 cm od tal). Z vsakega dela drevesa so bili zbrani vsaj štirje vzorci. Primarno smo se osredotočili na vzorčenje poškodovanih delov. Če poškodovanih delov nismo opazili, smo namesto tega vzorčili zdravo tkivo. Na koncu je bilo zbranih 20 vzorcev na drevo in 40 vzorcev na vzorčno ploskev. Skupaj je bilo zbranih 1600 vzorcev.

**Preglednica 2.** Premer vejic in vej (cm)

Del dreves	Avg	Min	Max
<b>vejice (<math>\leq 2</math> cm)</b>	10,7	3,4	20,0
<b>veje (<math>&gt; 2</math> cm)</b>	31,6	20,1	101,5

Poleg tega smo na vsakem od petih delov drevesa iskali znake prisotnosti žuželk. Vzorčenje smo izvedli v primeru najdbe osebkov različnih razvojnih stadijev ali sledi njihovega hranjenja (npr. rovi v lesu, izjedine v listih, zoocecidiji).

## 2.2 Izolacija gliv v čiste kulture

Vsi vzorci za analizo na prisotnost gliv so bili označeni, na lokaciji shranjeni v hladilno torbo ter transportirani v laboratorij, kjer so bili do nadaljnjih analiz shranjeni v hladilniku pri 4–8 °C. Vsi vzorci so bili obdelani v 24 urah. Vzorce smo površinsko sterilizirali po naslednjem postopku: epifite smo odstranili s čisto kuhinjsko gobico in vodo iz pipe (pribl. 1 min), vzorec smo potopili v 70 % etanol za 60 sekund, 1 % komercialno belilo za 30 sekund, 70 % etanol za 60 sekund, ga oprali v destilirani vodi in posušili na čistih papirnatih brisačah. Iz vsakega vzorca smo iz roba razbarvanega lesa ali roba nekroze v skorji/listu izrezali koščke tkiva velikosti 2 mm × 10 mm, koščki so predstavljali podvzorce. Če poškodovanega dela (tj. nekroz) ni bilo, smo podvzorec vzeli iz zdravega tkiva (les, skorja, list). Iz enega vzorca smo zbrali štiri podvzorce, skupaj 6.400 podvorcev oz. koščkov tkiva (**Preglednica 3**). Štiri koščke na eno petrijevko smo prenesli na gojišče PDA (3,9 % krompirjev dekstrozni agar), ki je bil dopolnjen z antibiotikom streptomycin. Gojišča z vstavljenimi koščki smo prenesli v inkubator Kambič I-190 CK in jih inkubirali pri 21,1 ± 0,01°C. Gojišča smo redno preverjali in vse izrasle kulture prenesli na sveža gojišča, s čimer smo pridobili čiste kulture gliv oziroma izolate glive. Izolate smo združili po morfotipih glede na morfološke značilnosti kultur. Reprezentativne kulture so bile deponirane v Zbirko živih kultur Laboratorija za varstvo gozdov na Gozdarskem inštitutu Slovenije (ZLVG).

**Preglednica 3.** Število vzorcev na razred drevesa, del drevesa in mesto izolacije

Razred	Del drevesa	Obarvan les	Zdrav les	Zunanji del skorje	Notranji del skorje	Zdrava skorja	Poškodovan list	Zdrav list
poškodovano	listi	0					159	1
	vejice (< 2 cm)	14			146			
	veje (> 2 cm)	75		1	84			
	deblo	68		78	2	12		
	korenine in koreničnik (≤ 25 cm)	108	1	48		3		
<b>skupaj poškodovano</b>		<b>265</b>	<b>1</b>	<b>127</b>	<b>232</b>	<b>15</b>	<b>159</b>	<b>1</b>
zdravo	listi	0					151	9
	vejice (< 2 cm)	18		1	137	4		
	veje (> 2 cm)	74		2	84			
	deblo	69	1	76	5	9		
	korenine in koreničnik (≤ 25 cm)	99		50	3	8		
<b>skupaj zdravo</b>		<b>260</b>	<b>1</b>	<b>129</b>	<b>229</b>	<b>21</b>	<b>151</b>	<b>9</b>
<b>skupaj vse</b>		<b>525</b>	<b>2</b>	<b>256</b>	<b>461</b>	<b>36</b>	<b>310</b>	<b>10</b>

## 2.3 Identifikacija vrst gliv

Identifikacija gliv je bila izvedena v Laboratoriju za varstvo gozdov na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Identifikacijo izbranih reprezentativnih izolatov gliv smo izvedli s primerjavo nukleotidnih zaporedij dela regije ITS-rDNA, v primeru, da primarno izbrana regija ni bila dovolj informativna za določitev vrstnega nivoja, pa smo izbrali dodatne regije DNA. Ekstrakcija DNA iz čistih kultur gliv je potekala po protokolu LVG POS 005, in sicer smo DNA iz vzorca izolirali s komercialnim ekstrakcijskim kitom Nucleospin Plant II (Macherey Nagel, Nemčija) ter z uporabo homogenizacijskih tubic Lysing Matrix A (MP Biomedicals). Pogoji

PCR za regijo ITS-rDNA so sledili standardnim postopkom v laboratoriju (LVG POS 005), pogoji pri ostalih regijah pa so bili optimizirani glede na predhodno identificirano taksonomsko skupino glive.

Dobljene produkte PCR smo očistili s komercialnim kitom za čiščenje Wizard® SV Gel and PCR Clean-Up System (Promega) ter jih pripravili za določevanje nukleotidnega zaporedja (ti. sekvenciranje) po postopku LVG NA 030 in LVG NA 032. Izvedbo sekvenciranja je izvedel zunanji izvajalec Eurofins (Köln, Nemčija), in sicer v »forward« in »reverse« reakciji. Pridobljene surove kromatograme smo ročno pregledali in uredili z uporabo programske opreme Geneious Prime. Dobljena konsenzna zaporedja smo uporabili za iskanje podobnosti z referenčnimi oziroma javno dostopnimi zaporedji, ki so dostopna v različnih podatkovnih zbirkah (GenBank, BOLD, Q-Bank, Fusarioid in druge). Postopek je sledil standardnemu protokolu LVG NA 031.

#### 2.4 Identifikacija vrst žuželk

Identifikacijo žuželk smo izvedli v Laboratoriju za varstvo gozdov Gozdarskega inštituta Slovenije na podlagi morfoloških značilnosti osebkov in z uporabo določevalnih ključev za posamezne skupine žuželk. Odrasle osebkke najdenih žuželk smo določili do vrste. Juvenilne osebkke smo določili do sistematske kategorije, ki jo je morfologija dopuščala (npr. družine ali rodu). Na podlagi sledi hranjenja določitev vrste večinoma ni mogoča, zato smo v teh primerih navedli višjo sistematsko kategorijo (npr. Cerambycidae – kozlički).

#### 2.5 Identifikacija vrst fitoftor

Identifikacija vrst fitoftor je bila izvedena v uradnem laboratoriju za oomicete na Kmetijskem inštitut Slovenije. Postopki izolacij fitoftor iz zemlje s pomočjo vab so bili izvedeni takoj po prejemu vzorca zemlje v skladu s postopkom, opisanim v Corcobado in sod. (2020) z naslednjimi spremembami. Približno 1 kg vsakega vzorca zemlje smo previdno premešali in zalili z destilirano vodo, tako da je bila zemlja prekrita z 2–3 cm vode. Listi za vabe so bili: *Rhododendrom catawbiense* cv. "Cunninghams White" (mladi in starejši listi), bukev (klični listi, mladi listi), hrast (*Quercus rubra*, *Q. petraea*), kostanj (*Castanea sativa*), beli gaber (*Carpinus betulus*), borovnica (*Vaccinium myrtillus*). Listi so bili sveže nabrani, temeljito oprani in posušeni v mikrobiološki komori.

Ko je bila zemlja popolnoma namočena in se je voda zbistrila, smo liste različnih vrst rastlin previdno položili na vodno gladino in pustili plavati 3–7 dni pri 20–22 °C in sobni svetlobi. Liste, na katerih so se razvile nekroze, smo pregledali pod svetlobnim mikroskopom pri povečavi 60× in jih nato precepili na selektivni agar P<sub>5</sub>ARPH (EPPO, 2006) ter gojili pri 21 °C v temi (Corcobado in sod., 2020).

Po 24 urah inkubacije smo petrijevke z lističi redno preverjali (Jung in sod., 2015). Vse kulture smo prenesli na agar s koščki korenčka (CPA) (Werres in sod., 2001). Po 3 tednih rasti pri 21 °C smo izolate inokulirali na poševnice CPA in shranili v sterilni vodi pri 8 °C do nadaljnje analize.

DNA smo ekstrahirali iz ok. 100 mg 14 dni starega micelija z uporabo DNeasy® Plant Mini Kit (Qiagen) po navodilih proizvajalca. Do tri črtne kode so bile pomnožene in analizirane za identifikacijo vrst fitoftor, in sicer regija ITS z uporabo začetnih nukleotidov ITS5 in ITS4

(White in sod., 1990), regija *cox1* s začetnimi nukleotidi OomCox1- Levup in OomCox1-Levlo (Robideau in sod., 2011) in regija  $\beta$ -tub z začetnimi nukleotidi TUBUF2 in TUBUR1 (Kroon in sod., 2004).

Sekvenciranje pribl. 1000 bp (ITS in  $\beta$ -tub) in 800 bp (*cox1*) amplikone treh lokusov je izvedlo komercialno podjetje za sekvenciranje. Zaporedja so bila obdelana in analizirana v skladu z EPPO PM7/129 (EPPO, 2021).

## 2.6 Obdelava podatkov

Statistična analiza je bila izvedena v programski opremi R (R Core Team, 2022). Razlike v strukturi združb organizmov med različnimi drevesnimi razredi in deli dreves so bile preizkušene z analizo podobnosti (ANOSIM) s knjižnico "vegan" (Clarke, 1993; Oksanen in sod., 2022) na podlagi Jaccardovega indeksa podobnosti (Magurran, 2004) in vizualizirane s pomočjo funkcije NMDS (ang. Nonmetric Multidimensional Scaling). Za iskanje statističnih razlik med različnimi skupinami smo uporabili Dunnov test mnogoterih primerjav v knjižnici DescTools, pri čemer smo uporabili Bonferronijevo korekcijo (Signorell in sod., 2022).

## 3 Rezultati

### 3.1 Osutost in poškodovanost bukve

Na vzorčnih ploskvah nismo opazili nobene popolnoma zdrave bukve, ki bi imela osutost krošnje 0 %. Povprečna osutost za drevesa, izbrana kot zdrava, je bila 12,3 % (**Preglednica 4**). Poškodovana drevesa so imela značilno večjo povprečno osutost kot zdrava, v povprečju 37,5 % ( $p < 0,001$ ).

**Preglednica 4.** Osutost bukovih dreves glede na razred ( $n = 40$ ,  $N = 80$ )

Razred	Osutost (%)		
	Avg	Min	Max
poškodovano	37,5	20	65
zdravo	12,3	5	30

Največjo povprečno poškodovanost bukve so povzročile glive (5,3 %, **Preglednica 5**). Na drugem mestu so bili dejavniki nežive narave (3,2 %), na tretjem pa žuželke (2,1 %). Povprečna poškodovanost zaradi gliv je bila značilno večja kot povprečna poškodovanost zaradi žuželk in neposrednega delovanja človeka ( $p < 0,001$ ). Dejavniki nežive narave (npr. veter, sneg, žled) so povzročili v povprečju višjo poškodovanost bukve kot žuželke ( $p < 0,05$ ) in neposredni vplivi človeka (npr. opravila povezana s sečnjo in spravilom dreves) ( $p < 0,001$ ).

**Preglednica 5.** Poškodovanost bukve glede na kategorijo škodljivega dejavnika

Kategorija škodljivega dejavnika	Poškodovanost (%)		Št. zapisov
	Avg	Max	
divjad in objedanje	0,8	2	4
žuželke	2,1	24	137
glive	5,3	50	252
dejavniki nežive narave*	3,2	15	35
neposredni vplivi človeka*	1,2	10	50
drugo*	0,3	1	4

\*dejavniki nežive narave: npr. veter, sneg, žled; neposredni vplivi človeka: npr. mehanske poškodbe dreves zaradi sečnje in spravila dreves; drugo: npr. kompeticija.

Od 48 do 100 % osutosti, v povprečju 91 %, je bilo pojasnjeno z različnimi škodljivimi dejavniki (**Preglednica 6**). Glive so bile najpogosteje zabeležena skupina povzročiteljev poškodb buke v obeh razredih dreves, tj. poškodovanih in zdravih. Poleg tega so glive povzročile največjo poškodovanost v obeh drevesnih razredih med vsemi kategorijami škodljivih dejavnikov. Dejavniki nežive narave so bili na drugem mestu po obsegu poškodb, žuželke pa na tretjem mestu. Divjad in objedanje ter drugi dejavniki so imeli najmanjšo pogostnost in najmanjši vpliv na poškodovanost.

**Preglednica 6.** Poškodovanost buke glede na razred drevesa in kategorijo škodljivega dejavnika

Razred	Kategorija škodljivega dejavnika	Poškodovanost (%)		Št. zapisov
		Avg	Max	
poškodovano	divjad in objedanje	0,0	0	1
	žuželke	2,9	24	72
	glive	7,9	50	129
	dejavniki nežive narave	4,8	15	15
	neposredni vplivi človeka	1,9	10	25
zdravo	divjad in objedanje	1,0	2	3
	žuželke	1,2	5	65
	glive	2,6	20	123
	dejavniki nežive narave	2,1	5	20
	neposredni vplivi človeka	0,5	4	25
	drugo	0,3	1	4

Glive so bile najpomembnejši škodljiv dejavnik vejic in vej tako v razredu poškodovanih kot tudi zdravih dreves (**Preglednica 7**). Prav tako so bile glive najpomembnejši škodljiv dejavnik debla in koreničnika zdravih dreves. Dejavniki nežive narave so bili najpomembnejši škodljiv dejavnik debla in koreničnika poškodovanih dreves vendar skupaj samo na treh drevesih; na drugem mestu pa so povzročili poškodbe vej in vejic ter debla in koreničnika zdravih dreves. Žuželke so bile najpomembnejša skupina povzročiteljev poškodb na buki le na listih, kjer so povzročile večjo poškodovanost kot glive ali drugi povzročitelji. Poleg tega so bile žuželke na tretjem mestu po povprečni poškodovanosti na vejicah in vejah.

**Preglednica 7.** Poškodovanost buke glede na razred drevesa, del drevesa in kategorijo škodljivih dejavnikov

Razred	Del drevesa	Kategorija škodljivega dejavnika	Poškodovanost		Št. zap.
			Avg	Max	
poškodovano	listi	žuželke	1,9	6	41
		glive	0,3	2	34
		divjad in objedanje	0,0	0	1
	veje, vejice	žuželke	5,9	24	21
		glive	12,3	50	80
		dejavniki nežive narave	4,3	10	12
		neposredni vplivi človeka	10,0	10	2
	deblo in koreničnik	žuželke	1,0	5	10
		glive	2,0	5	15
		dejavniki nežive narave	6,7	15	3
zdravo	listi	neposredni vplivi človeka	1,2	10	23
		žuželke	1,2	5	41
		glive	0,2	2	33
	veje, vejice	dejavniki nežive narave	1,0	1	1
		divjad in objedanje	1,0	2	3
		žuželke	1,8	5	17
		glive	3,9	20	76
		dejavniki nežive narave	2,3	5	16
		neposredni vplivi človeka	1,0	1	1



	žuželke	0,0	0	7
	glive	1,1	3	14
deblo in koreničnik	dejavniki nežive narave	1,0	3	3
	neposredni vplivi človeka	0,5	4	24
	drugo	0,3	1	4

Potrdili smo 1. hipotezo, da je v proces hiranja navadne bukve v Sloveniji vpletenih večje število škodljivih dejavnikov, ki skupaj povzročajo kompleksno bolezen.

Potrdili smo 2. hipotezo, da bolezni povzročijo v povprečju večjo poškodovanost navadne bukve v Sloveniji kot žuželke in drugi škodljivi dejavniki.

## 3.2 Povzročitelji poškodb na bukvi

### 3.2.1 Glive

Iz 1.600 vzorcev smo pridobil 5.828 kultur, ki smo jih razvrstili v 251 morfotipov.

Iz poškodovanih bukev smo pridobili 219 morfotipov in 2.920 izolatov, iz zdravih bukev pa 224 morfotipov in 2.908 izolatov. Iz ene vzorčne ploskve smo pridobili 22–55 morfotipov (povprečno 42) in 98–202 izolatov (povprečno 145).

Največja pestrost morfotipov je bila na deblu in koreničniku, ki sta imela podobno pestrost gliv, tj. 152 oz. 153 (**Preglednica 8**). Na drugem mestu po pestrosti gliv so bile veje in vejice. Najmanjše število morfotipov smo izolirali iz listov, vendar še vedno veliko število, tj. 119.

**Preglednica 8.** Število morfotipov in št. izolatov glede na del drevesa

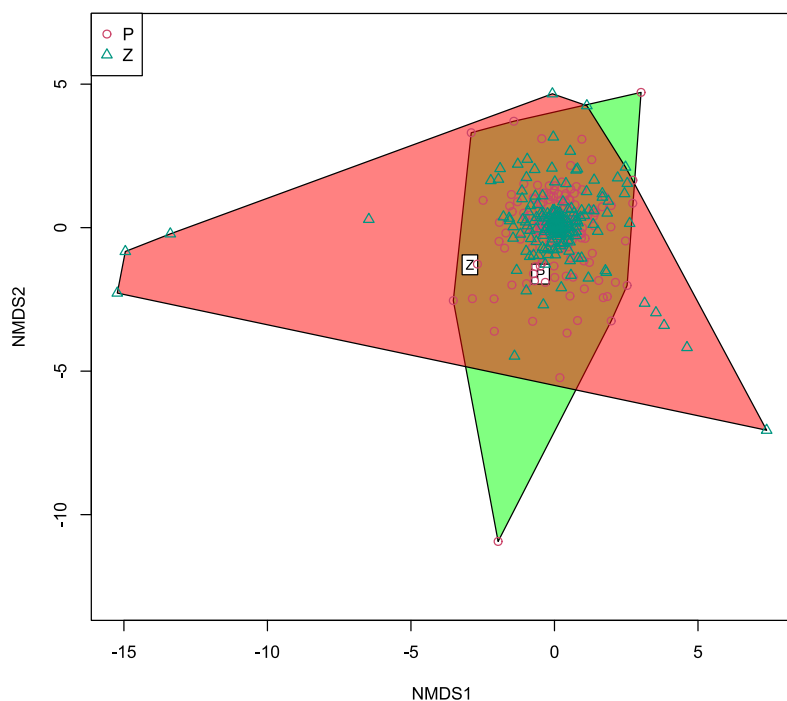
Del drevesa	Št. morfotipov	Št. izolatov
deblo	153	999
koreničnik	152	875
list	119	1412
vejica	132	1365
veja	138	1177

Glede na mesto izolacije je bila največja pestrost morfotipov gliv izolirana iz zunanjšega dela skorje (**Preglednica 9**). Na drugem mestu so bile izolacije iz roba nekroze iz notranjšega dela skorje. Na tretjem mestu so bile izolacije iz roba obarvanega lesa. Iz na videz zdravih listov in zdrave skorje smo pridobili manjše število morfotipov in izolatov zaradi manjšega števila vzorčkov (**Preglednica 3**).

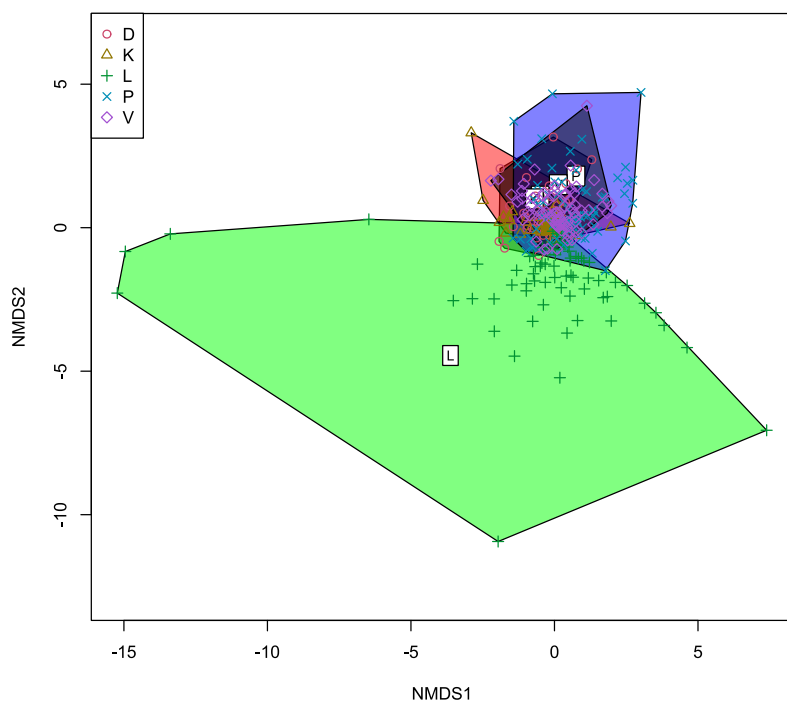
**Preglednica 9.** Število morfotipov in št. izolatov glede na mesto izolacije

Mesto izolacije	Št. morfotipov	Št. izolatov
zdrava skorja	2	2
notranji del skorje	161	2013
zunanji del skorje	164	1113
poškodovan list	118	1394
zdrav list	14	18
obarvan les	151	1288

Na podlagi rezultatov ANOSIM so se združbe gliv (morfotipov) izrazito razlikovale med deli drevesa ( $p = 0,001$ ; **Slika 3**), ne pa tudi med razredi dreves poškodovano/zdravo ( $p = 0,536$ ; **Slika 2**). Listi so se značilno razlikovali od drugih delov dreves po glivnih združbah (**Slika 3**). Vejice, veje, deblo in koreničnik pa so imele podobne združbe gliv (**Slika 3**).



**Slika 2.** NMDS analiza podobnosti združb gliv med različnimi razredi dreves glede na razvrstitev v morfotipe (P – poškodovano, Z – zdravo)



**Slika 3.** NMDS analiza podobnosti združb gliv med različnimi deli dreves glede na razvrstitev v morfotipe (D – deblo, K – koreničnik, L – list, P – poganjek oz. vejica, V – veja)

Za nadaljnjo analizo določitve vrst gliv smo iz vsakega dela drevesa izbrali 20 najpogostejših morfotipov, tj. 100 oz. 107, ker je bila pri nekaterih morfotipih frekvenca pojavljanja enaka. Ker pa so se določeni morfotipi ponavljali med različnimi deli drevesa, smo končno izbrali 72 morfotipov za nadaljnjo analizo, tj. identifikacijo vrst gliv po metodi črtnih kod. Izbrani morfotipi so zajemali 3.830 izolatov (65,7 % vseh izolatov). Izmed teh 72 najpogostejših morfotipov smo naknadno izbrali 10 najpogostejših za dodatno kontrolo pravilnosti določitve morfotipov (ponovitev identifikacije vrste glede na morfotip).

Iz 72 morfotipov smo določili 44 taksonov gliv, kar pomeni, da se je 28 morfotipov (39 %) uvrščalo v isti takson. Izmed 10 morfotipov za dodatno kontrolo določitve morfotipov se je devet identifikacij ujemalo z drugim izolatom istega morfotipa, ena identifikacija pa ne. Zaključimo lahko, da so bili morfotipi načeloma ustrezno določeni oz. v večini primerov še preveč podrobno klasificirani, v določenih primerih, ko so si bili morfotipi izjemno podobni, pa ja lahko prišlo do napačne razvrstitve (do 10 %).

Najpogostejša vrsta na koreničniku je bila gliva *Cadophora spadicis* (Priloga 1). Ostale določene vrste gliv na koreničniku so imele tri krat manjšo frekvenco pojavljanja kot *C. spadicis*, med pogostejšimi s frekvenco večjo od 20 so bile *Neonectria coccinea*, *Clypeosphaeria* sp. in *Cosmospora* sp.

Najpogostejše tri vrste gliv na deblu so bile *Neonectria coccinea*, *Cytospora hippophaicola* in *Neocosmospora quercicola* (Priloga 1). Glive na deblu s frekvenco izolatov nad 20 so bile še: *Cadophora spadicis*, *Pezicula* sp., *Aureobasidium pullulans*, *Clonostachys* sp., *Neohendersonia kickxii*.

Na vejicah sta izrazito prevladovali dve vrsti, tj. *Neohendersonia kickxii* in *Neonectria coccinea* (Priloga 1). Vse ostale vrste oz. taksoni so imeli več kot tri krat manjšo frekvenco pojavljanja.

Na vejah sta podobno kot na vejicah prevladovali *Neonectria coccinea* in *Neohendersonia kickxii* vendar v obratnem vrstnem redu (Priloga 1). Ostale določene vrste gliv na vejah so imele vsaj za dva krat manjšo frekvenco pojavljanja.

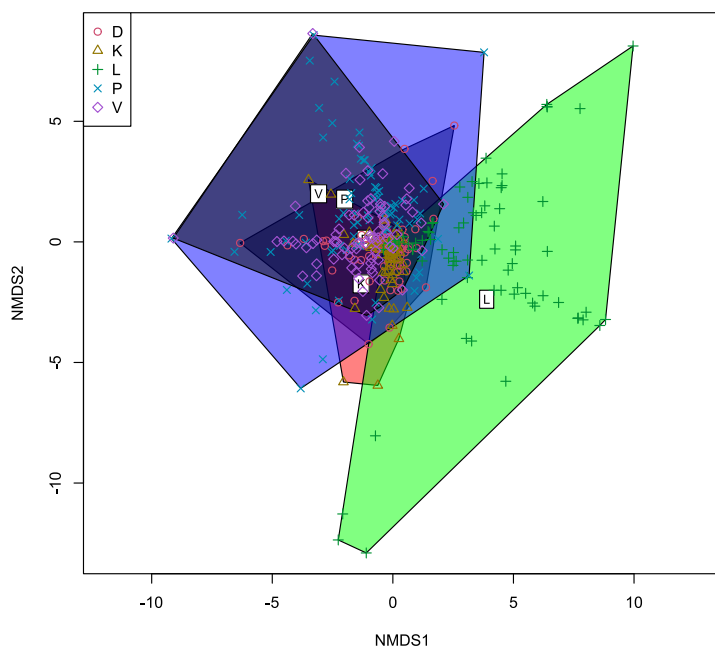
Tri najpogostejše vrste gliv na listih so bile *Apiognomonium errabunda*, *Aureobasidium pullulans* in *Didymosphaeria* sp. (Priloga 1). S frekvenco izolatov nad 20 so bile prisotne še *Petrakia liobae*, *Alternaria* sp. in *Cladosporium pseudocladosporioides*.

Izdelali smo tudi frekvenčno analizo glede na mesto izolacije (Priloga 2). Najpogostejši vrsti v notranjem delu skorje sta bili *Neohendersonia kickxii* in *Neonectria coccinea*. Ostali taksoni so bili vsaj štirikrat manj pogosti. V zunanjem delu skorje sta bili najpogostejši glivi *Cytospora hippophaicola* in *Neonectria coccinea*. Iz zdrave skorje smo določili samo en takson, tj. rod *Clypeosphaeria*.

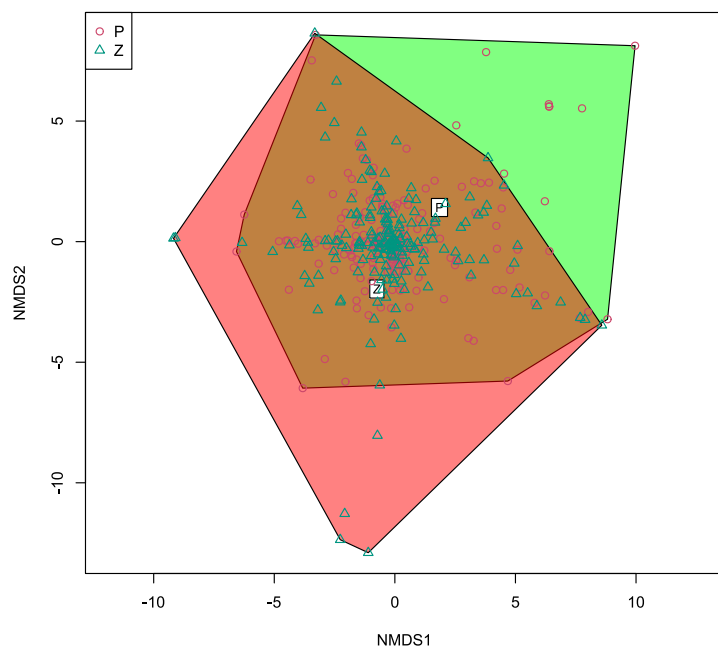
Iz obarvanega lesa smo najpogosteje izolirali tri vrste gliv, tj. *Neonectria coccinea*, *Cadophora spadicis* in *Neohendersonia kickxii* (Priloga 2). Ostali taksoni so imeli bistveno nižjo frekvenco pojavljanja (tri krat in več).

Iz obolelih listov smo najpogosteje izolirali glive *Apiognomonium errabunda*, *Aureobasidium pullulans* in *Didymosphaeria* sp. (Priloga 2). Med pogostejšimi vrstami so bile identificirane še *Petrakia liobae*, *Alternaria* sp. in *Cladosporium pseudocladosporioides*. Iz zdravih listov smo najpogosteje izolirali glivo *Apiognomonium errabunda*.

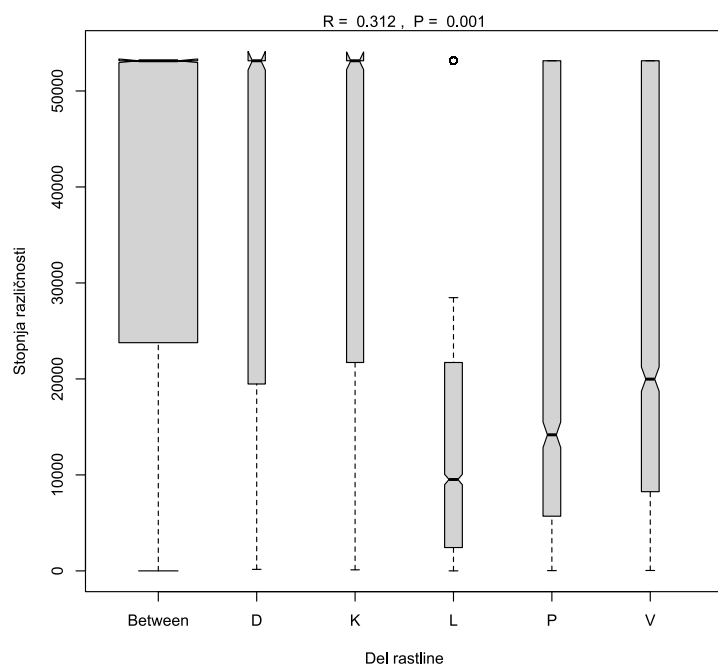
Na podlagi rezultatov analize podobnosti ANOSIM so se združbe določenih taksonov gliv izrazito razlikovale med deli drevesa ( $p = 0,001$ ; **Slika 4**), ne pa tudi med razredi dreves poškodovano/zdravo ( $p = 0,942$ ; **Slika 5**). Med vsemi deli drevesa so obstajale statistično različne združbe gliv. Deblo in koreničnik sta imela na videz podobne združbe gliv (**Slika 6**). Vejice in veje so imele podobne združbe gliv, kakor tudi listi in vejice (**Preglednica 10**).



**Slika 4.** NMDS analiza podobnosti združb identificiranih taksonov gliv med različnimi deli dreves (D – deblo, K – koreničnik, L – list, P – poganjek oz. vejica, V – veja)



**Slika 5.** NMDS analiza podobnosti združb identificiranih taksonov gliv med različnimi razredi dreves (P – poškodovano, Z – zdravo)



**Slika 6.** Stopnja različnosti združb identificiranih taksonov gliv med različnimi deli dreves glede na NMDS analizo podobnosti (D – deblo, K – koreničnik, L – list, P – poganjek oz. vejica, V – veja)

**Preglednica 10.** Dunnov test mnogoterih primerjav z Bonferronijevo korekcijo za podobnost med glivnimi združbami med različnimi deli drevesa (D – deblo, L – list, P – poganjek oz. vejica, V – veja)

Primerjava	Povp. rang	p
D-Between	-3.278	< 2e-16
K-Between	597	1
L-Between	-25.157	< 2e-16
P-Between	-17.745	< 2e-16
V-Between	-13.701	< 2e-16
K-D	3.875	2,10E-13
L-D	-21.878	< 2e-16
P-D	-14.467	< 2e-16
V-D	-10.423	< 2e-16
L-K	-25.754	< 2e-16
P-K	-18.343	< 2e-16
V-K	-14.298	< 2e-16
P-L	7.411	< 2e-16
V-L	11.456	< 2e-16
V-P	4.045	1,70E-15

### 3.2.2 Fitoftore

Od 80 vzorcev tal so bile fitoftore izolirane iz treh (3,8 %) vzorcev. Iz treh vzorcev so bile izolirane tri vrste fitoftor: *P. gonapodyides* (drevo 154P), *P. hedraiondra* (drevo 2512P) in *P. cactorum* (drevo 537Z). Fitoftore so bile izolirane iz zemlje, ki smo jo odvzeli iz okolice dveh poškodovanih bukev in ene zdrave bukve.

S tem zavrnamo 3. hipotezo, da se fitoftore pojavljajo v zemlji na več kot polovici poškodovanih vzorčenih navadnih bukvah in so zato pomemben škodljiv dejavnik hiranja navadne bukve, saj smo fitoftore pridobili le iz dveh od 40 odvzetih vzorcev zemlje, ki smo jih odvzeli iz neposredne bližine poškodovanih bukev.

### 3.2.3 Žuželke

Skupaj smo določili 71 taksonov žuželk. Določili smo od 3 do 15 vrst žuželk na drevo (povprečno 7). Znotraj ploskve smo določili od 8 do 25 vrst žuželk (povprečno 15). Najpogosteje opažene žuželke so bile *Mikiola fagi*, *Orchestes fagi* in *Phyllonorycter maestingella* (**Preglednica 11**). Najbolj škodljive žuželke s pogostnostjo večjo od desetih zapisov so bile *Orchestes fagi*, *Phyllaphis fagi*, *Psilocorsis reflexella* in *Phyllonorycter maestingella* (enako za razred poškodovanih in zdravih dreves). Vendar je bil njihov prispevek k obsegu poškodovanosti majhen, npr. za *Orchestes fagi* v povprečju 1,6 % v razredu poškodovanih in 0,9 % v razredu zdravih dreves. Med desetimi najpogosteje zabeleženimi žuželkami so bili le defoliatorji.

**Preglednica 11.** Deset najpogostejših vrst žuželk (n > 10)\*

Razred	Žuželka	Poškodovanost (%)		Št. zap.
		Avg	Max	
poškodovano	<i>Orchestes fagi</i>	1,6	10	37
	<i>Phyllaphis fagi</i>	1,1	5	19
	<i>Psilocorsis reflexella</i>	0,5	2	23
	<i>Phyllonorycter maestingella</i>	0,5	1	23
	<i>Mikiola fagi</i>	0,3	1	37
	<i>Hartigola annulipes</i>	0,2	1	14
	<i>Phyllonorycter</i> sp.	0,0	0	13
	<i>Orchestes fagi</i>	0,9	10	34
zdravo				

<i>Phyllaphis fagi</i>	0,5	2	21
<i>Psilocorsis reflexella</i>	0,5	3	18
<i>Phyllonorycter maestingella</i>	0,4	2	19
<i>Mikiola fagi</i>	0,3	3	39
<i>Hartigiola annulipes</i>	0,3	1	16
<i>Phyllonorycter</i> sp.	0,0	0	11
<i>Lepidoptera</i>	0,0	0	12

\*Popoln seznam določenih žuželk je na voljo v Prilogi 3.

Med manj pogosto določenimi žuželkami so bile najbolj škodljive *Xyleborus* sp. in *Anisandrus dispar* (**Preglednica 12**).

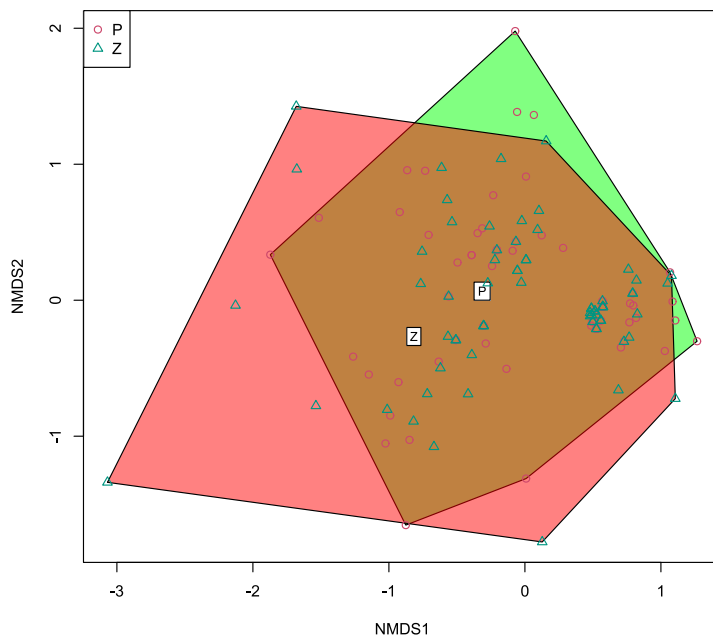
**Preglednica 12.** Manj pogosto zabeležene žuželke z večjim obsegom poškodovanosti ( $n \leq 10$ )

Žuželka	Poškodovanost (%)		Št. zap.
	Avg	Max	
<i>Xyleborus</i> sp.	3,0	10	4
<i>Anisandrus dispar</i>	2,4	10	7
<i>Phyllonorycter messaniella</i>	1,0	1	3
kobilica	1,0	1	2
<i>Cercopoidea</i>	1,0	1	2
<i>Tortricidae</i>	1,0	1	1
<i>Chrysomellidae</i>	1,0	1	1
<i>Elateridae</i>	1,0	1	1
<i>Membracidae</i>	1,0	1	1
<i>Cicadellidae</i>	0,9	5	10
<i>Incurvaria koernerella</i>	0,9	1	8
<i>Parornix fagivora</i>	0,6	1	7
<i>Pentatoma rufipes</i>	0,5	1	10
<i>Miramella irena</i>	0,5	1	2
<i>Sessidae</i>	0,5	1	2
<i>Agrilus</i> sp.	0,3	1	3
<i>Orgyia antiqua</i>	0,2	1	5

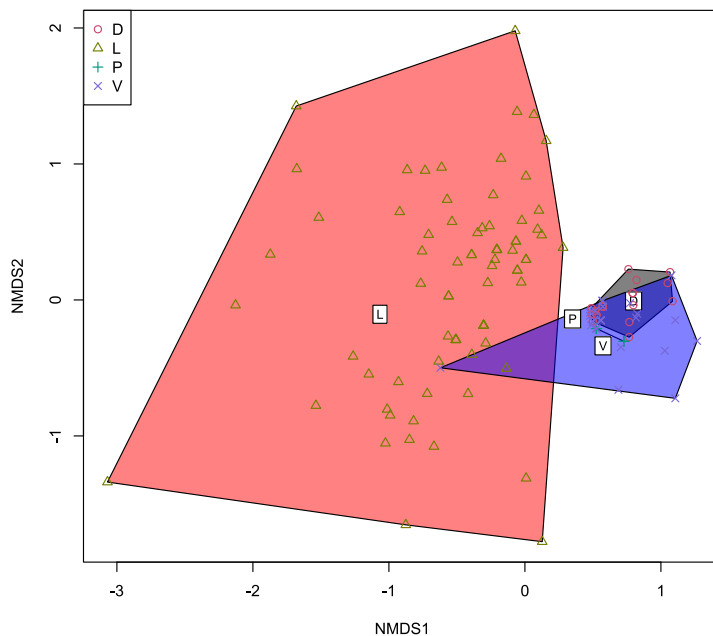
Povprečni Jaccardov indeks podobnosti za združbe žuželk med vzorčnimi ploskvami je bil 0,28 in je dosegel največ 0,47. Jaccardov indeks podobnosti je bil najvišji med vejami in deblom ter vejicami in vejami, najnižji pa med listi in vejicami ter listi in deblom (**Preglednica 13**). Na podlagi rezultatov ANOSIM so se združbe žuželk izrazito razlikovale med deli drevesa ( $p = 0,001$ ; **Slika 8**), ne pa tudi med razredi dreves poškodovano/zdravo ( $p = 0,744$ ; **Slika 7**). Listi so izstopali od drugih delov drevesa glede na združbe žuželk (**Slika 8**). Pri vejicah, vejah in deblu pa se je del združbe žuželk prekrival.

**Preglednica 13.** Jaccardov indeks podobnosti za združbe žuželk med različnimi deli drevesa

Del drevesa	listi	vejice	veje
vejice	0		
veje	0,35	0,41	
deblo	0,05	0,08	0,49



Slika 7. NMDS analiza podobnosti združb žuželk med različnimi razredi dreves (P – poškodovano, Z – zdravo)



Slika 8. NMDS analiza podobnosti združb žuželk med različnimi deli dreves (D – deblo, L – list, P – poganjek oz. vejica, V – veja)

## 4 Razprava

Največjo povprečno poškodovanost bukve so povzročile glive (5,3 %). Na drugem mestu so bili dejavniki nežive narave (3,2 %), na tretjem pa žuželke (2,1 %). Ugotovili smo, da je v proces hiranja navadne bukve v Sloveniji vpletenih večje število škodljivih dejavnikov, ki



skupaj povzročajo kompleksno bolezen. Potrdili smo, da so bolezni najpomembnejši škodljiv dejavnik, kar se sklada s popisom poškodovanosti drevja na stalnih vzorčnih ploskvah na mreži 16 × 16 km (Ogris in Skudnik, 2021, 2022). Tudi pomembnost dejavnikov nežive narave, ki zasedajo drugo mesto, se sklada med rezultatom aktivnosti 2.1 in vsakoletnim popisom poškodovanosti dreves. V našem popisu povzročiteljev poškodb bukve smo žuželkam pripisali večji pomen in sicer tretje mesto po pomembnosti, medtem ko jim vsakoletni popis poškodovanosti na stalnih vzorčnih ploskvah pripisuje najmanjši pomen pri povzročanju poškodb na bukvi od vseh kategorij škodljivih dejavnikov. To je lahko tudi posledica manjšega števila vzorčnih dreves v našem primeru.

Združbe gliv in žuželk se niso razlikovale med razredi dreves poškodovano/zdravo. To pomeni, da se v zdravih drevesih pojavlja podobna združba gliv in žuželk kot v poškodovanih. Dejstvo je, da na ploskvah nismo našli popolnoma zdravega drevesa bukve; povprečna osutost izbranih zdravih dreves je bila 12,3 %. Domnevamo, da se bodo tudi v razredu zdravih dreves povečevale poškodbe zaradi škodljivih organizmov v prihodnosti, glede na to, da se v njih pojavlja podobna združba organizmov in da so se zdrava drevesa nahajala blizu poškodovanih dreves (povprečno 42 m vstran).

Pričakovali smo, da bodo fitoftore pogosto prisotne v vzorčni zemlji predvsem v okolici poškodovanih dreves bukve. Vendar smo uspeli izolirati fitoftore samo iz treh vzorcev zemlje od skupaj 80. Dejavnik, ki je morda vplival na manjšo uspešnost izolacij fitoftor, je čas vzorčenja. Kajti večino vzorcev smo odvzeli v poletnih mesecih (junij–september), ki je neugoden čas za določevanje fitoftor. Domnevamo, da bi bil izplen vzorčenja fitoftor večji, če bi zemljo vzorčili spomladi (marec–april) in jeseni (oktober–november), v času, ko je zemlja hladnejša in bolj namočena, ker gre pretežno za vodne organizme. Vendar to v okviru tega projekta ni bilo izvedljivo zaradi omejenosti projektnih sredstev.

V naši raziskavi smo določili najpogostejše vrste gliv, ki se pojavljajo v različnih delih dreves hirajočih bukev. Da bi dobili vpogled v pomen posameznih vrst v proces hiranja navadne bukve v Sloveniji, bi morali izvesti še teste patogenosti v različnih okoljskih razmerah in z različnimi proveniencami bukve. Brez testov patogenosti oz. izvedbe Kochovih postulatov ne moremo trditi za izolirane vrste gliv v naši raziskavi, da so povzročiteljice poškodb bukve. Trdimo lahko zgolj, da so bile prisotne v poškodovanih delih drevesa, iz katerih smo odvzeli koščke tkiva za izolacijo gliv v čisto kulturo. Predlagamo, da se teste patogenosti izvede v drugi raziskavi.

Izolirane vrste gliv uvrščamo med patogene, endofite, saprofite in fakultativne patogene. Nekatere najbolj pogoste vrste, kot so npr. *Neohendersonia kickxii* v vejicah, *Neonectria coccinea* v lesu in *Apiognomonium errabunda* v listih, so znani endofiti, ki se pojavljajo v popolnoma zdravih tkivih. V primeru delovanja stresnih dejavnikov na gostitelja pa se endofiti preobrazijo v patogene, zato jim pravimo tudi fakultativni patogeni. Tako je npr. za *Apiognomonium errabunda* znano, da spodbudijo njeno patogeno delovanje žuželke kot so *Mikiola fagi* in *Hartigiola annulipes* ali pa pozna zmrzal. Iz tega dejstva lahko domnevamo, da imajo fakultativni patogeni pomembno vlogo pri hiranju bukve, ki delujejo kot nekakšen speči mehanizem, ki se aktivira ob prisotnosti ustreznega stresnega dejavnika ali dejavnikov.

V bukovih gozdovih se pojavlja 198 vrst žuželk (Jurc M., 2012). V naši raziskavi smo določili 71 taksonov žuželk, kar predstavlja 35,9 % vseh vrst žuželk, ki se pojavljajo na bukvi. Žuželke so bile šele na tretjem mestu glede na povprečno poškodovanost bukve. Žuželke so bile najpomembnejša skupina povzročiteljev poškodb na bukvi le na listih, kjer so povzročile večjo poškodovanost kot glive ali drugi povzročitelji. V določenih primerih lahko žuželke povzročijo popolno ali zgodnjo defoliacijo bukve, kar pomeni za drevo zmanjšanje vitalnosti in stres. Zato imajo žuželke lahko pomembno posredno vlogo pri pojavu fakultativnih patogenov in sekundarnih škodljivcev, ki poškodujejo le predhodno oslabela drevesa.

Najpogostejši žuželki sta bili *Orchestes fagi* (bukov rilčkar skakač) in *Phyllaphis fagi* (bukova listna uš). Obe žuželki sta bili v letu 2022 v fazi gradacije na območju cele države (Kavčič, 2022). Če žuželki ne bi bili v gradaciji, domnevamo, da bi ocena poškodovanosti bukve zaradi žuželk bila nižja.

Determiniranim boleznim in škodljivcem smo poskušali določiti njihovo vlogo pri hiranju bukve, tako da smo jih razdelili v tri skupine (Jurc D., 1999; Manion, 1981): dejavniki predispozicije, sprožilni dejavniki in dodatni dejavniki. Dejavniki predispozicije so stalno prisotni negativni dejavniki in predstavljajo neprestani stres za rastlino. To so dejavniki, ki na splošno slabijo rastlino skozi daljši čas oz. čez celo življenjsko obdobje rastline: npr. neustrezen izvor semena, neustrezna tla, podnebje, genetski potencial drevesa, starost drevesa, onesnaženi zrak. Sprožilni dejavniki so tisti, ki trajajo kratek čas in močno prizadenejo drevo, tj. povzročijo akutne poškodbe rastline, to so npr. defoliatorji, pozeba, suša. Drevo skuša poškodbe zaradi sprožilnih dejavnikov pozdraviti, vendar ima težave zaradi stalno prisotnega stresa dejavnikov predispozicije. Zato se na njem uspejo razviti dodatni škodljivi dejavniki, npr. podlubniki, trohnozne glive, glive modrivke in drugi fakultativni patogeni ter sekundarni škodljivci. Na propadajočem drevesu so ti dodatni škodljivi dejavniki najočitnejši in jih pogosto napačno identificiramo kot glavne povzročitelje propada drevesa. Življenje drevesa poteka v stalnem pritisku različnih škodljivih dejavnikov, ki si jih lahko zamislimo razvrščene v trojno spiralo (Jurc D., 1999): dejavniki predispozicije predstavljajo stalni pritisk in včasih prestavijo stanje drevesa v naslednjo stopnjo spirale. V kolikor je drevo nenadoma močno prizadeto, se sproži proces, ko dodatni dejavniki oslabiljeno drevo dokončno uničijo.

Dejavniki predispozicije:

- podnebne spremembe (dvig temperature zraka),
- onesnažen zrak,
- neustrezno rastišče in neustrezen izvor semena (v določenih primerih),
- fitoftore (*Phytophthora* sp.) in druge oomicete, ki povzročajo odmiranje korenin in korenin,
- stalno prisotni škodljivci: *Phyllonorycter maestingella*, *Mikiola fagi*, *Hartigiola annulipes*.

Sprožilni dejavniki:

- suša,
- pozeba,

- defoliatorji: npr. *Orchestes fagi*, *Phyllaphis fagi*.

Dodatni dejavniki (npr.):

- boleznij vejic in vej oz. fakultativni patogeni: *Neohendersonia kickxii*, *Neonectria coccinea*, *Apiognomonina errabunda*,
- boleznij debla in koreničnika: *Cytospora hippophaicola*, *Neocosmospora quercicola*, *Cadophora spadicis*,
- boleznij listja: *Apiognomonina errabunda*, *Aureobasidium pullulans*, *Didymosphaeria* sp., *Petrakia liobae*, *Alternaria* sp., *Cladosporium pseudocladosporioides*,
- trohnozne glive: *Armillaria* sp.,
- podlubniki in druge žuželke: *Xyleborus* sp., *Anisandrus dispar*, *Agrilus* sp.

Hiranje bukve so zabeležili tudi drugod v Evropi (Brück-Dyckhoff in sod., 2019; Rohner in sod., 2021). Raziskovalci so ugotovili, da so v proces hiranja bukve vpletene fitoftore (*Phytophthora* spp.), daljša obdobja z obilnim deževjem in suše (Jankowiak in sod.; Jung, 2009). Podobno ugotavljajo tudi v Italiji (Vettraino in sod., 2008). K hiranju bukve prispevajo tudi drugi škodljivi dejavniki, npr. pooglenitev bukve, ki jo povzroča sicer endofitna gliva *Biscogniauxia nummularia* ob sušnem stresu (Granata in Sidoti, 2004). Tudi na Madžarskem so zabeležili hiranje bukve zaradi sušnega stresa, pojava pooglenitve bukve in še nekaterih drugih škodljivcev (Lakatos in Molnár, 2009). Vse kaže, da bukev postaja ranljivejša zaradi suše in toplejšega podnebja (Chakraborty in sod., 2021), kar se ujema z rezultati naše raziskave. V nasprotju s prej omenjenimi raziskavami v Evropi pa v naši raziskavi nismo ugotovili bistvenega vpliva fitoftor in pooglenitve bukve. Glede na to, da je eden od sprožilnih dejavnikov hiranja bukve suša in eden od dejavnikov predispozicije toplejše podnebje, smo pričakovali pogostejše pojavljanje pooglenitve bukve, gliv iz družine Botryosphaeriaceae, krasnikov in podlubnikov. Vendar se slednja pričakovanja niso izpolnila. Izstopale so glive *Neohendersonia kickxii*, *Neonectria coccinea* in *Apiognomonina errabunda*. Vse tri glive so znani in zelo pogosti endofiti navadne bukve (Danti in sod., 2002; Langer in Buškamp, 2023; Sieber, 2007). V raziskavi smo ugotovili, da se združbe gliv in žuželk med zdravimi in poškodovanimi bukvami niso razlikovale. Kar nakazuje, da so v zdravih bukvah prisotni že vsi škodljivi organizmi, ki so tudi v poškodovanih. Zato so izjemnega pomena zunanji sprožilni dejavniki, ki spodbudijo patogeno delovanje teh vrst. Ta ugotovitev je pomembna zaradi usmeritev gospodarjenja z bukvijo. Poškodovanost bukve bi lahko zmanjšali, če bi ji nudili okolje s čim manj stresnih oz. sprožilnih dejavnikov, kot so suša, pozeba in drugi sprožilni dejavniki fakultativnih patogenov. V tem kontekstu postane prilagajanje podnebnim spremembam in ustrezna prilagoditev gozdnogospodarskih načrtov nadvse relevantna.

## 5 Zaključki

Potrdili smo 1. hipotezo: V proces hiranja navadne bukve v Sloveniji je vpletenih večje število škodljivih dejavnikov, ki skupaj povzročajo kompleksno bolezen.

Potrdili smo 2. hipotezo: Bolezni povzročijo v povprečju večjo poškodovanost navadne bukve v Sloveniji kot žuželke in drugi škodljivi dejavniki.

Ovrgli smo 3. hipotezo: Fitoftore se pojavljajo v zemlji na več kot polovici poškodovanih vzorčenih navadnih bukvah in so zato pomemben škodljiv dejavnik hiranja navadne bukve.

Največjo povprečno poškodovanost bukve so povzročile glive (5,3 %). Na drugem mestu so bili dejavniki nežive narave (3,2 %), na tretjem pa žuželke (2,1 %). Glive so bile najpomembnejši škodljiv dejavnik vejic in vej ter debla in koreničnika zdravih dreves. Dejavniki nežive narave so bili najpomembnejši škodljiv dejavnik debla in koreničnika poškodovanih dreves; na drugem mestu pa so povzročili poškodbe vej in vejic ter debla in koreničnika zdravih dreves. Žuželke so bile najpomembnejša skupina povzročiteljev poškodb na bukvi le na listih, kjer so povzročile večjo poškodovanost kot glive ali drugi povzročitelji.

Iz 1.600 vzorcev smo pridobil 5.828 kultur, ki smo jih razvrstili v 251 morfotipov. Iz poškodovanih bukev smo pridobili podobno število morfotipov kot iz zdravih. Največja pestrost morfotipov je bila na deblu in koreničniku, ki sta imela podobno pestrost gliv. Na drugem mestu po pestrosti gliv so bile veje in vejice. Najmanjše število morfotipov smo izolirali iz listov. Glede na mesto izolacije je bila največja pestrost morfotipov gliv izolirana iz zunanega dela skorje. Na drugem mestu so bile izolacije iz roba nekroze iz notranjega dela skorje. Na tretjem mestu so bile izolacije iz roba obarvanega lesa.

Združbe gliv in združbe žuželk so se značilno razlikovale med deli drevesa, ne pa tudi med razredi dreves poškodovano/zdravo.

V boleznih vej in vejic sta najpogosteje vpleteni dve vrsti gliv *Neonectria coccinea* in *Neohendersonia kickxii*. V poškodovanih listih so bile najpogosteje prisotne tri vrste gliv *Apiognomonium errabunda*, *Aureobasidium pullulans* in *Didymosphaeria* sp.

V proces hiranja navadne bukve so vpleteni predvsem endofiti, ki se v stresnih razmerah aktivirajo in povzročajo poškodbe in jih zato obravnavamo kot fakultativne patogene. Med najpogostejšimi fakultativnimi patogeni smo identificirali glive *Neohendersonia kickxii*, *Neonectria coccinea* in *Apiognomonium errabunda*.

Najbolj škodljive žuželke s pogostnostjo večjo od desetih zapisov so bile *Orchestes fagi*, *Phyllaphis fagi*, *Psilocorsis reflexella* in *Phyllonorycter maestingella*; vendar je bil njihov prispevek k obsegu poškodovanosti majhen. Med manj pogosto določenimi žuželkami so bile najbolj škodljive *Xyleborus* sp. in *Anisandrus dispar*.

Vzrok hiranja navadne bukve v Sloveniji je kompleksna bolezen. Dejavniki predispozicije so: podnebne spremembe, onesnažen zrak, neustrezno rastišče in neustrezen izvor semena, fitoftore, stalno prisotni škodljivci. Sprožilni dejavniki so: suša, pozeba, defoliatorji (*Orchestes fagi*, *Phyllaphis fagi*). Dodatni dejavniki so: boleznih vejic in vej oz. fakultativni patogeni (*Neohendersonia kickxii*, *Neonectria coccinea*, *Apiognomonium errabunda*), boleznih debla in koreničnika (*Cytospora hippophaicola*, *Neocosmospora quercicola*, *Cadophora spadicea*), boleznih listja (*Apiognomonium errabunda*, *Aureobasidium pullulans*, *Didymosphaeria* sp., *Petrakia liobae*, *Alternaria* sp., *Cladosporium pseudocladosporioides*), trohnozne glive: *Armillaria* sp., podlubniki in druge žuželke (*Xyleborus* sp., *Anisandrus dispar*, *Agilus* sp.).

## 6 Zahvala

Zahvaljujemo se lastnikom gozdov, ki so dovolili in sodelovali pri projektu. Zahvaljujemo se Zavodu za gozdove Slovenije, ki je pomagal pri izboru vzorčnih ploskev, iskanju primernih dreves in skrbel za komunikacijo z lastniki gozdov. Zahvaljujemo se sekačem Petru Smolnikarju, Marku Franku, Juretu Žlogarju, Tadeju Slugi, Robertu Krajncu in Iztoku Sinjurju. Za pomoč na terenu se zahvaljujemo Evi Groznik in Simonu Zidarju. Za laboratorijsko pomoč se zahvaljujemo Maši Zagorac, Tašji Cvelbar, Nuši Avguštinčič, Špeli Jagodic, Špeli Hočevar in Zini Devetak.

## 7 Priloge

### 7.1 Priloga 1. Identificirani taksoni gliv in njihova frekvenca pojavljanja glede na del rastline

Koreničnik		Deblo	
Takson	Št. izolatov	Takson	Št. izolatov
<i>Cadophora spadicis</i>	94	<i>Neonectria coccinea</i>	97
<i>Neonectria coccinea</i>	35	<i>Cytospora hippophaicola</i>	60
<i>Clypeosphaeria</i> sp.	27	<i>Neocosmospora quercicola</i>	45
<i>Cosmospora</i> sp.	22	<i>Cadophora spadicis</i>	39
<i>Cytospora hippophaicola</i>	19	<i>Pezicula</i> sp.	32
<i>Lopadostoma fagi</i>	19	<i>Aureobasidium pullulans</i>	26
<i>Phialocephala</i> sp.	17	<i>Clonostachys</i> sp.	25
<i>Armillaria gallica</i>	15	<i>Neohendersonia kickxii</i>	23
<i>Diaporthe eres</i>	15	<i>Neonectria</i> sp.	19
<i>Mycena</i> sp.	13	<i>Phialemonium</i> sp.	19
<i>Pezicula</i> sp.	13	<i>Parafenestella</i> sp.	17
<i>Neohendersonia kickxii</i>	13	<i>Trichoderma</i> sp.	16
<i>Pezicula cinnamomea</i>	13	<i>Neocucurbitaria</i> sp.	14
<i>Nectria dematiosa</i>	12	<i>Apiognomonium errabunda</i>	14
<i>Neonectria</i> sp.	11	<i>Mortierella</i> sp.	13
<i>Phaeoacremonium</i> sp.	10	<i>Clypeosphaeria</i> sp.	12
<i>Parafenestella</i> sp.	10	<i>Coniochaeta velutina</i>	10
<i>Fusarium paeoniae</i>	10	<i>Beauveria</i> sp.	10
<i>Coprinellus micaceus</i>	10	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	10
<i>Phialemonium</i> sp.	10	<i>Coprinellus micaceus</i>	9
<i>Xylaria longipes</i>	10	<i>Jackrogersella</i> sp.	9
<i>Trichoderma</i> sp.	8	<i>Petrakia liobae</i>	9
<i>Jackrogersella</i> sp.	8	<i>Xylaria longipes</i>	9
<i>Petrakia liobae</i>	7	<i>Diaporthe eres</i>	8
<i>Neocosmospora quercicola</i>	6	<i>Epicoccum layuense</i>	8
<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	6	<i>Biscognauxia nummularia</i>	7
<i>Aureobasidium pullulans</i>	6	<i>Lopadostoma fagi</i>	7
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	5	<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	6
<i>Hypoxyton fragiforme</i>	4	<i>Cosmospora</i> sp.	5
<i>Neocucurbitaria</i> sp.	4	<i>Fusarium paeoniae</i>	5
<i>Mortierella</i> sp.	3	<i>Phialocephala</i> sp.	5
<i>Epicoccum layuense</i>	3	<i>Hypoxyton fragiforme</i>	4
<i>Tolyposcladium</i> sp.	3	<i>Alternaria</i> sp.	4
<i>Clonostachys</i> sp.	2	<i>Didymella macrostoma</i>	4
<i>Apiognomonium errabunda</i>	2	<i>Diatrypella</i> sp.	4
<i>Biscognauxia nummularia</i>	2	<i>Epicoccum mezzettii</i>	3
<i>Beauveria</i> sp.	2	<i>Phaeoacremonium</i> sp.	3

<i>Diatrypella</i> sp.	1	<i>Tolypocladium</i> sp.	2
		<i>Pezicula cinnamomea</i>	1
		<i>Mycetinis alliaceus</i>	1
		<i>Nectria dematiosa</i>	1

Vejica		Veja	
Takson	Št. izolatov	Takson	Št. izolatov
<i>Neohendersonia kickxii</i>	296	<i>Neonectria coccinea</i>	202
<i>Neonectria coccinea</i>	160	<i>Neohendersonia kickxii</i>	133
<i>Diatrypella</i> sp.	47	<i>Phialemonium</i> sp.	71
<i>Apiognomonium errabunda</i>	46	<i>Neonectria</i> sp.	36
<i>Neonectria</i> sp.	38	<i>Diatrypella</i> sp.	29
<i>Aureobasidium pullulans</i>	34	<i>Aureobasidium pullulans</i>	29
<i>Cytospora hippophaicola</i>	34	<i>Pezicula</i> sp.	26
<i>Phialemonium</i> sp.	34	<i>Tolypocladium</i> sp.	19
<i>Parafenestella</i> sp.	28	<i>Jackrogersella</i> sp.	18
<i>Phialocephala</i> sp.	27	<i>Cytospora hippophaicola</i>	18
<i>Mycetinis alliaceus</i>	22	<i>Biscognauxia nummularia</i>	16
<i>Tolypocladium</i> sp.	15	<i>Hypoxylon fragiforme</i>	16
<i>Pezicula</i> sp.	14	<i>Neocosmospora quercicola</i>	13
<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	14	<i>Apiognomonium errabunda</i>	13
<i>Clonostachys</i> sp.	11	<i>Epicoccum layuense</i>	11
<i>Phaeoacremonium</i> sp.	11	<i>Beauveria</i> sp.	10
<i>Neocucurbitaria</i> sp.	9	<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	9
<i>Mortierella</i> sp.	7	<i>Mycetinis alliaceus</i>	9
<i>Biscognauxia nummularia</i>	6	<i>Phialocephala</i> sp.	9
<i>Cadophora spadicis</i>	5	<i>Neocucurbitaria</i> sp.	7
<i>Nectria dematiosa</i>	5	<i>Mortierella</i> sp.	6
<i>Neocosmospora quercicola</i>	5	<i>Nectria dematiosa</i>	5
<i>Jackrogersella</i> sp.	5	<i>Phaeoacremonium</i> sp.	5
<i>Xylaria longipes</i>	3	<i>Cadophora spadicis</i>	5
<i>Lopadostoma fagi</i>	1	<i>Diaporthe eres</i>	5
<i>Beauveria</i> sp.	1	<i>Coprinellus micaceus</i>	5
<i>Coniochaeta velutina</i>	1	<i>Clypeosphaeria</i> sp.	3
<i>Diaporthe eres</i>	1	<i>Cosmospora</i> sp.	3
<i>Didymosphaeria</i> sp.	1	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	3
		<i>Parafenestella</i> sp.	3
		<i>Epicoccum mezzettii</i>	3
		<i>Trichoderma</i> sp.	3
		<i>Clonostachys</i> sp.	2
		<i>Didymella macrostoma</i>	2
		<i>Didymosphaeria</i> sp.	1
		<i>Alternaria</i> sp.	1
		<i>Lopadostoma fagi</i>	1

List	
Takson	Št. izolatov
<i>Apiognomonium errabunda</i>	379
<i>Aureobasidium pullulans</i>	299
<i>Didymosphaeria</i> sp.	114
<i>Petrakia liobae</i>	78
<i>Alternaria</i> sp.	50
<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	48

<i>Didymella macrostoma</i>	19
<i>Epicoccum layuense</i>	19
<i>Fusarium paeoniae</i>	19
<i>Diaporthe eres</i>	15
<i>Epicoccum mezzettii</i>	12
<i>Jackrogersella</i> sp.	9
<i>Cytospora hippophaicola</i>	9
<i>Biscognauxia nummularia</i>	8
<i>Phialocephala</i> sp.	7
<i>Phialemonium</i> sp.	5
<i>Mortierella</i> sp.	5
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	4
<i>Parafenestella</i> sp.	4
<i>Cadophora spadicis</i>	3
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	2
<i>Clonostachys</i> sp.	1
<i>Phaeocremonium</i> sp.	1
<i>Pezicula</i> sp.	1
<i>Neonectria coccinea</i>	1
<i>Mycetinis alliaceus</i>	1
<i>Nectria dematiosa</i>	1

## 7.2 Priloga 2. Identificirani taksoni gliv in njihova frekvenca pojavljanja glede na mesto izolacije

Zdrava skorja	
Takson	Št. izolatov
<i>Clypeosphaeria</i> sp.	1

Notranji del skorje		Zunanji del skorje	
Takson	Št. izolatov	Takson	Št. izolatov
<i>Neohendersonia kickxii</i>	343	<i>Cytospora hippophaicola</i>	74
<i>Neonectria coccinea</i>	297	<i>Neonectria coccinea</i>	49
<i>Phialemonium</i> sp.	80	<i>Pezicula</i> sp.	39
<i>Aureobasidium pullulans</i>	61	<i>Neocosmospora quercicola</i>	38
<i>Neonectria</i> sp.	60	<i>Clypeosphaeria</i> sp.	33
<i>Apiognomonium errabunda</i>	54	<i>Aureobasidium pullulans</i>	32
<i>Diatrypella</i> sp.	51	<i>Phialemonium</i> sp.	30
<i>Cytospora hippophaicola</i>	49	<i>Cadophora spadicis</i>	27
<i>Phialocephala</i> sp.	29	<i>Parafenestella</i> sp.	24
<i>Parafenestella</i> sp.	28	<i>Trichoderma</i> sp.	21
<i>Pezicula</i> sp.	28	<i>Neonectria</i> sp.	18
<i>Mycetinis alliaceus</i>	27	<i>Mortierella</i> sp.	16
<i>Tolypocladium</i> sp.	22	<i>Diaporthe eres</i>	16
<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	19	<i>Clonostachys</i> sp.	15
<i>Biscognauxia nummularia</i>	14	<i>Fusarium paeoniae</i>	15
<i>Neocosmospora quercicola</i>	14	<i>Neohendersonia kickxii</i>	15

<i>Mortierella</i> sp.	13	<i>Neocucurbitaria</i> sp.	14
<i>Clonostachys</i> sp.	13	<i>Apiognomonina errabunda</i>	14
<i>Neocucurbitaria</i> sp.	12	<i>Mycena</i> sp.	13
<i>Phaeoacremonium</i> sp.	12	<i>Pezicula cinnamomea</i>	13
<i>Nectria dematiosa</i>	10	<i>Petrakia liobae</i>	12
<i>Epicoccum layuense</i>	10	<i>Nectria dematiosa</i>	10
<i>Beauveria</i> sp.	7	<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	10
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	6	<i>Coprinellus micaceus</i>	9
<i>Diaporthe eres</i>	6	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	8
<i>Jackrogersella</i> sp.	5	<i>Beauveria</i> sp.	8
<i>Xylaria longipes</i>	3	<i>Cosmospora</i> sp.	7
<i>Cosmospora</i> sp.	3	<i>Hypoxylon fragiforme</i>	6
<i>Cadophora spadicis</i>	3	<i>Xylaria longipes</i>	6
<i>Epicoccum mezzettii</i>	2	<i>Epicoccum layuense</i>	5
<i>Clypeosphaeria</i> sp.	2	<i>Alternaria</i> sp.	4
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	2	<i>Biscognauxia nummularia</i>	3
<i>Lopadostoma fagi</i>	1	<i>Didymella macrostoma</i>	3
<i>Coniochaeta velutina</i>	1	<i>Coniochaeta velutina</i>	3
<i>Didymosphaeria</i> sp.	1	<i>Phialocephala</i> sp.	3
<i>Alternaria</i> sp.	1	<i>Tolypocladium</i> sp.	2
		<i>Phaeoacremonium</i> sp.	2
		<i>Jackrogersella</i> sp.	1
		<i>Epicoccum mezzettii</i>	1

#### Obarvan les

Takson	Št. izolatov
<b><i>Neonectria coccinea</i></b>	148
<i>Cadophora spadicis</i>	113
<i>Neohendersonia kickxii</i>	107
<i>Jackrogersella</i> sp.	34
<i>Diatrypella</i> sp.	30
<i>Lopadostoma fagi</i>	27
<i>Phialocephala</i> sp.	26
<i>Neonectria</i> sp.	26
<i>Phialemonium</i> sp.	24
<i>Cosmospora</i> sp.	20
<i>Pezicula</i> sp.	18
<i>Neocosmospora quercicola</i>	17
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	16
<i>Armillaria gallica</i>	15
<i>Phaeoacremonium</i> sp.	15
<i>Tolypocladium</i> sp.	15
<i>Coprinellus micaceus</i>	15
<i>Biscognauxia nummularia</i>	14



<i>Xylaria longipes</i>	13
<i>Clonostachys</i> sp.	12
<i>Beauveria</i> sp.	8
<i>Cytospora hippophaicola</i>	8
<i>Neocucurbitaria</i> sp.	8
<i>Diaporthe eres</i>	7
<i>Coniochaeta velutina</i>	7
<i>Epicoccum layuense</i>	7
<i>Apiognomonium errabunda</i>	7
<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	6
<i>Clypeosphaeria</i> sp.	6
<i>Trichoderma</i> sp.	6
<i>Parafenestella</i> sp.	6
<i>Mycetinis alliaceus</i>	5
<i>Petrakia liobae</i>	4
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	4
<i>Epicoccum mezzettii</i>	3
<i>Didymella macrostoma</i>	3
<i>Nectria dematiosa</i>	3
<i>Aureobasidium pullulans</i>	2
<i>Didymosphaeria</i> sp.	1
<i>Pezicula cinnamomea</i>	1

Poškodovan list		Zdrav list	
Takson	Št. izolatov	Takson	Št. izolatov
<i>Apiognomonium errabunda</i>	377	<i>Apiognomonium errabunda</i>	2
<i>Aureobasidium pullulans</i>	299	<i>Biscognauxia nummularia</i>	1
<i>Didymosphaeria</i> sp.	114	<i>Cytospora hippophaicola</i>	1
<i>Petrakia liobae</i>	78	<i>Jackrogersella</i> sp.	1
<i>Alternaria</i> sp.	50	<i>Phialocephala</i> sp.	1
<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	48		
<i>Didymella macrostoma</i>	19		
<i>Epicoccum layuense</i>	19		
<i>Fusarium paeoniae</i>	19		
<i>Diaporthe eres</i>	15		
<i>Epicoccum mezzettii</i>	12		
<i>Cytospora hippophaicola</i>	8		
<i>Jackrogersella</i> sp.	8		
<i>Biscognauxia nummularia</i>	7		
<i>Phialocephala</i> sp.	6		
<i>Phialemonium</i> sp.	5		
<i>Mortierella</i> sp.	5		
<i>Hypoxyton fragiforme</i>	4		
<i>Parafenestella</i> sp.	4		

<i>Cadophora spadicis</i>	3
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	2
<i>Clonostachys</i> sp.	1
<i>Phaeoacremonium</i> sp.	1
<i>Pezicula</i> sp.	1
<i>Nectria dematiosa</i>	1
<i>Mycetinis alliaceus</i>	1
<i>Neonectria coccinea</i>	1

### 7.3 Priloga 3. Identificirani taksoni žuželk, njihova frekvenca pojavljanja glede na del drevesa in razred poškodovano/zdravo drevo

Razred	Del drevesa	Takson	Poškodovanost		Št. zap	
			Avg	Max		
Poškodovano	Deblo	<i>Anisandrus dispar</i>	1	1	1	
		<i>Calliteara pudibunda</i>	0	0	1	
		<i>Cerambycidae</i>	0,5	1	2	
		<i>Formicidae</i>	1	1	1	
		<i>Furcula</i> sp.	0	0	1	
		<i>Pentatoma rufipes</i>	0	0	2	
		<i>Taphrorychus bicolor</i>	0,7	1	7	
		<i>Xyleborus</i> sp.	1	1	1	
		<i>Xyloterus domesticus</i>	0	0	1	
		<i>Zeuzera pyrina</i>	0	0	1	
	Veja	<i>Agrilus</i> sp.	0,3	1	3	
		<i>Anisandrus dispar</i>	1,7	5	3	
		<i>Cerambycidae</i>	0,8	1	5	
		<i>Formicidae</i>	0	0	4	
		<i>Pentatoma</i> sp.	0	0	1	
		<i>Scolytinae</i>	1	2	4	
		<i>Sessidae</i>	0,5	1	2	
		<i>Taphrorychus bicolor</i>	0	0	2	
		<i>kobilica</i>	1	1	1	
		<i>Xyleborus</i> sp.	10	10	1	
	Vejica	<i>Zeuzera pyrina</i>	0	0	1	
		<i>Formicidae</i>	0	0	1	
		<i>Scolytinae</i>	1,7	3	3	
		<i>Aceria nervisequa</i>	0,2	1	9	
		<i>Aceria</i> sp.	0	0	1	
		<i>Aceria stenaspis</i>	0	0	1	
		<i>Apoda limacodes</i>	0	0	2	
		List	<i>Calliteara pudibunda</i>	0	0	1
			<i>Caloptilia</i> sp.	0	0	1
			<i>Cerambycidae</i>	0	0	1
	<i>Chlorophorus figuratus</i>		0	0	1	
	<i>Cicadellidae</i>		1,4	5	5	
	<i>Cicadomorpha</i>		0	0	5	

	<i>Cicindellidae</i>	0	0	4
	<i>Colocasia coryli</i>	0	0	1
	<i>Curculionidae</i>	0	0	1
	<i>Diurnea fagella</i>	0	0	1
	<i>Geometridae</i>	0	0	4
	<i>Hartigiola annulipes</i>	0,2	1	14
	<i>Heteroptera</i>	0	0	1
	<i>Incurvaria koernerella</i>	1	1	3
	listni zavijač	0	0	2
	<i>Lepidoptera</i>	0	0	7
	<i>Mikiola fagi</i>	0,3	1	37
	<i>Miramella irena</i>	0,5	1	2
	<i>Neuroptera</i>	0	0	1
	<i>Noctuidae</i>	0	0	1
	<i>Operophtera brumata</i>	0	0	1
	<i>Orchestes fagi</i>	1,6	10	37
	<i>Orgyia antiqua</i>	0,5	1	2
	<i>Parornix fagivora</i>	0,7	1	3
	<i>Pentatoma rufipes</i>	1	1	1
	<i>Pentatomidae</i>	0	0	1
	<i>Phyllaphis fagi</i>	1,1	5	19
	<i>Phyllonorycter maestingella</i>	0,5	1	23
	<i>Phyllonorycter messaniella</i>	1	1	1
	<i>Phyllonorycter</i> sp.	0	0	13
	<i>Polydrosus cervinus</i>	0	0	2
	<i>Polydrosus</i> sp.	0	0	1
	<i>Psilocorsis cryptolechiella</i>	0	0	2
	<i>Psilocorsis reflexella</i>	0,5	2	23
	<i>Stigmella hemargyrella</i>	0,6	1	5
	<i>Stigmella</i> sp.	0	0	3
	<i>Stigmella tityrella</i>	0,2	1	6
	<i>Tortricidae</i>	1	1	1
	<i>Aglia tau</i>	0	0	2
	<i>Anisandrus dispar</i>	1	1	1
	<i>Cercopoidea</i>	1	1	1
	<i>Cossidae</i>	0	0	1
	<i>Formicidae</i>	1	1	1
	<i>Membracidae</i>	1	1	1
	<i>Orgyia antiqua</i>	0	0	1
	<i>Pentatoma rufipes</i>	0,5	1	4
	<i>Sternorrhyncha</i>	0	0	1
	<i>Taphrorychus bicolor</i>	1,3	5	7
	<i>Xyloterus domesticus</i>	0	0	1
	<i>Zeuzera pyrina</i>	0	0	1
	<i>Anisandrus dispar</i>	5	10	2
	<i>Buprestidae</i>	0	0	1
	<i>Cerambycidae</i>	0,7	1	3
	<i>Cercopoidea</i>	1	1	1
	<i>Chrysobothris</i> sp.	0	0	1
	<i>Cicindellidae</i>	0	0	1

	<i>Elateridae</i>	1	1	1
	<i>Ernoporicus fagi</i>	0	0	1
	<i>Formicidae</i>	0	0	3
	<i>Hartigiola annulipes</i>	0	0	1
	<i>Lepidoptera</i>	0	0	2
	<i>Lithosia quadra</i>	0	0	1
	<i>Lymantria dispar</i>	0	0	1
	<i>Mikiola fagi</i>	0	0	1
	<i>Orchestes fagi</i>	0	0	1
	<i>Pentatoma rufipes</i>	1	1	1
	<i>Phyllaphis fagi</i>	0	0	1
	<i>Phyllonorycter sp.</i>	0	0	1
	<i>Scolytinae</i>	0	0	2
	<i>Taphrorychus bicolor</i>	0	0	1
	<i>Xyleborus sp.</i>	0,5	1	2
Vejica	<i>Formicidae</i>	0	0	1
	<i>Scolytinae</i>	0	0	2
	<i>Acalitus stenaspis</i>	0	0	1
	<i>Aceria nervisequa</i>	0,1	1	8
	<i>Aceria stenaspis</i>	0	0	2
	<i>Apoda limacodes</i>	0	0	3
	<i>Chrysomellidae</i>	1	1	1
	<i>Cicadellidae</i>	0,4	1	5
	<i>Cicadomorpha</i>	0	0	4
	<i>Cicindellidae</i>	0	0	5
	<i>Curculionidae</i>	0	0	1
	<i>Diurnea sp.</i>	0	0	1
	<i>Geometridae</i>	0	0	1
	<i>Hartigiola annulipes</i>	0,3	1	15
	<i>Heteroptera</i>	0	0	1
	<i>Incurvaria koernerella</i>	0,8	1	5
	<i>Lepidoptera</i>	0	0	10
	<i>Meconema thalassinum</i>	0	0	1
List	<i>Mikiola fagi</i>	0,3	3	38
	<i>Neuroptera</i>	0	0	1
	<i>Orchestes fagi</i>	0,9	10	33
	<i>Orgyia antiqua</i>	0	0	2
	<i>Orthoptera</i>	0	0	1
	<i>Parornix fagivora</i>	0,5	1	4
	<i>Pentatoma rufipes</i>	0,5	1	2
	<i>Phyllaphis fagi</i>	0,5	2	20
	<i>Phyllonorycter maestingella</i>	0,4	2	19
	<i>Phyllonorycter messaniella</i>	1	1	2
	<i>Phyllonorycter sp.</i>	0	0	10
	<i>Polydrosus cervinus</i>	0	0	2
	<i>Polydrosus sp.</i>	0	0	1
	<i>Pseudoips prasinana</i>	0	0	1
	<i>Psilocorsis cryptolechiella</i>	0	0	3
	<i>Psilocorsis reflexella</i>	0,5	3	18
	<i>Stigmella hemargyrella</i>	0,3	1	7

<i>Stigmella</i> sp.	0	0	1
<i>Stigmella tityrella</i>	0,4	1	5
kobilica	1	1	1

## 8 Viri

- Brück-Dyckhoff C., Petercord R., Schopf R. 2019. Vitality loss of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and infestation by the European beech splendour beetle (*Agrilus viridis* L., Buprestidae, Coleoptera). *Forest Ecology and Management*, 432: 150-156. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.001>
- Chakraborty T., Reif A., Matzarakis A., Saha S. 2021. How Does Radial Growth of Water-Stressed Populations of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) Trees Vary under Multiple Drought Events? *Forests*, 12, 2: 129. <https://doi.org/10.3390/f12020129>
- Clarke K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 1: 117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Corcobado T., Cech T.L., Brandstetter M., Daxer A., Hüttler C., Kudláček T., Horta Jung M., Jung T. 2020. Decline of European Beech in Austria: Involvement of Phytophthora spp. and Contributing Biotic and Abiotic Factors. *Forests*, 11, 8: 895
- Danti R., Sieber T.N., Sanguineti G. 2002. Endophytic mycobiota in bark of European beech (*Fagus sylvatica*) in the Apennines. *Mycological Research*, 106, 11: 1343-1348. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006779>
- Eichhorn J., Roskams P., Potočić N., Timmermann V., Ferretti M., Mues V., Szepesi A., Durrant D., Seletković I., Schroeck H.W., Nevalainen S., Bussotti F., Garcia P., Wulff S. 2016. Part IV: Visual assessment of crown condition and damaging agents. V: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Centre U.I.F.P.C. (ed.). Eberswalde, Germany, Thünen Institute of Forest Ecosystems: 49 <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>
- EPPO. 2006. Diagnostics Standard PM 7/66 (1). Diagnostic protocols for regulated pests: *Phytophthora ramorum*. EPPO Bulletin, 36: 145-155
- EPPO. 2021. PM 7/129 (2) DNA barcoding as an identification tool for a number of regulated pests. EPPO Bulletin, 51, 1: 100-143. <https://doi.org/10.1111/epp.12724>
- Granata G., Sidoti A. 2004. *Biscogniauxia nummularia*: pathogenic agent of a beech decline. *Forest Pathology*, 34, 6: 363-367. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0329.2004.00377.x>
- Jankowiak R., Stępniewska H., Bilański P., Taerum S.J. *Phytophthora* species cause sudden and severe decline of naturally regenerated European beech (*Fagus sylvatica*) seedlings. *Plant Pathology*, 72, 4: 774-785. <https://doi.org/10.1111/ppa.13698>
- Jung T. 2009. Beech decline in Central Europe driven by the interaction between *Phytophthora* infections and climatic extremes. *Forest Pathology*, 39, 2: 73-94
- Jung T., Orlikowski L., Henricot B., Abad-Campos P., Aday A.G., Aguin Casal O., Bakonyi J., Cacciola S.O., Cech T., Chavarriaga D., Corcobado T., Cravador A., Decourcelle T., Denton G., Diamandis S., Doğmuş-Lehtijärvi H.T., Franceschini A., Ginetti B., Green S., Glavendekić M., Hantula J., Hartmann G., Herrero M., Ivic D., Horta Jung M., Lilja A., Keca N., Kramarets V., Lyubenova A., Machado H., Magnano di San Lio G., Mansilla Vázquez P.J., Marçais B., Matsiakh I., Milenkovic I., Moricca S., Nagy Z.Á., Nechwatal

- J., Olsson C., Oszako T., Pane A., Paplomatas E.J., Pintos Varela C., Prospero S., Rial Martínez C., Rigling D., Robin C., Rytkönen A., Sánchez M.E., Sanz Ros A.V., Scanu B., Schlenzig A., Schumacher J., Slavov S., Solla A., Sousa E., Stenlid J., Talgø V., Tomic Z., Tsopelas P., Vannini A., Vettraino A.M., Wenneker M., Woodward S., Pérez-Sierra A. 2015. Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *Forest Pathology*, 46: 134-463. [10.1111/efp.12239](https://doi.org/10.1111/efp.12239)
- Jurc D. 1999. Bolezni in sušenje hrastov v Evropi in pri nas. V: Raziskave nižinskih hrastovih gozdov: III. delavnica Javne gozdarske službe z mednarodno udeležbo: Murska Sobota, 12.–13. oktober 1999. Smolej I., Grecs Z. (eds.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 37–40
- Jurc D., Jurc M. 2014. Popis povzročiteljev poškodb drevja. V: Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov: Priročnik za terensko snemanje podatkov. Kovač M. (ed.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 143-177
- Jurc M. 2012. Fitofagna etnomofavna bukovih gozdov Slovenije. V: Bukovi gozdovi v Sloveniji: ekologija in gospodarjenje. Bončina A. (ed.). Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani: 141-165
- Kavčič A. 2022. Močan napad bukovega rilčkarja skakača v Sloveniji v 2022. *Novice iz varstva gozdov*, 15: 6-7. <http://dx.doi.org/10.20315/NVG.15.2>
- Kovač M. (ed.) 2014. Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov: Priročnik za terensko snemanje podatkov. *Studia Forestalia Slovenica*. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 228 str.
- Kroon L.P.N.M., Bakker F.T., van den Bosch G.B.M., Bonants P.J.M., Flier W.G. 2004. Phylogenetic analysis of *Phytophthora* species based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Fungal Genetics and Biology*, 41, 8: 766-782. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2004.03.007>
- Lakatos F., Molnár M. 2009. Mass mortality of beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 5: 75–82
- Langer G.J., Buškamp J. 2023. Vitality loss of beech: a serious threat to *Fagus sylvatica* in Germany in the context of global warming. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 130: 1101-1115. [10.1007/s41348-023-00743-7](https://doi.org/10.1007/s41348-023-00743-7)
- Magurran A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford, Blackwell Publishing: 256 str.
- Manion P.D. 1981. *Tree disease concepts*. Englewood Cliffs, Prentice-hall: 399 str.
- Ogris N., Skudnik M. 2021. V Sloveniji se povečuje osutost bukove krošnje. *Gozdarski vestnik*, 79, 5-6: 226-237
- Ogris N., Skudnik M. 2022. Poročilo o popisu povzročiteljev poškodb drevja. V: Poročilo o spremljanju stanja gozdov za leto 2021. Planinšek Š., Žlindra D. (eds.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 13-17
- Oksanen J., Simpson G., Blanchet F., Kindt R., Legendre P., Minchin P., O'Hara R., Solymos P., Stevens M., Szoecs E., Wagner H., Barbour M., Bedward M., Bolker B., Borcard D., Carvalho G., Chirico M., De Caceres M., Durand S., Evangelista H., FitzJohn R., Friendly M., Furneaux B., Hannigan G., Hill M., Lahti L., McGlenn D., Ouellette M., Ribeiro Cunha E., Smith T., Stier A., Ter Braak C., Weedon J. 2022. *vegan: Community Ecology Package*, R package version 2.6-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> (12. 12. 2022)

- Robideau G.P., De Cock A.W.A.M., Coffey M.D., Voglmayr H., Brouwer H., Bala K., Chitty D.W., Désaulniers N., Eggertson Q.A., Gachon C.M.M., Hu C.-H., Küpper F.C., Rintoul T.L., Sarhan E., Verstappen E.C.P., Zhang Y., Bonants P.J.M., Ristaino J.B., André Lévesque C. 2011. DNA barcoding of oomycetes with cytochrome c oxidase subunit I and internal transcribed spacer. *Molecular Ecology Resources*, 11, 6: 1002-1011. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03041.x>
- Rohner B., Kumar S., Liechti K., Gessler A., Ferretti M. 2021. Tree vitality indicators revealed a rapid response of beech forests to the 2018 drought. *Ecological Indicators*, 120: 106903. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106903>
- Sieber T.N. 2007. Endophytic fungi in forest trees: Are they mutualists? *Fungal Biology Reviews*, 21, 2: 75–89. 10.1016/j.fbr.2007.05.004
- Signorell A., Aho K., Alfons A., Anderegg N., Aragon T., Arachchige C., Arppe A., Baddeley A., Barton K., Bolker B., Borchers H.W., Caeiro F., Champely S., Chessel D., Chhay L., Cooper N., Cummins C., Dewey M., Doran H.C., Dray S., Dupont C., Edelbuettel D., Ekstrom C., Elff M., Enos J., Farebrother R.W., Fox J., Francois R., Friendly M., Galili T., Gamer M., Gastwirth J.L., Gegzna V., Gel Y.R., Graber S., Gross J., Grothendieck G., Jr F.E.H., Heiberger R., Hoehle M., Hoffmann C.W., Hojsgaard S., Hothorn T., Huerzeler M., Hui W.W., Hurd P., Hyndman R.J., Jackson C., Kohl M., Korpela M., Kuhn M., Labes D., Leisch F., Lemon J., Li D., Maechler M., Magnusson A., Mainwaring B., Malter D., Marsaglia G., Marsaglia J., Matei A., Meyer D., Miao W., Millo G., Min Y., Mitchell D., Mueller F., Naepflin M., Navarro D., Nilsson H., Nordhausen K., Ogle D., Ooi H., Parsons N., Pavoine S., Plate T., Prendergast L., Rapold R., Revelle W., Rinker T., Ripley B.D., Rodriguez C., Russell N., Sabbe N., Scherer R., Seshan V.E., Smithson M., Snow G., Soetaert K., Stahel W.A., Stephenson A., Stevenson M., Stubner R., Templ M., Lang D.T., Therneau T., Tille Y., Torgo L., Trapletti A., Ulrich J., Ushey K., VanDerWal J., Venables B., Verzani J., Iglesias P.J.V., Warnes G.R., Wellek S., Wickham H., Wilcox R.R., Wolf P., Wollschlaeger D., Wood J., Wu Y., Yee T., Zeileis A. 2022. DescTools: Tools for descriptive statistics. R package version 0.99.45. URL: <https://cran.r-project.org/package=DescTools>.
- Team R.C. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Vettraino A.M., Jung T., Vannini A. 2008. First report of *Phytophthora cactorum* associated with beech decline in Italy. *Plant Disease*, 92, 12: 1708
- Werres S., Marwitz R., Man In't veld W.A., De Cock A.W.A.M., Bonants P.J.M., De Weerd M., Themann K., Ilieva E., Baayen R.P. 2001. *Phytophthora ramorum* sp. nov., a new pathogen on *Rhododendron* and *Viburnum*. *Mycological Research*, 105, 10: 1155-1165. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(08\)61986-3](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(08)61986-3)
- White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetic. V: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. Innis M.A., Gelfand D.H., Sninsky J.J., White T.J. (eds.). San Diego, CA, USA, Academic Press: 315–322