

ZÁKLADY ARBORISTIKY

Barbora Vojáčková,
a kol.

Skriptum 2013

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta

Tato skripta byla vytvořena v rámci projektu InoBio – Inovace biologických a lesnických disciplín pro vyšší konkurence schopnost, registrační číslo projektu CZ.1.07/2.2.00/28.0018. za přispění finančních prostředků EU a státního rozpočtu České republiky.



Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
2013

Učební text pro předmět Základy Arboristiky

Autoři kapitol:

Stavba dřeva	doc. Ing. Vladimír Gryc, Ph.D., doc. Ing. Hanuš Vavrčík, Ph.D.
Vlastnosti dřeva	doc. Ing. Vladimír Gryc, Ph.D., doc. Ing. Hanuš Vavrčík, Ph.D., prof. Dr. Ing. Petr Horáček
Arboristika	Bc. Barbora Vojáčková, DiS.
Člověk a stromy	Ing. Luděk Praus, Ph.D.

Autoři fotografií:

Antonín Ambros, Ořez Stromu
Radovan Kučera, Ořez stromu
Barbora Vojáčková

Pro zpracování byla použita databáze firmy **Safe Trees s.r.o., Ořez stromu** a portálu **Stromy pod kontrolou.**

OBSAH

Strom	5
Stavba dřeva	5
Vlastnosti dřeva.....	22
Arboristika	70
Historie arboristiky – zahraničí	71
Historie arboristiky – ČR.....	73
Člověk a stromy	75
Negativní působení stromů.....	77
Stupně projektové dokumentace	78
Hodnocení stavu stromů.....	85
Pěstební opatření	97
Řezy stromů	97
Vazby	105
Výsadby stromů.....	107
Kácení.....	110
Ochrana dřevin při stavební činnosti	113
Projekty v oboru	114
Arboristické standardy.....	114
Certifikace.....	115
Portál Stromy Pod Kontrolou.....	117
Použité zdroje:	118

STROM

STAVBA DŘEVA

Dřevo je organický materiál rostlinného původu. Z biologického hlediska se jedná o soubor rostlinných pletiv, která mají převážně zdřevnatělou buněčnou stěnu jednotlivých buněk. Většina buněk, které tvoří dřevo rostoucího stromu je mrtvá. Dřevo se nachází především v dřevinách.

Dřeviny jsou víceleté semenné rostliny. Lze je rozdělit na:

- * stromy,
- * keře,
- * polokeře,
- * liány.

Stromy jsou dřeviny, které v dospělosti dorůstají výšky aspoň 6 metrů a obvykle mají jeden kmen. Termínem **keře** jsou označovány dřeviny, které zřídka dorůstají do výšky větší než 6 metrů a zpravidla mají také více kmenů. Typickými představiteli keřů jsou například líska, dřín, ptačí zob aj. **Polokeře** mají dřevnaté jen starší části, zatímco mladší jsou nezdřevnatělé. Příkladem polokeřů může být borůvka nebo brusinka. **Liány** jsou dřeviny, které nejsou schopny vzpřímeného růstu bez opory. Liány nacházíme především v deštných lesích tropických oblastí. Také u nás lze nalézt dřeviny, které řadíme mezi liány – např. břečťan popínavý.

Strom lze rozdělit na tři hlavní části. Podzemní část tvoří **kořen**. Střední část tvoří **kmen**, který přechází v **korunu** (soubor větví s listy). Zastoupení jednotlivých částí stromu závisí především na dřevině. Většina buněk, které tvoří dřevo má protáhlý tvar a tyto buňky jsou převážně orientovány rovnoběžně s podélnou osou kmene. Z toho vyplývá, že vzhled povrchu dřeva bude značně ovlivněn úhlem, který bude řezná rovina svírat s podélnou osou kmene. Proto zavádíme tzv. základní řezy kmenem. Základní řezy rozlišujeme tři) :

- * příčný,
- * radiální,
- * tangenciální.

Příčný řez (značen P) je řez, který je vedený rovinou, která je kolmá na podélnou osu kmene. Tento řez lze běžně pozorovat například na pařezu nebo na čele kulatiny. Z tohoto důvodu bývá také někdy označován jako řez čelní.

Radiální řez (značen R) je řez, který je vedený rovinou rovnoběžnou s podélnou osou kmene, přičemž tato rovina prochází touto osou. Tento řez je z pohledu příčného řezu veden po poloměru, resp. průměru kmene a z tohoto důvodu se někdy používá české označení poloměrový řez (radius = poloměr).

Tangenciální řez (značen T) je řez, který je vedený rovinou rovnoběžnou s podélnou osou kmene, přičemž tato rovina uvedenou osou neprochází. Z pohledu příčného řezu je tento řez vedený jako tečna k některému z letokruhů, od čehož je odvozen název tohoto řezu (tangenta = tečna).

Radiální a tangenciální řez jsou *řezy podélné*, protože jsou vždy vedeny rovinou rovnoběžnou s podélnou osou kmene.

Pokud je řez dřevem veden rovinou, která neodpovídá ani jedné z výše uvedených definic základních řezů, hovoříme o *šikmém řezu*.

- * podélný (L) – je veden rovnoběžně s osou kmene,
- * radiální (R) – probíhá kolmo na letokruhy,
- * tangenciální (T) – je tečnou k některému z letokruhů.

Při pohledu na příčný řez kmenem můžeme rozlišit ve směru od obvodu ke středu několik pozorovatelných vrstev:

- * vnější kůra,
- * lýko,
- * dřevo,
- * dřevň.

V rostoucím stromě plní jednotlivé vrstvy různé funkce. **Vnější kůra** plní funkci ochrannou, mechanickou a tepelně izolační. **Lýko** v rostoucím stromě rozvádí produkty fotosyntézy a také plní funkci zásobní. **Dřevo** má především funkci vodivou a mechanickou. Vodivou funkcí rozumíme vedení vody s rozpuštěnými minerálními látkami od kořenů směrem ke koruně. Pod mechanickou funkcí pak chápeme schopnost

dřeva držet kmen ve vzpřímené poloze. **Dřeň** se nachází ve středu kmene. Plní vodivou funkci především v prvním roce života stromu.

Mezi dřevem a lýkem se nachází tzv. **kambium**, což je dělivé pletivo, které produkuje nové buňky dřeva i lýka. Mezi lýkem a vnější kůrou se nachází jiné dělivé pletivo – **felogén**, který vytváří nové buňky vnější kůry. Kambium ani felogén není možné pouhým okem rozpoznat.

Poznání stavby, tj. struktury dřeva nám umožní určovat druhy jednotlivých dřev. Určování dřev je zpravidla možné jen na úroveň rodového názvu, nikoliv druhového. Např. lze poznat, že se jedná o dřevo smrku, ale již nejsme schopni určit druhové jméno, tj. jestli se jedná o smrk obecný nebo smrk východní. Na druhou stranu je nutno poznamenat, že některé druhy dřevin mají natolik odlišné dřevo, že je dokonce nutné tato dřeva odlišovat. Příkladem může být dřevo borovice lesní a borovice vejmutovky.

MAKROSKOPICKÁ STAVBA DŘEVA

Termínem *makroskopická stavba dřeva* označujeme všechny znaky, které lze na povrchu dřeva pozorovat pouhým okem, případně s použitím zvětšovacího skla. Znaky pro makroskopické určování dřev jsou následující:

- * základní znaky (letokruhy, jádro a běl, dřeňové paprsky, cévy, pryskyřičné kanálky, dřeňové skvrny, suky),
- * doplňkové znaky (barva, lesk, textura),
- * fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva ve vztahu k makroskopickému určování dřeva (hustota, tvrdost).

Tyto znaky si nyní podrobně popíšeme v následujících kapitolách.

Základní znaky

Letokruhy

Letokruh představuje různě silnou přírůstkovou vrstvu kmene, kořenů a větví. Letokruh je vytvořen činností kambia v průběhu jednoho vegetačního období. Vegetačním obdobím rozumíme tu část roku, po kterou jsou podmínky vhodné pro růst rostlin. V našich klimatických podmínkách je to období přibližně od dubna do listopadu.

U dřev se zřetelnými letokruhy lze letokruhy pozorovat na všech základních řezech. Na příčném řezu letokruhy vytváří víceméně soustředné kružnice, na radiálním řezu

letokruhy vytvářejí rovnoběžné pásy a na řezu tangenciálním zvlněné parabolické útvary.

V oblastech mírného pásma se tvoří letokruh v průběhu vegetačního období. Každý letokruh se skládá ze dvou barevných a i strukturně odlišných částí. Na začátku vegetačního období je činností kambia vytvářeno **jarní dřevo**, které má světlejší barvu. V druhé části vegetačního období pak kambium začíná tvořit **letní dřevo**. Letní dřevo je tmavší částí letokruhu. Rozdílnost v barvě je dána rozdílnou stavbou a funkcí dřeva. Jarní dřevo v rostoucím stromě má především funkci vodivou, letní dřevo plní především mechanickou funkci.

Na základě struktury letokruhu je možné rozdělit dřevo našich dřevin do následujících skupin:

- * dřevo jehličnatých dřevin,
- * dřevo listnatých dřevin s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva,
- * dřevo listnatých dřevin s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva,
- * dřevo listnatých dřevin s polokruhovitě pórovitou stavbou dřeva.

Dřevo jehličnatých dřevin

Pro tuto skupinu dřev platí, že letokruhy jsou velmi dobře zřetelné. V letokruhu je možné velmi dobře vylišit jarní a letní dřevo. Jarní dřevo je zpravidla širší a má světlejší barvu. Letní dřevo má tmavší barvu a je užší. V rámci letokruhu pozorujeme různě zřetelný přechod mezi jarním a letním dřevem. Dřevo u nás vysazovaných jehličnanů lze podle výraznosti tohoto přechodu (od ostrého k pozvolnému) seřadit následovně:

- * nejostřejší: modřín,
- * velmi ostrý: douglaska, borovice,
- * středně ostrý: tis, jedle, smrk,
- * pozvolný: jalovec, vejmutovka.

Dřevo listnatých dřevin s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva

U této skupiny dřev jsou letokruhy také velmi dobře zřetelné. V rámci letokruhu je možné pozorovat strukturně odlišné jarní a letní dřevo. Na příčném řezu pozorujeme v jarním dřevě otvůrky, tzv. makrocévy. Na podélných řezech jsou makrocévy podélně

rozřezány a vytvářejí svislé rýhy. V letním dřevě se vyskytují letní cévy – mikrocévy, které jsou makroskopicky nepozorovatelné. U některých dřev se však mikrocévy seskupují a vytvářejí tak charakteristickou kresbu letního dřeva, která je makroskopicky pozorovatelná (např. dub – plaménky, jilm – vlnkování, akát – tečkování).

Dřevo listnatých dřevin s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva

Na rozdíl od předchozích dvou skupin, dřevo listnatých dřevin s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva má letokruhy zpravidla málo zřetelné. Pouze u dřeva buku, platanu a javoru jsou letokruhy relativně dobře zřetelné. V letokruhu není možné vylišit zónu jarního a letního dřeva. Ve dřevě jsou přítomny pouze úzké cévy – mikrocévy, které jsou makroskopicky nezřetelné (podélné řezy jsou hladké).

Dřevo listnatých dřevin s polokruhovitě pórovitou stavbou dřeva

Tato skupina tvoří přechodnou skupinu mezi kruhovitě a roztroušeně pórovitými dřevy. Na základě přítomnosti makrocév a mikrocév lze dřeva v této skupině rozdělit následovně:

* Letokruhy jsou relativně dobře zřetelné a ve dřevě se vyskytují jen mikrocévy. Na příčném řezu je možné vylišit úzkou zónu světlejšího jarního dřeva. Vyšší viditelnost jarního dřeva je způsobena větším množstvím mikrocév v této části letokruhu (obr. 3–7). Podélné řezy jsou hladké. Příkladem může být dřevo třešně a švestky.

* Letokruhy nejsou na příčném řezu dobře viditelné (obr. 3–7). Ve dřevě jsou přítomny pouze makrocévy, které jsou rovnoměrně rozptýleny v rámci každého letokruhu. Průměr makrocév se snižuje od jarního do letního dřeva. Vlivem přítomnosti makrocév se na podélných řezech vyskytují rýhy. Z našich dřev do této podskupiny patří dřevo ořešáku.

Kambium u stálezelených dřevin v oblastech tropického a subtropického pásma tvoří dřevo nepřetržitě nebo dochází k tvorbě *přírůstových zón*. Přírůstové zóny odpovídají střídání období sucha a období dešťů.

Jádru a běl

U některých dřev lze pozorovat tmavěji zbarvenou centrální část kmene, tzv. **jádru**. Jádru má pravidelný tvar (obr. 3–8). V jádře se ukládají *jádrové látky*, které zvyšují trvanlivost a odolnost jádra (odolnost proti houbám a povětrnostním vlivům). Jádrové

látky uložené v jádrovém dřevě na vzduchu oxidují a způsobují tak ztmavnutí jádrového dřeva.

Tvorba jádra je výsledkem procesů probíhajících v důsledku přirozeného stárnutí stromu. Během procesu tvorby jádra dochází k odumírání živých buněk a k ucpání vodivých cest. Jádrové dřevě v rostoucím stromě již neplní vodivou funkci. Jádrové látky uložené ve vodivých cestách jsou důvodem, proč je jádrové dřevě hůře impregnovatelné. Jádrové dřevě je tvořeno pouze mrtvými buňkami.

Běl je světleji zbarvená část dřeva, propustná pro vodu a v rostoucím stromě je charakterizována přítomností živých buněk. I přesto je velká část buněk, které tvoří bělové dřevě mrtvá. Bělí je vedena voda s minerálními látkami od kořenů ke koruně stromu. S vodivou funkcí je spojena vyšší vlhkost běli. Bělové dřevě je oproti jádru méně trvanlivé a odolné, ale snadněji impregnovatelné.

Vyzrálé dřevě je ta část dřeva kmene, která má stejné vlastnosti jako dřevě jádrové (mrtvé buňky, ukládání jádrových látek, ucpané vodivé cesty), avšak zbarvením odpovídá dřevě bělovému. Z toho vyplývá, že vyzrálé dřevě není barevně odlišitelné od bělového dřeva. Pouze po skácení je možné pozorovat vyzrálé dřevě jako světleji zbarvenou středovou část kmene, zatímco běl je v důsledku vyšší vlhkosti zbarvena tmavěji. Po vysušení dřeva barevné rozdíly mezi obvodovou a centrální částí kmene vymizí.

Zatímco jádro se vytváří v důsledku přirozeného stárnutí stromu, u některých dřevin které jádro nevytvářejí, může být v důsledku působení různých faktorů (houby, hmyz, mráz) vyvolán proces tvorby jádra, které označujeme jako **nepravé jádro** (obr. 3–9). Ve srovnání s jádrem je nepravé jádro nepravidelného tvaru a je ohraničeno tmavou linií. Nepravé jádro je považováno za vadu dřeva. Je-li nepravé jádro bez hniloby, jedná se pouze o estetickou vadu a toto dřevě může být bez problému zpracováváno.

Rozdělení dřev podle výskytu jádra, bělí a vyvrátého dřeva

Na základě barevných rozdílů je možné dřevo našich dřevin rozdělit do následujících skupin:

* Dřeva bělová – na příčném řezu kmenem mají stejnou barvu dřeva (žlutobílou, naředlou nebo narůžovělou). Do této skupiny patří dřeva břízy, olše, habru, javoru, hrušky a osiky.

* Dřeva s bělí a jádrem – mají ve střední části kmene výrazně zbarvenou tmavší zónu jádra a na obvodu světlejší vrstvu bělí. Jádro se vyznačuje nižší vlhkostí. Mezi dřeva jádrová patří např. borovice, modřín, dub, akát, třešeň, ořešák.

* Dřeva bělová s vyvrátým dřevem – po skácení kmene je pozorována tmavší obvodová část kmene (způsobeno vyšší vlhkostí). Po vyschnutí je barva dřeva po celém poloměru kmene stejná. Do této skupiny je zařazováno dřevo buku, lípy, smrku, jedle, z keřů např. hloh.

* Dřeva s bělí, jádrem a vyvrátým dřevem – mezi obvodovou částí (bělí) a tmavou centrální částí kmene (jádro) se nachází mezikruží s vyvrátým dřevem (jasan, jilm, vrba).

Při praktickém určování dřeva vystačíme s rozdělením na dřeva jádrová (běl a jádro) a bělová.

Dřeňové paprsky

Dřeňové paprsky jsou tvořeny souborem parenchymatických buněk a jsou orientovány kolmo na osu kmene. V živém stromě zabezpečují funkci zásobní. Také umožňují horizontální transport organických látek (produkty fotosyntézy) a vody.

Na příčném řezu pozorujeme dřeňové paprsky jako úzké pásy probíhající kolmo na hranici letokruhu (v radiálním směru). Na radiálním řezu tvoří dřeňové paprsky různé velké *lesklé plošky* (zrcadla) a na tangenciálním řezu různě vysoké často tmavěji zbarvené svíslé čárky (dub a buk tmavě hnědé, olše načervenalé) – obr. 3–11.

Dřeňové paprsky jsou přítomny ve dřevě všech dřevin, ale jejich velikost je rozdílná. Podle mohutnosti se dělí dřeňové paprsky na:

* **široké** – viditelné na všech základních řezech (dub, pajasán, buk, platan, habr, olše aj.),

* **úzké** – viditelné pouze na radiálním řezu (jilm, jasan, akát, javor, třešeň, ořešák aj.),

* **velmi úzké** – nejsou viditelné (dřevo všech jehličnanů, vrba, topol, hrušně aj.).

U dřeva habru a olše se vyskytují i tzv. **nepravé** (sdružené) dřeňové paprsky. Jedná se o seskupení úzkých dřeňových paprsků do jednoho shluku. Makroskopicky pozorujeme toto seskupení jako jeden velký dřeňový paprsek.

Přítomnost dřeňových paprsků na radiálním řezu zvyšuje rozmanitost kresby dřeva. Podle odrazu světelných paprsků se dřeňové paprsky jeví jako světlejší nebo tmavší část dřeva ve vztahu k okolnímu dřevu. Zastoupení dřeňových paprsků je u jehličnanů 5–10 % u listnáčů více 10–20 % z celkového objemu kmene.

Cévy

Cévy nebo-li póry se vyskytují pouze ve dřevě listnatých dřevin. Cévy si lze představit jako trubičky orientované rovnoběžně s osou kmene. Cévy plní ve dřevě funkci vodivou. Cévy je vedena voda od kořenů do koruny stromů v bělové části dřeva. V jádrovém dřevě jsou cévy vyplněny vodou, jádrovými látkami nebo vzduchem. Cévy lze rozdělit podle příčných rozměrů na:

* makrocévy – jsou makroskopicky pozorovatelné (průměr větší jak 0,1 mm) na příčném řezu jako póry. Na radiálním a tangenciálním řezu jsou makrocévy podélně rozřezány a zobrazují se ve formě rýh.

* mikrocévy – nejsou makroskopicky pozorovatelné (průměr menší jak 0,1 mm).

Na základě přítomnosti jednotlivých typů cév se dřevo listnatých dřevin dělí na dřevo s kruhovitě, polokruhovitě a roztroušeně pórovitou stavbou dřeva.

Pryskyřičné kanálky

Pryskyřičné kanálky se vyskytují pouze u rodů smrk, modřín, borovice a douglaska. Ostatní rody jehličnatých dřevin mají dřevo bez pryskyřičných kanálků (např. rody jedle, tis a jalovec). Pryskyřičné kanálky plní ve dřevě ochrannou funkci. Ve dřevě jehličnanů se vyskytují pryskyřičné *kanálky vertikální* a *horizontální*. Vertikální pryskyřičné kanálky probíhají rovnoběžně s podélnou osou kmene, horizontální pryskyřičné kanálky se nacházejí ve vícevrstevných dřeňových paprscích a probíhají v radiálním směru. Pryskyřičné kanálky jsou navzájem propojeny a vytvářejí tak ve dřevě souvislou síť.

Pryskyřičné kanálky mají velmi malé rozměry, a proto jsou špatně pozorovatelné na neohoblovaném řezivu. Na opracovaném dřevě pozorujeme pouze pryskyřičné kanálky vertikální. Na příčném řezu lze pryskyřičné kanálky pozorovat jako světlejší body v letním dřevě. Na radiálním a tangenciálním řezu vytvářejí pryskyřičné kanálky tmavěji zbarvené svíslé čárky medové barvy (obr. 3–13). Procentické zastoupení pryskyřičných kanálků ve dřevě je 0,5 % z celkového objemu kmene.

Dřeňové skvrny

Pod pojmem dřeňová skvrna rozumíme hojivý parenchym. Dřeňové skvrny vznikají ve dřevě v důsledku poškození kambia hmyzem. Makroskopicky se dřeňové skvrny na příčném řezu zobrazují jako skvrnky tmavé barvy, které jsou na příčném řezu rovnoběžné s hranicí letokruhů. Na radiálním a tangenciálním řezu tvoří dřeňové skvrny různě dlouhé tmavě zbarvené svíslé čárky (obr. 3–14). Vyskytují se převážně u bělových dřevin jako je např. olše, bříza, javor, hrušeň aj. Dřeňové skvrny se hojně vyskytují u dřeva břízy a olše a pro tato dřeva jsou důležitým makroskopickým znakem (dlouhé několik mm až cm).

Doplňkové znaky

Barva dřeva

Zbarvení dřeva způsobují látky uložené v buněčných dutinách (lumenech) nebo buněčných stěnách. Jsou to barviva, třísloviny, pryskyřice a produkty jejich oxidování. Barva dřeva je charakteristická pro jednotlivé dřeviny. Je vlastností velmi proměnlivou, mění se vlivem světla, vzduchu, vlhkosti, je také podmíněna klimatickými podmínkami, ve kterých je dřevo uloženo. Dřeviny mírného pásma mají světlejší zbarvení než dřeviny tropického pásma. Intenzita zbarvení se zvyšuje s věkem, což je zejména dobře pozorovatelné u jádrových dřevin. Změna barvy může také poukazovat na počátky hnilobných procesů. Barva dřeva se může také měnit působením fyzikálních a chemických vlivů při dopravě, ochraně a opracování dřeva (např. černání dubového dřeva při delším kontaktu s železnými částmi obráběcích nástrojů a strojů). Barva se mění také v důsledku technologických pochodů (paření, moření, povrchové úpravy). Barva dřeva je významný faktor při návrhu nábytku, hudebních nástrojů, sportovních potřeb, uměleckých děl apod.

Lesk dřeva

Lesk dřeva je schopnost odrazet dopadající světelné paprsky. Nejvíce odrážejí světelné paprsky dřeňové paprsky. Nejvíce lesklým je řez radiální, kde dřeňové paprsky vytvářejí

různě velké lesklé plošky. Mezi lesklá dřeva patří javor (používá se termín hedvábný lesk), platan, buk, jilm, z tropických dřev např. mahagon. Dřeva habru, jabloně a hrušky patří mezi dřeva bez lesku. Zvýšení lesku lze u dřev docílit povrchovou úpravou (např. na pololesk, vysoký lesk). Lesk patří mezi doplňkové znaky při makroskopickém určování dřeva.

Textura dřeva

Textura dřeva je typická pro určitý řez a druh dřeva. Texturu dřeva pozorujeme nejlépe na povrchu opracovaného dřeva. Textura dřeva se vytváří kombinací jednotlivých makroskopických znaků. Hlavní vliv na texturu mají letokruhy (podíl a struktura jarního a letního dřeva), dřevné paprsky, barevná odlišnost jádra a běli, suky, přítomnost pryskyřičných kanálek aj. U některých dřevin je základní struktura dřeva obohacena přítomností zvláštností kresby dřeva. Zvláštnosti textury mohou být následující:

* **Svalovitost** (vlnitost dřevních vláken) je růstová odchylka, kdy dřevní vlákna neprobíhají přímo rovnoběžně s osou kmene. Na podélných řezech se vlnitost projevuje střídáním lesklých a tmavých ploch při změně úhlu pohledu a osvětlení (obr. 3–15). Tuto texturu je možné pozorovat u dřeva břízy ze severských oblastí (používá se název severská, plaměncová nebo švédská bříza). Vlnitost se také vyskytuje např. u dřeva jasanu, javoru, jilmu a dalších.

* **Očková kresba** je pro svoji zajímavou texturu v nábytkářském průmyslu velmi vyhledávána. Očka představují zárodky nevyvinutých větví, tzv. zarostlé spící pupeny (obr. 3–16). Očková kresba je typická pro dřevo javoru, kde mohou očka ojediněle dosahovat velkých rozměrů, nebo se vyskytuje větší množství drobných oček. Očková kresba se také může vyskytovat u dřeva topolu, vrby, ořechu aj.

* **Lískovcové dřevo** je zřejmě způsobeno genetickou vadou. Na příčném řezu dochází k vychýlení letokruhu v radiálním směru (obr. 3–17). Lískovcové dřevo je velmi časté u smrku, který rostl v horských oblastech, může se také vyskytovat u dřeva jedle, buku a jasanu (u listnatých dřevin je výskyt méně častý). Přítomnost lískovcového dřeva má pozitivní vliv na kresbu dřeva a jeho vyšší přirozený lesk. Lískovcové dřevo je vyhledáváno pro výrobu hudebních nástrojů a dýh. Mechanické vlastnosti lískovcového dřeva jsou nižší než u dřeva smrku.

* **Kořenice** se získává z oddenkové části kmene (místo mezi kmenem a kořeny). Rozmanitá kresba je výsledkem vrůstání letokruhů kořenů do spodní kmenové části (obr. 3–18). Často dochází k zarůstání malých kořínků s kůrou a hlínou. K charakteristickým znakům kořenicové dýhy je i vlnitý lesk. Kořenicová dýha je v nábytkářství velmi ceněna. Kořenicí lze získat z jakékoliv dřeviny, ale nejčastěji se zpracovává kořenice ořešáku, jasanu, javoru, topolu a břízy.

* **Reakční dřevo** vzniká jako reakce stromu na zvýšené mechanické namáhání větrem, sněhem, ledovkou aj. Charakteristickým znakem pro reakční dřevo je excentrický růst kmene (excentricky uložená dřev; nestejná šířka letokruhů). Reakční dřevo má odlišnou stavbu dřeva od dřeva normálního na všech úrovních. Reakční dřevo je souhrnným označením pro dřevo tlakové a tahové.

Tlakové dřevo se tvoří u jehličnatých dřevin na spodní straně ohnutého kmene a na spodní straně větví, tedy v místech, kde je ve dřevě tlakové napětí. Tlakové dřevo je dobře identifikovatelné pomocí širokých letokruhů, ve kterém převládá vysoký podíl tmavě zbarveného letního (= tlakového) dřeva. U silně ohnutých kmenů se vytváří tmavá srpovitá zóna (3–19). Po podélných řezech je tlakové dřevo pozorovatelné jako tmavé pásy (dochází k rozšíření letního dřeva).

Tahové dřevo se tvoří na horní straně ohnutého kmene a na horní straně větví. Makroskopicky je tahové dřevo od dřeva normálního špatně odlišitelné.

Suky

Suky představují pozůstatky živých nebo odumřelých větví. Vyskytují se ve dřevě všech dřevin. Na příčném a tangenciálním řezu mají suky oválný tvar, na radiálním řezu procházejí pod určitým úhlem k ose kmene. U dřevin s přeslenovitým uspořádáním větví tvoří suky na příčném řezu růžice. Okrouhlé nebo oválné suky zvýrazňují kresbu dřeva vlastním průběhem letokruhů a také tmavší barvou od okolního dřeva. Tmavá barva suků je způsobena užšími letokruhy a u jehličnatých dřevin přítomností reakčního dřeva. Suky narušují rovnovláknitou strukturu dřeva, snižují výtěžnost řeziva, zhoršují opracování a jsou považovány za vadu. Při makroskopickém určování se hodnotí velikost a barva suků. Jedná se pouze o doplňkový znak, především pro dřevo jehličnanů.

MIKROSKOPICKÁ STAVBA DŘEVA

Základem všech živých organismů jsou buňky. U mnohobuněčných organismů, kam patří všechny dřeviny, jsou jednotlivé buňky specializovány na určitou funkci. Buňky, které mají stejnou funkci a tvar, vytváří tzv. *pletiva*. Pletiva si můžeme rozdělit podle různých kritérií. Např. podle funkce dělíme rostlinná pletiva na mechanická, vodivá, zásobní aj.

Již jsme si řekli, že dřevo je soubor rostlinných pletiv, tj. není tvořeno jen jedním druhem pletiva.

V následujícím textu se podíváme na jednotlivé buňky, které dřevo tvoří. Někdy základním typům buněk říkáme anatomické elementy. Pro pozorování dřeva na úrovni jednotlivých buněk potřebujeme světelný mikroskop. Světelné mikroskopy dosahují běžně celkového zvětšení až 1000 krát. Pro určování druhů dřev na mikroskopické úrovni vystačíme s maximálním celkovým zvětšením 400 krát.

Stejně, jako se výrazně liší jehličnaté dřeviny od listnatých dřevin, tak také dřevo těchto dvou skupin je na mikroskopické úrovni výrazně odlišné.

Mikroskopická stavba dřeva jehličnatých dřevin

Jehličnaté dřeviny jsou vývojově starší, tj. objevily se na naší Zemi dříve než dřeviny listnaté. Jejich stavba je velmi jednoduchá – jsou složeny jen ze dvou typů anatomických elementů – tracheid a parenchymatických buněk.

Tracheidy tvoří až 95 % objemu jehličnatého dřeva. Jedná se o protáhlé buňky, které jsou na koncích uzavřené. Tyto buňky jsou orientovány rovnoběžně s podélnou osou kmene. Někdy se také používá označení vertikální tracheidy, protože u některých druhů dřev se lze setkat s tzv. horizontálními neboli ležatými tracheidanmi. Ty jsou orientovány kolmo na podélnou osu kmene. Jejich zastoupení ve srovnání s tracheidami vertikálními je zanedbatelné a nebudeme se jimi v dalším textu zabývat. Tracheidy plní ve dřevě rostoucího stromu dvě funkce. Za prvé plní funkci vodivou, tj. slouží k vedení vody s rozpuštěnými minerálními látkami směrem vzhůru ke koruně. Za druhé plní funkci mechanickou, čímž rozumíme schopnost držet kmen stromu ve vzpřímené poloze.

V kapitole Makroskopická stavba dřeva jsme se dozvěděli, že v rámci letokruhu je možné u dřeva jehličnatých dřevin rozlišit tzv. jarní a letní dřevo. Na mikroskopické úrovni lze pozorovat, že tracheidy se v těchto dvou částech letokruhů značně liší. *Jarní tracheidy*,

kteřé tvořív jarnív dřevó, mají většív lumen a tenčív buněčnou stěnu. Tím jsou předurčeny pro plnění především funkce vodivé. Naopak *letní tracheidy* tvořív letní dřevó a jsou ve srovnání s jarnív tracheidami charakteristické menšív lumenem a tlustšív buněčnou stěnou. Tlustšív buněčná stěna je předurčuje především pro mechanickou funkci.

Bylo řečeno, že tracheidy jsou buňky, které jsou na koncích uzavřené. Nabízív se tedy otázka, jak může být voda dopravována tracheidami směrem vzhůru. Odpověď je prostá, buněčné stěny tracheid mají tzv. ztenčeniný, což jsou místa, přes která jsou sousední tracheidy navzájem vodivě propojeny. V případě tracheid se jedná o tzv. dvůřkaté ztenčeniný, neboli dvojtečky.

Tracheidy jsou buňky mrtvé, tj. jsou tvořeny jen lignifikovanou buněčnou stěnou.

Kromě tracheid se nachází ve dřevě jehličnatých dřevin ještě jeden typ anatomických elementů – **parenchymatické buňky**. Parenchymatické buňky tvořív přibližně 5 % objemu dřeva. Jedná se o tenkostěnné buňky, které plní zpravidla zásobní funkci. Zásobní funkcív rozumívme schopnost ukládat organické látky bohaté na energii (např. škrob). Typickými ztenčeninami jejich buněčných stěn jsou tzv. jednoduché ztenčeniný neboli tečky.

U všech jehličnatých dřevin parenchymatické buňky vytvářív ve dřevě pásy orientované kolmo na podélnou osu kmene. Takovým pásům říkáme *dřeňové paprsky*.

U některých jehličnanů se lze také setkat s pásy parenchymatických buněk, které jsou orientovány rovnoběžně s osou kmene – tzv. axiální neboli *podélný parenchym*.

U všech druhů rodů smrk, borovice, modřín a douglaska se vyskytují pryskyřičné kanálky. Jedná se o mikroskopické kanálky mezi tracheidami. Vnitřní část těchto kanálků bývá vystlána vrstvou parenchymatických buněk, kterým říkáme *epitelové buňky pryskyřičných kanálků*. Tyto buňky plní funkci vylučovací, což znamená, že dovnitř pryskyřičných kanálků vylučují pryskyřici.

U rostoucích stromů má většina parenchymatických buněk, které se nachází v bělovém dřevě, živý buněčný obsah, tj. jedná se o buňky živé.

Mikroskopická stavba dřeva listnatých dřevin

Mikroskopická stavba dřeva listnatých dřevin je ve srovnání se dřevem jehličnanů složitější. Zatímco tracheidy jehličnanů musely plnit dvě funkce současně, u listnáčů nacházíme anatomické elementy specializované vždy na jednu funkci. U dřeva listnatých dřevin se nachází čtyři typy anatomických elementů: cévní články, libriformní vlákna, parenchymatické buňky a tracheidy.

Cévní články jsou anatomické elementy, které jsou na koncích otevřené (tzv. perforace) – mají více či méně rozpuštěnou příčnou přehrádku. Tyto cévní články jsou orientovány rovnoběžně s podélnou osou kmene. Jednotlivé cévní články poskládané nad sebou tak, že jsou propojeny přes perforace, vytváří vodivou cestu označovanou jako céva. Cévy plní funkci vodivou. Pro zjednodušení si můžeme cévní články představit jako trubky a cévy pak jako potrubí složené z trubek.

Na první pohled je zřejmé, že cévy jsou uzpůsobeny pro vodivou funkci lépe než tracheidy. Voda může být z jednoho cévního článku transportována do dalšího přímo vzhůru přes perforaci. I přes to jsou na buněčných stěnách cévních článků ztenčeniny, konkrétně dvojtečky, které umožňují propojení sousedních cév. Cévní články jsou mrtvé buňky. Zastoupení cév ve dřevě listnatých dřevin se pohybuje od 10 do 40 %.

Libriformní vlákna, někdy také zkráceně jen vlákna, jsou protáhlé buňky orientované rovnoběžně s osou kmene. Jejich procentické zastoupení je velmi proměnlivé v závislosti na druhu dřeva (30–70 %). Na koncích jsou tyto buňky uzavřené. Tím se trochu podobají tracheidám jehličnanů. Mají však menší příčné rozměry. Jedná se o mrtvé anatomické elementy tlustostěnné, což je předurčuje k plnění mechanické funkce. Oproti tracheidám je typickou ztenčeninou jejich buněčných stěn tzv. tečka.

Parenchymatické buňky jsou anatomickým elementem, který byl již dostatečně popsán u dřeva jehličnanů. V případě listnatých dřevin je však větší rozmanitost tvarů těchto buněk a také je jejich zastoupení ve dřevě vyšší (8–35 %). Parenchymatické buňky opět tvoří *dřeňové paprsky* (orientovány kolmo k podélné ose kmene) a *axiální parenchym* (rovnoběžně s podélnou osou kmene). Pryskyřičné kanálky se ve dřevě našich listnatých dřevin nevyskytují.

Tracheidy se vyskytují pouze ve dřevě některých listnatých dřevin. Tvoří vývojový přechod od tracheid jehličnanů k některému typickému elementu listnatých dřevin jako jsou cévní články nebo libriformní vlákna.

CHEMICKÉ SLOŽENÍ DŘEVA A SUBMIKROSKOPICKÁ STAVBA BUNĚČNÉ STĚNY

Chemické složení dřeva

Dřevo lze z chemického hlediska chápat jako přírodní biopolymer. Z hlediska elementárního složení, tj. zastoupení jednotlivých chemických prvků, není větších rozdílů mezi jednotlivými dřevinami. Nejvíce zastoupeným prvkem je uhlík (50 %), následovaný kyslíkem (44 %) a vodíkem (6 %). Tyto prvky vytváří především organické látky, ale ve dřevě se také nachází anorganické látky, z kterých při spalování vzniká popel (zpravidla 0,2–1,2 % hmotnosti dřeva).

Chemické látky, které tvoří dřevo můžeme rozdělit na hlavní a doprovodné složky.

Hlavní složky (90–97 %) jsou tvořeny celulózą, hemicelulóžami a ligninem. Celulóza a hemicelulózy jsou látky, které řadíme mezi polysacharidy. Lignin je pak směs heterogenních látek aromatického charakteru.

Celulóza vytváří základní kostru buněčných stěn jednotlivých buněk. Molekuly celulózy vytvářejí dlouhé řetězce. Hemicelulózy a lignin tvoří výplň mezi těmito řetězci. *Hemicelulózy* ovlivňují především chemické a fyzikální vlastnosti dřeva. *Lignin* je látkou, která zabezpečuje především tvrdost dřeva.

Doprovodné složky dřeva (3–10 %) jsou látky, které se ve dřevě vyskytují v malých množstvích. Jejich konkrétní zastoupení závisí značně na druhu dřeviny. Někdy tyto látky označujeme jako extraktivní látky, protože je zpravidla lze ze dřeva získat (extrahovat) různými chemickými postupy. Tyto látky mohou být uloženy v buněčných stěnách anatomických elementů, ale také mohou být v lumenech buněk nebo v mezibuněčných prostorech. Doprovodné složky mají vliv na barvu a vůni dřeva. Také mají vliv na vlastnosti dřeva. Často dodávají dřevu přirozenou trvanlivost a odolnost vůči vnějším škodlivým vlivům (houby, hmyz apod.).

Doprovodné složky tvoří celá řada látek v závislosti na konkrétním druhu dřeva. Např. v jádrovém dřevě listnatých dřevin se často vyskytují taniny, které se také označují jako třísloviny. Tyto látky zvyšují trvanlivost dřeva. Typickým dřevem s vysokým obsahem

tříslovin je např. dřevo dubu. U jehličnanů s pryskyřičnými kanálky se vyskytují pryskyřice, což z chemického hlediska bývají látky na bázi terpenů.

Submikroskopická stavba buněčné stěny

Již víme, že základní kostru buněčné stěny tvoří celulózové řetězce. Spojením více řetězců vedle sebe vzniká vyšší strukturní jednotka, která se označuje jako **fibrila**. Fibrily je možné pozorovat pomocí elektronového mikroskopu (zvětšení až 300 000 krát).

Jak již bylo zmíněno, dřevo je tvořeno převážně mrtvými buňkami, které jsou již tvořeny pouze buněčnou stěnou. Buněčná stěna je tvořena z následujících vrstev: *střední lamela*, *primární a sekundární buněčná stěna* – tzv. *submikroskopická stavba* buněčné stěny.

Tyto vrstvy se navzájem liší nejen rozdílným zastoupením jednotlivých chemických složek dřeva, ale i odlišnou orientací fibril v jednotlivých vrstvách. Rozdílná orientace fibril ve vrstvách buněčné stěny má zásadní vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva.

Rozhodující vrstvou, ovlivňující vlastnosti dřeva, je sekundární vrstva buněčné stěny, kde fibrily jsou orientovány téměř rovnoběžně s osou buňky.

SOUHRN

Dřevo patří mezi přírodní materiál rostlinného původu a z toho vyplývá jeho přirozená proměnlivost barev a textury. Makroskopickou stavbou dřeva rozumíme strukturu dřeva, která je pozorovatelná pouhým okem. Při určování druhu dřeva na základě makroskopické stavby je potřebné nalézt určující makroskopické znaky na třech základních řezech: *příčném*, *radiálním* a *tangenciálním*. Mezi základní makroskopické znaky pro určování dřeva patří: *struktura letokruhu* (dřeva jehličnatá; listnatá s kruhovitě, polokruhovitě a roztroušeně pórovitou stavbou dřeva), *vylišení jádra a bělí* (dřeva jádrová a bělová), *viditelnost dřeňových paprsků na řezech*, *cévy* (pouze v listnatém dřevě), *pryskyřičné kanálky* (jehličnany) a *dřeňové skvrny*. *Barva, lesk a textura* dřeva jsou doplňkovými znaky, které nám pomohou určit druh dřeva. Orientačně lze odhadnout *hustotu a tvrdost dřeva*.

Při určování druhu dřeva je potřebné mít na paměti, že některé makroskopické znaky jsou velmi proměnlivé i u dřeva stejného druhu (např. barva dřeva). Makroskopické

znaky umožňují pouze stanovit rodový název dřeviny, ze které dřevo pochází (např. smrk, dub). Zpravidla nelze určit dřevo na úroveň druhu (dub zimní, dub letní). V některých případech je makroskopicky nemožné navzájem rozlišit některé druhy dřev (např. vrba a topol). V těchto případech pro stanovení druhu dřeva musíme použít mikroskop.

VLASTNOSTI DŘEVA

Vlastnosti dřeva jsou obvykle členěny na **fyzikální** (např. hustota, bobtnání, tepelné a akustické vlastnosti) a **mechanické** (např. pevnost a pružnost). Toto členění je ovšem umělé, neboť všechny tyto vlastnosti jsou vlastnostmi fyzikálními, na rozdíl od vlastností chemických (např. chemická složení dřeva, struktura chemických konstituent) a biologických (např. anatomická stavba, odolnost dřeva vůči působení biotických škůdců). Pro vzájemnou sounáležitost vlastností dřeva budou fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva v jednotlivých kapitolách interpretovány a vysvětlovány z hlediska chemického složení a anatomické stavby dřeva.

Všechny vlastnosti dřeva podléhají vlivům faktorů, které lze vždy předem popsat a poznat. K nejdůležitějším faktorům, které ovlivňují vlastnosti a chování dřeva patří:

- * chemické složení a anatomická stavba dřeva,
- * předcházející historie dřeva,
- * vlastnosti prostředí a
- * zkušební metody.

V tab.1 jsou přehledně shrnuty nejdůležitější faktory, které je nutno při posuzování vlastností dřeva brát do úvahy. Nejvýznamnější z faktorů, které budeme posuzovat u jednotlivých fyzikálních vlastností dřeva, jsou (1) *stavba dřeva*, (2) *vlhkost dřeva*, (3) *hustota dřeva*, (4) *teplota dřeva* a (5) ovlivnění dřeva předcházejícími *technologickými postupy* (modifikace vlastností dřeva, sušení dřeva)

Faktory ovlivňující vlastnosti dřeva			
Stavba dřeva	Vlastnosti prostředí	Historie dřeva	Zkušební metoda
*zastoupení chemických látek	*relativní vzdušná vlhkost	*sušící režim	*geometrie a velikost
*odklon vláken a fibrilární struktury	*teplota	vlivem abiotických faktorů	zkušebních tělísek
*anatomický směr	*skupenství okolního prostředí (tekutiny)	*degradace dřeva vlivem biotických činitelů	*způsob zatížení (např. tlak, tah, smyk)
*hustota	*chemicko-fyzikální vlastnosti okolního prostředí (kapaliny a plyny)	*mechanické ovlivnění	*rychlost zatěžování
*poměr jarního a letního dřeva		*imisní zatížení	*délka trvání mechanického ovlivnění
*přítomnost jádrového a bělového dřeva			

Tab. 1: Systematický přehled faktorů, které ovlivňují vlastnosti dřeva.

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA

Povrchové a optické vlastnosti dřeva

Povrch dřeva

Textura dřeva je převážně dána makroskopickou stavbou dřeva, která je výsledkem stavby, tvaru a šířky letokruhů. Vzhledem k nehomogenitě letokruhů příčné řezy dřeva nevytvářejí spojitě povrchy, ale mají charakter *pórovité plochy*. Tato plošná pórovitost závisí na velikosti lumenů a šířce buněčných stěn a je obdobou objemové pórovitosti dřeva.

Barva a lesk dřeva

Barvu dřeva určují jeho hlavní chemické složky – celulóza, hemicelulózy a lignin; důležitá je také zastoupení extraktivních látek. Více než na objemovém podílu závisí na jejich výraznosti a barevnosti. Největší zastoupení ve dřevě má celulóza, její barva je bílá. Ta je však často překryta barvou ligninu, který je hnědý, a mnohem méně zastoupených extraktivních doprovodných látek, které jsou také velmi barevné.

Pro charakteristiku barvy dřeva se používá tři základních ukazatelů – **tónu, čistoty a světlosti**. Tón barvy se určuje vlnovou délkou světelného spektra. Čistota barvy vyjadřuje stupeň zředění spektrální barvy bílou a pohybuje se v rozmezí 0–100 %. Světlost barvy se vyjadřuje koeficientem odrazu, bílá barva odráží maximum světelných paprsků (koeficient odrazu se blíží 1), černá barvy paprsky pohlcuje (koeficient odrazu se blíží 0).

Dřevo má schopnost světelné paprsky některých vlnových délek pohlcovat a jiných odrážet, přičemž odražené paprsky mají jiné spektrální složení než dopadající. Pohlcováno je spektrum kolem 400 nm, což odpovídá fialové, případně modré barvě. Odráženy jsou světelné paprsky o vyšší vlnové délce; odražené světelné spektrum se pro různé barvy a odstíny dřeva pohybuje v rozmezí 575–585 nm, což představuje žlutou část spektra a teplé barevné tóny. Současně s tím se mění i čistota barev v rozmezí od 30 do 60 % a světlost ještě ve větším rozsahu (20–70 %).

Vlhkostní vlastnosti dřeva

Dřevo je materiálem schopným přijímat nebo odevzdávat vodu, ať už ve skupenství kapalném nebo plynném, a má schopnost měnit svoji vlhkost podle vlhkosti okolního prostředí – je **navlhavé** (*hygroskopické*) a **nasáklivé**. Ačkoliv dřevo může přijímat i jiné kapaliny a plyny, voda je z praktického hlediska nejdůležitější. Rostoucí strom obsahuje

velké množství vody, která je nezbytná pro jeho existenci. Po skácení se obsah vody ve dřevě podle dalšího použití dále snižuje nebo zvyšuje. Vzhledem k *hygroscopicitě* však dřevo prakticky vždy vodu obsahuje. Ve většině případů voda ve dřevě ovlivňuje i vlastnosti dřeva a způsobuje často jejich zhoršení. Se změnou obsahu vody ve dřevě jsou spojeny změny fyzikálních a mechanických vlastností, odolnosti proti houbám a napadení hmyzem, technologických postupů zpracování dřeva a další procesy. S rostoucí vlhkostí dřeva se fyzikální a mechanické vlastnosti zpravidla snižují. Odolnosti dřeva vůči napadení houbami a hmyzem suchého dřeva je také výrazně vyšší než u dřeva vlhkého.

Vlhkost dřeva

Vlhkostí dřeva se nazývá přítomnost vody ve dřevě. Vyjadřuje se podílem hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu – **vlhkost absolutní w** . Absolutní vlhkost se nejčastěji vyjadřuje v % a vypočítá se podle vztahu

$$w_{abs} = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100 = \frac{m_v}{m_0} \cdot 100 \quad (\%)$$

kde m_w - hmotnost vlhkého dřeva (kg, g), m_0 - hmotnost absolutně suchého dřeva (kg, g) a m_v - hmotnost vody (kg, g)

V závislosti na podílu vody ve dřevě ve vztahu k sušině dřeva rozlišujeme tři hraniční hodnoty:

* **vlhkost absolutně suchého dřeva** – ustálený poměr hmotnosti vody ke hmotnosti sušiny dle definičního vztahu při sušení dřeva teplotou $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ($w_0 = 0 \%$).

* vlhkost dřeva při nasycení buněčných stěn – buněčné stěny jsou zcela zaplněny vodou. Tato vlhkost se vyjadřuje **mezi nasycení buněčných stěn MNBS** nebo **mezi hygroscopicity MH** ($\text{MNBS} \approx \text{MH} = 22 \text{ až } 35 \%$) – tab.2.

* vlhkost dřeva při nasycení dřeva – kapilární systém (buněčné stěny a lumény) je plně nasycen vodou, dřevo obsahuje maximální množství vody. Tato vlhkost se vyjadřuje **maximální vlhkostí dřeva** ($w_{\max} = 80 \text{ až } 400 \%$).

MH (%)	Druh dřeva
22 - 24	jádrové dřevo jehličnanů s vysokým obsahem pryskyřice: borovice, modřín, douglaska, vejmutovka, limba
23 - 25	jádrové dřevo listnáčů s kruhovitě a polokruhovitě pórovitou stavbou dřeva: akát, kaštanovník, dub, jasan, ořešák, třešeň
26 - 28	jádrové dřevo jehličnanů s nižším obsahem pryskyřice: borovice, modřín, douglaska
30 - 34	jehličnatá dřeva s bělí a vyzrálým dřevem: smrk, jedle
32 - 35 a více	bělové dřevo jehličnatých dřevin s výrazným jádrem: vejmutovka, borovice, modřín listnatá dřeva s roztroušeně pórovitou stavbou: lípa, vrba, topol, olše, bříza, buk, habr bělové dřevo listnáčů s kruhovitě a polokruhovitě pórovitou stavbou: akát, kaštanovník, dub, jasan, ořešák, třešeň

Tab. 2: Mez hygroskopicity u různých druhů dřev.

Z hlediska uložení ve dřevě můžeme vodu rozdělit na **chemicky vázanou, vázanou** (hygroskopickou) a **volnou** (kapilární):

1. **Chemicky vázaná voda** je součástí chemických sloučenin. Nelze ji ze dřeva odstranit sušením, ale pouze spálením. Je ve dřevě zastoupena i při nulové absolutní vlhkosti dřeva. Zjišťuje se při chemických analýzách dřeva a její celkové množství představuje 1-2% sušiny dřeva. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností nemá žádný význam.

2. **Voda vázaná** (hygroskopická) se nachází v buněčných stěnách a je vázána vodíkovými můstky na hydroxylové skupiny OH amorfni části celulózy a hemicelulózy. Voda vázaná se ve dřevě vyskytuje při všech vlhkostech. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností má největší a zásadní význam.

3. **Voda volná** (kapilární) vyplňuje ve dřevě lumény buněk a mezibuněčné prostory. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností má podstatně menší roli než voda vázaná. Voda volná se ve dřevě vyskytuje pouze při vlhkostech vyšších než MNBS nebo MH ($w > 30 \%$).

Nasáklivost dřeva

Nasáklivost dřeva je schopnost dřeva v důsledku pórovité stavby nasávat vodu ve formě kapaliny. Nasáklivost je užitečná při posuzování maximální vlhkosti dřeva. Dřevo je maximálně nasáklé vodou (má maximální vlhkost), je-li plně nasyceno vázanou vodou a obsahuje-li maximální množství vody volné. Množství volné vody je závislé především

na objemu pórů ve dřevě, který je nepřímo úměrný hustotě dřeva. Hodnoty maximální vlhkosti jsou pro některé druhy dřev uvedeny v následující tab. 3.

Druh dřeva	w_{\max} (%)	Druh dřeva	w_{\max} (%)
modřín	123	habr	96
borovice	178	dub	119
smrk	203	bříza	131
jedle	250	osika	180
limba	208	topol	198

Tab. 3: Maximální vlhkost některých dřev.

Na vlhkost dřeva má největší vliv stavba a hustota dřeva, teplota a mechanické namáhání dřeva. Rozložení vlhkosti v kmeni rostoucího stromu je nerovnoměrné a mění se s výškou a po průměru kmene. Největší rozdíl mezi vlhkostí jádra (vyzrálého dřeva) a bělí je obecně u jehličnanů, kde jádro (vyzrálé dřevo, $w = 30\text{--}40\%$) má 3 - 4 krát menší vlhkost než běl ($w = 100\text{--}120\%$). Např. borovice a smrk mají průměrnou roční vlhkost jádra či vyzrálého dřeva 33–38 %, zatímco vlhkost běle je 112–132 %. U dřeva listnáčů je vlhkost dřeva po průměru kmene rozložena mnohem rovnoměrněji. U listnatých dřev s jádrem není podstatný rozdíl ve vlhkostech jádra a běle. Rovněž u listnatých dřevin bez jádra nejsou velké rozdíly mezi středovými a obvodovými vrstvami kmene a vlhkost se pohybuje mezi 70–90 %.

U čerstvého pokáceného dříví se s výškou stromu vlhkost u jehličnanů zvyšuje, což neplatí pro listnaté dřeviny, kde se vlhkost s výškou téměř nemění. Stejně tak vlhkost mladých stromů je vyšší než vlhkost stromů starších. Vlhkost dřeva čerstvého pokáceného dříví se mění i v průběhu roku. Maximální vlhkost dřeva je dosahována v zimním období, minimální je během léta. Vedle sezónních změn kolísá vlhkost dřeva i v průběhu dne.

Navlhavost dřeva

Dřevo je navlhavý, hygroskopický materiál, který má schopnost měnit svoji vlhkost podle vlhkosti okolního prostředí. Vlhkost dřeva, která se ustálí při daných podmínkách prostředí (relativní vzdušná vlhkost a teplota) se nazývá **rovnovážnou vlhkostí dřeva** (RVD). Stav, který je dosažen se potom nazývá **stavem vlhkostní rovnováhy** (SVR). S každou změnou relativní vlhkosti a teploty vzduchu se mění také rovnovážná vlhkost dřeva. Pokud je vlhkost dřeva nižší než odpovídá SVR, dřevo přijímá - **adsorbuje** - vodu ve formě vodní páry z okolního ovzduší, dokud nedosáhne SVR. Pokud je vlhkost dřeva

vyšší než SVR, nastává proces opačný a dřevo vodu ztrácí, což nazýváme **desorpcí**. Tento proces změny vlhkosti dřeva v závislosti na relativní vzdušné vlhkosti a teplotě prostředí je vratný, ale ne po stejné křivce. Pro stejnou relativní vlhkost a teplotu vzduchu je vlhkost dřeva vyšší při desorpci než při adsorpci. Závislost RVD na relativní vlhkosti vzduchu při konstantní teplotě se nazývá **sorpční izotermou**. Stav vlhkostní rovnováhy v závislosti na relativní vlhkosti a teplotě vzduchu můžeme určit buď z nomogramů nebo výpočtem z některé rovnice sorpční izotermy. Obvyklým nomogramem je Čulického nomogram. SVR při maximálně nasyceném vzduchu se nazývá mezi nasycení buněčných stěn MNBS nebo mezi hygroskopicity MH (viz. Tab. 4). MH je takovou rovnovážnou vlhkostí, kterou dosáhne dřevo dlouhodobě vystavené prostředí (vzduchu), jehož relativní vlhkost je blízká nasycení (RVD = 99,5%).

Navlhavost dřeva probíhá adsorpcí, která je dána poutáním plynné nebo kapalné látky na měrném vnitřním povrchu dřeva. Měrný vnitřní povrch dřeva je tvořen fibrilární strukturou submikroskopické stavby buněčné stěny. Důsledkem značné pórovitosti dřeva je velký vnitřní povrch, který se v závislosti na hustotě dřeva u suchého dřeva pohybuje kolem 100–300 m².g⁻¹ sušiny nebo 20–300 m².cm⁻³. Tento značný vnitřní povrch může adsorbovat – stejně jako většina porézních látek – vodní páru obsaženou v okolním vzduchu, a díky kapilárním transportním procesům může také přijímat kapaliny (např. voda, impregnační látky, lepidla), s nimiž je v přímém kontaktu.

Rozměrové změny spojené se změnou vlhkosti

Mění-li se vlhkost dřeva v rozsahu vody vázané, dřevo podléhá rozměrovým změnám – **hygroexpanzi rozměrů**. Snížení vlhkosti dřeva mokrého k mezi hygroskopicity (odpaření vody volné) nemá významný vliv na změnu rozměrů. **Sesýchání a bobtnání** je lokalizováno v buněčné stěně, kde dochází k oddalování či přibližování fibrilární struktury. Tím se mění rozměry jednotlivých elementů a dřeva jako celku. Velký vliv na velikost sesýchání a bobtnání má orientace fibril v buněčné stěně – k maximálnímu sesýchání a bobtnání dochází v příčném směru. V podélném směru podmíněné sklonem fibril je nepatrné. Sesýchání a bobtnání jsou procesy, při kterých se mění lineární, plošné nebo objemové rozměry tělesa v důsledku změny vlhkosti. Definují se jako podíl příslušné rozměrové změny a původní hodnoty rozměru.

Bobtnání

Bobtnáním nazýváme schopnost dřeva zvětšovat svoje rozměry, plochu nebo objem při přijímání vázané vody v rozsahu vlhkosti 0% – MH (MNBS). Rozeznáváme *bobtnání lineární* (v jednotlivých anatomických směrech – podélném, radiálním a tangenciálním), *plošné* (změna plochy tělesa) a *objemové* (změna objemu tělesa).

Bobtnání dřeva od absolutně suchého stavu do meze hygroskopicity označujeme jako **bobtnání celkové** (maximální). Bobtnání dřeva v jakémkoliv menším intervalu nazýváme **bobtnáním částečným**. Bobtnání se vyjadřuje podílem změny rozměru k původní hodnotě a uvádí se nejčastěji v %

$$\alpha_i = \frac{a_{iw_2} - a_{iw_1}}{a_{iw_1}} \cdot 100 \quad (\%)$$

kde a – rozměr tělesa, jeho plocha nebo objem (m, m², m³), i – index udávající směr, plochu nebo objem, w_1 – vlhkost před bobtnáním (%), w_2 – vlhkost po ukončení bobtnání (%).

Bobtnání má také anizotropní charakter. Podél vláken je bobtnání velmi malé a nepřesahuje 1%, průměrná hodnota celkového podélného bobtnání se pro naše dřeviny udává 0,1–0,4 %. V příčném směru dřevo bobtná mnohem více – v radiálním směru 3–6 %, v tangenciálním 6–12 %. Bobtnání v jednotlivých anatomických směrech se často vyjadřuje poměrem $\alpha_t : \alpha_r : \alpha_l = 20 : 10 : 1$. Součtem lineárních bobtnání získáme přibližnou hodnotu bobtnání objemového ($\alpha_V = \alpha_T + \alpha_R + \alpha_L$).

Pro praktické účely je vhodné znát procentickou změnu rozměrů, plochy nebo objemu, jestliže se vlhkost změní o 1%. K tomu slouží **koeficient bobtnání** K_{α} , který se vypočte ze vztahu

$$K_{\beta_i} = \frac{\alpha_i}{w_1 - w_2} \quad (\%/ \%)$$

kde K_{α_i} – koeficient bobtnání (%/1%), α_i – částečné bobtnání (%), $w_1 - w_2$ – rozdíl vlhkostí (%).

Sesýchání

Sesýcháním definujeme proces, při kterém se zmenšují lineární rozměry, plocha nebo objem tělesa v důsledku ztráty vody vázané. Podobně jako bobtnání můžeme sesýchání vyjádřit vztahem

$$\beta_i = \frac{a_{iw_1} - a_{iw_2}}{a_{iw_2}} \cdot 100 \quad (\%)$$

Sesýchání se řídí podobnými zákonitostmi jako bobtnání a rozeznáváme stejně definovanou další charakteristiku – koeficient sesýchání $K_{\beta i}$

$$K_{\beta i} = \frac{\beta_i}{w_1 - w_2} \quad (\%/ \%)$$

Stejně tak i celkové objemové sesýchání je dáno součtem celkového lineárního sesýchání v podélném, radiálním a tangenciálním směru se stejným podílem v jednotlivých směrech. Na základě hodnot koeficientu objemového sesýchání můžeme rozdělit dřeva do následujících skupin:

- * **dřeva málo sesýchavá** – koeficient objemového sesýchání je menší než 0,4 (tis, olše, vrba, topol, kaštanovník, střemcha, limba, akát)
- * **dřeva středně sesýchavá** – koeficient objemového sesýchání je 0,4–0,47 (borovice, smrk, jedle, dub, jilm, jasan, javor, ořešák, osika, jeřáb)
- * **dřeva hodně sesýchavá** – koeficient objemového sesýchání je větší než 0,47 (modřín, bříza, buk, habr, líska, lípa)

Koeficienty sesýchání a bobtnání u našich nejdůležitějších druhů jsou uvedeny v tabulce 4

Druh dřeva	Koeficient sesýchání β a bobtnání α (%/1%w)					
	objemového		radiálního		tangenciálního	
	K_{β}	K_{α}	K_{β}	K_{α}	K_{β}	K_{α}
modřín	0,52	0,61	0,19	0,20	0,35	0,39
borovice	0,44	0,51	0,17	0,18	0,28	0,31
smrk	0,43	0,50	0,16	0,17	0,28	0,31
bříza	0,54	0,64	0,26	0,28	0,31	0,34
Buk	0,47	0,55	0,17	0,18	0,32	0,35
jasan	0,45	0,52	0,18	0,19	0,28	0,31
Dub	0,43	0,50	0,18	0,19	0,27	0,29
osika	0,41	0,47	0,14	0,15	0,28	0,30

Tab. 4: Koeficienty sesýchání a bobtnání u vybraných druhů dřev

Borcení dřeva

Při sesýchání nebo bobtnání dřeva dochází ke změnám tvaru sortimentu. Tento jev se nazývá **borcení dřeva** a vzniká v důsledku různě velikého sesýchání nebo bobtnání v různých směrech. Borcení dřeva se může vyskytovat v příčném nebo podélném směru sortimentů.

Příčné borcení je vyvoláno rozdílným radiálním a tangenciálním sesýcháním uvažovaného sortimentu a je tím větší, čím větší je jeho vzdálenost od dřeně k obvodu kmene. Různé části desky se neseschnou stejným způsobem, výsledkem je žlábkovité prohnutí, způsobené rozdílným radiálním a tangenciálním sesýcháním (obr.). **Podélné borcení** sortimentů vzniká nerovnoměrným podélným sesýcháním dřeva, které způsobí prohnutí nebo stočení řeziva. Prohnutí sortimentu je vyvoláno rozdíly v podélném seschnutí mezi zónou bělového a jádrového dřeva nebo přítomností reakčního dřeva. Stočení je vyvoláno točitostí kmene, které vzniká v důsledku točivého průběhu vláken v kmeni. Borcení je vážným nedostatkem dřeva, které ztěžuje jeho opracování, použití na konstrukce a výrobky ze dřeva v prostředí, kde se často mění vlhkost vzduchu a teplota.

Vnitřní napětí při vysychání dřeva

Při vysychání – vypařování vody ze dřeva – vznikají ve dřevě při **nerovnoměrného sesýchání** vnitřní napětí, která se skládají ze dvou složek – vlhkostního a zbytkového napětí. **Vlhkostní napětí** ve dřevě vzniká v důsledku nerovnoměrně rozložené vlhkosti. Mimo vlhkostních napětí se ve dřevě objevují i napětí zbytková. **Zbytková napětí** jsou trvalá a při příliš rychlém režimu sušení jim nelze zabránit.

Na začátku sušení klesá vlhkost pod mez hygroskopicity nejdříve v *povrchových vrstvách*, které se snaží seschnout. Proti této deformaci působí *vnitřní vrstvy*, které mají vyšší vlhkost (nad mezí hygroskopicity nemění své rozměry) a brání volnému sesýchání povrchových vrstev. V povrchových vrstvách tak vzniká zbytkové tahové napětí a ve vnitřní zóně napětí tlakové. Jestliže velikost povrchového tahového napětí překročí mez pevnosti v tahu napříč vláken, dojde k roztržení povrchových pletiv a vzniku povrchových trhlin. Při dalším vysýchání se charakter napětí mění. Vnitřní vrstvy se dostávají do tahového napětí a povrchové vrstvy do tlakového napětí. Vzniklé povrchové trhliny se uzavřou a ve vnitřních vrstvách mohou vznikat při velkém tahovém napětí vnitřní trhliny.

Povrchové i vnitřní trhliny vznikají v *radiálním směru* a k roztržení pletiv dochází především podél *dřeňových paprsků*. Výpočet vnitřních napětí ve dřevě během sušení je jedním z postupů, jak tento proces optimalizovat. Příliš pomalé sušení je sice z hlediska kvality vysušeného dřeva bezpečné, náročné je ovšem na dodávanou energii. Příliš rychlé sušení naopak může způsobit, že napětí překročí kritické hodnoty meze pevnosti v tahu napříč vláken a vzniklé trhliny snižují výslednou kvalitu. Velikost a druh zbytkových napětí ve dřevě lze stanovit **vidličkovou zkouškou**.

Hustota dřeva a pórovitost dřeva

Hustota dřeva je charakterizována podílem hmotnosti dřeva a jeho objemu. Jde o jednu z nejvýznamnějších charakteristik dřeva, která významně ovlivňuje většinu fyzikálních a mechanických vlastností dřeva. Hustotu dřeva můžeme skutečně považovat za nejlepší kritérium pro posuzování vlastností dřeva. Dřevo je porézním materiálem. Objem pórů (lumeny buněk a mezibuněčné prostory) často u dřeva převyšuje objem buněčných stěn. Póry vytvářejí ve dřevě více méně průchodný, vzájemně spojený kapilární systém, který může být zcela zaplněný tekutinou, např. vodou. U mnoha dřev je ovšem kapilární pórovitost silně redukována v důsledku přítomnosti doprovodných vyluhovatelných látek nebo thyl.

Hustota dřeva

Pro charakteristiku hustoty dřeva používáme nejčastěji následující vlhkostní stavy:

* **hustota dřeva v suchém stavu** ($w = 0 \%$),

***hustota dřeva při vlhkosti 12 %**,

***hustota dřeva vlhkého** ($w > 0 \%$).

Pro možnost porovnání výsledků a použití při výpočtech používáme hustotu v absolutně suchém stavu ρ_0 . Pod absolutně suchým stavem rozumíme 0 % vlhkost dřeva. Hustota dřeva vlhkého ρ_w je charakterizována podílem hmotnosti a objemu dřeva při určité vlhkosti. Speciálním případem ρ_w je hustota dřeva při 12% vlhkosti. Tuto hustotu udávají platné normy, protože 12 % vlhkosti je dosaženo dlouhodobějším vystavením dřeva běžným podmínkám temperované místnosti ($T = 20^\circ\text{C}$, $\varphi = 65\%$). Veličinou velmi vhodnou pro technologické výpočty v lesním a dřevo-zpracujícím průmyslu je **konvenční hustota ρ_k** . Konvenční hustota udává, kolik sušiny se nachází v nabobtnalém objemu dřeva. Pomocí této veličiny lze např. přepočítat zásobu mokrého dřeva (s vlhkostí nad mezí hygroskopicity) v objemových jednotkách na hmotnost sušiny a naopak, což nalézá uplatnění zejména při váhové přejímce dříví. Hustota dřeva je obecně dána vztahem

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$$

kde m_w - hmotnost suchého dřeva (kg) a V_w - objem suchého dřeva (m^3).

Hustota dřeva našich domácích dřevin se pohybuje v širokém intervalu. Podle hustoty dřeva při 12% vlhkosti je možné dřeviny rozdělit do tří skupin (tab. 5). U exotických dřev se setkáváme s extrémy. Za nejlehčí dřevo se pokládá balza (*Ochroma lagopus* Sw.) s hustotou v absolutně suchém stavu $\rho_0 = 130 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, za nejtěžší dřevo guajaku (*Guaiacum officinale* L.) s hustotou $\rho_0 = 1360 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Souhrnné údaje o hustotě domácích dřev jsou uvedeny v tab. 6.

Dřeva s nízkou hustotou ($\rho_{12} < 540 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	borovice, smrk, jedle, topol, lípa, vrba, olše, osika
Dřeva se střední hustotou ($\rho_{12} = 540\text{--}750 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	modřín, tis, bříza, buk, hrušeň, dub, ořešák, jilm, jabloň, jasan, jeřáb, třešeň, kaštanovník
Dřeva s vysokou hustotou ($\rho_{12} > 750 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	habr, zimostřez, dřín, moruše, akát

Tab. 5: Rozdělení dřev podle hustoty dřeva při $w=12\%$.

Hustota dřeva závisí na řadě faktorů, z nichž k nejdůležitějším patří chemické složení, stavba a vlhkost dřeva, a poloha ve kmeni. Chemické složení dřeva kromě stavby dřeva ovlivňuje hustotu dřeva zastoupením dalších látek kromě hlavních chemických konstituent. Jedná se zejména o extraktivní látky, které zvyšují hustotu jádrového dřeva.

Proto dřeva listnatá kruhovitě-pórovitá, která jsou zpravidla jádrová, mají zpravidla vyšší hustotu než dřeva listnatá roztroušeně-pórovitá.

Druh dřeva	ρ_0 (kg.m ⁻³)	ρ_{12} (kg.m ⁻³)	ρ_k (kg.m ⁻³)	Druh dřeva	ρ_0 (kg.m ⁻³)	ρ_{12} (kg.m ⁻³)	ρ_k (kg.m ⁻³)
jedle	405	435	355	javor	630	670	540
modřín	560	590	485	olše	495	530	440
smrk	420	450	370	bříza	610	640	505
borovice	505	535	445	habr	750	790	625
douglaska	470	500	415	buk	685	720	570
tis	640	690	580	dub	680	725	610
vrba	385	410	335	jasan	670	710	600
lípa	475	505	405	topol	390	420	345
jilm	640	680	570	akát	760	800	660

Tab.6: Průměrné hodnoty hustot dřeva ρ_0 , ρ_{12} a konvenční hustoty ρ_k vybraných druhů dřev.

Pórovitost dřeva

Pórovitost dřeva vyjadřuje objem pórů v jednotkovém objemu suchého dřeva. Póry jsou tvořeny mezibuněčnými prostory, lumeny a kapilárním systémem v buněčných stěnách. Z uvedeného vzorce vyplývá, že *pórovitost je nepřímo závislá na hustotě dřeva*. U našich dřevin se pórovitost pohybuje v rozmezí 40–80 %. Pórovitost dřeva poskytuje informace o důležitých aspektech stavby dřeva a přispívá k pochopení těch vlastností, které závisí na pórovité struktuře dřeva – propustnost a difuze vody ve dřevě. Z technologického hlediska má velký význam při procesu impregnace, sušení a povrchové úpravy dřeva.

Pohyb vody ve dřevě

Tekutiny (kapaliny a plyny) se ve dřevě pohybují dvěma základními způsoby – **objemovým tokem a molekulárním tokem**. Objemový tok probíhá v kapilárách dřeva pod vlivem gradientu statického nebo kapilárního tlaku. Praktickou aplikací objemového toku je tlaková impregnace ochranných látek do dřeva a impregnace monomery. Velikost objemového toku dřevem je dána jeho **propustností**. Molekulární tok zahrnuje pohyb plynů v lumenech buněk přes ztenčeniny buněčných stěn a pohyb vody vázané v buněčné stěně. Aplikací molekulárního toku je sušení dřeva a pohyb vlhkosti dřevěným prvkem při dosahování rovnovážné vlhkosti dřeva. Molekulární tok látek popisujeme **difúzí**.

Difuze vody

Difúze charakterizuje ve dřevě **pohyb vody vázané**. Existuje-li ve dřevě nerovnoměrně rozložená vlhkost, je vyvolán pohyb vody – difúze, který vede k vyrovnání těchto rozdílů. Difúzí je označen **molekulární tok** způsobený nenulovým gradientem koncentrace, při

kterém se látka snaží najít rovnovážnou koncentraci. K tomuto pohybu není nutný vnější statický tlak, ale hybnou silou je pouze **gradient koncentrace**. Pod gradientem koncentrace si můžeme představit nerovnoměrně rozloženou vlhkost ve dřevě, ale i nerovnoměrně rozložené teplotní pole či chemický potenciál vody.

Difúzi vody ve dřevě ovlivňují zejména anatomická stavba, hustota a vlhkost dřeva. Vzhledem k protáhlému tvaru buněk, a tedy odlišným rozměrům lumenu v podélném a příčném směru, narůstá u dřeva rozdíl mezi difúzí v podélném a příčném směru proti difúzi v buněčné stěně na poměr $D_L = 2,5-100 D_T$ v závislosti na vlhkosti dřeva. S rostoucí vlhkostí se rozdíly mezi difúzí v různých směrech stírají. Na mikro- a makroskopické úrovni D ovlivňuje délka vodivých elementů, šířka lumenů buněk, uspořádání cév ve dřevě listnatých kruhovitě- a roztroušeně pórovitých dřevin a tracheid v jarním a letním dřevě jehličnatých dřevin, a orientace s vrstevnatostí dřeňových paprsků. Ztenčeniny buněčné stěny s výjimkou některých jehličnatých dřev (např. borovice) difúzi vody ve dřevě neovlivňují.

S rostoucí hustotou dřeva koeficient difúze obecně klesá v závislosti na klesající pórovitosti dřeva. Závislost koeficientu difúze na vlhkosti má odlišný průběh v podélném a příčném směru. S rostoucí vlhkostí D_L klesá, zatímco D_T roste až do MH . Teplota je kritickým faktorem ovlivňujícím difúzi vody ve dřevě, protože se zvyšování teploty roste intenzita pohybu molekul vody jak ve skupenství plynném, tak i kapalném (roste jejich entalpie). Průměrné hodnoty koeficientu difúze D pro dřevo se pohybují v intervalu $1-100 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Obecně platí, že koeficienty difúze v základních směrech jsou přibližně dány poměrem $D_L : D_R : D_T = 35 : 3 : 2$. Takto pojatá difúze má význam zejména z pohledu stavební fyziky při výpočtech dlouhodobých klimatických podmínek v budovách.

Propustnost dřeva

Propustnost je objemový tok tekutin přes látku (dřevo) vyvolaný gradientem vnějšího tlaku – statického nebo kapilárního – souhrnně nazývaný **hydrodynamickým pohybem**. Měřítkem propustnosti může být pórovitost dřeva, která určuje snadnost/obtížnost toku tekutin přes porézní látku – dřevo – za přítomnosti gradientu tlaku. K propustnosti látky pro tekutiny nestačí její pórovitost, podmínkou je navíc spojení volných prostor do kapilárního systému, u dřeva propojení lumenů buněk perforovanými přehrádkami cév, ztenčeninami buněčných stěn nebo křížovými poli

dřeňových paprsků. Pod vodivými cestami rozumíme zejména lumeny a mezibuněčné prostory buněk, kterými se pohybuje **voda volná**.

Propustnost dřeva pro kapaliny je značně závislá na anatomické stavbě dřeva (rozměrech elementů dřeva, struktuře a velikosti **ztenčenin buněčné stěny**, a propustnosti jednotlivých anatomických elementů), anatomickém směru, hustotě, vlhkosti dřeva a předcházejícím sušení dřeva. Všeobecně platí, že dřevo listnáčů je propustnější pro kapaliny než dřevo jehličnanů. Rozdíl je způsoben převážně přítomností cév. Největší propustnost je ve směru podélném, ve směru radiálním, podobně jako u difuze, je dřevo propustnější než ve směru tangenciálním. Rozdíl mezi podélnou a příčnou propustností je extrémní (největší ze všech fyzikálních vlastností dřeva) a je větší u dřeva listnáčů než u jehličnanů – tento poměr se pohybuje v rozmezí $K_{||}:K_{\perp} = 10^4 \dots 10^6 : 1$. U jehličnanů, kde propustnost dřeva ovlivňují ztenčeniny buněčné stěny, je znatelný vliv bradavičnaté W vrstvy, jejíž přítomnost může jinak malou propustnost jehličnatých dřev zvýšit. Koeficient specifické propustnosti K se v podélném směru ve dřevě pohybuje v intervalu $10^{-10} - 10^{-4} \text{ m}^2$ a ve směru příčném v intervalu $10^{-12} \dots 10^{-10} \text{ m}^2$.

Kapilární elevace

Volná voda se v pórovité struktuře dřeva (lumenech a mezibuněčných prostorách) může pohybovat kromě objemového toku (propustnost) také vztlínáním po stěnách kapilár – kapilární elevací (**vztlínáním**). Ve dřevě ponořeném do vody vystoupí tato v každé kapiláře do výšky h nad vodní hladinu podle vztahu

$$h = \frac{2\sigma}{\rho r g} \quad (\text{m})$$

kde σ – povrchové napětí vody, ρ – hustota vody, r – poloměr kapiláry a g – tíhové zrychlení.

Podle výše uvedeného vztahu lze dokázat, proč může být v rostoucím stromě udržen vodní sloupec (transpirační proud) až do 100 m výšky. U dřevěných konstrukčních prvků voda vztlíná kapilární elevací jen 10–50 cm.

Kolaps dřeva

Kolaps dřeva je vada vzniklá při sušení dřeva, kdy dochází ke zřetelnému **zhroucení buněčné struktury** a **stlačení buněčných stěn směrem do lumenu buňky**. Makroskopicky

se kolaps dřeva projevuje **vlnitým povrchem** vysušeného dřeva a **trhlinami** jiné povahy, než mají trhliny výsušné. Obvykle jsou ke kolapsu náchylná *málo propustná dřeva* v souvislosti s malými poloměry vodivých cest a vzniklými vysokými hodnotami kapilárního tahu v lumenech plně zavodněných buněk. Následkem vysokého kapilárního tahu kapaliny v lumenu je odpovídající mechanické namáhání buněčných stěn v příčném směru a v okamžiku kolapsu překročení jejich *meze pevnosti v tlaku napříč vláken*.

Náchylná na kolaps jsou především dřeva jádrová s inkrustovanými buněčnými stěnami a dřeva s výrazným zathylováním cév, jako jsou např. *Sequoia, Thuja, Tsuga* (jehličnany bez torusu) nebo ořešák, dub, akát a eukalyptus (listnáče kruhovitě pórovité s četným zathylováním). Shrňme-li, ke kolapsu dřeva přispívají následující faktory:

- * anatomická stavba ztenčenin buněčných stěn – kritická velikost vodivých cest,
- * malá propustnost dřeva,
- * velké povrchové napětí kapaliny – napětí v kapiláře je přímo úměrné povrchovému napětí kapaliny,
- * hustota dřeva – pevnost dřeva je přímo úměrná hustotě dřeva,
- * zvýšená teplota – přispívá k dalšímu snížení pevnosti dřeva a současně ovlivňuje rychlost pohybu vody ve dřevě.

Uzavírání ztenčenin buněčné stěny u jehličnanů

Uzavírání ztenčenin buněčné stěny (jediných vodivých cest v jehličnatém dřevě) snižuje propustnost dřeva a významně ovlivňuje impregnaci dřeva. K uzavírání ztenčenin dochází z důvodu **tahového napětí** v lumenu buněk během odstraňování **vody volné** a děj je obvyklý u **jehličnatého dřeva**. U čerstvě skáceného dřeva je většina ztenčenin otevřena, s poklesem vlhkosti ale roste podíl uzavřených ztenčenin, až při *MH* je uzavřena většina ztenčenin jarních tracheid. Pod *MH* k zásadním změnám nedochází, protože se již ve dřevě nevyskytují kapilární jevy. Uzavírání ztenčenin jarního dřeva vysvětluje horší impregnovatelnost této části letokruhu a paradoxně lepší propustnost dřeva letního. Odolnost ztenčenin letního dřeva proti uzavírání je vysvětlována větší tloušťkou membrány (torus) a menším průměrem dvojtečky.

Z uvedeného je zřejmé, že způsob sušení dřeva podstatně ovlivňuje propustnost jehličnatého dřeva. Pohyb vody volné nad *MH* při sušení způsobuje vznik značných

kapilárních sil, které mohou způsobit vychýlení uzavírací blanky nebo marga a torusu ve dvojtečkách vodivých elementů dřeva a uzavření tak vodivých cest. Po uzavření dvojteček zůstává torus poután chemickými vazbami na valy sekundární buněčné stěny dvojtečky a tím přispívá ke snížení propustnosti. Uvedený proces probíhá zejména u jehličnanů s přítomností torusu, což je případ celé čeledi borovicovitých (*Pinaceae*). Jiné rody jehličnanů torus nemají (*Taxodium, Juniperus, Sequoia, Thuja*) a proto nejsou tolik sušením ovlivněny, navíc jejich propustnost je ve srovnání se zástupci *Pinaceae* vyšší.

Tepelné vlastnosti dřeva

Tepelné vlastnosti dřeva nás zajímají nejčastěji při řešení praktických problémů spojených se sušením dřeva a využitím tepelně-izolačních vlastností dřeva. Zajímá nás například, kolik je třeba dodat tepla systému dřevo-voda, aby se ohřál na požadovanou teplotu, a dále jaká je teplota v daném bodě tělesa a daném čase. Méně se již setkáváme s otázkami změn rozměrů tělesa spojených se změnou teploty.

Teplotní roztažnost

Zvyšování teploty tělesa způsobuje zvyšování energie jeho molekul, a v konečném důsledku i *zvětšení rozměrů tělesa*. Teplotní roztažnost je charakterizována koeficientem teplotní roztažnosti, který je definován podobně jako koeficient bobtnání či sesýchání podílem změny nového rozměru a rozměru původního při lineární závislosti na teplotě.

Koeficient teplotní roztažnosti vyjadřuje změnu jednotkové délky dřeva při jeho ohřátí o 1 K. V důsledku anizotropie dřeva jsou poměry teplotní roztažnosti v jednotlivých směrech podobné jako u bobtnání či sesýchání, tj. $\alpha_T : \alpha_R : \alpha_L = 15 : 10 : 1$, ale hodnoty jsou zhruba 10^4 krát menší než u bobtnání či sesýchání. S ohledem na takto nízké hodnoty koeficientu teplotní roztažnosti můžeme teplotní rozměrové změny dřeva ve srovnání s vlhkostními zanedbat. Výjimkou jsou technologické procesy zpracování dřeva lisováním, kde je změna teploty výrazně vyšší než změna vlhkosti a kde teplotní změny rozměrů jsou porovnatelné s vlhkostními. Tato skutečnost je vysvětlována plastifikací dřeva během lisování.

Měrné teplo

Dřevo, stejně jako každá jiná látka, je schopno *teplo akumulovat*. Veličinou této vlastnosti je měrné teplo. Tato veličina udává množství tepla, které je nutné na ohřátí jednotkové hmotnosti dřeva o 1 K.

Hmotnost absolutně suchého tělesa je hmotností dřevní substance, proto c nezávisí na druhu dřeva ani na hustotě. Pro absolutně suché dřevo při teplotě 0°C je průměrná hodnota měrného tepla udávána $1,45 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Měrné teplo závisí na teplotě a vlhkosti dřeva (tab. 7).

Druh dřeva	Měrné teplo dřeva ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)					
	při vlhkosti dřeva w					
	0%	5%	10%	20%	30%	100%
smrk	1,35	1,51	1,63	1,80	2,18	2,80
borovice	1,41	1,54	1,66	1,87	2,33	2,80
dub	1,45	1,59	1,67	1,91	2,37	2,79
buk	1,46	1,60	1,71	1,92	2,41	2,83

Tab. 7: Vliv druhu dřeva a vlhkosti dřeva na měrné teplo.

Vedení tepla

Znalost procesů spojených s přenosem tepla ve dřevě nám umožňuje předvídat rychlost teplotního spádu a rozložení teplot v tělese při existenci gradientu teplot v tělese. Přenos tepla ve dřevě se může teoreticky uskutečňovat ve třech základních formách – **vedením** (kondukcí), **prouděním** (konvekci) a **sáláním** (radiací). Tepelný tok je možno popsat analogicky k pohybu vody vázané ve dřevě. Teplo se přenáší vnitřním pohybem molekul v závislosti na jejich vzdálenosti a kinetické energii. Význam přenosu tepla vzrůstá zejména při stanovování sušících režimů a posuzování tepelně-izolačních vlastností dřeva.

Množství tepla, které proteče jednotkovou plochou za jednotku času při jednotkovém gradientu teploty vyjadřuje **koeficient tepelné vodivosti**. Koeficient vyjadřuje schopnost materiálu *vyrovnávat teplotní rozdíly*. Hodnoty koeficientu tepelné vodivosti pro některé látky uvedené v tab. 8 ukazují, že dřevo – zvláště ve směru napříč vláken – je relativně **dobrým tepelným izolátorem**. Na dobrých tepelně-izolačních vlastnostech dřeva se podílí jeho značná pórovitost, a výsledkem je např. značná odolnost konstrukčních dřevěných prvků vůči ohni. Dlouhá doba potřebná ke změně teploty v objemu dřeva společně s měrným teplem činí ze dřeva ideální materiál pro tlusté obvodové zdi.

Materiál	Koeficient tepelné vodivosti λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
dřevo \perp (w=12%)	0,12-0,18
dřevo \parallel (w=12%)	0,25-0,45
dřevní substance \perp	0,44
dřevní substance \parallel	0,88
vzduch	0,024
voda	0,59
cihla	0,70
beton	0,93
sklo	1,05
kámen	1,80
ocel	20,0
hliník	202,0
měď	396,0

Tab. 8: Tepelná vodivost vybraných materiálů.

Vedení tepla ve dřevě ovlivňuje mnoho faktorů, největší vliv však mají anatomická stavba dřeva, hustota a vlhkost dřeva. Vliv anatomické struktury dřeva vyjádřený anizotropií se projevuje rozdílnou tepelnou a teplotní vodivostí v podélném a příčném směru. Na rozdíl od pohybu vody ve dřevě se přenos tepla ve směru a napříč vláken tolik neliší a v podélném směru je 1,5–2,5 krát větší než ve směru příčném (tab. 9). Hodnoty koeficientu tepelné vodivosti se ve směru radiálním a tangenciálním příliš neliší, rozdíl ($\pm 15\%$) vzniká pouze u dřev s vícevrstevnými dřevnými paprsky (dub, buk) a u jehličnanů s vysokým procentem letního dřeva (modřín). Se zvyšující se vlhkostí a hustotou tepelná vodivost roste.

Druh dřeva - směr	Teplota T (°C)	Vlhkosť t w (%)	Hustota ρ (kg.m ⁻³)	Měrné teplo c (kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	Tepelná vodivost λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
smrk - L	20	12	390 ... 467	1,55 ... 2,28	0,229 ... 0,339
	- R	20	390 ... 467	1,55 ... 2,28	0,133 ... 0,157
	- T	20	390 ... 467	1,55 ... 2,28	0,113 ... 0,132
javor - L	20	10	608	1,92	0,300
	- R	20	608	1,92	0,180
	- T	20	608	1,92	0,180
jasan - L	20	10	702	1,92	0,360
	- R	20	702	1,92	0,180
	- T	20	702	1,92	0,170

Tab. 9: Příklady tepelně-fyzikálních charakteristik vybraných druhů dřev (podle Regináče 1990).

Hořlavost a výhřevnost dřeva

Hořlavost dřeva je úzce spojena s tepelnými vlastnostmi dřeva – přenosem tepla ve dřevě. Ačkoliv je dřevo hořlavým materiálem, v mnoha ohledem předčí nehořlavé kovy, je-li vystaveno ohni. Hořlavost dřeva je ovlivňována jeho chemickým složením, průměrné zastoupení základních chemických konstituent dřeva. Kromě rozdílné

výchřevnosti se chemické složky také liší svojí odolností vůči termickému rozkladu – pyrolýze. Nejméně odolné vůči termickému rozkladu jsou hemicelulózy, které se rozkládají v teplotním intervalu 170–240°C. Celulóza je vůči působení tepla odolnější než hemicelulózy. Do teploty 250°C je její rozklad jen mírný, intenzivní termický rozklad nastává v teplotním intervalu 250–350°C. Nejedodlnější složkou dřeva je lignin. Aktivní rozklad ligninu probíhá při teplotách 300–400°C. Dřevo, podobně jako jiné tuhé materiály, nehoří přímou reakcí s kyslíkem. první změny, které předcházejí hoření (tzv. iniciační stupeň), se týkají akumulace tepla dodaného zdrojem nebo vznikají chemickou, termo-, foto-, biooxidační reakcí. Při teplotě nad 100°C dochází k dehydrataci. Rozklad dřeva nastává při působení teplot 130–150°C, intenzivní rozklad s uvolňováním velkého množství plynů pozorujeme při teplotách 180–195°C. Začátek exotermického rozkladu nastává při 270–280°C. Při tomto procesu se uvolňuje velké množství tepla, které je schopné při zabrání ztrát do okolí vyvolat hoření dřeva bez externího zdroje tepla.

Hořlavost dřeva je charakterizována body vzplanutí, hoření a zápalnosti.

1. **Bodem vzplanutí** je označována taková teplota dřeva, při které se v důsledku termického rozkladu vyvine dostatečné množství plynů, které ve směsi se vzduchem při přiblížení plamene vzplanou a po jeho oddálení uhasnou. Bod vzplanutí leží u dřeva v rozmezí 180–275°C a závisí na druhu dřeva, hustotě, chemickém složení a vlhkosti dřeva. Bod vzplanutí je jasně definovatelný pouze u tekutin.

2. **Bodem hoření** je označována taková teplota, při které dřevo po oddálení vnějšího zdroje plamene samo dále hoří. Bod hoření se u dřeva pohybuje mezi 260–290°C.

3. **Bodem zápalnosti** je označována taková teplota, při které se plyny vzniklé termickým rozkladem při dodání kyslíku samovolně vznítí. Bod zápalnosti u dřeva leží mezi 330–520°C. Také zde je výrazný vliv všech výše uvedených faktorů.

Dřevo	Čas vzplanutí dřeva (s) v závislosti na teplotě				
	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C
smrk	19,6	5,3	2,1	1,0	0,3
borovice	11,8	6,0	2,3	1,4	0,5
lípa	14,5	6,0	1,6	1,2	0,3
dub	13,3	4,7	1,6	1,2	0,5

Tab. 10: Čas vzplanutí dřeva v závislosti na druhu a působící teplotě.

Doba od zahájení působení zvýšené teploty a dodávky kyslíku po samovznícení vyvíjejících se plynů ze dřeva (zápalnost dřeva) se vyjadřuje časem vzplanutí. Toto zpoždění v čase závisí na hustotě, vlhkosti a chemickém složení dřeva. S rostoucí hustotou a vlhkostí dřeva roste, se zvyšujícím se obsahem doprovodných látek – tuků a pryskyřic – klesá. Tab. 10 poskytuje přehled **časů vzplanutí** vybraných druhů dřev v závislosti na působící teplotě.

Výhřevnost je množství tepla, které získáme spálením 1 kg dřeva. Vzhledem k nepatrné závislosti hustoty dřevní substance na druhu dřeva, kterou považujeme za téměř konstantní, se výhřevnost dřeva pohybuje v rozmezí 18–19 MJ.kg⁻¹. Výjimkou jsou dřeva bohatá na pryskyřice a další hořlavé doprovodné látky (Tab. 11). Pod výhřevností tedy rozumíme množství energie, které vznikne oxidací jednotkového množství hořlavých látek při působení zvýšené teploty. Hodnota je zpravidla zjišťována kalorimetricky.

Dřevo	Výhřevnost H (MJ.kg ⁻¹) při vlhkosti w		
	0 %	15 %	60 %
Smrk	17,9	13,4	-
Borovice	18,7	14,5	10,6
Bříza	19,9	15,8	-
Dub	17,0	14,5	-
Buk	17,6	15,4	-
borka (kůra)	-	19,0	10,5

Tab. 11: Výhřevnost dřeva a kůry v závislosti na druhu a vlhkosti dřeva.

Elektrické vlastnosti dřeva

Vliv elektromagnetického pole na dřevo velmi výrazný; výsledkem vzájemné interakce mezi elektrickým polem a dřevem je vznik elektrického proudu v materiálu. Při působení vnějšího elektrického pole se dřevo v celém rozsahu vlhkosti chová jako **dielektrikum** – je izolantem v suchém stavu a polovodičem při $w > MH$. Kromě relativně malého počtu volných nábojů existují ve dřevě také elektrické náboje, které jsou silně vázány. Po vložení dřeva do elektrického pole se vázané náboje a jejich nosiče nemohou pohybovat na větší vzdálenosti. Výsledkem je malá **elektrická vodivost** podmíněná malým množstvím volných nábojů a výrazná polarizace dřeva vlivem nábojů vázaných. Schopnost **polarizace** je jednou z nejvýznamnějších vnitřních vlastností dřeva. Polarizační efekt je způsoben změnami prostorového uspořádání elektricky nabitých částic dřeva pod vlivem vnějšího elektrického pole. Za nejdůležitější elektrofyzikální

vlastnosti dřeva považujeme jednosměrnou **elektrickou vodivost, dielektrické vlastnosti, elektrickou pevnost a piezoelektrické vlastnosti.**

Jednosměrný elektrický odpor a elektrická vodivost

Umístíme-li na protilehlé strany libovolného tělesa o daném průřezu a délce dva zdroje o rozdílném napětí (elektrody), vzniká mezi nimi elektrický proud. Poměr mezi napětím U a proudem I vyjadřuje podle Ohmova zákona elektrický odpor tělesa R (Ω) a převrácená hodnota $G = R^{-1}$ je elektrickou vodivostí (S). Veličiny R a G jsou závislé na velikosti tělesa, jeho délce l a průřezu S , proto častěji hovoříme o měrném elektrickém odporu a měrné elektrické vodivosti. Rozlišujeme měrný vnitřní a povrchový odpor, resp. vodivost. Měrný vnitřní odpor se rovná poměru intenzity elektrického pole a proudové hustoty uvnitř vzorku a číselně se rovná odporu při průchodu elektrického proudu přes dvě proti sobě postavené stěny jednotkové krychle. Měrný povrchový odpor se rovná poměru intenzity elektrického pole a proudové hustoty na povrchu vzorku a číselně se rovná odporu čtverce libovolného rozměru na povrchu dřeva při průchodu elektrického proudu přes dvě protilehlé strany tohoto čtverce. Měrný vnitřní odpor a jednosměrný elektrický odpor pro vybraná dřeva při dané vlhkosti jsou uvedeny v tab. 12. Praktické uplatnění elektrického odporu, respektive elektrické vodivosti, nacházíme při měření vlhkosti dřeva odporovými vlhkoměry.

Dřevo ve směru		Vlhkost dřeva w (%)	Měrný odpor vnitřní ρ ($10^8 \Omega \cdot m$)	Jednosměrný elektrický odpor R ($10^{10} \Omega$)
smrk	podélný	7,8	-	10
	příčný	7,8	6,4	40
borovice	podélný	7,5	-	21
	příčný	7,5	13,0	79
dub	podélný	7,9	-	20
	příčný	7,9	1,3	5,5
buk	podélný	9,2	0,17	9,4
	příčný	8,3	1,4	7,9

Tab. 12: Hodnoty měrného vnitřního a elektrického odporu dřeva vybraných dřev při vlhkosti 7–9 %.

Měření vlhkosti dřeva elektrickými odporovými vlhkoměry spočívá v mimořádně velkém vlivu vlhkosti dřeva na elektrický jednosměrný odpor a vodivost. Kontakt se dřevem v elektrickém obvodu vlhkoměru umožňují měřící elektrody. Tyto jsou konstruovány buď jako samostatné, spojené s přístrojem kabelem, nebo jako fixované na měřícím přístroji. Používá se několik typů měřících elektrod. Podle konstrukce je

možné měřicí elektrody rozdělit na zářezací (jehlové), upínací (svorkové), přitlačné (razítkové z vodivé gumy nebo kovové), hloubkové a zvláštní (válnové, kombinované).

Na měrný elektrický odpor, resp. vodivost, mají vliv anatomická stavba, teplota, vlhkost, hustota dřeva a kontaminace dřeva chemickými látkami zejména iontové povahy. Měrný odpor dřeva má anizotropní charakter podobný rozdílům při vedení tepla. Ve směru napříč vláken je 2–8x větší než podél vláken, v radiálním směru je cca o 10% vyšší než v tangenciálním směru; u vodivosti jsou poměry obrácené. Absolutně suché dřevo má měrný vnitřní odpor přibližně $10^{14} - 10^{16} \Omega \cdot m$, je tedy velmi dobrým izolantem. Se stoupající vlhkostí měrný odpor prudce klesá (tab. 13). Změna vlhkosti dřeva z absolutně suchého do meze hygroskopicity způsobí snížení měrného odporu o 10 řádů a hodnota měrného elektrického odporu při vlhkosti na *MH* se pohybuje kolem 10^4 – $10^5 \Omega \cdot m$. Změna vlhkosti nad mezí hygroskopicity až po maximální nasycení dřeva vodou vede ke změně této veličiny jen o 2 řády (10^2 – $10^3 \Omega \cdot m$). Přes značný pokles měrného odporu s vlhkostí dřeva můžeme dřevo v celém rozsahu vlhkosti řadit mezi izolanty ($\rho > 10^9 \Omega \cdot m$) a polovodiče ($\rho = 10^{-4} \dots 10^9 \Omega \cdot m$). Měrný odpor vodičů je menší než $10^{-4} \Omega \cdot m$.

Druh dřeva	Měrný elektrický odpor ρ_l ($\Omega \cdot m$) při vlhkosti w		
	0 %	7 %	20 %
smrk	$7,6 \cdot 10^{14}$	$1,0 \cdot 10^{10}$	$3,0 \cdot 10^6$
borovice	$2,3 \cdot 10^{13}$	$5,0 \cdot 10^9$	$3,0 \cdot 10^6$
dub	$1,5 \cdot 10^{14}$	$2,0 \cdot 10^9$	$7,0 \cdot 10^6$
buk	$5,1 \cdot 10^{14}$	$9,0 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^6$

Tab. 13: Měrný elektrický odpor napříč vláken v závislosti na druhu a vlhkosti dřeva.

Dielektrické vlastnosti

Dielektrické vlastnosti dřeva obvykle zjišťujeme při aplikaci střídavého proudu, kde sledujeme fázový posun napětí a proudu mezi elektrodami a kondenzátorem ze dřeva. Vložením dielektrika do elektrického pole tedy klesá jeho intenzita, což je vyvoláno vznikem vnitřního pole uvnitř dielektrika. Poměrem mezi původními hodnotami u kondenzátoru bez prokladu a novými hodnotami kondenzátoru s prokladem dielektrika určuje relativní permitivitu dielektrika.

Druh dřeva	Relativní permitivita ϵ' ve směru		
	podélném	radiálním	tangenciálním
smrk	3,06	1,98	1,91
buk	3,18	2,20	2,40
dub	2,86	2,30	2,46

Tab. 14: Závislost relativní permitivity suchého dřeva ϵ' na druhu dřeva a anatomickém směru.

Relativní permitivita dřeva ϵ' charakterizuje velikost polarizace ve dřevě, t.j. natočení, respektive posunutí elektrických nábojů a jejich nosičů. S tím je spojena spotřeba té části elektrické energie, která se v dielektriku přeměňuje na kinetickou a tepelnou energii. Ztráty v dielektriku vznikají v důsledku práce spojené hlavně s jeho polarizací, která se uskutečňuje na úkor energie vnějšího pole, a částečně i vodivosti dielektrika.

Dielektrické vlastnosti dřeva závisí zejména na frekvenci elektrického pole, druhu dřeva a jeho hustotě, anatomickém směru, teplotě a vlhkosti. Vlivem zvyšující se hustoty dielektrické vlastnosti rostou. Dielektrické veličiny mají anizotropní charakter, nejvyšší hodnoty jsou vždy ve směru vláken. Hodnoty permitivity ϵ' ve směru vláken jsou obvykle o 10–60% vyšší než ve směru napříč vláken. Rozdíl vlastností ve směru radiálním a tangenciálním je malý, obvykle vyšší hodnoty obdržíme ve směru radiálním. Teplota ovlivňuje pohyblivost polárních částic nacházejících se ve dřevě, proto s jejím zvyšováním rostou i hodnoty dielektrických veličin. Účinek teploty je tím větší, čím je větší vlhkost dřeva a nižší frekvence elektrického pole. Zvyšování vlhkosti dřeva způsobuje nárůst permitivity ϵ' , protože se zvyšováním vlhkosti ve dřevě narůstá celkový počet polárních částí, a v důsledku toho se zvyšuje i polarizace.

Dielektrických vlastností dřeva je využito zejména při konstrukci dielektrických vlhkoměrů. Dielektrické vlhkoměry můžeme rozdělit podle měřené elektrické veličiny na vlhkoměry kapacitní, absorpční včetně mikrovlnných a admitační. Toto dělení dielektrických vlhkoměrů však nevystihuje přesně princip činnosti jednotlivých typů, protože některé vlhkoměry měří elektrickou veličinu ovlivněnou různou mírou dalšími elektrofyzikálními charakteristikami. Např. mikrovlnné vlhkoměry měří útlum elektromagnetického vlnění, přičemž konstanta útlumu je závislá nejen na ztrátovém čísle, ale i na permitivitě. Z hlediska použitých frekvencí je možné dielektrické vlhkoměry rozdělit na nízkofrekvenční (nf), vysokofrekvenční (vf) a mikrovlnné (vfv). Přenosné dielektrické vlhkoměry jsou převážně vysokofrekvenční a mikrovlnné, pracující ve frekvencích v intervalu 1–10 MHz a 0,1–5 GHz. Mimo uvedené metody byly u

vlhkoměrů použity i další, např. metoda impedančního děliče elektrického napětí a metoda dvou rezonančních obvodů.

Porovnání odporových a dielektrických vlhkoměrů

Odporové i dielektrické vlhkoměry mají své zvláštnosti, které jsou všeobecného charakteru. **Rozsah vlhkosti**, ve kterém se vlhkost dřeva může spolehlivě zjišťovat je u odporových vlhkoměrů přibližně 5–30 % a u dielektrických vlhkoměrů 0–30 %. V zásadě se dielektrické vlhkoměry mohou konstruovat při nezmenšené přesnosti měření na celý rozsah vlhkosti u dřeva.

Dielektrické vlhkoměry jsou převážně vybaveny rovinnými elektrodami, které se umísťují na povrch materiálu, jde tedy o nedestruktivní měření. Jejich údaje ovšem mají tendenci udávat vlhkost povrchu materiálu nebo povrchových vrstev (výjimkou jsou kapacitní vlhkoměry). Pro známé vlhkostní gradienty je možné dielektrické vlhkoměry **kalibrovat**, ale při neznámých gradientech se nezískají spolehlivé údaje. Ze srovnání odporového a dielektrického vlhkoměru vyplývá, že přesnost měření pomocí odporového vlhkoměru při respektování teploty, druhu a anatomického směru dřeva je lepší. Chyba odporového vlhkoměru v důsledku nepřesnosti měření odporu se běžně považuje za zanedbatelnou, protože při přesnosti měření odporu $\pm 5\%$ je chyba v údaji vlhkosti jen $\pm 0,1\%$ (konkrétní hodnota závisí na vlhkosti).

Rozdíly v přesnosti mezi odporovými a dielektrickými vlhkoměry jsou dány mimo jiné i tím, že dielektrické vlhkoměry je potřeba výrazněji korigovat na vliv teploty a hustoty dřeva. Chyby způsobené nerespektováním druhu dřeva jsou při použití odporového vlhkoměru obvykle pod $\pm 4\%$, u dielektrických vlhkoměrů může být chyba až $\pm 10\%$. Údaje dielektrických vlhkoměrů ukazují obecně větší variabilitu hodnot než odpovídající údaje odporových vlhkoměrů. Vzhledem k této variabilitě se doporučuje měřit odporovými vlhkoměry 10 % materiálu (při velkém počtu pak 10 kusů), zatímco při použití dielektrického vlhkoměru je to 20 % (resp. 20 kusů). V praxi našly největší uplatnění vlhkoměry odporové, a to až z 90 %. Použití dielektrických vlhkoměrů je rozšířeno převážně v USA, v Evropě se s nimi setkáme ojediněle. Velkou výhodou dielektrických vlhkoměrů zůstává jejich schopnost měřit vlhkost v celém rozsahu a navíc i kontinuálně.

Elektrická pevnost

Izolant si v elektrickém poli zachovává izolační vlastnosti jen do určité hodnoty intenzity pole. Po dosažení kritické intenzity, která je označována jako elektrická pevnost, odpor izolantů klesá až na hodnotu vodičů. I když se intenzita elektrického pole dále nezvyšuje, proud narůstá na hodnotu omezenou jen odporem zdroje napětí. Ztráta izolačních vlastností se nazývá elektrickým průrazem a napětí, při kterém k tomu dochází průrazovým napětím. Hodnoty elektrické pevnosti dřeva a vybraných materiálů jsou uvedeny v tab. 21. Jak naznačují údaje z této tabulky, průrazové napětí závisí na druhu dřeviny, anatomickém směru, vlhkosti a teplotě dřeva, tedy na faktorech, které ovlivňují i elektrickou vodivost. Pokles vlhkosti v rozsahu vody vázané způsobuje přibližně 6-ti násobný pokles průrazového napětí. Pro zlepšení elektrické pevnosti lze dřevo impregnovat např. parafínem, umělými pryskyřicemi, transformátorovým olejem apod.

Materiál	Elektrická pevnost E_p (kV.mm ⁻¹)
slída	150
sklo	30
bakelit	20
parafín	15

		Elektrická pevnost E_p (kV.mm ⁻¹) ve směru		
Dřevo při vlhkosti		radiální	tangenciální	podélný
smrk	w = 0%	6,0	7,2	1,4
	w = 33%	1,4	1,3	0,9
bříza	w = 0%	9,1	7,6	1,3
	w = 33%	1,4	1,2	0,5
buk	w = 9%	4,2	5,2	1,4

Tab. 15: Elektrická pevnost vybraných materiálů a některých druhů dřev při různé vlhkosti.

Piezelektrické vlastnosti dřeva

Piezelektrické vlastnosti popisují jevy, kterými jsou v krystalických látkách navzájem vázány elastické deformace a elektrická polarizace. Při přímém piezelektrickém jevu vznikají následkem deformace krystalické látky na určitých plochách elektrické náboje; při převráceném piezelektrickém jevu se krystalická látka vložená do elektrického pole deformuje. Vznik přímého piezelektrického jevu se vysvětluje tím, že při deformaci se ionty různých znamének v krystalové mřížce posunou tak, že těžiště kladných a záporných nábojů, která v nedeformované krystalické látce souhlasí, se od sebe vzdálí. Tím vzniká dielektrická polarizace. Při převráceném piezelektrickém jevu působí naopak elektrické pole posunutí iontů opačných znamének v opačných směrech, čímž se

krystalická látka deformuje. Nejdůležitější aplikace piezoelektrického jevu se zakládá na tom, že ve střídavém elektrickém poli o frekvenci odpovídající frekvenci vlastních elastických kmitů krystalické látky, lze rezonancí vzbudit mechanické kmity značné intenzity.

U dřeva vzniká elektrická polarizace P ($C \cdot m^{-2}$) při mechanickém zatížení v důsledku převážně orientovaného krystalického charakteru celulózy (70%). Velikost piezoelektrického efektu u dřeva dosahuje zhruba 50% nejznámějších piezoelektrických látek – křemene a křišťálu. Podstatný vliv na piezoelektrické vlastnosti dřeva mají druh dřeva, krystalický podíl celulózy, anatomický směr, vlhkost a hustota dřeva, způsob a velikost mechanického namáhání dřeva. Největší piezoelektrické jevy nastávají u dřeva při působení tlaku a tahu pod úhlem 45° k podélnému směru. Se zvyšující se vlhkostí P klesá, se zvyšující se teplotou a hustotou dřeva roste. V závislosti na modelech řezání piezoelektrické vlastnosti dřeva přispívají k elektrochemické korozi nástrojů.

Akustické vlastnosti dřeva

Rychlost šíření zvuku

Dřevo je materiálem s velmi dobrými akustickými vlastnostmi, které ho předurčují k výrobě hudebních nástrojů a ke zlepšení akustických vlastností společenských místností – kin, divadel a koncertních sálů. Akustické vlastnosti jsou vyjadřovány schopností materiálu utlumit, vést nebo zesílit zvuk. Zvukem se nazývá mechanické vlnění prostředí, které vnímáme sluchovým orgánem jako zvukový vjem. Jeho vnější příčinou je uspořádaný kmitavý pohyb molekul hmotného prostředí přenášený působením sil, kterými molekuly na sebe vzájemně působí. Zvuk se proto šíří jen v hmotném prostředí. Subjektivně se dají zachytit zvukové vlny s frekvencí 16–20000 Hz. Zvuk jako mechanické vlnění může být charakterizován vlnovou délkou, amplitudou vlnění, frekvencí a rychlostí šíření zvuku. Zvuk se šíří rychlostí c ($m \cdot s^{-1}$), která závisí na frekvenci f (Hz, s^{-1}) a vlnové délce λ (m) podle vztahu $c = \lambda f$.

Rychlost šíření zvuku ve dřevě se může při zjednodušení počítat podle vztahu

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

kde E – modul pružnosti (Pa) a ρ – hustota dřeva ($kg \cdot m^{-3}$)

Z rovnice vyplývá, že rychlost šíření zvuku je tím větší, čím je větší modul pružnosti a menší hustota dřeva. Rychlost šíření zvuku ve dřevě je tedy závislá na druhu dřeva a má také anizotropní charakter. Průměrná rychlost šíření zvuku ve dřevě některých dřevin je uvedena v tab. 22.

Druh dřeva	ρ (kg.m ⁻³)	Modul pružnosti E (MPa)			Rychlost zvuku c (m.s ⁻¹)		
		s vlákny	\perp vlákna	na	s vlákny	\perp vlákna	na
smrk	470	11 000	550	4 790	1 072	4,47	
jedle	460	11 000	490	4 890	1 033	4,73	
javor	630	9 400	915	3 826	1 194	3,21	
buk	730	16 000	1 500	4 638	1 420	3,27	
dub	690	13 000	1 000	4 304	1 193	3,61	

Tab. 16: Průměrná rychlost šíření zvuku ve dřevě některých dřevin.

Rychlost šíření zvuku ve dřevě je směru vláken je podobná jako u kovů (železo 5000 m.s⁻¹, měď 3600 m.s⁻¹), ale napříč vláken je průměrně 3x menší. Poměr hodnot rychlosti šíření zvuku ve dřevě podél a napříč vláken v radiálním a tangenciálním směru lze vyjádřit přibližně $c_L : c_R : c_T = 15 : 5 : 3$. Velikost uvedených poměrů závisí na dřevině a na poměru modulů pružnosti podél vláken a kolmo na vlákna. Rychlost šíření zvuku se zvyšuje s hustotou dřeva, závislost je však malá a prakticky nevyužitelná. Rychlost šíření zvuku klesá s rostoucí vlhkostí dřeva. Rychlost šíření zvuku ve vodě je 1485 m.s⁻¹, proto zejména ve směru vláken se s rostoucí vlhkostí zvyšuje odpor prostředí proti šíření zvukové vlny.

Rezonanční vlastnosti dřeva

Rezonancí dřeva nazýváme schopnost dřeva zesilovat zvuk bez zkreslení. Rezonanci můžeme určit některou z nedestruktivních metod, které stanovují pružné a plastické charakteristiky dřeva na základě přímého nebo nepřímého měření rychlosti šíření pružných vln ve dřevě. V tělese tvaru tyče tak můžeme vyvolat podélné, příčné nebo torzní kmitání (vibrace).

Za rezonanční dřevo považujeme takové, které vykazuje dobré rezonanční vlastnosti a používá se na výrobu rezonančních desek hudebních nástrojů. Typickými rezonančními dřevy jsou dřeva jehličnanů, a to zejména smrk. Rozhodujícími anatomickými zvláštnostmi *rezonančního smrku* není ani tak šířka letokruhu (doporučeno 1–4 mm), ale především podíl letního dřeva v letokruhu, který by se měl optimálně pohybovat v

rozmezí 5–20%. Produkce rezonančního dříví je tedy podmíněna převážně růstovými podmínkami, méně již pěstebními zásahy. Mezi bělovým a vyzrálým dřevem se z hlediska akustických vlastností neprokázal významný rozdíl. Akustická konstanta se snižuje s rostoucí hustotou, proto se nevhodně projevuje vliv např. reakčního dřeva. Letokruhy mají být souměrně rozloženy, dřevo nesmí mít suky ani jiné vady. Tyto znaky však slouží pouze pro orientaci při výběru dřeva. Současně se berou v úvahu zvukové charakteristiky jednotlivých druhů. Velmi dobré akustické vlastnosti má dřevo, které je dlouho uskladněno a ponecháno přirozenému vysychání po dobu 3–5 let. Tím se podstatně sníží možnost vzniku vnitřního napětí a vnitřních trhlin ve dřevě, které zhoršují rezonanční vlastnosti dřeva.

Ukazatelem rezonančních vlastností dřeva je konstanta vyzařování nazývaná **akustickou konstantou K**

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} \quad (\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$$

kde E – modul pružnosti (Pa) a ρ – hustota dřeva ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

Za rezonanční se považuje takové dřevo, jehož akustická konstanta $K > 12$ ($\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$). Akustické konstanty některých dřevin jsou uvedeny v tab. 17. Akustická konstanta K je závislá na hustotě dřeva a modulu pružnosti, proto je výrazně ovlivňována zejména anatomickou stavbou (točitost vláken) a vnitřními napětími vzniklými během sušení dřeva. Vnitřní výsušné trhliny rezonanční vlastnosti dřeva výrazně snižují.

Druh dřeva	Vlhkost w (%)	Hustota ρ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Modul pružnosti E (MPa)	Akustická konstanta K ($\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
rezonanční smrk	10	420	11 000	12
Borovice	10	500	15 000	11
Jasan	10	700	15 000	6,5
Buk	10	750	14 000	6
Bříza	10	630	14 000	7,5
Javor	12	700	11 000	5,8

Tab. 17: Akustické konstanty některých domácích dřev.

SOUHRN

Dřevo jako přírodní materiál vykazuje značnou proměnlivost svých vlastností a je přirozeně nehomogenní a anizotropní. Jeho vlastnosti se mění se podle podmínek okolního prostředí. Dřevo je hygroskopickým materiálem. Vysychá-li dřevo pod vlhkost 30 %, sesychá kolmo k vláknům, zatímco sesychání ve směru vláken je tak malé, že se může zanedbat. Zvyšuje-li dřevo svoji vlhkost, bobtná. Při sesychání nebo bobtnání dřeva dochází ke změnám tvaru sortimentu, borcení. Nejdůležitější fyzikální vlastností je hustota dřeva. Hustota dřeva ovlivňuje téměř všechny ostatní vlastnosti dřeva. Tepelné vlastnosti dřeva jsou dobré; vzhledem k nízké tepelné vodivosti jsou ztráty tepla přes dřevo malé. Nízká teplotní roztažnost rovnoběžně i kolmo ke směru vláken při změnách teploty je v případě požáru zvláště příznivou vlastností. Ačkoli dřevo je zápalné a hořlavé, jeho chování při požáru je příznivé a předvídatelné. Velké dřevěné průřezy mohou být použity bez dodatečné protipožární ochrany. Dřevo se může rovněž používat pro speciální požadavky, např. na protipožární dveře. Dřevo je materiálem s velmi dobrými akustickými vlastnostmi, které ho předurčují k výrobě hudebních nástrojů.

MECHANICKÉ VLASTNOSTI DŘEVA

Mechanické vlastnosti dřeva charakterizují schopnost dřeva odolávat účinku vnějších sil. Mechanické vlastnosti dělíme do tří skupin – **základní, odvozené a technologické**. Mezi základní vlastnosti patří **pružnost (tuhost), pevnost a plastičnost** dřeva. Mezi odvozené vlastnosti řadíme **houževnatost, tvrdost, odolnost proti tečení, odolnost proti trvalému zatížení a odolnost proti únavovému lomu**. Technologickými vlastnosti dřeva jsou **štípatelnost, opotřebovatelnost, impregnovatelnost, ohýbatelnost a schopnost držet spojovací prostředky**.

Jako většina probraných fyzikálních vlastností dřeva, mají i mechanické vlastnosti **anizotropní charakter** (rozdílné vlastnosti v různých směrech). Anizotropní charakter vlastností je dán uspořádáním a orientací molekul stavebních látek ve dřevě. Rovnoběžně s vlákny, tj. ve směru kmene, je pevnost materiálu zvláště vysoká, zatímco kolmo k vláknům jsou pevnostní vlastnosti nízké. Tak např. pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny je asi 40krát větší než pevnost v tahu kolmo k vláknům. Proto je zcela snadné, rozštípnout dřevo sekerou podél vláken, ale mnohem obtížnější je rozdělit prvek dřeva kolmo k vláknům. Tyto velké rozdíly pevnostních a tuhostních vlastností v různých směrech se u většiny deskových materiálů na bázi dřeva nevyskytují. Protože u řady typů desek jsou vlákna dřeva orientována náhodně, pevnost v rovině desky mnohem méně závislá na směru namáhání než u rostlého dřeva.

Dřevěné konstrukční prvky jsou vhodné zejména pro přenos tahových, tlakových a ohybových namáhání. Dřevo se vzhledem k jeho vysokému poměru pevnosti k hmotnosti často používá jako konstrukční materiál pro střechy a pro lávky pro chodce nebo cyklisty. Modul pružnosti dřeva je v porovnání s modulem pružnosti oceli nebo betonu nízký. To se často kompenzuje výběrem tužších konstrukčních tvarů, např. nosníků I namísto obdélníkových průřezů. Na druhou stranu má dřevo při relativně malé hmotnosti dobrou pevnost a výhodný vzájemný poměr těchto vlastností činí z dřeva z konstrukčního hlediska jeden z nejvhodnějších materiálů.

Základní druhy mechanického namáhání

Mechanickým namáháním tělesa nazýváme takový děj, při kterém dochází k interakci mezi působícími *mechanickými silami* a dřevem. Výsledkem tohoto děje jsou dočasné nebo trvalé *změny tvaru* dřeva. V dalším textu budeme pro dřevo používat pojem **těleso**, které odpovídá tvaru zkušebního vzorku při dané zkoušce vlastnosti. Namáhání dřeva podle fyzikální podstaty sil můžeme rozdělit na **mechanické, vlhkostní a tepelné**. Při použití dřeva ke konstrukčním účelům spolupůsobí často zatížení mechanické a vlhkostní. Při tomto způsobu namáhání přichází do úvahy také ještě vliv času. Při různých druzích namáhání se také různou měrou projevuje vzájemná interakce mezi mechanickým a vlhkostním namáháním, což se projevuje např. různou deformovatelností dřeva. Při daném způsobu namáhání dřevo reaguje na základě vazeb mezi chemickými složkami dřeva, anatomické stavby a také geometrie tělesa. Proto je nutné každou mechanickou vlastnost dřeva posuzovat z těchto hledisek.

Základní druhy mechanického namáhání rozlišujeme podle druhu napětí, které v tělese vzniká v důsledku působení vnější síly. **Napětí** ve dřevě představuje *míru vnitřních sil*, které se v tělese objevují jako odpověď na působení vnějších mechanických sil. Tyto síly působící na těleso mohou být v prostoru orientovány v různých směrech a působit u tělesa až na šest vzájemně kolmých rovin. Příkladem je hydrostatický tlak, který působí rovnoměrně na všechny stěny kostky. Opakem je osový tah (tlak), který působí pouze v jedné rovině tělesa (průřezu). Napětí σ definujeme jako velikost vnitřní síly, která je vztažena na jednotku plochy tělesa podle vztahu

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (\text{Pa})$$

kde F – vnější síla (N) a S – plocha tělesa (m^2); kromě základní jednotky Pa ($\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$) se zpravidla používá odvozená jednotka MPa ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)

Jestliže síly působí kolmo na průřezovou plochu tělesa, jedná se o **normálové napětí** σ . Klasickým příkladem normálových napětí je napětí v tahu a tlaku. Působí-li síly v rovině průřezu, vzniká **tangenciální (smykové) napětí** τ . Příkladem tangenciálního napětí je napětí ve smyku. Kombinaci normálového a tangenciálního napětí představuje ohyb. Speciálním případem tangenciálního napětí je napětí v krutu.

Působením mechanických sil dochází ke změně tvarů a rozměrů dřeva, což nazýváme **deformací**. Kromě jednoduchého prodloužení nebo zkrácení se pravoúhlý průřez dřeva může zkroutit do kosodélníkového tvaru. Prodloužení a zkrácení rozměrů jsou charakteristická pro normálová napětí a nazýváme je **normálovými deformacemi** ε . Kroucení tělesa vzniká při tangenciálních napětích a nazýváme jej **smykovou (tangenciální) deformací** γ .

Velikosti napětí a deformací ve dřevě v důsledku působících vnějších sil jsou obvykle zjišťovány na zkušebních strojích, kde je současně měřena deformace a působící silové zatížení. Vzniklou křivku charakterizující vztah mezi napětím a deformací nazýváme **pracovním diagramem**. Obecný tvar takového diagramu pro dřevo (s výjimkou tlakové pevnosti ve směru kolmo na vlákna) je znázorněn na obr.XX. Diagram dřeva napětí–deformace můžeme rozdělit na dvě části, a to na lineární část po **mez úměrnosti** σ_u a nelineární část nad mezí úměrnosti po **mez pevnosti** σ_p . Mez úměrnosti je definována jako takové napětí, do kterého v tělese vznikají pouze deformace pružné, případně pružné v čase, a napětí je v tělese rovnoměrně rozděleno. Po ukončení silového působení tyto deformace zcela zanikají a těleso se vrací do původního stavu.

Se vzrůstajícím napětím nad mezí úměrnosti deformace dále rostou a deformační čára nabývá charakteru křivky. Vzniklé deformace jsou plastické, nejsou přímo úměrné napětí a po ukončení působení vnější síly nezanikají. Napětí, při kterém nakonec dochází k porušení tělesa je potom označováno jako mez pevnosti. Mez pevnosti je tedy nejvyšší hodnota napětí, kterou dřevo snese bez porušení celistvosti tělesa. Sklon přímky v pracovním diagramu mezi nulovým napětím a napětím na mezí úměrnosti vyjadřuje poměr mezi napětím a deformací, a je používán pro výpočet **modulu pružnosti** pro daný způsob normálového namáhání

$$E = \frac{\sigma_u}{\varepsilon_u} \quad (\text{Pa})$$

Ve vztahu k deformovatelnosti tělesa při různých druzích napětí jsou pro dřevo charakteristické dvě základní vlastnosti – pevnost a pružnost. **Pevnost** dřeva charakterizuje odolnost dřeva proti trvalému porušení. **Pružnost** dřeva je charakterizována jako schopnost dřeva dosahovat původní rozměry po ukončení působení vnějších sil.

Pevnost a pružnost dřeva

Pružnost dřeva je všeobecně definována jako schopnost dřeva dosahovat původní tvar a rozměry po ukončení působení vnějších sil. Pružnost dřeva je určena hodnotami **modulu pružnosti**. Moduly pružnosti vyjadřují vnitřní odpor materiálu proti pružné deformaci (*tuhost*). Čím je modul pružnosti větší, tím je nutné větší napětí (síla) potřebné na vyvolání deformací. Rozlišujeme moduly pružnosti při normálových namáháních (tah, tlak, ohyb) – **Youngovy moduly pružnosti E** , a **smykové moduly G** při namáháních tangenciálních (smyk a krut). Moduly pružnosti představují důležité *materiálové konstanty* při statických výpočtech dřevěných konstrukcí.

Pevnost dřeva charakterizuje odpor (odolnost) dřeva proti jeho trvalému porušení. Pevnost se vyjadřuje napětím, při kterém dochází ke zlomu dřeva (tah, smyk, ohyb a krut) nebo vzniku velkých deformací (tlak) – **napětím na mezi pevnosti σ_p** . Údaje o pevnosti dřeva se zjišťují prostřednictvím zkoušek, kde se sleduje skutečné napětí v okamžiku porušení tělesa. Pro vzájemnou porovnatelnost získávaných hodnot pevností dřeva byla přijata dohoda o zkušebních postupech, která definuje podmínky, při kterých se pevnost zjišťuje (technické normy). Základní zásady zkoušení pevnosti dřeva spočívají ve stanovení velikosti tělesa, postupu zkoušky a výpočtu výsledků.

Pevnost dřeva v zásadě můžeme rozdělit podle:

- * stavu napjatosti – **jednoosý a víceosý**,
- * způsobu zatížení – **tlak, tah, ohyb, krut a smyk**,
- * časového průběhu zatížení – **statické a dynamické**,
- * účinků zatížení na dřevo – **destruktivní a nedestruktivní způsob**.

Faktory ovlivňující pevnost a pružnost dřeva

Všeobecně lze při posuzování změn vlastností dřeva konstatovat, že *se stoupající vlhkostí do meze hygroskopicity se pružnostní a pevnostní vlastnosti dřeva snižují*. Vlhkost nad mezi hygroskopicity (voda volná) mechanické vlastnosti dřeva neovlivňuje. Zákonitosti vlivu vody vázané na mechanické vlastnosti sledujeme hlavně z hlediska užití dřeva na konstrukční účely a technologického zpracování dřeva. Dřevěné konstrukce jsou během své životnosti často vystaveny různým povětrnostním podmínkám a rovnovážná vlhkost

se pohybuje v rozsahu 9 až 22%. Při změně vlhkosti o 1% v rozsahu vody vázané se pevnost dřeva změní průměrně o 3–4% (výjimkou je pevnost v tahu).

Přepočítání mechanické vlastnosti dřeva zjištěné při libovolné vlhkosti v intervalu 5–25 % na vlastnost při vlhkosti 12% (odpovídá zkušebním postupům podle technických norem) se provádí podle vztahů:

$$\sigma_{12} = \sigma_w (1 + \alpha(w - 12)) \quad (\text{MPa})$$

$$E_{12} = E_w (1 + \alpha(w - 12)) \quad (\text{MPa})$$

kde w – vlhkost dřeva v době zkoušení (%), σ_w – pevnost dřeva při zkoušení (MPa), E_w – modul pružnosti při zkoušení (MPa) a α – opravný koeficient (tab. 24) pro daný způsob zatížení (-).

Způsob zatížení	Opravný koeficient α
Tlak ve směru vláken	0,04
Tlak napříč vláken	0,035
Tah ve směru vláken	0,01
Tah napříč vláken (R)	0,01
Tah napříč vláken (T)	0,025
Statický ohyb	0,04
Smyk ve směru vláken	0,04
Modul pružnosti	0,01-0,02

Tab. 18: Opravné koeficienty vyjadřující vliv vlhkosti na danou vlastnost

Závislost mezi hustotou a mechanickými vlastnostmi dřeva je složitější, protože pevnost dřeva nezávisí pouze na množství dřevní substance v objemové jednotce, ale také na anatomické stavbě dřeva. Mezi moduly pružnosti a hustotou dřeva existuje přímo úměrná závislost. Zvýšení hustoty suchého dřeva o 100 kgm⁻³ způsobí zvětšení modulu pružnosti ve směru vláken o 2–5%, napříč vláken o 1–9%. Vliv hustoty se projevuje u suchého dřeva, při vlhkosti nad mezí hygroskopicity je nevýrazný. *Pevnost dřeva se s rostoucí hustotou obecně zvyšuje.* Vztah mezi hustotou a pevností dřeva ale nemusí být vždy významný. Jasnější vztah mezi strukturou, hustotou a mechanickými vlastnostmi dřeva můžeme zjistit analyzováním makroskopické stavby letokruhů, t.j. šířky letokruhu a podílu letního dřeva v letokruhu.

Dřevo je během různých technologických procesů, jako je sušení, lisování nebo plastifikace, vystaveno účinkům teplot, které jeho mechanické vlastnosti ovlivňují. S rostoucí teplotou se pevnost a pružnost dřeva snižuje. Při teplotách do 70°C se pevnost a pružnost sníží jen dočasně, protože dojde k přechodné změně vnitřních energetických

hladin bez porušení vzájemně rovnovážných poloh molekul. Při teplotách nad 100°C vznikají ve dřevě trvalé změny, pevnost a pružnost dřeva se sníží trvale. Působením vysokých teplot nad 200°C se dřevo stává křehkým a nastupuje pyrolýza dřeva. Vysoké teploty značně ovlivňují zejména rázovou houževnatost dřeva v ohybu.

Vliv teploty na mechanické vlastnosti se mění s vlhkostí. *Zvyšováním teploty a vlhkosti dřeva se pevnost výrazně snižuje*, přičemž současné působení obou faktorů snižuje pevnost více, než působení každého samostatně. Příkladem vlivu zvýšené teploty na mechanické vlastnosti dřeva při různé vlhkosti je tab. 19.

Teplota (°C)	Vlhkost dřeva (%)					
	0	10	15	30	45	60
25	92	60	47	31	31	31
45	85	50	39	25	24	24
60	79	43	32	19	20	19
80	73	33	24	13	13	12
100	66	24	15	7	6	6

Tab. 19: Mez pevnosti dřeva dubu v tlaku ve směru vláken vyjádřená v % meze pevnosti (100 % pevnost je vztažena k teplotě dřeva 0°C a vlhkosti 0%, s nárůstem těchto faktorů pevnost klesá).

Základní mechanické vlastnosti dřeva

Tlak

Tlaková pevnost dřeva ve směru vláken je z praktického hlediska velmi důležitou vlastností dřeva. Působením tlaku na těleso podél vláken dojde k deformaci, projevující se zkrácením délky tělesa. Charakter deformace závisí na jakosti a stavbě dřeva. Důležitými faktory jsou hustota a vlhkost dřeva. U dřeva suchého s vysokou hustotou a tedy i s vysokou pevností vzniká zatížením porušení dřeva ve formě smyku jedné části tělesa (např. zkušební vzorku) vzhledem k druhé po linii, která na tangenciální ploše probíhá pod úhlem 60° vzhledem k podélné ose tělesa. U dřeva vlhkého s nízkou hustotou a malou pevností dochází k otláčení vláken na čelních plochách a k vybočení stěn zatěžovaných těles.

Průměrná hodnota meze pevnosti v tlaku ve směru vláken u dřev s vlhkostí 12 % je cca 50 MPa. Hodnoty meze tlakové pevnosti dřeva podél vláken u některých dřevin při různé vlhkosti jsou uvedeny v tab. 26. Mez úměrnosti v tlaku ve směru vláken je pro některé druhy (modřín, borovice, jedle, jasan, dub) průměrně 60 % meze pevnosti.

Hodnoty meze úměrnosti jsou v literatuře uváděny následovně – pro tvrdé listnáče 56 %, pro měkké listnáče 60 % a pro jehličnany 68 % meze pevnosti.

Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa)		Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa)	
	w = 12%	w ≥ 30%		w = 12%	w ≥ 30%
modřín	64,5	25,5	dub	57,7	30,4
borovice	48,5	21,0	jasan	59,0	32,5
smrk	44,4	19,5	buk	55,5	26,0
jedle			topol	39,0	18,0

Tab. 20: Průměrné hodnoty meze pevnosti v tlaku ve směru vláken.

Při působení tlaku napříč vláken nedochází ve většině případů k celkovému porušení tělesa. Proto pevnost v tlaku se určuje z meze úměrnosti. Takto stanovená mez úměrnosti je označovaná jako **konvenční mezí pevnosti** ($\sigma_k \approx \sigma_u$). V dalším textu je mezní hodnota pro pevnost v tlaku napříč vláken označována jako konvenční mez pevnosti. Rozlišují se v podstatě tři druhy pevnosti v tlaku napříč vláken – tlak na celou plochu, tlak na část délky a tlak na část délky a šířky. Průměrné hodnoty této vlastnosti pro dřevo některých dřevin jsou uvedeny v tab. 21.

Druh dřeva	Konvenční mez pevnosti (MPa) v tlaku napříč vláken ve směru			
	radiálním při vlhkosti		tangenciálním při vlhkosti	
	12%	≥ 30 %	12 %	≥ 30 %
modřín	4,5	2,7	6,1	2,5
borovice	5,2	3,1	7,6	3,1
smrk	3,4	2,3	4,0	2,0
jedle	2,2	1,3	2,4	1,0
dub	11,0	6,5	8,5	5,1
jasan	5,8	3,5	4,8	2,9
buk	12,9	7,3	8,5	5,3
topol	5,5	3,3	3,5	2,1

Tab. 21: Průměrné hodnoty konvenční meze pevnosti dřeva v tlaku napříč vláken.

Hodnoty konvenční meze pevnosti dřeva v tlaku napříč vláken na celou plochu a v tlaku napříč vláken na část délky se liší. Hodnoty získané experimentálně pro tlak napříč vláken na část délky jsou v průměru o 20–25 % vyšší než pro tlak napříč vláken na celou plochu. Hodnoty konvenční meze pevnosti při zatížení dřeva v radiálním a tangenciálním směru se příliš neliší. Dřeva se širokými dřeňovými paprsky (dub, buk, javor) mají vyšší konvenční mez pevnosti v radiálním směru; u jehličnatých dřevin je naopak vyšší konvenční mez pevnosti při tangenciálním zatížení, kdy tlak působí na

jarní i letní dřevo současně. Konvenční mez pevnosti při zatížení napříč vláken je pro všechny druhy dřeva průměrně 10 krát menší než mez pevnosti při tlaku ve směru vláken.

Tah

Pevnost dřeva v tahu ve směru vláken je v porovnání s ostatními způsoby namáhání největší s průměrnou hodnotou pro všechna naše dřeva 120 MPa. Porušení tělesa při namáhání v tahu se projevuje roztrhnutím buněk dřeva v namáhané části tělesa. U dřeva s vyšší pevností je roztržená část vláknitá nebo třískovitá, u dřeva s menší pevností schodovitá až téměř hladká. Při zatížení v tahu ve směru vláken se dřevo chová jako křehký materiál s malou deformací a zlomem bez viditelných předcházejících příznaků (celá deformace je téměř elastická).

Mez úměrnosti v tahu ve směru vláken představuje u listnáčů s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva (dub, jasan) 80 % a u jehličnatých dřevin (modřín, borovice, jedle) 90 % z meze pevnosti. Průměrné hodnoty meze pevnosti dřeva v tahu ve směru vláken pro některé dřeviny jsou uvedeny v tab. 28. I když je tahová pevnost dřeva ve směru vláken značná, nelze ji prakticky v plném rozsahu využít vzhledem k tomu, že často dochází k porušení dřeva (smykem, otláčením) v místech upevnění konstrukčních dílů. Uvažuje se s ní u ojí vozidel, tahových pásů, profilovaných nosníků apod.

Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa)		Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa)	
	w = 12%	w ≥ 30%		w = 12%	w ≥ 30%
modřín	125	96	dub	132	100
borovice	103	79	jasan	145	109
smrk	103	79	buk	123	92
jedle	79	61	topol	91	68

Tab. 22: Průměrné hodnoty meze pevnosti v tahu ve směru vláken.

Dřevo zatěžované v tahu napříč vláken vykazuje na rozdíl od předcházející vlastnosti jednu z nejmenších pevností vůbec. Hodnoty pro některé druhy dřevin jsou uvedeny v tab. 23. Průměrná tahová pevnost kolmo na vlákna se pohybuje v rozpětí od 1,5 do 5 MPa, proto bychom se při použití dřeva na nosné konstrukce měli tomuto způsobu zatížení vyhnout.

Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa) v tahu napříč vláken ve směru			
	radiálním při vlhkosti		tangenciálním při vlhkosti	
	12%	≥ 30 %	12 %	≥ 30 %
modřín	5,6		5,2	
borovice	5,4		3,5	
smrk	5,0		3,2	
jedle	4,0		2,9	
dub	8,0		6,5	
jasan	9,0		4,2	
buk	12,5		8,5	
topol	7,1		4,6	

Tab. 23: Průměrné hodnoty meze pevnosti v tahu napříč vláken.

Mez pevnosti v radiálním tahu je větší než v tangenciálním. U dřeva jehličnanů o 10–50 % a u listnáčů o 20–70%. Největší pevnost v tahu napříč vláken mají tvrdá dřeva roztroušeně pórovitých listnáčů, následují listnáče s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva a konečně měkká dřeva listnáčů s roztroušeně pórovitou stavbou společně se dřevem jehličnatých dřevin. Pevnost dřeva v tahu napříč vláken je průměrně u všech zkoumaných druhů asi 1/20 pevnosti v tahu ve směru vláken.

Použití dřeva při tahu napříč vláken ztěžuje nízká pevnost a možnost výskytu trhlin v namáhané části. Tahová pevnost napříč vláken má velký význam při řezání dřeva a stanovení režimu sušení vzhledem k možnosti vzniku trhlin ve dřevě vlivem vnitřních napětí. Při příliš rychlém režimu sušení vznikají ve dřevě vlhkostní a zbytková napětí, která vyvolávají tahová napětí napříč vláken. Při překročení meze pevnosti se struktura dřeva poruší, vznikají výsušné trhliny. Vysušené dřevo s nadměrným množstvím trhlin má potom sníženou kvalitu.

Ohyb

Pevnost dřeva v ohybu je jednou z nejdůležitějších mechanických vlastností. U dřeva rozlišujeme dva způsoby pevnosti v ohybu s ohledem na průběh vláken – (a) pevnost v ohybu, kdy vlákna probíhají rovnoběžně s podélnou osou tělesa a síla působí napříč vláken v radiálním nebo tangenciálním směru, (b) pevnost v ohybu, kdy vlákna probíhají kolmo na podélnou osu tělesa, kdy příčný řez je orientován ve směru působící síly nebo (c) kolmo k působící síle.

Zpravidla se sleduje a používá pevnost dřeva v ohybu napříč vláken (a). Větší rozdíly mezi pevnostmi dřeva v ohybu v radiálním a tangenciálním směru byly zjištěny jen u dřeva jehličnatých dřevin (mez pevnosti v tangenciálním směru je o 10–12 % větší než v radiálním směru). U listnatých dřevin jsou hodnoty meze pevnosti dřeva při statickém ohybu v obou směrech prakticky stejné (rozdíly maximálně 2–4 %).

Při zatížení tělesa vzniká v jeho horní části napětí v tlaku a ve spodní části v tahu. Nedeformovatelná část v tělese bez normálového napětí se označuje jako **neutrální osa**. Mezi tahovým a tlakovým napětím je smykové napětí. Vzhledem k tomu, že tlaková pevnost dřeva podél vláken je mnohem menší než tahová pevnost, začíná porušení tělesa při ohybu v tlakové zóně vybočováním vláken, což je málokdy pozorovatelné pouhým okem. Konečné porušení tělesa probíhá v tahové zóně, kdy po překročení meze pevnosti dojde nejdříve k odštěpení krajních vláken a potom k úplnému zlomení tělesa. Dřevo křehké, málo pevné má zlom téměř hladký. Houževnaté, pevné dřevo má zlom vláknitý nebo třískovitý. Mez pevnosti v statickém ohybu (napříč vláken) je průměrně 100 MPa (viz tab. 30). Hodnoty ohybové pevnosti dřeva leží mezi hodnotami tahové a tlakové pevnosti dřeva ve směru vláken. Mez úměrnosti při statickém ohybu je průměrně 70 % meze pevnosti.

Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa)		Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa)	
	w = 12%	w ≥ 30%		w = 12%	w ≥ 30%
modřín	112	62	dub	108	68
borovice	86	50	jasan	123	75
smrk	80	44	buk	109	65
jedle	69	41	topol	69	41

Tab. 24: Průměrné hodnoty meze pevnosti v ohybu.

Pevnost v ohybu, kdy vlákna probíhají kolmo na podélnou osu tělesa se prakticky nevyskytuje. Hodnoty meze pevnosti jsou v tomto případě velmi nízké. Bylo zjištěno, že mez této pevnosti v ohybu byla u smrku a borovice 4–5%, u buku 20% z meze pevnosti při statickém ohybu, kdy vlákna probíhají paralelně s podélnou osou tělesa. Proto ani v literatuře se v zásadě s touto veličinou neuvažuje a pokud jsou uváděny údaje pro pevnost v ohybu, tak jen v případě, kdy vlákna probíhají rovnoběžně s podélnou osou tělesa.

Dřevo má, jak z předcházejícího vyplynulo, poměrně vysokou ohybovou pevnost, a proto se často používá na konstrukční prvky namáhané ohybem (nosníky, nábytek apod.).

Smyk

Vlivem anizotropní stavby má dřevo různou smykovou pevnost ve všech třech základních směrech. Stanovení podmínek čistého smyku ve dřevě je obtížné, protože čistý jednosměrný smyk bez spolupůsobení jiných napětí se nevyskytuje. Smyk má významnou, někdy rozhodující úlohu při různých zatíženích. Při smykových zatíženích spolupůsobí ještě jiná napětí (např. tlaková, tahová), takže je nutno respektovat jednotlivé případy, kdy smyk má rozhodující vliv. Prakticky smyk zjišťujeme, necháme-li působit dvě stejně velké síly, které vyvolají vzájemné posunutí dvou sousedních průřezů. U dřeva se rozlišují následující pevnosti ve smyku – (a) **smyková pevnost ve směru vláken** v radiální a tangenciální rovině, (b) **smyková pevnost napříč vláken** v radiální a tangenciální rovině a (c) **smyková (stříhová) pevnost** napříč vláken v příčné rovině v radiálním a tangenciálním směru. Smykové napětí napříč vláken vzniká v kolíkových spoji, dřevěných hřebících, stříhové napětí dřeva napříč vláken vzniká pod kovovými spoji, pod sponami, hlavicemi svorníků apod.

Dřevo má ve směru vláken poměrně malou smykovou pevnost. Dřevo listnáčů má asi 1,5 krát větší smykovou pevnost než dřevo jehličnanů. Smyková pevnost dřeva je v tangenciální rovině v porovnání s radiální o 10–30 % vyšší. Tento rozdíl se zvyšuje se stoupajícím zastoupením dřeňových paprsků ve dřevě (buk, habr). Dřevo jehličnanů má v obou rovinách smykovou pevnost ve směru vláken přibližně stejnou. V průměru je mez pevnosti ve smyku ve směru vláken asi 1/5 meze tlakové pevnosti dřeva ve směru vláken. Průměrné hodnoty při $w = 12\%$ se udávají kolem 10–12 MPa. I když má dřevo poměrně malou smykovou pevnost ve směru vláken, je často tímto způsobem namáháno (spoje krovů apod.).

Smyková pevnost dřeva napříč vláken v tangenciální a radiální rovině je přibližně 2krát menší než smyková pevnost ve směru vláken (v průměru 3–6 MPa). Rozdíly mezi rovinami jsou malé. Praktické uplatnění této vlastnosti nacházíme při namáhání dřevěných klínů, vložených pér, a při krájení a loupání dýh.

Smyková (stříhová) pevnost napříč vláken v příčné rovině je přibližně 4x vyšší než smyková pevnost ve směru vláken (kolem 40 MPa). Tento způsob namáhání dřeva nacházíme pod kovovými spoji dřevěných konstrukcí, u kolíkových spojů.

Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa)			
	radiální při vlhkosti		tangenciální při vlhkosti	
	12%	≥ 30 %	12 %	≥ 30 %
modřín	9,9	6,3	9,4	5,8
borovice	7,5	4,4	7,3	4,5
smrk	6,9	4,1	6,8	4,4
jedle	6,4	4,5	6,5	4,2
dub	10,2	7,6	12,2	9,0
jasan	13,9	9,4	13,4	8,7
buk	11,6	7,0	14,5	8,9
topol	6,1	3,4	7,2	4,2

Tab. 25: Průměrné hodnoty mezí pevnosti dřeva ve smyku ve směru vláken.

Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa) při w=12%			
	napříč vláken v rovině		stříhová pevnost ve směru	
	radiální	tangenciální	radiálním	tangenciálním
smrk	3,3	2,8	31,8	34,4
dub	7,9	7,5	-	-
buk	7,7	7,6	52,3	47,1
topol	3,5	3,8	31,1	20,5

Tab. 26: Průměrné hodnoty mezí pevnosti dřeva ve smyku napříč vláken a ve stříhu.

Krut

Zatěžování v krutu je specifickým případem *smykového namáhání*. Při tomto způsobu zatěžování vznikají ve dřevě smyková napětí ve dvou na sebe kolmých rovinách – v rovině paralelní s osou a v rovině kolmé k ose krouceného tělesa. Probíhá-li osa tělesa ve směru rovnoběžně s vlákny dojde k porušení tělesa smykem podél vláken ve formě trhlin. Mez pevnosti je v daném případě asi 1,5 krát vyšší než smyková pevnost ve směru vláken. Probíhá-li osa tělesa ve směru kolmo na vlákna, dochází k porušení napříč vláken a mez pevnosti je malá.

Zkoušení této charakteristiky není předepsáno našimi normami. Z praktického hlediska je nejvýznamnější případ kroucení podél podélné osy tělesa ve směru vláken. Obdobně jako u jiných vlastností se hodnoty pevnosti v kroucení s rostoucí hustotou zvyšují. Vliv vlhkosti je podobný jako u pevnosti v tahu.

Druh dřeva	Mez pevnosti (MPa) při w=12%	
	rovnoběžně s vlákny	kolmo na vlákna
smrk	10,1	3,6
dub	28,5	17,9
buk	25,0	15,6
topol	10,9	3,7

Tab. 27: Průměrné hodnoty mezí pevnosti dřeva v krutu rovnoběžně a kolmo na vlákna.

Plastičnost dřeva

Plastičnost je schopnost dřeva měnit svůj tvar bez zjevného porušení vlivem působení vnějších sil, t.j. plasticky se deformovat před zlomem. Změna tvaru je po ukončení silového působení trvalá. **Plastická deformace** se při krátkodobém zatížení začíná projevovat při překročení meze úměrnosti $\sigma_{\text{ú}}$. Při dlouhodobých zatíženích se plastická deformace začíná rozvíjet od počátku zatížení a dřevo se chová jako **viskózně-pružný materiál**. Obecně pro všechny případy platí, že dřevo bude mít tím větší plastičnost, čím větší bude plastická deformace bez vzniku viditelného porušení. Kvantifikování plastičnosti dřeva pouze prostřednictvím velikosti plastické deformace je jen orientační. Vztah mezi napětím a plastickou deformací je nelineární a nelze ho popsat tak jednoduše jako pružnost dřeva.

Při krátkodobém zatížení dřeva je vztah mezi napětím a deformací ve všech případech namáhání až po mez úměrnosti lineární. Nad mezí úměrnosti po mez pevnosti je průběh závislosti nelineární a kromě pružných deformací vznikají ještě deformace pružné v čase a deformace plastické.

Trvalé konstantní namáhání se projevuje **tečením dřeva**. Tečení dřeva je děj, při kterém dochází k nárůstu deformace při konstantním zatížení. Při zatížení pod mezí úměrnosti se tečení dřeva v čase zastaví bez porušení dřeva, při zatížení nad mezí úměrnosti tečení dřeva vždy končí viditelným porušením dřeva – zlomem. V obou případech zatížení vzniká v okamžiku působení síly (a) **okamžitá pružná deformace**, jejíž velikost závisí na velikosti a směru zatížení, vlhkosti dřeva, teplotě, dřevině a pod. V druhé fázi (b) vzniká za určitý čas **dopružení** dřeva. Velikost deformace se skládá z deformace pružné v čase a deformace plastické. Třetí fáze (c) se ve dřevě vyskytuje pouze v tom případě, že vnější síly způsobují napětí nad mezí úměrnosti. Tato fáze je charakteristická výrazným rozvojem **plastických deformací** a je ukončena porušením dřeva.

Materiály, které se chovají uvedeným způsobem, řadíme k materiálům **viskoelastickým**. Dřevo pro svou lineární závislost na čase je materiálem lineárně viskoelastickým. Celý proces tečení dřeva tedy můžeme popsat třemi deformacemi:

* okamžitě pružnou, při uvolnění okamžitě návratnou

* pružnou v čase, s časem se rozvíjecí a s časem zanikající a

* plastickou (viskózní), rozvíjející se v dřevě během jeho zatížení, ale po odtížení zůstávající nevratnou a trvalou

Kromě plastifikace dřeva během technologie ohýbání dřeva se jeho plastičnost projevuje zejména při trvalém statickém zatížení tzv. **trvalou pevností**. Trvalá pevnost je definována velikostí mechanického napětí, při kterém vnější síly působící na dřevo nekonečně dlouhou dobu nevyvolávají porušení dřeva – zlom. Velikost meze trvalé pevnosti se vyjadřuje procenticky z krátkodobé meze pevnosti. Pro různé druhy namáhání a různé časy působení jsou hodnoty poměrné trvalé pevnosti uvedeny v tab. 28. Z experimentálních měření na smrkovém dřevu v ohybu v podmínkách venkovního prostředí vyplývá, že k ustálení meze trvalé pevnosti dochází po více jak dvou měsících na hodnotě **55 – 60 % okamžité pevnosti**.

druh namáhání	doba působení zatížení					
	1 minuta	1 den	1 týden	1 měsíc	1 rok	10 let
tlak s vlákny	100 %	79 %	72 %	66 %	60 %	54 %
statický ohyb	100 %	79 %	73 %	67 %	61 %	55 %
smyk s vlákny	100 %	74 %	66 %	59 %	52 %	44 %

Tab. 28: Poměrné meze trvalé pevnosti z krátkodobé meze pevnosti (podle Savkova 1965).

Odvozené a technologické mechanické vlastnosti dřeva

Do této skupiny vlastností řadíme ty druhy zatížení, které vyvolávají složité stavy napjatosti, a proto je nemůžeme řadit do některého z předešlých základních způsobů silového působení. Jedná se zpravidla o kombinace základních způsobů zatížení v rámci jedné vlastnosti. Např. při tvrdosti se projevuje nejvíce tlak, smyk a ohyb. V této kapitole se budeme zabývat jen těmi odvozenými a technologickými vlastnostmi, které mají uplatnění v procesu zpracování dřeva.

Houževnatost

Houževnatost dřeva je mechanickou prací, která je spotřebována na vytvoření *plastické deformace*. Má velmi úzký vztah k plastičnosti dřeva. Podle druhu zatížení se rozlišuje **statická a dynamická (rázová) houževnatost**.

Statická houževnatost dřeva je mechanická vlastnost, která představuje mechanickou energii spotřebovanou na vznik plastické deformace. Pokud je deformační práce malá a plastická deformace téměř zanedbatelná, řadíme takové materiály mezi **křehké** (např. tah ve směru a napříč vláken, smyk a krut). Dřevo je na vznik plastické deformace

energeticky náročné a plastická deformace je při určitých způsobech zatížení velmi výrazná (např. tlak napříč vlákny), řadíme ho tedy mezi materiály **houževnaté**.

Dřevo má schopnost absorbovat práci vykonanou rázovým ohybem (dynamický ohyb rázem), tuto vlastnost nazýváme **rázovou houževnatostí dřeva**. Rázová houževnatost (někdy nazývaná přerážecí práce) charakterizuje schopnost materiálu odolávat rázovým zatížením. Rázovou houževnatost potom vyjadřuje spotřebovaná energie na přerážení dřeva. Na zjištění této vlastnosti používáme běžná přerážecí kladiva, např. Charphyho kladivo. Rázová houževnatost se stanovuje pro ohyb napříč vláken v tangenciálním směru. U dřeva s výrazně rozdílnou stavbou letokruhu (jehličnany a listnáče kruhovitě pórovité) se tato vlastnost stanovuje i ve směru radiálním, kde bývá o 25-50 % vyšší. Rázová houževnatost v ohybu pro některé dřeviny je uvedena v tab. 29.

druh dřeva	rázová houževnatost (J.cm ⁻²)		druh dřeva	rázová houževnatost (J.cm ⁻²)	
	w = 12%	w ≥ 30%		w = 12%	w ≥ 30%
modřín	5,2	4,3	dub	7,7	6,5
borovice	4,1	3,5	jasan	8,8	7,5
smrk	3,9	3,3	buk	8,0	6,9
jedle	2,9	2,6	topol	3,9	3,4

Tab. 29: Hodnoty rázové houževnatosti v ohybu dřeva.

Tvrдость

Tvrđostí charakterizujeme schopnost dřeva klást **odpor proti vnikání** jiného tělesa do jeho struktury. Tvrđost dřeva má význam při opracování řeznými nástroji (řezání, loupání, hoblování, frézování) a v případech, kdy se dřevo odírá. Podle druhu zatížení se rozlišuje **statická** a **dynamická tvrđost**.

Zjišťování statické tvrđosti dřeva spočívá v zatlačování ocelové kuličky daného průměru statickým zatížením na čelních, radiálních a tangenciálních plochách dřeva. Tuto vlastnost můžeme stanovit dvěma metodami, podle **Brinella** (metoda spočívá ve vtlačování ocelové kuličky o průměru 10 mm konstantní silou podle tvrđosti dřeva – u velmi měkkých 100 N, středně tvrdých 500 N a tvrdých dřevin 1000 N) a podle **Janky** (metoda spočívá v zatlačování polokuličky s průměrem 11,28 mm do hloubky 5,64 mm, čímž vzniká otláčená plocha 100 mm²).

Statická tvrđost je obecně vyšší na příčné (čelní) než na podélných (radiální a tangenciální) rovinách. U dřeva jehličnanů činí tento rozdíl 40 %, u listnáčů 30 %. U většiny druhů dřev nenacházíme rozdíly mezi tvrđostí na radiální a tangenciální ploše.

Pouze u listnatých druhů s dobře vyvinutými dřeňovými paprsky (dub, buk) je radiální tvrdost o něco větší (5–10 %) než tangenciální. Hodnoty statické tvrdosti dřeva jsou závislé zejména na vlhkosti. Se změnou vlhkosti v intervalu vody vázané o 1% se změní statická tvrdost nepřímo úměrně o 3%. Hodnoty statické tvrdosti vybraných druhů dřev podle Janky jsou uvedeny v tab. 30.

Na základě údajů o statické čelní tvrdosti při 12% vlhkosti se mohou dřeva dělit do 5 skupin:

- * měkká dřeva (< 40 MPa) – borovice, smrk, olše, topol, lípa
- * středně tvrdá dřeva (41–80 MPa) – modřín, dub, jasan, buk, javor, bříza
- * tvrdá dřeva (81–100 MPa) – habr, akát
- * velmi tvrdá dřeva (101–150 MPa) – zimostráz
- * super tvrdá dřeva (> 150 MPa) – eben, quajak

druh dřeva	tvrdost dřeva na ploše (MPa) při vlhkosti					
	čelní		Radiální		tangenciální	
	12 %	> 30 %	12 %	> 30 %	12 %	> 30 %
modřín	43,5	20,5	29,0	13,5	29,0	14,0
borovice	28,5	13,5	24,0	11,0	25,0	11,5
smrk	26,0	12,0	18,0	8,5	18,5	8,5
jedle	28,0	13,0	17,0	8,0	-	-
dub	67,5	40,0	56,0	33,5	49,0	29,0
jasan	80,0	48,0	59,0	35,0	67,0	39,5
buk	61,0	36,5	43,5	25,5	44,5	26,5
topol	26,5	15,5	18,5	11,5	20,0	11,5

Tab. 30: Hodnoty statické tvrdosti vybraných druhů dřev podle Janky.

Dynamická tvrdost je charakterizována podílem potenciální energie kuličky padající volným pádem ze stanovené výšky a plochy otlacení, kterou kulička vytvoří. Dynamická tvrdost se mění se změnou vlhkosti do MH. Se změnou vlhkosti o 1 % se dynamická tvrdost změní o 2 %. Hodnoty dynamické tvrdosti vybraných druhů dřev jsou uvedeny v tab. 31.

druh dřeva	dynamická tvrdost		druh dřeva	dynamická tvrdost	
	[J.cm ⁻²]			[J.cm ⁻²]	
	w = 12%	w ≥ 30%		w = 12%	w ≥ 30%
modřín	0,90	0,69	dub	1,06	0,86
borovice	0,72	0,56	buk	0,96	0,79
smrk	0,73	0,57	bříza	0,80	0,67
jedle	0,65	0,51	topol	0,73	0,62

Tab. 31: Hodnoty dynamické tvrdosti dřeva.

Štípatelnost

Štípatelnost dřeva je z pohledu způsobu zatížení a stavu napjatosti složitý jev, při kterém v důsledku vnikání klínu do dřeva dochází k dělení dřeva. Rozrušení dřeva probíhá za

současného působení tlaku a ohybu. Štípatelnost dřeva je charakterizována jako **odolnost proti štípání**, t.j. odporem, který dřevo klade proti rozdělení na dvě části.

druh dřeva	odolnost proti štípání (MPa)			
	v radiální rovině		v tangenciální rovině	
	při vlhkosti		při vlhkosti	
	12 %	> 30 %	12 %	> 30 %
modřín	0,26	0,16	0,26	0,16
borovice	0,22	0,14	0,22	0,14
smrk	0,18	0,11	0,18	0,11
akát	0,40	0,25	0,53	0,32
jasan	0,43	0,27	0,45	0,27
dub	0,32	0,20	0,44	0,27
buk	0,33	0,20	0,50	0,30
habr	0,41	0,25	0,55	0,34
topol	0,19	0,12	0,25	0,16

Tab. 32: Odolnost dřeva proti štípání

Odolnost dřeva proti štípání se udává pouze ve směru vláken, a to v radiální a tangenciální rovině. U dřeva listnáčů s výrazně vyvinutými dřeňovými paprsky (dub, buk) je odolnost proti štípání větší v tangenciální rovině než v rovině radiální. U dřeva jehličnanů je tento rozdíl menší. Obecně je odolnost proti štípání u dřeva listnáčů vyšší než u dřeva jehličnanů. S rostoucí vlhkostí do meze hygroscopicity se odolnost dřeva proti štípání snižuje. Se změnou vlhkosti v intervalu vody vázané o 1 % se změní štípatelnost nepřímo úměrně o 2 %.

Opotřebovatelnost

Působením různých mechanických činitelů, zejména třením, dochází velmi často k opotřebenosti dřeva. Opotřebovatelnost je schopnost dřeva, resp. jeho povrchových vrstev, odolávat postupnému rozrušování vlivem mechanických faktorů při tření. V praxi se setkáme se dvěma případy opotřebenosti dřeva:

- a) opotřebenosti (odírání) dřeva **působením tvrdých částic** – např. pískem na podlahách a schodech
- b) opotřebenosti (odírání) dřeva **vlivem nerovností kovových součástí** v třecích částech strojů – např. osy, ložisková pouzdra

Princip zkoušení opotřebovatelnosti spočívá v navození situace reálného procesu odírání dřeva podlah, schodů a pod. K tomuto účelu se používá různých strojů pro zkoušení opotřebovatelnosti založených v podstatě na *broušení dřeva* brusným papírem určité zrnitosti při stabilním počtu otáček a při stabilním tlaku brusného kotouče nebo

stabilním posunu zkoušeného tělesa. Zkoušky se provádějí na čelních (příčná rovina), radiálních a tangenciálních (podélné roviny) plochách dřeva. Míra opotřebovatelnosti se obvykle stanoví rozdílem hmotnosti tělesa před a po zkoušce. Určuje se množství ubroušeného dřeva. Získané hodnoty závisí na druhu dřeva, stanovišti a jiných faktorech. Bylo zjištěno, že opotřebování podélných rovin tělesa je vyšší než čelních. Zvýšením hustoty a tvrdosti dřeva se opotřebovatelnost snižuje, zvýšením vlhkosti se naopak snižuje. Zkoušky opotřebení dřeva v pracovních částech strojů se nejčastěji provádějí působením otočného pouzdra z kalené oceli, které je tlačeno určitou silou, na pevně upnuté dřevěné těleso. Ukazatelem opotřebení je objem vyryté **rýhy** v tělese po určitém počtu otáček. Při tomto způsobu opotřebení jsou nejodolnější čelní plochy povrchu tělesa. Tvrďší a hustší dřeva jsou méně opotřebovatelná.

Ohýbatelnost

Ohýbatelnost je založena na schopnosti dřeva poměrně lehce se deformovat při působení ohybového zatížení. Zkoušení se provádí ohýbáním dřeva na vyměnitelných šablonách, jejichž poloměr se postupně snižuje až do porušení tělesa (rozštípnutí, zlom). Mírou ohýbatelnosti je velikost **poloměru oblouku**, do kterého je ještě možné dané těleso ohnout bez porušení. Ohýbatelnost se zvyšuje plastifikací dřeva – pařením nebo vařením dřeva. Dřevo listnatých dřevin se ohýbá lépe než u dřeva jehličnatých dřevin. Dobře se ohýbá např. dřevo dubové, jasanové, bukové a březové. Ohýbatelnost pozitivně ovlivňují rovnoměrná stavba letokruhů a vlhkost dřeva do MH.

Schopnost držet spojovací prostředky

Jedná se především o schopnost dřeva držet hřebíky, vruty, skoby, svorníky a pod. Této vlastnosti se využívá ke spojování konstrukčních prvků ze dřeva v nábytkářství a stavebnictví. Prakticky se rozlišuje **statická** a **dynamická únosnost spojů**, t.j. odpor dřeva proti vnikání nebo vytahování spojovacích prostředků při statickém a dynamickém zatížení.

Statická únosnost se obvykle stanovuje jako síla potřebná na vytažení spojovacího prostředku do dřeva. Zjišťovaná síla se může vztahovat na jednotku plochy dotyku spojovacího prostředku se dřevem nebo na jeho délku. Schopnost dřeva držet mechanické spojovací prostředky závisí na druhu, hustotě a vlhkosti dřeva. Se rostoucí hustotou se odpor dřeva k vniknutí nebo vytažení hřebíku nebo vrutu zvyšuje. Např. k vniknutí nebo vytažení hřebíku z habrového dřeva ($\rho = 730 \text{ kgm}^{-3}$) je potřeba 3–4krát

větší síly než z borového dřeva ($\rho = 440 \text{ kgm}^{-3}$). Odpor suchého dřeva proti vnikání hřebíků je větší než proti vytahování. Rostoucí vlhkost dřeva vnikání kovových spojovacích prostředků usnadňuje. Vysýcháním dřeva se jeho schopnost držet v něm již existující hřebíky a vruty snižuje, neboť pružné deformace se mění na trvalé a tření udržující hřebíky a vruty ve dřevě se snižuje.

rozměr spojovacího prostředku	odpor proti vytažení (N) ve směru					
	borovice		dub		habr	
	radiál	tang.	radiál	tang.	radiál.	tang.
hřebík 2,8 x 40 mm	320	290	670	680	290	230
vrut 2,6 x 22 mm	740	750	1210	1080	510	470

Tab. 33: Odpor dřeva proti vytažení hřebíků a vrutů.

Dynamická únosnost se experimentálně stanovuje pomocí pulzátoru – hydraulický oscilátor s danou frekvencí kmitání. Zjišťuje se trvalá únosnost při kmitavém zatížení a vyjadřuje se procentuálně ke statické únosnosti vrutů a hřebíků.

ARBORISTIKA

Slovo arboriculture pochází z latinského slova *ARBOR* – strom a *CULTURE* – kultura. Význam slov je tedy možné přeložit jako ošetřování stromů (péče o stromy). V každé zemi je pohled na prostředí a historie péče o něj jiná, od toho se rozvíjí i pochopení náplně pojmu arboriculture. U nás používáme pro tento obor slovo arboristika, které vychází právě z anglického výrazu. Náplň tohoto oboru však definuje historie sadovnictví a lesnictví, kterou v České republice máme.

Nejpoužívanější definice jsou:

Arboristika se zabývá stromem jako jedincem.

Strom jako jedinec je skutečně základem celého oboru. Arborista se detailně zaměřuje na jednotlivé stromy na rozdíl od lesnictví nebo zahradní architektury. Zároveň, ale nesmí být opomenuto, že strom je součástí širších vztahů a prostředí.

Arboristika je ošetřování stromů rostoucích ve městě.

Většina stromů, kterým se věnuje individuální přístup, je v našich městech. Je to logická návaznost na požadavek zajištění provozní bezpečnosti v místech s vyšší koncentrací lidí. Mezi městy, krajinou a okolními lesy, ale není možné udělat jasnou hranici. Mnoho stromů, které vyžadují detailnější přístup, se nachází i mimo hranice města (například stromy kolem silnic, stromy s vysokým biologickým potenciálem apod.).

Arboristika se ošetřováním stromů opravdu zabývá, ale samotné ošetření je pouze část činností. Ošetření stromu je až výstupem předchozího plánování a hodnocení.

Arboristika je stromolezení.

Výškové techniky jsou důležitou součástí péče o stromy. Stromolezení je jednou z technik přístupu na stromy. Arborista musí na strom nejen vylézt, ale také jej správně a efektivně ošetřit. Arboristika má několik úrovní. Základním rozdělením je na konzultační a praktické činnosti. Stromolezení je nástrojem praktické činnosti.

Arboristika je péče o dřeviny rostoucí mimo les.

Arboristika je komplexní péčí o dřeviny. Spojuje v sobě několik disciplín a prolíná praktické a teoretické znalosti. Proto je nezbytné obor chápat v celém měřítku a vnímat

souvislosti a přesahy, které v oboru jsou. Zároveň se u nás přikláníme spíše k definici péče o dřeviny vzhledem k tomu, že nezbytnou součástí oboru (zatím částečně opomíjenou) je i péče o keře.

Přesah do jednotlivých oblastí bude ukázán v průběhu celých skript. Důležité je především porozumění souvislostí a návazností v jednotlivých oblastech.

Pro realizaci kvalitní péče o dřeviny je nezbytné nejen znát praktické úkony, ale umět také zpracovat odpovídající plán péče, na jehož základě se mohou adekvátní opatření realizovat. V průběhu textu budou popsány jednotlivé fáze od stupňů projektové dokumentace před tvorbu plánu péče až po realizační opatření. Úvodem je pouze stručně nastíněna historie oboru a na závěr je nastíněno několik důležitých současných oborových aktivit.

HISTORIE ARBORISTIKY – ZAHRANIČÍ

Pokud bychom opravdu chtěli najít první náznak vzniku arboristiky, museli bychom se vrátit v čase až do samých počátků ať už z pohledu Darwina do doby prehistorické, kde byli stromy naším domovem nebo z pohledu náboženství, kde stromy sehrály nezastupitelnou roli v zahradě Eden. Soužití lidí a stromů je zde tedy od samého počátku a vypozařovat první známky cílené péče o dřeviny je téměř nemožné. Dnes je pro nás těžko představitelné, jak byli naši předkové závislí na stromech. Stromy poskytovaly odpradávná stavební materiál, nástroje, potravu, léčiva a palivo. Kromě praktického využití, byly pro mnoho lidí také součástí duchovního života, případně byly spojeny s nějakou osobností či historickou událostí (Kolařík, 2003).

Za takový počátek opravdu aktivní péče o stromy můžeme zřejmě pokládat Anglii v době 17. století, samozřejmě pokud pomineme různé praktiky tvarování stromů v renesančních a barokních sadovnických úpravách. Typická anglická krajina, která je inspirací pro přírodní krajinářské úpravy, se stala ideálním prostředím počátku péče o mohutné soliterní stromy, významné nejen svým vzrůstem, ale také hodnotou (historickou, sociální) pro majitele pozemku. V 17. století se „arboristé“ věnovali především poznávání růstu stromu a na vlivy okolního prostředí. Mezi významná díla této doby, která ukazují na povědomí sadovníků (arboristů), patří Lawson W., *A New Orchard & Garden*, 1618 a Evelyn, J. *Sylvan or A Discourse of Forest Trees & The Propagation of Timber in His Majesties Dominions*, 1664. Zajímavé je, že obě knihy

nepopisují jen růst stromu jako takový, ale i problematiku péče o ně jako například výšku výsadby, nebo zasypání kořenového systému (Kolařík, 2003). V praktické arboristice měla velký podíl na rozvoji přítomnost stromů v blízkosti hodnotného či jinak významného majetku (budovy, okolí cest a podobně). Již z této doby jsou známé první arboristické zásahy ať již v podobě řezu větví, nebo svázaní koruny z důvodů bezpečnosti nebo i v důsledku různých pověr.

Často se uvádí, že díky úzkému spojení Anglie a Severní Ameriky se tento obor dostává na další kontinent (Kolařík, 2003). Přesun lidí, kteří jsou zvyklí na práci ve výškách a na stromech samozřejmě svůj podíl na rozvoji arboristiky v Americe má. Kromě této oblasti, ale ještě přispívá k opravdu dynamickému růstu oboru, také rozvoj průmyslu a urbanizace na „novém“ kontinentu. Díky osidlování a rozrůstání měst dochází také k intenzivní interakci mezi městskou infrastrukturou a zelení. Na rostliny působí řada stresových faktorů a škodlivý efekt začíná být viditelný. Z obydlených oblastí mizí zeleň a ta, která je zachována, je ve špatném stavu. V důsledku těchto skutečností začíná být koncem 18. století otázka péče o stromy v městském prostředí velmi aktuální. Současně s tím začíná být jasné, že poznání růstu a funkcí rostlin je stále nedostatečné a dostupné informace jsou velmi vzácné. Na začátku 20. století vznikly v Americe dvě významné společnosti Davey Tree Experts a Bartlett Tree Experts, které významným způsobem přispěly k rozvoji arboristiky. Za účelem zlepšení informovanosti a komunikace mezi praktickou a vědeckou sférou byla v roce 1924 uspořádána první arboristické konference The Shade Tree Conference. Zároveň byl položen základ nové organizaci, která měla za cíl vytvořit místo, kde setkávají potřeby praktických arboristů a nejnovějších poznatků v oblasti stromů. Tato organizace je dodnes největší arboristickou organizací na světě. V roce 1976 byla přejmenována na International Society of Arboriculture (ISA) – Mezinárodní arboristická organizace. V tom samém roce byly také poprvé uspořádány stromolezecké závody – 1. International Tree Climbing Jamboree at the Antal Conference. Hlavním cílem závodů byla ukázka dovedností hlavně v oblasti bezpečnosti práce. (Campana, 1999)

Zajímavé na rozvoji arboristiky je posun ve vnímání stromu jako živého organismu. Program první arboristické konference z roku 1924 pokrývá témata spojená s tzv. stromovou chirurgií. Stromová chirurgie používá řadu technologických opatření, která mají pomoci konzervaci stavu stromu, ale přitom nejsou respektovány všechny

biologické souvislosti. S vyšším poznáním stromů a principů, na kterých fungují, stále více vnímáme tyto organismy jako součást ekosystému se schopností samoregulace. Tento přístup klade vysoké požadavky na vnímání mezioborových souvislostí, ale zároveň více přispívá k rozvoji vhodné péče o stromy. Důležitým mezníkem v rozdílném chápání růstu stromů je především práce Dr. Alexe Shiga. A. Shigo se věnoval růstu stromu a především obranným mechanismům, které nastávají ve stromech v souvislosti s poraněním. Jeho kniha *A New Tree Biology* (1995) je základem současné péče o stromy. I přesto, že nyní přicházíme na komplexnější poznatky ohledně modelu CODIT je to stále jeden z mezníků.

HISTORIE ARBORISTIKY – ČR

V České republice se za takový mezník arboristiky dá zřejmě považovat založení Sekce péče o dřeviny, jako jedné ze složek Společnosti pro zahradní a krajinnou tvorbu, o.s. Sekce je členem jak Mezinárodní arboristické společnosti ISA, tak i Evropské arboristické rady EAC.

V oblasti vzdělání byla péče o dřeviny většinou součástí zahradnických či lesnických škol, pokaždé však s důrazem na jiné cílové zájmy a byla tak okrajovým tématem. Výjimkou se stala Střední zahradnická škola Mělník, kde byl v roce 1990 zahájen jednoletý kurz s názvem Komplexní péče o dřeviny. Kurz stále trvá a na výuce se podílejí odborníci z několika nezávislých organizací. Roku 1995 se zde otevřela Vyšší odborná škola zahradnická, která až donedávna jako jediná v ČR poskytovala komplexnější vzdělání v arboristice. Arboristika se vyučovala jako předmět volitelný. Po uzavření dohody s Českou zemědělskou univerzitou v Praze a vytvoření bakalářského studijního programu Zahradnictví, byla arboristika zařazena mezi výuku povinnou (Vyšší odborná škola zahradnická a Střední zahradnická škola Mělník, 2011). Velkou měrou k rozvoji péče o dřeviny přispěl svou pedagogickou a publikační činností Ing. František Smýkal, který spolupracoval na zpracování řady norem a studijních materiálů (ČSN 83 9061, 2006).

Zásadním bodem ve vzdělání v oboru arboristiky bylo vytvoření dedikovaného bakalářského studijního programu na Mendelově univerzitě v Brně. V roce 2009 nastoupila první „dvacítka“ studentů a již po dvou letech bylo přijato pro velký zájem přibližně 60 studentů.

Ze soukromého sektoru se na poli vzdělávání podílela společnost Schola Arboricultura, s.r.o., která prostřednictvím kurzů poskytovala možnost získávání nových znalostí v oboru. V současné době řadu školení zabezpečuje Institut celoživotního vzdělávání na Mendelově univerzitě v Brně. Další možnost průběžného vzdělávání je poskytována na konferencích a seminářích. Mezi nevýznamnější patří konference pořádána Společností pro zahradní a krajinnou tvorbu Strom pro život – život pro strom a série odborných seminářů na aktuální témata pořádána Lesnickou a dřevařskou fakultou Mendelovy univerzity v Brně.

ČLOVĚK A STROMY

Mohlo by se zdát, že zabývat se stromy v našem okolí je poněkud marnotratná zábava. Je přece tolik důležitějších problémů. Občanská vybavenost, zdravotní péče, sociální problémy... Ale přesto společnost není schopna zaujmout ke stromům lhostejný postoj, což je dobře. Poloha vztahu se pohybuje na široké škále od naprosto nekritické ochrany a adorace (nebo idolatrie?) až k zavilé nenávisti. Obvykle nepotkáte člověka, který by se při nějaké aktivitě se stromy alespoň nezastavil a nepodíval. Ti aktivnější se mohou pokusit i vstoupit do dění buďto sami, nebo alespoň prostřednictvím přivolané hlídky městské policie. Stromy nás prostě nenechávají chladnými.

Tak obrovské organizmy byly vždy důležitou součástí prostoru, a to jak přirozeného, tak uměle vytvořeného. Vzpomeňme na všechny ty zámecké parky a zahrady, městské kolonády se stromy a další a další příklady vtahování stromů do životního prostředí člověka.

Důvodem může být hluboko zakořeněná potřeba stromy ve svém okolí mít. Můžeme to vysvětlit atavistickou potřebou mít v dosahu úkryt před predátory nebo potřebou zůstat v kontaktu s přírodou, potřebou vnímat krásu nebo užívat plodů (doslova). S přítomností dřevin v životním prostoru lidí je spojeno mnoho benefitů. Tyto pozitivní vlivy lze rozlišit podle oblasti na (například) sociální, estetické a architektonické benefity, klimatické a fyzikální benefity, ekologické benefity a ekonomické benefity (Konijnendijk a kol., 2005). Tento výčet samozřejmě není normativní a slouží jen k zpřehlednění.

SOCIÁLNÍ BENEFITY

Stromy a zeleň mají přímý dopad na psychickou, mentální i fyzickou pohodu obyvatel. Jsou naším napojením na přírodu, poskytují prostor pro rekreaci a odpočinek. Nelze zapomenout ani na edukativní přínosy těchto ostrůvků přírody v betonových pouštích. Od doby, kdy se lidé začali intenzivně shromažďovat ve městech a začali mít možnost využívat volného času, stále hledají možnost dostat se zpět do kontaktu s přírodou, která nám chybí.

Zelené plochy jsou prostředkem, jak dostat obyvatele k sobě a budovat sociální život. Outdoorové aktivity i v krotkých podobách, jak je známe z měst a okolí, bývají spojeny s přítomností stromů. Připomeňme si také dlouhou historii okrašlovacích spolků, jejichž

činnosti vděčíme za tisíce vzrostlých stromů v našich městech. Stromy přivádějí lidi dohromady.

Profitem může být i prokázané snížení kriminality. Jak prokázala studie Donovan a Prestemonta (2011) z Portlandu (USA), přítomnost stromů byla spojena s menší úrovní kriminality. Tato studie je dostupná na internetu, vřele doporučujeme k přečtení. Také sousedské vztahy jsou na dobře „zastromených“ lokalitách obvykle lepší (pokud se nepočítají hádky o hrabání listí).

ESTETICKÉ A ARCHITEKTONICKÉ BENEFITY

Jak již bylo řečeno, stromy jsou dosti neopomenutelnou součástí prostoru. Svou velikostí, dlouhověkostí, variabilitou tvarů, barev, vzorů definují výrazně vzhled a charakter místa. Jsou významným prvkem architektonické úpravy prostoru. Lze je použít k zakrytí nechtěného či naopak zdůraznění důležitého. Vzpomeňme na krajínovorný vliv typicky českých alejí a stromořadí. Jak by bez nich naše krajina vypadala.

Dřeviny umožňují zakomponovat objekty do krajiny a i v městském prostředí umožňují zapojení budov do prostředí. Mnoho děl vrcholného zahradnického umění nás dodnes udivuje promyšleností – Květná zahrada v Kroměříži, Francouzská zahrada na zámku v Dobříši a anglický park tamtéž, zahrady na státním zámku Český Krumlov.

KLIMATICKÉ A FYZIKÁLNÍ BENEFITY

Tato skupina benefitů se odlišuje od předchozích tím, že tyto benefity už lze snáze kvantifikovat a vyjádřit v základní jednotce lidského snažení – v penězích. Stromy a zeleň ochlazují významně prostor evapotranspirací, omezují a regulují proudění vzduchu, korigují teplotu a vlhkost městského prostředí. Působí jako zvuková bariéra, pohledový kryt, zachycují prach a pevné polutanty, inhibují mnoho látek škodlivých lidskému zdraví. Brání erozi půdy a výrazně zvyšují kvalitu ovzduší tím, že významně snižují množství volných polutantů v ovzduší. V neposlední řadě přispívá ke snížení hluchnosti prostředí tlumením hluku, nejlépe ve frekvencích 4 000 – 8000 Hz.

Hitem naší doby je cyklus uhlíku a jeho sekvestrace. I zde vegetace ve městech plní nezanedbatelnou pozitivní funkci. Vegetace měst sice poutá méně než 1 % C produkovaného v urbanizovaném prostředí, ale nepřímý efekt dřevin je snížení energetické náročnosti budov úpravou klimatických parametrů.

EKOLOGICKÉ BENEFITY

Ztráta biodiverzity je jedním z největších problémů dnešního světa. Stromy ve městech a nelesní půdě jsou díky dimenzím a specifickému režimu často refugiem xylobiontních druhů živočichů, různých druhů hub, rostlin, místem hnízdění ptáků a úkrytem pro mnoho živočichů. Z tohoto pohledu jsou často nezastupitelné, protože městské stromy dosahují dimenzí, které v lesním prostředí již standardní nejsou, ale některé druhy jsou na ně vázány a ve stromech malých dimenzí vývoj nedokončí. Mnoho druhů těchto vázaných organismů patří mezi přísně chráněné a ohrožené organizmy.

EKONOMICKÉ BENEFITY

Dřeviny poskytují i mnohé materiální benefity. Ať už je to dřevo nebo plody vlastními i vázaných organismů. Ekonomickým benefitem je i prokazatelně vyšší cena pozemků a nemovitostí s výsadbou dřevin. A nesmíme zapomenout připomenout i ekonomické přínos spojený s úsporou nákladů na klimatizování budov, v jejichž okolí stromy rostou.

NEGATIVNÍ PŮSOBNÍ STROMŮ

Jak jsme již napsali, stromy jsou organismy a objekty nepominutelné. Bohužel, platí to i v negativním směru – koexistence stromů a člověka přináší také kolize. Nelze podceňovat záležitosti typu padající listí a plody. Ty mohou vést k negativnímu náhledu na přítomnost stromů. Je smutné, že člověk není schopen snášet tak přirozené projevy života stromů.

Některé stromy a dřeviny jsou však i toxické či alergenní. Nebezpečné jsou zejména dřeviny s lákavými, leč jedovatými plody, které mohou pozřít zejména děti, například tis. Podráždění kůže může přivodit škumpa. Produkovaný pyl či semena mohou řádně potrápiti všechny alergiky, například platany mohou být z tohoto pohledu velmi nepříjemné.

Zvláštní kapitolou je kolize stromů a staveb. Pronikání kořenů do budov, poškozování chodníků a podobně je jen malou splátkou poškozování, která člověk natropí na stromech. Významné však může být například ovlivnění vlhkosti půdy, zejména na jílovitých půdách. Stromy dokáží vodu efektivně vysoušet i přitahovat a následné pohyby půd mohou poškodit budovy na nich založené. Ucpávání kanalizace je dalším případem negativního působení stromů.

STUPNĚ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE

Než se dostaneme k detailu hodnocení a ošetření jednotlivých stromů je nezbytné chápat kontext systému zeleně v sídlech. Systémem propojení zeleně s okolní krajinou a jednotlivých ploch zeleně ve městech se zabýváme už v úrovni územního plánování. Jedním z důležitých cílů ochrany přírody a také požadavků evropské unie na zlepšení životního prostředí je vytvoření propojené infrastruktury zeleně, která napomůže zachování biodiverzity a fungování ekosystémů. K tomu slouží právě plánování ve velkém měřítku a se značným odstupem od detailu. Abychom si však mohli takový odstup dovolit, měli bychom vědět, jak vypadá současná situace. Popis aktuálního stavu dílčích ploch poskytují nižší stupně projektové dokumentace. Pro arboristu je důležité, aby věděl, že existují různé úrovně dokumentace a věděl, v jaké úrovni se pohybuje při jeho činnosti. Odlišný přístup bude například vyžadovat plocha, která se napojuje na biokoridor a jiné opatření plocha v centru města, kde provádíme stavební činnost.

Následující výčet úrovní je pouze úzce zaměřen pro potřeby plánování péče o dřeviny. V případě ochrany dřevin při stavební činnosti a plánování výsadeb je nezbytné znát kompletní stupně projektové dokumentace (viz. Zákon 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu v platném znění).

ÚZEMNĚ PLÁNOVACÍ PODKLADY

Úroveň plánování je doménou urbanistů, autorizovaných architektů a autorizovaných zahradních architektů. Mezi nástroje územního plánování patří územně plánovací podklady. Tyto podklady tvoří územně analytické podklady a územní studie. Územně analytické podklady obsahují zjištění a vyhodnocení stavu a vývoje území, jeho hodnot, omezení změn v území z důvodu ochrany veřejných zájmů. Základní součásti těchto podkladů jsou zásady územního rozvoje, územní plán a regulační plán. Územní studie navrhuje, prověřuje a posuzuje možná řešení vybraných problémů, případně úprav nebo rozvoj některých funkčních systémů v území, například veřejné infrastruktury a územního systému ekologické stability, které by mohly významně ovlivňovat nebo podmiňovat využití a uspořádání území nebo jejich vybraných částí. Územní studie se pořizuje v případech, kdy je to uloženo územně plánovací dokumentací. (Zákon č. 183/2006 Sb.)

Podklady týkající se zeleně jsou zpracovávány většinou formou územní studie. Jedná se podklady oborově specifické, které mohou být součástí územních i regulačních plánů. Cílem studií je zajistit rozvoj systému zeleně, který může být jak na úrovni jednotlivce (dendrologické průzkumy), tak i na úrovni jednotlivých objektů zeleně (ploch – pasporty zeleně, model ISAT; a vyšších celků). Hlavní představou územního plánování v oblasti zeleně je systém rozvojových os v krajině a městě, směřovaný k centru a určený k průběžnému rozvoji. Rozvojové osy by měly být navzájem propojeny a měly by tak vytvářet integrovaný systém volných ploch – zelenou infrastrukturu (sít'). (Šimek, 2011)

PASPORT ZELENĚ

Pasport zeleně patří mezi základní nástroje pro výkon správy zeleně. Z hlediska územního plánování je možno chápat pasport zeleně jako územně plánovací podklad ze skupiny územně analytických podkladů dle zákona 183/2006 Sb. (Šimek, 2009) Pasport zeleně poskytuje základní přehled o stavu všech ploch zeleně, které jsou ve správě města. Jedná se o dokument zaměřený především na kvantitu sledovaných vegetačních a technických prvků. Zároveň je jeho součástí i označení intenzity využívání ploch a další informace důležité z pohledu údržby zeleně (například sklon svahu, typ vegetačního prvku apod.). Tyto údaje jsou pak zásadní pro stanovení základního režimu péče.

Pasport zeleně by měl obsahovat následující údaje:

1. Výměra plochy
2. Údaje o katastrálním území , parcelách - parcelní čísla , jejich kultury a vlastníci: stručný popis plochy – historie – vývoj – současný stav – výhled (předchozí využívání plochy před založením zeleně, rok založení a základní okolnosti k němu vedoucí, základní etapy ve vývoji plochy, resp. takové, při nichž došlo k zásadním změnám v jejím charakteru, současný charakter a hlavní i příležitostné využívání plochy).
3. Údaje o vegetačních prvcích na ploše zeleně: přehled výměr, případně počet vymezených vegetačních prvků v jednotlivých plochách.
4. Údaje o nevegetačních prvcích na ploše zeleně: přehled výměr, případně počet nevegetačních v jednotlivých plochách.
5. Popis intenzitních tříd údržby a zařazení ploch do intenzitních tříd údržby.
6. Harmonogram pravidelných údržbových, případně jednorázových prací vedoucí k údržbě či zlepšení stavu plochy zeleně.
7. Přílohy (mapové podklady, zápisy o úředních rozhodnutích apod.).

(Balabánová, Kyselka, 2006)

Mezi zásadní pojmy v oblasti pasportu zeleně patří – **Základní plocha a Intenzitní třída údržby a režim údržby.**

Základní plocha – je základní evidenční a prostorová jednotka, která tvoří logicky vymezenou část systému zeleně. Základní plocha může být tvořena z jedné nebo více pozemkových parcel nebo jejich částí. Důležité je aby tato plocha byla homogenní z pohledu její převládající funkce (měla by mít jednotný režim návštěvnosti, ochrany, údržby). (Šimek, 2013)

Intenzitní třída údržby – je stupnice, kterou je zařazena základní plocha z pohledu jejího využívání a nároků na péči.

Režim údržby – je plán údržby jednotlivých prací. Podává informaci o údržbě a finanční náročnosti.

Dobře zpracovaný pasport by měl zodpovědět, kolik zeleně správce spravuje, v jakém členění a jak má být zezeň udržována. Pasport zeleně je nástroj především pro správu zeleně a sleduje tedy všechny prvky zeleně a související technické zázemí. Pro péči o jednotlivé stromy a plánování pěstebních opatření je stěžejní => dendrologický průzkum.

Vegetační prvky - plošné						
Skupina ploch	Plocha	Katastrální území	Parcela	Typ	Výměra	Počet
xxx - město	Horní náměstí - parčík	XXX	2278	20102 - živý plot tvarovaný jehličnatý	1,27222	2
xxx- město	Horní náměstí - parčík	XXX	2278	20301 - plocha keřů listnatá	72,3002	8
xxx - město	Horní náměstí - parčík	XXX	2278	20302 - plocha keřů jehličnatá	82,1937	6
xxx - město	Horní náměstí - parčík	XXX	2278	20303 - plocha keřů smíšená	22,2623	1
xxx- město	Horní náměstí - parčík	XXX	2278	20800 - záhon trvalek	4,66418	3
xxx - město	Horní náměstí - parčík	XXX	2278	21000 - předzahrádka	5,22034	2
Celkem v Horní náměstí - parčík					187,913	22

Obr. 1 Ukázka soupisu vegetačních prvků při pasportu zeleně (viz. body 2., 3., 4.) Zdroj: SafeTrees, s.r.o

Intezitní třída:	1 - Silně exponované plochy								
Cena celkem:	0,00 Kč								
			množství			cena			
	jednotka	opakování	do 1:5	1:5 - 1:2	nad 1:2	do 1:5	1:5 - 1:2	nad 1:2	Cena
10201 - solitérní keř listnatý									
Hnojení minerálním hnojivem 70 g NKP/m ²	kus	1	9	10	0	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Odplevelení s nakypřením, 1 ks=m ²	kus	4	9	10	0	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Odstranění suchých a poškozených částí	kus	1	9	10	0	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Ochrana před okusem (chemická)	kus	1	9	10	0	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Průklest keře	kus	1	9	10	0	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Zálivka rostlin 10l/m ² =0,01m ³ /m ² ; ks=m ²	kus	2	9	10	0	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Zmlazení keře	kus	1	9	10	0	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč

Obr. 2 Ukázka soupisu harmonogramu údržby při pasportu (viz. bod 6) Zdroj: SafeTrees, s.r.o

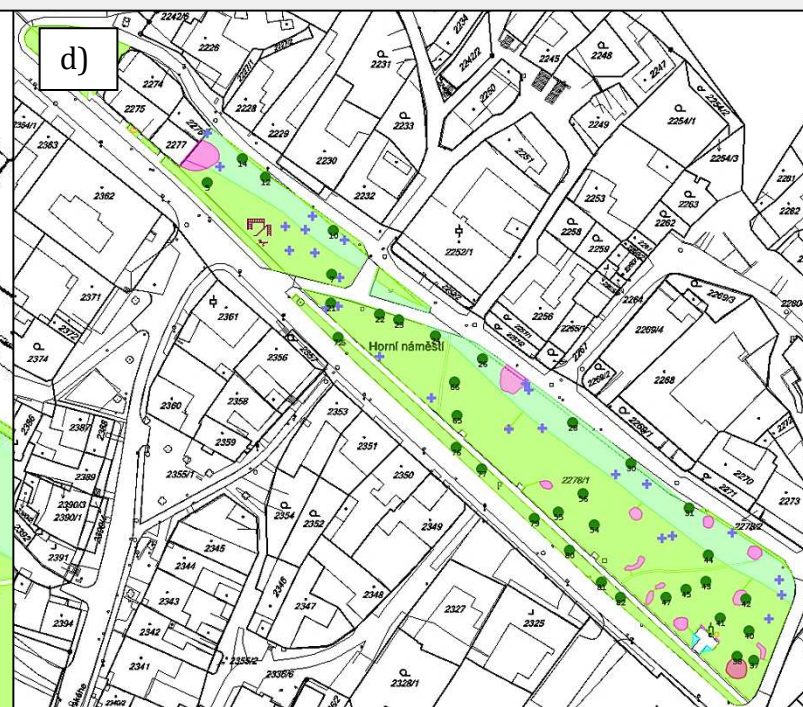


Obr. 3 Ukázka popisu základní plochy v pasportu – a) fotografie celkového pohledu, b) popis v databázové struktuře, c) detail mapy s parcelním číslem, d) celkový pohled na plochu. Zdroj: SafeTrees, s.r.o

b) a Horní náměstí - parčík - základní pohled

Plocha	Horní náměstí - parčík	Intenzitní třída	1 - Silně exponované plochy	Poznámka
Zkratka	hnp	Zóna využívání		Parková plocha v mírném svahu, kde se vyskytují stromy dospělé, staré i mladí jedinci. U těch stromů, kde již v minulosti došlo k sesazení nebo větší redukci a korunu tvoří sekundární výhony, bude vhodné pokračovat opět s redukcemi. Bližší na ploše mají infikované kmeny a bude je nutné odstranit. Při ošetřování korun stromů je třeba odstraňovat vyskytující se jmelí. U krajních jedinců je nutné zajistit podchodnou a podjezdnou výšku či je redukovat směrem k nadzemnímu vedení. Kolem ulice vede
Adresa		Ochrana památek		
		Omezení přístupu		
		Polohový koeficient		
Vlastník		Hodnota cíle pádu	2 - Provoz osob 10-35 za hodinu; h...	
Klient		Hodnota stability	2 - Dospělé vzrostlé stromy s pomí...	
Agent				


Připojit Připojit k posl. řádku Zvolit Uložit



Obr. 4 Ukázka evidence technického bodového prvku: pro efektivní správu je důležitá propojená databáze v elektronické podobě, která umožňuje aktualizaci dat. Nutné je propojení dat a mapových podkladů. Zdroj: SafeTrees, s.r.o

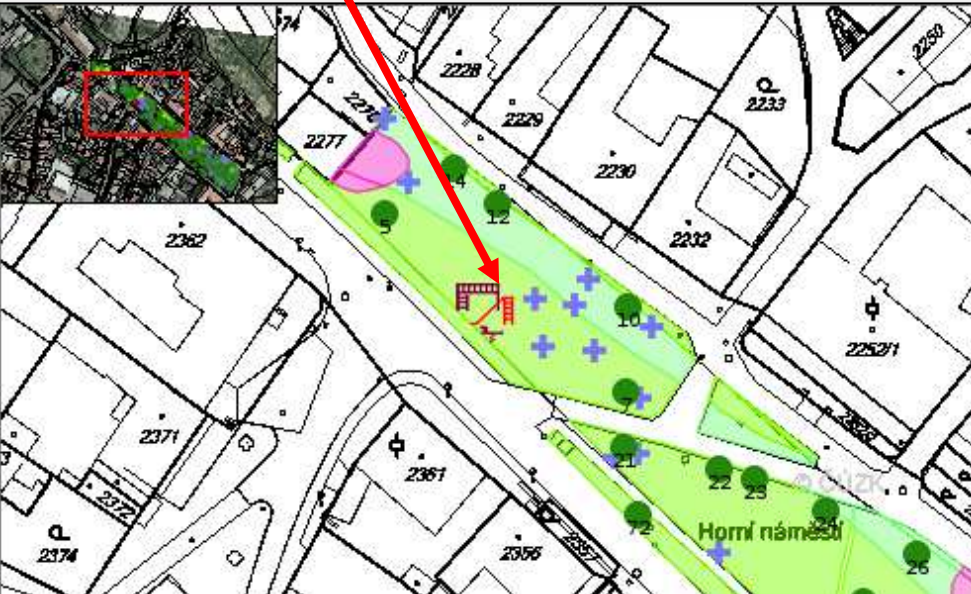
Technický bodový prvek

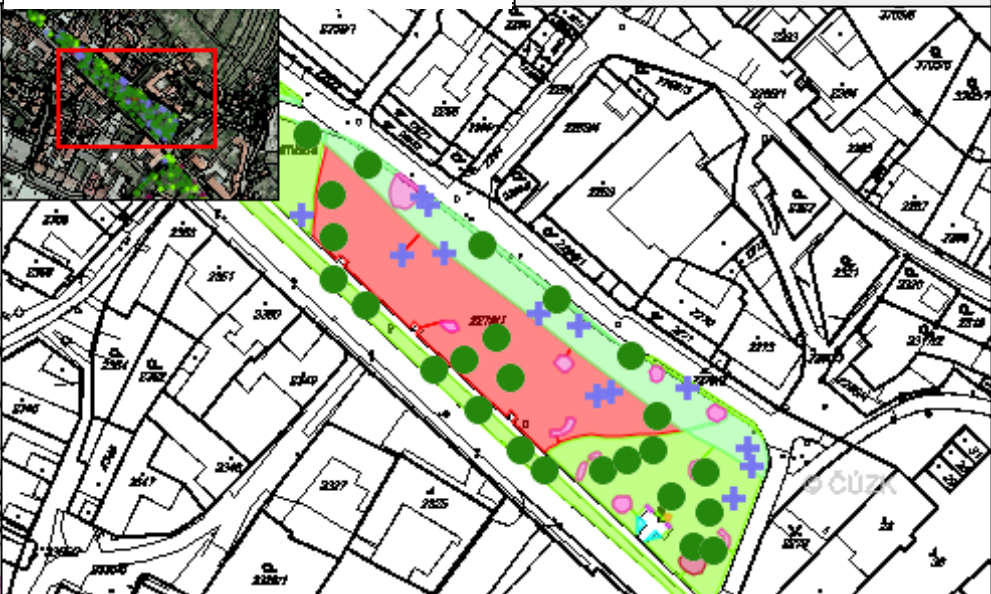
ID	159	Rok výroby	
Inventární číslo		Požizovací hodnota	Kč
RFID		Číslo dokladu	
Číslo štítku		Adresa	
Typ	skluzavka	Datum pořízení	
Starý typ		Datum záruky	
Specifikace	laminátová	Datum zařazení	
Počet	1	Poprvé hodnoceno	1. 9. 2010
Výška		Hodnoceno	
Sklon	do 1:5	Hodnotitel	
Stav	1 - dobrý	Odp. osoba	
Opotřebení	%		
Intenzitní třída	1 - Silně exponované		



Fotografie

0159-celkový pohled





Obr. 5 Ukázka evidence trávniku: plocha trávníků a jejich svažitost (sklon terénu) je zásadní údaj pasportu zeleně. Na údržbu trávníků jsou vynakládány vysoké finanční prostředky. Zdroj: SafeTrees, s.r.o

Trávník

ID	85
Typ	parkový
Starý typ	
Typ sekačky	10 - Šířka sekačky 1 m
Plocha	1299,2 m ²
Obvod	m
Počet	1
Sklon	do 1:5
Stav	
Intenzitní třída	
Datum záruky	
Poprvé hodnoceno	
Hodnoceno	
Hodnotitel	

DENDROLOGICKÝ PRŮZKUM

Pojem dendrologický průzkum se používá v úrovni územního plánování a tento dokument slouží jako územně plánovací podklad ze skupiny územně analytických podkladů dle zákona 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu v platném znění. V praxi se už ovšem pohybujeme v oblasti **hodnocení jednotlivých stromů**, které řeší následující kapitola Hodnocení stavu stromů.

HODNOCENÍ STAVU STROMŮ

HODNOCENÍ A KONTROLY ZÁKLADNÍCH PLOCH

V případě plánu péče pro jednu plochu zřejmě žádný realizátor nebude mít problém s rozsahem jeho vypracování. Pro správu zeleně je ovšem toto měřítko nedostatečné. Mnohem častěji je nezbytné vytváření režimů údržby a plánů péče pro celá města případně ucelené prostorové jednotky (například městské části). V této situaci je nutné najít objektivní a racionální způsob jak rozvrhnout kontroly a údržby jednotlivých ploch. Tyto plochy nebo jejich části pak budou postupně zpracovávány na základě dostupných možností (časových, finančních) v rámci dlouhodobého plánování.

Plochy vytvářené a hodnocené na úrovni hodnocení stromů se mohou překrývat s plochy vymezenými pasportem, ale zároveň mají i svá specifika. Nemůžeme tedy říct, že jde o to samé rozdělení jako při pasportu zeleně. Z pohledu hodnocení stromů nás zajímá především provozní bezpečnost a k jejímu stanovení je nezbytné zařadit plochu nejen do **intenzitní třídy údržby**, ale také přiřadit **celkovou hodnotu stability a hodnotu cíle pádu**.

Celková hodnota stability charakterizuje celkovou stabilitu stromů na základní ploše.

Hodnota cíle pádu charakterizuje intenzitu provozu osob a automobilů v dopadové vzdálenosti stromů na základní ploše a hodnoty majetku, který může být zasažen v případě selhání stromů.

(Kolařík a kol., 2014)

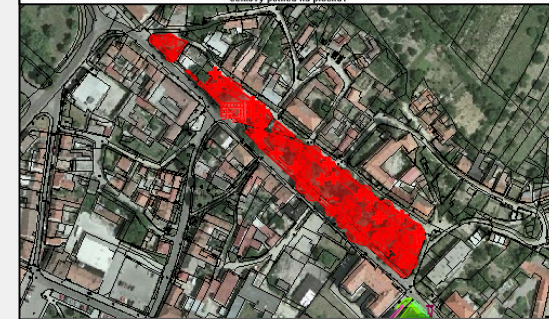
Přístup hodnocení ploch vychází z modelu ISAT (Integrated System Assessing Trees) a touto problematikou se více zabývá předmět Posuzování a oceňování dřevin.



Obr. 6 Ukázka plochy po přidání vrstvy zahrnující hodnocení stromů. Plochy vytvořené v rámci pasportu mohou být použity jako podklad pro vymezení ploch v rámci hodnocení stromů a naopak. Kromě intenzitní třídy údržby nás v rámci hodnocení stromů zajímá také hodnota cíle pádu a hodnota stability. Zdroj: SafeTrees, S.R.O



Celkový pohled na plochu



Plocha Horní náměstí - parčík - základní pohled

Plocha	Horní náměstí - parčík	Intenzitní třída	1 - Silně exponované plochy	Poznámka Parková plocha v mírném svahu, kde se vyskytují stromy dospělé, staré i mladí jedinci. U těch stromů, kde již v minulosti došlo k sesazení nebo větší redukci a korunu tvoří sekundární výhony, bude vhodné pokračovat opět s redukcemi. Břízy na ploše mají infikované kmeny a bude je nutné odstranit. Při ošetřování korun stromů je třeba odstraňovat vyskytující se jmelí. U krajních jedinců je nutné zajistit podchodnou a podjezdovou výšku či je redukovat směrem k nadzemnímu vedení. Kolem ulice vede
Zkratka	hnp	Zóna využívání		
Adresa		Ochrana památek		
		Omezení přístupu		
		Polohový koeficient		
Vlastník		Hodnota cíle pádu	2 - Provoz osob 10-35 za hodinu; h...	
Klient		Hodnota stability	2 - Dospělé vzrostlé stromy s pomí...	
Agent				

Obecné informace Kontroly ISAT Soubory Kontakt

Počet stromů: 13


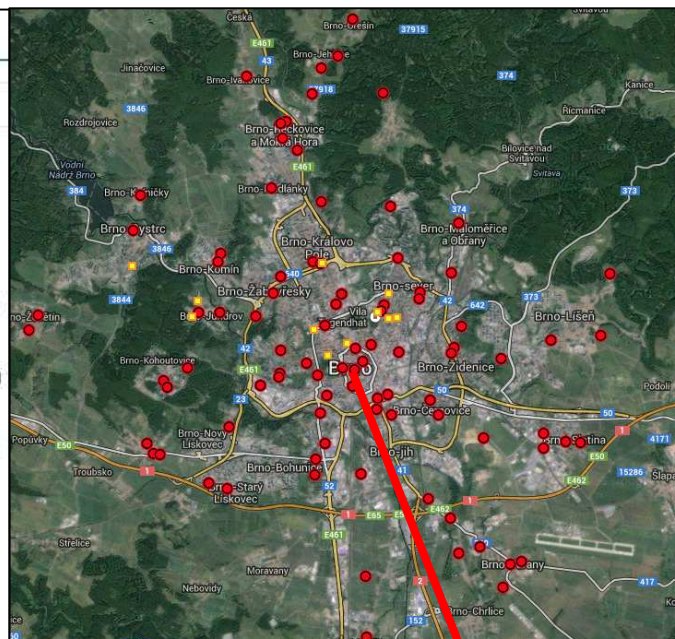
Intenzitní třída údržby: středně silně exponované plochy

Poslední kontrola: 11. 1. 2012 (běžná vizuální kontrola)

Hodnota dle cíle pádu: provoz osob 10-35 za hodinu; hřbitov; silnice II. třídy a frekventované ulice v zastavěném území, parkoviště; riziko vzniku škod na stavbách mezi 400 000,- a 2 000 000 Kč

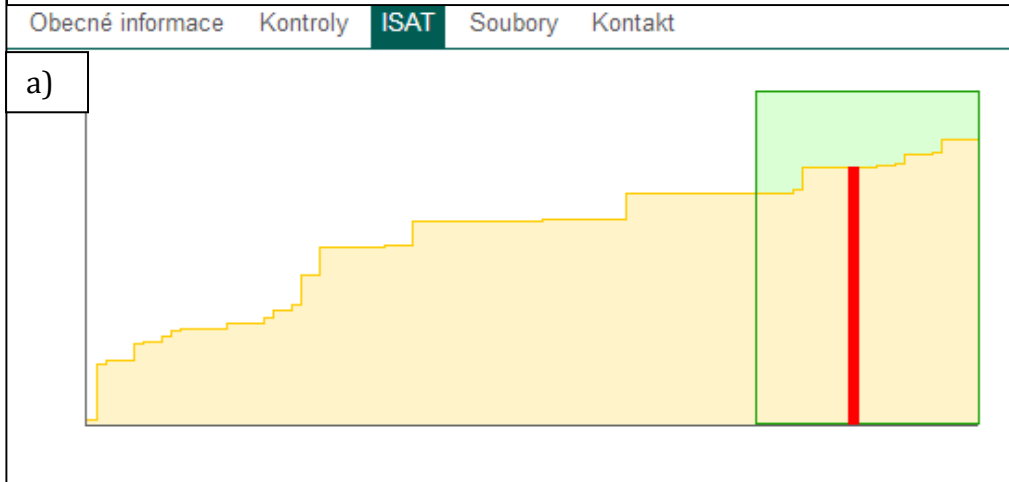
Hodnota stability: dospělé a staré stromy s častým výskytem statiky významných defektů, patrně pomístné rozpady a selhání

Poznámka: Řada topolů, kde zvláštní pozornost je nutno věnovat infikovaným jedincům.

Obr. 7. Ukázka evidence ploch z portálu stromy pod kontrolou včetně zhodnocení ploch dle modelu ISAT. a) **Zelené pole** označuje plochy, které mají být kontrolovány v daném roce, **červeně** je vyznačena distribuce aktuální plochy.

Zdroj: www.stromypodkontrolou.cz



HODNOCENÍ A KONTROLY JEDNOTLIVÝCH STROMŮ

ÚVOD DO HODNOCENÍ

Hodnocení stromů rostoucích mimo les je v poslední době velmi aktuálním tématem. Situace je podpořena rozdílným pohledem jednotlivých skupin odborníků, kteří se hodnocením na praktické či teoretické úrovni zabývají. V případě pohledu spíše technického a zaměřeného na možnost aplikace hodnocení pro potřeby státní správy je výchozím stanoviskem základní hodnocení. Toto základní hodnocení stromů by mělo vycházet z diagnostických pohledů, které by splňovaly následující požadavky:

- 1) Hlavní parametry slouží k tvorbě a podložení zpracovaného plánu péče – jejich rozsah a popis tomu tedy musí odpovídat.
- 2) Definice rozsahu potenciálního rizika je základní součástí hodnocení.
- 3) Součástí by měl být i odhad perspektivy stromu, ať už ve vztahu k jedinci nebo stanovišti.

(Kolařík, Szorádová, 2012)

Mezi základní parametry se řadí věk/fyziologické stáří, vitalita, zdravotní stav, provozní bezpečnost a perspektiva. Provozní bezpečnost je pak možné hodnotit rovnou u každého jedince nebo vyhodnotit jeho stabilitu a následně ji vztáhnout k definici plochy.

K základním parametrům je také možné přidávat, dle účelu a rozsahu hodnocení, parametry další. Mezi odbornou veřejností, pak dochází k různým modifikacím nejen rozsahu hodnocení, ale i rozsahu jednotlivých parametrů.

Zdravotní stav a vitalita jsou parametry, které se následně využívají pro výpočet hodnoty stromů metodikou Oceňování dřevin rostoucích mimo les Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky. Metodika stanoví základní bodovou hodnotu dřeviny, která je následně modifikována na základě zdravotního stavu, vitality a polohového koeficientu (Kolařík et al., 2009).

Na úrovni tzv. technického hodnocení je ještě možnost se setkat s variantou, kdy hodnotitel sleduje výskyt předem nedefinovaných defektů, které pak uvádí pomocí zkratk například PLO – viditelné plodnice dřevokazné houby (Wágner, Žďárský, 2011). Tento přístup se však ukazuje být velmi náročný pro další zpracování dat a zatím nebyl nikde oficiálně publikován.

Kromě hodnocení tzv. technického je dalším významným fenoménem sadovnická hodnota (dále jen SH). V současnosti se čím dál častěji objevuje názor, kdy by SH měla být používána v rozsahu hodnocení nadstavbového, tedy jako přídatný parametr pro hodnocení technické (Kolařík, Szorádová, 2012). Případně pro koncepční plánování vegetačních prvků (Praus, 2011). S tímto názorem se však úplně neztotožňují uživatelé SH. Jistou zásluhu na tom jistě může mít i fakt, kdy se použití a definice SH liší s rozdílnými názory autorů. Podle Šimka (2005) se jedná o výslednou hodnotu zahrnující hodnocení vitality, zdravotního stavu a pěstebního stavu jedince. Zároveň však do hodnoty sadovnické zahrnuje i její perspektivu a ve studijních materiálech z roku 2011/2012 zmiňuje i hodnotu kompoziční. V tomto případě je zřejmě vhodnější definice použitá ve studijních materiálech Vyšší odborné školy zahradnické Mělník (SMÝKAL, F., 2005), které uvádějí, že kritérium SH „*shrnuje integrujícím způsobem prakticky všechny kvality dřevin, které nebylo možno vyjádřit naměřenými hodnotami*“. Ačkoliv se však zmiňují všechny aspekty ani v jedné definici SH a v její 5-ti bodové stupnici (nebo klasifikačních třídách) není zmíněn aspekt ekologický.

Rozdílné přístupy k SH se následně odrážejí v dalších dvou metodikách oceňování používaných v České republice. Přepracovaná Kochova metodika Ing. Pavlem Bulířem, CSc. používá pro úpravu základní bodové hodnoty SH, která v definici jednotlivých stupňů pracuje s kompozičním a funkčním významem dřeviny (Bulíř, 2009). Metodika Oceňování dřevin vypracovaná prof. Jaroslavem Machovcem a Ing. Jiřím Grulichem také po stanovení základní bodové hodnoty pracuje se SH. SH je zde však definovaná jako výslednice parametrů zdravotního stavu, vitality, stability, úbytku objemu koruny a prostorového a mechanického poškození. Umístění dřeviny a její situaci v kompozici pak řeší dalšími koeficienty (Grulich, 2012).

V současné době se odborná veřejnost staví k nezbytnosti sjednocení názorů tvorbou oborového standardu AS – Hodnocení stromů. Ze současného stavu tvorby standardu vychází následující uvedené součásti dendrologického průzkumu a plánu péče společně s jejich opodstatněními.

STUPNĚ HODNOCENÍ

Jak ukázala praxe, je nezbytné začít rozlišovat mezi tím, co definujeme jako inventarizaci a jako dendrologický průzkum případně hodnocení stromů. Kromě rozlišení jednotlivých stupňů je důležité to, jak na sebe jednotlivé úrovně (stupně) navazují. Zcela zásadní je uvědomit si, že některé úrovně hodnocení není možné provádět bez předchozích kroků. Současný standard rozlišuje následující stupně hodnocení stavu stromů:

- 1) Základní inventarizace** se týká především kvantitativních a popisných veličin. Zahrnuje lokalizaci stromů, určení základních taxonomických a dendrometrických údajů individuálních stromů.
- 2) Dendrologický průzkum jednotlivých stromů** je již nadstavbou základní inventarizace a jeho součástí je sběr kvalitativních veličin. Dendrologický průzkum musí vždy zahrnovat i základní inventarizaci. Dalšími parametry jsou fyziologické stáří, perspektiva, vitalita, zdravotní stav, stabilita.
- 3) Návrh zásahu** je logickým vyústěním dendrologického průzkumu a měl by být vždy jeho součástí (kromě výjimečných případů, kdy návrh zásahů není účelný). Návrh zásahů vychází nejen ze znalostí týkající se stavu stromu, ale také ze znalostí týkajících se jednotlivých technologií, jejich provedení a následků. Návrh zásahu zahrnuje technologii zásahů, naléhavost zásahů a navrhované opakování zásahů.
- 4) Specializované průzkumy** jsou prováděné v případech zvláštní potřeby jako nadstavba dendrologického průzkumu. Na stromy je možné pohlížet z různých hledisek. Na začátku by, ale vždy měl být jasný základní stav stromu. Návrh péstebních opatření se pak dá na základě různých funkčních požadavků modifikovat. Nikdy by, ale nemělo dojít k tomu, že bude bezdůvodně opomenut reálný stav stromu a s ním spojená provozní bezpečnost. Mezi specializované průzkumy řadíme například kompoziční hodnou, sadovnickou hodnotu, historický kontext, biologický potenciál, fytopatologický průzkum.

PARAMETRY DENDROLOGICKÉHO PRŮZKUMU

I přes to, že se setkáváme opravdu s různými přístupy k hodnocení stromů, docházíme k tomu, že nezbytné je hodnotit stav stromů v rozsahu minimálně tří parametrů – zdravotního stavu, vitality a stability.

Zdravotní stav stromu charakterizuje jedince z pohledu jeho narušení či poškození. Sleduje spíše mechanické oslabení jedince. (Kolařík a kol., 2014) Pojem zdravotní stav může být trochu zavádějící, pokud se zaměříme na definice ze souvisejících oborů (například rostlinolékařství). Zdraví je definováno jako homeostatický stav, kdy se dřevina, dle své přirozené odolnosti a s ohledem na svoji vitalitu, danou především věkem, vyrovnává s působením vnějších nepříznivých vlivů (Kolařík a kol.). Při hodnocení se, ale díváme na defekty stromu (zdravotní stav) a reakce (vitalita). Název zdravotní stav tedy nevystihuje komplexně pojem zdraví, tak jak je definován, na druhou stranu je tento název již dlouhodobě užíván a důležitá je spíše jeho definice.

Vitalita stromu charakterizuje jedince z pohledu dynamiky průběhu jeho fyziologických funkcí, fyziologické aktivity (životaschopnosti) (Kolařík a kol., 2014). Je chápána jako schopnost organismu vyrovnávat se (kompenzovat) s vnějšími i vnitřními vlivy bez výrazného a trvalého narušení. (Kolařík a kol., 2010)

Stabilita stromu hodnotí úroveň pravděpodobnosti selhání stromu, nebo jeho významné části. Z používaných parametrů, můžeme pojem stability označit jako nejmladší. Nutnost tohoto parametru se ukázala v souvislosti s provozní bezpečností stromu. Provozní bezpečnost v podstatě pojednává o stabilitě stromu vztažené k cíli pádu. Praxe však ukázala, že místo přímého hodnocení provozní bezpečnosti je objektivnější nejdříve ohodnotit stabilitu stromu samostatně. Stabilita také byla dřív spojována se zdravotním stavem. Ale často se setkáváme se situací, kdy strom s rozsáhlým poškozením může být vzhledem ke svým rozměrům a místu poškození stabilní a naopak v jistých situacích může už menší rozsah poškození vést k výraznému snížení stability jedince nebo jeho části.

Používání všech tří parametrů při hodnocení se ukázalo praxí jako naprosto nezbytné. Kromě situací kdy můžeme získávat jiné hodnoty z pohledu zdravotního stavu a stability, je zde také vitalita. Některé stresory mohou být natolik agresivní a rychlé, že ještě než dojde ke změnám v projevech vitality, může už být jedinec nestabilní. Typickým příkladem je dřevomor kořenový (*Kretzschmaria deusta*, Hoffm.), i při rozsáhlém napadení kořenového systému touto houbou stromy stále vykazují výbornou vitalitu. Kromě dalších aspektů životní strategie dřevokazných hub jsou velmi důležité při hodnocení stromů.

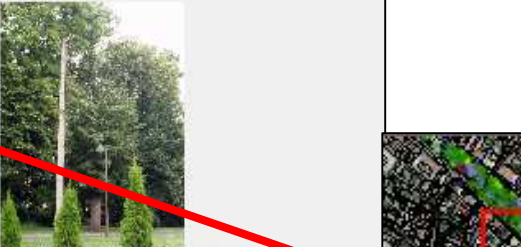
Dalšími parametry, které hodnotíme, jsou **fyziologické stáří** a **perspektiva**. Oba tyto parametry jsou nezbytné pro adekvátní navržení zásahu.

SYSTÉM VÝSTUPŮ A MAPY

Pro následné zpracování a aktualizaci musí být data z průzkumů ukládány do databáze, která umožňuje následnou aktualizaci. Data z hodnocení by měla být napojena na mapové podklady. Z dostupných systému je vhodné používat databáze, které fungují na podkladech programu GIS. Velmi praktické a pro komunikaci se zákazníky téměř nezbytné jsou pak aplikace fungující přenosem dat přes internet – portály. Pro evidenci stromů a především bezpečnostních vazeb slouží portál www.stromypodkontrolou.cz .

Obr. 8. Ukázka zhodnocení stromu v databázi, stejně jako u pasportu je důležité mít propojenou databázovou strukturu a mapu. Systém musí umožňovat aktualizaci dat. U hodnoceného stromu jsou zaznamenány **lokalizace, taxon, dendrometrické parametry, fyziologické stáří, perspektiva, zdravotní stav, vitalita a stabilita a návrh pěstebního opatření**. Návrh pěstebního opatření vychází primárně z aktuálního stavu stromu. Zdroj: SafeTrees, s.r.o.

ID: 81 RFID: - Taxon: Tilia cordata (lípa malolistá)

Číslo	RFID	Taxon	Foto
81		Tilia cordata (lípa mal...	

Výška	Výška kmene	Průměr kmene	Věk
23,0 m	2,0 m	13,0 m	r.

Průměr kmene	Průměr kmene 2	Průměr kmene 3	Průměr kmene 4
87 cm	cm	cm	cm

Fyziologické stáří	Perspektiva
5 - sen...	b - exis...

Vitalita	Stabilita ziom
2 - Vitali...	2 - Vyz...

Zdravotní stav	Stabilita cíl
3 - zdra...	

Celkový stav: Sadovnická hodnota:

Ošetření	Stav	Technologie	Naléhavost	Opakování
Navrženo	RO	1	5	

Poznámka: Infekce kosterních větví.

Připojit Připojit k posl. řádku Zvolit Uložit




Celkový pohled 2008



a) Strom Platanus x hispanica (platan javorolistý)

Obecné informace Zásahy Detailní hodnocení Kontakt

Číslo v ploše: 1
 Taxon: Platanus x hispanica (platan javorolistý)
 Průměr kmene: 148 cm
 Výška: 28,0 m
 Fyz. stáří: dospělý jedinec (projevuje se stagnace růstu)
 Perspektiva: na stanovišti vhodný a dlouhodobě udržitelný
 Technologie: ošetření stromu
 Počet detailních hodnocení: 1
 Poznámka: Tlaková vidlice v kosterním větvení - možná infekce.
 Pravděpodobná infekce báze kmene.



Obecné informace **Zásahy** Detailní hodnocení Kontakt

d) Instalace bezpečnostní vazby statické v dolní úrovni
 Naléhavost: Naléhavý zásah Stav: navrženo Cena dle ceníku: 5 500,00

Doporučujeme přístrojovou kontrolu větví.

Dokončit **Zrušit**

RZ - Řez zdravotní
 Naléhavost: Naléhavý zásah Opakování: Jednou za pět roků Stav: navrženo Cena dle ceníku: 14 700,00

Dokončit **Zrušit**

VD-H - Instalace bezpečnostní vazby dynamické v horní úrovni
 Naléhavost: Naléhavý zásah Opakování: Jednou za pět roků Stav: navrženo Cena dle ceníku: 3 500,00

Jedno lano.

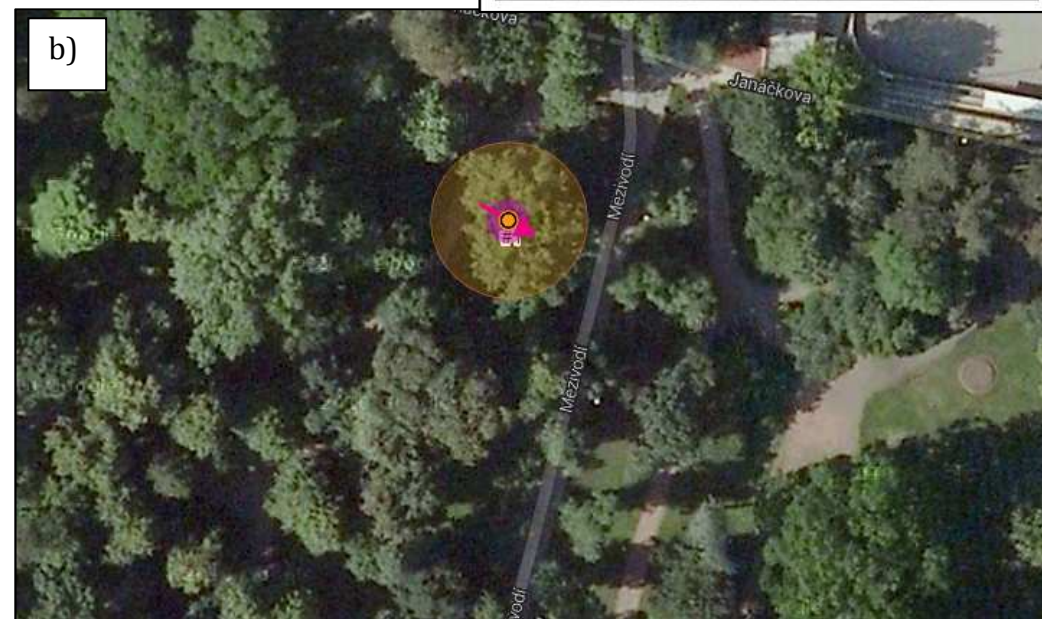
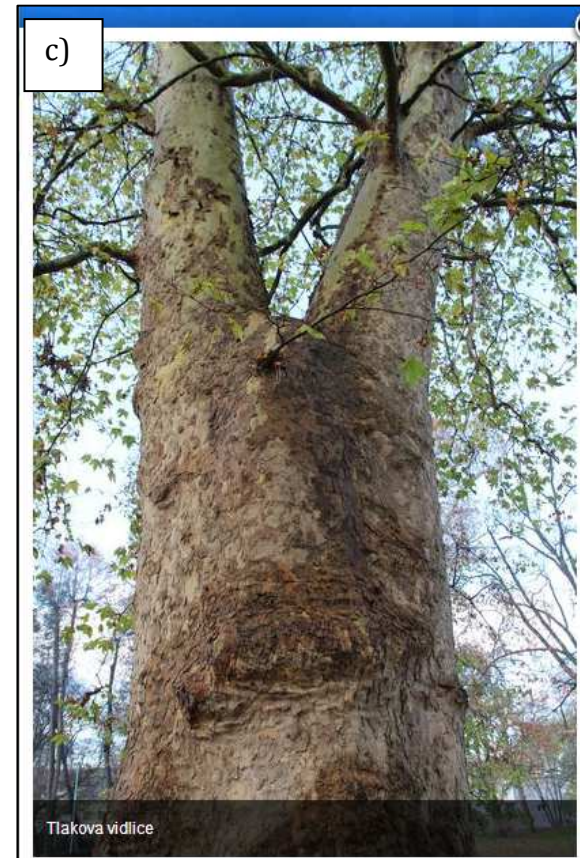
Dokončit **Zrušit**

VD-D - Instalace bezpečnostní vazby dynamické v dolní úrovni
 Naléhavost: Naléhavý zásah Opakování: Jednou za pět roků Stav: zrušeno Cena dle ceníku: 2 500,00

Jedno lano.

PT-Z - Prověření statických poměrů pomocí přístrojového testu – pouze v odolnosti proti zlomu a torznímu zatížení
 Naléhavost: Naléhavý zásah Stav: dokončeno
 Kontrola stavu defektního větvení:

Obr. 9. Ukázka hodnocení stromu na portále stromy pod kontrolou. Zde je možné vidět propojení a) popisu stavu stromu, jeho b) lokalizace (včetně označení provedení **přístrojového testu**), c) fotodokumentace a d) návrhu opatření. U návrhu opatření je v seznamu možné zatrhnout opatření, která už byla provedena. Zdroj: www.stromypodkontrolou.cz



EKOLOGICKÁ HODNOTA STROMU

Stromy vytvářejí prostředí, ve kterém se může vyskytovat široké spektrum organizmů, od lišejníků, mechů, hub, přes dvouděložné rostliny až po savce, kteří hledají úkryt především v dutinách stromů. Na to je třeba brát zřetel, protože i když se jedná o organizmy, které nejsou vyloženě úzce vázané na dané prostředí, můžeme se s nimi při údržbě a hodnocení stromů setkat. Například netopýři velice často obývají dutiny stromů a přitom se jedná o silně ohrožené druhy. Kromě těchto organizmů, jsou zde organizmy vázané na „mrtvé“ dřevo a jejich propojení se stromy je velmi úzké.

Mezi nejčastěji zmiňované organizmy vázané na odumírající nebo odumřelé dřevo řadíme především dřevokazné houby a hmyz. V těchto skupinách nalezneme druhy, které mají široké optimum výskytu (například všechny listnáče) nebo také druhy s vysoce specifickými podmínkami jejich výskytu. V této souvislosti je nutné především upozornit na problematiku saproxylického hmyzu (hmyz s vazbou na dřevo). Vazba hmyzu na dřevo se liší nejen mezi jednotlivými druhy, ale také mezi vývojovými stadii jedinců. Larvy některých druhů například vyžadují vlhké prostředí, přičemž dospělci žijí na suchých a osluněných větvích. Kromě těchto specifických podmínek je také obtížné mapování některých druhů hmyzu díky skrytému způsobu jejich života. V současné době seznam zvláště chráněných druhů, který je uveden v příloze III. prováděcí vyhlášky č. 395/1992 Sb. obsahuje cca 40 druhů saproxylických druhů hmyzu, přičemž se jedná jen o druhy, které jsou známé. Otázkou zůstává kolik druhů organizmů, ještě zmapováno nebylo. Pro lidi v praxi, kteří nejsou entomology nebo fytopatology, je pak téměř nemožné zjistit, zda se strom vyznačuje výskytem chráněného nebo jinak významného organismu či nikoliv. Proto se v poslední době přikláníme spíše k definici a popisu prvků se zvýšeným biologickým potenciálem a jejich mapování. V tomto případě sice nezjišťujeme výskyt konkrétních druhů organizmů, ale zaměřujeme se na pravděpodobnost jejich výskytu a potenciál stromu. Tato informace je pak dostačující pro stanovení tzv. nadstavbové ekologické hodnoty jedince.

Nadstavbové ekologická hodnota jedince

Strom má svoji ekologickou hodnotu danou už svým samotným výskytem. Stromy jsou kostrou ekosystému a mohou být součástí větších celků (lesů, skupin, porostů). V případě, že je strom součástí například lesa můžeme hodnotit různé funkce lesa včetně funkce ekologické. Každý strom jako jedinec je pak z pohledu ekologie v podstatě

hodnotný pouhou existencí, poskytuje prostor pro ostatní organizmy, plní funkci hygienickou, klimatickou apod. Tuto hodnotu však můžeme většinou vztáhnout k rozsahu jeho biomasy a stanovišti na kterém se nachází (porost, alej, park, ulice).

Z pohledu navržení odpovídající péče nás ale zajímá, zda jsou i stromy, které se mohou vylišovat ještě něčím jiným než je rozsah biomasy, stanoviště a umístění v porostu. To, že stromy poskytují domov mnoha dalším organismům, je zcela evidentní. Právě tato jejich vlastnost je v praxi celkem dobře pozorovatelná a posunuje jejich hodnotu jako jedinců na další úroveň. Stromy postupem času a činností biotických i abiotických činitelů vytvářejí různé prvky se zvýšeným biologickým potenciálem. To znamená, že jejich prostředí je atraktivní pro více druhů organismů vázaných na toto prostředí. Se zvyšujícím počtem těchto prvků se zvyšuje atraktivita stromu a s tím i jeho ekologická hodnota, která je sledovatelná i pro nás.

PĚSTEBNÍ OPATŘENÍ

Výsledkem hodnocení stromů (dendrologického průzkumu) je návrh adekvátních pěstebních opatření (zásahů) pro zajištění provozní bezpečnosti stanoviště případně pro dosažení jiných cílů spojených se správou zeleně a péče o dřeviny. U stromů by kromě jejich aktuálního stavu měla pěstební opatření vycházet z jejich přirozených růstových strategií. Strom je dlouhověký organizmus, který je schopen přizpůsobit se svému prostředí. S věkem však jeho schopnost adaptace klesá. Všechny zásahy do jeho organismu jsou energeticky náročné a náročnost se zvyšuje s intenzitou zásahu a krátkým časovým intervalem.

Mezi nejběžněji používaná opatření patří řezy stromů. Při navrhování zásahů bychom neměli zapomínat, že i kácení a výsadby jsou běžné pěstební postupy, se kterými je možné pracovat.

Dále je uveden stručný přehled základních pěstebních opatření, podrobně je tato problematika řešena v rámci předmětu Sanace a konzervace stromů.

ŘEZY STROMŮ

Pro správné navržení zásahů a především následnou komunikaci je naprosto nezbytné používat sjednocenou terminologii dle standardu Řez stromů. Ve standardu byly od sebe odděleny techniky a technologie řezu. Logika tohoto rozdělení vychází z nutnosti oddělit pravidla pro provedení řezu, jako postup uříznutí větve a provedení řezu jako ořez celého stromu z pohledu dodržení zásad jednotlivých technologií.

TECHNIKY ŘEZU

Základní techniky řezu vycházejí především ze struktury větvení a případně ze specifik některých technologií. Techniky řezu dle standardu dělíme na:

- Řez na postraní větevní límeček
- Třetinové pravidlo
- Řez větve „na třikrát“
- Řez na postranní větev
- Řez kodominantního větvení
- Řez tlakového větvení
- Řez na korní můstek

- Řez terminálního výhonu
- Řez na pupen
- Odstranění výmladků
- Řez na patku
- Odstranění mrtvých větví
- Řez „naslepo“

Řez na postraní větvní límeček je základní technikou řezu větve. V případě normálního větvení (nepočítáme-li tedy výhony ze spících a adventivních pupenů) dochází k překrývání pletiv větve a pletiv kmene. V tomto místě je většinou patrný tzv. větvní límeček. Provedením správného řezu zajistíme, nejlepší podmínky pro to aby se strom vyrovnal s poraněním, které řezem způsobíme. Odstavení větví (usychání), které strom nepotřebuje a jejich shazování je přirozenou strategií. Strom je tedy schopen se při správné velikosti a technice řezu velmi dobře vyrovnat s tímto zásahem, nesmí ovšem dojít k narušení pletiv větve.



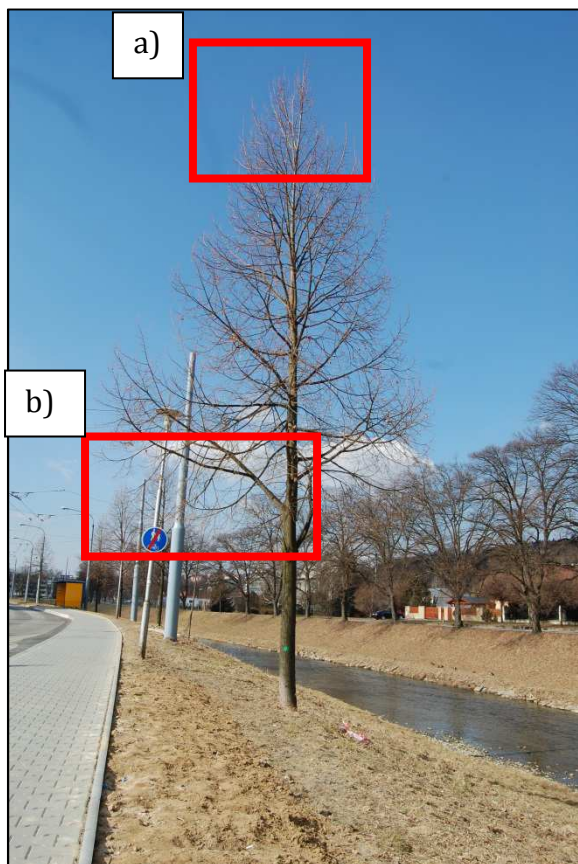
Obr. 10 Spojení větve a kmene. a) Na vrchní straně větvení pletiva větve a kmene vytlačují korní hřebínek, b) pletiva kmene se překrývají s pletivy větve.

TECHNOLOGIE ŘEZU

Technologie řezu jsou odvozeny především z jejich účelu. Každou technologií sledujeme určitý cíl pěstebního opatření. Pro správné navržení řezu je nutné, aby projektant i realizátor věděl, jak daná technologie vypadá a jaký cíl řezem sledujeme. Technologie řezu rozdělujeme do skupin, které sdružují řezy podobného charakteru.

Řezy zakládací

Účelem zakládacích řezů je založení a výchova korun mladých stromů, které v dospělosti budou bez zásadních defektů a které budou svou architekturou, tvarem a velikostí koruny odpovídat danému stanovišti (Kolařík a kol., 2013). Proto se realizuje řez stromů takovým způsobem, který korunu formuje do tvaru přirozeného pro daný taxon, případně tvaru vyžadovaného pěstebním záměrem. V rámci zakládacích řezů dochází případně i k zahájení tvarování korun. Zakládací řezy, konkrétně řez výchovný je jeden z nejdůležitějších řezů. Díky pravidelnému a správně provedenému výchovnému řezu je možné předejít defektům a konfliktům s okolím, které by v budoucnu mohly mít závažné důsledky. Ačkoliv se může zdát pravidelné opakování výchovného řezu, jako ekonomicky náročné v porovnání se stabilizačními zásahy jde o jednoznačně efektivnější a úspornější přístup.



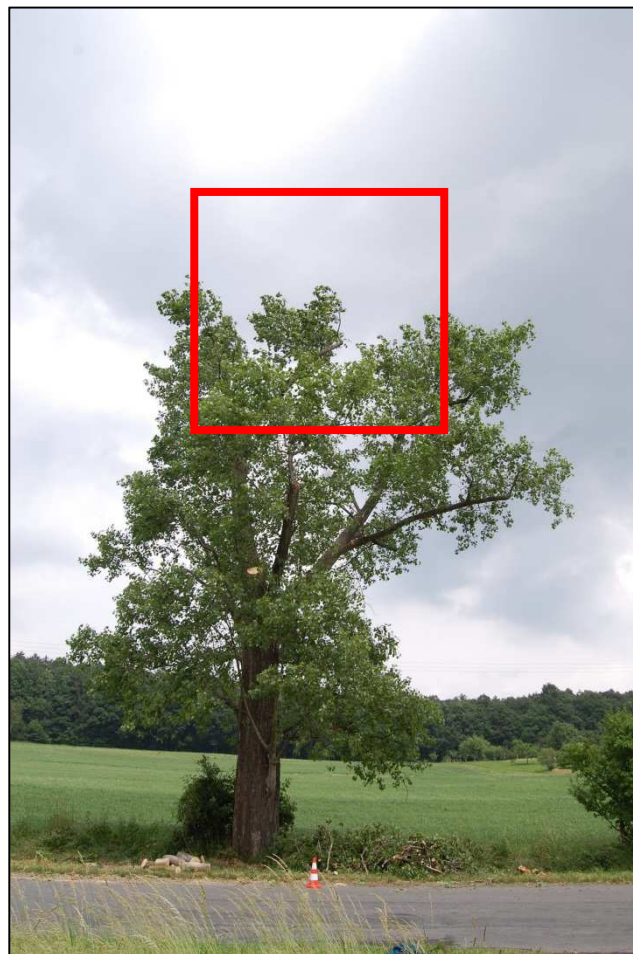
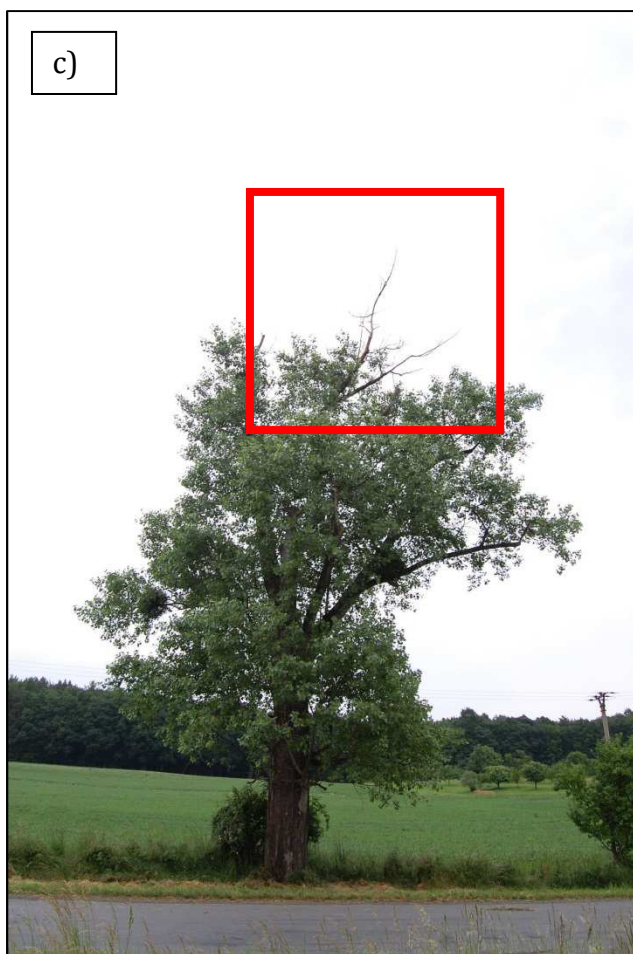


Obr. 11 Ukázka výchovného řezu. Vlevo – strom před zásahem, vpravo – strom po zásahu. Při výchovném řezu mimo jiné a) podporujeme terminální výhon, b) zvyšujeme nasazení koruny dle potřeby, c) a d) odstraňujeme větve strukturálně nevhodné a poškozené. Zdroj: Ořez Stromu

Řezy udržovací

Cílem udržovacích řezů je péče o dospívající a dospělé stromy s důrazem na zajišťování provozní bezpečnosti, pěstebních požadavků, eventuálně změny tvaru a velikosti jejich koruny dle potřeby stanoviště a prodloužení jejich funkční životnosti. Udržovací řezy se průběžně opakují v intervalech daných taxonem, účelem řezu, požadavky stanoviště a vitalitou stromu. (Kolařík a kol., 2013) Mezi řezy udržovací řadíme řezy, které provádíme v rámci běžné údržby stromů. Většinou se jedná o zásahy, které by po provedení neměly být z pohledu laika viditelné. Tyto zásahy jsou i zčásti preventivní, řeší defekty menšího rozsahu, ale nepracují se stabilitou celého stromu.

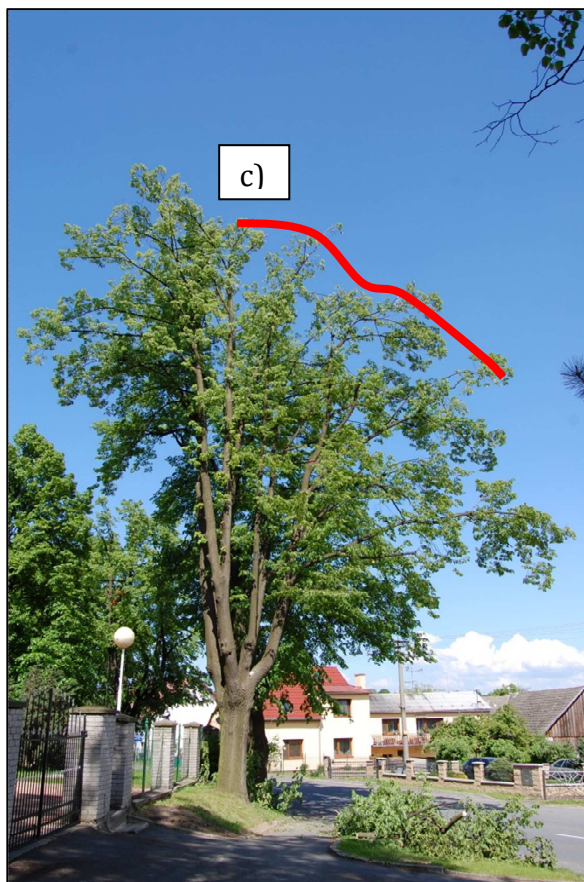
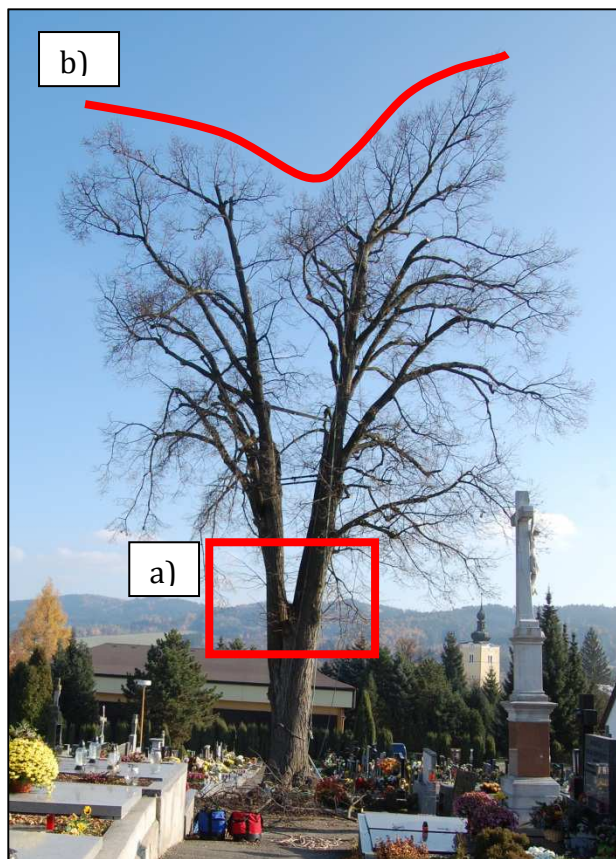




Obr. 12 Ukázka řezů udržovacích. Vlevo – strom před zásahem, vpravo – strom po zásahu. Řezy udržovací mohou pracovat se a) strukturou koruny, b) úpravou průchozího či podjezdného profilu. V případě starších stromů mohou být zaměřeny spíše na zajištění provozní bezpečnosti než na strukturu koruny např. c) odstraněním suchých větví. Zdroj: Ořez stromu

Řezy stabilizační

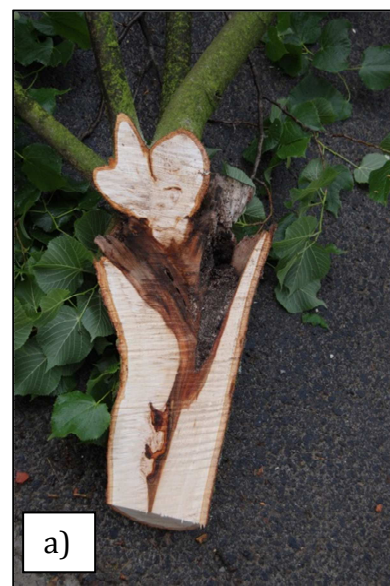
Stabilizačními řezy se redukuje velikost koruny stromu s cílem snížit riziko vývratu, zlomu kmene či rozpadu koruny u stromů s narušenou stabilitou. V případě realizace stabilizačních řezů na zdravých stromech s primární korunou bez odůvodnění může dojít k trvalému poškození stromu. (Kolařík a kol., 2013) Stabilizační řezy jsou speciální skupinou, která výrazným způsobem ovlivňuje přirozenou architekturu koruny. Při těchto zásazích se stává, že již není možné dodržet běžné zásady techniky řezu. Většina zásahů vyžaduje následné opakování, případně přechod na jiný typ pravidelných řezů. Z uvedeného vyplývá, že pro provedení některé technologie z této skupiny musí být opodstatněný důvod.



Obr. 13 Ukázka řezů stabilizačních. Vlevo – strom před zásahem, vpravo – strom po zásahu. Řezy stabilizační redukují velikost koruny (náporové plochy). Řez stabilizační musí být a) odůvodněný, a ačkoliv se jedná o výrazný zásah do architektury stromu, může být často proveden b) s ohledem na stávající tvar koruny. c) I při malém rozsahu redukce může dojít ke splnění požadovaného efektu. Zdroj: Ořez stromu

Řezy tvarovací

Jedná se o řezy, zakládáné v rámci výchovného řezu nebo po dosažení žádané výšky a opakované v krátkém intervalu po celý život stromu. Cílem tvarovacích řezů je udržení korun stromů v požadovaném tvaru opakovanými řezy, realizovanými v častých pravidelných intervalech. (Kolařík a kol. 2013) Tvarovací řezy jsou v podstatě historicky nejstaršími typy řezu. Jedná se o specifický zásah, kdy sledujeme určitý pěstební cíl (většinou estetický nebo historický). Při tvarovacích typech řezu je nutné počítat s tím, že se jedná o nevratný zásah a pokud je jednou proveden, musí být v pravidelných intervalech opakován po celý život stromu.



Obr. 13 Ukázka řezů tvarovacích. S řezy tvarovacími se musí začínat ve fázi výchovných řezů. Zanedbáním pravidelného tvarovacího řezu dochází ke vzniku defektů a) a b), které je možné řešit pouze nákladnými stabilizačními opatřeními nebo odstraněním jedince. Zdroj: Ořez stromu

VAZBY

Dalším z často používaných pěstebních opatření v České republice je vázání korun stromů. Jedná se o zásah stabilizační, kdy zajišťujeme nestabilní typy větvení => tlaková větvení. Důležitým bodem při zajištění korun je zda se používá vazba statická nebo dynamická. Vazba statická je dimenzována tak a z takových materiálů (ocel, kovové prvky apod.), aby již neumožňovala další pohyb větví. Vazba dynamická tlumí pouze špičky napětí vznikající při zatížení, ale jinak umožňuje pohyb větví a namáhání jištěného větvení. Při navrhování a používání vazeb musí být arborista seznámen s materiálovými vlastnosti vazeb a jejich nosností. Přičemž zatížení, které vzniká při namáhání větví větrem, je velmi obtížně zjistitelné. Pokud strom má již instalovanou vazbu, musí se pravidelně kontrolovat. Dynamické vazby vyžadují pravidelnou výměnu. Jedná se tedy o zásah, z pohledu pravidelné údržby, náročný. Výhodnější je takovým situacím předcházet výchovným řezem stromů v mládí, případně následně řezem zdravotním a lokálními redukcemi.



Obr. 15 Ukázka a) dynamické vazby a b) vazby statické vrtané. Statické vazby jsou náročné na instalaci a pro jejich provedení by měl být opodstatněný důvod.

TLAKOVÉ VĚTVENÍ

Tlakové větvení vzniká v případě, kdy rostou dvě větve v těsné blízkosti a tyto větve si navzájem konkurují. Kromě toho, že si větve navzájem konkurují výškovým i tloušťkovým přírůstem, dochází často k tomu, že mezi toto větvení zarůstá i kůra a tím nemůže dojít k propojení pletiv vedle sebe rostoucích větví (na rozdíl od větvení tzv. tahového). Predispozice k tvorbě tlakového větvení může být dána geneticky, ale často se jedná právě o důsledek zanedbané péče v mládí dřeviny.



Obr. 14 a) Tlakové větvení se zarůstající kůrou, b) tahové větvení, kdy dochází k propojení pletiv větve a kmene a vytlačování korního hřebínku.

KONZERVAČNÍ OPATŘENÍ

Instalaci vazeb řadíme mezi tzv. konzervační opatření. Z dalších konzervačních opatření se v dnešní době používá instalace stříšek, pokud je její instalace opodstatněná. Zajímavou a aktuální otázkou je instalace ochrany stromu před úderem blesku (viz. Standard Ochrana stromů před úderem blesku).

VÝSADBY STROMŮ

Při práci se stromy pracujeme s materiálem, který je dlouhověký, ale zároveň je jeho působení určitým způsobem omezeno. Správa zeleně se týká i nových výsadeb a obnovy zeleně. Vzhledem k tomu, že stromy jsou proměnlivé v čase a jsou náročné jak na nadzemní, tak i podzemní prostor, je zcela zásadní nové výsadby dobře naplánovat a zvážit v jakých případech je výhodnější zvolit kvalitu oproti kvantitě.

PLÁNOVÁNÍ

Plánování výsadeb souvisí spíše s konzultační činností a je úzce spojeno s činností projektantů (zahradních architektů apod.). I přesto by, ale plánování výsadeb mělo být zařazeno jako běžná součást výsadeb. Při dobře naplánované výsadbě se předchází konfliktům, které je třeba v budoucnu řešit náročnými a málo účinnými zásahy. Při plánování výsadeb by měly být zváženy především následující okolnosti.

Stanoviště

V případě urbanizovaného prostoru je otázka stanoviště složitá. Jako pomůcka pro lepší orientaci může sloužit systém třídění zemědělských pozemků – půdně-ekologické jednotky (BPEJ) nebo soubory lesních typů (SLT). V městském prostředí jsou však stanoviště často velmi pozměněná a vyžadují individuální přístup. Důležité jsou především následující parametry: **hladina podzemní vody, půdní profil, půdní reakce, zhutněný terén, větrné podmínky a zástin.**

Prostor

Ačkoliv je naprosto logické, že stromy potřebují prostor, je právě tato podmínka často opomíjena. Strom vyžaduje dostatek místa nejen pro **nadzemní část**, ale i pro podzemní část – **prokořenitelný prostor**. Lokalita musí umožňovat dostatek prostoru pro vývoj koruny ve velikosti dospělého jedince daného taxonu. Dále pak prostor využitelný pro růst kořenového systému vysazovaného stromu. Objem prokořenitelného prostoru musí odpovídat velikosti daného taxonu, a to jak v kvalitativním tak kvantitativním smyslu. (Kolařík a kol., 2013b)

Ve městě se často pohybujeme v omezeném prostoru, kde dochází ke konfliktu mezi zelení a technickou infrastrukturou. Při volbě místa je nutné zjistit, kde se vyskytují sítě technického vybavení a jaká jsou jejich ochranná pásma.

Při plánování výsadeb je stěžejní i zvolený spon vysazovaných stromů. Dříve používaná výplňová zeleň v současné době není praxí dobře uplatnitelná (problematické podávání žádosti o pokácení, komunikace s veřejností apod.). Při volbě sponu je tedy vhodnější volit cílové vzdálenosti, které musí odpovídat minimálně velikosti dospělého jedince daného taxonu.

Výběr taxonu

Výběr taxonu bude ovlivněn především tím, zda se pohybujeme v urbanizovaném prostoru, nebo zda přesahujeme do krajiny. Ve **volné krajině** by měl být zohledněn charakter stávajících porostů a okolní krajiny a voleny taxony odpovídající přirozené dřevinné skladbě příslušného regionu (včetně vzácnějších druhů), případně druhy dřevin užívané tradičně v dané oblasti (Kolařík a kol., 2013b). Ačkoliv se v okrasném školkařství nesetkáme s tak striktními požadavky na kvalitu původního genofondu jako v lesnictví, vždy bychom měli upřednostňovat využívání místních zdrojů sadebního materiálu. V **urbanizovaném prostoru** se soustředíme spíše na schopnost taxonu se vyrovnat s pozměněnými stanovištními podmínkami a s okolním prostorem. Využívání nepůvodních druhů a kultivarů je proto velmi často nutné.

V této části je důležité zmínit, že v okrasném školkařství existuje zatím velmi omezená evidence původu dřevin, na rozdíl od školkařství lesního materiálu. Původ dřevin často není možné vůbec dohledat a přitom se často používá dovezeného sadebního materiálu, který je následně v našich školkách přesazován a následně nabízen. Při výsadbách do krajiny bychom vždy měli vědět, jaký je původ vysazovaných dřevin.

SADEBNÍ MATERIÁL

Jedna z fází výsadby je i výběr a kontrola sazenic stromů. U výsadby dřevin i výběru sazenic by měla být upřednostňována především kvalita. I přes to, že kvalitnější sadební materiál může být dražší, počáteční investice se v porovnání s následnými opatřeními u méně kvalitnějších sazenic vrátí. Kvalitativní parametry výpěstků musí splňovat požadavky uvedené ve standardu Výsadba stromů. „*Sazenice stromů musí být zdravé, bez známek poškození kmene a kosterních větví s vyzrálými výhony, prosty chorob a škůdců. Musí odpovídat charakteristickým znakům daného taxonu. Zvýšená pozornost musí být věnována kořenům, kořenovému balu a kořenovému krčku.*“ (Kolařík a kol., 2013b)

Při výsadbě dřevin je často upozorňováno na kořenový krček. Jedná se o místo, kde dochází k přechodu mezi kořeny a kmenem. Kořenový krček je citlivý na poranění a

jedná se o část stromu, která je zásadní také z pohledu stability. Studie ukazují, že síla a kvalita kořenového krčku jsou parametry, které zásadním způsobem ovlivňují vývoj sazenic stromů.

VÝSADBA

Samotný postup výsadby je vždy variabilní a odvíjí se od stanoviště (jestli je třeba vylepšovat, odvodňovat apod.), velikosti sazenice, způsobů kotvení a dalších opatření. Kvalita provedení samotné výsadby je opět rozhodující pro další rozvoj dřeviny.

Postup modelové výsadby stromů:

1. Se sazenicemi manipulujeme výhradně za bal, případně kontejner.
2. Před samotnou výsadbou ošetříme kořeny (odstraněním poškozených a zaschlých kořenů) a provedeme úpravu stanoviště (např. odplevelením, úpravou půdy).
3. Vykopeme výsadbovou jámu – ta musí být minimálně 1,5krát širší než kořenový systém a její stěny musí být zešikmeny a zdrsňeny.
4. Strom umístíme do jámy a zasypeme – kořenový krček musí být v úrovni terénu. Pokud používáme k zasypání vykopanou zeminu, dáváme pozor, aby spodní vrstva zeminy přišla opět dospod a vrchní nahoru.
5. Instalujeme kotvení (nadzemní, podzemní) z důvodu zamezení trhání nově tvořených kořenů. Typ a velikost je dána velikostí sazenice. Kotvení nesmí poškozovat strom a je nutná jeho pravidelná kontrola.
6. Výsadbu mulčujeme, případně dodáme ochranu kmene – stromy se mulčují v rozsahu jejich výsadbové jámy rovnoměrnou vrstvou 8 – 10 cm. Mulč se nesmí přímo dotýkat kmínku. Kmen odpovídajícím způsobem (např. instalováním bambusových rohoží) chráníme proti korní spále a proti okusu/ohryzu.

V souvislosti s výsadbou stromů je důležité si uvědomit, že pracujeme se stromy větších rozměrů. Principy, které se používají v zahradnictví nebo lesnictví už v tomto případě nejsou použitelné. Asi nejfrekventovanějším případem je prohození vrstev zeminy (viz. bod 4.). Zatímco v zahradnictví se svrchní úrodnější vrstva půdy umísťuje dospod výsadby, kvůli přísunu živin u výsadby stromů se jedná o zásadní technologickou chybu. Pokud umístíme půdu s organickým materiálem dospod, při rozměrech výsadbové jámy není umožněn přísun vzduchu a dochází k fermentačním procesům a vzniku plynů, které poškozují kořenový systém a způsobují hnilobu. To samé v případě umístění

kořenového krčku, zatímco u malých sazenic v lesnictví se doporučuje sazenice trochu „utopit“, při výsadbě větších sazenic už dochází k takovému zasypání kořenového systému, že je zde opět omezen přísun vzduchu.

PÉČE PO VÝSADBĚ

Povýsadbová péče je dalším důležitým a často opomíjeným faktorem výsadby stromu. Mezi základní opatření po výsadbě patří **výchovný řez** (viz. Zakládací řezy), **kontrola a odstranění kotvicích a ochranných prvků, zálivka, hnojení, kypření, odplevelování, ochrana proti škůdcům a chorobám, ochrana před vlivem mrazu a doplňování mulče.**

Opomíjení povýsadbové péče může vést k tomu, že stromy zahynou nebo se z nich vyvinou neperspektivní jedinci. Typickým příkladem je ponechání kotvení bez kontroly a následného odstranění. Kdy místo toho, aby kotvení plnilo svou funkci, dojde k jeho uvolnění a následně poškozuje strom, nebo dojde k zarůstání úvazků.

KÁCENÍ

Zatímco v lese je kácení považováno za normální pěstební úkon, v mimolesním prostředí je situace ohledně kácení komplikovanější. Pro veřejnost, často i odbornou je kácení zásahem, který by se měl používat jen v nutných případech. Ve skutečnosti, ale pracujeme s materiálem, který je živý, má své limity a je třeba jej obnovovat. Vzhledem k častým konfliktům mezi zelení a technickou infrastrukturou se může stát, že pokud dojde k pokácení stromu, nemusí být na stejném místě již vysazen a tím dochází k ústupu zelených ploch ve městech. Zároveň, ale může docházet i k tomu, že místo obnovy některých vegetačních prvků, se budeme snažit udržet neperspektivní stromy a nakonec dojde k úplnému rozpadu struktury zeleně. Další situace nastává v případě, kdy musíme některé stromy vykácet, aby se uvolnil prostor pro okolní jedince.

Problematiku kácení je nutné rozdělit do dvou oblastí. První z nich je zaměřena na legislativní souvislosti a druhá na samotný technologický postup kácení.

LEGISLATIVNÍ SOUVISLOSTI KÁCENÍ

Všeobecně problematiku ochrany dřevin rostoucích mimo les řeší zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny a související vyhlášky č. 189/2013 Sb., o ochraně dřevin a povolování jejich kácení a č. 395/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Kácení se týká spíše vyhláška nová, tedy 189/2013 Sb., ale vždy při práci se dřevinami musíme vzít

v úvahu, že mohou být biotopem pro další druhy organismů, které řeší vyhláška 395/1922 Sb. Také bychom při kácení měli vždy vědět, na jakém pozemku se pohybujeme a v jakém režimu se tedy kácí, případně jestli není nutné postupovat podle zákona jiného (například zákon č. 289/1995 Sb., o lesích, zákon č. 254/2001 Sb., o vodách atd.).

Mezi základní režimy kácení stromů v mimolesním prostředí řadíme – **kácení na povolení, kácení na oznámení** (14 dní před, 14 dní po) a **kácení, kdy není stanovena povinnost oznámení ani žádosti o povolení**.

Zákon č. 114/1992 Sb., upravuje práva a povinnosti v souvislosti s kácením dřevin rostoucích mimo les a dále práva a povinnosti v souvislosti s náhradní výsadbou a odvodů. Pro výpočet odvodů a stanovení náhradních výsadeb je nutné ocenit dřevinu rostoucí mimo les. Oceňování dřevin se v tomto případě netýká hodnoty dřevní hmoty, ale jedná se především o ekologické a společenské funkce. Ačkoliv je možné dohledat více metodik pro oceňování dřevin, vhodné je používat metodiku Agentury ochrany přírody a krajiny ČR – **Oceňování dřevin rostoucích mimo les**. Důvodem je, že se jedná o metodiku, která je zaštiťována organizační složkou státu, zřízenou pod Ministerstvem životního prostředí. Na rozdíl od ostatních metodik oceňování se tedy jedná o způsob oceňování dřevin doporučený složkou státu. Kromě metodiky oceňování je možné se setkat ještě se zákonem č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a související vyhláškou č. 3/2008 Sb. Zákon i prováděcí vyhláška, ale řeší jiné situace, než je hodnota dřeviny v případě kácení či poškození. Problematika oceňování dřevin je podrobně řešena v rámci předmětu Posuzování a oceňování dřevin.

TECHNOLOGIE KÁCENÍ

„Kácení je odstranění nadzemní části dřeviny ve výšce jejího pařezu. Za kácení je považováno také odstranění jednoho kmene vícekmenných jedinců“ (Kolařík a kol., 2014b). Pokud provádíme kácení stromů, je to další z činností kdy se nejedná jen o samotné odstranění stromu, ale je složeno z dalších dílčích operací. Mezi související činnosti řadíme například kontrolu stromu, zajištění okolního prostoru, kácení a úpravu prostoru po provedeném kácení. Tyto činnosti jsou variabilní a jejich provedení závisí na zvolené technologii. Provedení kácení se značně liší podle toho, zda provádíme **kácení směrové** (bez přetažení – volné, s přetažením – směrové) nebo **kácení postupné** (s volnou dopadovou plochou, s překážkou v dopadové ploše). Přičemž provedení řezů

(směrový zásek, hlavní řez) stanovené v lesnictví bude při kácení postupném odlišné. Při provádění kácení i při jakémkoliv pohybu v koruně stromu je samozřejmě nezbytné dodržovat všechny požadavky BOZP, a to jak ty stanovené zákony a nařízením vlády, tak i postupy stanovenými výrobci používaných prostředků (pily, úvazky, lana, apod.).

OCHRANA DŘEVIN PŘI STAVEBNÍ ČINNOSTI

Zcela specifickou oblastí v oboru arboristika je ochrana dřevin při stavební činnosti. Tato oblast kombinuje činnost projektovou, hodnocení a samotné provedení ochrany, přičemž jsou jednotlivé kroky tak úzce provázány, že není účelné je od sebe rozčleňovat. Konflikty se zelení, ke kterým dochází, při stavební činnosti jsou asi jedním z nejčastějších problémů, se kterými se arboristika na celém světě setkává. Podobně jako u výsadby stromů je zásadní včasné plánování a dobře připravená projektová příprava. Souvislosti týkající se ochrany dřevin, se musí začít řešit už ve fázi přípravy projektu stavby. První fázi nazýváme **předprojektovou přípravou**. Předprojektová příprava slouží k výběru stromů pro ochranu. Právě tato fáze je důležitou součástí, která vyžaduje přítomnost odborníka a úzkou spolupráci už v době návrhu umístění stavby. Účelem je vybrat stromy, které je nutné chránit, stromy, které je možné v případě potřeby odstranit a stromy, které je nutné odstranit. Někdy je stavební záměr takový, že je mnohem efektivnější cesta strom odstranit a umístit jinde náhradní výsadbu, než jej chránit. Dalším krokem je fáze **projektu stavby**. Zde dochází ke stanovení ochranných pásem vybraných stromů a definici typu a rozsahu ochranných opatření. Cílem je, aby prováděná opatření v ochranných pásmech stromů byla jen v nutném rozsahu a co nejšetrnější. Čím je definice ochranných opatření v projektu lépe vypracována, tím je skutečná realizace těchto opatření jednodušší. Jsou na ně vyhrazené finanční prostředky, dají se zkontrolovat a realizační firma je seznámena s tím co je nutné udělat. Proto je důležitá praktická znalost různých typů ochrany a technologií, které je možné při ochraně stromů využít. V této fázi dochází právě k prolínání návrhu opatření a jejich praktické realizace. Opět je nutné si uvědomit, že u stromů musíme chránit nadzemní část, podzemní část (prokořenitelný prostor) a stanoviště. Poslední fází je **realizace stavby**. Ta zahrnuje provádění vlastních opatření, jejich kontrolu a následnou péči. Podrobně ochranu při stavební činnosti řeší předmět Sanace a konzervace stromů.

Stavební činnost a především výkopy jsou nebezpečné v tom, že dochází k narušení kořenového systému stromu. Přesto, že je strom výrazně destabilizován, je po dokončení prací terén upraven a následně při vizuální kontrole nemusím být žádné známky porušení patrné. S tímto konfliktem se setkáváme nejen u stavební činnosti klasické, ale také při realizaci parkových úprav, kde je primárním účelem stromy zachovat.

PROJEKTY V OBORU

ARBORISTICKÉ STANDARDY

Po dynamickém vývoji arboristiky se obor dostal na úroveň, kdy je nutná jeho standardizace. To znamená sjednocení postupů a stanovení základních principů v péči o dřeviny. Tato potřeba se ukázala především s přílivem financí Evropské unie, kde je nezbytné mít dobře nadefinovanou práci, která lze zadat, převzít a zkontrolovat. Praxe tedy ukázala, na potřebu vývoje standardů, přičemž překlad standardů mezinárodních (americké, německé apod.) dostatečně nerefletoval současnou situaci v ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny ve spolupráci s Lesnickou a dřevařskou fakultou Mendelovy univerzity v Brně začala vyvíjet řadu Arboristických standardů, které následně rozšířila na Standardy péče o přírodu a krajinu a zapojila do ostatních řad i další subjekty. Práce na standardech v oboru arboristika byla zahájena v říjnu 2010. Široká skupina dobrovolníků (většinou zástupců škol, obor organizací a soukromých firem) zahájila vývoj tří prvních titulů standardů:

- Názvosloví
- Výsadba dřevin
- Řez dřevin

V průběhu práce byla tato trojice rozšířena celkově na 4 standardy (pěstební práce realizované na keřích byly vyčleněny do zvláštního titulu 02 003 – Výsadba a řez keřů). Řada A – Arboristické standardy by měla pokrývat všechny důležité oblasti oboru. Vývoj bude dokončen roku 2015 a následně budou probíhat revize stávajících textů na základě ohlasů praxe.

KOMPLETNÍ SEZNAM PLÁNOVANÝCH STANDARDŮ – ŘADA A

00 Obecné

00 001 Názvosloví

01 Kontroly, hodnocení, plánování

01 001 Hodnocení stavu stromů

01 002 Ochrana stromů při stavební činnosti

01 003 Konflikt vegetace a staveb

02 Technologické postupy

02 001 Výsadba stromů

02 002 Řez stromů

- 02 003 Výsadba a řez keřů
- 02 004 Bezpečnostní vazby a podpěry
- 02 005 Kácení stromů
- 02 006 Ochrana stromů před úderem blesku
- 02 007 Úprava stanovištních poměrů stromů a keřů
- 02 008 Výchova porostů
- 02 009 Speciální ošetření stromů
- 02 010 Doprovodná vegetace komunikací
- 02 011 Péče o stromy kolem veřejné technické infrastruktury

03 Bezpečnost při práci a ochrana zdraví

- 03 001 Zajištění prostoru při arboristických operacích
- 03 002 Ochranné prostředky při stromolezení
- 03 003 Pracovní postupy při stromolezení
- 03 004 Práce s jednomužnou motorovou pilou
- 03 005 Práce s hydraulickou plošinou
- 03 006 Práce s jeřábem

CERTIFIKACE

Součástí standardizace oboru je i definice kvalifikačních předpokladů realizátorů jednotlivých prací. Tento nástroj je následně použitelný i např. pro výběrová řízení a popis pracovních povinností odborných zaměstnanců.

Jako první byla s myšlenkou zajistit kvalitu oboru v České republice roku 2001 převzata certifikace Evropský arborista (ETW), která je uznávána v zemích Evropské unie. Tato certifikace probíhá pod záštitou Společnosti pro zahradní krajinnou tvorbu a je zaměřena na práci stromolezeckou technikou. Zájemci musí prokázat své znalosti zahrnující péči o dřeviny, zásady bezpečnosti práce a schopnost bezpečné práce v korunách stromů. Ačkoliv je stromolezení podstatnou součástí arboristiky, je tento obor mnohem širší. A potřebuje tedy i zajištění odbornosti v ostatních oblastech a to především v oblasti konzultační, která se stává klíčovou. Také specifika české legislativy a českých podmínek vyžadují národní certifikaci.

V roce 2006 byl pod garancí Českého svazu ochránců přírody zahájen certifikační program Český certifikovaný arborista (dále Program ČCA). Hlavním cílem tohoto programu bylo a je nastavit a zajistit ověřitelnou odbornou kvalitu pracovníků

v arboristice na všech úrovních. Roku 2011 přešla organizace programu pod záštitu Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Certifikát potvrzující odbornou způsobilost pracovníka je udělen za úspěšné složení zkoušky. Obsah zkoušky je definován Odbornou komisí programu ČCA a je specifikován pro každou úroveň zvlášť. Zároveň je na internetových stránkách programu uveden seznam certifikovaných odborníků.

Program ČCA probíhá ve dvou úrovních. První je Český certifikovaný arborista (dále ČCA). ČCA je definovaný jako odborný pracovník, který provádí základní péstební opatření na dřevinách rostoucích mimo les. Tato opatření provádí v souladu se svými odbornými znalostmi, s aspekty ochrany přírody a s požadavky bezpečnostních předpisů a norem. První úroveň má dvě nástavbové specializace:

- specialista pro práci stromolezeckou technikou
- specialista pro práci s plošinou.

Evropský arborista ETW je uznáván jako adekvátní pro úroveň Český certifikovaný arborista – specialista pro práci stromolezeckou technikou. Stupeň ČCA – specialista pro práci s plošinou začne být v blízké době organizačně zajišťován.

Druhá úroveň Programu ČCA je Konzultant – Český certifikovaný arborista (dále Konzultant). Náplní práce Konzultanta je poradenská činnost, která je spojená s ochranou a péčí jednotlivých dřevin rostoucích mimo les. Mezi hlavní činnosti Konzultanta spadá hodnocení dřevin, včetně posouzení jejich stávajícího stavu i stavu po realizaci péstebních opatření. Zhodnocení v sobě zahrnuje složku fyziologickou i biomechanickou. Konzultant musí být schopen také navrhnout péstební a ochranná opatření. Zde je kladen velký důraz především na ochranu stromů při stavební činnosti a návrh technických opatření pro zajištění vhodných stanovištních podmínek. Zároveň během hodnocení, případně návrhu péstebních opatření nesmí být opomíjena složka zachování a podpory biodiverzity. Dalším důležitým bodem je schopnost ocenění dřevin dle metodik používaných v České republice.

Certifikační zkouška pro Konzultanta se skládá z písemné a praktické části, kdy účastník musí prokázat před zkušební komisí, že je způsobilý k vykonávání činností spojených s úrovní Konzultant – ČCA. To znamená, že musí úspěšně absolvovat test shrnující všechny okruhy (dendrologie, fytopatologie, legislativa, ošetření dřevin, hodnocení dřevin), identifikační zkoušky z dendrologie, hmyzu a dřevokazných hub. Také prokázat,

že je schopen stanovit hodnotu dřevin dle uznávaných českých metodik, vypočítat stabilitu stromu dle metody WLA a zpracovat projekt pro ochranu při stavební činnosti. V praktické části, pak musí prokázat své znalosti zhodnocením vybraných stromů a praktickou ukázkou jejich ochrany při stavební činnosti.

Certifikace ČCA a Konzultant – ČCA je udělována s platností na tři roky. Certifikovaný arborista si může certifikaci prodloužit doložením dokladů o průběžném vzdělávání v odboru nebo složením zkoušky recertifikační. Mezi uznávané aktivity se řadí absolutorium komplexního vzdělávacího programu; absolutorium odborného předmětu, účast na vědeckých případně odborných konferencích; seminářích a podobně. Požadavky na prodlužování certifikátu, tak zajišťují, že se certifikovaní průběžně vzdělávají. Při tak rychlém vývoji oboru a současného poznání, je tento požadavek naprosto nezbytný.



Obr. 15 Logo programu Český certifikovaný arborista

PORTÁL STROMY POD KONTROLOU

Dalším významným projektem je vytvoření portálu Stromy pod kontrolou (www.stromypodkontrolou.cz). Portál měl původně sloužit k evidenci vazeb stromů a jejich kontrole. Během vývoje se vytvořila možnost evidence stromů, jejich hodnocení a ošetření, včetně používání přístrojových metod, dále zadávání nových výsadeb, generování žádosti o pokácení a další funkce sloužící k efektivnější správě zeleně. Portál je možné bezplatně používat a nabízí tři úrovně přístupu – veřejnost, arborista, majitel stromů. Dle úrovně přístupu je možné využívat různých funkcí. Portál je vhodné používat i ke komunikaci s veřejností a i mezi arboristy a majiteli stromů.

Všechny tyto projekty spolu souvisejí a napomáhají zlepšit úroveň péče o stromy v ČR.

POUŽITÉ ZDROJE:

BALABÁNOVÁ, P., KYSELKA, I. Principy a pravidla územního plánování, Kapitola C5 Zeleň. Brno: Ústav územního rozvoje. 2006. 41 s.

BULÍŘ, P. Testing of Koch method applied for evaluation of ornamental trees in the Czech Republic. In *Horticulture science*. Vol. 36, No. 4. 2009. p. 154-161.

CAMPANA, R. *Memory Lane*. International Society of Arboriculture. 1999. 18 s.

ČSN 83 9061. *Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 8 s. Český certifikovaný arborista [on-line]. [cit. 2011-06-26] <http://arborista.mendelu.cz/>

GRULICH, J. *Metodika oceňování dřevin*. Přednáška. Vyšší odborná škola Mělník. 2012.

KOLAŘÍK et. al. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 1. díl*. 2. vyd. Vlašim: ČSOP. 2003. 261 s. ISBN 80-86327-36-1

KOLAŘÍK et. al. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 2. díl*. 2. vyd. Vlašim: ČSOP. 2010. 710 s. ISBN 80-86327-44-2

KOLAŘÍK et. al. *Standard péče o přírodu a krajinu - A02 002 Řez stromů*. 2013.

Autorský kolektiv :

Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D. (koordinátor), David Hora, DiS., Ladislav Kejha, Ing. Zdeněk Kovářík, Ing. Petr Ružička, Ing. Jiří Skotnica, Doc. Ing. Luboš Úradníček, CSc., RNDr. Irena Vágnerová

KOLAŘÍK et. al. *Standard péče o přírodu a krajinu - A02 001 Výsadba stromů*. 2013b.

Autorský kolektiv :

Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D. (koordinátor), Ing. Stanislav Flek, David Hora, DiS., Petr Imramovský, Ladislav Kejha, Bc. David Ladra, prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc., Ing. Jaromír Opravil, doc. Ing. Luboš Úradníček, CSc.

KOLAŘÍK et. al. *Standard péče o přírodu a krajinu - A01 001 Hodnocení stromů (koncept)*. 2014.

Autorský kolektiv :

Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D. (koordinátor), Ing. Tomáš Mikita, Ph.D., Ing. Jana Janíková, Ing. Luděk Praus, Ph.D., Ing. Michal Romanský, Ing. Jiří Skotnica, doc. Ing. Pavel Šimek, Ph.D., Ing. Pavel Štěrba, Bc. Barbora Vojáčková, DiS., Bc. Šárka Weberová

KOLAŘÍK et. al. *Standard péče o přírodu a krajinu - A02 005 Kácení stromů (koncept)*. 2014b.

Autorský kolektiv :

Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D. (koordinátor), Ing. Pavel Nevrkla, Ing. Jiří Skotnice, Ing. Eva Mračanská, David Hora, DiS., Ladislav Kejha, Ing. Adam Cach, Tomáš Veverka

KOLAŘÍK, J., SZORÁDOVÁ, A. Hodnocení stavu stromů. In *Zahradnictví*. 2012.

Sekce péče o dřeviny [on-line]. [cit. 2011-06-26] <http://www.arboristka.cz/>
Vyšší odborná škola zahradnická a Střední zahradnická škola Mělník [on-line]. [cit. 2011-06-26] <http://www.zas-me.cz/>

SMÝKAL, F. Studijní materiály Vyšší odborná škola Mělník. 2005.

ŠIMEK, P. Dendrologický potenciál vybraných historických parků v České republice. In *Životnie prostredie*, Vol. 39, No. 3. 2005. p. 156-159.

ŠIMEK, P. *Management sídelní zeleně*. Osnova učebního textu – koncept. Ústav biotechniky zeleně. Zahradnická fakulta. MENDELU Brno. 2011.

ŠIMEK, P. *Pasport zeleně*. Osnova učebního textu – koncept. Ústav biotechniky zeleně. Zahradnická fakulta. MENDELU Brno. 2009.

Zákon 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu v platném znění)

Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Prováděcí vyhláška 8/2008 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (oceňovací vyhláška).

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Prováděcí vyhláška č. 395/1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.