

# JEDLE BĚLOKORÁ

## VLASTNOSTI DŘEVA A POUŽITÍ V LESNICTVÍ A DŘEVAŘSTVÍ

Petr Horáček

*Jedle bělokorá (Abies alba Mill.) je vedle smrku považována za jednu z nejdůležitějších jehličnatých dřevin pro průmyslové zpracování. Její hospodářský význam je nezpochybnitelný. Vlastnosti dřeva odpovídají dřevu smrkovému a i použití je podobné. Z lesnického hlediska plní jedle kromě funkce produkční i funkci meliorační a zpevňující dřeviny. Příspěvek se zabývá popisem stavby a vlastností dřeva a jeho využitím v dřevařství a navazujících průmyslových odvětvích. Dále se zabývá hodnocením zpevnění porostu běžnými melioračními a zpevňujícími dřevinami včetně jedle. Východiskem jsou mechanické vlastnosti dřeva v čerstvém stavu a materiálové indexy.*

### VŠEOBECNÉ ZNAKY JEDLE BĚLOKORÉ

Jedle dorůstá výšky 25–40 m (výjimečně až 50 m), její kmen je plnodřevný, přímý a válcový (až do výšky cca 20 m). Koruna je nejdříve kuželová, později válcová a na vrcholu zploštělá až ve tvaru čapího hnízda. Kmen dosahuje tloušťek v prsní výšce až 1 m. Borka je nejdříve hnědá, později stříbřitě šedá, jemně rozpraskaná. Podíl borky na objemu kmene činí cca 10–11 %. Dřevo je podobné dřevu smrkovému. Po poloměru kmene je jednotně zbarveno (u čerstvě skáceného dřeva může být patrná bělá a světlejší centrální část – tzv. vyzrálé dřevo). Dřevo trpí odlupčivostí, je lehké, měkké, málo sesychá. Je trvanlivější než dřevo smrkové.

### STAVBA A VLASTNOSTI DŘEVA JEDLE BĚLOKORÉ

Barva dřeva je šedobílá až hnědošedá. V rámci letokruhů je středně ostrý přechod od jarního k letnímu dřevu (výraznější než u smrku). Letokruhy jsou zřetelně odlišeny tmavou vrstvou letního dřeva. Jedle nemá pryskyřičné kanálky. Dřeňové paprsky nejsou okem viditelné. Na podélných řezech má výraznější texturu než smrk.

Vybrané fyzikální vlastnosti dřeva jsou uvedeny v tabulce 1. Hustota dřeva v suchém stavu je srovnatelná se dřevem smrku (450 kg.m<sup>-3</sup>), v čerstvém stavu je ale těžší (850 kg.m<sup>-3</sup>). Při změně vlhkosti pod 30 % bobtná a sesychá o něco méně než smrk. Proto se také méně bortí a lépe suší.

Z hlediska trvanlivosti dřeva na vzduchu se řadí ke dřevům méně odolným vůči

Tabulka 1: Základní fyzikální vlastnosti jedlového dřeva (POŽGAJ et al. 1997, WAGENFÖHR 2006)

Hustota (kg.m <sup>-3</sup> )		Vlhkost dřeva (%)		Mez nasycení buněčných stěn (%)
vlhkost 12 % (kg.m <sup>-3</sup> )	čerstvé dřevo (kg.m <sup>-3</sup> )	běl	vyzrálé dřevo	
450	850	140–180	40–50	30–34
sesychání (%)	podélné	radiální	tangenciální	objemové
	0,1	3,8	7,6	11,5

Tabulka 2: Základní mechanické vlastnosti jedlového dřeva při vlhkosti 12 % (vysušené řezivo) a vlhkosti nad 30 % (čerstvé dřevo) (POŽGAJ et al. 1997, WAGENFUHR 2006, HORÁČEK nepubl.)

Vlastnost	Rovnoběžně s vlákny		Kolmo na vlákna	
	w = 12 %	w > 30 %	w = 12 %	w > 30 %
pevnost v tahu (MPa)	80	60	2	1
pevnost v tlaku (MPa)	40	20	4	3
pevnost ve smyku (MPa)	6	4		
pevnost v ohybu (MPa)	70	40		
modul pružnosti v ohybu (MPa)	11 000	8 000		
houževnatost (J/cm <sup>2</sup> )	6		4	3
tvrdost podle Brinella (MPa)	34	18	16	13
tvrdost podle Janky (MPa)			25	19

vnějším vlivům a středně odolným proti biotickým škůdcům. Při kontaktu s půdou není jedle trvanlivá. Nechráněné a neimpregnované dřevo jedle má přirozenou trvanlivost 5–20 let, konstrukčně chráněné má trvanlivost 15–70 let, pod vodou 30–100 let. Maximální trvanlivost dřeva je 100–700 let.

Mechanické vlastnosti jsou srovnatelné s vlastnostmi smrkového dřeva s výjimkou tvrdosti a rázové houževnatosti, které jsou u jedle vyšší. Vybrané mechanické vlastnosti dřeva jsou uvedeny v tabulce 2. Uvedeny jsou hodnoty v suchém (vlhkost 12 %) a čerstvém (vlhkost nad 30 %) stavu.

### VYUŽITÍ JEDLOVÉHO DŘEVA V DŘEVAŘSTVÍ

Využití je podobné jako u dřeva smrkového. Použití dřeva jedle je často ovlivněno výraznější texturou, větším podílem suků a technologickými vlastnostmi. Jako stavební dřevo je alternativou smrku. Často se používá na střešní konstrukce a ve stavebně-truhlářských výrobcích (okna, dveře, podlahoviny). Pro lepší trvanlivost ve vodě se upřednostňuje při vodních a pozemních stavbách (čluny, piloty atd.), na střešní krytiny (šindele), v bednářství atd. Využívá se také v truhlářství a zahradní

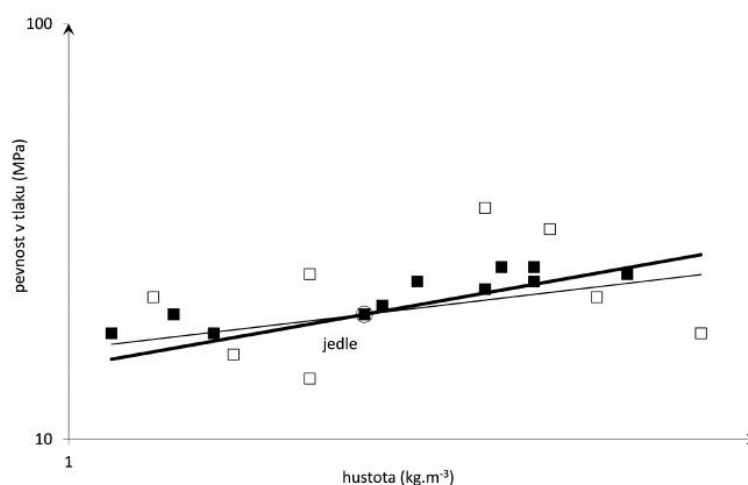
architektuře. Rezonanční jedlové dříví má stejné využití jako dříví smrkové. Dezintegrované dříví se využívá ve výrobě všech druhů aglomerovaných materiálů, papíru a celulózy.

Jedlové dřevo se snadno opracovává (vzhledem k nestejně tvrdosti jarního a letního dřeva a snadné odlupčivosti letokruhů ale hůře než smrk). Je lehce štípatelné, dobře se suší, dobře se moří, hůře se impregnuje. Po třískovém obrábění (hoblování) je na dotyk hedvábné a jemně chlupaté.

Jedlové a smrkové sortimenty se většinou prodávají smíšené, proto má jedlové dříví na trhu stejné postavení jako dříví smrkové. Zpravidla se také prodává za podobné ceny.

### VYUŽITÍ JEDLE BĚLOKORÉ JAKO MELIORAČNÍ A ZPEVNŮJÍCÍ DŘEVINY

Meliorační a zpevňující dřeviny (MZD) jsou takové, které působení abiotických stresorů, jako je bořivý vítr, mokřý snh apod., odolávají lépe než jiné dřeviny. Podíl MZD stanovuje vyhláška č. 83/1996 Sb., uvádějící pro jednotlivé cílové hospodářské soubory stanovištně vhodné MZD. Nadále se budeme věnovat pouze jednomu aspektu MZD, a to zpevnění porostu a zvýšení jeho odolnosti vůči abiotickým stresorům. Je zřejmé, že zpevnění porostu MZD souvisí s mechanickými vlastnostmi



Graf 1: Porovnání pevnosti dřeva v tlaku  $\sigma$  (MPa) a hustoty  $\rho$  ( $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) čerstvého dřeva. Obě osy jsou logaritmické. Černé značky odpovídají MZD a bílé značky ostatním dřevinám.

dřevin. Předmětná vyhláška MZD nerozlišuje meliorační a zpevňující funkce. Nejběžnějšími používanými dřevinami jsou z jehličnatých jedle a modřín a z listnatých buk, dub, lípa, javor, olše, jasan, případně jilm, bříza, vrba a osika.

Přehled vybraných mechanických vlastností těchto dřevin společně s ostatními pěstovanými dřevinami je uveden v tabulce 3 a 4. V tabulce 3 je v prvním sloupci uvedena pevnost čerstvého dřeva v tlaku  $\sigma$  (MPa); hodnoty v zásadě platí také pro

pevnosti v tahu a ohybu v případě kmenů obsahujících běžné vady (sukatost, točitost, křivost apod.). Pevnost dřeva vyjadřuje jeho schopnost odolávat zlomu kmene. V druhém sloupci je uvedena hustota čerstvého dřeva při vlhkosti odpovídající živým stromům  $\rho$  ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,  $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Hustota dřeva (lépe objemová hmotnost) vyjadřuje množství asimilátů, které jsou uloženy do stavby dřeva v rámci letokruhu na buněčné úrovni. Čím je hustota dřeva vyšší, tím je i alokace větší.

V třetím a pátém sloupci jsou vypočteny tzv. materiálové indexy (ASHBY 2005), často nazývané jako charakteristické pevnosti dřeva (POŽGAJ et al. 1997). Jedná se o podíly mezi pevností dřeva a jeho hustotou. Podstata materiálových indexů spočívá v tom, že pro strom je výhodné optimalizovat jeho mechanické vlastnosti v závislosti na množství vyprodukované biomasy, zde vyjádřené objemovou hmotností. Čím je vyšší poměr mezi pevností a hustotou dřeva, tím je i struktura dřeva lépe připravena na přenos zatížení. Stejně tak platí, že s rostoucí hodnotou materiálového indexu je potřeba méně materiálu (dřeva) pro přenos zatížení. Materiálový index  $\sigma/\rho$  vyjadřuje zatížení kmene tlakem (např. při vzpěru), index  $\sigma^{2/3}/\rho$  zatížení ohybovým (nebo krouticím) momentem. Vzhledem k častějšímu zatížení dřevin ohybovým momentem (např. větrem) jsou dřeviny v tabulce 3 seřazeny podle hodnoty indexu  $\sigma^{2/3}/\rho$ . Současně jsou MZD zvýrazněny šedě. Na grafickém znázornění potom jednotlivé MZD představují černé značky, ostatní dřeviny značky bílé.

Z tabulky 3 vyplývá, že s výjimkou smrku MZD obsadily střed tabulky s hodnotami

Tabulka 3: Porovnání pevnosti dřeva v tlaku  $\sigma$  (MPa) a hustoty  $\rho$  ( $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) čerstvého dřeva (LAVERS 1983, KRETSCHMANN 2010, HORÁČEK nepubl.) s vypočítanými materiálovými indexy ( $\sigma/\rho, \sigma^{2/3}/\rho$ ) včetně grafického vyjádření. MZD jsou v tabulce zvýrazněny.

	$\sigma$	$\rho$	tyč		nosník	
			$\sigma/\rho$	-	$\sigma^{2/3}/\rho$	-
jedle	20,0	0,85	23,5	1,00	8,7	1,0
akát	36	0,92	39,1	1,66	11,9	1,37
borovice	22	0,74	29,7	1,26	10,6	1,22
ořešák	32	0,96	33,3	1,42	10,5	1,21
modřín	25	0,82	30,5	1,30	10,4	1,20
lípa	20	0,75	26,7	1,13	9,8	1,13
smrk	18	0,72	25,0	1,06	9,5	1,10
bříza	24	0,88	27,3	1,16	9,5	1,09
jasan	26	0,93	28,0	1,19	9,4	1,09
dub	26	0,95	27,4	1,16	9,2	1,07
osika	18	0,77	23,4	0,99	8,9	1,03
olše	21	0,86	24,4	1,04	8,9	1,02
javor	23	0,92	25,0	1,06	8,8	1,01
jilm	24	0,95	25,3	1,07	8,8	1,01
jedle	20	0,85	23,5	1,00	8,7	1,00
buk	25	1,01	24,8	1,05	8,5	0,98
topol	16	0,78	20,5	0,87	8,1	0,94
habr	22	0,99	22,2	0,94	7,9	0,91
vrba	14	0,82	17,1	0,73	7,1	0,82
kaštanovník	18	1,06	17,0	0,72	6,5	0,75

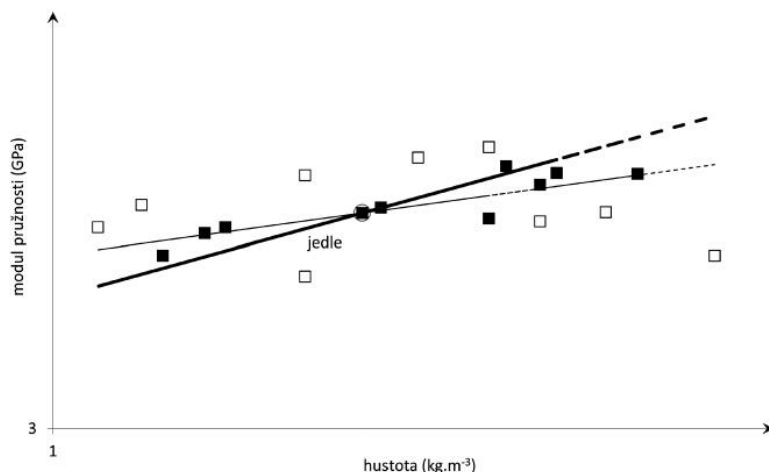


$\sigma/\rho = 23\text{--}28$ , resp.  $\sigma^{2/3}/\rho = 8,5\text{--}10$ . Jedle do těchto intervalů jednoznačně spadá. Vyšší hodnoty ( $\sigma/\rho > 28$ , resp.  $\sigma^{2/3}/\rho > 10$ ) nejsou výhodou, protože s sebou nesou také vyšší křehkost dřeva. Nízké hodnoty ( $\sigma/\rho < 23$ , resp.  $\sigma^{2/3}/\rho < 8$ ) pak znamenají malou pevnost dřeva při dané hustotě dřeva.

V tabulce 4 je použit výše uvedený postup pro modul pružnosti v ohybu (tlaku, tahu)  $E$  (GPa). Modul pružnosti vyjadřuje odpor dřeva proti zdeformování a společně

s pevností dřeva schopnost absorbovat deformační energii. Materiálovými indexy (nebo specifickou tuhostí) jsou podíly mezi modulem pružnosti a hustotou dřeva –  $E/\rho$  pro tlak (vzpěr) a  $E^{1/2}/\rho$  pro ohyb kmene. Interpretace těchto koeficientů je následující: čím je větší hodnota indexu, tím je menší deformace kmene (náklon kmene) pro danou hustotu dřeva při působení větru. MZD se opět nacházejí ve střední části tabulky s hodnotami  $E/\rho = 8,5\text{--}10$ ,

resp.  $E^{1/2}/\rho = 3\text{--}3,5$ . Dřeviny jsou seřazeny podle hodnot indexu  $E^{1/2}/\rho$ . Jedle jako jediný jehličnan spadá do intervalu MZD. Hodnoty indexů mimo tyto intervaly jsou pro dřeviny opět nevýhodné. Vysoké hodnoty ( $E/\rho > 10$ , resp.  $E^{1/2}/\rho > 3,5$ ) znamenají nejen malý náklon kmene, ale také malou absorbovanou kinetickou energii větru a tudíž přenos většího zatížení dřevem kmene a riziko křehkých zlomů. Toto chování je charakteristické pro dřeviny, jako je borovice, modřín a akát; všechny mají maximální hodnoty materiálových indexů v tabulkách 3 a 4. Chování smrku a břízy zatím neumíme vysvětlit, ale pravděpodobně bude blízké výše uvedeným třem dřevinám a může souviset také s architekturou korun. Nízké hodnoty ( $E/\rho < 8$ , resp.  $E^{1/2}/\rho < 3$ ) znamenají velký náklon kmene a riziko vývratu nebo zlomu kmene v důsledku vzniku extrémních deformací ve dřevě a plastického chování. Takové chování je typické pro vrbu, habr a kaštanovník; všechny mají minimální hodnoty materiálových indexů v tabulkách 3 a 4. Podobně by se mohl projevovat také topol a jilm.



Graf 2: Porovnání modulů pružnosti v ohybu  $E$  (GPa) a hustoty  $\rho$  ( $\text{Mg.m}^{-3}$ ) čerstvého dřeva. Obě osy jsou logaritmické. Černé značky odpovídají MZD a bílé značky ostatním dřevinám.

Tabulka 4: Porovnání modulů pružnosti v ohybu  $E$  (GPa) a hustoty  $\rho$  ( $\text{Mg.m}^{-3}$ ) čerstvého dřeva (LAVERS 1983, KRETSCHMANN 2010, HORÁČEK nepubl.) ( $\sigma/\rho, \sigma^{2/3}/\rho$ ) s vypočítanými materiálovými indexy ( $E/\rho, E^{1/2}/\rho$ ) včetně grafického vyjádření. MZD jsou v tabulce zvýrazněny.

	tyč				nosník	
	$E$	$\rho$	$E/\rho$	-	$E^{1/2}/\rho$	-
jedle	8,0	0,85	9,4	1,00	3,3	1,0
borovice	8,3	0,74	11,2	1,19	3,9	1,17
smrk	7,5	0,72	10,4	1,11	3,8	1,14
modřín	9,5	0,82	11,6	1,23	3,8	1,13
bříza	10,3	0,88	11,7	1,24	3,6	1,10
akát	10,8	0,92	11,7	1,25	3,6	1,07
topol	7,5	0,78	9,6	1,02	3,5	1,06
osika	7,3	0,77	9,5	1,01	3,5	1,05
lípa	6,6	0,75	8,8	0,94	3,4	1,03
jasan	9,9	0,93	10,6	1,13	3,4	1,02
olše	8,2	0,86	9,5	1,01	3,3	1,00
jedle	8,0	0,85	9,4	1,00	3,3	1,00
ořešák	9,6	0,96	10,0	1,06	3,2	0,97
dub	9,1	0,95	9,6	1,02	3,2	0,95
buk	9,6	1,01	9,5	1,01	3,1	0,92
javor	7,8	0,92	8,5	0,90	3,0	0,91
vrba	6,0	0,82	7,3	0,78	3,0	0,90
jilm	7,7	0,95	8,1	0,86	2,9	0,88
habr	8,0	0,99	8,1	0,86	2,9	0,86
kaštanovník	6,6	1,06	6,2	0,66	2,4	0,73

#### DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Přeměna sekundárních porostů, především smrku ztepilého, je hlavním úkolem pěstění lesů posledních několika desetiletí (BEDNÁŘ 2016). Snahou nemusí být dosažení přirozené skladby, ale skladby cílové, pro jejíž stanovení slouží mimo jiné i produkční možnosti dřevin a stabilita porostů. Vzhledem k vlastnostem dřeva a produkčním možnostem je ekonomicky výhodnou a na vhodných stanovištích ideální porostní směsí jedle bělokorá. Využití jedlového dřeva v dřevařství je srovnatelné se dřevem smrkovým. Jako jediný domácí jehličnan ale také splňuje požadavky na zpevňující funkci a zlepšení stability lesních porostů. V tom je srovnatelná s takovými MZD, jako jsou dub, javor, buk, jasan, olše, lípa a osika. Tyto dřeviny včetně jedle mají optimální poměr mezi pevností dřeva v tlaku, modulem pružnosti v ohybu a objemovou hmotností. Navržené materiálové indexy a doporučené limitní hodnoty tedy mohou být vhodným vodítkem při posuzování zpevňující funkce u jakékoliv dřeviny, nejen současných MZD.

Seznam použité literatury je k dispozici u autora.

Autor:

prof. Dr. Ing. Petr Horáček

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Brno

E-mail: horacek.p@czechglobe.cz