

Makroskopske in mikroskopske značilnosti lesa

NAVADNA AMERIŠKA DUGLAZIJA (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)

dr. Jožica Gričar (jozica.gricar@gozdis.si), dr. Peter Prislan (peter.prislan@gozdis.si)
Gozdarski inštitut Slovenije

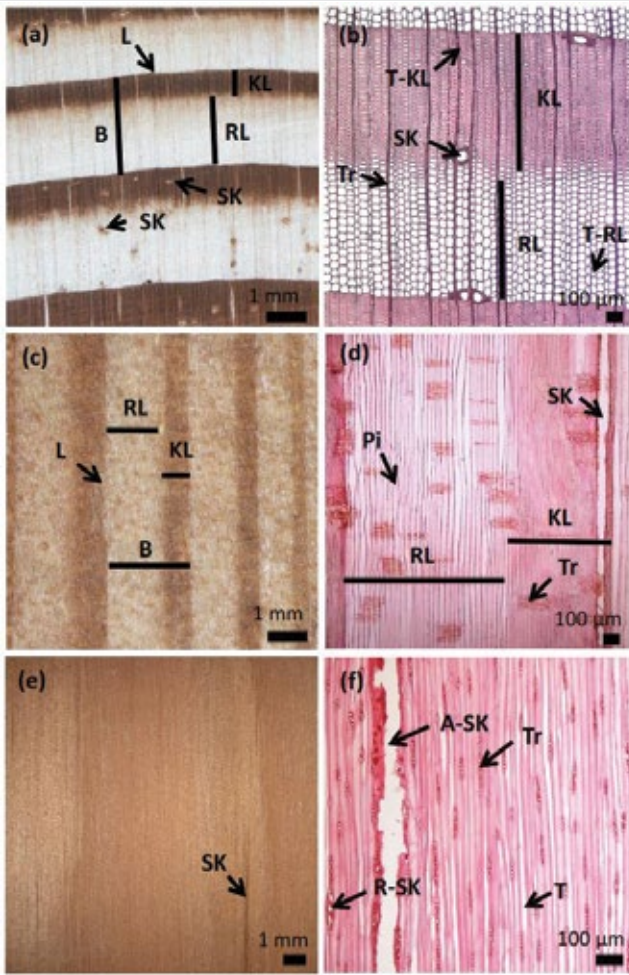
Navadna ameriška duglazija je iglavec iz družine borovk, ki izvira iz Severne Amerike, z območja, ki se razteza od obale Pacifika do nadmorske višine 2000 m (tudi do 3200 m) v Skalnem gorovju. Na severu se pojavlja od Britanske Kolumbije do Mehike na jugu. Duglazija je visok in hitro rastoč iglavec. V naravnem habitatu ta vrsta lahko zraste v višino več kot 100 m in v prsnem premeru meri do 4 m. V Evropo so drevesno vrsto prinesli v 19. stoletju in je zdaj razširjena v številnih državah. Ker je prilagodljiva vrsta, lahko raste v najrazličnejših podnebnih razmerah. Pojavlja se v obliki različnih varietet. Čeprav ji bolj ugajajo globoka, vlažna in dobro odcedna tla, lahko raste tudi v drugačnih razmerah: uspeva na požariščih oziroma na območjih, ki so jih prizadele druge motnje, zato jo uporabljajo tudi za obnovo gozdov in pogozdovanje. Dobro prenaša senco. Tudi pri nas se duglazija rada naravno pomlajuje in raste zelo hitro. V naših podnebnih razmerah ji ustrezajo sredogorske lege od nadmorske višine od 500 do 1000 m v pasu bukovega in jelovbukovega gozda. Manj ji ustreza kraški svet.

Tujerodne drevesne vrste so v evropske gozdove vnesli predvsem za zadostitev vedno večjega povpraševanja po lesu. V večini držav EU tujerodne drevesne vrste zavzemajo manj kot 1 % gozdne površine. Zaradi razmeroma enostavnega gojenja, velikega priraščanja lesne biomase in dobrih lastnosti lesa velja duglazija v Evropi za gospodarsko najpomembnejšo tujerodno drevesno vrsto. V Sloveniji so jo poleg drugih tujih drevesnih vrst začeli gojiti ob koncu 19. stoletja, pri čemer se je njihov vnos povečal v času med obema vojnama. Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije tujerodne drevesne vrste zavzemajo približno 1 % celotne lesne zaloge v Sloveniji z največjim deležem robinije (*Robinia pseudacacia*; 0,60 %), zelenega bora (*Pinus strobus*; 0,18 %), duglazije (*Pseudotsuga menziesii*; 0,05 %) in rdečega hrasta (*Quercus rubra*; 0,03 %). Trenutno je v slovenskih gozdovih prisotnih okrog 25 različnih tujerodnih drevesnih vrst.

V zadnjem času je premišljeno vključevanje preizkušenih tujerodnih drevesnih vrst ena izmed možnosti za pomoč gozdnim ekosistemom pri prilagajanju in ublažitvi podnebnih sprememb. Lesnopredelovalna industrija aktivno išče primerne

drevesne vrste, katerih les bi lahko uporabili poleg ali namesto lesa trenutno najbolj razširjenih vrst (npr. smreke), upoštevajoč predvsem lastnosti lesa in izboljšano odpornost proti podnebnim spremembam. Pomislek pri vnosu tujerodnih vrst je njihova morebitna invazivnost, ki lahko negativno učinkuje na avtohtono biotsko raznovrstnost. Kljub različnim mnenjem strokovnjakov o tujerodnih vrstah se mnogi med njimi strinjajo, da bi bile te vrste (npr. duglazija) lahko zanimive predvsem z ekonomskega vidika, vendar le v podporni vlogi in ne kot zamenjava procesov naravne obnove z avtohtonimi vrstami.

Trdnostne lastnosti duglazijinega lesa so zelo dobre, tehnološke lastnosti so optimalne pri širini branik 1–2 mm. Krčenje je zmerno, stabilnost je zelo dobra. Beljavo je mogoče impregnirati. Jedrovina je odporna proti atmosferilijam, glivam in insektom. Dokaj odporna je tudi proti šibkim kislinam in alkalijam. Ob stiku z železom in vlago nastane obarvanje. Les z ožjimi branikami se obdeluje dobro, s širšimi pa slabše. Slednji je zaradi večje nehomogenosti tkiva bolj nagnjen k volnatosti in pokanju pri žebljanju. Les se dobro žaga, skobja, vrta, rezka, brusi in cepi. Žebljanje in vijachenje je dobro. Lepi se dobro. Tehnično sušenje navadno poteka brez težav, pri večjih premerih pa se lahko na površini pojavijo drobne razpoke. Če je smola obilna, lahko zamaže obdelovalna rezila. Pri sušenju je treba upoštevati smolo (sušenje pri nižjih temperaturah), ravno tako pri površinski obdelavi. Smolike ali smolni žepki (tj., votlinice oziroma žepki v lesu, napolnjeni s smolo) ali grče zmanjšujejo vrednost lesa. Nezaščiten les se pri uporabi na prostem obarva sivo. Po standardu SIST EN 350-2 je duglazijin les uvrščen v 3. ali 4. trajnostni razred. Prodajajo ga predvsem kot žagan les, pa tudi kot luščen ali rezan furnir. Uporabljajo ga za splošno in stavbno mizarstvo, notranje in zunanje konstrukcije. Duglazijin les je primeren za uporabo na prostem brez stika z zemljo in kot dekorativen les za notranjo opremo. Velikokrat ga uporabljajo za vrtno pohištvo, otroška igrala in zunanje obloge (fasade), za stavbno pohištvo, pode, notranje pohištvo, rudniški les, železniške pragove, jambore, vodne konstrukcije, mostove, v ladjedelništvu, za vagono, karoserije, sode, stenske in stropne obloge, pa tudi za kemično predelavo, vlaknene in iverne plošče.



Slika 1: Makroskopska (a, c, e) in mikroskopska (b, d, f) zgradba duglazijinega lesa: (a) prečni prerez z različnimi letnimi prirastnimi plastmi ali branikami (B). Letnice (L) so različne. Prehod iz ranega (RL) v kasni les (KS) je oster. Smolni kanali (SK) so veliki in vidni s prostim očesom. (b) Pod mikroskopom so opazne traheide ranega (T-RL) in kasnega lesa (T-KL) ter enoredni trak (Tr). Smolni kanal (SK) obdajajo debelostene epitelne celice. (c) Radialni prerez z menjajočimi plastmi svetlejšega ranega in temnejšega kasnega lesa. (d) Pod mikroskopom lahko na radialnem prerezu opazimo heterocelularni trak, sestavljen iz trakovnih parenhimskih celic in trakovnih traheid. (e) Na tangencialnem prerezu so vidni pasovi ranega in kasnega lesa ter aksialni smolni kanali (SK). (f) Pod mikroskopom so dobro vidna vretena enorednega heterocelularnega traka (Tr), aksialni (A-SK) in radialni smolni kanal (R-SK) (Foto: G. Skoberne, P. Prislan).

MAKROSKOPSKI OPIS LESA

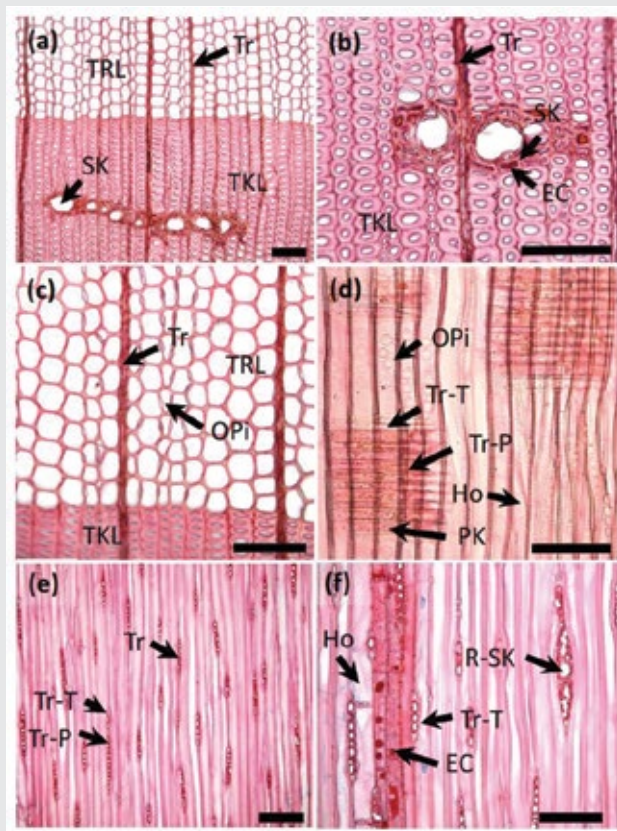
Za duglazijo je značilna obarvana jedrovina (črnjava). Barva je zelo variabilna, od rumenkaste ali blede rdečkastorumene, ki kasneje potemni, do temnordeče barve. Beljava je ozka do zmerno široka in je bele do rdečkastobele barve. Letnice med prirastnimi plastmi (branikami) so različne, prehod iz ranega v kasni les je postopen do oster. Kasni les je različno širok, temne barve in tudi znotraj branike ostro omejen. V širokih branikah je pogosto izrazito širok kasni les, ki lahko zajema polovico širine branike. Za drevesa, ki rastejo v srednji Evropi, so predvsem pri mlajših sestojih značilne široke branike, tj. od 5 do 10 mm. Les z ožjimi branikami (od 1 do 3 mm) uvažajo iz Severne Amerike. Majhni, difuzno razporejeni smolni kanali so pri lesu z ozkimi branikami komaj vidni s prostim očesom in vsebujejo precej

hlapljivo smolo. Zaradi slednje ima les aromatičen in značilen vonj. Les je srednje gostote (gostota absolutno suhega lesa $r_0 = 320\text{--}470\text{--}730 \text{ kg/m}^3$).

MIKROSKOPSKI OPIS LESA

Pri duglaziji večino lesnega tkiva predstavljajo aksialne traheide, ki opravljajo prevajalno in mehansko funkcijo v drevesu kot mrtve celice. Kot že omenjeno, so za to drevesno vrsto pogosti široki prirastki ter oster do postopen prehod med širokolumnnatimi traheidami ranega lesa in ozkolumnnatimi traheidami kasnega lesa. Celične stene traheid imajo helikalne oziroma spiralne odebelitve, ki so nekoliko slabše vidne kot pri tisi (tangencialni in radialni prerez). Helikalne odebelitve so grebeni na notranji strani sekundarne celične stene (t.i. sloj S3) in so pomembno razločevalno znamenje. Pri duglaziji so odebelitve zelo povezane z notranjo plastjo sekundarne celične stene (sloj S3), za razliko od tise, pri kateri





Slika 2: Mikroskopska zgradba duglazijinega lesa. (a) Na prečnem prerezu so vidni trak (Tr) in traheide kasnega (TKL) ter ranega (TRL) lesa. V kasnem lesu je opazen skupek tangencialno razporejenih aksialnih smolnih kanalov. (b) Prečni prerez: aksialni smolni kanal (SK) v kasnem delu branike, ki ga obdajajo debelostene epitelne celice (EC). (c) V radialnih stenah traheid ranega lesa so dobro vidne obokane piknje (OPi) s pikenjsko odprtino (porusom) in kamrico, v kateri je lečasto odebeljen torus. (d) Radialni prerez: trak je heterocelularen in ga sestavljajo trakovne parenhimske celice (Tr-P) ter trakovne traheide z gladko celično steno (Tr-T). V križnem polju, kjer se stikajo trakovne in aksialne celice, lahko med trakovnimi parenhimijskimi celicami in aksialnimi (vzdolžnimi) traheidami opazimo piceoidne ali taksodiodne piknje. Med trakovnimi in aksialnimi traheidami se nekoliko manjše obokane piknje (OPi). Vzdolžne traheide imajo značilne helikalne odebelitve (Ho) v celičnih stenah. (e) Tangencialni prerez z značilnimi vreteni enorednega traka (Tr) srednje višine, od 5 do 15 celic. Vretena sestavljajo modro obarvane trakovne parenhimske celice (Tr-P) in trakovne traheide (Tr-T). (f) Tangencialni prerez: dobro vidne epitelne celice (EC) aksialnega smolnega kanala in radialni smolni kanali (R-SK). Tudi na tangencialnem prerezu so vidne helikalne odebelitve v celičnih stenah aksialnih traheid. Daljica predstavlja 100 µm (Foto: G. Skoberne, P. Prislan).

je ta vezava ohlapna. Obokane piknje, ki povezujejo sosednje traheide med seboj, so v ranem lesu večinoma v enojnih nizih, redko v dvojnih. Če so piknje v dvojnih nizih, so razporejene izmenično.

Za duglazijo so značilni normalni smolni kanali, ki so aksialno in radialno usmerjeni ter skupaj tvorijo omrežje. Smolni kanali so pretežno posamični. Smolni kanal je cevast medcelični prostor, ki ga pri duglaziji obdaja 5–6 epitelnih celic, ki v beljavi vsebujejo smolo. Radialni smolni kanali so v traku. Pri duglaziji so epitelne celice debelostene, lignificirane in močno piknjave. Poleg normalnih smolnih kanalov se lahko v primeru mehanske poškodbe kambijevega območja pojavijo še travmatski smolni kanali, ki se značilno pojavljajo v tangencialno usmerjenih nizih. Aksialni parenhim je prisoten, vendar redek in je najpogostejši ob epitelnih celicah smolnega kanala. Prečne stene celic aksialnega parenhima so vozlate.

Pri duglaziji so trakovi heterocelularni, tj. sestavljeni iz parenhimijskih celic, ki jih na zunanji strani obdajajo trakovne traheide z gladkimi celičnimi stenami. Horizontalne (prečne) stene parenhimijskih celic so močno piknjave. Prisotne so tudi indenture; to je ozek utor v prečni steni

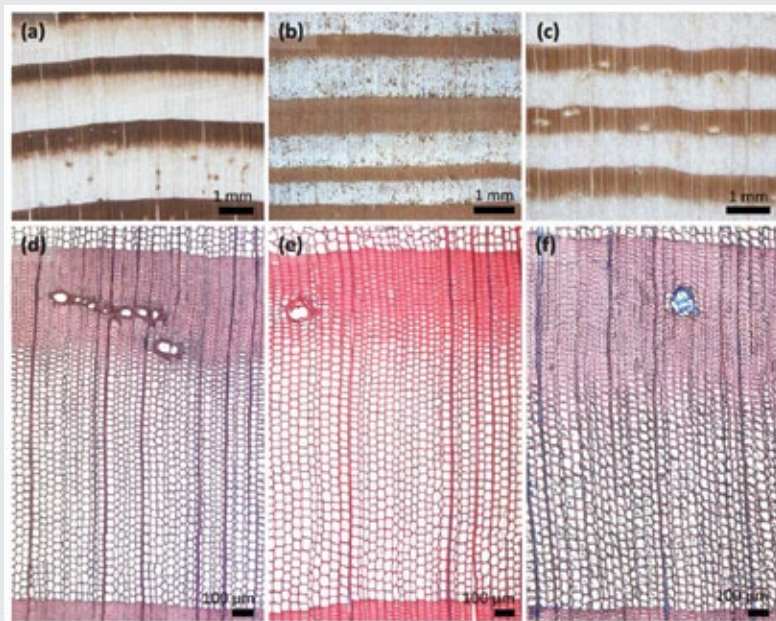
trakovne parenhimske celice vzdolž stika s tangencialno (končno) steno. Končne stene trakovnih parenhimijskih celic so vozlate. Trakovi so enoredni, večredni so le, ko vsebujejo radialni smolni kanal. Trakovi so v povprečju visoki od 5 do 15 celic, včasih tudi več (tangencialni prerez). Polobokane piknje v križnih poljih, ki povezujejo aksialne traheide in parenhimske celice, so pri duglaziji pretežno piceoidne v kasnem lesu, tj. številne manjše piknje, pri katerih so pikenjske odprtine ozke in pogosto nekoliko podaljšane. V ranem lesu pa so piknje v križnih poljih največkrat taksodiodne in imajo velike ovalne od okrogle odprtine (radialni prerez).

LOČEVANJE DUGLAZIJINEGA LESA OD DRUGIH VRST IGLAVCEV

Makroskopsko je les duglazije po barvi podoben lesu macesna in bora. V primerjavi z macesnom ima duglazija znatno širšo beljavo. Les duglazije lahko od macesnovine ločimo predvsem po širini kasnega lesa, ki je lahko pri duglaziji znaten in lahko predstavlja več kot polovico branike. Pri boru so za razliko od duglazije smolni kanali vidni s prostim očesom.

Na mikroskopski ravni je potrebna previdnost pri ločevanju lesa duglazije od lesa macesna in smreke. Pomemben ločevalni znak je prisotnost helikalni odebelitev, ki jih domači vrsti nimata. Poleg tega ima duglazija pogosto široke prirastke z velikim

deležem kasnega lesa. Od macesna je duglazijo mogoče ločiti še po obokanih piknjah v aksialnih traheidah ranega lesa, ki so pri macesnu pogosto razporejene v dvojnih nizih, pri duglaziji pa v enojnih nizih (radialni prerez).



Slika 3: Makroskopska zgradba prečnega prereza lesa (a) duglazije, (b) macesna in (c) rdečega bora. Prečni prerez lesa (d) duglazije, (e) smreke in (f) bora pod svetlobnim mikroskopom.

Viri

- Bindewald, A., Michiels, H.-G., Bauhus, J. 2019. Risk is in the eye of the assessor: comparing risk assessments of four non-native tree species in Germany. *Forestry* 93: 519–534.
- Brus, R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem, 1. izdaja. Založba Mladinska knjiga, Ljubljana, Slovenia.
- Brus, R., Pötzelberger, E., Lapin, K., Brundu, G., Orazio, C., Straigyte, L., Hasenauer, H. 2019. Extent, distribution and origin of non-native forest tree species in Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research* 34: 533–544.
- Čufar, K. 2006. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- Frischbier, N., Simeonova Nikolova, P., Brang, P., Klumpp, R., Aas, G., Binder, F. 2019. Climate change adaptation with non native tree species in Central European forests: early tree survival in a multi site field trial. *European Journal of Forest Research* 13: 1015–1032.
- GOZDARSKI študijski dnevi (37 ; 2021 ; Ljubljana) Tujerodne drevesne vrste v slovenskih gozdovih : zbornik prispevkov posvetovanja : XXXVII. gozdarski študijski dnevi : Ljubljana, 28. september 2021 [glavni urednik Kristjan Jarni]. - Ljubljana : Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2021
- Grosser, D. 1977. Die Hölzer Mitteleuropas – Ein mikrophotographischer Lehratlas. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- IAWA Committee. 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal*, 25: 1-70.
- Jandl, R., Spathelf, P., Bolte, A., Prescott, C. E. 2019. Forest adaptation to climate change—is non-management an option? *Annals of Forest Science* 76: 48.
- Kutnar, L., Pisek, R. 2013. Non-native and invasive tree species in the Slovenian forests. *Gozdarski vestnik* 71: 402–417.
- Pötzelberger, E., Lapin, K., Brundu, G., Adriaens, T., Andonovski, V., Andrašev, S., Bastien, J.-C. et al. 2020a. Mapping the patchy legislative landscape of non-native tree species in Europe. *Forestry* 93: 567–586.
- Pötzelberger, E., Spiecker, H., Neophytou, C., Mohren, F., Gazda, A., Hasenauer H. 2020b. Growing non-native trees in European forests brings benefits and opportunities but also has its risks and limits. *Current Forestry Reports* 6: 339–353.
- Richter, H.G., Oelker, M., Koch, G. 2018. macroHOLZdata: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English and German. Version: 07-2018. delta-intkey.com.
- Schweingruber, F.H. 1990. Microscopic wood anatomy, *Mikroskopische Holzanatomie. Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.*
- Torelli, N. 1990. Les in skorja. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- Torelli, N. 1991. Makroskopska in mikroskopska identifikacija lesa (ključi). Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- Wagenführ, R. 1996. *Holzatlas. 4. neuarbeitete Auflage.* Fachbuchverlag Leipzig. Carl Hanser Verlag, München Wien: 688 str.
- Zavod za gozdove Slovenije. 2020. Poročilo zavoda za gozdove slovenije o gozdovih za leto 2019. Ljubljana: 121 str.

Zahvala

Preparati so bili pripravljivi v Laboratoriju za lesno anatomijo na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Za podporo v laboratoriju se zahvaljujemo Gregorju Skobernetu in Luki Krajncu. Pripravo prispevka so omogočili Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), raziskovalni program P4-0430 in projekti: V4-2017, V4-2016, V4-2222 in J4-2541.

