

Holandska bolest brijesta (*Ophiostoma ulmi* i *Ophiostoma novo-ulmi*) u Hrvatskoj od nastanka do danas

Miketin, Laura

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:299781>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-21**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

LAURA MIKETIN

HOLANDSKA BOLEST BRIJESTA (*Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. i
Ophiostoma novo-ulmi Brasier) U HRVATSKOJ OD NASTANKA DO DANAS

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN 2022.)

Zavod:	Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarjenje
Predmet:	Šumarska fitopatologija
Mentor:	Prof. dr. sc. Danko Diminić
Asistent:	Dr. sc. Jelena Kranjec-Orlović
Student:	Laura Miketin
JMBAG:	0068233605
Akad. godina:	2021./2022.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 28.09.2022.
Sadržaj rada:	Slike: 11 Tablice: 1 Navodi literature: 22
Sažetak:	
<p>Holandska bolest brijesta otkrivena je na području današnje Republike Hrvatske 1929. godine. Uzročnici ove bolesti su fitopatogene gljive mješinarke iz roda <i>Ophiostoma</i>. Vrsta <i>Ophiostoma ulmi</i> (Buism.) Nannf. kao manje virulentna, uzrokovala je prvi val pandemije, dok je drugi val uzrokovala virulentnija vrsta <i>Ophiostoma novo-ulmi</i> (Brasier). Obje gljive napadaju stabla i grane brijestova bez obzira na dob. Važan čimbenik u širenju zaraze su brijestovi potkornjaci (<i>Scolytus scolytus</i> F. i <i>Scolytus multistriatus</i> Marsham). Učestalost zaraze najveća je kod vrsta nizinskog brijesta (<i>Ulmus minor</i> Mill.) i gorskog veza (<i>Ulmus glabra</i> Huds.). Prisutnost holandske bolesti utvrđena je na svim istraživanim lokalitetima brijestova u Republici Hrvatskoj.</p> <p>Ključne riječi: holandska bolesti brijesta, virulentnost, Hrvatska</p>	
Summary:	
<p>Dutch elm disease was discovered in the territory of Republic of Croatia in 1929. The causative agents of this disease are phytopathogenic mushrooms of the genus <i>Ophiostoma</i>. The species <i>Ophiostoma ulmi</i> (Buism.) Nannf. as less virulent, caused the first wave of the pandemic, while the second wave was caused by the more virulent species <i>Ophiostoma novo-ulmi</i> Brasier. Both fungi attack elm trees and branches regardless of age. An important factor in the spread of infection are elm bark beetles (<i>Scolytus scolytus</i> F. and <i>Scolytus multistriatus</i> Marsham.). The frequency of infection is highest in the species of field elm (<i>Ulmus minor</i> Mill.) and wych elm (<i>Ulmus glabra</i> Huds.). The presence of Holland's disease has been established in all investigated localities of elm trees in the Republic of Croatia.</p> <p>Keywords: Dutch elm disease, virulence, Croatia</p>	

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 28.09.2022. godine

vlastoručni potpis

Laura Miketin

SADRŽAJ

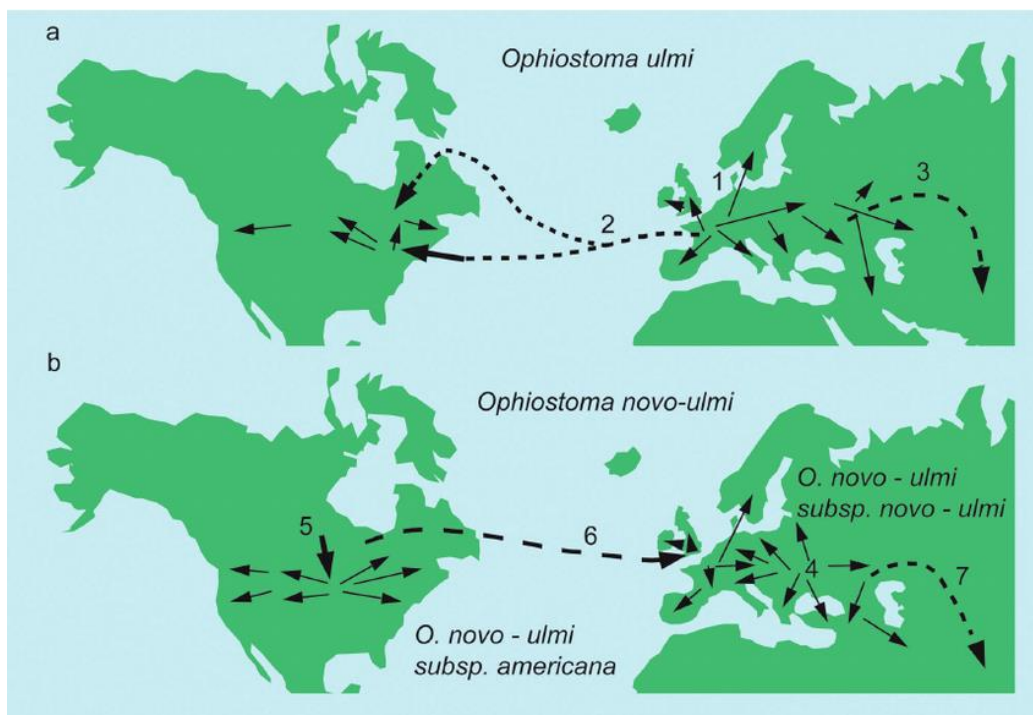
1.UVOD	1
1.1 Osnovne karakteristike brijesta	3
1.2 Opis bolesti – simptomi	6
1.3 Potkornjaci kao vektori holanske bolesti	9
2.OBRADA TEME.....	14
2.1 Povijest bolesti i stanje na području Hrvatske od pojave do danas	14
3. ZAKLJUČAK	20
4. LITERATURA.....	22

1.UVOD

Holandska bolest brijesta jedna je od najpoznatijih bolesti koja je tokom prošlog stoljeća uzrokovala dva vala pandemije na području Europe i sjeverne Amerike čineći neizmjernu štetu na brijestovima. Bolest je uzrokovana patogenim gljivama iz porodice *Ophiostoma*. Prvi val pandemije dogodio se u periodu od 1910. te je završio četrdesetih godina prošlog stoljeća. U Europi je otkrivena 1918. godine, dok je godinu dana kasnije otkrivena na području Nizozemske gdje su provedena brojna istraživanja te je po tome i dobila ime. Daljnje širenje bolesti odvijalo se vrlo brzo te se bolest 1921. godine javila u Njemačkoj, Belgiji i Francuskoj, 1926. i 1927. u Austriji i Engleskoj dok je 1928. i 1929. prisutna u Poljskoj, Češkoj, Švicarskoj, Rumunjskoj i Mađarskoj, nedugo zatim u Bugarskoj i Italiji. Na područje Sjedinjenih Američkih Država dospjela je 1930. godine (Škorić 1943). U Republici Hrvatskoj prvi put je otkrivena 1929. godine na području Slavonije. Procjenjuje se da je u tom periodu stradalo 10 – 40 % brijestova. Tu pandemiju uzrokovala je gljiva *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. 1934 koja spada u neagresivnu grupu i danas se smatra slabim patogenom.

Drugi val pandemije javlja se 1960-ih na području Europe i uzrokovan je agresivnijom i patogenijom gljivom *Ophiostoma novo-ulmi* Brasier 1991 te je u potpunosti zamijenila *O. ulmi*. Točno podrijetlo ovog patogena nije poznato, ali se smatra da je potekla iz dva žarišta. Sjeverna Amerika smatra se jednim od žarišta, točnije područje Southern Great Lakes, dok je drugo žarište bilo u Europi. *O. novo-ulmi* na području Europe prvi put je zabilježena u Britaniji 1970-ih, ali se smatra da je iz zapadne i srednje Amerike na područje Rumunjske, Moldavije i Ukrajine došla u periodu između četrdesetih i pedesetih godina dvadesetog stoljeća (Brasier i Kirk 2001).

Također su otkrivene dvije podvrste *O. novo-ulmi* : euroazijski soj (EAN) koji je nazvan *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *novo ulmi* danas prisutna i u Republici Hrvatskoj te sjeverno-američki soj (NAN) *Ophiostoma novo-ulmi* ssp. *americana* koja prevladava na području Sjeverne Amerike. Pretpostavlja se da su oba patogena nastala u Aziji zbog rezistentnosti azijskih vrsta brijestova prema gljivi, iako njihovo točno podrijetlo još nije otkriveno. Prema rezultatima svojih istraživanja, Brasier 1994 smatra da je njezino porijeklo s Himalaja.



Slika 1. Širenje *O. ulmi* i *O. novo-ulmi* tijekom prve (a) i druge (b) pandemije (Izvor: ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Spread-of-Ophiostoma-ulmi-and-O-novo-ulmi-during-the-first-and-second-pandemics-of-Dutch_fig1_287568791)

Vektori koji uzrokuju prijenos patogena su potkornjaci iz rodova *Scolytus* i *Hylurgopinus* (Webber i Braiser 1984.). Najznačajniji vektori na području Europe potječu iz roda *Scolytus*, a to su veliki brijestov potkornjak (*S. scolytus*) i mali brijestov potkornjak (*S. multistriatus*) (Hartmann i Nienhaus). Prvenstveno su sekundarni štetnici te napadaju fiziološki oslabljena stabla. U njihovim hodnicima ispod kore ili u drvu osim gljiva koje omekšavaju drvo i omogućuju ličinkama lakše hranjenje ponekad se nađe i micelij gljive *Ophiostoma*. Nakon hranjenja ličinka se zakukulji i u svom probvanom traktu nosi konidije. Nakon kukljenja, u odraslim jedinkama osim u traktu konidije gljive se nalijepe i na njihova tijela, koja bivaju prenešena na zdravo stablo tijekom regeneracijskog žderanja potkornjaka. Hraneći se floemom u pazušcima tankih grančica stvaraju rane i kroz izmet ili na svom tijelu prenesu spore gljive koje prodru u stablo (Glavaš 1999). Spore kliju i stvaraju micelij koji može proći kroz jažice na membranama traheja. U trahejama gljiva nastavi s proizvodnjom spora koje nošene vodom pasivnim putem kroz stablo dospiju u korijenje i listove. Ova bolest je tipična traheomikoza jer prilikom napada gljive brijest stimuliran toksinom ceratoulmin počinje proizvoditi tile u svrhu sprječavanja širenja patogena. Što je zaraza jača, proizvodi se više tila koje začepe provodne elemente i biljka samu sebe uguši (Glavaš 1999). Više generacija potkornjaka uzrokuje veću šansu za prijenos spora i zarazu. Bolest se također može širiti i žilnim kontaktom tj. anastomozom korijenja.

U Republici Hrvatskoj ova bolest se smatra najvećim uzročnikom propadanja brijesta u šumskim ekosustavima mijenjajući strukturu šume, ponajviše nizinskog područja gdje je brijest bio najzastupljeniji. Vrste osjetljivije na patogen su nizinski brijest (*U. minor*) i gorski brijest (*U. glabra*), dok vez (*Ulmus laevis* Pall.) pokazuje manju učestalost zaraze.

1.1. Osnovne karakteristike brijesta

Brijestovi su listopadne vrste drveća koje pripadaju rodu *Ulmus* i porodici *Ulmaceae*. Brijestovi su dvospolni, rijetko jednospolni, cvjetovi su im u pramenastim skupinama ili grozdićima. Pupovi na izbojku su naizmjenični, koso otklonjeni iznad lisnog ožiljka. Mogu se razlikovati lisni od cvjetnih pupova jer su različiti. Većina brijestova cvate prije listanja, dok određene vrste cvatu kasno u jesen, ali vrlo rijetko. Plod je oraščić okružen tankim krilcima. Listovi su jednostavni i asimetrični, dok je rub lista dvostruko nazubljen. Najčešće vrste koje nalazimo na području Hrvatske su poljski brijest, gorski brijest i brijest vez (Janjić i Furek 1980).

Poljski brijest poznat je još po nazivu i nizinski brijest. Latinski naziv ove vrste je *Ulmus minor*. U literaturi ga se može pronaći pod nazivom *U. campestris* non L p. p., *U. carpinifolia* Ruppius ex Suckow.; *U. procera* Salisb. i drugi. Areal ove vrste rasprostranjen je na području zapadne, srednje i južne Europe, Kavkaza, Male Azije sve do Irana (Franjić i Škvorc 2010).

Najčešće ga nalazimo da raste s vezom, poljskim jasenom, hrastom lužnjakom, no čest je i šumama hrasta kitnjaka i graba.

Može narasti do visine od 40 metara, ravnog debla i velike široke krošnje. Kora mu je tamnocrvene boje koja je uzdužno duboko ispucana u četvrtaste ljuške. Ima vrlo razvijen korijenov sustav sa žilom srčanicom koja odumire nakon 15-te godine nakon čega ju zamjenjuje razgranato bočno korijenje. Listovi su u osnovi asimetrični, sjede na peteljci dugoj 6 – 15 mm i dugi su 5-10 (-13) cm dugi. Bujni dvospolni cvjetovi nalaze se u gustim čupercima prošlogodišnjih izbojka. Cvjeta u ožujka do travnja prije listanja. Plod je okriljeni jednosjemeni oraščić bjelkastožute boje smješten ekscentrično u krilcu dodirujući urez krilca na vrhu (Franjić i Škvorc 2010).

Dobro podnosi kratkotrajne poplave, pogoduje mu blaga klima te su mu za rast i razvoj povoljniji topli položaji od hladnih. Iako je otporan na mraz, ali teško podnosi oštra zime (Vajda 1983.)

Najviše podložan holandskoj bolesti upravo je holandski brijest. Upravo je ova vrsta najviše stradala u prošlom stoljeću. Ubraja se u plemenite listače i vrlo je ugrožena vrsta (Idžojtić 2010).



Slika 2. *Ulmus minor* Mill. (Izvor: BioLib.cz. <https://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id91993/>)

Gorski ili glatki brijest latinskog naziva *Ulmus glabra*. U literaturi se spominje kao i *U. capestris* L. p. p.; *U. scrabra* Mill.; *U. montana* With.; *U. latifolia* Moench.; *U. excelsa* Borkh. Rasprostranjen je na području Europe, jugozapadne Azije i Kavkaza. (Franjić i Škvorc 2010).

Zastupljen je u pojasu brdskih bukovih i bukovo-jelovih šuma. Raste pojedinačno ili u manjim skupinama na visini od 400 do 1200 (- 1500) metara.

Visina koju doseže je 35 (- 40) metara, masivnog debla, jakih grana i guste krošnje. Kora tamnosive boje, u mladosti glatka, kasnije plitko ispucana. Korijenov sustav razgranat i površinski. Pupovi jače dlakavi i veći od poljskog brijesta. Listovi su dužine 8 – 17 cm, najširi od polovice lista. Uz glavni vrh plojke često se javljaju još po 1 ili 3 (-4) sa strane. Cvate prije listanja. Plod je jednosjemeni oraščić smješten u sredini krilca. (Franjić i Škvorc 2010).



Slika 3 - *Ulmus glabra* Huds. (Izvor: Trees planet.blogspot.
<http://treesplanet.blogspot.com/2015/08/ulmus-glabra-wych-elm.html>)

Treća učestala vrsta na području Hrvatske je vez latinskog naziva *Ulmus laevis*. Nazivi pod kojima se još uvijek može pronaći su *U. effusa* Willd.; *U. pendunculata* Foug.; *U. racemosa* Borckh. Rasprostranjen je na području srednje i istočne Europe i zapadne Azije (Franjić i Škvorc 2010).

Raste u nizinskim poplavnim šumama čineći zajednice s vrbom, topolom, poljskim jasenom, hrastom lužnjakom i poljskim brijestom (Janjić i Fukarek 1980). Također doseže visine od oko 30 (-35) m. Kao i ostali spomenuti brijestovi, cvate prije listanja (Franjić i Škvorc, 2010). Plod je krilati oraščić koji je po rubu sitno trepavičasto dlakav i nalazi se u sredini ili donjem dijelu krilca. Listovi ove vrste karakteristični su za prepoznavanje jer su asimetrične baze. Po veličini lista manji su od gorskog, a veći od poljskog brijesta (Janajić i Fukarek 1980).

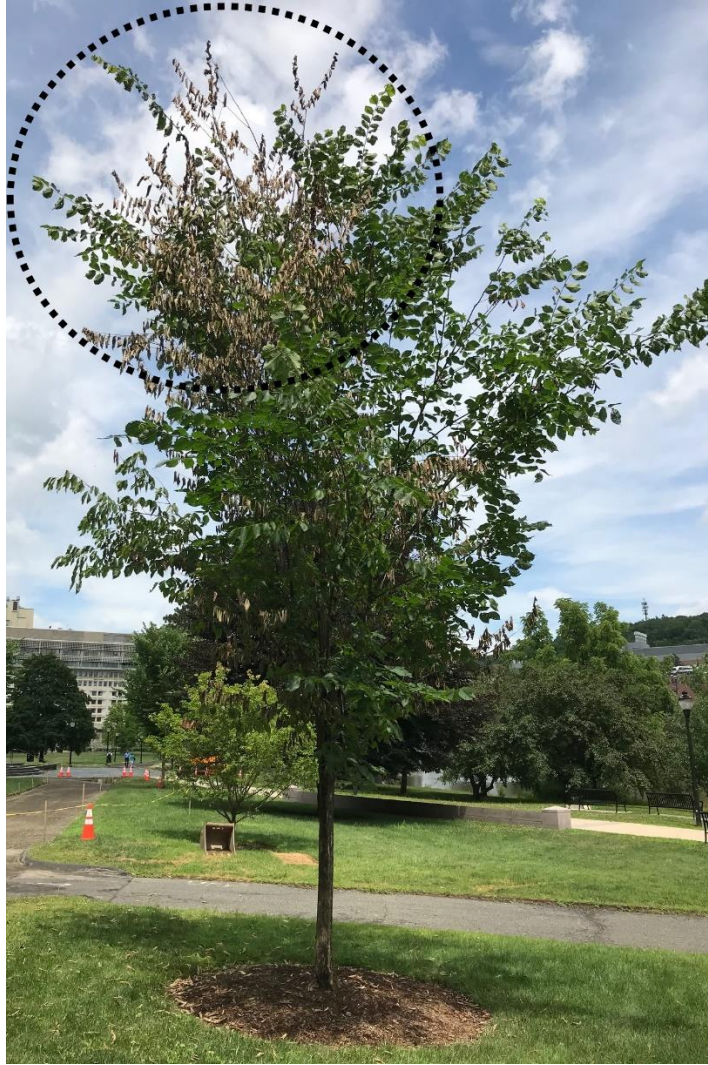
Ova vrsta brijesta manje obolijeva od holandske bolesti brijesta (Franjić i Škvorc 2010), a razlog tomu je što potkornjacima nije primamljiv te samim time je manje podložan napadu , ali nije otporan na gljivu.



Slika 4 - *Ulmus laevis* Pall. (Izvor: flora.nhm. <http://flora.nhm-wien.ac.at/Seiten-Arten/Ulmus-laevis.htm>)

1.2. Opis bolesti – simptomi

U prvoj polovici lipnja na stablima se može uočiti da pojedina stabla ili skupine stabala imaju obješeno, mlohavo lišće. Par dana nakon lišće promjeni boju, postane smeđe i izgleda kao da je sprženo. Nedugo zatim lišće otpada sa na zemlju, dok grane koje nisu još stigle odrvenjeti se zavinu pri vrhu. Vršni listovi tih grana opadaju među zadnjima pa takve grane poprimaju izgled zastavice. Naglo venuće lišća i grana može nastupiti i kasnije tokom godine, ali ako se dogodi rano kao što je opisano, može se dogoditi da kasnije tokom ljeta grane opet prolistaju, ali su onda ti listovi puno sitniji i malobrojni.



Slika 5 - Žućenje i odumiranje lišća i izbojaka uslijed zaraze (Izvor: University of Massachusetts Amherst. <http://ag.umass.edu/landscape/fact-sheets/dutch-elm-disease>)

Ponekad se dogodi da na debljim granama i deblima iz spavajućih pupova izrastu novi izbojci koji imaju lišće na sebi, dok čitavo stablo je golo, tj. bez lišća, no vrlo ubrzo u većini slučajeva takvi izbojci uginu nakon što su se tek pojavili. Opisani simptomi vezi su za akutno oboljenje.

Simptomi ove bolesti se mogu pojaviti i blažem obliku, a očituju se u prorijeđenoj krošnji, pojedine grane nemaju lišće, a ostatak lišća je žućkaste boje. Kod najblažeg oblika stabla zaraženog brijesta kasnije prolistaju od zdravog, pojedine grane uopće ne prolistaju, dio lišća otpadne ranije dok je ostatak krošnje zelene boje. Posljednje karakteristike propadanja brijesta vezane su za kronična oboljenja (Škorić 1943).

Krajem vegetacije stablo u potpunosti ugiba, kora se odvaja od debla, a drvo se suši. Ali postoje stabla koja su tokom vegetacije pokazivala znakove suhog lišća i grana, ali nisu uginula iste godine.

Osim na oko vidljivih simptoma bolesti, njih također prate i unutarnje promjene koje se odražavaju u obliku tamnih pjega čineći isprekidani ili cjeloviti prsten u ovogodišnjem ili susjednim godovima. Te promjene možemo uočiti na poprečnim presjecima oboljelih grana ili izbojaka. Još jedan od simptoma su uzdužne tamne pruge ispod kore. One mogu biti različite duljine te su vidljive na tangencijalnom presjeku vanjskih godova. Iako su to vrlo bitni i sigurni znakovi prisutnosti patogena unutar stabla, bitno je za znati da se tamne pruge ne moraju nalaziti u svim granama niti prerezima zaraženog stabla (Glavaš 1999).



Slika 6 - prsten koji tvore tamne pjege na poprečnom prerezu grane (Izvor: Forestry images. <http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=0454017>)



Slika 7 - tamne pruge ispod kore (Izvor: Vermont invasives.
<https://vtinvasives.org/invasive/dutch-elm-disease>)

Stabla kod kojih je bolest jako uznapredovala promjena boje godova dopire i vidljiva je u samom korijenu. Najčešća dob napadnutih stabala je od njihove desete pa sve do četrdesete godine. Stabla koja su mlađe dobi u pravilu rijetko obolijevaju (Škorić 1943). Brijestov pomladak starosti do 8 godina po pravilu ne podliježe holandskoj bolesti (Glavaš 1999).

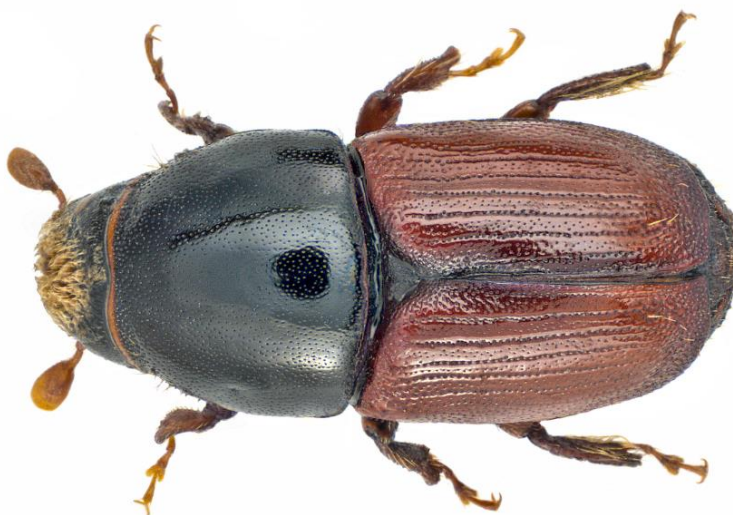
1.3. Potkornjaci kao vektori holanske bolesti

Potkornjaci su štetnici drva – ksilofagi. Kratka i tvrda čeljust omogućava im grizenje tvrdih materijala poput drva. Život provode pod korom ili u samom drvu. Potkornjaci su prvenstveno sekundarni štetnici što znači da napadaju stabla koja su fiziološki oslabljena sušom, promjenom tokova voda te promjenom razine podzemne vode. Zreli potkornjaci prepoznaju potencijalno prikladne domaćine smjesom hlapljivih tvari koje oslobađaju oštećeni ili bolesni brijestovi i na takvim stablima se razmnožavaju (Santini i Faccoli 2015). Kraemer Gustav (Zeitschrift fiir angewandte Entomologie 1950) dokazao je da postoji čvrst odnos između napada potkornjaka i osmotske vrijednosti vode u kori. Sušom oslabljena stabla imaju nižu osmotsku vrijednost u kori nego zdrava stabla, pogotovo na vrhovima stabala i granama gdje potkornjaci obavljaju regeneracijsko žderanje. U povoljnim uvjetima mogu biti i primarni štetnici te napasati zdrava stabla. Klimatski uvjeti i opće zdravstveno stanje šuma bitni su

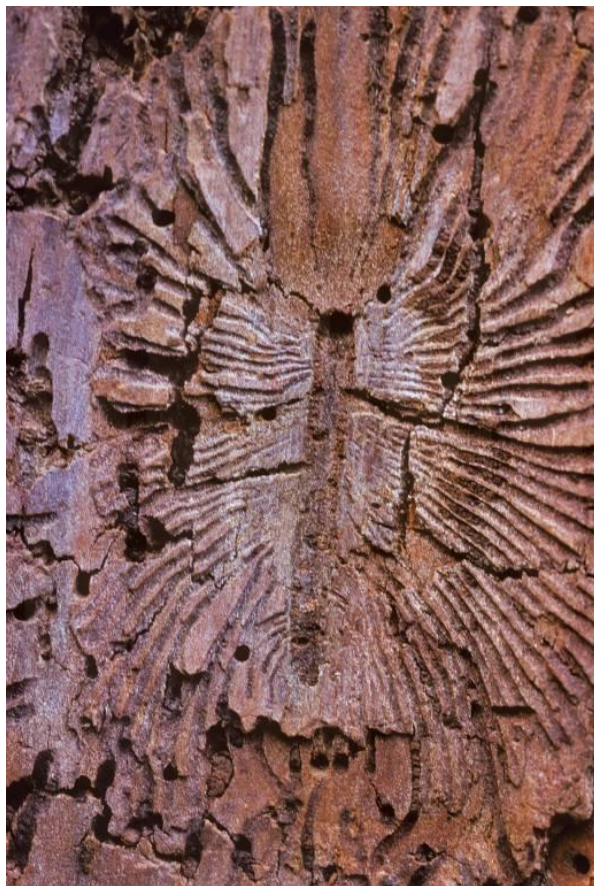
preduvjeti za masovnu pojavu i širenje potkornjaka. Na pojavu potkornjaka također utječe sastav same šume. Mješovite šume su pokazale veću otpornost na napad potkornjaka, a samim time i gljive za razliku od monokultura i čistih šuma gdje su napadi bili agresivniji.

Potkornjaci provode život u hodnicima pod korom ili u drvu. Svaka vrsta tvori posebne oblike hodnika koji služe za determinaciju pojedine vrste. Vrste potkornjaka koje dolaze na brijestu i glavni su prijenosnici holandske bolesti spadaju u rod *Scolytus*.

Veliki brijestov potkornjak (*S. scolytus*) je crne ili tamno-smeđe boje, duljine 3 - 6 mm. Ksilofag je i život provodi pod korom drveta. Ženka izgriza materinji hodnik dužine 2 - 3 cm i u njegove stjenke polaže jaja, kada se ličinke izlegnu one izgrizaju svoje larvalne hodnike duljine 10 - 15 cm te se na njihovom završetku kukulje. Razvijena jedinka izlazi kroz posebnu rupu iznad mjesta kukuljenja van te odlazi na dopunsko žderanje u rukavcu lista ili u zelenim izbojcima. Ovo je bivoltina vrsta, spada u kasne potkornjake i ima dvije generacije godišnje od kojih se prva roji početkom svibnja, a druga u kolovozu (Hrašovec i Franjević 2011).



Slika 8 - veliki brijestov potkornjak (*Scolytus scolytus* F.) (Izvor: Wikipedia.
https://en.wikipedia.org/wiki/Scolytus_scolytus)



Slika 9 - materinski i larvalni hodnici velikog brijestovog potkornjaka (Izvor: Imago.
<https://www.imago-images.com/st/0087796873>)

Mali brijestov potkornjak (*S. multistriatus*), kao što mu i samo ime kaže, manji je od *S. scolytus*-a, dužina tijela mu je između 2,2 i 3,5 mm . Također razlikuju se i po broju larvalnih hodnika koji se nalaze uz materinji. Dok kod velikog brijestovog potkornjaka možemo pronaći 20 larvalnih hodnika na jedan materinji, kod malog 10 brijestovog potkornjaka nalazimo i do 50 larvalnih hodnika sa svake strane. Zajedničko ovim dvjema vrstama je da obje imaju dvije generacije godišnje (Hrašovec i Franjević 2011).



Slika 10 – mali brijestov potkornjak (*Scolytus multistriatus* Marsh.) (Izvor: Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scolytus_multistriatus_%28Marsham,_1802%29.png)



Slika 11 – materinski i larvalni hodnici malog brijestovog potkornjaka (Izvor: Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5252021>)

Objе vrste potkornjaka prije nego što spolno dozriju odlaze na regeneracijsko žderanje. Ako se u hodnicima potkornjaka nalaze gljive roda *Ophiostoma*, potkornjaci će ga pri odlasku na regeneracijsko žderanje prenijeti na drugo stablo. U proljeće odrasli kukci jedu konidije gljive, te se pri tome neke od njih nalijepe na kukce. Kada kukac izađe iz hodnika, on sa svome tijelu nosi veliku količinu konidija. Prilikom regeneracijskog žderanja, u pazušcima tankih grana nagrizaju koru i stvaraju ranice. Na te rane i oko njih kukci izmetom izbace pojedine konidije, a ostatak padne s njihovog tijela. Potkornjaci tako mogu prenositi konidije na velike udaljenosti (Glavaš 1999).

2.OBRADA TEME

2.1. Povijest bolesti i stanje na području Hrvatske od pojave do danas

Sušenje i ugibanje brijestova na području Europe nije bila nova pojava. Već 1839. godine Ratzburg opisuje napad brijestovih potkornjaka isključivo na bolesna brijestova stabla. Iako se tada nije radilo o pandemiji, problemi vezanu uz tu vrstu su postojali i tražili su se načini kako zaustaviti propadanje brijestova. Jedan od načina je bio premazivanje kore stabla katranom, no Nördlinger 1884. godine uočava da premazivanje kore katranom čini više štete samom brijestu nego potkornjaku. Jedna od metoda je bila ta da su oboljelim brijestovima uklanjali koru uzduž debla u prugama, te time poticali cirkulaciju sokova i zamjenu stare kore novom. Samim postupkom su razbijali prohodnost hodnika insekta. Nedostatak ove metoda je njezina skupoća, i to što je bila učinkovita isključivo ako je izvedena prilikom vlažna vremena, u protivnom se deblo i grane još više sasuše i dolazi do još jačeg napada potkornjaka. Eckstein 1904. tvrdi da se lovna stabla i lovne grane mogu primjenjivati isključivo u početnim fazama napada gdje se sam kukac nije proširio na veći broj stabala.

Iz ovih nekoliko primjera vidimo da i prije pandemije vođene su velike borbe za opstanak brijestova. Metode koje su nabrojane najviše su se primjenjivale po parkovima, dok u brijestovim šumama te metode su bile ograničene na brzo uklanjanje bolesnih stabala iz šume i rušenje lovnih stabala jer ostale metode su bile skupe, ali ne teško izvedive jer se radilo o velikim površinama i broju stabala. Neke su se od tih metoda, bez obzira na uspjeh, nastavile primjenjivati u parkovima i drvoredima i nakon nastupa epidemije. Tako je na primjer od 450 brijestova crikveničkog parka od god. 1925. do 1947. oboljelo 160 stabala. Rezanjem osušenih grana s tih oboljelih stabala dalo je rezultat od 25 spašenih stabala, što je oko 15%. Da bi se spasili brijestovi od holandske bolesti, američke upute 1943. godine također daju upute za rezanjem grana, ali samo ako se bolest nije spustila u deblo. S obzirom na to da je utvđena veza između potkornjaka i holandske bolesti, tj. da su potkornjaci vektori, Farsky 1934. godine predlaže da se sve zaražena stabla insektom poruše i iznose van sastojine. Profesor Zlatko J. Vajda 1952. godine upozorava da također treba obratiti pažnju na tek napadnuta stabla koja još ne pokazuju znakove bolesti, ali su velika opasnost ako ostanu neposječena. Nakon rušenja potrebno je sa stabala brijesta skinuti svu koru i zapaliti je. U svrhu očuvanja brijesta od zaraze holandskom bolesti, sve mjere koje su poduzete fokusirane su na uništavanje prenositelja iste. Zato treba utvrditi sva žarišta potkornjaka. Stabla treba sjeći onda kada se potkornjaci nalaze u stadiju ličinke, pa sve do njihova kukuljenja, točnije od kraja svibnja do početka lipnja. Da bi se spriječilo daljnje širenje zaraze, od 15. travnja do 1. rujna zabranjen je svaki izvoz izrađenih

brijestovih stabala iz šume kao i svježe oborenog drva. Vrlo je bitno pripaziti prilikom izvoza na ostala dubeća stabla radi sprečavanja ozljeda kore i samim time sprječavanja mjesta ulaza gljive u drvo. Kada se shvatilo da autohtone vrste ugibaju i da se pandemija ne može efikasno suzbijati, prešlo se na istraživanja pojedinih vrsta brijestova i njihovu otpornost na napad gljive. Istraživači Buismann, Went i Westerdijk su u svom laboratoriju Baarn u Nizozemskoj utvrdili da je *U. minor* najosjetljivija vrsta brijesta. Preporuka je da se ta vrsta više ne sadi. Veliki otpor pokazala je vrsta *Ulmus pumila* L.– sibirski brijest, ali za podizanje kultura ove vrste područje je ograničeno na topla područja jer je osjetljiva na hladnoću, ali i podložna je oboljenju od raka. Prema dostupnim podacima možemo vidjeti da brijestovi koji rastu na suhim područjima naše države pokazuju veći otpor na holandsku bolest brijesta. Predlaže se ispitivanje i utvrđivanje sposobnosti tih brijestova da pruže otpor na samu bolest, te da se zamijene izumrli brijestovi otpornim jedinkama, odnosno da se selekcijom i hibridizacijom uzgoje nove, otporne vrste i tako osigura daljnji opstanak brijestova u našim šumama. Sušenje brijesta je uzelo toliko maha da u periodu od 20 godina (od 1930ih do 1950ih) na području Republike Hrvatske odumrlo blizu šest milijuna stabala sa drvnom masom od preko dva milijuna kubnih metara. Šteta koja je nastala sušenjem brijesta nije samo ekonomska, nego i biološka. Struktura mnogih mješovitih šuma hrasta, jasena i brijesta je narušena do te mjere da će se sve sastojine morati likvidirati. Istodobno s brijestom uginuo je i velik broj hrastovih stabala tako da je i njihov opstanak doveden u pitanje (Vajda 1952).

Pedesetih godina prošlog stoljeća u gospodarskoj jedinici Ravna Gora također dolazi do masovnog sušenja gorskog brijesta. Gospodarska jedinica Ravna Gora pripada biljnoj zajednici jele i bukve s primjesom smreke u omjeru 5:4:1, dok su ostale vrste znatno manje zastupljene. Od ostalih vrsta možemo pronaći još gorski javor, brijest i jasen. Gorski brijest (*U. glabra*) raspršen je po čitavoj površini gospodarske jedinice i dolazi na svim ekspozicijama, naseljava lošije bonitete, a također ga se može naći na plitkim i suhim tlima. Budući da je brijest rijetko zastupljena vrsta na tom području, za pojedinačna sušenja brijestovih stabala nisu poduzete nikakve zaštitne mjere. No 1950. zapaženo je pojačano sušenje ove vrste koje je kulminiralo 1953. godine kada je uklonjeno 1260 suhih odumrlih stabala gorskoga brijesta. Godinu poslije dolazi do naglog smanjenja broja suhih stabala te ih je te godine uklonjeno 311. U odjelima na južnim i jugo-zapadnim te zapadnim ekspozicijama sa plitkim tlima i vrlo strmim terenima uočeno je i zabilježeno najviše suhih stabala. U tim odjelima sklop je u potpunosti prekinut te je brijest gotovo skroz istrijebljen. Razlog ovako brzog odumiranja brijestova je brzo širenje gljive *O. ulmi* na području gospodarske jedinice Ravna Gora zbog neadekvatnog gospodarenja i zanemarivanja već zaraženih stabala gorskog brijesta napadnuta potkornjacima s ciljem da se zaraza suzbije. Ta stabla postala su izvorima zaraze. Ranije je utvrđeno da postoji povezanost između glavnih klimatskih faktora (temperature i vlage) i odumiranja brijestova. Suša vrlo štetno djeluje na brijestovo korijenje i fiziološki oslabljuje stabla dok takve pojave potkornjacima pogoduju i omogućavaju razvoj i razmnažanje. S obzirom na to da se gospodarska jedinica Ravna

gora nalazi na Krševitom tlu, a poznati su nam podatci da su 1950. i 1952. zabilježene kao sušne godine, možemo zaključiti da je to uzrokovalo slabljenje i smanjenje otpornosti stabala. Osim klimatskih faktora, utjecaj na širenje bolesti je imalo i nepravilno gospodarenje kao što je naglo i jako otvaranje sklopa i pojačan intenzitet sječe te je to dovelo dodatnog isušivanja tla i povećanje transpiracije. Uz ne provođenje šumsko-zaštitnih i sanitarnih mjera došlo je do poremećaja biocenotske ravnoteže. Nameće se pitanje opstanka brijesta na području čitave gospodarske jeidnice. Brijestov pomladak daje dodatan razlog za brigu jer je njegovo stanje prilično loše, uz to je vrlo rijedak (Tomaševski 1956). S obzirom na to da u nekim odjelima više uopće nema brijestovih stabala, nameće se potreba umjetnog održavanja i proširenja gorskog brijesta (Tomaševski 1959.)

Još davne 1913. godine u časopisu Šumarski list dr. Antun Levaković spominje hrast lužnjak, jasen i brijest kao najvažnije vrste u posavskim šumama te njihov međusobni odnos unutar iste. Za potrebe istraživanja, srušio je devet stabala koja su kasnije izmjerena i čiji su podatci kasnije uspoređivani. Hrast postiže svoj maksimalni prirast u dobi od 20 do 25 godina. Godišnji prirast u tom periodu mu iznosi 75 cm godišnje. Nakon toga slijedi nagli pad prirasta koji onda iznosi otprilike 10 cm po godini. Za razliku od hrasta, jasen prirašćuje više. Njegov prirast kulminira prije, otprilike kada je starosti 15 godina. Godišnji prirast mu tada iznosi 76 cm. Od spomenute tri vrste drveća, brijest prirašćuje najvećom brzinom. Njegov prirast kulminira u prvom desetljeću života i iznosi 93 cm na godinu, ali već nakon petnaeste godine padne ispod prirasta jasena i hrasta. Nakon dobi od 45 godina, sve tri krivulje teku gotovo paralelno. Što se tiče debljinskog prirasta u ranoj dobi, brijest tu također pokazuje veće parametre prirasta za razliku od hrasta i jasena. Kod brijesta kulminira odmah u početku s iznosom od 12 mm. Kod jasena do kulminacije prirasta dolazi oko njegove desete godine života i iznosi 8.5 mm, dok hrast prirašćuje 7.2 mm godišnje u 15.oj godini života. Kod hrasta i jasena do pada prirasta dolazi laganije i kontinuirano nego kod brijesta. Usporedimo li tok krivulja visinskog prirasta s tokom krivulja debljinskog prirasta, zaključit ćemo da debljinski prirast kulminira prije visinskog (Oester. Vierteljahrschr. F. Forstw. 1885. II., 1888. II. i 1896. II.) Ako spomenemo da mladi brijestovi do dobi od 8 godina imaju juvenilnu rezistentnost prema holandskoj bolesti, možemo doći do zaključka da nagli rast i umnažanje stanica omogućuje mladom brijestu da se odupre bolesti. Nakon tog perioda dolazi do jačeg odrvenjivanja stanica, sporije diobe te samim time i slabijim reakcijama na napad gljive. Sve tri vrste imaju gotovo jednake potrebe za svjetlom. Ipak, ne nalaze se svi u istoj visini. Brijestovi su najviša stabla u sastojini, dok su hrastovi najniža. Iz toga slijedi da stablo hrasta bolje i kvalitetnije raste u zajednici nego pojedinačno. Nakon pojave holandske bolesti struktura šume se promijenila te će to biti opisano u daljnjem izlaganju.

Na temelju rezultata istraživanja obavljenih 1971. godine na pet primjernih ploha (tri na području Posavine, a dvije u dolini rijeke Mirne u Istri) iz priložene tablice možemo vidjeti da na svim plohama srednja visina brijesta je niža od visine hrasta i jasena, pa čak i graba.

Tablica 1. Tablica odnosa izmjerenih parametra između vrsta na različitim bonitetima (Izvor: Šumarski list. <https://www.sumari.hr/sumlist/197101.pdf#page=15>)

Red. broj	Starost god.	Vrst drveća	Srednji		Masa krupnog drva m ³	Tečajni prirast m ³	Postotak pri-rasta %	Bonitet
			prsni promjer	Srednja visina m				
I	33	hrast	10,9	14,4	198,2	10,959	5,53	II
		brijest	11,7	13,5	192,6	16,033	8,32	
II	35	hrast	13,5	17,6	273,9	17,933	6,55	I
		brijest	13,5	16,0	246,4	20,741	8,42	
III	60	hrast	18,8	19,8	307,7	12,664	4,12	III
		brijest	20,1	18,3	283,2	10,179	3,59	
		jasen	28,3	23,6	281,2	7,979	2,84	
IV	41	hrast	11,6	16,3	211,7	10,793	5,10	II
		brijest	11,5	15,1	198,3	10,482	5,29	
		jasen	14,4	18,8	206,7	16,396	7,93	
V	26	brijest	11,8	12,2	113,6	7,963	7,01	III
		grab	9,4	12,3	75,5	5,954	7,89	

Iz toga slijedi da se brijest nalazi u podstojnoj etaži od 30. godine. Profesor Dekanić je došao do sličnih rezultata na pokusnim plohamu u gospodarskoj jedinici Josip Kozarac gdje je brijest za hrastom i jasenom zaostajao u starosti otprilike 45 godina. U dobi od 14 do 18 godina (mlada sastojina) brijest se još djelomično može visinski mjeriti s hrastom lužnjakom, ali se ipak nalaze ispod jasena. Zbog pandemije koja je uzrokovala propadanje brijesta na području cijele Europe, pa tako i Republike Hrvatske vidimo da brijest više ne dominira svojom visinom nad hrastom i jasenom u svakoj dobi kako je to bilo prije 1. svjetskog rata. Time uviđamo da je ova bolest uvelike utjecala na sastav i samu strukturu šuma te je potisnula brijest u donju etažu. Sječa zaraženih stabala utjecala je na tu pojavu jer stabla koja su se sjekla većinom su bila dominantna stabla koja su zatvarala sklop. Stručnjaci su primijetili da stablima koja su potištena treba duže vremena da bi oboljela od bolesti. Razlog tome je što potkornjaci kao vektori ove bolesti koji na sebi nose konidije gljive *O. ulmi* napadaju osunčane grane stabla, tj. grane koje se nalaze na vrhu krošnje i izložene su najviše suncu. Znanstvenici su još sedamdesetih godina bili svjesni da je jako malo toga učinjeno za spašavanje brijesta jer mjere koje su postojale nisu bile dovoljno efikasne iako su provedena mnoga istraživanja vezana u gljivu i njezin utjecaj na brijestove. Mjere su se i dalje svodile na uništavanje potkornjaka. Smatrali su da glavni uzrok pandemije i propadanja brijesta je klimatskog karaktera, ponajviše uzrokovano promjenom temperature i vlage. Topla i suha klima šteti brijestu i njegovoj otpornosti, a potkornjacima pogoduje za rast i razvoj (Vajda 1952.). Nada se ulaže u promjenu klime gdje bi duži period

hladnijih i vlažnih proljeća i ljeta povoljno utjecao na prirodni oporavak brijesta, kao što je to i bilo prije 1916. godine (Špiranec 1971). Iako su tadašnja praćenja klime u periodu od 10 do 15 godina ulijevala nadu da bi se to moglo i dogoditi, nažalost je došlo samo do pogoršanja i još većeg globalnog zatopljenja.

Tema sušenja brijesta također je bila zanimljiva i diplomiranom inženjeru Borislavu Jureši koji u svom članku „Sušenje hrasta, jasena i brijesta u razdoblju od 1950 – 1974 god. na području šg »Hrast« Vinkovci“ uz aktualnu temu sušenja hrasta opisao i tijek propadanja brijesta uzrokovanog holandskom bolesti. Podatci koji su korišteni u svrhu obrade teme uzeti su iz „Iskaza izvršenih sječa“. Intenzivno sušenje brijesta zabilježeno je u periodu od 1950.- 1956. godine, dok drugi period počinje od 1966. godine sve do kraja promatranog razdoblja tj. do 1974. godine. Od ukupne posušene drvene mase koja je u periodu od 1950. do 1974. godine iznosila 961477 metara kubnih, na brijest je otpalo čak 301748 metara kubnih, što u postotku iznosi 31,38. Iz šuma na spačvanskom bazenu brijest je 60ih godina skoro u potpunosti nestao. Sušci koji su ostali većinom pripadaju na mlađe dobne razrede debljine ne veće od 20 cm prsnog promjera. Deblje brijestovo stablo se rijetko pronalazi.

Na području bivšeg prigorsko-zagorskog područja, točnije na gospodarskoj jedinici Turopoljski lug u razdoblju od 60 godina nestalo je više od 40000 m³ brijesta. Akcija koja je održana 1988. godine u kojoj je bio cilj pronaći zdrava stabla poljskog brijesta radi sakupljanja sjemena i daljnjeg uzgoja rezultirala je pronalaskom ukupno 7 stabala na četiri gospodarske jedinice. Na gospodarskim jedinicama Stupničko-obreški lug, Duboki jarak i Božjakovina pronađena su dva stabla, dok na gospodarskoj jedinici Črnovšćak pronađeno je jedno stablo. Pronađeno je još nekoliko stabala na g.j. Stupničko-obreški lug, ali zbog vrlo loših fenotipskih karakteristika nisu uzeta za sakupljanje sjemena. Na ukupnoj površini od 5675 ha ili na obrasloj površini od 5269 ha tada je pronađeno samo 6 brijestovih stabala. Na području najveće g.j. Turopoljski lug uz u ukupnoj drvenoj masi poljski brijest je sačinjavao 7% drvene zalihe. U periodu od 1963. do 1984. posječeno je 95% drvene mase poljskog brijesta. Iako je došlo do većinskog propadanja brijesta na toj gospodarskoj jedinici, na posebnom lokalitetu u Jalševoj gredi uz rijeku Odru pronađene su grupice stabala gdje je izabrano 12 sjemenskih stabala na odjelu 54a i 9 stabala na odjelu 68. Razlog očuvanja brijesta na području Jalševa greda uz rijeku Odru je taj što je u prošlosti tu bilo najviše brijesta, obrast iznosi 0.8 te time kod visokih temperatura sprječava isušivanje tla. Bitno je napomenuti da se grupe stabala nalaze oko 100 metara od rijeke što utječe na održavanje vlage zraka, vlažnosti tla kao i sadržaju vode u stablima. Jedna od pretpostavki je da temperatura i vlažnost zraka u toj sastojini ne odgovaraju razvoju potkornjaka jer prema Vajdi (1952) za njihov razvoj potrebne su suhe i tople klimatske prilike gdje im treba gotovo četiri puta manje vremena za razliku od hladnih i vlažnih stanišnih prilika. Povoljni abiotski čimbenici omogućili su opstanak brijesta uz rijeku Odru, ali ti čimbenici mogu bilo kada

prijeći u nepovoljne. Neophodno je proglasiti rezervate površine za slične lokacije za opstanak brijesta i spašavanje vrste (Stojković 1995).

U proljeće 2003. godine sakupljeno je sjeme s brijesta na područje Šumarije Tikveš promjera većeg od 240 cm i starosti preko dvjesto godina. Stablo ovih dimenzija i starosti od velike je važnosti jer pokazuje rezistentnost na holandsku bolest. Sjeme će se koristiti u svrhu znanstveno-istraživačkih radova kako bi utvrdili otpornost brijestova s područja Republike Hrvatske na holandsku bolest. Brijestovi se i dalje suše posvuda što nam govori da je virulentnost ove gljive visoka (Polimac 2002).

U ljeto 2013. godine na različitim lokacijama u Republici Hrvatskoj (središnja Hrvatska, Slavonija, Istra) zapažena su intenzivnija sušenja brijestovih stabala (Hrašovec 2013).

Za potrebe diplomskog rada 2021. godine napravljeno je istraživanje o prisutnosti gljive *O. novo-ulmi* te njezinih podvrsta *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi* i *O. novo-ulmi* ssp. *americana*. Tijekom lipnja iste godine uzeti su uzorci na tri lokaliteta na području Republike Hrvatske: Jastrebarsko (Šumarija Jastrebarsko), Kalnik (Šumarija Ludbreg, Gospodarska jedinica Kalnik) i Nova Kapela (Šumarija Nova Kapela). Uzorci su prikupljeni s 85 stabala brijesta, od čega su 43 stabla brijesta veza, 28 stabala nizinskog brijesta i 14 stabala gorskog brijesta. Na svakom stablu utvrđena je prisutnost simptoma holandske bolesti kao što su suhi i žuti listovi, otpadanje lišća, sušenje stabla i promjena boje ksilema. Rezultati istraživanja pokazali su da na lokalitetu Jastrebarsko i Nova Kapela brijest vez i poljski brijest su zaraženi gljivom *O. novo-ulmi*, dok prisutnost ove gljive nije dokazana na gorskom brijestu na području Kalnika. Postotak zaraženih stabala na području Jastrebarsko iznosio je 20%, a na području Nove Kapele iznos zaraženih stabala je 74,2%. Na temelju usporedne analize sekvence gena *coll* i *cu* 19 izolata determinirano je kao podvrsta *O. novo-ulmi* ssp. *novo-ulmi*, pet njih s područja Jastrebarsko, a četrnaest s područja Nova Kapela. Podvrsta *O. novo-ulmi* ssp. *americana* determinirana je u dva izolata. Deset uzoraka je determinirano kao hibridi jer nisu pokazivali jednoznačne rezultate. Ovim istraživanjem na području Republike Hrvatske dokazana je prisutnost obje podvrste *O. novo-ulmi*. Podvrsta *O. novo-ulmi* ssp. *novo ulmi* zastupljena je u većoj mjeri od podvrste *O. novo-ulmi* ssp. *americana* te je to također dokazano i u prethodnim istraživanjima (Braisner i Kirk, 2001; Katanić i sur. 2020). Također je identificirano 10 hibrida izolata kao mogući rezultat potencijalne zone preklapanja areala obje podvrste, no bilo bi potrebno utvrditi razmnožava li se *O. novo-ulmi* spolnim putem ili su klonovi nastali nespolnim putem uneseni na područje Hrvatske te se dalje šire (Vilc 2021).

3. ZAKLJUČAK

Holandska bolest brijesta koju uzrokuju patogene gljive roda *Ophiostoma* u dva vala pandemije učinila je nepovratnu štetu u brijestovim šumama. Prvi val pandemije koji je trajao u razdoblju od 1910. do 1940. godine uzrokovala je manje agresivna gljiva *O. ulmi*. Smatra se da je u tom periodu stradalo od 10% do 40% brijestova na području Europe. Drugi val epidemije uzrokovala je puno agresivnija gljiva *O. novo-ulmi* nanoseći još štete već oslabljenim brijestovim šumama. Započeo je 1960-ih godina na području Europa i traje sve do danas.

Vrste koje su najviše osjetljive na zarazu holandskom bolesti su poljski brijest (*U. minor*) i gorski brijest (*U. glabra*), dok je brijest vez (*U. laevis*) pokazao manji broj zaraza.

Vektori ove bolesti su potkornjaci roda *Scolytus*, od kojih su najčešći veliki brijestov potkornjak (*S. scolytus*) i mali brijestov potkornjak (*S. multistriatus*). Prilikom regeneracijskog žderanja imaga u pazušnim grana izgrizu koru i naprave ranice kroz koje ulaze spore gljive. Te spore nalazile su se nalijepljene na tijelu kukca ili u njegovom izmetu. Utvrđeno je da brijestovi potkornjaci primarno napadaju fiziološki oslabljena stabla.

Velike klimatske promjene u posljednjih 100 godina omogućile su potkornjacima idealne uvjete za rast, razvoj i razmnožavanje, dok s druge strane one su nepovoljno utjecale na zdravlje brijesta i nestabilnost u sastojinama koje tvori s ostalim vrstama. Brijest je vrsta koja ima osjetljivo korijenje, voli vlagu i umjerene temperature. Povećanje temperatura, produljena sušna razdoblja i nepravilno gospodarenje omogućile su prodor i brzo širenje bolesti, te samim time i brzo ugibanje brijesta.

Iako ovaj problem postoji već niz desetljeća, znanstvenici nisu pronašli efikasno rješenje u borbi protiv holandske bolesti. Mjere koje su donešene davale bi privremene rezultate, a one koje su ulijevale nadu u uspjeh tražile su puno vremena i ulaganja. Špricanje oboljelih stabala raznih insekticidima, premazivanje katranom, držanje u vodi ili zatrpavanje zemljom rezultiralo je slabim i kratkoročnim rješenjem.

Iako je holandska bolest brijesta uništila gotovo sva stabla brijesta, u centrima žarišta par stabala je ipak opstalo. Iz takvih stabala sakupljalo se sjeme radi uzgoja sadnica koje su podvrgavane umjetnoj zarazi. Ako bi prilikom zaraze biljke ostale zdrave ili vrlo otporne, od njih bi potekle nove sadnice za obnovu brijestovih šuma. Nažalost ovaj postupak zahtjeva velika ulaganja i vremenski dugo traje. Jedna od zamisli je bila križanje otpornih jedinki, no plemke otpornih klonova moraju se cijepiti na podlogu uzgojenu od običnog, neotpornog brijesta te taj postupak traje 12 godina.

Odumiranje brijesta utjecalo je također i na vrste koje su tvorile zajednice s njim. Sve je više odumiranja hrastika, a jasen je u posljednjih desetak godina počeo proživljavati sudbinu brijesta. Svjesni smo činjenice da se pokrenula lančana reakcija odumiranja stabala, tako i šuma. Ako ne uspijemo spriječiti daljnje napade patogena i propadanje mnogih vrsta drveća, velika je mogućnost da će doći do disbalansa unutar ekosustava u kojem se nalazimo i mi kao vrsta, te da se nećemo uspjeti prilagoditi na nove uvjete koji nas dočekaju.

4. LITERATURA

1. Brasier, C. M., Kirk, S. A., 2001: Designation of the EAN and NAN races of *Ophiostoma novo-ulmi* as subspecies. *Mycological Research*, 105(5), 547–554.
2. Franjić, J., Škvorc Ž., 2010: Šumsko drveće i grmlje Hrvatske, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
3. Glavaš, M., 1999: Gljivične bolesti šumskoga drveća, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
4. Hartmann, G., Nienhaus, F., Butin, H.: Atlas šumskih oštećenja, ITD Gaudeamus, Zagreb.
5. Hrašovec, B., 2013: Brijestovi potkornjaci – važni neizostavni biološki čimbenik širenja holandske bolesti brijesta. Šumarski list 7-8. <https://www.sumari.hr/sumlist/201307.pdf#page=82>
6. Idžojtić, M. 2010: Novi doktori znanosti – New doctors of science. Šumarski list 7-8: 431 – 433. <http://sumlist.sumari.hr/201007.pdf#page=105>
7. Jureša, B., 1976: Sušenje hrasta, jasena i brijesta u razdoblju 1950-1974. god. na području šg „Hrast“, Vinkovci. Šumarski list 1-2: 61-66. <https://www.sumari.hr/sumlist/197601.pdf#page=63>
8. Katanić, Z., Krstin, Lj., Ježić, M., Zebec, M., Ćurković perica, M. 2017: Sudbina brijestova u Hrvatskoj - utjecaj holandske bolesti brijesta. Zbornik sažetaka s međunarodnim sudjelovanjem Kopački rit jučer, danas, sutra 2017. <https://www.bib.irb.hr/898861>
9. Levaković, A., 1913: Nešto o prirastu hrasta, jasena i brijesta u našoj Posavini. Šumarski list, 8: 321-342. <https://www.sumari.hr/sumlist/191308.pdf#page=3>
10. Otmačić, T. 2021: Nove spoznaje o holandskoj bolesti brijesta (*Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. i *Ophiostoma novo-ulmi* Braiser) i mogućim mjerama zaštite. Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.
11. Polimac, M., 2002: Kako je nestao brijest. Hrvatske šume 67(7): 8 – 10. <http://casopis.hrsume.hr/pdf/067.pdf>
12. Stančin, P., 2018: Karakterizacija gljive *Ophiostoma novo-ulmi* izolirane iz uzoraka nizinskog brijesta s područja Hrvatske. Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
13. Stojković, M., 1995: Propadanje poljskog brijesta (*Ulmus minor* Mill., sin. *Ulmus carpinifolia* Suckow) u bivšem prigorsko-zagorskom području. Šumarski list 5-6: 183–188. <https://www.sumari.hr/sumlist/pdf/199501830.pdf>
14. Škorić, V., 1943: Holandska bolest brijestova. Šumarski list 3: 65–73. <https://www.sumari.hr/sumlist/194303.pdf>

15. Špiranec, M., 1971: O prirastu nizinskog brijesta u mješovitim sastojinama. Šumarski list 1-2: 13-17. <https://www.sumari.hr/sumlist/197101.pdf#page=15>
16. Tomaševski, S., 1956: Masovno ugibanje brijesta u gosp. Jed. Ravna Gora. Šumarski list 1-2: 42-44. <https://www.sumari.hr/sumlist/195601.pdf#page=44>
17. Tomaševski, S., 1959: Odnos debljinskog prirasta gorskog brijesta i bukve u g.j. Ravna Gora. Šumarski list 10-11: 364-368. <https://www.sumari.hr/sumlist/195910.pdf#page=22>
18. Vajda, Z., 1952: Borba protiv sušenja brijestova. Šumarski list, 9: 326-334. <https://www.sumari.hr/sumlist/195209.pdf#page=26>
19. Vajda, Z., 1983: Integralna zaštita šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
20. Vilc, H., 2021: Analiza populacije fitopatogene gljive *Ophistoma novo-ulmi* na području Hrvatske. Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strssmayera u Osijeku.
21. Vulić, M., 2020: Kronologija propadanja nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill.) u Republici Hrvatskoj. Završni rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zgrebu.
22. Webster, J., Webwe, R. W. S., 2007: Introduction to Fungi, Cambridge University Press, New York. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0953756208618870?via%3Dihub>