

Marin Hasan, Milan Glavaš, Radovan Despot¹

Promjene boje drva prouzročene ksilofagnim gljivama i plijesnima

Wood discoloration caused by staining fungi and moulds

Pregledni rad • Review paper

Prispjelo - received: 3. 2. 2005. • Prihvaćeno - accepted: 5. 12. 2005.

UDK 630*844.1; 630*846.2

SAŽETAK • Za razvoj gljiva plavila važnu ulogu imaju hranjiva i vlaga u drvu, temperatura i relativna vlaga zraka. Optimalni su uvjeti temperatura između 20 i 25 °C, vlaga drva 60 - 80 % i što viša relativna vlažnost zraka (75 - 90 %). Najznačajniji čimbenici o kojima ovisi dubina obojenja drva - površinskog (do 10 mm) i dubinskog (dublje od 20 mm), jesu vlaga drva i vrsta gljive kojom je drvo zaraženo. Ton i boja obojenja ovise o vrsti gljive, ali i o kemijskim (oksidacijskim) procesima u parenhimskom staničju zbog prehrane gljiva. Veći dio plijesni u kasnijim razvojnim stadijima uzrokuju i promjenu boje, često samo površinsku, a najpoznatije pripadaju rodovima *Aspergillus*, *Penicillium* i *Trichoderma*. Vrste gljiva plavila iz rodova *Ceratocystis*, *Aureobasidium*, *Alternaria* i *Phialophora* povećavaju poroznost drva, smanjuju gustoću i na taj način oslabljuju i neka mehanička svojstva drva. Najčešće se šire vjetrom i kišom, dok su vrste rodova *Ceratocystis*, *Ceratocystiopsis*, *Ophiostoma* i *Sphaeropsis* prilagođene i širenju pomoću kukaca (aktivnom i pasivnom), te su stoga na fiziološki živim stablima ujedno i vrlo patogene. Ovisno o vrsti gljive plavila i razvojnom stadiju, zaraženo drvo može biti manje ili više razoreno i upotreba mu može biti ograničena. Plavilo treba "shvatiti ozbiljno" te smanjivati mogućnost zaraze drva gljivama plavila u svim fazama njegove obrade. Jednostavan a ekološki povoljan način smanjenja mogućnosti zaraze i djelovanja gljiva plavila jest remećenje povoljnih i stvaranje nepovoljnih uvjeta za njihov razvoj održavanjem sadržaja vode drva iznad ili ispod povoljnoga ili smanjenjem količine hranjivih tvari u drvu.

Ključne riječi: promjena boje drva, plijesni, gljive plavila, vektori širenja

ABSTRACT • Some moulds also cause wood discoloration in later stages of their growth but mostly on the surface. The most notable wood discolouring moulds genera are *Aspergillus*, *Penicillium* and *Trichoderma*. Some *Trichoderma* species cause increasing of permeability of infected wood. Staining fungi are divided into two groups: sapstain - discoloration of logs and fresh cut boards, and bluestain - discoloration of wood in use. The most important sapstaining fungi are of the following genera: *Ceratocystis*, *Ceratocystiopsis*, *Ophiostoma*, *Sphaeropsis* and *Lasiodiplodia*. They are dispersed by wind and rainfall water but also by insects (active - insects wear spores on or in their body, and passive - spores are introduced into insect holes by wind or water). In live trees these fungi are also strong pathogens. Important bluestaining fungi are the following genera: *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Alternaria* and *Phialophora*. Species of genera such as *Ceratocystis*, *Aureobasidium*, *Alternaria* and *Phialophora* cause the increase of permeability, decrease of density and consequently the decrease of some mechanical properties. Some species of genus *Aureobasidium* are common in wood-in-service, where they break out coatings and colour wood into black. They are mostly dispersed by wind and rainfall water. Wood discoloration is a process caused by staining fungi and hence it is not only harmful for the surface but also for the entire wood. Depending on staining fungi species and wax stages, wood could be slightly damaged, and the use of such wood is restricted. Such wood discoloration should be seriously considered, and the possibility of infection by staining fungi reduced in all stages of wood processing. An environmentally friend-

¹ Autori su asistent, profesor i docent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

¹ The authors are assistant, profesor and assistant professor at the Faculty of Forestry, University of Zagreb.

ly way of reducing infection and quantity of wood discoloration is to make unfavourable conditions for fungal growth by keeping moisture content over or under favourable values or by removing carbohydrates, starch, fats and proteins out of the wood.

Key words: wood discoloration, moulds, staining fungi, dispersing vectors

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Drvo je kao prirodni organski materijal većim dijelom prirodni polimer šećera te je za ksilofagne gljive izvor hranjivih tvari. Općenito, svaki proces u kojemu ksilofagne gljive razgrađuju hranjive drvene tvari zove se truljenje, a posljedica je trulež drva. U povoljnim uvjetima za razvoj gljiva truljenje je neprekinuti proces pri kojemu se mijenjaju određena svojstva drva. Ti se procesi mogu očitovati promjenom boje, a pri pravoj truleži i promjenom (propadanjem) strukture drva. Općenito, svaka trulež prolazi kroz nekoliko faza. Petrović (1980) kao najprihvatljiviju navodi podjelu truleži na 4 faze: *prikrivenu*, *početnu*, *odmaklu*, i *završnu*. Truljenje se, s obzirom na posljedice, može opisati kao tru-ljenje u širem smislu i truljenje u užem smislu.

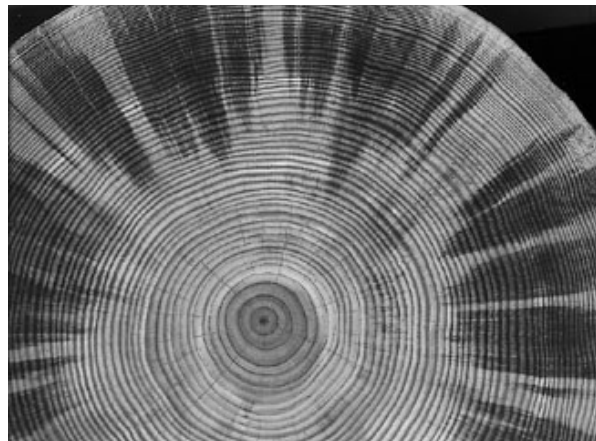
Ksilofagne gljive koje uzrokuju promjene boje drva većinom su obligatni saprofiti, eventualno fakultativni paraziti, a promjena boje kao posljedica njihova djelovanja svrstava se u trulež u širem smislu. Drugim riječima, enzimska je aktivnost takvih gljiva ograničena te ne mogu zaista uništiti stanične stijenke, jer se hrane samo jednostavnim šećerima i škrobom u živim stanicama te rezervnim tvarima u parenhimskim stanicama. Iako pri prolasku iz stanice u stanicu hife prolaze kroz stanjena mjesta staničnih stijenki (intervaskularne jažice i jažice polja ukrštavanja), one su i djelomični razarači drva. Posljedica toga je često povećana permeabilnost drva. Prema promjenama koje nastaju u drvu, ta pojava pripada vremenu između prikrivene i početne faze truljenja u užem smislu.

Promatrajući razvoj mikroorganizama u drvu, njihov je međusoban odnos i slijed definiran kao sukcesija. Drvo najprije napadnu bakterije, a hrane se isključivo slobodnim jednostavnim šećerima, eventualno razaraju jažice, te na taj način neznatno povećaju permeabilnost drva pa se u njemu povećava sadržaj vode, što pogoduje razvoju plijesni. Neke vrste plijesni u kasnijim stadijima razvoja mogu uzrokovati i promjenu boje. Promjena boje je sljedeća pojava koja se uočava na zaraženom drvu, a uzrokuju je tzv. gljive plavila. U posljednjem stadiju truljenja drvo razaraju "prave gljive" iz pododjela *Basidiomycotina*.

Kako je enzimska aktivnost gljiva uzročnika promjene boje drva ograničena samo na razgradnju bjelančevina, masti, jednostavnih šećera i škroba, a one nisu sposobne znatnije razgraditi staničnu stijenku (celulozu, lignin i druge sastavne dijelove), najčešće se hrane protoplazmom parenhimskih stanica bjeljike, pri čemu je i razaraju (Petrić i sur., 1995; Despot, 1996, 1998b; Croan i Highley, 1996). Schoeman i Dickinson (1997) navode da se gljiva *Aureobasidium pullulans*

može hraniti i dijelovima nastalim raspadanjem lignina pod utjecajem UV zračenja, a Biely i sur. (1979) navode da gljiva *A. pullulans* može razarati i hemicelulozu.

Unatoč tomu što je promjena boje drva uglavnom ograničena samo na bjeljiku, hife gljiva postupno se šire preko parenhimskog staničja drvnih trakova prema srži (sl. 1). Kada se hife gljiva šire kroz jažice, razaraju torus i povećavaju porus i permeabilnost (Petrić i sur., 1995; Despot, 1996, 1998b). Tako se promjena boje, osim u zoni bjeljike, često pojavljuje i u zoni srži (sl. 1). Prema nekim autorima (Petrović, 1980; Eaton i Hale, 1993; Petrić i sur., 1995; Despot, 1998a, 1998b), obojenjem drva stvaraju se uvjeti pogodni za brži i lakši napad gljiva uzročnika prave truleži.



Slika 1. Plavilo na čelu trupca bora (*Pinus* sp.) (www.ento.vt.edu)

Figure 1 Sapstain in front of log

Cilj rada je utvrditi utjecajne čimbenike koji pogoduju razvoju plavila, uočiti mogući utjecaj na fizička, mehanička i estetska svojstva (promjenu boje) zaraženog drva te prikazati vrste ksilofagnih gljiva koje uzrokuju promjenu boje drva.

2 ČIMBENICI PLAVILA DRVA I DISKUSIJA

2 FACTORS OF BLUESTAIN AND DISCUSSION

2.1 Čimbenici koji pogoduju razvoju plavila

2.1 Factors that favour development of bluestain

Despot (1996, 1998b) u svojim istraživanjima L-spojeva izlaganih na tri lokacije u Hrvatskoj najviše ksilofagnih gljiva uzročnika promjena boje drva izolira upravo ondje gdje je tijekom cjelokupnog razdoblja izlaganja prosječna relativna vlaga zraka bila najviša, s najmanjim oscilacijama, uz najujednačeniju temperaturu. Iz navedenoga se može zaključiti da razvoju gljiva uzročnika promjene boje drva više pogoduje

ujednačenija temperatura i relativna vlaga zraka s nižim prosjekom temperature nego uvjeti s prosječno višom temperaturom i većim oscilacijama. Croan i Highley (1996) su uzgajali gljive na hranjivoj podlozi pri temperaturi 27 °C i 70-postotnoj relativnoj vlažnosti zraka smatrajući te uvjete optimalnima. Glavaš (1999) pak spominje višu relativnu vlažnost zraka s optimalnom vrijednošću 90 % i temperature između 22 i 30 °C kao optimalni interval s minimalnom vrijednošću 3 - 8 °C, ispod čega razvoj hife prestaje. Petrović (1980) kao optimalne navodi temperature između 20 i 25 °C, a interval od 5 do 35 °C kao granični, pri čemu na temperaturi nižoj od 5 °C rast hife prestaje. On navodi da su vrste gljiva koje uzrokuju promjenu boje drva otporne na niske temperature te zadržavaju vitalnost i pri - 40 °C, dok se već pri temperaturama između 50 i 60 °C može provoditi dosta sigurna sterilizacija drva.

Prema rezultatima ispitivanja Despota (1996, 1998a, 1998b) te Despota i Glavaša (1999) pojava gljiva uzročnika promjene boje drva na L-spojevima pojavljuje se upravo na mjestima najbližim spoju, gdje je sadržaj vlage najviši. "Za maksimalni razvoj plavila optimalni je sadržaj vlage u drvu 60 - 80 %", piše Glavaš (1999), a Petrović (1980) navodi sadržaj vlage drva od 23 % kao minimalni jer pri njegovu daljnjem smanjenju nastaje plazmoliza u stanicama hifa; u rasponu od 24 do 30 % micelij se sporo razvija te u drvo ne prodire dublje od 10 - 20 mm; 50 - 90 % vlage smatra optimalnim sadržajem, a navodi i podatak iz radova drugih autora koji kao optimalan sadržaj vlage ističu 40 - 120 %. Svi se autori slažu da je sadržaj vode u drvu jedan od vrlo bitnih čimbenika za razvoj gljiva plavila. Usto, veliko značenje imaju i hranjiva u drvu.

2.2 Utjecaj na fizička i mehanička svojstva te boju drva

2.2 Influence on wood physical and mechanical properties and discoloration

Eaton i Hale (1993), Croan i Highley (1996) navode da se na drvu zaraženom gljivama promjene boje ne zapažaju nikakve značajne razlike u njegovim fizičkim svojstvima, dok je Despot (1996, 1998b) došao do zaključka da se djelovanjem tih gljiva može povećati poroznost drva. Petrić i sur. (1995) te Glavaš (1999) također navode da gljive uzročnici promjene boje drva razaraju jažice i tako povećavaju permeabilnost. Petrović (1980) tvrdi da plavilo nema znatnijeg utjecaja na promjenu fizičkih i mehaničkih svojstava ako je obojeno drvo izolirano od vlage. U protivnome neka fizička svojstva (permeabilnost i bubrenje) mogu biti znatno povećana. On također navodi da se gustoća drva može smanjiti i do 12 %, a čvrstoća na udar i do 75 %. Eaton i Hale (1993), Croan i Highley (1996), Glavaš (1999) tvrde da zbog zaraze drva gljivama uzročnicima promjene boje nema bitne razlike u mehaničkim svojstvima drva, a Despot (1996, 1998b) te Despot i Trajković (2000) navode da gljiva *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler u svojim ranim razvojnim stadijima uzrokuje plavilo, ali u kasnijim stadijima razvoja uzrokuje meku trulež i tada može

znatno umanjiti mehanička svojstva drva. Fojutowski (2002, 2003) u istraživanju gljive *Ceratocystis imperfecta* Mill. et Grenz na bijelom boru (*Pinus sylvestris* L.) dolazi do zaključka da *C. imperfecta* ima velik utjecaj na smanjenje nekih mehaničkih svojstava drva.

Eaton i Hale (1993) razdvajaju ksilofagne gljive uzročnike promjene boje drva na vrste koje mijenjaju prirodnu boju drva na netom srušenim stablima i izrađenim trupcima, nazivajući ih *sapstain*, od ksilofagnih gljiva uzročnika promjene boje drva na ugrađenom drvu i drvu u upotrebi, nazivajući ih *bluestain*, a Glavaš (1999) razlikuje tri vrste plavila: *primarno* - zaraza koja se širi preko čela, okoranih dijelova ili rana u bjeljiku još dubećega ili posječenog stabla (trupaca); *sekundarno* - razvija se na netom ispiljenoj građi, a oboje se samo unutrašnji dijelovi, dok se na površini vide samo mrlje ili crte koje zalaze u drvo, *tercijarno* - nastaje na obrađenom i ugrađenom drvu u upotrebi.

Eaton i Hale (1993) objašnjavaju da obojenje trupaca (*sapstain*) može nastati na dva načina: zbog boje hifa i zbog izlučivanja gljivičnih egzopigmenata u okolno staniče drva. Oni navode da neke vrste iz rodova *Chlorosplenium* i *Trichoderma* uzrokuju zelenu, neke vrste iz roda *Cytospora* žutu diskoloraciju drva, a vrste iz roda *Thielaviopsis* uzrokuju smeđe obojenje. Hife pak mnogih vrsta gljiva većinom su smeđe pa je drvo zahvaćeno takvim hifama zbog interferencije plave do crnoplave boje (Petrović, 1980, Glavaš, 1999).

Petrović (1980) navodi da diskoloracija drva nastaje i zbog boje pojedinih organa gljiva. Tako neke vrste gljiva iz roda *Fusarium* oboje zaraženo drvo crvenom bojom, gljive iz rodova *Penicillium*, *Aspergillus*, *Verticillium*, *Trichoderma* daju drvu zelenu ili žutu boju, a vrste iz rodova *Alternaria*, *Hormodendron*, *Cladosporium*, *Graphium*, *Bispora* i dr. uzrokuju plavo do crnoplavo obojenje zaraženog drva. On spominje razliku u površinskom i dubinskom obojenju drva te ono ovisi o sadržaju vlage zaraženog drva dok Glavaš (1999) navodi da dubina obojenja ne ovisi primarno o vlazi drva već o vrsti gljiva kojima je drvo zaraženo. Tako se vrste iz rodova *Penicillium* i *Trichoderma* često pojavljuju na bjeljici, njihove se konidije razvijaju samo na površini i ne prodire dublje u tkivo drva, za razliku od 'ofiostomatoidnih' gljiva koje prodire duboko u drvo. Neke pak vrste rodova *Cladosporium* i *Alternaria* razvijaju brojne konidije na površini drva, ali ulaze i u dubinu te ga oboje (Glavaš, 1999). Petrović (1980) također naglašava da dubinsko obojenje nastaje ne samo zbog postojanja obojenih hifa u lumenima stanica već i zbog raznih oksidacijskih procesa pri prehrani gljive staničnim sadržajem.

2.3 Najpoznatije vrste gljiva koje uzrokuju promjenu boje drva

2.3 The most important staining fungi

Eaton i Hale (1993) pri podjeli plavila pod tipom *sapstain* razumijevaju promjenu boje na netom srušenim stablima i izrađenim trupcima. U tu skupinu pripa-

da primarno plavilo (stabla, trupci) i sekundarno plavilo (svježe piljenice) (prema Glavašu, 1999). U *bluestain* - ubrajaju promjenu boje drva u upotrebi, a pripada mu *tercijarno plavilo* (obrađeno i ugrađeno drvo). Radi bolje preglednosti, za daljnju analizu rodova i vrsta gljiva uzeta je podjela na *sapstain* i *bluestain*.

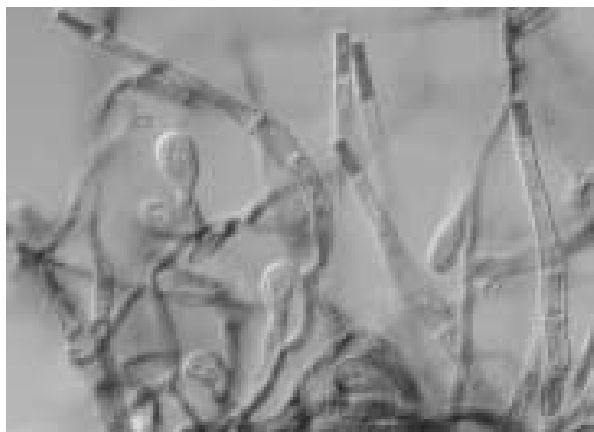
2.3.1 Vrste koje uzrokuju promjenu boje na trupcima (sapstain)

2.3.1 Sapstain causeing fungi

Najčešće izolirane i navođene vrste ksilofagnih gljiva koje uzrokuju promjenu boje drva svježe posječenih stabala i trupaca pripadaju porodici *Ophiostomataceae*, redu *Microascales*, razredu *Plectomycetes*, pododjelu *Ascomycotina*, i pododjelu *Deuteromycotina*, razredu *Coelomycetes*, redu *Sphaeropsidales*. U daljnjem tekstu dan je pregled rodova i vrsta.

a) Rod *Ceratocystis* Ellis & Halst.:

Rod je karakterističan po tome što vrste gljiva stvaraju tamne kleistotecije koji sadržavaju askuse što se brzo razgrađuju i na taj način pasivno oslobađaju askospore. Kleistoteciji imaju uspravan, cilindrično izduženi vrat koji na vrhu nosi "paketić" askospora u obliku kapljice (sl. 2). Askospore su sitne, jednostanične, a mogu biti prozirne ili obojene.



Slika 2. Konidije i endokonidiofori gljive *Ceratocystis* sp. (www.ento.vt.edu)

Figure 2 Conidia and Conidiophores of *Ceratocystis* sp.

Vrste gljiva tog roda imaju nesavršene oblike pa se mnogi mikolozi i fitopatolozi razilaze u mišljenjima glede klasifikacije i identifikacije pojedinih vrsta među rodovima *Ceratocystis*, *Ceratocystiopsis* i *Ophiostoma* (Upadhyay, 1993; Samuels, 1993; Wingfield 1993; Seifert i Okada, 1993).

Tri najpoznatije vrste roda *Ceratocystis* jesu *C. coerulescens* (Münch) Bakshi, *C. pilifera* (Fries : Fries) *C. Moreau* (sinonim *Ophiostoma piliferum* (Fries : Fries) H. & P. Sydow i *C. imperfecta* Mill. et Grenz. Sve tri vrste uzrokuju plavilo trupaca, a *C. coerulescens* može drvo obojiti i u zelenu odnosno zelenoplavu boju (sl. 3), dok *C. imperfecta* znatno utječe na slabljenje mehaničkih i promjenu nekih fizičkih svojstava drva (Fojutowski, 2002).



Slika 3. Razvijena plodonosna tijela gljiva *Ceratocystis* spp. (www.ento.vt.edu)

Figure 3 Fruit bodies of *Ceratocystis* spp.

Vrlo važna karakteristika tog roda jest da su vrste gljiva izuzetno dobri simbiotski organizmi s kukcima potkornjacima (*Scolytidae*) i bjeljekarima (*Lictyidae*) te s 'grupom ambrosia kukaca' (porodice: *Platypodidae*, *Lymexylidae*) (Upadhyay, 1993). Vidljive su na crno obojenim stijenkama hodnika kukaca i nazivaju se ambrozija gljivice.

Kako su vrlo dobro prilagođene prijenosu pomoću kukaca, lako zaraze svježe trupce i dubeća stabla. Kukci mogu širiti gljive noseći spore na površini svog tijela ili u specijaliziranim organima (kao simbiote) ili pasivno - vjetar ili voda nanesu spore u ulazne/izlazne otvore. Neke vrste gljiva toga roda jaki su patogeni i uzrokuju znatne štete. Osim kukcima prenose se uz pomoć vjetra i vode.

b) Rod *Ophiostoma* H. & P. Sydow

Kako su vrste gljiva tog roda na prvi pogled ekološki i morfološki gotovo identične vrstama roda *Ceratocystis*, također uzrokuju plavilo trupaca, a šire se vjetrom, kišom i kukcima (Samuels, 1993; Upadhyay, 1993. i Glavaš, 1999) tako da su ujedno i patogeni. Zaraza se može razviti dok je stablo još živo, kao i na trupcima, u sastojini ili na stovarištu pilane. S obzirom na to da zaražavaju i živa stabla i pri tome uzrokuju razne ekonomski značajne bolesti i probleme, svrstavaju se u ekonomski izrazito važne patogene.

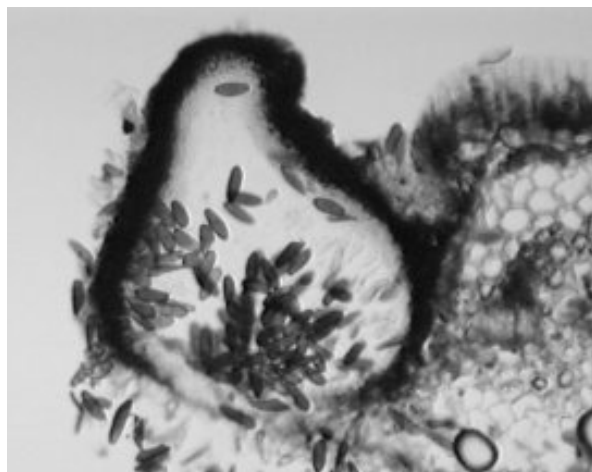
Najpoznatije vrste tog roda su *O. piceae* (Münch) H. et P. Syd., *O. minus* (Hedgcock) H. et P. Syd. i *O. piliferum* (Fries) H. et P. Syd. koje uzrokuju plavu do crnoplavu boju (Glavaš, 1999).

c) Rod *Lasiodiplodia* Ellis & Everh. (*Botryodiplodia* (Sacc.) Sacc.)

Vrste roda *Lasiodiplodia* stvaraju tamno obojene piknide u kojima se nalaze smeđe dvostanične elipsaste konidije. Konidije se izdvajaju iz vrata piknida u debelu svijetlosmeđu masu. Najčešća vrsta tog roda je *L. theobrome* (Patouillard) Griffon et Maublanc (*B. theobrome* Patouillard), a uzrokuje plavilo na svijetlim tvrdim listačama (Eaton i Hale, 1993).

d) Rod *Sphaeropsis* Sacc.

Gljiva *S. sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton (*Diplodia pinea* (Desm.) Kickx) tijekom razvoja stvara plodonosna tijela piknide (sl. 4), koje su uložene u tkivo drva pojedinačno ili u grupi, često vidljive na površini, septirane ili agregirane, okrugle, tamnosmeđe do crne boje (Diminić, 1997). Gljiva ne razvija konidiofore. Konidije su ravne, duguljaste, u početku žućkaste, a kasnije tamnosmeđe. Kako je vrlo rasprostranjena u svijetu, gotovo je redovito jedan od uzročnika plavila na borovim trupcima (sl. 5), ali i na drugim četinjačama. Može se naći u različitim tkivima stabla, od izbojaka i grana, bjeljike i srži, sve do češera i sjemena.



Slika 4. Piknide i piknospore gljive *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton (www.forst.uni-muenchen.de)

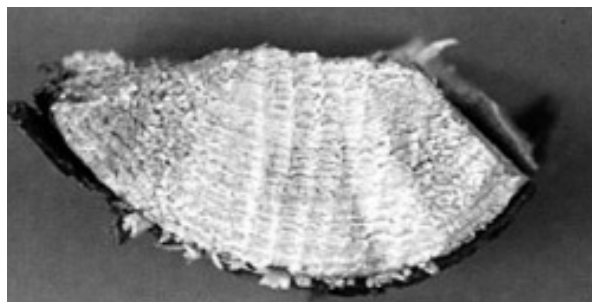
Figure 4 Pycnidies and Pycnospores of *S. sapinea*

Prema Diminiću (1997), spore se prenose vjetrom, kišom i kukcima, a najveća reprodukcija spora dogodi se 16 tjedana nakon razdoblja s najviše oborina u vegetacijskoj godini. Za klijanje spora potrebna je velika relativna vlaga zraka.

2.3.2 Vrste koje uzrokuju promjenu boje na obrađenom drvu u upotrebi (bluestain)

2.3.2 Bluestain causing fungi

Najveći broj vrsta ksilofagnih gljiva koje uzrokuju promjenu boje obrađenog drva i drva u upotrebi pri-



Slika 5. Promjena boje na borovini (*Pinus* sp.) uzrokovana gljivom *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton (www.forst.uni-muenchen.de)

Figure 5 Sapstain in pine wood (*Pinus* sp.) caused by *S. sapinea*

padaju pododjelu *Deuteromycotina*, razredu *Hyphomycetes*.

Kako nema strogih granica u podjeli između uzročnika plijesni, uzročnika promjene boje i uzročnika meke truleži, rodovi i njihove vrste navedeni su i obrađeni prema sukcesivnom slijedu napada i razvoja na obrađenom drvu i drvu u upotrebi. U daljnjem tekstu dan je pregled rodova i vrsta.

a) Rod *Penicillium* Link ex Fr.

Micelij vrsta gljiva tog roda svijetlozelene je do tamnozelenoplave (tirkizne) boje i praškast (sl. 6), s donje strane taman do crn. Konidiofori su tipičnog oblika "metlice" pojedinačno ili u skupinama. Konidije su bezbojne ili svijetlo obojene, jednostanične, ovalne ili okrugle, nakupljene u malim vršnim skupinama (Despot, 1996). Vrste tog roda ponajprije uzrokuju plijesan, no u razvoju vrlo često uzrokuju i promjenu boje, pri čemu oboje drvo u žutu do zelenu boju (Petrović, 1980).

b) Rod *Aspergillus* Link ex Fr.

Krem, žuti ili svijetložuti, rijetko zelenkasti ili smeđi micelij karakteristika je vrsta gljiva tog roda. Na okruglastim završecima konidiofora smještene su jednostanične, ovalne ili okrugle, bezbojne ili svijetlo



Slika 6. Gljiva *Penicillium* sp. - izolirana iz L-spoja, a potom uzgojena na hranjivoj podlozi (Despot 1996, snimio B. Hrašovec)

Figure 6 Fungus *Penicillium* sp. - isolated from L-joint, and then grown on nutrient agar (Despot 1996, by B. Hrašovec)

obojene konidije. Konidiofori su relativno lako prepoznatljiviji jer podsjećaju na cvijet maslačka (sl. 7) (Despot, 1996).

Osim plijesni, vrste tog roda uzrokuju i promjenu boje (prema Despotu, 1996 - tamno-smeđe do crno obojenje, a prema Petroviću, 1980 - žutu do zelenu boju).

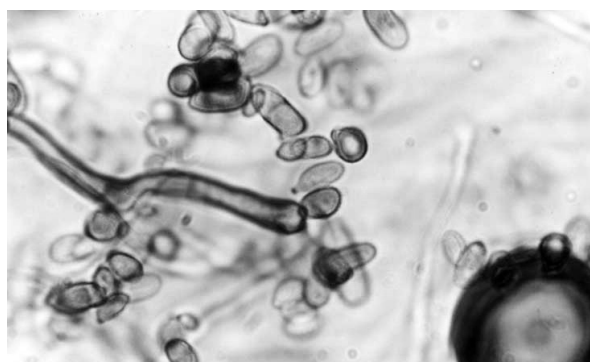
c) Rod *Trichoderma* Pers.

Tamnozeleno i brzo rastuće vrste gljiva ovog roda imaju zelene "jastučice" - skupine spora nepravilno raspoređenih po površini hranjive podloge (sl. 8) (Despot, 1996). Jako razgranati konidiofori stoje pojedinačno ili u skupinama, a konidije su jednostanične, ovalne, bezbojne, nakupljene u malim vršnim skupinama. Taksonomija im je katkad komplicirana i često vodi ka neispravnoj identifikaciji (Eaton i Hale, 1993).

Vrste gljiva tog roda, osim što uzrokuju plijesan, znatno povećavaju poroznost zaraženog drva odnosno uzrokuju razgradnju celuloze. U uznapredovalom



Slika 7. Konidiofor i konidije gljive *Aspergillus* sp. (Despot 1996, snimio B. Hrašovec)
Figure 7 Conidia and Conidiophores of *Aspergillus* sp. (Despot 1996, by B. Hrašovec)



Slika 9. Konidiofor i konidije gljive *Cladosporium* sp. (Despot 1996, snimio B. Hrašovec)
Figure 9 Conidia and Conidiophores of *Cladosporium* sp. (Despot 1996, by B. Hrašovec)



Slika 8. Gljiva *Trichoderma* sp. (Despot 1996, snimio B. Hrašovec)
Figure 8 Fungi *Trichoderma* sp. (Despot 1996, by B. Hrašovec)

stadiju razvoja te gljive mogu biti i uzročnici promjene boje (tamnosmeđe do crno obojenje). Neke od njih parazitiraju na ostalim gljivama pa se mogu stvarati poteškoće pri izolaciji i presađivanju (Despot, 1996). Seifert (1993) pak navodi da vrste tog roda nisu osobito važne gljive plavila, jer je njihov rast površinski te ne oboje drvo dubinski.

d) Rod *Cladosporium* Link:Fr.

Konidiofori vrsta gljiva tog roda su uspravni, na krajevima nepravilno razgranati i čvorasti (sl. 9). Konidije su im smeđe, jednostanične ili dvostanične, elipsastog ili valjkastog oblika. Na hranjivoj podlozi te gljive proizvode tamnozeleni micelij te ih odlikuje brz rast (Despot, 1996). Osim plavila, vrste gljiva tog roda uzrokuju i plijesan u ranim stadijima razvoja upravo na drvu u upotrebi.

Vrsta *C. resiniae* (Lindau) de Vries (*Hormoconis resiniae* (Lindau) von Arx & de Vries) bez većih poteškoća zarazi čak i kreozotom zaštićeno drvo, a vrste *C. cladosporioides* (Fresenius) de Vries i *C. sphaerospermum* Penzig napadaju tekstil i drvo površinski zaštićeno bojom (Eaton i Hale, 1993). Fojutowski (2002, 2003) u svojim istraživanjima dokazuje da se drvu bijelog bora nakon 12 mjeseci izlaganja gljivi *C. herbarum* Pers. ex Fries statistički znatno smanjuje tlačna i torzijska čvrstoća, dok mu u isto vrijeme apsorpcija znatno poraste.

e) Rod *Stemphylium* Wallr.

Gljive tog roda oblikom konidija vrlo su slične vrstama gljiva iz roda *Ulocladium* Preus. pa ih je katkad teško razlikovati, a uzrokuju i plavilo. Despot (1996) u svom radu navodi taj rod (sl. 10) kao "ostale vrste gljiva koje uzrokuju promjenu boje".

f) Rod *Aureobasidium* Viala et Boyer

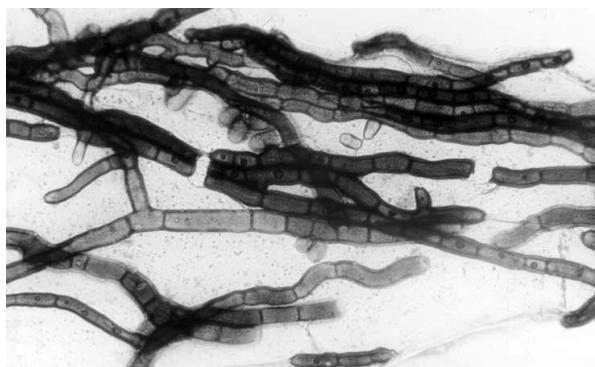
Hife su im nepravilnog oblika, bezbojne, a starije stvaraju izrazito crni pigment (sl. 11) (Eaton i Hale, 1993). Na bočnim površinama konidiogenih hifa stvaraju se jednostanične konidije elipsoidnog oblika (sl. 11). Gljive tog roda pripadaju razredu



Slika 10. Konidiofori i konidije gljive *Stemphilum* sp. (Despot 1996, snimio B. Hrašovec)
Figure 10 Conidia and Conidiophores of *Stemphilum* sp. (Despot 1996, by B. Hrašovec)

Hyphomycetes, ali zbog micelija nalik na bakterijsku koloniju neki ih svrstavaju i u razred *Blastomycetes* istog poddjela *Deuteromycotina* (Eaton i Hale, 1993). Najpoznatija vrsta tog roda upravo na drvu u upotrebi (drvenoj građevnoj stolariji) jest *Aureo-basidium pullulans* (de Bary) Arnaud.

A. pullulans se odlikuje crnim "natečenim" pseudomicelijem unutar supstrata (sluzav ako je uzgojen na hranjivoj podlozi; Despot, 1996). Schoeman i Dickinson (1997) u svojim istraživanjima dolaze do zaključka da je gljiva sposobna preživjeti i hraniti se fotodegradacijom razorenim segmentima lignina koji nastaju na površini ugrađene građevne stolarije, a Biely i sur. (1979) pak navode da je gljiva sposobna



Slika 11. Konidiofori i konidije gljive *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud. (Despot 1996, snimio B. Hrašovec)

Figure 11 Conidia and Conidiophores of *A. pullulans* (Despot 1996, by B. Hrašovec)

razarati i hemicelulozu, pa je opravdano posumnjati da *A. pullulans* može oštetiti strukturu drva i smanjiti njegova mehanička svojstva. Kako je navedeno, najčešće se pojavljuje na vanjskoj drvenoj stolariji, gdje često "probija" nalič i izbija na površinu drva (sl. 12. i 15), pri čemu uzrokuje karakterističnu crnu boju (Despot, 1996). Inače je najčešći uzročnik plavila.



Slika 12. Probijanje naliča i izlazak na površinu gljive *Aureobasidium* sp. (Bravery i sur., 1992)

Figure 12 Coating break out by *Aureobasidium* sp. (Bravery et al. 1992)

g) Rod *Alternaria* Nees ex Wallroth

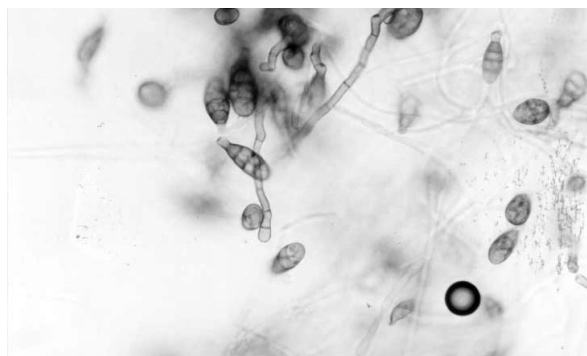
Hife gljiva tog roda odlikuju se brzim rastom, svijetlosive su do sivozelenkaste boje, a u kasnijim razvojnim stadijima mogu imati svjetliju aureolu (Despot, 1996; Despot i Trajković, 2000). Micelij je pun konidija (sl. 13), a s donje je strane taman do potpuno crn (Despot, 1996).

Najpoznatija vrsta tog roda upravo na drvu u upotrebi (drvenoj građevnoj stolariji) jest *A. alternata* (Fr.) Keissler (*A. tenuis* Nees.). Konidije su joj karakterističnog oblika (sl. 13), nalik na bočice ovalnog dna i kratkog vrata. Unutrašnjost konidija je smeđa i septirana, dok su konidiofori jednostavni i pigmentirani (Despot, 1996).

A. alternata (Fr.) Keissler se, kao i *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud, najčešće pojavljuje upravo na vanjskoj drvenoj stolariji te je uzročnik plavila (Eaton i Hale, 1993), no u kasnijim stadijima razvoja uzrokuje i meku truleži (soft rot) (Despot, 1996, 1998b).

h) Rod *Phialophora* Medlar.

Micelij joj sporo raste, žut je, a konidiofori su joj tamni, kratki, jednostavni ili razgranati. Konidije su bezbojne do tamne, jednostanične, ovalne do elip-

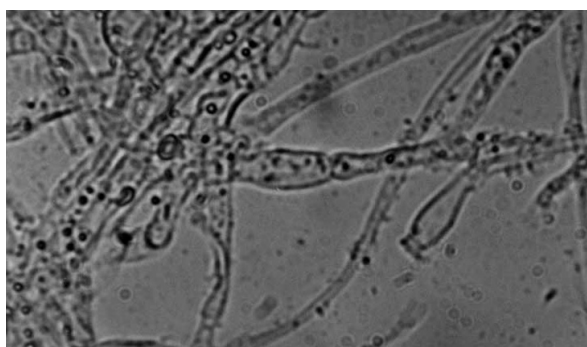


Slika 13. Konidiofori i konidije gljive *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler., uzročnika plavila (Despot 1996, snimio B. Hrašovec)

Figure 13 Conidiophores and Conidia of *A. alternata* (Despot 1996, by B. Hrašovec)

soidne, sitne (sl. 14). Vrste gljiva iz tog roda, prema mnogim mikolozima, pripadaju uzročnicima promjene boje drva u upotrebi, ali su i česti uzročnici meke truleži (Eaton i Hale, 1993; Despot, 1996).

P. hoffmanii (van Beyma) Schol-Schwarz. kao jedna od najpoznatijih vrsta roda bila je predmet ispitivanja mnogih autora kao uzročnik meke truleži. Eaton i Hale (1993) navode rezultate nekih radova: spororastuća je vrsta gljiva, uzrokuje smanjenje gustoće bukovih uzoraka (u laboratorijskim uvjetima) od 16 % za 12 tjedana, a 31 % za 16 tjedana. Autori navode da su neke vrste tog roda imune na CuSO_4 u hranjivoj podlozi do koncentracije od 7 %.

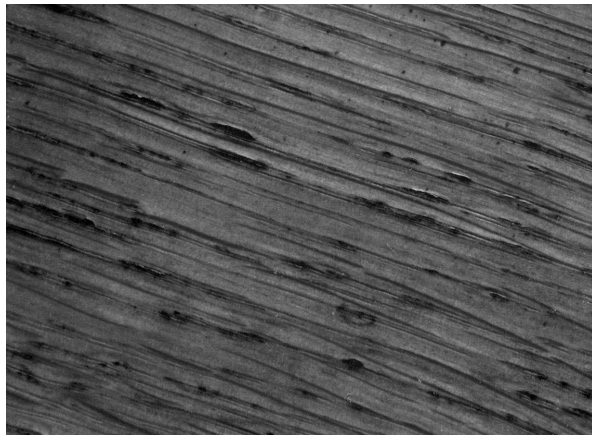


Slika 14. Konidiofori i konidije gljive *Phialophora* sp. (Despot 1996, snimio B. Hrašovec)

Figure 14 Conidiophores and Conidia of *Phialophora* sp. (Despot 1996, by B. Hrašovec)

3 ZAKLJUČCI 3 CONCLUSIONS

Za gljive plavila optimalni se sadržaj vlage kreće u rasponu od 60 do 80 %. Razvoju pogoduju ujednačeniji uvjeti temperature i relativne vlage zraka (i s nižim prosječnim vrijednostima temperature). Optimalna je temperatura od 20 do 25 °C.



Slika 15. Probijanje zaštitnog premaza i promjena boje na vanjskoj drvenoj stolariji (Bravery i sur., 1992)

Figure 15 Coating break out and wood discoloration in wooden joinery (Bravery et al. 1992)

Plijesni po pravilu ne mijenjaju fizička svojstva drva. No veći broj njih u kasnijim razvojnim stadijima uzrokuju promjenu boje, najčešće samo površinsku. Najpoznatije plijesni pripadaju rodovima *Aspergillus*, *Penicillium* i *Trichoderma*. Neke plijesni iz roda *Trichoderma* povećavaju i permeabilnost drva. Vrste gljiva plavila iz rodova *Aureobasidium*, *Alternaria* i *Phialophora*, osim što uzrokuju promjenu boje, uzrokuju i meku trulež - smanjuju gustoću, a na taj način i neka mehanička svojstva drva. Sve navedene vrste gljiva najčešće se šire vjetrom i kišom, a vrste iz rodova *Ceratocystis*, *Ceratocystiopsis*, *Ophiostoma* i *Sphaeropsis* prilagođene su širenju i uz pomoć kukaca i na fiziološki živim stablima jaki su patogeni.

Ton i boja zaraženog drva ovisi o boji pojedinih organa gljiva i o kemijskim (oksidacijskim) procesima u parenhimskom staniću. Dubina obojenja ovisi o sadržaju vlage drva (površinsko - do 10 mm i dubinsko - preko 20 mm), kao i o vrsti gljive kojom je drvo zaraženo.

Dosadašnja praktična shvaćanja plavila kao "samo estetske greške" treba uzimati s oprezom te nastojati smanjiti mogućnost zaraze drva gljivama plavila u svim etapama njegove obrade i upotrebe jer je, ovisno o vrsti gljive i stadiju njezina razvoja, zaraženo drvo manje ili više razoreno i upotreba mu je ograničena.

Održavanjem sadržaja vode drva iznad ili ispod za gljive povoljne razine uspješno se i bitno smanjuju štete i opasnosti od napada. Smanjenjem količine hranjivih tvari, tj. rušenjem stabala, izradom trupaca i njihovom daljnjom obradom u vremenu kada vegetacije nema ili neposredno prije početka vegetacije (zimsko razdoblje) također se efikasno smanjuje mogućnost i intenzitet zaraze. Za ugrađeno drvo u upotrebi treba birati ona mjestna primjene zarazi podložnih vrsta drva (ili dijelova trupaca/piljenica) gdje je mogućnost stvaranja povoljnih uvjeta za razvoj gljiva plavila minimalna.

4 LITERATURA 4 REFERENCES

1. Biely, P., Kratky, Z., Petrakova, E., Bauer, S., 1979.: Growth of *Aureobasidium pullulans* on waste water

- hemicelluloses, *Folia Microbiologica*, 24 (4):328-33.
2. Bravery, A., F., Berry, R., W., Carey, J., K., Cooper, D., E., 1992.: Recognising wood rot and insect damage in buildings, Building Research Establishment, Garston, Watford, UK, 115 pages.
3. Croan, S., C., Highley, T., L., 1996.: Fungal removal of wood sapstain caused by *Ceratocystis coeruleascens*, *Material und Organismen* 30. Bd. 1/1996.
4. Despot, R., Trajković, J., 2000.: *Alternaria alternata* Najčešća gljiva uzročnik promjene boje i meke truleži u jelovoj građevnoj stolariji, Međunarodno savjetovanje: Drvo u graditeljstvu, Zagreb.
5. Despot, R., Glavaš, M., 1999.: *Gleophyllum trabeum* and *Gleophyllum abietinum*, the most frequent brown rot fungi in fir wood joinery, IRG 30th Annual Meeting in Rosenheim Germany, IRG/WP 99 - 10319.
6. Despot, R., 1998a: Mechanism of fir wood joinery; Part I: Exposure conditions, moisture content and permeability, *Drvna industrija* 49 (2) 67-80.
7. Despot, R., 1998b: Mechanism of fir wood joinery; Part II: Sequence and intensity of attack of microorganisms, *Drvna industrija* 49 (3) 135-144.
8. Despot, R., 1996.: Prilog poznavanju mehanizma infekcije i truljenja jelove građevne stolarije, disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
9. Diminić, D., 1997.: Istraživanje gljive *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton na borovima u Hrvatskoj, disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
10. Eaton, A., R., Hale, M., D., C., 1993.: Wood, decay, pests and protection, Chapman & Hal, London, UK, 546 pages.
11. Fojutowski, A., 2003.: The selected properties of Scots pine wood blue-stained by fungus *Cladosporium herbarum*, IRG 34th Annual Meeting in Brisbane, Australia, IRG/WP 03-10484.
12. Fojutowski, A., 2002.: The influence of cosing primary blue-stain fungus *Ceratocystis imperfecta* on selected properties of Scots pine wood, IRG 33th Annual Meeting in Cardiff, Wales UK, IRG/WP 02-10425.
13. Glavaš, M., 1999.: Gljivične bolesti šumskog drveća, Šumarski fakultet Zagreb, 281 stranica.
14. Glavaš, M., 1996.: Osnove šumarske fitopatologije, Šumarski fakultet Zagreb, 140 stranica.
15. Petrić, B., Despot, R., Trajković, J., 1995.: Zaštita drva i europski propisi, *Drvna industrija*, 46 (3) 80-85.
16. Petrović, M., 1980.: Zaštita drveta II, Trulež i obojenje drveta, Naučna knjiga Beograd, 440 stranica.
17. Samuels, G., J., 1993.: The case for distinguishing *Ceratocystis* and *Ophiostoma*, Chapter 2 u knjizi *Ceratocystis* and *Ophiostoma*, APS Press, St. Paul, Minnesota, 15-20.
18. Seifert, K., A., Okada, G., 1993.: *Graphium anamorphs* of *Ophiostoma* species and similar anamorphs of other *Ascomycetes*, Chapter 4 u knjizi *Ceratocystis* and *Ophiostoma*, APS Press, St. Paul, Minnesota, 27-41.
19. Schoeman, M., Dickinson, D., 1997.: Growth of *Aureobasidium pullulans* on lignin breakdown products at weathered wood surfaces, *Mycologist*, 11 (4) 168-172.
20. Upadhyay, H., P., 1993.: Classification of the ophiostomatoid fungi, Chapter 1 u knjizi *Ceratocystis* and *Ophiostoma*, APS Press, St. Paul, Minnesota, 7-13.
21. Wingfield, M., J., 1993.: Problems in delineating the genus *Ceratocystiopsis*, Chapter 3 u knjizi *Ceratocystis* and *Ophiostoma*, APS Press, St. Paul, Minnesota, 21-25.

Corresponding address:

MARIN HASAN, BSc

Department of Wood Science
Faculty of Forestry, University of Zagreb
P.O. Box 422
10002 Zagreb
CROATIA
hasan@sumfak.hr