

TIS ČERVENÝ (*TAXUS BACCATA* L.) A JEHO VÝZNAM V PŘÍRODĚ BLÍZKÉM OBHOSPODAŘOVÁNÍ LESŮ V PODMÍNKÁCH KLIMATICKÉ ZMĚNY - REVIEW

EUROPEAN YEW (*TAXUS BACCATA* L.) AND ITS IMPORTANCE IN CLOSE-TO-NATURE MANAGEMENT UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS - REVIEW

MICHAL BLEDÝ¹⁾ - STANISLAV VACEK¹⁾ - ZDENĚK VACEK¹⁾ - JAKUB ČERNÝ^{2,3)} ✉ - JAN CUKOR^{1,2)} - MICHAL KUBĚNKA⁴⁾ - ALEŠ ZEIDLER¹⁾ - KAROL TOMCZAK^{5,6)} - IVAN LUKÁČIK⁷⁾ - IVO KRÁLÍČEK⁸⁾

¹⁾Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbát, Czech Republic

²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

³⁾Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

⁴⁾Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, Studentská 95, 532 10 Pardubice 2, Czech Republic

⁵⁾Faculty of Forestry and Wood Technology, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 71A, 60-625 Poznań, Poland

⁶⁾Łukasiewicz Research Network - Poznań Institute of Technology, Ewarysta Estkowskiego 6, 61-755 Poznań, Poland

⁷⁾Technická univerzita vo Zvolene, Arborétum Borová hora, Borovianská cesta 66, 960 53 Zvolen, Slovakia

⁸⁾Univerzita Hradec Králové, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové III, Czech Republic

✉ e-mail: cerny@vulhmop.cz

ORCID: M. Bledý 0009-0002-5745-2609

S. Vacek 0000-0002-5234-1881

Z. Vacek 0000-0002-7269-4174

J. Černý 0000-0002-9954-1506

J. Cukor 0000-0002-0003-3174

M. Kuběnka 0000-0001-6636-1018

A. Zeidler 0000-0003-3716-6701

K. Tomczak 0000-0001-5192-0294

ABSTRACT

European yew (*Taxus baccata* L.) is a key tree species in forest ecosystems, contributing to biodiversity and ecosystem stability. However, its populations have declined significantly due to historical overexploitation, habitat fragmentation, and increasing environmental pressures, particularly under ongoing climate change. This review provides a comprehensive analysis of the ecological characteristics, distribution, and silvicultural management of yew, emphasising its role in close-to-nature forest management. It discusses the species' resilience to drought, shade tolerance and potential for adaptation to changing environmental conditions. Conservation strategies including natural and artificial regeneration, site-specific silvicultural interventions and the need for wildlife management to mitigate herbivore damage are also reviewed. The economic and pharmacological importance of yew, particularly as a source of taxanes for anticancer treatment, is also highlighted. The review also examines the sensitivity of the species to biotic and abiotic stressors and predicts its future distribution under climate change scenarios. The results highlight the need for targeted conservation measures, assisted migration, and adaptive forest management to sustain yew populations. Future research should integrate genetic diversity studies, climate modelling, and field-based silvicultural experiments to increase the species' viability and ecological functions in European forest ecosystems.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: pěstování; biodiverzita; ekologická valence; hrozby a nemoci; využití a ekonomika

Key words: silviculture; biodiversity; ecological valence; threats and diseases; use and economy

ÚVOD

Stromy tvoří základ lesních ekosystémů, které jsou životně důležité pro ekosystémové služby, včetně sekvence uhlíku (RIVERS et al. 2019), příznivě ovlivňují klima (ELLISON et al. 2017) a poskytují různé materiály (DE VRIES et al. 2015). Řada druhů dřevin v Evropě je však ohrožena a s probíhající klimatickou změnou se jejich populace mohou dále snižovat v důsledku změn teploty, srážkového režimu a zvýšeného výskytu škůdců a patogenů (VACEK et al. 2023). Až 49,6 % stromů, které jsou původní v Evropě, jsou považovány za ohrožené (RIVERS et al. 2019). Jedním z evropských dřevin s dlouhou historií úbytku v Evropě je i tis červený (*Taxus baccata* L.; DUBREUIL et al. 2008). Proto byl například v Bavorsku již v roce 1589 vydán zákaz kácení tisu (ÚRADNÍČEK et al. 2009).

Tis červený pochází ze západní, střední a jižní Evropy, severozápadní Afriky, severního Íránu a jihozápadní Asie (BENHAM et al. 2016). Je třetihorním reliktem a v řadě zemí náleží mezi přísně chráněné druhy (THOMAS, POLWART 2003). Tato dřevina totiž v minulosti zaznamenala prudký pokles svého zastoupení a náleží k nejohroženějším evropským dřevinám (THOMAS, GARCIA-MARTÍ 2015; VENCURIK et al. 2019). Z těchto důvodů se jedná o ohrožený druh (FARJON 2017; IUCN 2024). Lesy s tisem červeným byly označeny jako zvláště chráněné oblasti ve směrnici EU o stanovištích (92/43/EHS). V ČR patří mezi ohrožené druhy rostlin (C3) a zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. jej chrání v kategorii silně ohrožených (§2). Kromě toho je tis chráněn zákony též na Slovensku (č. 543/2002), v Polsku (č. 168/2004) či Srbsku (č. 36/2009, 88/2010).

Přestože je tento druh chráněn, čelí dalšímu tlaku jako zdroj taxanových alkaloidů používaných pro výrobu léčiv proti rakovině (JENNEWEIN, CROTEAU 2001). Zásadní vliv na omezení jeho výskytu a na jeho značnou fragmentaci mělo, vedle přímého využití dřeva, také holosečné hospodaření v lesích (DUBREUIL et al. 2010; PERRIN, MITCHELL 2013). Bohatší populace tisu červeného se tak zachovaly většinou jen v těžko přístupných terénech (SANIGA 2000). Jeho ústup často působí predace semen hlodavci, nízká přirozená obnova a škody spárkatou zvěří (DHAR et al. 2007; SEDMÁKOVÁ et al. 2018).

V přírodních podmínkách se tis v důsledku značného zastínění obnovuje méně často a hlavně pod zápojem různých dřevin (ISZKUŁO, BORATYŃSKI 2006; SEDMÁKOVÁ et al. 2017). Vysoká hustota porostů s tisem výrazně potlačuje jeho přirozenou obnovu, zatímco rozptýlenější výskyt velkých vzrostlých stromů má na obnovu pozitivní vliv (PIOVESAN et al. 2009). Nedostatek světla a nízká teplota jsou limitujícími faktory omezujícími přirozenou obnovu tisu v severní a východní části jeho areálu (FARRIS, FILIGHEDDU 2008) a ve Středomoří je to sucho (ROMO et al. 2017). Ve srovnání s ostatními evropskými dřevinami je tis vysoce tolerantní k letnímu suchu, a pokrývá proto široké spektrum stanovišť (BRZEZIECKI, KIENAST 1994; LEUSCHNER, ELLENBERG 2017) a řadí se mezi dřeviny s vysokým adaptačním potenciálem na změnu klimatu. Z těchto důvodů je porostům s tisem při jejich přírodě blízkém obhospodařování a ochraně potřeba věnovat zvýšenou pozornost (THOMAS, GARCIA-MARTÍ 2015; SEDMÁKOVÁ et al. 2017). Cílem tohoto review článku je charakterizovat tis jako významnou dřevinu, popsat jeho areál rozšíření, stanoviště a ekologii, pěstební postupy a produkci, význam a použití, hrozby a nemoci v kontextu klimatické změny.

POPIS DŘEVINY

Tisy jsou dlouhověké (stáří až 5000 let; MILNER 1992), pomalu rostoucí stálezelené stromy či keře (THOMAS, POLWART 2003). Obvykle se dožívají stáří kolem 300 let, vzácně i podstatně více, řádově až 1000 let (MUSIL, HAMERNÍK 2008). Podle THOMAS, GARCIA-MARTÍ (2015) je tis nejdéle žijící ze všech evropských stromů a může se dožít výrazně více než 2000 let. Určit stáří starých tisů na základě letokruhových analýz je však velmi obtížné, jelikož jejich kmeny často srůstají, jsou většinou duté a mnohdy z celého kmene zůstává jen skořepina (MUSIL, HAMERNÍK 2008; ECKENWALDER 2009). Nejstarší známý exemplář tisu červeného ve věku 4025 let roste v oblasti černého moře v Turecku (Monumental trees 2025). V této oblasti, nedaleko černomořského letoviska Soči, ve vlhkých subtropích kolchidského lesa na jižním úpatí Západního Kavkazu v rezervaci Chosta dorůstají tisy výšky až 37 m a výčetní tloušťky 1,3 m (SCHEEDER 2000). Nicméně jedinec s nevyšší výčetní tloušťkou 3,97 m se nachází ve Španělsku na úbočí hory Peña Rionda v pohoří Cordillera Cantábrica (Monumental trees 2025). Obecně však exempláře tisu jsou 3–20 m vysoké, s průměrem na bázi 0,75 m, často vícekmenné a se srůstajícími kmínky. Vícekmennost tisu do značné míry souvisí s jeho mimořádnou schopností zakládat adventivní pupeny a z nich tvořit výmladky i na starých kmenech, pařezech a kořenech (THOMAS, POLWART 2003). Koruna tisu je široce kuželovitá až kulovitá (Obr. 1; MUSIL, HAMERNÍK 2008). Kořenové systémy jsou všestranně rozvinuté, husté s rozsáhlými horizontálními kořeny, které dobře kotví dřevinu i na skalnatých lokalitách (THOMAS, POLWART 2003). Hladká, červenohnědá borka se odlupuje v širokých tenkých plátech (podobně jako u plananu; FARJON 2017).

Jehlice jsou na větvích uspořádané dvouřadě, na vzpřímených výhonech radiálně. 1–2leté výhony jsou zelené, starší hnědé, pupeny mají nekýlnaté šupiny. Jehlice jsou jednožilné, 15–35 mm dlouhé, 2–2,5 mm široké, tmavě zelené, na rubu žlutozelené, pozvolně dlouze zašpičatělé, na bázi zúžené v krátký řapík (ECKENWALDER 2009). Tisy jsou většinou dvoudomé a jen zřídka jednodomé (THOMAS, POLWART 2003). Samičí šištice jsou kulovité, na spodu loňských větvíček, složené z 6–14 štítků tyčinek. Samičí jsou redukované, pouze s jediným vajíčkem podepřeným 3 páry drobných listenů. Hnědé semeno je ponořeno do červeného, dužnatého nepravého míšku zvaného epimatium, který je jedinou netoxickou částí stromu (WILSON et al. 2001). Semena jsou vejčitá, hladká a lesklá, hnědožlutá, s rozměry 6–7 × 5 mm ve zralosti a dozrávají v prvním roce (MUNDREY, MUNDREY 2001). Počet vylučných čistých semen se pohybuje na úrovni 14 tis. ks/kg (BLEDÝ 2023).

Tis je tak neobvyklý jehličnan v tom, že nemá šišky, ale má nepravý míšek. Semena rozšiřují především ptáci, pro které jsou plody potravou (THOMAS, GARCIA-MARTÍ 2015). Tis je také schopen vegetativního rozmnožování (THOMAS, POLWART 2003). U umělé obnovy ze semen jejich výsev do substrátu probíhá po dvou letech s roční stratifikací (BLEDÝ 2023). Předpokládá se, že je to nejstarší rod stromů v Evropě a nejstarší fosilní záznam pro tis v Evropě se datuje do spodního miocénu zahrnující období 23–17 mil. let (KUNZMANN, MAI 2005). Bylo uznáváno více než 70 odrůd a kultivarů tisu (COPE 1998).

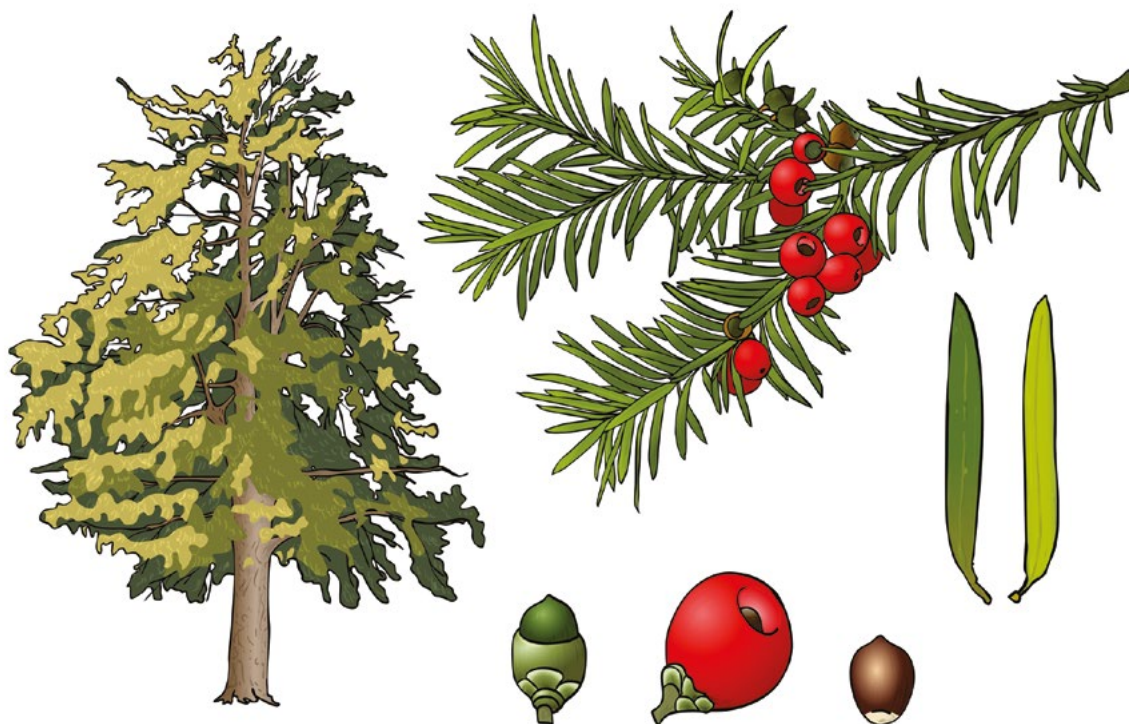
ROZŠÍŘENÍ

Tis pochází z Evropy mimo chladného severu a kontinentálního východu; přirozeně se též vyskytuje v přílehlých okrajích Afriky – pohoří Atlas, na Azorských ostrovech a v Malé Asii (Obr. 2; FILER, FARJON 2013). Na západě tis zasahuje na Britské ostrovy, na severu do jižní Skandinávie (61° s. š), na východě do pobaltských republik, na Karpatský oblouk a Krym, Malou Asii pak pokračuje na Kavkaz a dále až na iránský Elborz (MUSIL, HAMERNÍK 2008). V Evropě se tedy tiso- vé lesy nacházejí na většině území, nejlépe však rostou v oceánském podnebí s mírnými teplotami (THOMAS, POLWART 2003). Východní hranice rozšíření tisu se kryje s hranicí mezi oceánickým a kontinen- tálním klimatem (MUSIL, HAMERNÍK 2008). Jeho rozšíření je omezeno v severní Evropě mimo Británii, Irsko a jižní Skandinávii nízkými tep- lotami a zamokřením (PERRIN et al. 2006; FARRIS, FILIGHEDDU 2008) a na jihu suchem a vysokými teplotami (LINARES 2013; ROMO et al. 2017). Má střední nároky na vlhkost půdy, v oblasti Středozemního moře se vyskytuje ve vyšších polohách a zejména na severních svazích (THOMAS, POLWART 2003; HAGENEDER 2011).

Nejrozsáhlejší přírodě blízká tiso- vá lokalita v jeho areálu o výměře cca 700 ha je na Kavkaze ve východní Gruzii v soutěsce Bacara (THOMAS, POLWART 2003). Největší zachovalá lokalita tisu červeného ve střední Evropě je na Slovensku v Harmanecké dolině na pomezí Velké Fat-

ry a Kremnického pohoří, poblíž Banské Bystrice. Více než 10 tisíc kusů starších jedinců je v tamní rezervaci roztroušeno v pralesovité směsi s bukem lesním, jedlí bělokorou, smrkem ztepilým, javorem klenem, jasanem ztepilým a jilmem horským (SANIGA 2000). V České republice je tis roztroušený až vzácný, s těžištěm výskytu v mezofytiku, jen zřídka v oreofytiku, tj. v rozmezí nadmořské výšky 345–1045 m (nejníže Davle, nejvýše Zátoňská hora na Šumavě). Nejvýznamnější lokality se nacházejí na Křivoklátsku, v Povltaví u Štěchovic a Drbáko- va, předhoří Šumavy na Domažlicku, v Lužických horách a v Morav- ském krasu. V ČR bylo v rámci inventarizačního průzkumu zjištěno 12 719 původních tisů vyšších než 1 m a další cca 4 tisíce tisů mají původ kulturní nebo nejistý (ZATLOUKAL et al. 2013).

Historicky největšího rozšíření dosáhl tis v Evropě v pozdním Atlan- tiku a subboreálu (SARMAJA-KORJONEN et al. 1991; PEÑALBA 1994). Do našich lesů se tis v holocenu navracel poměrně pozdě, podobně jako habr, buk a jedle (MUSIL, HAMERNÍK 2008). Intenzivním holo- sečným hospodařením a v minulosti i vypalováním lesů byl tis jako pomalu rostoucí dřevina na většině lokalit vyhuben (LEWANDOWSKI et al. 1995). Lokálně vyhynul nebo byl zredukován na malé izolované populace během posledních 4000 let v mnoha částech Evropy (WATTS et al. 1996; SVENNING, MAGÅRD 1999). Vyplývá to z velkého množ- ství toponym souvisejících s tise- m. Pro ČR se dosud podařilo shro- máždit 295 toponym souvisejících s tise- m a zařadit je k 163 lokalitám



Obr. 1.
Habitus stromu, větve, jehličí, plody a semena tisu červeného (*Taxus baccata* L.); (autor: Josef Macek)

Fig. 1.
Tree habit, branches, needles, fruits and seeds of red yew (*Taxus baccata* L.); (author: Josef Macek)

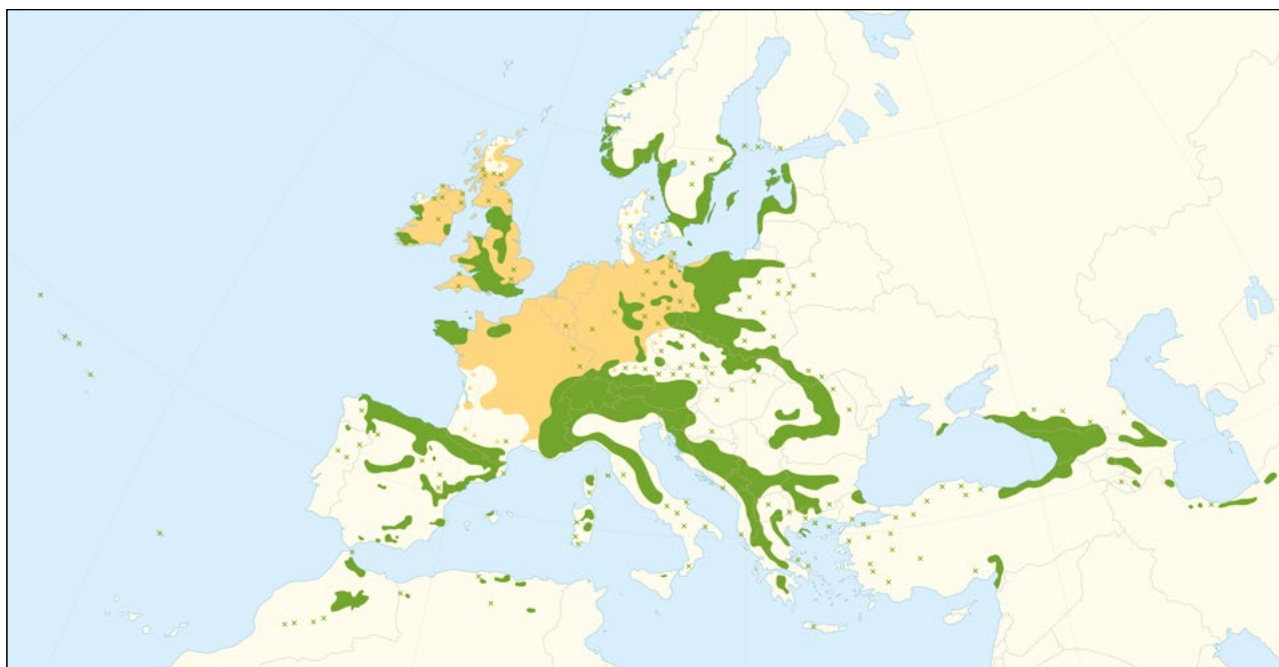
(ZATLOUKAL et al. 2013). Do současnosti se zachoval roztroušeně jen tam, kde holoseče nebyly prakticky aplikovány, především na strmých, skalnatých a těžce přístupných lesních stanovištích (SKALICKÁ 1998; SANIGA 2000). Jeho ústup započal již ve středověku, kdy byl využíván především k výrobě luků a kuší, šípů a oštěpů (MUSIL, HAMERNÍK 2008). Z hlediska klimatické změny se pravděpodobně nebude šířit na sever kvůli své pomalé distribuci, specifickým požadavkům na půdu a neschopnosti přizpůsobit se očekávané změně klimatu, ale ustoupí z jižní hranice svého areálu kvůli zvýšené evapotranspiraci a nižším srážkám. Na severních vlhkých stanovištích bude mít lepší klimatické podmínky, ale jeho šíření bude omezeno horší reprodukcí a fragmentací populací, což povede k jeho vyhynutí v mnoha oblastech, pokud nebude zahrnuta asistovaná migrace (THOMAS, GARCIA-MARTÍ 2015).

STANOVIŠTĚ A EKOLOGIE

Tis červený je dřevinou mírného oceánického klimatu či oceanicky až suboceanicky laděným druhem (FARJON 2017). Vyžaduje dostatečnou vlhkost vzduchu. Je poměrně citlivý na nízké teploty, zvláště pak na místech nechráněných před vysušujícími mrazivými větry (BUGALA 1978; SKORUPSKI, LUXTON 1998). Vegetativní pupeny vykazují maximální odolnost -23 až -26 °C, zatímco samčí reprodukční pupeny byly poškozeny při teplotách pod -21 až -23 °C. Maximální odolnost vůči mrazu se vyskytuje v lednu, rychle však klesá brzy na jaře (BRZEZIECKI, KIENAST 1994), kdy jsou tkáně zranitelné silným mrazem. Vymrzáním trpí více než tis japonský (*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.);

(MUSIL, HAMERNÍK 2008). Tis nesnáší dlouhotrvající mráz a chlad, i když jeho tolerance se liší podle regionu a sezóny. Je středně odolný vůči suchu a dokáže se vyrovnat s dočasnými záplavami, ale je náchylný k dlouhodobé špatné drenáži. Tis má dobré podmínky pro růst při ročním úhrnu srážek nad 800 mm (FERNANDEZ-MANSO et al. 2011; SERRA, GARCIA-MARTÍ 2011). Teplotní rozsah pro fotosyntézu je větší než u kteréhokoli jiného evropského druhu stromů, což umožňuje tisu fotosyntézu i v zimě, kdy jsou listnaté stromy bez listů, což přispívá k extrémní toleranci k zastínění tisu (LEUSCHNER, ELLENBERG 2017). Optimální teplota pro fotosyntézu je v rozmezí 14–25 °C, na jihu jeho areálu maximální letní teploty vzduchu dosahují 38–41 °C (PISEK et al. 1969). Tis je také velmi tolerantní k vysokým teplotám vzduchu až 51 °C po dobu 30 minut (LANGE 1961).

Z evropských dřevin tis toleruje největší, tj. výjimečně silné zastínění (MUSIL, HAMERNÍK 2008). Stínomilnost tisu je téměř srovnatelná s jedlí bělokorou (*Abies alba* Mill.) a bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.), což jsou druhy stromů, které z evropských dřevin též velice dobře snášejí zastínění (ELLENBERG 2009). Vyhovují mu vlhčí, stinná až polostinná stanoviště s živnou, hlinito-písčitou až hlinitou půdou a obsahem skeletu, která je dostatečně vlhká a provzdušněná. Preferuje bazické podloží (vápence, opuky, čediče), ale v příznivých podmínkách roste relativně dobře i na silikátových horninách. Hůře prospívá na půdách suchých, kamenitých a písčitých (HAGENEDER 2011). Nesnáší přílišné sucho, zamokření ani silně kyselé a rašelinné půdy (THOMAS, POLWART 2003; MUSIL, HAMERNÍK 2008). Kořenový systém tisu je schopen proniknout i do nejvíce ztuhlé půdy, z čehož vyplývá, že je schopen přežít i v extrémních podmínkách, jako je skalnatý terén



Obr. 2.

Mapa rozšíření tisů červeného (*Taxus baccata* L.) – ■× původní souvislý areál a izolované populace, ■× zavlečený a zdomácnělý (synantropní) souvislý areál a izolované populace (CAUDULLO et al. 2016)

Fig. 2.

Distribution map of European yew (*Taxus baccata* L.) – ■× native continuous range and isolated population, ■× introduced and naturalized (synanthropic) continuous range and isolated population (CAUDULLO et al. 2016)

i svislé skalní stěny (LARSON et al. 2000). Ke znečištění ovzduší je tolerantní (POKORNÝ 1963; MUSIL, HAMERNÍK 2008).

V lesích obvykle nevytváří souvislé porosty, ale vyskytuje se jako příměs ve spodnějších porostních etážích listnatých a smíšených lesů, a to zejména na sutích a skalnatých svazích v nadmořské výšce 400–1000 m (SANIGA 2000; FILER, FARJON 2013). Například v Tatrách vystupuje do 1380 m, v pohorích Turecka do 2300 m a v horách SZ Afriky do 2500 m n. m. Obvyklými lesními typy, v nichž roste, jsou suťové lesy, dubové bučiny, podhorské javorové bučiny a jedlobučiny, ve Středomoří i opadavé horské teplomilné doubravy a makaronéská laurisilva (ELLENBERG 2009; LEUSCHNER, ELLENBERG 2017). Ve fytoocenologii je diagnostickým druhem vápnomilných skalních lipin (SKALICKÁ 1988; CHYTRÝ et al. 2010). Tis obvykle zaujímá střední až nižší porostní úroveň (SANIGA 2000; VENCURIK et al. 2019). V přirozených podmínkách prostředí v Karpatech roste ve skupinovitých směsích s bukem lesním, jedlí bělokorou, smrkem ztepilým (*Picea abies* [L.] Karst), lípou malolistou (*Tilia cordata* Mill.) a s dubem zimním (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.). Na Kavkaze také tvoří menší nesmíšené skupiny, kde se vyskytuje ve směsích s bukem východním (*Fagus orientalis* Lipsky), habrem obecným (*Carpinus betulus* L.), jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior* L.), jilmem horským (*Ulmus glabra* Huds.), jedlí kavkazskou (*Abies nordmanniana* Spach) atd. (THOMAS, POLWART 2003; MUSIL, HAMERNÍK 2008).

PĚŠTEBNÍ POSTUPY A PRODUKCE

V důsledku postupující globální klimatické změny existuje naléhavá potřeba adaptačního a intervenčního managementu pro staré i mladé stromy tisů, který zmírňuje stres na starých stromech a zajišťuje obnovu a ochranu jedinců ve zranitelném mladém věku (THOMAS, GARCIA-MARTÍ 2015). Byly zjištěny mnohé pěstební zásahy podporující obnovu a odrůstání zmlazení tisů (KÝPEŤOVÁ, JALOVÍAR 2016). Obecně platí, že strategie ochrany tisů přístupem bez řízení (přírodní rezervace) vede ke stárnutí a poklesu hustoty tisů v porostech (KORPEL 1995). Úbytek populací je často způsoben sukcesí z otevřeného lesa na hustý porost, což omezuje reprodukci, protože tis v podrostu je závislý na světle (SVENNING, MAGÅRD 1999). Z těchto důvodů je třeba se věnovat různým přírodě blízkým pěstebními alternativám pro rozvoj populací tisů (POLENO et al. 2009). Snížený zápoj porostu pozitivně ovlivňuje vitalitu, stabilitu a zejména produkci semen (SANIGA 2000). Pozitivní účinky mírné probírky pro zlepšení světelných podmínek, zvýšenou fruktifikaci a zvýšení výčetní tloušťky přetrvávají maximálně 7–8 let, zvláště je to limitované zápojem korun ostatních dřevin (SEDMÁKOVÁ et al. 2017). Mírná probírka ke zlepšení stavu populací tisů je pravděpodobně vhodnou alternativou nepřesahující 20 % živých stromů při pětiletém pěstebním intervalu (VENCURIK et al. 2019). Přírodě blízký management ze Slovenska zaměřený na zlepšení vitality tisů, včetně růstu kmene, produkce semen a přirozené obnovy doporučuje jako účinnou strategii odstranění cca 15 % objemu porostní zásoby za dekádu v kombinaci s nepravidelnými clonnými sečemi. Uvolňovací zásahy až do 30 % stojící zásoby v okolí samičích stromů, prováděné v deštivých letech po teplejších zimách, mohou dále zvýšit pozitivní efekt těchto zásahů na vitalitu tisů (SEDMÁKOVÁ et al. 2017). V lokalitách s výskytem tisů, kde dlouhodobě nedochází k přirozené obnově, je nezbytné zavedení aktivního přístupu k obnově populací. Tento proces zahrnuje sběr osiva na vhodných stanovištích, produkci dostatečného množství reprodukčního materiálu a jeho následnou repatriaci (ZATLOUKAL 2024).

V Evropě většinou začíná přirozená obnova tisů ve věku 70 až 120 let a dobré úrody semen se vyskytují každé dva až tři roky v mírném a uzavřeném zápoji smíšených lesů (BRZEZIECKI, KIENAST 1994).

Kolisání počtu semenáčků a produkce semen je ovlivňována dostupností zdrojů (VENCURIK et al. 2019). Po mírných probírkách dochází ke zvyšování radiálního růstu i k vyšší produkci semen v důsledku zlepšení světelných poměrů (KARLSSON, ÖRLANDER 2002; CEDRO 2023). Obecně platí, že semenáčky tisů jsou na konci své první sezóny obvykle 2 až 8 cm vysoké a následný roční přírůstek je často menší než 2,5 cm (THOMAS, POLWART 2003). V případě nedostatečné přirozené obnovy, která se dokáže do okolních porostů šířit rychlostí 1–3 m/rok (SVENNING, MAGÅRD 1999), je pro záchranu tisových populací nezbytná umělá obnova (POLENO et al. 2009). K tomu je potřeba vypěstovat dostatek sazenic z vhodného reprodukčního materiálu. Sazenice tisů se pěstují zpravidla dvojím školkováním o délce pěstování zhruba 6 let. Požadovaná velikost sazenic bývá zpravidla 36–50 cm nebo 51–70 cm dle stanovištních poměrů (ŠMELKOVÁ 2001; ZATLOUKAL et al. 2013; BLEĐÝ 2023). V ojedinělých případech je však možné dosáhnout požadované výšky 36–50 cm za výrazně kratší dobu, například během tří let, pokud se školkují velmi vyspělé dvoulété semenáčky do obalů. Za optimálních podmínek lze tento materiál dopěstovat do požadované velikosti během jedné vegetační sezóny, přičemž sazenice vykazují vysokou míru prokořenění balu a celkovou vyspělost (BLEĐÝ 2024).

Z hlediska produkčního potenciálu dosahoval smíšený porost s dominantním tisem v přírodní rezervaci V Horách (SLT 3A1 a 3S1) ve věku 75 let porostní zásobu 220 m³/ha s hustotou 1225 stromů/ha. Průměrná tloušťka zde byla 17,4 cm, výška 11,0 m a celkový průměrný přírůstek 2,9 m³/ha/rok (ZATLOUKAL, HOLECÝOVÁ 2009). Druhý ukázkový smíšený tisový porost na SLT 3J1 a 3A1 v přírodní rezervaci U Eremita na Křivoklátsku dosahoval porostní zásoby pouze 108 m³/ha a je tvořen autochtonními dřevinami původní druhové skladby (Obr. 3). V horní porostní etáži se vyskytuje lípa, jedle a dub zimní, ve spodní porostní etáži se nachází tis a habr o celkové hustotě 912 stromů/ha (VACEK et al. 2007). V Polsku v přirozených tisových společenstvech byla zjištěna vyšší zásoba smíšených porostů (165–301 m³/ha), nicméně v druhové skladbě měl tis minoritní zastoupení (DOBROWOLSKA et al. 2017). Další polská studie uvádí zásobu dokonce 417 m³/ha s hustotou porostu 722 stromů/ha, přičemž se průměrný počet dospělých tisů v porostu pohyboval pouze okolo čtyř stromů (BUJOCZEK, BUJOCZEK 2018).

VÝZNAM, POUŽITÍ A EKONOMIKA

Dřevo tisů, jedno z nejkrásnějších na světě, má červenohnědé jádro a světlejší úzkou běl. Je těžké, tvrdé, ale velmi pružné a je popisováno jako jedno z nejvíce trvanlivých u dřevin mírného pásma (EATON, HALE 1993). Má vysokou objemovou hmotnost 640–840 kg/m³ (při 12% vlhkosti dřeva), což jsou velmi vysoké hodnoty pro nahosemenné dřeviny (např. vysoké hustoty dosahuje modřín – 590 kg/m³); (SCHWEINGRUBER 1993; BRZEZIECKI, KIENAST 1994; ZEIDLER, REISNER 2012). Pevnost o ohybu (MOR) se pohybuje okolo 105 MPa a modul pružnosti (MOE) dosahuje 11,5 GPa (BJURHAGER et al. 2013). Tracheidy v dřevě tisů jsou velmi zahuštěné, což vysvětluje velkou elasticitu tisového dřeva (SPORNE 1974). Délka tracheid se v průměru pohybuje kolem 1950 μm. Tracheidy jsou vyztuženy spirální ztluštěninou, což je mezi našimi domácími jehličnany unikum. Podobně jako jedle a jalovec nemá tis pryskyřičné kanálky (REMEŠ, ZEIDLER 2024).

Dřevo tisů se v minulosti hojně využívalo pro výrobu luků, šípů, oštěpů a dalších nástrojů, a to již od středověku (UZQUIANO et al. 2015). Až 2 m dlouhé luky z tisového dřeva mivali i slavní angličtí lučištníci. Materiál na ně byl dovážen do Anglie často i ze vzdálených končin Evropy. Například jen v letech 1531–1560 bylo přes Norimberk vy-

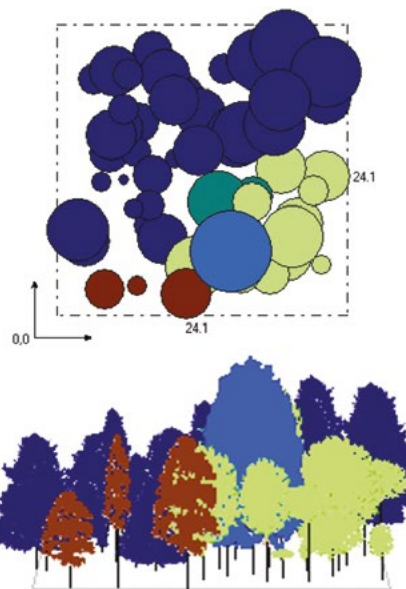
vezeno více než 600 000 kmenů tisů, a to převážně pro válečné účely (THOMAS, POLWART 2003). COLES et al. (1978) popisuje 18 artefaktů vyrobených z dřeva tisů z pravěku v Británii a Irsku, a to zejména rukojeti (pro dýku a nůž), topůrka na sekery, násady na kopí, luky a šípy. MITCHELL (1990) popisuje tisové kůly v rašelině v Irsku, o kterých se předpokládá, že byly součástí pastí na jeleny v době bronzové. Jeden z nejstarších dřevěných artefaktů na světě je dřevěné kopí z doby středního paleolitu, tj. kolem 150 000 let před naším letopočtem (OAKLEY et al. 1997). Ve středověku se tis používal pro širokou škálu předmětů včetně hudebních nástrojů, nábytku a dlouhých luků, a poptávka po tisu byla tak vysoká, že ve velké části Evropy hrozilo jeho vymizení (HARTZELL 1995). V jihovýchodní Anglii (RODWELL 1991) a v Irsku (TURNER, WATT 1939) byly rozsáhlé tisové lesy též vykáčeny na palivo pro tavení železa.

Nyní se nepovažuje za komerční dřevinu kvůli extrémně pomalé rychlosti růstu (BENHAM et al. 2016). Válečné využití dřeva tisů bylo nahrazeno zčásti výrobou luxusního okrasného nábytku s intarziemi, dále se používá na obklady a v řezbářství (ÚRADNÍČEK et al. 2009). Dřevo tisů se též používá na výrobu luxusních dřevěných podložek na trofeje různých druhů zvěře (GRAF KUJAWSKI 2006). Nicméně v současnosti se tisové dřevo nejvíce využívá na výrobu dýh. Tisové dřevo je na trhu velmi vzácné, v České republice není dostupné žádné tisové řezivo. V USA se nabízí netříděné tisové řezivo anglického původu za 4400 eur/m³ (tloušťka 25 mm) a 4700 eur/m³ (tloušťka 50 mm). Cena dýhy s očkovou texturou dosahuje až 35 eur/m², zatímco dýha s běžnou strukturou se prodává za 3 až 4 eura/m² (ZEIDLER, REISNER 2012). V současnosti dosahuje cena u kvalitního dřeva s očkovou strukturou, které je určeno na výrobu rukojetí nožů, dokonce 400 až 700 tisíc eur/m³ (Edelholzverkauf 2025).

Tis je však dlouhodobě vysoce ceněný jako okrasný strom. Svou stínomilností se hodí jako podrost pod vyšší hlubokokořenné stromy. Uplatňuje se i při zakládání skupin. Je i velmi účinnou kulisou proti prachu ve městech. Ze všech jehličnanů se mohou nejvíce řezat a tvarovat na živé ploty, stěny, různé tvary a figury. Je proto nepostradatelnou dřevinou v parcích a zámeckých zahradách (HIEKE 1978). V posledních desetiletích se tis stal důležitým díky obsahu taxanových alkaloidů ve svých jehlicích, které se používají při vývoji léků proti rakovině (SUFFNESS 1995; HAGENEDER 2011) i na některé další nemoci (MESSIER et al. 2022). Všechny části stromu kromě nepravého míšku obsahují alkaloid taxin (VIDAKOVIC 1991). Například VESELÁ et al. (1999) zjistili nejvyšší koncentraci pro všechny taxany v tisův červeném v říjnu a nejnižší v lednu. Arily tisův červeného obsahují vysoký obsah bílkovin, sacharidů a lipidů, resp. esenciálních aminokyselin, n-3 polyenových mastných kyselin a dalších užitečných látek, což naznačuje jejich potenciál jako nový zdroj funkčních potravin a doplňků stravy (TABASZEWSKA et al. 2021).

HROZBY A NEMOCI

Tis zažil v minulosti jeden z nejprudších poklesů zastoupení ze všech evropských dřevin (THOMAS, GARCIA-MARTÍ 2015; VENCURIK et al. 2019). Historicky byl kácen, aby bylo zajištěno dřevo pro dlouhé luky a také aby se zabránilo otravám hospodářských zvířat (HARTZELL 1995). Tis je nyní ohrožen v mnoha částech svého areálu, kde intenzivní využití půdy způsobilo pokles jeho zastoupení (RUPRECHT et al. 2010; LINARES 2013). Jeho současná regenerace je příliš pomalá na to, aby nahradila populační ztráty z minulosti (LINARES 2013). Situace se však postupně zlepšuje, např. v Dánsku se původní populace zvýšila



Obr. 3.

Interiér smíšeného suťového lesa (vlevo) a jeho horizontální a vertikální struktura (vpravo) s dominantním tisem červeným (■) v přírodní rezervaci U Eremita na Křivoklátsku (foto: S. Vacek; software: SIBYLA Triquetra)

Fig. 3.

Interior of a mixed scree forest (on the left) and its horizontal and vertical structure (on the right) with dominant European yew (■) in the nature reserve U Eremita in the Křivoklátský region (photo: S. Vacek; software: SIBYLA Triquetra)

z méně než 200 jedinců v roce 1925 na více než 2000 v roce 1998 (SVENNING, MAGÅRD 1999). Na stávající populace tisu je i nyní vyvíjen tlak na těžbu z důvodu extrakce taxanů pro farmaceutické účely (LEWANDOWSKI et al. 1995; HAGENEDER 2011).

Navzdory tomu, že je jedovatý, je také velmi často silně poškozován okusem, ohryzem a loupáním spárkatou zvěří (KÝPEŘOVÁ et al. 2018; SEDMÁKOVÁ et al. 2020). Pro limitaci těchto škod je naprosto podstatné udržení kvalitního managementu myslivosti, který je založený na řízeném plánu lovu dle vznikajících škod na lesních porostech. Dalším krokem jsou efektivní posilující výsadby a jejich dostatečně vhodná ochrana před zvěří (BLEDÝ et al. 2023). ZATLOUKAL et al. (2001) doporučuje využívat drátěné oplocení v podsadbách, a to kvůli limitujícímu faktoru světlostních podmínek při využití dřevěných plotů. Pro výsadbu je třeba volit vhodná místa jak z hlediska jak stanoviště, tak i stavu porostu, kde je zároveň možno vybudovat trvanlivé oplocení a nehrozí jeho časté poškozování rozpadem porostu. Oplocení či individuální ochranu je nutné soustavně udržovat, jelikož naprostá většina neúspěchů s umělou obnovou tisu pramení z nedostatečné ochrany proti zvěří (ZATLOUKAL et al. 2013; SEDMÁKOVÁ et al. 2020). Pro úspěšnost přirozené i umělé obnovy je tedy nezbytné dlouhodobě (až 20 let) chránit nárosty, resp. výsadby tisu (ZATLOUKAL et al. 2013; KAŠTIER 2016).

Ve srovnání s jinými dřevinami ho kvůli jeho toxicitě napadá relativně málo hmyzích škůdců (DANIEWSKI et al. 1998). Sazenice však mohou být poškozovány patogenními houbami (LEWANDOWSKI et al. 1995). Rakovina kmenů tisu byla pozorována ve Švýcarsku (HASSLER et al. 2004) a byla též identifikována jako příčina úhynu některých tisů ve Velké Británii (STROUTS, WINTER 1994). Vlnovník tisový (*Cedidophyopsis psilaspis*), jehož napadení způsobují mortalitu pupenů (HAGENEDER 2011), je považován za závažného škůdce tisů v severní a střední Evropě (THOMAS, POLWART 2003). Pupy tisu občas deformuje bejlozmorka tisová (*Taxomyia taxi*), kterou lze považovat za jeden z podpůrných znaků původnosti výskytu tisů (SKUHRÁVÁ 1965). Poškození kůry kmínků a větvíček a požerky na jehlicích tisů místy působí lalokonosec rýhovaný (*Otiorrhynchus sulcatus*; TOMICZEK et al. 2005).

V důsledku klimatické změny dochází ke zvýšenému výskytu extrémních meteorologických jevů, jako jsou dlouhodobá sucha, vlny veder a nepravděpodobné srážkové úhrny (VACEK et al. 2023), což významně ovlivňuje ekosystémy zejména v jižní části areálu rozšíření tisů. Podle predikcí do roku 2050 si v neoptimističtější scénáři (RCP 2.6) udrží vhodné podmínky pouze 17 % současných lokalit, zatímco v nejpesimističtější scénáři (RCP 8.5) klesne tento podíl na pouhých 2 % (ALAVI et al. 2019). S postupující klimatickou změnou se zvyšuje také riziko požárů, které představují pro tis vážnou hrozbu, protože jeho tenká kůra jej činí vysoce citlivým na oheň, čímž se dále snižuje jeho šance na přežití v jižních oblastech areálu (HARTZELL 1995; PAUSAS 2004).

ZÁVĚR

Z uvedeného vyplývá, že tis červený je v Evropě významná, ale silně ohrožená dřevina. Bez lidského zásahu by pravděpodobně stále dlouhodobě ustupoval, což by mělo značné důsledky na biodiverzitu a ekosystémové služby. Četné záchranné programy zahrnující principy přírodě blízkého hospodaření již probíhají v mnoha zemích (např. DHAR et al. 2007; PIOVESAN et al. 2009; ZATLOUKAL et al. 2013; SEDMÁKOVÁ et al. 2017; VENCURIK et al. 2019; CASIER et al. 2024). Jedná se především o úpravy biotopu pro tis tak, aby se zlepšily podmínky pro jeho přirozenou obnovu, odrůstání a vitalitu. Často a v současnosti velmi pravidelně je nezbytná i umělá obnova tisů, důsledná dlouhodobá ochrana semenáčků a sazenic proti škodám zvěří společně

s optimalizací mysliveckého a pěstebního managementu, zahrnující redukci spárkaté zvěře na ekologicky únosnou mez. Bez umělé obnovy nelze očekávat samovolné zlepšení a věkové diverzifikace stávajících tisových populací. Budoucí výzkum by měl kombinovat terénní studie zaměřené na růst juvenilních jedinců a modelování klimatických scénářů. Současně je nezbytné se zaměřit na možnosti asistované migrace, dopady genetické diverzity na schopnost přizpůsobení se novým podmínkám a udržitelné pěstování tisů v měnícím se klimatu.

Poděkování:

Příspěvek vznikl na základě institucionální podpory Ministerstva zemědělství MZE-RO0123.

LITERATURA

- ALAVI S. J., AHMADI K., HOSSEINI S. M., TABARI M., NOURI Z. 2019. The response of English yew (*Taxus baccata* L.) to climate change in the Caspian Hyrcanian Mixed Forest ecoregion. *Regional Environmental Change*, 19: 1495–1506. DOI: 10.1007/s10113-019-01483-x
- BENHAM S.E., HOUSTON DURRANT T., CAUDULLO G., DE RIGO D. 2016. *Taxus baccata* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayán J. et al. (eds.): *European atlas of forest tree species*. Luxembourg, Publication Office: e015921+.
- BJURHAGER I., GAMSTEDT E. K., KEUNECKE D., NIEMZ P., BERGLUND L. A. 2013. Mechanical performance of yew (*Taxus baccata* L.) from a longbow perspective. *Holzforschung*, 67: 763–770.
- BLEDÝ M. 2023. Alternativní způsoby obnovy v kontextu klimatické změny u firmy Colloredo-Mannsfeld spol. s r.o. In: *Alternativní obnovní postupy hospodářských dřevin v ČR. Sborník příspěvků. Doksy*, 6. 6. 2023. Praha, Česká lesnická společnost: 18–22.
- BLEDÝ M. 2024. Výroční zpráva pěstební činnosti Colloredo-Mannsfeld spol. s r.o., Zbiroh.
- BRZEZIECKI B., KIENAST F. 1994. Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimean model. *Forest Ecology and Management*, 69: 167–187. DOI: 10.1016/0378-1127(94)90227-5
- BUGALA W. 1978. Systematics and variability. In: *The Yew – Taxus baccata* L. Foreign Scientific Publications, Department of the National Center for Scientific and Technical, and Economic Information (for the Department of Agriculture and the National Science Foundation, Washington, DC), Warsaw, Poland. Warszawa-Poznań, Państwowe Wydawnictwo Naukowe: 15–32.
- BUJOCZEK L., BUJOCZEK M. 2018. The dynamics of the *Taxus baccata* L. population and the factors affecting its regeneration in the Jasień Nature Reserve. *Dendrobiology*, 80: 24–36.
- CASIER M., VAN DIEST A., AERTS R., PEETERS G., VAN ACKER K., HELLEMANS B., HONNAY O., MUYS B. 2024. Genetic diversity and structure of endangered native yew *Taxus baccata* in remnant populations in Belgium. *Forest Ecology and Management*, 553: 121633. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121633
- CEDRO A. 2023. Dendrochronology and dendroclimatology of yew in Poland. *Dendrochronologia*, 73: 126068. DOI: 10.1016/j.dendro.2023.126068
- COLES J.M., HEAL S.V.E., ORME B.J. 1978. The use and character of wood in prehistoric Britain and Ireland. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 44: 1–45.

- COPE E.A. 1998. *Taxaceae*: the genera and cultivated species. Botanical Review, 64: 291–323.
- DANIEWSKI W.M., GUMULKA M., ANCZEWSKI W., MASNYK M., BŁOSZYK E., GUPTA K.K. 1998. Why the yew tree (*Taxus baccata*) is not attacked by insects. Phytochemistry, 49: 1279–1282. DOI: 10.1016/S0031-9422(98)00102-2
- DE VRIES S.M.G., ALAN M., BOZZANO M., BURIANEK V., COLLIN E., COTTRELL J., IVANKOVIC M., KELLEHER C.T., KOSKELA J., ROTACH P., VIETTO L., YRJÄNÄ L. 2015. Pan-European strategy for genetic conservation of forest trees and establishment of a core network of dynamic conservation units. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN). Rome, Biodiversity International: xii + 1–40.
- DHAR A., RUPRECHT H., KLUMPP R., VACIK H. 2007. Comparison of ecological condition and conservation status of English yew population in two Austrian gene conservation forests. Journal of Forest Research, 18: 181–186. DOI: 10.1007/s11676-007-0037-5
- DOBROWOLSKA D., NIEMCZYK M., OLSZOWSKA G. 2017. The influence of stand structure on European yew *Taxus baccata* populations in its natural habitats in central Poland. Polish Journal of Ecology, 65: 369–384. DOI: 10.3161/15052249PJE2017.65.3.005
- DUBREUIL M., SEBASTIANI F., MAYOL M., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., RIBA M., VENDRAMIN G. G. 2008. Isolation and characterization of polymorphic nuclear microsatellite loci in *Taxus baccata* L. Conservation Genetics, 9: 1665–1668. DOI: 10.1007/s10592-008-9515-3
- DUBREUIL M., RIBA M., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., VENDRAMIN G.G., SEBASTIANI F., MAYOL M. 2010. Genetic effects of chronic habitat fragmentation revisited: strong genetic structure in a temperate tree, *Taxus baccata* (*Taxaceae*), with great dispersal capability. American Journal of Botany, 97: 303–310. DOI: 10.3732/ajb.0900148
- EATON R.A., HALE M.D.C. 1993. Wood: decay, pests and protection. London, Chapman & Hall: 546 s.
- ECKENWALDER J.E. 2009. Conifers of the world: the complete reference. 1st ed. Portland, Or, Timber Press: 720 s.
- ELLENBERG H. 2009. Vegetation ecology of Central Europe. Cambridge, Cambridge University Press: 731 s.
- ELLISON D., MORRIS C.E., LOCATELLI B., SHEIL D., COHEN J., MURDYARSO D., GUTIERREZ V., NOORDWIJK M. VAN, CREED I.F., POKORNY J., GAVEAU D., SPRACKLEN D.V., BARGUÉS TABELLA A., ILSTEDT U., TEULING A.J., GEBREHIWOT S.G., SANDS D.C., MUYS B., VERBIST B., SPRINGGAY E., SUGANDI Y., SULLIVAN C.A. 2017. Trees, forests and water: cool insights for a hot world. Global Environmental Change, 43: 51–61. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002
- FARJON A. 2017. A handbook of the world's conifers. Vol.1 & 2. Leiden & Boston, Brill: 544 s. (Vol. 1), 549–1153 (Vol. 2).
- FARRIS E., FILIGHEDDU R. 2008. Effects of browsing in relation to vegetation cover on common yew (*Taxus baccata* L.) recruitment in Mediterranean environments. Plant Ecology, 199: 309–318. DOI: 10.1007/s11258-008-9434-x
- FERNÁNDEZ-MANSO O., FERNÁNDEZ-MANSO A., SANTAMARÍA E., QUINTANO C. 2011. Análisis territorial de la Tejedas de Castilla y León (España). Spanish Journal of Rural Development, 2: 69–80. DOI: 10.5261/2011.ESP2.08
- FILER D., FARJON A. 2013. An atlas of the world's conifers: An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status. Leiden & Boston, Brill: 524 s.
- GRAF KUJAWSKI O. E. J. 2006. Lovecké trofeje. Získávání, úprava, hodnocení. Praha, Grada: 128 s.
- HAGENEDER F. 2011. Yew: A history. History Press Limited: 320 s.
- HARTZELL H.R. Jr. 1995. Yew and us: a brief history of the yew tree. In: Suffness, M. (ed.): Taxol: Science and applications. Boca Raton, CRC Press: 27–34.
- HASSLER J., SCHOCH W., ENGESSER R. 2004. Auffällige Stammkrebse an Eiben (*Taxus baccata* L.) im Fürstenwald bei Chur (Graubünden, Schweiz). [Stem canker of yew trees (*Taxus baccata* L.) in the Fürstenwald near Chur, Canton Grisons, Switzerland]. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 155: 400–403.
- HIEKE K. 1978. Praktická dendrologie I. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 533 s.
- CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V., LUSTYK P. (ed.) 2010. Katalog biotopů České republiky. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR: 445 s. ISBN 978-80-874570-2-3
- ISZKUŁO G., BORATYŃSKI A. 2006. Analysis of the relationship between photosynthetic photon flux density and natural *Taxus baccata* seedlings occurrence. Acta Oecologica, 29: 78–84. DOI: /10.1016/j.actao.2005.08.001
- IUCN 2024. The IUCN Red List of threatened species. [Červený seznam ohrozených živočichů a rostlin]. © International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). Dostupné na/Available on: <https://www.iucnredlist.org/en>
- JENNEWEIN S., CROTEAU R. 2001. Taxol: biosynthesis, molecular genetics, and biotechnological applications. Applied Microbiological Biotechnology, 57: 13–19. DOI: 10.1007/s002530100757
- KARLSSON C., ÖRLANDER G. 2002. Mineral nutrients in needles of *Pinus sylvestris* seed trees after release cutting and their correlations with cone production and seed weight. Forest Ecology and Management, 166: 183–191. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00684-3
- KASŤIER P. 2016. Početnosť raticovej zveri a škody ňou spôsobené v lesoch Slovenska. In: Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa: Zborník referátov zo 4. medzinárodnej konferencie, ktorá sa konala 19. – 20. októbra 2016 v Kúpeľoch Sliač. Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen: 88–95. ISBN 978-80-8093-222-0
- KORPEL Š. 1995. Význam tisu v lesných ekosystémoch Slovenska a možnosti zlepšenia jeho stavu. [The importance of European yew, *Taxus baccata*, in forest ecosystems of Slovakia and possibilities to improve its status]. Banská Bystrica, SAŽP: 68 s. ISBN 80-967385-3-4
- KUNZMANN L., MAID H. 2005. Conifers of the mastixioideae-flora from Wiesa near Kamenz (Saxony, Miocene) with special consideration of leaves. Palaeontographica Abteilung, B-Paläophytologie, 272: 67–135.
- KÝPEŤOVÁ M., JALOVÍAR P. 2016. The influence of light conditions on growth and development of natural regeneration of European yew (*Taxus baccata* L.) in managed forest stand at the regeneration stage (in Slovak). Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 58: 33–46.

- KÝPEŤOVÁ M., WALAS Ł., JALOVIAK P., ISZKUŁO G. 2018. Influence of herbivory pressure on the growth rate and needle morphology of *Taxus baccata* juveniles. *Dendrobiology*, 79: 10–19. DOI: 10.12657/denbio.079.002
- LANGE O.L. 1961. Die Hitzeresistenz einheimischer immerund wintergrüner Pflanzen im Jahreslauf. *Planta*, 56: 666–683.
- LARSON D.W., MATTHES U., KELLY P.E. 2000. *Cliff ecology: Pattern and process in cliff ecosystems*. Cambridge, Cambridge University Press: 340 s.
- LEUSCHNER C., ELLENBERG H. 2017. *Ecology of Central European forests. Vol 1. Vegetation ecology of Central Europe*. Cham, Springer: 971 s.
- LEWANDOWSKI A., BURCZYK J., MEJNARTOWICZ L. 1995. Genetic structure of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Wierzchlas Reserve: implications for genetic conservation. *Forest Ecology and Management*, 73: 221–227. DOI: 10.1016/0378-1127(94)03477-E
- LINARES J.C. 2013. Shifting limiting factors for population dynamics and conservation status of the endangered English yew (*Taxus baccata* L., *Taxaceae*). *Forest Ecology and Management*, 291: 119–127. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.11.009
- MESSIER C., BAUHUS J., SOUSA-SILVA R., AUGE H., BAETEN L., BARSOUM N., BRUELHEIDE H., CALDWELL B., CAVENDER-BARES J., DHIEDT E., EISENHAEUSER N., GANADE G., GRAVEL D., GUILLEMOT J., HALL J.S., HECTOR A., HÉRAULT B., JACTEL H., KORICHEVA J., KREFT H., MEREU S., MUYS B., NOCK C.A., PAQUETTE A., PARKER J.D., PERRING M.P., PONETTE Q., POTVIN C., REICH P.B., SCHERER-LORENZEN M., SCHNABEL F., VERHEYEN K., WEIH M., WOLLNI M., ZEMP D.C. 2022. For the sake of resilience and multifunctionality, let's diversify planted forests! *Conservation Letters*, 15: e12829. DOI: 10.1111/conl.12829
- MILNER J.E. 1992. *The tree book. The indispensable guide to tree facts, crafts and lore*. London, Collins & Brown: 192 s.
- MITCHELL F.J.G. 1990. The history and vegetation dynamics of a yew wood (*Taxus baccata* L.) in S.W. Ireland. *New Phytologist*, 115: 573–577. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1990.tb00486.x
- MUNDRY I., MUNDRY M. 2001. Male cones in *Taxaceae* s.l. – an example of Wettstein's pseudanthium concept. *Plant Biology*, 3: 405–416. DOI: 10.1055/s-2001-16466
- MUSIL I., HAMERNÍK J. 2008. *Jehličnaté dřeviny. Lesnická dendrologie 1*. Praha, Academia: 352 s.
- OAKLEY K.P., ANDREWS P., KEELEY L.H., CLARK J.D. 1977. A reappraisal of the Clacton Spearpoint. *Proceedings of the Prehistoric Society* 43: 13–30.
- PAUSAS J.G. 2004. Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula. *Climatic Change*, 63: 337–350. DOI: 10.1023/B:CLIM.0000018508.94901.9c
- PEÑALBA M.C. 1994. The history of the Holocene vegetation in northern Spain from pollen analysis. *Journal of Ecology*, 82: 815–832. DOI: 10.2307/2261446
- PERRIN P.M., KELLY D.L., MITCHELL F.J.G. 2006. Long-term deer exclusion in yew-wood and oakwood habitats in southwest Ireland: natural regeneration and stand dynamics. *Forest Ecology and Management*, 236: 356–367. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.09.025
- PERRIN P.M., MITCHELL F.J.G. 2013. Effects of shade on growth, biomass allocation and leaf morphology in European yew (*Taxus baccata* L.). *European Journal of Forest Research*, 132: 211–218. DOI: 10.1007/s10342-012-0668-8
- PIOVESAN G., SABA E.P., BIONDI F., ALESSANDRINI A., DI FILIPPO A., SCHIRONE B. 2009. Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecology*, 205: 23–46. DOI: 10.1007/s11258-009-9596-1
- PISEK A., LARCHER W., MOSER W., PACK I. 1969. Kardinale Temperaturbereiche der Photosynthese und Grenztemperaturen des Lebens der Blätter verschiedener Spermatophyten. III. Temperaturabhängigkeit und optimaler Temperaturbereich der Netto-Photosynthese. *Flora*, 158: 608–630.
- POKORNÝ J. 1963. *Jehličnany lesů a parků*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 308 s.
- POLENO Z., VACEK S., PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ŠTEFANČÍK I., MIKESKA M., KOBLIHA J., KUPKA I., MALÍK V., TURČÁNI M., DVOŘÁK J., ZATLOUKAL V., BÍLEK L., BALÁŠ M., SIMON J. 2009. *Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce*: 952 s.
- REMEŠ J., ZEIDLER A. 2024. Lesnický potenciál tisů červeného. In: *Managment tisů červeného III. Sborník příspěvků z odborného semináře s mezinárodní účastí. 15.–16.10.2024, Bítov. Strnady, VÚLHM*: 56–62.
- RIVERS M.C., BEECH E., BAZOS I., BOGUNIĆ F., BUIRA A., ČAKOVIĆ D., CARAPETO A., CARTA A., CORNIER B., FENU G., FERNANDES F., FRAGA I ARGUIMBAU P., GARCIA-MURILLO P. et al. 2019. *European red list of trees*. Cambridge Brussels, IUCN: viii + 1–60; <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.1.en>
- RODWELL J.S. 1991. *British plant communities. Vol. 1 Woodlands and scrub*. Cambridge, Cambridge University Press: 395 s.
- ROMO A., ISZKUŁO G., TALEB M.S., WALAS Ł., BORATYŃSKI A. 2017. *Taxus baccata* in Morocco: a tree in regression in its southern extreme. *Dendrobiology*, 78: 63–74. DOI: 10.12657/DENBIO.078.007
- RUPRECHT H., DHAR A., AIGNER B., OITZINGER G., KLUMPP R., VACIK H. 2010. Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. *European Journal of Forest Research*, 129: 189–198. DOI: 10.1007/s10342-009-0312-4
- SANIGA M. 2000. Structure, production and regeneration processes of English yew in the state nature reserve Plavno (in Slovak). *Journal of Forest Science*, 46: 76–90.
- SARMAJA-KORJONEN K., VASARI Y., HAEGGSTRÖM C-A. 1991. *Taxus baccata* and influence of Iron Age man on the vegetation in Åland S.W. Finland. *Annales Botanica Fennici*, 28: 143–159.
- SEDMÁKOVÁ D., SANIGA M., KUCBEL S., PITTNER J., KÝPEŤOVÁ M., JALOVIAK P., BUGALA M., VENCURIK J., LUKÁČIK I. 2017. Irregular shelterwood cuttings promote viability of European yew population growing in a managed forest: a case study from the Starohorské Mountains, Slovakia. *Forests*, 8: 289. DOI: 10.3390/F8080289
- SEDMÁKOVÁ D., KÝPEŤOVÁ M., SANIGA M., PITTNER J., VENCURIK J., KUCBEL S., JALOVIAK P. 2018. Deer game, a key factor affecting population of European yew in beech forests of the Velká Fatra Mts, Slovakia. *Folia Oecologica*, 45: 1–7. DOI: 10.2478/foecol-2018-0001
- SEDMÁKOVÁ D., SANIGA M., PITTNER J., VENCURIK J., SEDMÁK R. 2020. Interaction between stem damage, crown vitality and growth performance of European yew in Central–East Europe. *Geochronometria*, 47: 35–53. DOI: 10.2478/geochr-2020-0029

- SERRA L., GARCIA-MARTÍ X. 2011. Distribución del tejo en España. In: Caritat, A. (ed.): II Jornadas del Tejo en el Mediterráneo Occidental. Girona, Delegació en la Garrotxa de la Institució Catalana de Historia Natural i Fundació Estudis Superiors d'Olot: 17–43.
- SCHEEDER T. 2000. Eibentagung im Westkaukasus. AFZ-DerWald, 24/2000: 1290–1291.
- SCHWEINGRUBER F.H. 1993. Trees and wood in dendrochronology. Morphological, anatomical, and tree ring analytical characteristics of trees frequently used in dendrochronology. Berlin, Springer: 402 s.
- SKALICKÁ A. 1988. *Taxus* L. – tis. In: Hejny, S., Slavík, B. (ed.): Květena České socialistické republiky. 1. Praha: Academia: 344–346.
- SKORUPSKI M., LUXTON M. 1998. Mesostigmatid mites (Acari: Parasitiformes) associated with yew (*Taxus baccata*) in England and Wales. Journal of Natural History, 32: 419–439. DOI: 10.1080/00222939800770221
- SKUHRÁVÁ M. 1965. Rozšíření bejlomorky tisové v ČSSR a její škodlivost. Lesnický časopis: 71–76.
- SPORNE K.R. 1974. The morphology of gymnosperms. the structure and evolution of primitive seed-plants. London, Hutchinson: 216 s.
- STROUTS R.G., WINTER T.G. 1994. Diagnosis of ill-health in trees. London, HMSO: 308 s. Research for Amenity Trees, 2.
- SUFFNESS M. (ed.) 1995. Taxol: science and applications. Boca Raton, CRC Press: 426 s.
- SVENNING J.-C., MAGÅRD E. 1999. Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. Biological Conservation, 88: 173–182. DOI: 10.1016/S0006-3207(98)00106-2
- ŠMELKOVÁ L. 2001. Pestovanie lesa I. Zvolen, Ústav pre výchovu a vzdelávanie: 135 s.
- TABASZEWSKA M., RUTKOWSKA J., SKOCZYLAŚ L., SŁUPSKI J., ANTONIEWSKA A., SMOLEŃ S., ŁUKASIEWICZ M., BARANOWSKI D., DUDA I., PIETSCH J. 2021. Red arils of *Taxus baccata* L.—A new source of valuable fatty acids and nutrients. Molecules, 26: 723. DOI: 10.3390/molecules26030723.
- THOMAS P.A., GARCIA-MARTÍ X. 2015. Response of European yews to climate change: a review. Forest Systems, 24 (3): eR01. DOI: 10.5424/fs/2015243-07465
- THOMAS P.A., POLWART A. 2003. *Taxus baccata* L. Journal of Ecology, 91: 489–524. DOI: 10.1046/j.1365-2745.2003.00783.x
- TOMICZEK C. et al. 2005. Atlas chorob a škůdců okrasných dřevin. Praha, Biocont Laboratory: 219 s.
- TURNER J.S., WATT A.S. 1939. The oakwoods (*Quercetum sessiliflorae*) of Killarney, Ireland. Journal of Ecology, 27: 202–233.
- ÚRADNÍČEK L., MADERA P., TICHÁ S., KOBLÍŽEK J. 2009. Dřeviny České republiky. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 367 s. ISBN 978-80-87154-62-5
- UZQUIANO P., ALLUÉ E., ANTOLÍN F., BURJACHS F., PICORNEL L., PIQUÉ R., ZAPATA L. 2015. All about yew: on the trail of *Taxus baccata* in southwest Europe by means of integrated palaeobotanical and archaeobotanical studies. Vegetation History and Archaeobotany, 24: 229–247. DOI: 10.1007/s00334-014-0475-x
- VACEK S., SIMON J., REMEŠ J., PODRÁZSKÝ V., MINX T., MIKESKA M., MALÍK V., JANKOVSKÝ L., TURČÁNI M., JAKUŠ R., SCHWARZ O., KOZEL J., VALENTA M., LIČKA L., HLÁSNÝ T., ZÚBRÍK M., KREJČÍ F., TŘEŠNÁK J., HOFMEISTER Š. 2007. Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 447 s.
- VACEK Z., VACEK S., ČUKOR J. 2023. European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies. Journal of Environmental Management, 332: 117353. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.117353
- VENCURIK J., BOŠEĽA M., SEDMÁKOVÁ D., PITTNER J., KUCBEL S., JALOVÍAR P., PAROBEKOVÁ Z., SANIGA M. 2019. Tree species diversity facilitates conservation efforts of European yew. Biodiversity and Conservation, 28: 791–810. DOI: 10.1007/s10531-018-01692-6
- VESELÁ D., ŠAMAN D., VALTEROVÁ I., VANĚK T. 1999. Seasonal variations in the content of taxanes in the bark of *Taxus baccata* L. Phytochemical Analysis, 10: 319–321. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1565(199911/12)10:6<319::AID-PCA471>3.0.CO;2-W
- VIDAKOVIĆ M. 1991. Conifers: Morphology and variation. Zagreb, Grafički Zavod Hrvatske: 754 s.
- WATTS W.A., ALLEN J.R.M., HUNTLEY B., FRITZ, S.C. 1996. Vegetation history and climate of the last 15,000 years at Laghi di Monticchio, southern Italy. Quaternary Science Reviews, 15: 113–132. DOI: 10.1016/0277-3791(95)00038-0
- WILSON C.R., SAUER J.-M., HOOSER S.B. 2001. Taxines: a review of the mechanism and toxicity of yew (*Taxus* spp.) alkaloids. Toxicon, 39: 175–185. DOI: 10.1016/S0041-0101(00)00146-X
- ZATLOUKAL V., MÁNEK J., ČURN V., KADERA J. 2001. Inventarizace a genetická diverzita tisů červeného ve ZCHÚ ČR jako podklad pro záchranná opatření a pro jeho reintrodukci. Závěrečná zpráva grantu VaV/610/1/99. Vimperk, Správa NP a CHKO Šumava: 119 s.
- ZATLOUKAL V., HOLECYOVÁ J. 2009. Metodika managementu populace tisů červeného v přírodní rezervaci V Horách (Terešovské tisy) a v souvisejícím území se zřetelem na posílení jeho populace v daném území a záchranu genofondu tohoto silně ohroženého druhu. Dílčí výstup projektu SP/2d4/31/07. Plzeň, IFER, Ústav pro výzkum lesních ekosystémů: 53 s.
- ZATLOUKAL V., HOLÁ Š., KAČMAR M. 2013. Tis červený (*Taxus baccata*) v České republice: výsledky inventarizace 2007–2012. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 204 s.
- ZATLOUKAL V. 2024. Tisy v oblasti Šumavy a Novohradských hor – současná populace a záchranný management. In: Management tisů červeného III. Sborník příspěvků z odborného semináře s mezinárodní účastí. 15.–16.10.2024, Bítov. Strnady, VÚLHM: 141–156.
- ZEIDLER A., REISNER J. 2012. Dřevo tisů. Lesnická práce, 91 (10): 30–31.

Jiné zdroje:

- Směrnice Rady č. 92/43/EHS z 21. května 1992, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin.
- Monumental trees 2025. The thickest, tallest, and oldest European yews (*Taxus baccata*). Dostupné na/Available on: <https://www.monumentaltrees.com/en/trees/europeanyew/records/>
- Edelholzverkauf 2025. Yew wood. Dostupné na/Available on: <https://www.edelholzverkauf.de/>

EUROPEAN YEW (*TAXUS BACCATA* L.) AND ITS IMPORTANCE IN CLOSE-TO-NATURE MANAGEMENT UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS - REVIEW

SUMMARY

The European yew (*Taxus baccata* L.) is an important but highly endangered tree species in European forests. It plays an important role in biodiversity conservation and ecosystem stability, especially in mixed and close-to-nature forest management. This review article provides a detailed analysis of the ecological requirements, distribution, silvicultural management, conservation strategies, and economic importance of yew in the context of climate change.

Ecological characteristics and distribution

The European yew is a long-lived (up to 4025 years), shade-tolerant conifer species (Fig. 1) native to Europe, North Africa, and parts of western Asia (Fig. 2). It thrives in mixed forests, often growing as an understorey species (Fig. 3), and is particularly adapted to calcareous soils. Historically, yew populations were widespread, but extensive logging, habitat destruction, and competition with faster growing tree species have led to a dramatic decline. Fragmentation of yew populations is particularly severe in Central and Western Europe, where only scattered, isolated stands remain.

The species is remarkably shade tolerant, allowing it to regenerate under closed canopies. However, its slow growth rate and low natural regeneration success limit its ability to compete with other tree species, especially in dense forest stands. Its distribution is also limited by climatic factors; while it can tolerate summer drought to some extent, it is vulnerable to extreme cold in the northern and eastern parts of its range.

Silvicultural and conservation approaches

Given the ecological importance of the species, several management strategies have been proposed to support yew regeneration and conservation. Close-to-nature forest management has been identified as a key approach to maintaining yew populations. Research suggests that moderate and selective thinning applications can improve yew regeneration by reducing competition while maintaining favourable microclimatic conditions. Moderate thinning (removal of 15–30% of the total standing volume per decade) has been shown to increase seed production and improve overall population vitality.

Natural regeneration of yew is often limited by ungulate herbivory. Studies have shown that yew seedlings are highly susceptible to browsing damage, which significantly reduces their survival rates. Effective game management, including controlled hunting and protective fencing, has been identified as essential to promote natural regeneration.

Artificial regeneration efforts, such as planting nursery-grown seedlings, have been implemented in areas where natural regeneration is insufficient. However, successful establishment requires careful site selection, protection from herbivory, and adaptive silvicultural practices.

Economic and pharmacological importance

Despite its ecological importance, yew has historically been exploited for its highly durable and elastic wood, which was used to make longbows, furniture, and musical instruments. In medieval Europe, intensive harvesting for longbow manufacture contributed significantly to the decline of yew populations. Today, due to its slow growth and protected status, yew is not widely used for commercial timber production, although it remains valuable for ornamental purposes and reforestation projects.

A major driver of interest in yew conservation is its pharmaceutical value. The species is a source of taxanes, a class of chemical compounds used in the treatment of cancer, in particular for the production of paclitaxel (Taxol). The increasing demand for taxanes has led to concerns about the unsustainable harvesting of wild yew populations. As a result, biotechnological methods such as cell culture systems have been developed to produce taxanes without relying on wild trees.

Threats and climate change impacts

Yew populations face multiple threats, including habitat destruction, overexploitation, and climate change. Fragmentation of yew habitats due to deforestation and land conversion has led to genetic isolation and reduced population viability. Studies suggest that yew forests are particularly vulnerable to changes in moisture availability, with increasing summer droughts negatively affecting growth and regeneration.

Climate modelling predicts that suitable habitat for yew will decrease significantly by 2050 under scenarios of the high emissions. Assisted migration and conservation planting have been proposed as potential adaptation strategies to mitigate the effects of climate change on yew populations.

Future directions and research needs

To ensure the long-term survival of the European yew, conservation efforts need to integrate ecological research, genetic studies, and adaptive forest management. Future studies should focus on:

1. **Genetic diversity and assisted migration:** Understanding the genetic variability of yew populations is essential for designing conservation strategies. Assisted migration may be needed to establish populations in more climatically suitable areas.
2. **Climate adaptation research:** Long-term studies of yew physiological responses to drought, air temperature extremes, and changing precipitation patterns are needed.
3. **Sustainable silviculture:** The development of site-specific silvicultural guidelines that balance timber production, biodiversity conservation, and climate adaptation is essential.
4. **Herbivore management:** More research is needed on the interactions between yew populations and ungulate browsing pressure in order to develop effective conservation measures.

In conclusion, the European yew is a key species for forest biodiversity but remains highly vulnerable to anthropogenic pressures and climate change. Conservation strategies should focus on habitat protection, controlled forest management, and innovative approaches to ensure its long-term sustainability in European landscapes.

Zasláno/Received: 10. 02. 2025

Přijato do tisku/Accepted: 26. 02. 2025