

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
DREVÁRSKA FAKULTA
Katedra náuky o dreve



Igor Čunderlík

ŠTRUKTÚRA DREVA

2009

© prof. Ing. Igor Čunderlík, CSc.

Recenzenti: prof. Ing. Jozef Kúdela, CSc.
Ing. Dana Račková

Schválené: Rektorom Technickej univerzity vo Zvolene dňa 26. 1. 2009, číslo EP 28/2009
ako skriptá pre DF.

ISBN 978-80-228-2061-5

Obsah

1	MAKROSKOPICKÉ ZNAKY DREVA	9
1.1	ČASTI STROMU	9
1.2	REZY A SMERY NA DREVE	10
1.2.1	ZÁKLADNÉ REZY	10
1.2.2	SMERY NA DREVE	12
1.3	MAKROSKOPICKÉ ZNAKY DREVA	13
1.3.1	ROČNÝ KRUH	13
1.3.2	BEL, JADRO, ZRELÉ DREVO	17
1.3.3	STRŽŇOVÉ LÚČE	20
1.3.4	ŽIVICOVÉ KANÁLIKY	21
1.3.5	STRŽŇOVÉ ŠKVRNY	23
1.3.6	CIEVY	24
1.4	FYZIKÁLNE VLASTNOSTI DREVA VYUŽÍVANÉ PRI URČOVANÍ DREVA	27
1.4.1	FARBA DREVA	27
1.4.2	LESK DREVA	28
1.4.3	VÔŇA DREVA	28
1.4.4	HUSTOTA DREVA	28
1.4.5	TVRDOSŤ DREVA	29
2	ZVLÁŠTNÁ KRESBA DREVA	30
2.1	VLNITÝ LESK	30
2.2	OČKOVÁ KRESBA	32
2.3	LIESKOVCOVÉ DREVO	33
2.4	KORENICA	35
3	MIKROSKOPICKÁ ŠTRUKTÚRA IHLIČNATÉHO DREVA	36
3.1	CIEVICE	36
3.2	PARENCHYMATICKE BUNKY	40
3.3	KRÍŽOVÉ POLE	42
3.4	REZY NA IHLIČNATOM DREVE	44
3.4.1	PRIEČNY REZ	45
3.4.2	RADIÁLNY REZ	47
3.4.3	TANGENCIÁLNY REZ	48
4	MIKROSKOPICKÁ ŠTRUKTÚRA LISTNATÉHO DREVA	50
4.1	CIEVY	51
4.2	CIEVOVITÉ A VAZICENTRICKÉ CIEVICE	57
4.3	VLÁKNA	57
4.4	PARENCHYMATICKE BUNKY	60
4.4.1	DREVNÝ PARENCHÝM	61

4.4.2	PARENCHÝM STRŽŇOVÝCH LÚČOV	63
4.5	REZY NA LISTNATOM DREVE	66
4.5.1	PRIEČNY REZ	66
4.5.2	RADIÁLNY REZ	68
4.5.3	TANGENCIÁLNY REZ	69
5	TVORBA DREVA	70
5.1	CHARAKTERISTIKA A ČINNOSŤ KAMBIA	70
5.2	MECHANIZMUS DIFERENCIÁCIE BUNKOVÝCH ELEMENTOV DREVA	72
6	ULTRAŠTRUKTÚRA A CHEMICKÉ ZLOŽENIE DREVA	75
6.1	STAVBA BUNKOVEJ STENY	75
6.2	VRSTVY BUNKOVEJ STENY	77
6.3	STENČENINY BUNKOVÝCH STIEN	79
6.4	CHEMICKÁ ŠTRUKTÚRA DREVA	82
6.4.1	ELEMENTÁRNE ZLOŽENIE DREVA	83
6.4.2	CHEMICKÉ ZLOŽENIE DREVA	83
	6.4.2.1 Celulóza	84
	6.4.2.2 Hemicelulózy	85
	6.4.2.3 Lignín	86
	6.4.2.4 Sprievodné látky	86
6.4.3	CHEMICKÁ ŠTRUKTÚRA BUNKOVEJ STENY	88
7	KÔRA	89
7.1	TVORBA KÔRY	89
7.2	MAKROSKOPICKÉ ZNAKY KÔRY	92
8	CHYBY DREVA	95
8.1	HRČE	95
8.2	TRHLINY	100
8.2.1	ČELNÉ STRŽŇOVÉ TRHLINY	101
8.2.2	ČELNÉ ODLÚPAVÉ TRHLINY	101
8.2.3	BOČNÉ MRAZOVÉ TRHLINY	101
8.2.4	BOČNÉ VÝSUŠNÉ TRHLINY	101
8.3	CHYBY TVARU KMEŇA	103
8.3.1	KRIVOSŤ	103
8.3.2	ZBIEHAVOSŤ KMEŇA	104
8.3.3	ZHRUBNUTIE PRÍZEMKU A KOREŇOVÉ NÁBEHY	105
8.3.4	NÁDORY	105
8.3.5	OVÁLNOSŤ KMEŇA	106
8.4	CHYBY ŠTRUKTÚRY DREVA	107
8.4.1	TOČIVOSŤ	107
8.4.2	REAKČNÉ DREVO	108
	8.4.2.1 Reakčné drevo ihličnanov	109

8.4.2.2	<i>Reakčné drevo listnáčov</i>	110
8.4.3	JUVENILNÉ DREVO	114
8.4.4	VNÚTORNÁ BEL	115
8.4.5	STRŽEŇ, EXCENTRICKÝ STRŽEŇ, DVA STRŽNE	116
8.4.6	POŠKODENIE DREVA HUBAMI	118
	8.4.6.1 <i>Drevošfarbujúce huby</i>	118
	8.4.6.2 <i>Drevokazné huby</i>	120
8.4.7	ZÁSUŠOK, ZÁRAST	122
8.4.8	RAKOVINA	124
8.4.9	NEPRAVÉ JADRO	124
8.4.10	ZAPARENIE	127

9	SORTIMENTY SUROVÉHO DREVA	130
----------	----------------------------------	------------

9.1	EURÓPSKA NORMA	130
9.2	NÁRODNÁ NORMA	131

10	LITERATÚRA	132
-----------	-------------------	------------

ÚVOD

Drevo bolo a je jedným z najdôležitejších prírodných a obnoviteľných materiálov, ktorý zohráva odpradávná dôležitú úlohu v živote človeka. Už pre pračloveka bolo drevo jeden z prvých materiálov, ktoré začal systematicky používať. Pračlovek žil v lese, využíval bŕtlivé stromy ako úkryt. Drevo bolo s kameňom prvým materiálom, ktoré začal pračlovek používať ako nástroj. Nové možnosti poskytlo drevo pračlovekovi, keď začal ovládať oheň. Drevo sa stalo pre človeka zdrojom svetla a tepla. Denným kontaktom s drevom človek vnímal a rozlišoval vlastnosti dreva, začal rozlišovať jednotlivé druhy dreva.

Veľká zmena v živote človeka nastala, keď pochopil, že drevo pláva na vode. Pomocou dreva začal prekonávať dovtedy neprekonateľné vodné plochy. Staváním jednoduchých plavidiel človek prekonával väčšie a väčšie vzdialenosti, preplával rieky, moria až oceány. Dokázal migrovať na veľké vzdialenosti, čo by bez dreva nebolo možné.

Drevo bolo stále a ešte aj je veľmi dôležitým stavebným materiálom. V minulých storočiach bolo drevo, hlavne v horských oblastiach, hlavným materiálom na výstavbu obydlí. Dnes nadobúda drevo znovu na význame pri stavbách nízkoenergetických drevostavieb.

Ďalšou významnou zmenou pri využití dreva bolo, keď človek spoznal a začal využívať jeho vláknitú štruktúru. Rozvláknením dreva získal látku z ktorej vyrábal papier a iné vláknité materiály. Spoznaním chemickej štruktúry sa otvorili pre človeka nové možnosti chemického využitia dreva.

Drevo predstavuje pevný a pritom ľahký materiál, čo sa o mnohých iných konštrukčných materiáloch nedá povedať. Má nízku hustotu, ľahko sa opracováva, na druhej strane dokáže drevo znášať veľké mechanické zaťaženia. Jeho štruktúra mu dodáva dobré tepelnoizolačné vlastnosti. Pomerne ľahko sa dá spájať lepením a kovovými spojovacími prvkami. Drevo je veľmi cenené pre pôsobivé dekoračné vlastnosti, rezonančné vlastnosti ho predurčujú na výrobu hudobných nástrojov. Dajú sa vymenovať ešte ďalšie a ďalšie vlastnosti dreva, ktoré sú pre človeka cenné a veľmi ťažko nahraditeľné inými materiálmi.

Použitie masívneho dreva má aj nedostatky, s ktorými je potrebné pri jeho spracovaní počítať. Napríklad nerovnorodá štruktúra, anizotropia, zmena jeho rozmerov a vlastností v dôsledku zvýšenia alebo zníženia obsahu vody v dreve, rastové chyby, hniloby, horľavosť atď. Uvedené nedostatky sa do značnej miery dajú odstrániť, alebo zredukovať na použiteľnú mieru výrobou rôznych kompozitných materiálov. Takéto výrobky sa stále viac a viac uplatňujú pri využití dreva v súčasnosti.

V druhej polovici minulého storočia sme sa stretávali s názormi, že drevo bude nahradené tak v exteriéri ako aj v interiéri inými vhodnejšími materiálmi vyrobenými na báze syntetických látok. Tento trend v dnešnej dobe stratil na význame a človek si cení viac prírodné materiály. Drevo zohráva nezastupiteľnú úlohu v interiéri. Vraciame sa k drevenému – masívnemu nábytku. V ekonomicky vyspelých krajinách sa stavia viac drevostavieb.

Spotreba dreva za ostatné desaťročia neustále stúpa. Kým donedávna bolo prioritné mechanické spracovanie dreva, v ostatných rokoch sa výrazne presadzuje chemické spracovanie v celulózkach. Výrazné stúpanie cien energií vo svete opäť posúva do popredia aj energetické využitie dreva. Priemyselné spracovanie dreva je na takej úrovni, že dnes môžeme hovoriť o bezodpadovom spracovaní tejto prírodnej suroviny.

Každý, kto racionálne spracováva drevo na akomkoľvek stupni musí poznať jeho vlastnosti. Musí rozpoznávať jednotlivé druhy dreva, ktoré sa líšia nielen stavbou ale hlavne jeho úžitkovými vlastnosťami.

Cieľom týchto učebných textov je zoznámiť poslucháčov študijného odboru Drevárstvo so základnou stavbou drevnej suroviny na makroskopickej, mikroskopickej a submikroskopickej úrovni. Chemická štruktúra dreva podávaná v týchto učebných textoch len dopĺňa stavbu

dreva, ale nesupluje hlbšie poznanie dreva, ktoré získa poslucháč štúdiom chémie a chemického spracovania dreva. Stavba kôry dopĺňa základné informácie o dendromase stromu. Veľká pozornosť je venovaná chybám dreva, ktoré sú veľakrát limitujúcim faktorom použitia dreva.

Zvládnutie predmetu Štruktúra dreva aj za pomoci týchto učebných textov je prvým predpokladom aby poslucháč Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene zvládol fyzikálne a mechanické vlastnosti dreva. Pochopenie štruktúry dreva je základom pre štúdium procesov spracovania dreva rôznymi modernými technológiami. Len ten kto rozumie drevu, môže drevo racionálne spracovať na kvalitné a hodnotné výrobky.

Autor ďakuje prof. Ing. J. Kúdelovi a Ing. D. Račkovej za posúdenie rukopisu a cenné pripomienky. Poďakovanie patrí aj pani A. Malenkej, pracovníčke Katedry náuky o dreve TU vo Zvolene, za grafické a elektronické spracovanie týchto učebných textov.

Autor

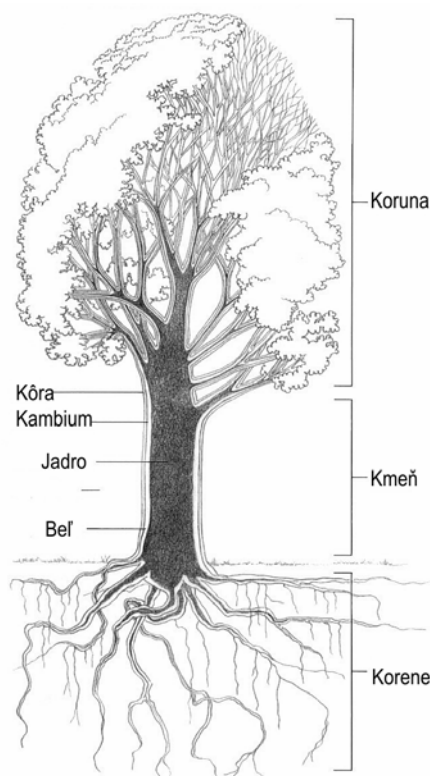
1 MAKROSKOPICKÉ ZNAKY DREVA

1.1 Časti stromu

Strom pozostáva z troch hlavných častí (Obr. 1.1):

- koruny (konáre a asimilačné orgány – lístie, ihličie)
- kmeňa (nadzemná hlavná časť stromu)
- koreňov (podzemná časť stromu)

Každá časť stromu plní určité životné funkcie a má rôzne priemyselné využitie. Zastúpenie jednotlivých častí stromu sa líši podľa druhu dreviny. Ihličnaté dreviny, predovšetkým smrek, jedľa, smrekovec a listnaté dreviny s tenkými konármi majú 80–90 % celkovej dendromasy (dreva) sústredené do kmeňa. Na borovici, buku, duboch, javoroch predstavuje **kmeňová dendromasa** 55–75 % z celkovej dendromasy stromu (tieto dreviny majú hrubé konáre). Konáre predstavujú 5–20 % z celkovej dendromasy stromu. Korene môžu tvoriť 5–25 % dendromasy stromu.



Obr. 1.1 Časti stromu (Hodley 1990)

V dnešnej dobe dokážeme spracovať takmer celý kmeň stromu. Z kmeňov vyrábame pričným delením výrezy, ktoré podľa drevín, rozmerov (priemer, dĺžka) a chýb zatriedime do kvalitatívnych tried.

Konárová časť stromu sa dá spracovať štiepkovaním na lesnú štiepku, ktorá má využitie pri výrobe aglomerovaných materiálov a v ostatných rokoch môžu byť konáre surovinou na výrobu energetickej štiepky.

Koreňová sústava a peň je časť stromu, ktorá má najmenšie priemyselné využitie. U niektorých drevín (*Juglans*, *Populus*, *Ulmus*) sa využíva aj táto časť stromu na výrobu koreniových dýh. Výroba takejto dyhy je veľmi náročná a nákladná a dyha má vysokú cenu.

Na konároch, kmeni a koreňoch sa na vonkajšej časti nachádza kôra. Morfológický vzťah kôry a množstvo kôry vyjadrené v objemových percentách sa líši od druhu dreviny a od časti

stromu. Pre spracovateľa dreva je dôležité poznať objem kôry na nakupovaných sortimentoch, pretože kôra je pri výrobe mnohých výrobkov nežiaduca (zhoršuje ich kvalitu) a v procese spracovania musí byť od dreva separovaná. Takto získaná kôra sa zväčša využíva na výrobu tepelnej energie.

Podiel kôry je na kmeni tenkokôrej dreviny *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus* cca 6–9 % z objemu guľatiny. Naša najrozšírenejšia drevina *Picea abies* má cca 10 % podiel kôry. Dreviny s hrubou kôrou (*Quercus*, *Acer platanoides*) majú 12–15 % kôry. Najvyšší podiel kôry má v staršom veku *Larix decidua*, do 22 %.

1.2 Rezy a smery na dreve

Drevo rôznych druhov drevín je vytvorené súborom rastlinných pletív, ktoré sa líšia tvarom a funkciou. Usporiadanie pletív v dreve je podriadené určitým zákonitostiam, ktoré súvisia so životnými (fyziologickými) procesmi odohrávajúcimi sa v rastúcom strome.

Morfológia pletív a ich usporiadanie v ročnom kruhu vytvárajú makroskopické znaky, ktoré je možné pozorovať voľným okom na jednotlivých rezoch drevom. **Makroskopické znaky** sú veľmi dôležité pre praktické rozlišovanie jednotlivých druhov dreva. Tieto znaky sú základnou informáciou pre spracovateľa dreva, ktorú si musí osvojiť, aby dokázal určiť druh dreviny, ktorej drevo spracováva a následne vedel posúdiť fyzikálne, mechanické a technologické vlastnosti dreva, ktoré určujú jeho úžitkovú hodnotu.

Pri pílení kmeňa pod rôznym uhlom vzhľadom na jeho pozdĺžnu os (stržeň), resp. pri pílení kmeňa po dĺžke v rôznych polohách vzhľadom k stržni, vytvárame rezné plochy, ktoré sa líšia zobrazenými makroskopickými znakmi. Súbor týchto znakov na reznej rovine (ploche) nazývame kresba – textúra dreva. Drevom môžeme viesť tri základné rezné roviny, ktoré vzhľadom na pozdĺžnu orientáciu väčšiny bunkových elementov a na kužeľovito, až valcovito vrstvené prírastky dreva na kmeni vytvárajú výrazne odlišné textúry.

1.2.1 Základné rezy

Základné rezy drevom sú (Obr. 1.2):

- priečny rez (P)
- pozdĺžny rez radiálny (R)
- pozdĺžny rez tangenciálny (T)

Priečny rez (čelný, transversálny)

je prvý rez na kmeni, ktorý urobíme pri spílení stromu. Je vedený kolmo na pozdĺžnu os kmeňa. Ročné kruhy vytvárajú sústavu sústredne usporiadaných kruhov so stredom v biologickom strede kmeňa (stržni). U ihličnatého dreva je priečny rez tvorený pomerne dobre rozlíšenými svetlejšími a tmavšími kruhmi.

U kruhovito-pórovitého dreva je jarné drevo tvorené viditeľnou, výrazne pórovitou zónou. Letné drevo má menšiu, prakticky voľným okom neviditeľnú pórovitosť. Javí sa ako tmavšia zóna.

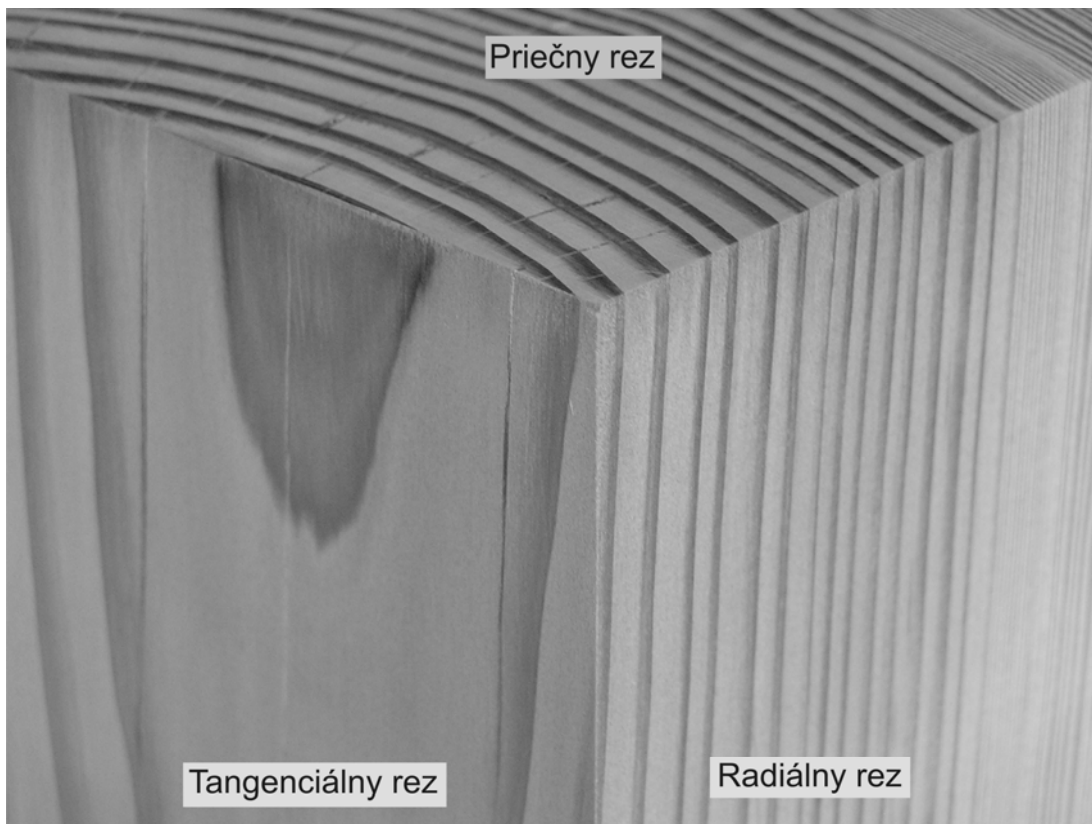
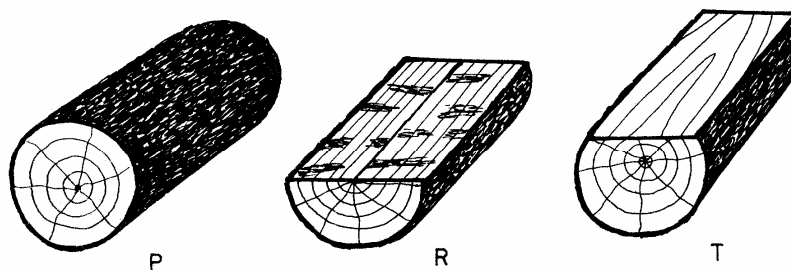
U roztrúseno-pórovitého dreva je zóna jarného a letného dreva prakticky nerozlíšiteľná, čo sa týka pórovitosti a farby. Len úzka vrstva letného dreva na konci ročného prírastku má tmavšiu farbu.

Pozdĺžne rezy

sú vedené pozdĺž osi kmeňa, v smere vláknitej štruktúry dreva. Pozdĺžny rez môže byť vedený **stredom kmeňa**, cez stržeň, alebo v určitej vzdialenosti od stržeňa, **ako dotyčnica** k niektorému ročnému kruhu.

Pozdĺžny rez vedený cez stržeň pretína ročné kruhy pod uhlom 90° . Je vedený v smere rádiusu (polomeru) kmeňa, odkiaľ je pomenovanie **radiálny rez**, stredový rez (R). Ročné kruhy na radiálnom reze vytvárajú sústavu rovnobežných pozdĺžnych čiar, pruhov. U ihličnatého dreva a u niektorého listnatého dreva sa tieto pozdĺžne pruhy líšia viac alebo menej farbou, u kruhovito-pórovitého listnatého dreva majú pozdĺžne pruhy rozdielnu rýhovatosť.

Pozdĺžny rez vedený ako dotyčnica k ročným kruhom sa nazýva **tangenciálny rez** (T) alebo tiež dotyčnicový, fládrový, bočný rez. Vzhľadom na kužeľovitú stavbu kmeňa, prerezáva pozdĺžna rezná rovina ročné prírastky pod malým odklonom, vzhľadom na kužeľovite uložené jednotlivé vrstvy ročných prírastkov, čo sa prejaví parabolickou (fládrovou) kresbou ročných kruhov na tomto reze.

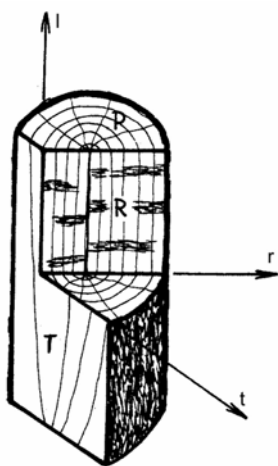


Obr. 1.2 Základné rezy drevom

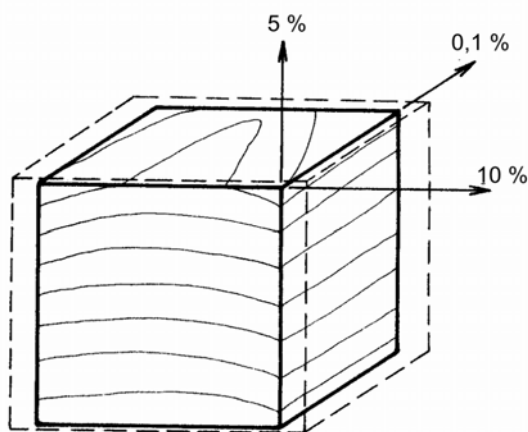
1.2.2 Smery na dreve

Pri sledovaní fyzikálnych a mechanických vlastností dreva zistíme, že hodnota danej meranej vlastnosti sa mení v závislosti na smere, v ktorom danú vlastnosť sledujeme. Definovanie smerov na dreve (Obr. 1.3) je základnou podmienkou správneho použitia dreva.

Sledujme, v praxi veľmi často hodnotenú vlastnosť dreva, napúčanie. Máme kocku suchého dreva o rozmeroch $100 \times 100 \times 100$ mm. Keď túto kocku ponoríme dlhodobo do vody, drevo nasiakne vodu do svojej štruktúry, objemu. Po určitom čase, keď drevo nasiaklo vodu zmeriame všetky tri priestorové rozmery kocky (tri na seba kolmé hrany). Zistíme, že každá hrana (každý smer) má iný, väčší rozmer, ako bol pôvodný. Pri absolútnom vyjadrení napučania dreva v jednotlivých smeroch to predstavovalo 0,1 mm, 5 mm, a 10 mm. Keď porovnáme napučaný rozmer dreva so suchým rozmerom dreva a toto zväčšenie vyjadríme v % zistíme, že jedna hrana (v jednom smere) kocky napučala len cca 0,1 %. Druhá hrana kocky (druhý smer) napučala o cca 5 % a tretia hrana (tretí smer) sa zväčšila až o cca 10 % (Obr. 1.4).



Obr. 1.3 Rezy a smery na dreve



Obr. 1.4 Zväčšenie rozmerov dreva v dôsledku napučania

Vlastnosť, ktorá vyjadruje, že drevo má v každom anatomickom smere rôznu hodnotu sledovanej vlastnosti (absolútne vyjadrenú v našom príklade v mm napučania, alebo relatívne v %) nazývame **anizotrópiou dreva**. Materiály, ktoré túto vlastnosť nemajú, čiže sledované vlastnosti sú nezávislé na smere merania (v každom smere sú rovnaké), nazývame **izotrópne**.

Na dreve ako anizotrópnom materiály definujeme tri základné anatomické smery:

- pozdĺžny smer (l)
- priečny radiálny smer (r)
- priečny tangenciálny smer (t)

Pozdĺžny smer (axiálny, longitudinálny)

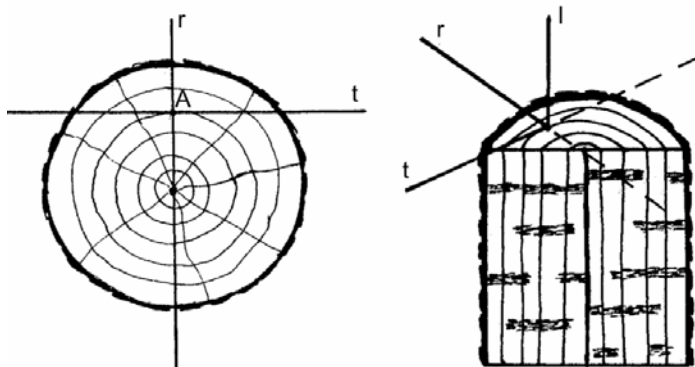
je vedený pozdĺž osi kmeňa. Na malých telesách dreva ho určujeme podľa pozdĺžnej orientácie vláknitej štruktúry dreva, kde vychádzame z toho, že štruktúra dreva je tvorená zo 70–90 % z vlákňitých pletív, ktoré sú orientované v dreve v pozdĺžnom smere. Ako pomôcka pri určení pozdĺžneho smeru, hlavne nepravidelných telies dreva, slúžia ročné kruhy, stržňové lúče a tiež kolmá orientácia pozdĺžneho smeru na priečny rez.

Priečne smery môžu byť vedené kolmo na ročné kruhy, alebo ako dotyčnica k ročnému kruhu. Keď vedieme priečny smer kolmo na ročný kruh, resp. vedíme ho totožne so stržňovým lúčom, hovoríme o **radiálnom smere**. Presne vedený radiálny smer pretína ročné

kruhy pod uhlom 90° a je kolmicou medzi dvoma rovnobežnými tangenciálnymi rezmi na pravouhlom telese.

Tangenciálny smer (dotyčnicový) vedieme ako dotyčnicu k ročnému kruhu. Stržňové lúče pretína pod uhlom 90° .

Pre jednoznačné určovanie smerov na dreve je potrebné ich definovať v bode. Ako je zrejmé z obr. 1.5, anatomické smery definované v jednom bode (A) sú navzájom kolmé. Táto vzájomná orientácia anatomických smerov je nazvaná **ortogonálna** – ktorá vyjadruje vzájomnú kolmú orientáciu anatomických smerov. O dreve potom hovoríme ako o **ortogonálne anizotrópnom (ortotrópnom) materiáli**.



Obr. 1.5 Ortogonálna anizotrópia dreva

1.3 Makroskopické znaky dreva

Sú voľným okom viditeľné znaky na jednotlivých rezoch dreva. Pre lepšiu identifikáciu týchto znakov sa pri makroskopickej identifikácii odporúča používať zväčšovaciu lupu (zväčšenie 3–5×).

Medzi makroskopické znaky dreva zaradujeme:

- ročný kruh (ročný prírastok)
- bel, jadro a zrelé drevo
- stržňové lúče
- živicové kanáliky
- stržňové škvrny
- cievy (póry)

Pri identifikácii dreva okrem makroskopických znakov často využívame aj fyzikálne a mechanické vlastnosti dreva. Sú to:

- farba dreva
- lesk dreva
- hustota dreva
- tvrdosť dreva

1.3.1 Ročný kruh

Je definovaný ako prírastok dreva za jeden rok, ktorý v miernom klimatickom pásme odpovedá prírastku dreva za jedno vegetačné obdobie. Drevo prirastá na kmeni len počas

vegetačného obdobia. V období vegetačného klľudu je kambium (delivé pletivo, ktoré vytvára nové bunky) v latentnom stave, kedy sa nevytvárajú nové pletivá.

Počas vegetačného obdobia sa výrazne v našich klimatických podmienkach menia rastové pomery pre danú rastlinu – drevinu. Od skorej jari má pôda vysokú vlhkosť, teplota pôdy a vzduchu je nízka, intenzita slnečného žiarenia je nízka. Prechodom od jari do leta sa predlžuje dĺžka a zvyšuje intenzita slnečného svitu, zvyšuje sa teplota pôdy a vzduchu a postupne klesá vlhkosť v pôde. Tieto meniace sa rastové podmienky spôsobujú, že asimilačné orgány, listy, produkujú rôznu kvantitu a kvalitu produktov fotosyntézy (základné stavebné látky a rastové stimulatory). Tento fakt sa prejaví na diferenciácii kambia, ktoré počas vegetačného obdobia produkuje drevné pletivá rôznej kvality a kvantity.

Na začiatku, resp. v prvej časti vegetačného obdobia, kedy má drevina dostatočný prísun vody, sú kambium diferencované drevné pletivá s veľkým lúmenom, ktoré pretranspirujú veľa vody z koreňov do asimilačných orgánov. V druhej časti vegetačného obdobia, ktoré spravidla odpovedá letnému obdobiu, resp. začiatku jeseni, sú vzhľadom na nižšiu vlhkosť v pôde diferencované pletivá s nižšou transpiračnou schopnosťou, t.j. pletivá s menším lúmenom a hrubšou bunkovou stenou.

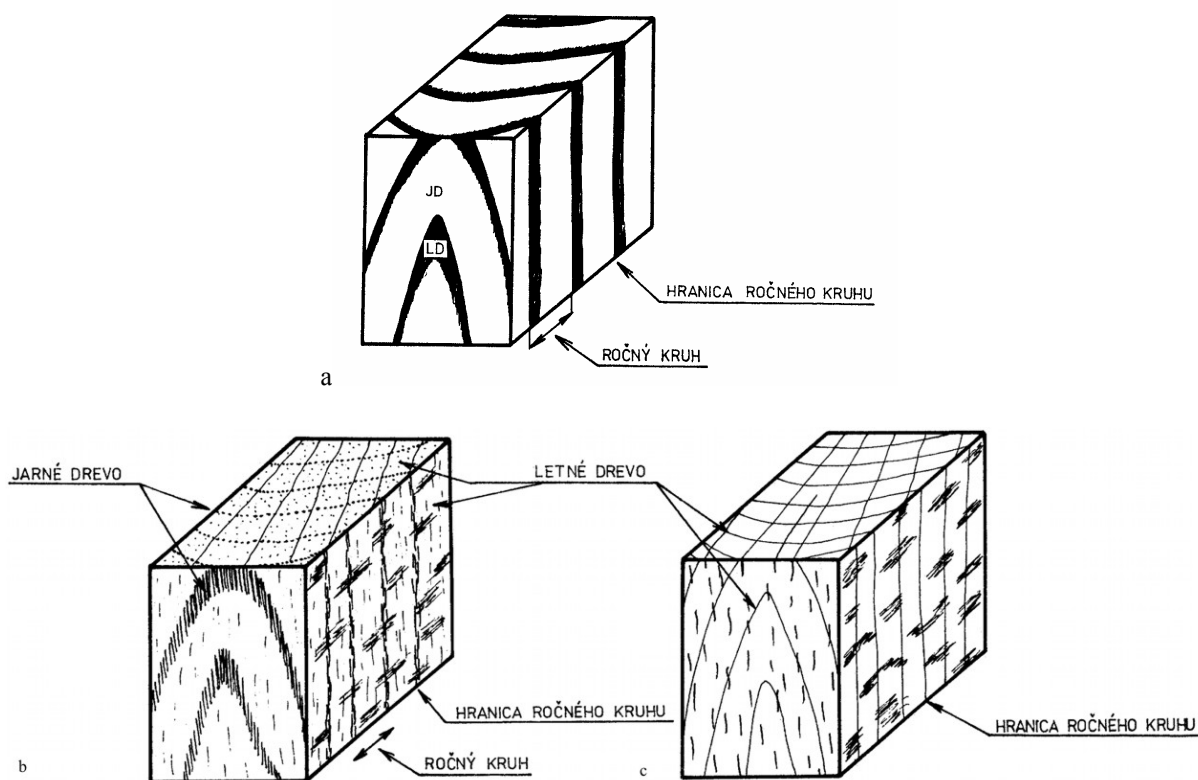
Makroskopicky sa tento rozdiel v kvalite diferencovaných pletív prejaví vo vytvorení dvoch kvalitatívne rozdielnych zón, **jarného a letného dreva**.

U ihličnatého dreva je zóna jarného dreva svetlejšia, pórovitejšia, mäkšia (Obr. 1.6a), lebo je vytvorená zo širokých tenkostenných vláknitých buniek nazývaných jarné tracheidy. Letné drevo je tmavšie, hustejšie a tvrdšie. Tvoria ho pletivá malého radiálneho rozmeru, s hrubými stenami a malým lúmenom.

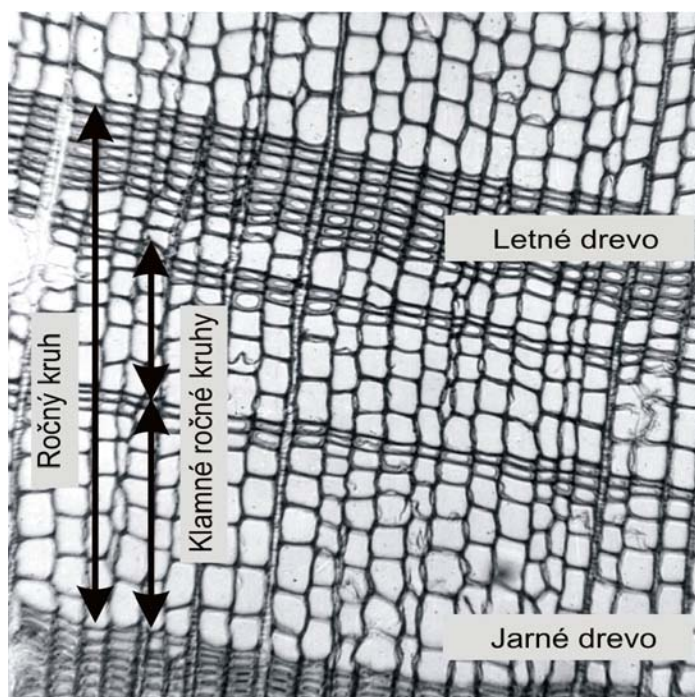
Listnaté drevo má v porovnaní s ihličnatým drevom inú stavbu, štruktúru. Niektoré listnaté dreviny majú voľným okom dobre pozorovateľné pórovité jarné drevo. Veľké póry (priemeru 0,2–0,4 mm), ktoré tvoria toto jarné drevo, sú usporiadané do hranice ročného kruhu v niekoľkých radoch (tangenciálne usporiadanie). Na pozdĺžnych rezoch sa javia ako hlboké ryhy pozdĺžne uložené do hranice ročného kruhu. Listnaté drevo s takouto štruktúrou nazývame **kruhovito-pórovité drevo** (Obr. 1.6b).

Iný typ listnatého dreva nemá výrazne odlišené jarné a letné drevo. Póry sú voľným okom neviditeľné a hranicu ročného kruhu zvyrazňuje len farebne tmavšia a hustejšia zóna vláknitých mechanických pletív. Takéto listnaté drevo nazývame **roztrúseno-pórovité drevo** (Obr. 1.6c).

Extrémne klimatické výkyvy počas vegetačného obdobia môžu spôsobiť vytvorenie klamného (falošného) ročného kruhu, čo sa prejaví, že v jednom ročnom prírastku sa objavia dve vrstvy jarného a dve vrstvy letného dreva. Napríklad vplyvom extrémneho sucha v júli sa začnú diferencovať úzke pletivá s hrubými stenami a úzkym lúmenom, podobajúce sa letnému drevu. Po skončení sucha a príchode vlhkého daždivého počasia sa znova začnú diferencovať široké tenkostenné pletivá podobajúce sa jarnému drevu. Na konci vegetačného obdobia je vytvorené typické husté letné drevo. Na obr. 1.7 je znázornený jeden ročný kruh (ročný prírastok) v ktorom sú vytvorené dve vrstvy radiálne sploštených buniek (tracheíd), vzhľadovo podobných bunkám letného dreva. Takéto klamný ročné kruhy môže neskúsený dendrochronológ považovať za samostatné ročné kruhy.



Obr. 1.6 Ihličnaté, kruhovito-pórovité a roztrúseno-pórovité drevo



Obr. 1.7 Falošné ročné kruhy u smreka

Štruktúra jarného dreva ihličnatého a kruhovito-pórovitého dreva je výrazne odlišná od štruktúry letného dreva. Ich podiel v ročnom kruhu ovplyvňuje celkovú heterogenitu dreva a má aj veľký vplyv na fyzikálne a mechanické vlastnosti dreva. Napr. vyšší podiel jarného

dreva u smreka rastúceho v nižších polohách, znižuje hustotu dreva a tým aj väčšinu mechanických vlastností v porovnaní so smrekom z vyšších polôh. Naproti tomu kruhovito-pórovité drevo duba so širokými ročnými prírastkami má vysoký podiel letného dreva. Takéto drevo má vyššiu hustotu v porovnaní s drevom duba, ktorý rastie pomaly a má úzke ročné kruhy. Úzke ročné prírastky u kruhovito-pórovitého dreva sú prakticky tvorené vrstvou veľkých jarných ciev.

U roztrúseno-pórovitého dreva sa vplyv šírky ročného prírastku neprejavuje na vlastnostiach dreva, nakoľko rozdiel v štruktúre a vlastnostiach dreva na začiatku a na konci ročného kruhu je u väčšiny drevín nevýznamný (Obr. 1.8).

Významná heterogenita v stavbe jarného a letného dreva ihličnatých a listnatých drevín sa prejavuje aj na heterogenite fyzikálnych a mechanických vlastností. Jarné drevo tvorené veľkými vodivými elementmi je redšie (veľká pórovitosť), je dobre priepustné predovšetkým v axiálnom smere, čo využívame pri rôznych technológiách spracovania dreva. Na druhej strane veľká pórovitosť tohto dreva (široký lúmen a tenké bunkové steny) znižujú jeho mechanické vlastnosti. Táto vrstva ročného kruhu má nižšiu hustotu a nižšiu tvrdosť.

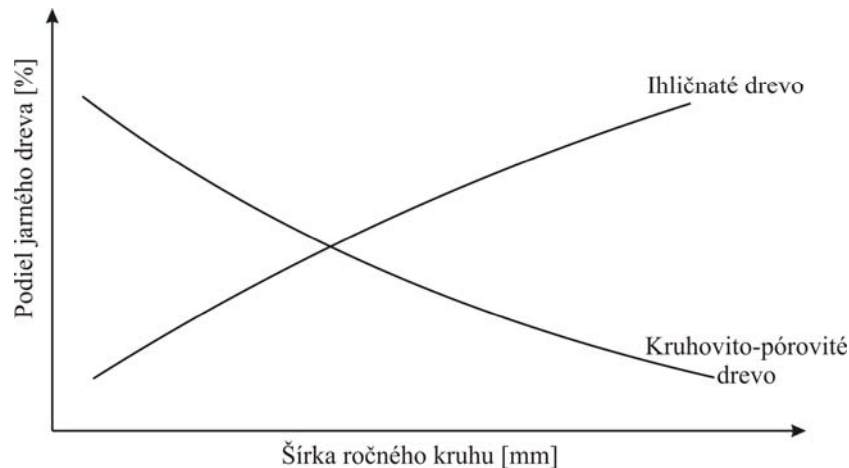
Letné drevo je tvorené hrubostennými úzkymi vláknitými bunkami. Táto zóna ročného kruhu je hustejšia, s vyššími mechanickými vlastnosťami (pevnosť, tvrdosť). Na druhej strane priepustnosť tejto zóny je nižšia v porovnaní s jarným drevom.

Pre vlastnosti dreva, ako už bolo uvedené, je dôležitá **šírka ročného kruhu**, resp. **podiel jarného a letného dreva** v ňom. Podľa šírky ročného kruhu rozdeľujeme dreviny na pomaly rastúce, so šírkou ročného prírastku 1–2 mm (*Taxus baccata*). Väčšina našich domácich drevín má ročné prírastky široké 2–5 mm (*Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Quercus* a iné). Rýchlo rastúce dreviny ako *Populus* a *Salix* majú ročné prírastky široké cca 5–15 mm. Kultivary topoľov (krížence európskych a amerických topoľov) dosahujú na dobrých stanovištiach až 20–35 mm široké prírastky (kultivar *Populus I-214*).

Ďalším významným znakom ročného kruhu je podiel letného dreva u ihličnatých drevín. Napr. *Abies alba*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua* majú podiel letného dreva v ročnom kruhu až do 50 %. Naproti tomu smrek (*Picea abies*) má úzke letné drevo, podiel ktorého predstavuje len 15–25 % zo šírky ročného prírastku. Výnimkou je rezonančný smrek, ktorý sa používa na výrobu hudobných nástrojov. Pomaly rastúce smrekové drevo (úzke ročné kruhy) má podiel letného dreva 30–40 %.

So šírkou ročného kruhu sa mení podiel jarného, resp. letného dreva hlavne u ihličnatých a listnatých kruhovito-pórovitých drevín. Napr. u *Picea abies* je v ročnom kruhu šírka letného dreva približne konštantná. S meniacimi sa klimatickými podmienkami (suchý – vlhký rok, teplý – studený rok) sa zväčšuje alebo znižuje šírka jarného dreva. Potom smrek z úzkymi ročnými kruhmi má vysokú hustotu a smrekové drevo so širokými ročnými kruhmi má nízku hustotu (Obr. 1.8).

U listnatého kruhovito-pórovitého dreva je konštantná šírka zóny jarného dreva (široké jarné cievy) a v závislosti na klimatických podmienkach sa mení šírka letného dreva. Táto závislosť sa potom prejaví aj na hustote dreva. Pomaly rastúci dub (*Quercus*) má úzke ročné kruhy tvorené prakticky len pórovitou zónou jarného dreva. Takýto dub má nízku hustotu dreva. Na druhej strane dub rastúci v dobrých podmienkach má vytvorené široké ročné kruhy so širokou zónou letného dreva. Takýto dub má vysokú hustotu (Obr. 1.8).



Obr. 1.8 Závislosť podielu jarného dreva na šírke ročného kruhu u ihličnatého a listnatého kruhovito-pórovitého dreva

Pre makroskopické rozlíšenie dreva niektorých ihličnatých drevín (*Larix decidua* od *Pinus sylvestris*) sa využíva znak ostrého alebo pozvoľného prechodu jarného dreva do letného. Smrekovec má ostrý skokovitý prechod z jarného do letného dreva. Borovica lesná má zväčša tento prechod pozvoľný. Tento znak spôsobuje, že textúra smrekovcového dreva má ostrejšiu kresbu ročného kruhu.

1.3.2 Beľ, jadro, zrelé drevo

Počas rastu stromu novo sa tvoriace drevo poskytuje nielen mechanickú pevnosť stromu, ale podieľa sa aj na vodivej funkcii a do určitej miery plní aj zásobnú funkciu. Tieto fyziologické funkcie plnia v dreve cievy, cievice a parenchymatické bunky. Fyziologické funkcie kmeňa stromu sú obmedzené len na časť prierezu kmeňa, kde sú cievy a cievice funkčné (sú priepustné) a kde sú parenchymatické bunky živé. Táto fyziologicky funkčná zóna kmeňa sa nazýva beľ.

Po určitom čase, ktorý je variabilný od druhu dreviny a rastových podmienok, protoplazma v živých parenchymatických bunkách odumiera. Počas tohto procesu odumierania parenchýmu nastanú v ňom nevratné zmeny, ktoré vedú k vytvoreniu jadrového dreva v kmeni stromu.

Prechod beľového dreva na jadrové drevo je spojený s tvorbou rôznych organických látok ktoré sú nazývané ako jadrové, alebo extraktívne látky (dajú sa pomerne jednoducho a ľahko extrahovať, rozpustiť bežnými rozpúšťadlami – vodou, alebo organickými rozpúšťadlami). **Vytvorenie jadrových látok** v dreve je sprevádzané u mnohých drevín stmavnutím pletív dreva, čo sa prejaví sfarbením jadrového dreva v porovnaní so svetlou beľou. U mnohých listnatých drevín je prechod z beľového na jadrové drevo doprevádzaný ešte aj **tvorbou týl** v cievach (balónovité útvary vyplňajúce ich lúmen), čím sa tieto vodivé bunkové elementy stávajú nepriepustné a sú vyradené z vodivej funkcie dreva (prestávajú plniť transpiračnú funkciu). U ihličnatého dreva sú pri vytvorení jadra vyradené z vodivej funkcie dvojbodky na tracheidách.

Z pohľadu fyziologických procesov rozdeľujeme dreviny na tri základné skupiny (Obr. 1.9):

- beľové dreviny
- zrelodrevné dreviny
- jadrové dreviny

Beľové dreviny

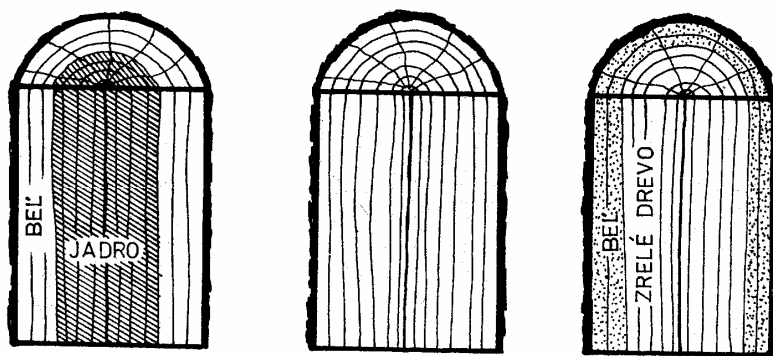
Sú charakterizované tým, že živé parenchymatické bunky sa nachádzajú v celom priereze kmeňa. Transpiračný prúd vedený z koreňov do koruny je aktívny v celom priereze kmeňa, aj keď ročné kruhy na obode sú vždy najaktívnejšie, najvodivejšie a majú aj najvyššiu vlhkosť dreva. **Fyziologické pochody** (transpiračný prúd vody a ukladanie zásobných látok v živom parenchýme) prebiehajú **v celom priereze kmeňa**. Farba dreva je v celom priereze aj v čerstvom aj v suchom stave rovnaká (Obr. 1.10).

Zrelodrevné dreviny

U tohto typu drevín rozlišujeme fyziologicky aktívnu beľ na obode kmeňa a fyziologicky neaktívne zrelé drevo v stredovej časti prierezu kmeňa (Obr. 1.10). Životnosť parenchymatických buniek je veľmi vitálna, vysoká v beli. V zrelom dreve sú mnohé parenchymatické bunky mŕtve, niektoré majú výrazne zníženú vitalitu. **Zrelé drevo sa vyznačuje aj výrazne nižšou vlhkosťou** dreva v porovnaní s beľovým drevom, ktorým je vedený transpiračný prúd (*Picea abies*, *Fagus sylvatica*), preto je v čerstvom stave beľ tmavšia ako suchšie zrelé drevo (Obr. 1.10). Po presušení čela sa vlhkosť beľe a zrelého dreva vyrovná a farebný rozdiel sa stratí. Zrelé drevo nie je zatylované a je ešte dobre priepustné.

Jadrové dreviny

Majú podobne ako zrelodrevné dreviny fyziologicky aktívnu beľ. V neaktívnom jadre sa nenachádzajú žiadne parenchymatické bunky živé, všetky pletivá v jadre sú odumreté. U mnohých jadrových drevín je jadrové drevo sfarbené v dôsledku ukladania jadrových látok do bunkových stien drevných pletív, do lúmenov cievnych buniek a do mŕtveho parenchýmu. U niektorých typov jadrových drevín sa jadrové látky nachádzajú len v odumretom parenchýme (*Fraxinus*). Vodivé cesty v jadrovom dreve (cievy) bývajú **upchaté tyľami**, preto má jadrové drevo **nízkú priepustnosť**.

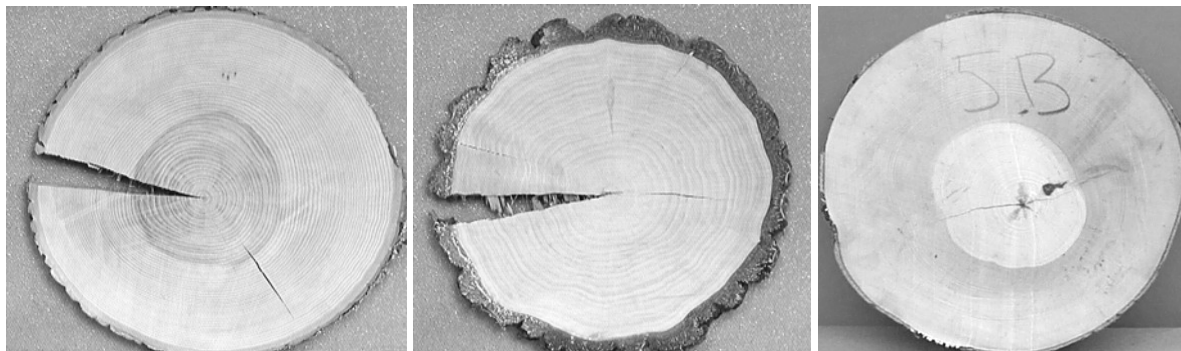


Obr. 1.9 Priechne a radiálne rezy jadrovým drevom, beľovým drevom a drevinou so zrelým drevom

V odbornej literatúre sa objavujú dva názory na tvorbu jadra. Jedna skupina dendrofyziológov zastáva názor, že tvorba jadra je spojená so znížením vlhkosti dreva v centrálnej časti kmeňa. So zväčšovaním sa prierezu kmeňa transpiračný prúd vody vedený z koreňov do koruny nevyužije celý prierez, v centrálnej časti sa znižuje obsah vody, do cievneho systému sa dostáva vzduch, ktorý spôsobuje odumretie parenchýmu za vzniku nových látok polyfenolyckého charakteru.

Druhý názor je založený na nevratných zmenách v parenchýme. V živých parenchymatických bunkách v **beľovom dreve** sa počas vegetačného obdobia ukladajú **zásobné (metabolické) látky** (škrob, tuky a iné), ktoré strom využije na začiatku nasledujúceho vegetačného obdobia na vytvorenie novej asimilačnej plochy. Nie všetky zásobné látky sú spotrebované. Časť z nich, ktorá ostáva v živom parenchýme (označované

ako sekundárne metabolity) sa spotrebuje len v prípade poškodenia asimilačných orgánov (neskoré jarné mrazy, požer listov hmyzom a pod.), na vytvorenie nových, náhradných asimilačných orgánov. Za normálnych rastových podmienok nespotrebované sekundárne metabolity sú biosyntetickými procesmi pretransformované na jadrové látky.



Obr. 1.10 Priečne rezy jadrovou (*Fraxinus*) beľovou (*Betula*) a zrelostrednou (*Fagus*) drevinou

Okrem fyziologických zmien, ktoré nastanú pri vytvorení jadra sú z hľadiska spracovania dreva dôležité zmeny fyzikálne a chemické.

Jadrové drevo môže byť farebne tmavšie než beľové drevo. Táto vlastnosť sa môže prejavovať u niektorých drevín až po uplynutí určitého času od ťažby. Mnohé jadrové látky polyfenolického charakteru sú nestabilné a podliehajú zmenám (oxidácia vzduchom). Odumretie parenchymatických buniek nastáva za súčasnej difúzie sekundárnych metabolických látok do bunkových stien ostatných drevných pletív. Po ťažbe v dôsledku prístupu vzduchu (vysychania dreva) tieto látky zoxiduujú a stmavnú.

Jadrové drevo je ťažko priepustné v porovnaní s beľovým drevom. Táto vlastnosť jadrového dreva môže robiť problémy pri takých technologických procesoch spracovania dreva, pri ktorých potrebujeme dostať do dreva rôzne tekuté látky (impregnácia, penetrácia), alebo potrebujeme odstrániť, znížiť obsah vody v dreve (sušenie a pod.). Znížená priepustnosť jadrového dreva v pozdĺžnom smere je zapríčinená upchaním ciev v listnatom dreve tylnami, ktoré prerastajú z parenchymatických buniek počas tvorby jadra. V ihličnanoch sa v jadrovom dreve upchávajú dvojbodky a tým zabraňujú pohybu kvapalín medzi susednými bunkami.

Extraktívne látky (vosky, olejovité a gumózne látky) impregnujú bunkové steny drevných pletív a tým bránia penetrácii rôznych technologických roztokov do bunkových stien (varné kyseliny v procese výroby buničiny). Podobne sa extraktívne látky usadzujú v dreve u niektorých drevín v procese tvorby jadra na stenčiny a tým znižujú ich priepustnosť.

Jadrové drevo sa ťažšie suší, čo súvisí s blokovaním vodivých ciest v dreve a tým so znížením priepustnosti a penetrácie.

Jadrové drevo má charakteristickú vôňu, zápach spôsobenú prchavými extraktívnymi látkami (terpény, taníny a pod.).

Jadrové drevo môže mať o niečo vyššiu hustotu ako beľové, čo sa pripisuje prítomnosti extraktívnych látok v bunkových stenách. Toto však nemusí byť vždy pravda, lebo juvenilné drevo v okolí stržňa môže mať väčší vplyv na hustotu dreva (pozri kapitolu 8.4.3) ako prítomnosť extraktívnych látok v bunkových stenách. Podobne je to aj s mechanickými vlastnosťami jadrového a beľového dreva.

Jadrové drevo môže mať vyššiu **odolnosť voči degradácii hubami a hmyzom**. Mnohé polyfenolické látky nachádzajúce sa v jadrovom dreve spomaľujú enzymatický rozklad dreva hubami.

Mnohé jadrové látky sú hydrofóbne a na viac ešte blokujú prístup vody k hydrofilnej celulóze a hemicelulóзам. Preto má jadrové drevo **nižšiu hygroskopicitu a nižší bod nasýtenia vlákien**.

1.3.3 Stržňové lúče

Stržňové lúče predstavujú **horizontálne vodivé cesty**, ktorými tečú produkty asimilácie od lyka v radiálnom smere (Obr. 1.11b). Stržňové lúče sú tvorené súborom krátkych parenchymatických buniek, ktoré sú usporiadané radiálne v niekoľkých vrstvách nad sebou a v jednom alebo viacerých radoch vedľa seba. Všetky dreviny majú stržňové lúče, len ich viditeľnosť na jednotlivých anatomických rezoch závisí do počtu parenchymatických buniek ktoré ich vytvárajú. V ihličnatom dreve a v niektorých listnatých drevách (*Populus*, *Salix*) sú lúče zväčša jednoradové a preto sú makroskopicky neviditeľné. Mnohé listnaté dreviny majú stržňové lúče vytvorené z niekoľkých radov parenchymatických buniek. Takéto lúče majú rozmery nad hranicou viditeľnosti (*Fagus sylvatica*, *Alnus glutinosa*). Najväčšie stržňové lúče majú duby (rod *Quercus*).

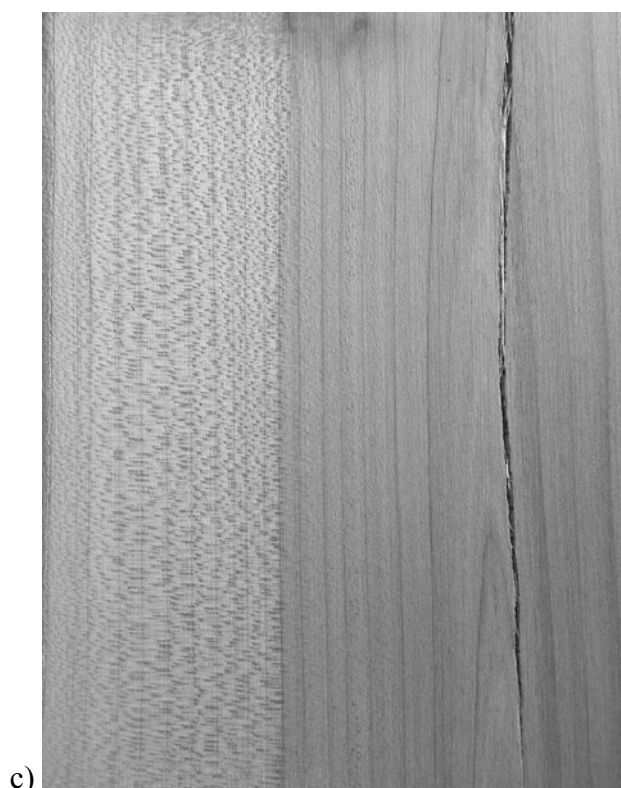
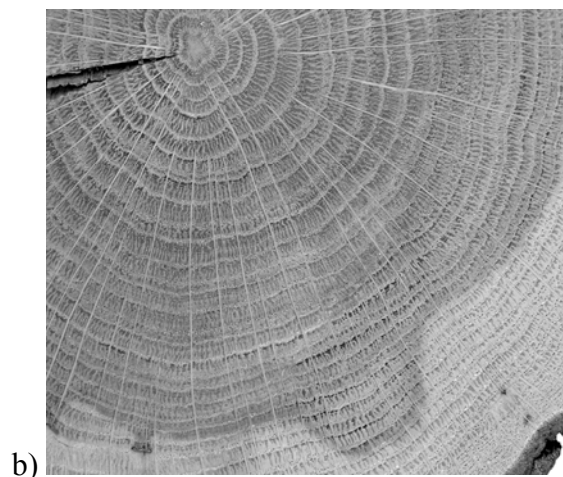
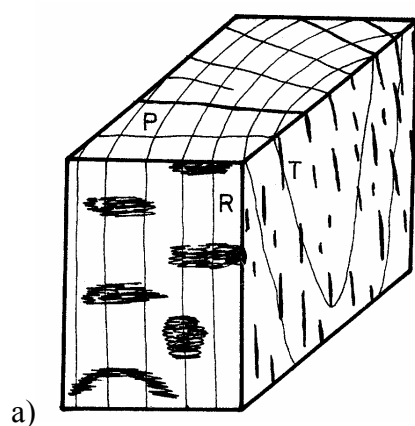
Rozmery stržňových lúčov sú **najväčšie v radiálnom smere**, kde ich dĺžka je daná polomerom kmeňa. **Výška stržňového lúča** je vedená v pozdĺžnom anatomickom smere. Výška lúča je veľmi premenlivá v závislosti na druhu dreviny (od 0,5 mm do niekoľko desiatok milimetrov). U niektorých drevín sa stretávame s tzv. **združenými (nepravými) stržňovými lúčmi** (*Carpinus betulus*), ktoré sú súborom niekoľkých stržňových lúčov, makroskopicky vyjadrujúcich ako jeden veľký, vysoký lúč (Obr. 1.11d).

Tangenciálny rozmer (hrúbka) stržňového lúča je závislý na počte radov parenchymatických buniek. U jednoradových stržňových lúčov je hrúbka pod hranicou viditeľnosti, preto sú tieto lúče na tangenciálnych rezoch makroskopicky neviditeľné (ihličnaté dreviny). Mnohoradové stržňové lúče majú hrúbku od niekoľkých desiatín až nad milimeter (*Quercus sp.*, *Fagus sylvatica*, *Alnus glutinosa*).

Najlepšie sú viditeľné stržňové lúče na radiálnom reze, kde tento rez rozrezáva stržňový lúč po dĺžke (Obr. 1.11c). Radiálne rezy nazývame aj zrkadlové rezy vzhľadom na typické lesklé plošky rozrezaných stržňových lúčov, ktoré zvýrazňujú textúru tohto rezu. Veľkosť zrkadielok na radiálnom reze je závislá na presnosti vedenia radiálneho rezu po dĺžke stržňového lúča.

Stržňové lúče sú dôležitým makroskopickým znakom, ktorý ovplyvňuje textúru dreva na jednotlivých anatomických rezoch. Pohľad na priečny rez napr. duba (Obr. 1.11b) ukazuje, že stržňové lúče sú vedené od kambia, resp. až lyka ku stržňu. Niektoré lúče končia už v niektorom ročnom kruhu tak, aby v každej časti kmeňa bola hustota lúčov na plošnú, resp. objemovú jednotku približne rovnaká. Každá novo vytvorená bunka z kambia musí byť v kontakte so stržňovým lúčom aby bola zásobovaná stavebnými látkami privedenými lúčom.

Stržňové lúče majú vplyv na vlastnosti dreva. Napr. lúče obmedzujú rozmerové zmeny dreva v radiálnom smere v procese sušenia a preto drevo zosychá menej v radiálnom smere ako v tangenciálnom smere. Lúče tiež ovplyvňujú mechanické vlastnosti, lebo lúč je vytvorený zo slabých, tenkostenných parenchymatických buniek a radiálne orientovaná rovina stržňového lúča je slabšia. Kvôli tomuto efektu sa drevo ľahšie trhá pozdĺž stržňových lúčov v radiálnom smere.



Obr. 1.11 Stržňové lúče a) Schematické zobrazenie, b) priečný rez duba, c) radiálny rez čerešne, d) tangenciálny rez hrabu.

1.3.4 Živicové kanáliky

Niektoré ihličnaté dreviny majú v štruktúre dreva živicu, ktorá sa nachádza v živicových kanálikoch. Živica má v dreve živého stromu ochrannú funkciu. Impregnuje poranené miesta na strome a tým čiastočne zvyšuje odolnosť dreva proti hubám. **Živicové kanáliky sú v dreve orientované v pozdĺžnom (Obr. 1.12) a radiálnom smere.** Pozdĺžne a radiálne živicové kanáliky sú navzájom prepojené a v dreve vytvárajú priestorovú sieť.

Rozmery živicových kanálikov sú závislé na druhu dreviny. Pozdĺžne živicové kanáliky sú väčšieho priemeru ako radiálne kanáliky. Najväčšie kanáliky z našich drevín majú borovice (rod *Pinus*). Ich priemer je okolo 0,1–0,15 mm, čo je na hranici viditeľnosti voľným okom. Dĺžka živicových kanálikov sa pohybuje v rozpätí niekoľkých desiatok centimetrov.

Živicový kanálik je vystlaný epitelovými bunkami, ktoré produkujú živicu a ukladajú ju do dutiny kanálika. Živica je v kanáliku pod tlakom epitelových buniek. Keď kanálik prerežeme rezom, živica z kanálika vytečie a rozpije sa v okolitých pletivách. Tým sa viditeľnosť kanálika zlepši, lebo vnímame rozmer kanálika väčší ako v skutočnosti je.

Makroskopicky sa živicové kanáliky na pozdĺžnych rezoch javia ako tmavšie, kratšie alebo dlhšie (záleží od presnosti vedenia pozdĺžneho rezu) čiarky, uložené v letnom dreve blízko hranice ročného kruhu.

Priečne živicové kanáliky sú uložené do niektorých stržňových lúčov. Ich priemer je menší ako veľkosť pozdĺžnych živicových kanálikov a preto sú prakticky voľným okom neviditeľné.

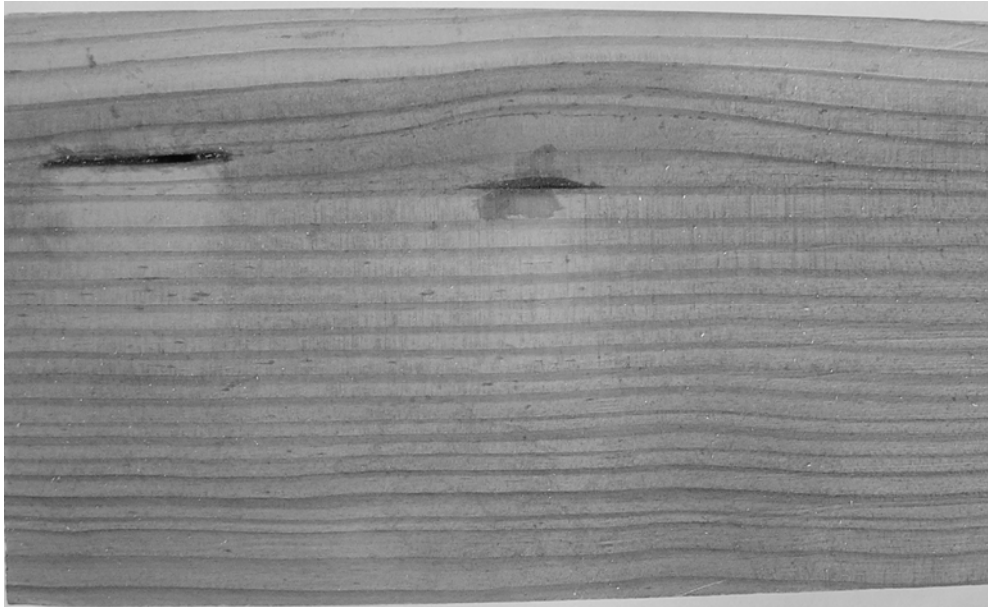
U dreva, ktoré má vyšší podiel živice (napr. *Pinus* má 1 % z hmotnosti dreva) môže spôsobovať živica problém pri jeho spracovaní. Živica sa lepí na rezné nástroje a zanáša brúsny papier. Pri výrobe buničiny sa živica lepí na výrobné zariadenia (potrubia, varáky a pod.)

U dreva ihličnanov sa stretávame aj s tvorbou živicových kanálikov v jarňom dreve, na začiatku vegetačnej periódy. Tieto nazývame traumatické kanáliky a vytvárajú sa vo väčšom množstve v podmienkach, keď strom rastie v strese (vlahový deficit, imisné poškodenie asimilačných orgánov a pod.).

Na priečnom a radiálnom reze u ihličnatého dreva môžeme pozorovať niekoľko centimetrov veľké šošovkovité dutiny vyplnené tekutou, alebo vysušenou živicom, ktoré nazývame **živičníky**, alebo **smolníky** (Obr. 1.13). Tento znak, útvar je pozdĺžno-tangenciálna trhlina v dreve do ktorej natečie živica z porušených živičných kanálikov. Príčinou vzniku týchto trhlín vyplnených živicom je namáhanie, ohýbanie kmeňa stromu silným vetrom. Živičníky sú zaraďované k chybám dreva.



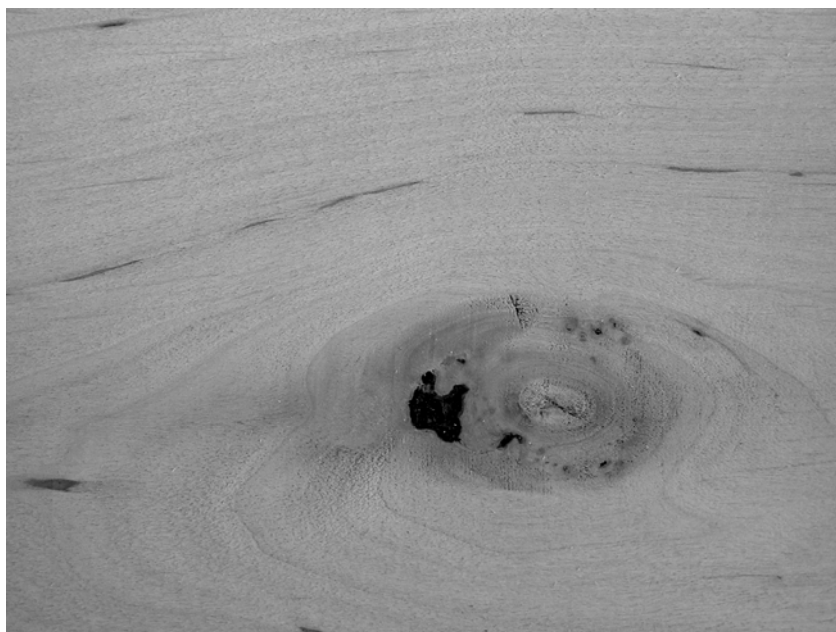
Obr. 1.12 Živicové kanáliky na tangenciálnom reze borovice



Obr. 1.13 Živičníky na radiálnej ploche smrekovca

1.3.5 Stržňové škvrny

Larvy hmyzu (rod *Agromyza*) vrtajú v oblasti kambia chodbičky na živom strome. Keď larva opustí chodbičku, kambium vyplní poškodené miesto hojivým parenchýmom. Rozdiel v štruktúre normálneho drevného pletiva a hojivého parenchýmu sa prejaví na jednotlivých rezoch dreva zväčša ako tmavšia, rôzne veľká škvrna. Vzhľadom na podobnosť so stržňom alebo stržňovým lúčom dostal tento znak pomenovanie stržňová škvrna. So stržňom, resp. stržňovým lúčom však nemá žiadnu anatomickú súvislosť. U niektorých drevín môže byť tento znak, (chyba) tak výrazný, že ho využívame ako pomocný znak pri identifikácii dreva (Obr. 1.14). Najčastejšie z našich drevín sa stržňové škvrny objavujú u dreva rodu *Alnus*, *Betula*, *Acer*.



Obr. 1.14 Stržňové škvrny v jelšovom dreve

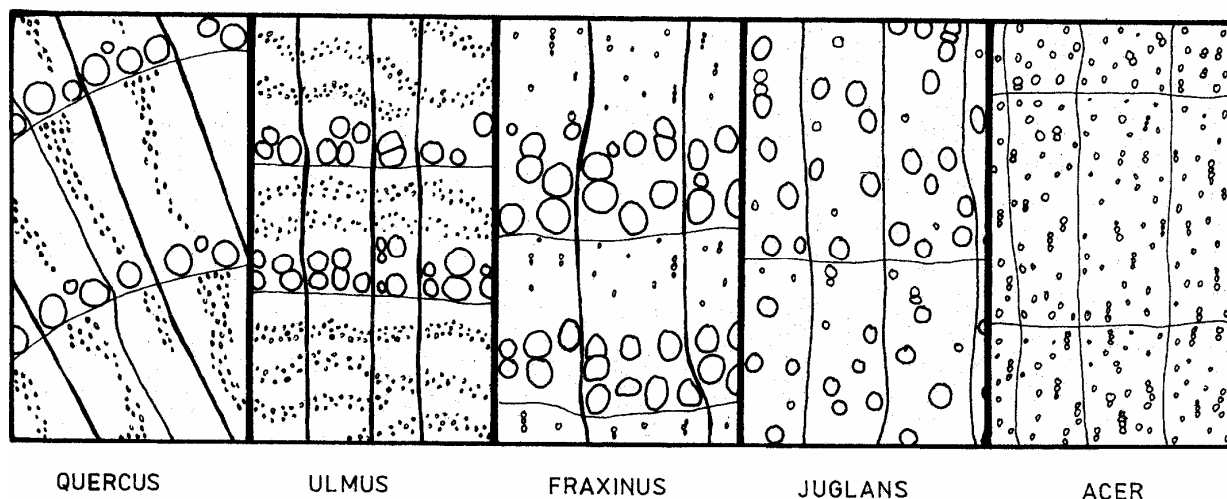
1.3.6 Cievy

Ciev v dreve listnatých drevín patria medzi základné drevné pletivá, ktorých funkcia je **rozvádzať vodu** s minerálnymi látkami **z koreňov do koruny**. Drevo ihličnatých drevín ciev vo svojej štruktúre neobsahuje. Vodivú funkciu v ihličnatom dreve zabezpečujú predovšetkým jarné cievice (tracheidy).

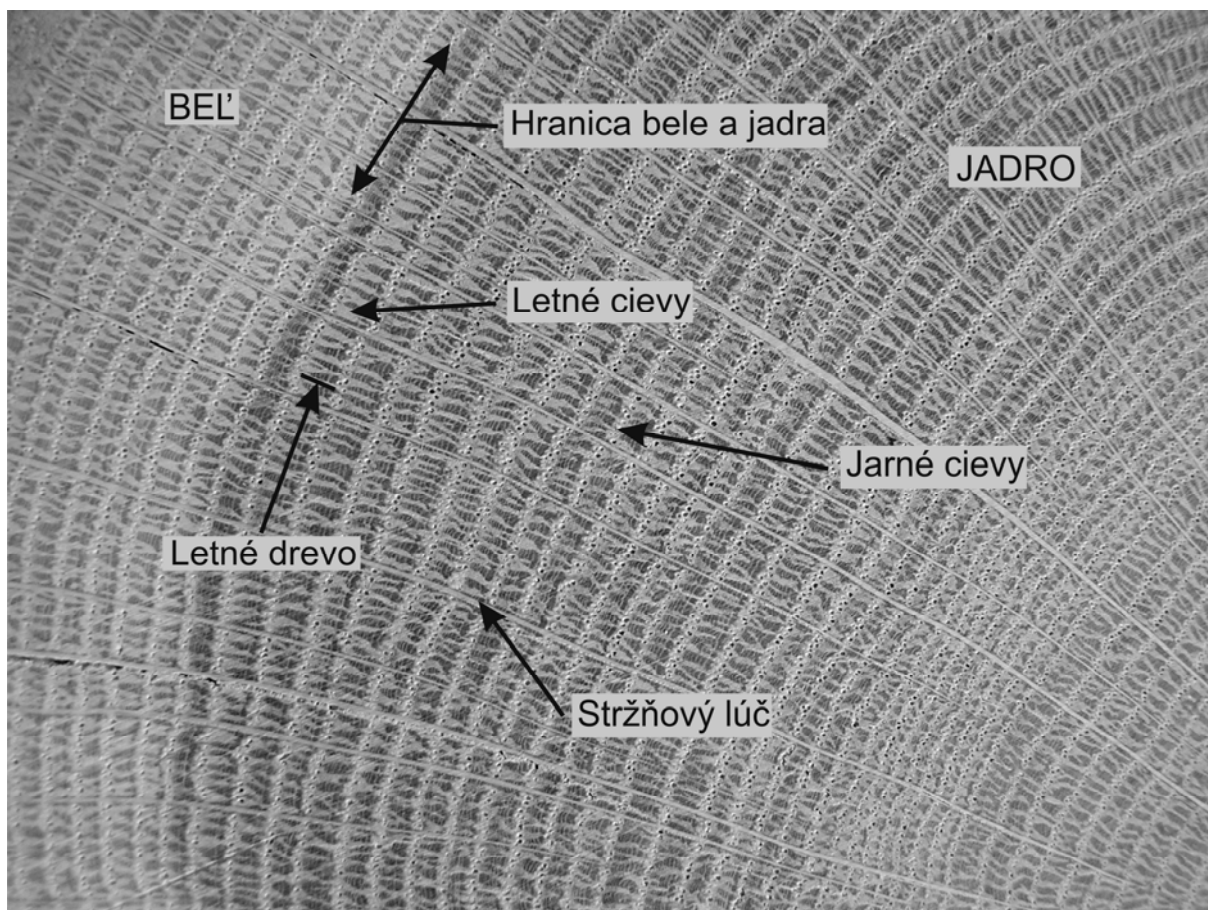
Ciev v listnatom dreve vytvárajú sústavu vodivých ciest, ktorá je dôležitá pre zabezpečenie fyziologických procesov v dreve živého stromu. V spracovávanom dreve sú ciev jednak dôležitým makroskopickým znakom pri rozlišovaní jednotlivých druhov listnatého dreva a tiež výrazne vplývajú aj na fyzikálne, mechanické a technologické vlastnosti dreva.

Pre makroskopické rozpoznávanie dreva je dôležitá veľkosť (priemer) ciev. Rozlišovacia schopnosť ľudského oka je približne 0,15 mm. Preto môžeme pri makroskopickej identifikácii dreva využívať len ciev veľkosti nad túto hranicu. Kruhovito-pórovité drevo má veľkosť jarných ciev okolo 0,2–0,4 mm, čo umožňuje dobrú rozlíšiteľnosť týchto ciev, resp. viditeľnosť vrstvy jarného dreva na všetkých rezoch. Roztrúseno-pórovité drevo má ciev pod hranicou rozlíšenia ľudským okom, preto z hľadiska pórovitosti je toto drevo považované za menej heterogénne ako drevo kruhovito-pórovité.

Kruhovito-pórovité drevo má okrem viditeľných veľkých jarných ciev aj letné ciev, priemer ktorých je pod hranicou 0,1 mm. Takéto ciev jednotlivo nemôžeme na rezných plochách vidieť. **Zhluky týchto malých ciev**, často sprevádzané parenchymatickým pletivom, prípadne cievicami, je však možné makroskopicky identifikovať u niektorého dreva ako svetlé pružky. Zhluky týchto pletív môžu byť **dôležitým znakom makroskopického určovania dreva** niektorých listnatých drevín (Obr. 1.15).



Obr. 1.15 Usporiadanie ciev na priečnom reze dreva listnatých drevín

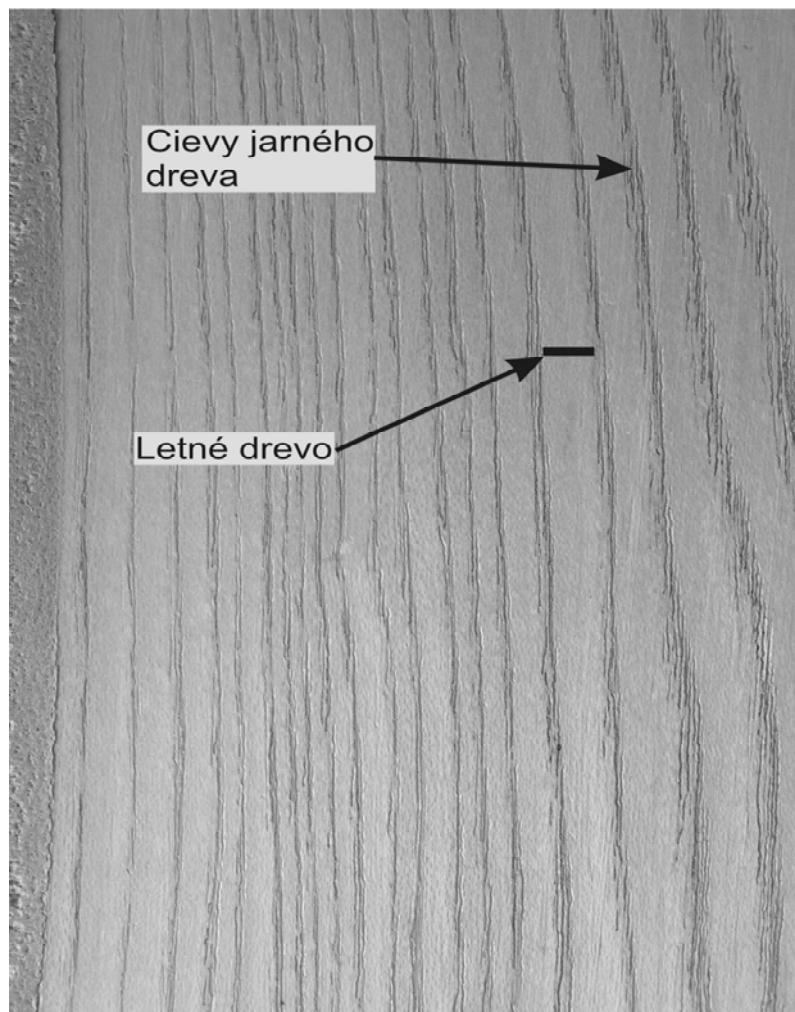


Obr. 1.16 Priečny rez dubovým drevom

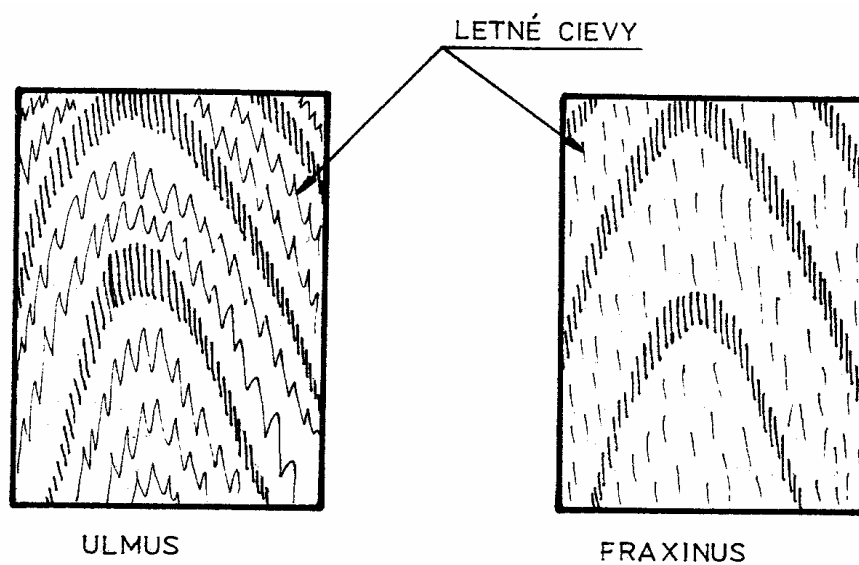
Duby (*Quercus*) majú letné cievy usporiadané na priečnom reze do radiálnych pruhov (svetlé pružky v tmavom letnom dreve (Obr. 1.16). Zhluky letných ciev spolu s parenchýmom vytvára u brestov (*Ulmus*) svetlé tangenciálne zvlnené útvary. Jaseň (*Fraxinus*) má letné cievy rozptýlené bez zreteľného usporiadania (roztrúsené). Orech (*Juglans*) ako prechodná drevina (prechod medzi kruhovito-pórovitým drevom a roztrúseno-pórovitým drevom) má veľké cievy aj malé cievy, roztrúsené v celej šírke ročného kruhu (u niektorých orechov možno pozorovať slabý náznak rozlíšenia jarného a letného dreva). Typicky roztrúseno-pórovité drevo (*Acer*) má cievy malého priemeru (neviditeľné voľným okom) a často len s malým rozdielom vo veľkosti jarných a letných ciev.

Usporiadanie ciev na pozdĺžnych rezoch je dobre viditeľné u kruhovito-pórovitého dreva. Predovšetkým jarné cievy vytvárajú na radiálnom aj tangenciálnom reze výraznú ryhovanú pórovitosť jarného dreva (Obr. 1.17). Navyše u brestov (*Ulmus*) vidno aj zreteľné usporiadanie letných ciev do ostrovlnej kresby na tangenciálnom reze, čo je hlavný rozlišovací znak oproti jaseňu (Obr. 1.18).

Vzhľadom na veľký rozmer jarných ciev v porovnaní s ostatnými pletivami (letné cievy, drevné vlákna, parenchymatické bunky) je kruhovito-pórovité drevo výrazne heterogénne.



Obr. 1.17 Pozdĺžny rez kruhovito-pórovitým drevom



Obr. 1.18 Usporiadanie letných ciev na tangenciálnom reze jaseňa a brestu

1.4 Fyzikálne vlastnosti dreva využívané pri určovaní dreva

Pri určovaní druhu dreva potrebujeme využiť často aj pomocné vlastnosti dreva, ktoré zaraďujeme k fyzikálnym vlastnostiam. Zaraďujeme sem farbu dreva, lesk dreva, hustotu dreva a tvrdosť dreva.

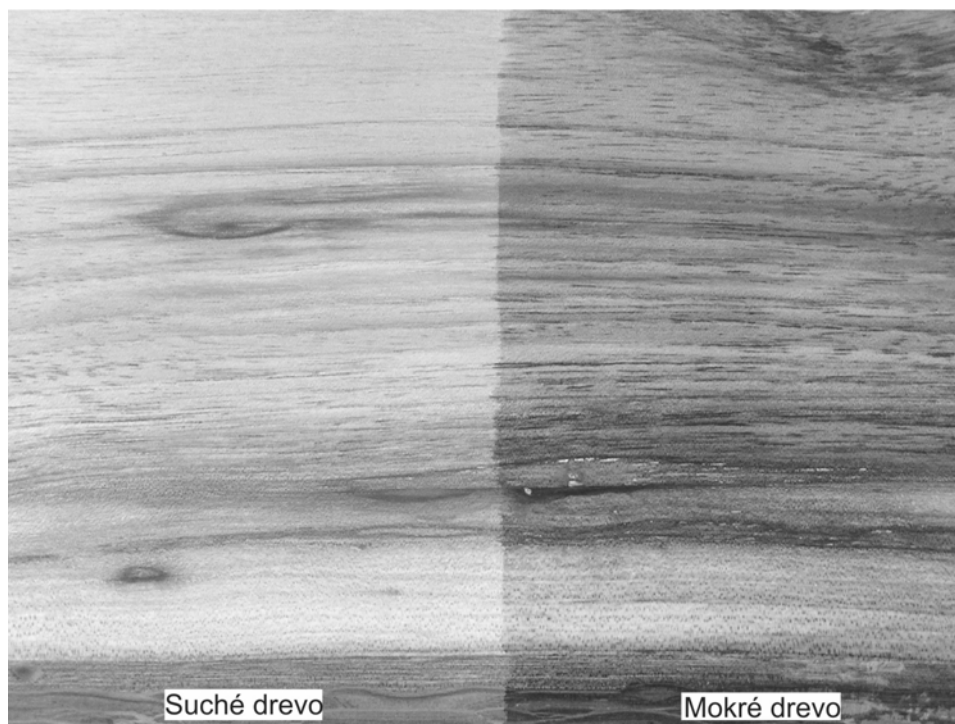
1.4.1 Farba dreva

Jedným z prvých znakov, ktoré pomáhajú pri určovaní dreva je jeho farba. Nejde tu pritom o presné fyzikálne definovanie farby dreva. Pri hodnotení dreva podľa farby je potrebné uvažovať s vlhkosťou dreva (Obr. 1.19) a čerstvosťou rezu. Vlhkosť dreva môže významne meniť jeho farbu. Všeobecne môžeme povedať, že suché drevo je vždy svetlejšie ako drevo s vysokým obsahom vody.

Podobne aj vystavenie sledovaného rezu dreva atmosférickým podmienkam môže viac, alebo menej zmeniť jeho farbu. Príkladom môže byť jelša (*Alnus*) čerstvo odpílená (svetloružová farba), ktorá po niekoľkých dňoch zmení farbu na ostro oranžovú, v dôsledku oxidácie sprievodných látok vzdušným kyslíkom. Po spracovaní a vysušení jelšového dreva sa farba opäť zmení na ružovočervenú. Podobne zmenu farby pozorujeme u dreva smreka (*Picea abies*), borovice (*Pinus sylvestris*) a iných druhov vystavených ultrafialovému žiareniu (zhnednutie dreva).

Podľa farby rozdeľujeme drevá na skupiny:

- bledých drier (smrek, jedľa, hrab a iné)
- hnedých drier (dub, jaseň, brest, orech a iné)
- červených drier (borovica, smrekovec, dub cerový, čerešňa, jelša a iné)
- zelených drier (agát a iné)



Obr. 1.19 Farba suchého a mokrého dreva orecha

1.4.2 Lesk dreva

Je ovplyvnený štruktúrou drevných pletív, ale tiež reznou plochou a kvalitou opracovania dreva. Drevo s vysokou hustotou má vyšší lesk ako drevo pórovité, s nízkou hustotou. Tomuto pravidlu odporuje hrabové drevo, ktoré má vysokú hustotu, ale je považované za drevo bez lesku. Pokiaľ vylúčime vplyv rezného nástroja, najvyšší lesk pozorujeme na pozdĺžnych rezoch. Predovšetkým **stržňové lúče** (zrkadielka) na radiálnom reze **môžu významne ovplyvňovať lesk dreva** (*Acer*, *Quercus*, *Robinia*, *Ulmus*, *Cerasus* a iné). Najvyššiu pórovitosť a tým aj najnižší lesk dreva pozorujeme na priečnom reze.

Hodnotenie dreva podľa lesku možno len s veľkým obmedzením použiť na výrobkoch, nakoľko väčšina drevárskych výrobkov je povrchovo upravených rôznymi náterovými látkami.

1.4.3 Vôňa dreva

Vôňa, resp. zápach dreva sa využíva ako **senzorické hodnotenie dreva** predovšetkým v jeho čerstvom stave, alebo pri jeho opracovávaní (pílenie, frézovanie, brúsenie a pod.). Vôňa dreva závisí na jeho chemickom zložení, predovšetkým na obsahu a kvalite sprievodných látok. Terpenické živice, trieslovinové látky, olejovité zlúčeniny a mnohé iné chemicky zložené látky, ktoré sa z dreva dajú extrahovať vodou, polárnymi a nepolárnymi organickými rozpúšťadlami majú charakteristickú vôňu. Obsah týchto extraktívnych látok býva vyšší v jadrovom dreve a nižší v dreve beľových drevín, resp. v dreve belí jadrových drevín.

Ihličnaté drevo, ktoré má vo svojej štruktúre živicové kanáliky vonia príjemne po živici. Jedľa (*Abies alba*) neobsahuje v dreve živicu a v čerstvom stave má nepríjemný kyslastý zápach.

Z listnatých drevín majú charakteristický trieslovinový (horkastý) zápach *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Robinia pseudoacacia*, a *Juglans regia*. Podľa zápachu sa dá dobre v čerstvom stave rozlíšiť *Quercus cerris* (kyslastý zápach) od *Quercus robur* a *Q. petraea*. Nepríjemne zapácha topoľové čerstvé drevo (*Populus*). Brezové drevo (*Betula*) zapácha po plesni. Lipové drevo (*Tilia*) si pomerne dlho drží zatuchlý zápach starých nevetraných miestností, budov.

Vôňa dreva má význam v súčasnosti pri výrobkoch, ktoré prichádzajú do styku s potravinami, kedy potravinu, resp. požívatinu môže byť priaznivo, alebo nepriaznivo ovplyvnená chemickým zložením dreva (kuchynský riad, obaly na potraviny, sudy a pod.).

1.4.4 Hustota dreva

Cez hustotu dreva, resp. hmotnosť a objem posudzujeme vzorky dreva, ktoré môžeme chytiť do ruky. Približným odhadom určujeme, či sa jedná o drevo ľahké, stredne ťažké alebo ťažké. Pri využívaní tejto fyzikálnej vlastnosti dreva musíme vždy uvažovať aj s vlhkosťou dreva.

Podľa hustoty suchého dreva rozdeľujeme drevá na:

- veľmi ľahké (do $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), kde zaraďujeme rýchlo rastúce topole
- ľahké drevá ($400\text{--}500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) – smrek, jedľa, borovica, lipa
- mierne ťažké ($500\text{--}600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) – smrekovec, vrbá, javor horský
- stredne ťažké ($600\text{--}700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) – breza, orech, brest, jaseň, dub, buk
- ťažké (700 a viac $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) – hrab, agát.

Najľahšie drevo, balza (*Ochroma lagopus*), rastie v tropických lesoch Južnej Ameriky. Jeho hustota je približne trikrát nižšia ($120\text{--}150 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) ako hustota smreka. Drevo s najvyššou hustotou, kvajak (*Guaiacum officinale*), rastie v strednej Amerike a v severnej časti Južnej Ameriky. Jeho hustota v suchom stave je okolo $1230 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

1.4.5 Tvrdosť dreva

Pri makroskopicknej identifikácii využívame **tvrdosť dreva** ako vlastnosť, ktorá úzko súvisí s hustotou dreva. Vrypom nechtom odhadujeme priemernú tvrdosť dreva (mäkké alebo tvrdé drevo), alebo odhadujeme či je výrazný rozdiel v tvrdosti (veľká heterogenita) medzi jarným a letným drevom (ihličnaté drevo). Listnaté drevo je menej heterogénne (menší rozdiel v hustote a tvrdosti medzi jarným a letným drevom).

2 ZVLÁŠTNÁ KRESBA DREVA

Kresba – textúra dreva je vytváraná kombináciou uvádzaných makroskopických znakov a je charakteristická pre určitý rez a drevinu. Z uvedených makroskopických znakov sa na kresbe dreva najčastejšie podieľajú ročné kruhy, stržňové lúče a hrče (najmä u ihličnatých drevín), odklon ročných kruhov v obhrčí a pruhovitá farebnosť bele a jadra, ako aj pruhovitá farebnosť v jadrách (čerešňa, orech). Veľký vplyv na kresbu má aj orientácia anatomického rezu vzhľadom na vytvorenú reznú plochu.

Za určitých rastových podmienok môžu nastať rôzne odchýlky v štruktúre dreva, ktoré sa prejavajú aj na jeho textúre. Väčšina odchýlok v štruktúre dreva je považovaná za chyby dreva, čo je vymedzené v normách. Sú však aj odchýlky v štruktúre dreva, ktoré vytvárajú tzv. „zvláštne kresby“. Takéto kresby, pre svoju ojedinelosť sú cenené hlavne v dizajne nábytku, pri výrobe hudobných nástrojov a umeleckých predmetov vyrobených z dreva.

Zvláštnu kresbu dreva našich drevín rozdeľujeme na:

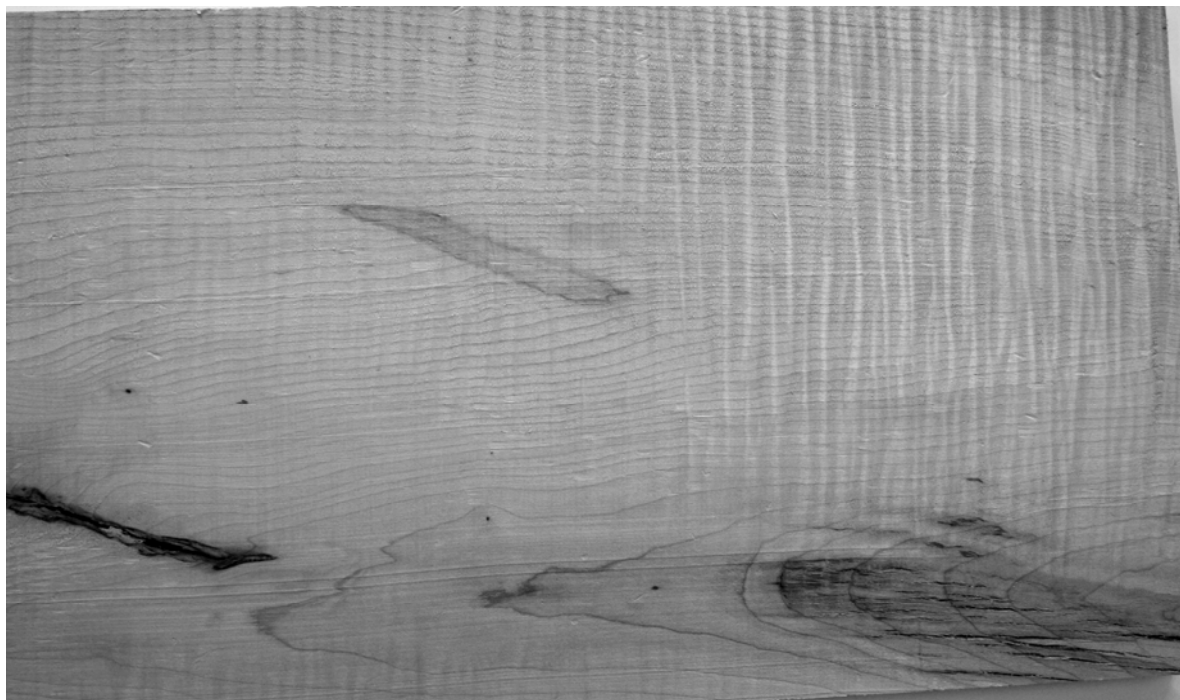
- **vlnitý lesk**
- **očkovú kresbu**
- **lieskovcové drevo**
- **korenicu**

Ďalšie zvláštne kresby sa vyskytujú u tropického dreva, prípadne sa dajú vyrobiť krájaním, lúpaním dreva v rôznych anatomických rovinách (šikmé rezy, excentrické lúpanie a pod.). Samostatná skupina zvláštnych kresieb sú umelo vytvorené textúry dreva získané zlepením rôzne nafarbených dýh a ich následným krájaním v rôznych rovinách (arodyhy a pod.).

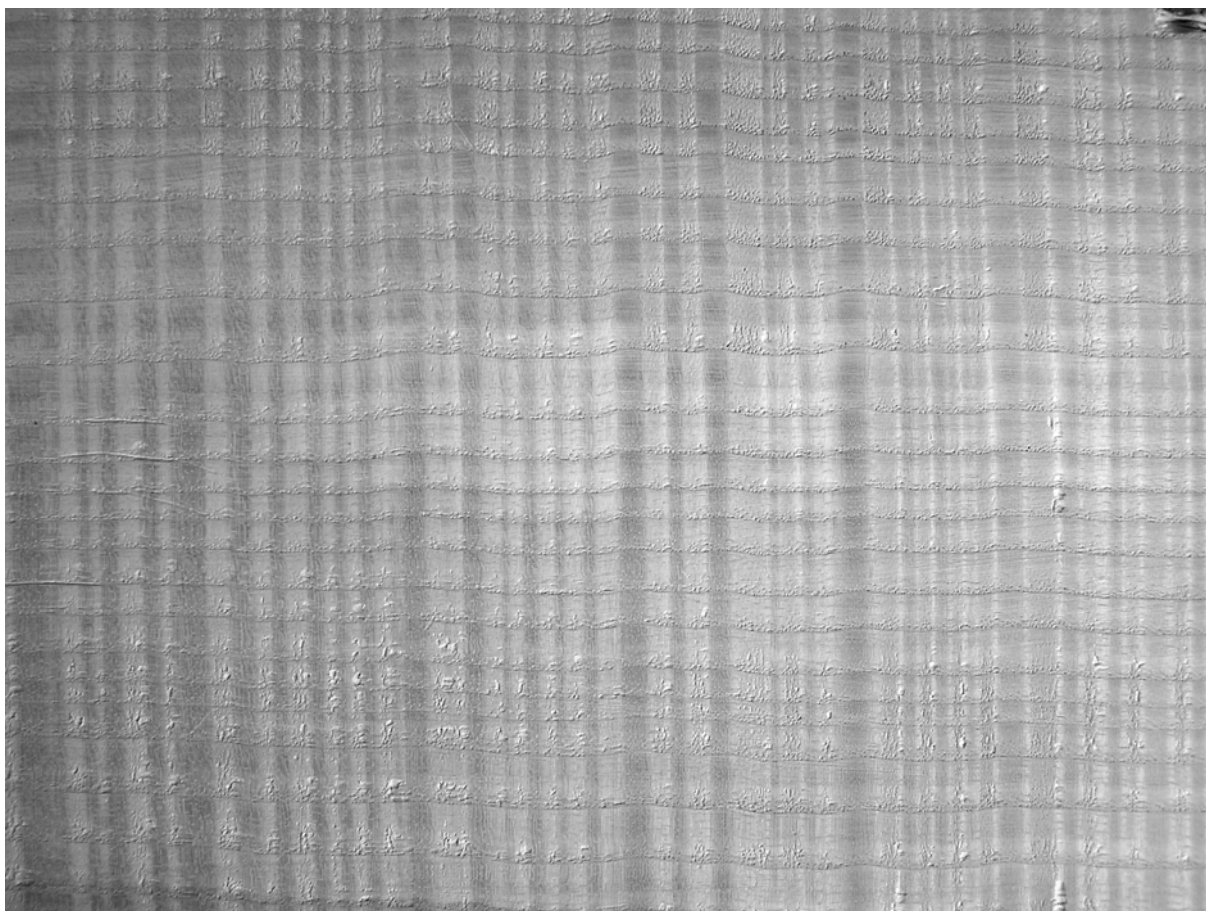
2.1 Vlnitý lesk

Drevné vlákna sú prerezávané vzhľadom na ich zvlnenie pod rôznym uhlom, čo sa pri osvetlení prejaví ako lesklé a tmavé plochy. Pri zmene uhla osvetlenia reznej plochy sa zmení daný odraz. Vlnitý lesk môžeme rozlíšiť na široký, úzky a zrnitý. Široký vlnitý lesk je spôsobený zvlnením pozdĺžnych elementov v radiálnom smere tak, že vrcholy vln sú vzdialené od seba dva a viacej centimetrov. Pritom vrcholy vln nejdú pravidelne v tangenciálnom smere, ale sú uložené nepravidelne i šikmo a pomiestne zanikajú. Takáto kresba po celej ploche rezu je typická pre severské brezy. Naša breza, ktorá rastie v podstatne lepších klimatických podmienkach, v zapojených porastoch, má tento znak vyvinutý len pomiestne. Ojedinele môžeme nájsť široký vlnitý lesk aj u niektorých ostatných našich drevín.

Úzky vlnitý lesk je rastová úchylka, pri ktorej vzdialenosť vrcholov vln je len niekoľko mm (najčastejšie 5–10 mm). Vlny prebiehajú pravidelne v tangenciálnom smere a na tangenciálnom reze vytvárajú lom v úzkych pruhoch. Z našich drevín túto rastovú úchylku najčastejšie nájdeme u javora (Obr. 2.1), brezy, orecha a jaseňa (Obr. 2.2). Zvlnenie povrchu je možné zistiť aj na kôre guľatiny. U jaseňa je možné zistiť úzky vlnitý lesk aj na stojato bez poškodenia kambia po zrezaní plôšky borky podľa vlnitého priebehu skupín sklereidov. Zrnitá vlnitosť je pomiestne zvlnenie bunečných elementov okrúhlastého tvaru na tangenciálnom reze. Vyskytuje sa často u brezy. U javora je sprievodným znakom výskytu jemných spiachich očiek.



Obr. 2.1 Krátka vlnitosť na javore (*Acer pseudoplatanus*)



Obr. 2.2 Krátka vlnitosť na jaseňi (*Fraxinus excelsior*)

2.2 Očková kresba

Očková kresba dreva vzniká u drevín, ktoré často vytvárajú tzv. adventívne (druhotné púčiky). Tvorí sa dodatočne, obvykle z pletiva, ktoré už určitú dobu plnilo inú funkciu, avšak nestratilo schopnosť sa znovu zmeniť na delivé pletivo – parenchým lyka, pericyklu a primárnej kôry. Tvorba adventívnych púčikov môže byť vyvolaná napr. uvoľnením stromu v poraste osvetlením kmeňa – na kmeni sa z nich vytvárajú druhotné konáriky tzv. vlky (Obr. 2.4). Takto uvoľnený strom vytvára mohutnú valcovitú korunu. U niektorých drevín zarastajú púčiky aj do dreva. Takáto kresba je vysoko cenená v sortimentoch na výrobu krájaných a lúpaných dýh. Takáto kresba sa objavuje u javora (Obr. 2.3) a topoľa, ojedinele aj u orecha. Niekedy sa spiace očká hromadia pod kôrou v povrchových vrstvách dreva a vytvárajú spolu s pletivami, ktoré ich obklopujú nápadné nádory (*Carpinus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Robinia*, *Betula*, ale aj *Picea*, najmä z vysokohorských polôh). Vo vnútri týchto nádorov je veľmi pestrá kresba spiacich očiek so zrnitým leskom. Praktické použitie kresby dreva týchto nádorov je malé a obmedzené na vyhotovenie malých ozdobných predmetov. Prevažne sa v bežnej praxi takéto nádory považujú za chyby tvaru kmeňa.



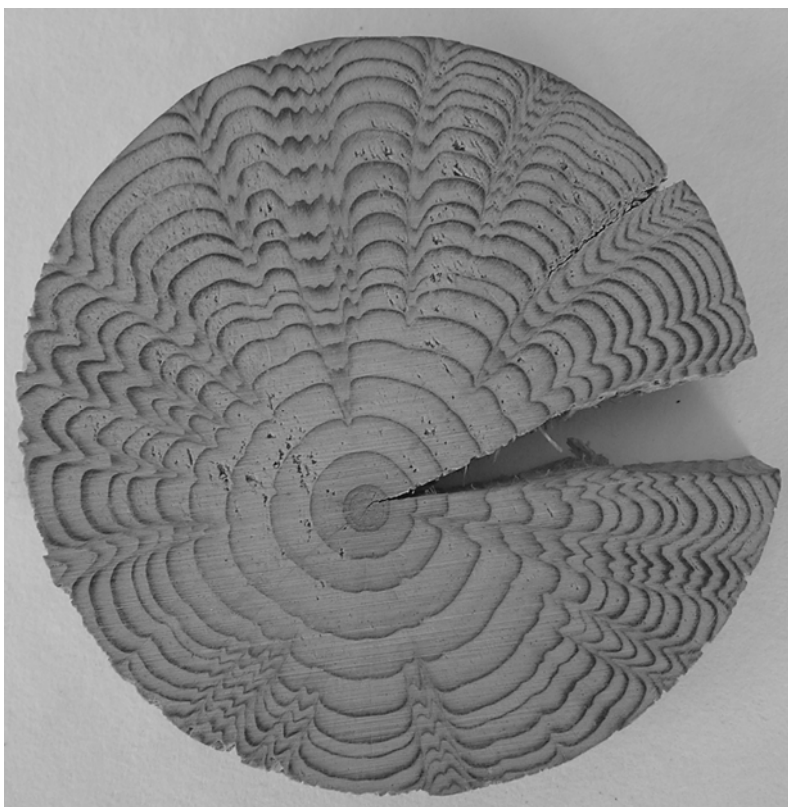
Obr. 2.3 Očková kresba na javore (*Acer pseudoplatanus*)



Obr. 2.4 Spiace očka (vlky) na buku (*Fagus sylvatica*)

2.3 Lieskovcové drevo

Zvláštna kresba spôsobená nepravidelným priebehom ročných kruhov. Na priečnom reze u dreviny s lieskovcovým drevom pozorujeme, že ročné kruhy neprebiehajú pravidelne, ale pomedzi sa ostro, smerom k stržňu kmeňa vychylujú. U dreva s viditeľnými stržňovými lúčmi je zrejmé, že táto odchýlka vzniká v miestach, kde stržňový lúč pretína ročný kruh. Na pozdĺžnych rezoch kresby lieskovcového dreva sa prejavuje u smreka jemnými pruhmi, ktoré sú spôsobené lomom svetla na zvlínenom dreve a spestrujú kresbu smrekového dreva. Táto rastová úchylka sa prejavuje najčastejšie u smreka (Obr. 2.5, Obr. 2.6) z horských polôh. Výnimočne bola zistená aj u buka, u ktorého ale zhoršuje estetický vzhľad dreva, na tangenciálnom reze sa vytvárajú útvary podobné stržňovým lúčom o šírke až 4–8 mm a dĺžke 3–5 cm.



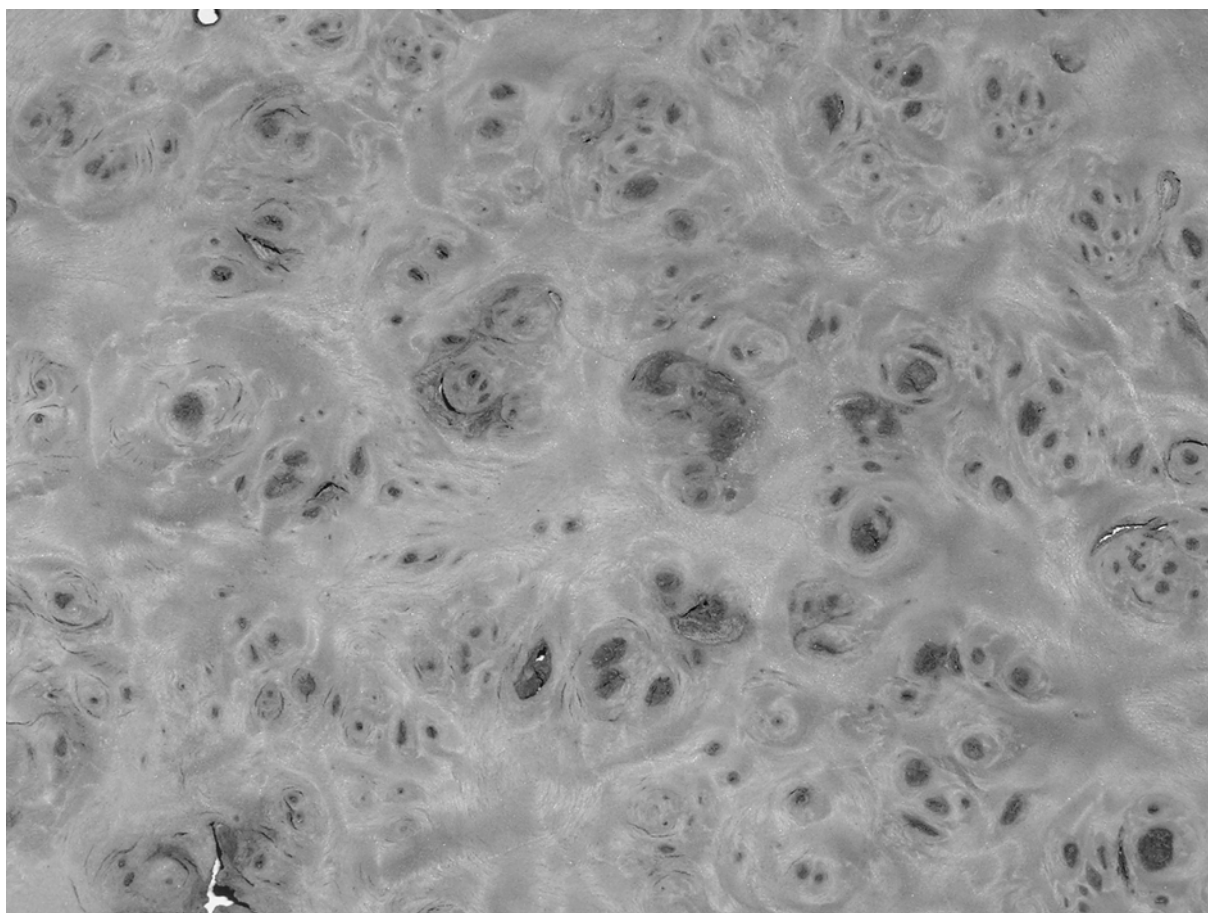
Obr. 2.5 Lieskovcové drevo smreka, priečny rez (*Picea abies*)



Obr. 2.6 Lieskovcové drevo smreka, tangenciálny rez (*Picea abies*)

2.4 Korenica

Nepatrí k zvláštnym kresbám, ktoré sa vyskytujú len u niektorých jedincov druhu, ale vyskytuje sa u všetkých drevín a u niektorých je zvlášť cenená a ťažená. Jedná sa vlastne o oblasť pňa, ktorá pri bežnej ťažbe zostáva v lese. Zvláštna kresba korenice vzniká spleťou ročných kruhov koreňov nasadzujúcich sa na kmeň (peň) a vrastajúcich do neho. Každý koreň má svoj priebeh ročných kruhov a v oblasti pňa sa tieto prispôbujú priebehu ročných kruhov kmeňa. Pritom v tejto oblasti zhrubnutím pňa vrastajú do neho tenké koreničky často aj s kôrou (*Populus*). Vzniká zaujímavá kresba používaná v nábytkárstve. Ťaží sa najmä korenica *Juglans*, *Populus* (Obr. 2.7), menej javora, duba a jelše. Používajú sa len hrubé a zdravé pne. Pri ťažbe sa neprevedie pňový rez, odstráni sa zem z koreňov v blízkosti pňa a kmeň sa vyťaží aj s najhrubšími koreňmi.



Obr. 2.7 Topoľová korenica

3 MIKROSKOPICKÁ ŠTRUKTÚRA IHLIČNATÉHO DREVA

Ihličnaté dreviny sú vývojovo staršie, rástli na Zemi už pred listnatými druhmi. Ihličnaté drevo má relatívne jednoduchšiu štruktúru, v porovnaní s viac špecializovanou štruktúrou listnatého dreva. Zorientovať sa v mikroskopickej štruktúre dreva je dôležité pre rozlíšenie mnohých druhov dreva, ktoré nedokážeme rozlíšiť podľa makroskopických znakov. Hlbšie poznanie mikroskopickej štruktúry dreva je základom pochopenia fyzikálnych a mechanických vlastností dreva.

3.1 Cievice

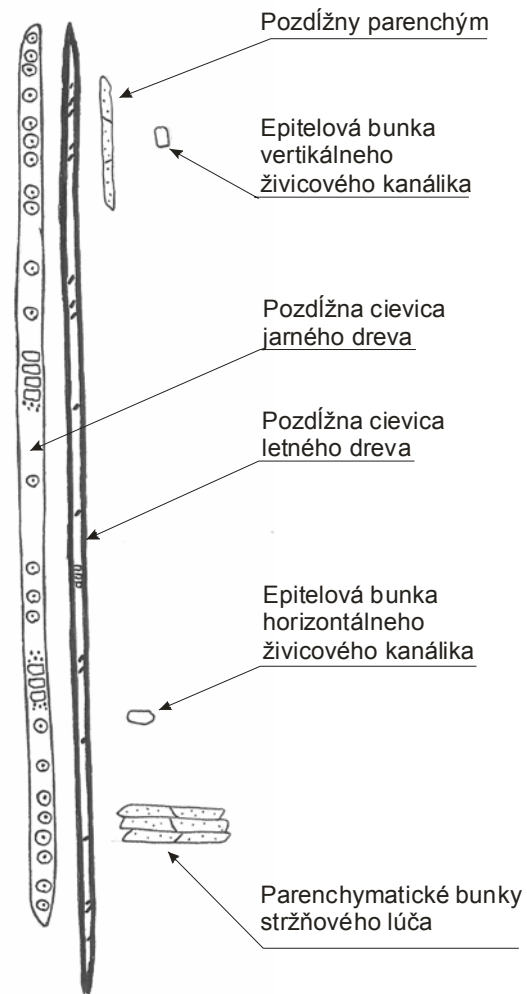
Základným pletivom ihličnatého dreva sú pozdĺžne usporiadané **cievice (tracheidy)**, ktoré **tvoria viac ako 90 %** objemu dreva. Necelých 10 % objemu ihličnatého dreva zaberá parenchymatické pletivo, ktoré je sústredené predovšetkým do stržňových lúčov, živicových kanálikov (len u niektorých druhov) a v malej miere vytvára rôzne zhluky axiálneho parenchýmu.

Pozdĺžne cievice sú trubkovito-vretenovité vláknité útvary, **na oboch koncoch uzavreté**, približne 100× dlhšie ako je ich priemer (Obr. 3.1) V priereze štvor- až šesť-hranné cievice sú usporiadané v radiálnych pásoch (Obr. 3.2) **Tangenciálny rozmer cievic** je spravidla konštantný, radiálny rozmer sa mení v závislosti na polohe v ročnom kruhu. Jarné cievice majú najväčší radiálny rozmer (na začiatku ročného kruhu je radiálny rozmer väčší ako tangenciálny). Letné cievice sú najužšie, v posledných vrstvách ročného kruhu a sú značne radiálne sploštené. Rozmer, **hrúbka bunkovej steny** sa mení podobne ako ich šírka v závislosti na polohe v ročnom kruhu. Tabuľka 3.1 udáva priemerné rozmery cievic ihličnatého dreva.

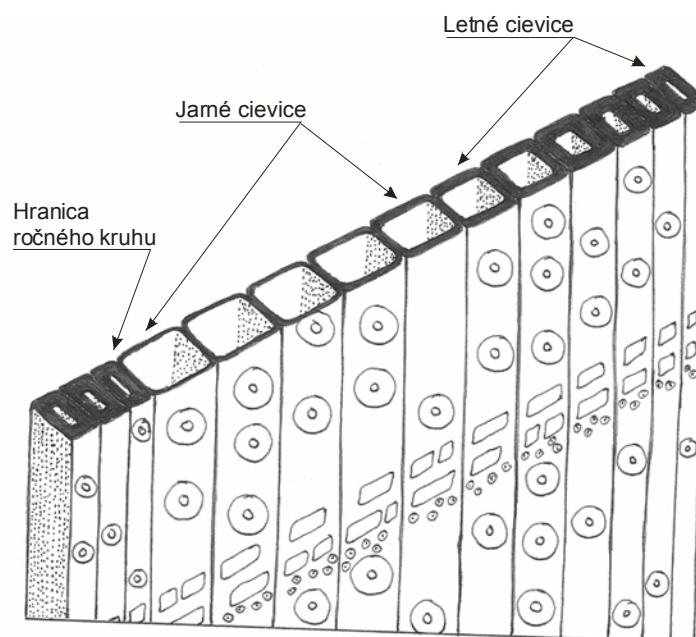
Tabuľka 3.1 Priemerné rozmery cievic ihličnatého dreva

Drevina	Dĺžka cievic [mm]	Šírka cievic [μm]	Hrúbka bunkovej steny [μm]
Jedľa	3,7	15–58	2–4
Smrekovec	3,5	24–25	3–4
Smrek	3,4	21–40	2–5
Borovica	3,1	14–46	3–6
Sequoia	7,0	50–65	2–6

Jarné cievice sú tenkostenné, smerom k letnému drevu sa cievice plynule rozširujú a hrubne im bunková stena (*Picea abies*). U niektorých druhov (*Larix decidua*) pri prechode z jarného do letného dreva cievice skokovite hrubnú, čo sa prejaví aj makroskopicky na kontrastnejšej kresbe takéhoto ihličnatého dreva (Obr. 3.16). Dĺžka jarných cievic je rádovo niekoľko milimetrov (2–5 mm), letné cievice sú cca o 10–15 % dlhšie. Šírka cievic sa pohybuje v rozpätí 15–50 μm, keď menší rozmer zodpovedá letným a väčší rozmer jarným cieviciam. Hrúbka bunkovej steny sa u jarných cievic blíži k 2 μm, u letných cievic sa pohybuje okolo 5 μm.



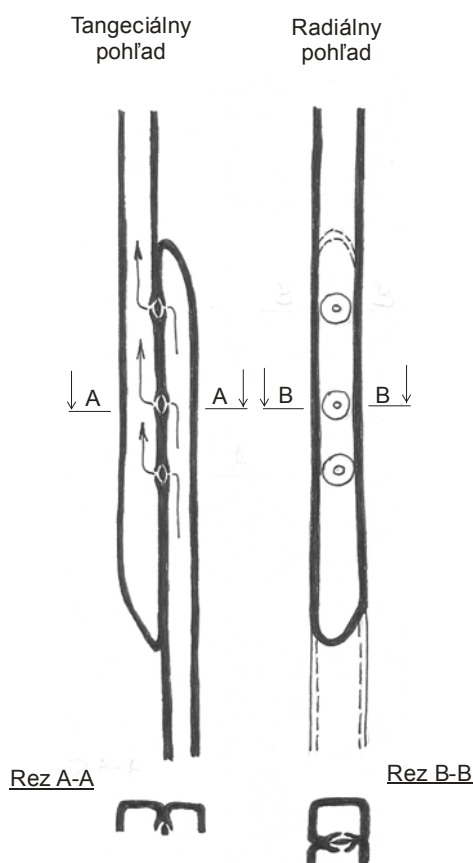
Obr. 3.1 Bunkové elementy ihličnatého dreva



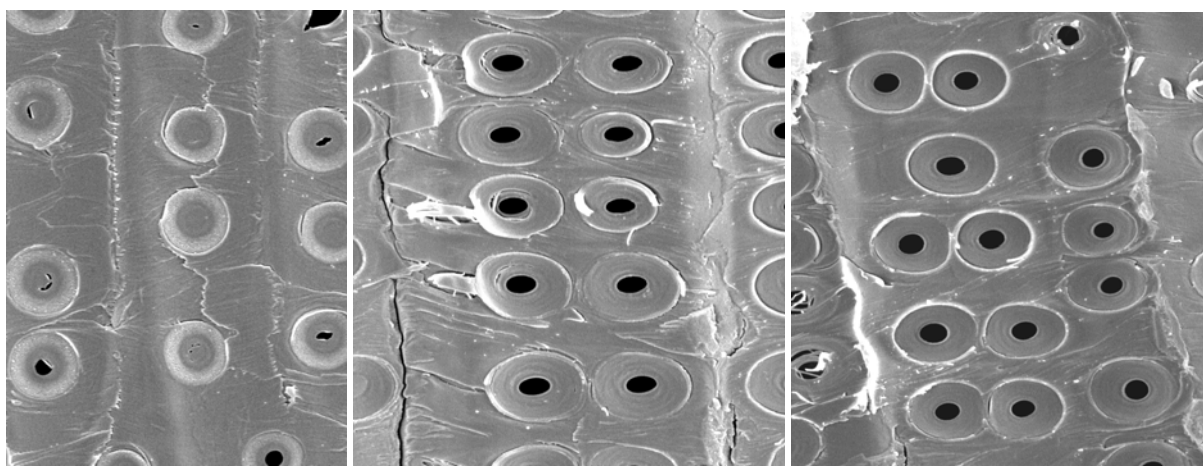
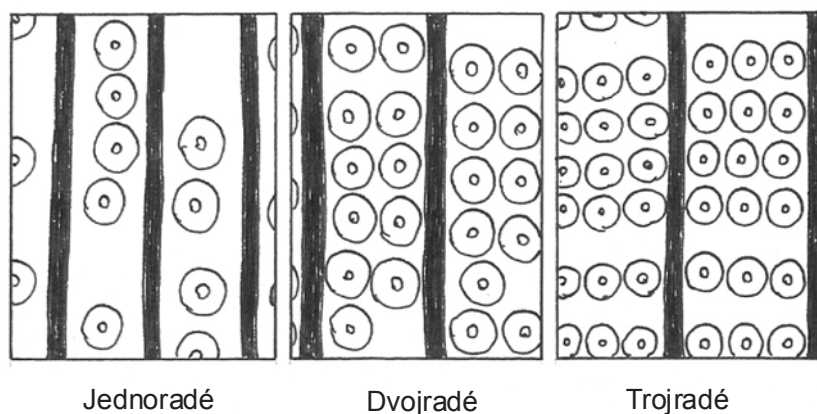
Obr. 3.2 Radiálne usporiadanie ciev v ročnom kruhu

Aj keď sú **cievice na oboch koncoch uzavreté** (jarné cievce sú tupé, letné sú ostrejšie ukončené) plnia v komplexe drevných pletív predovšetkým vodivú funkciu – **vedú vodu** s rozpustenými minerálnymi látkami **z koreňov do asimilačných orgánov** (axiálny smer). Na zabezpečenie tejto vodivej funkcie je na mnohých miestach bunková stena zoslabená, stenčená, čo vidno predovšetkým na radiálnych stenách. Tieto **stenčenininy** vzhľadom na ich kruhový tvar na radiálnej stene (Obr. 3.3) dostali pomenovanie „**dvojbodky**“. **Transpiračný prúd vody potom preteká z jednej cievce do druhej cievce (intertracheidálne) v tangenciálnom smere** cez tieto vodivé miesta. Dvojbodky sa na radiálnych stenách nachádzajú jednotlivo (*Picea*), vo dvojiciach (*Larix decidua*), alebo aj v trojiciach vedľa seba (*Sequoia*) (Obr. 3.4).

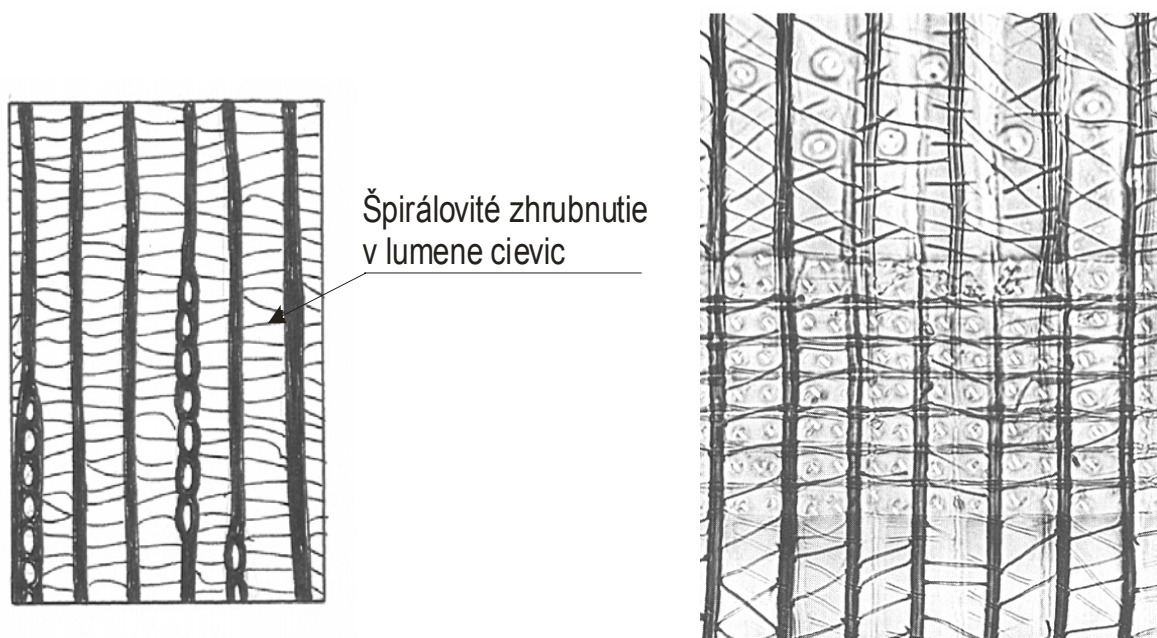
Cievce ako vodivé elementy majú relatívne hladký vnútorný povrch bunkových stien. Len u dvoch druhov (*Pseudotsuga menziesi*, *Taxus baccata*) sa objavujú v lúmene cievic špirálovité zhrubnutia, ktoré sú významným znakom pre ich mikroskopickú identifikáciu (Obr. 3.5).



Obr. 3.3 Pohyb pozdĺžneho transpiračného toku cez stenčenininy cievic



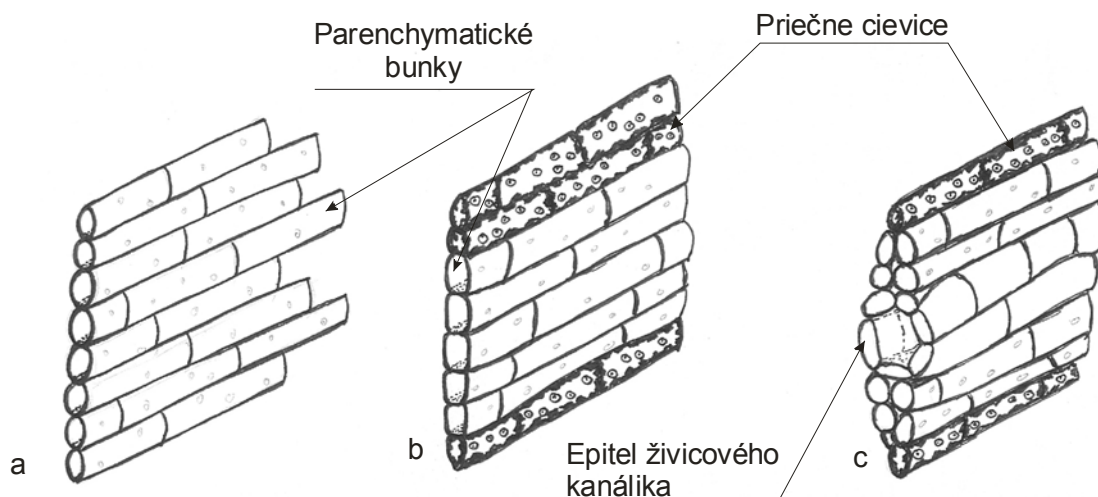
Obr. 3.4 Jedno-, dvoj- a trojradé usporiadanie stenčien na radiálnych stenách ciev ihličnatého dreva



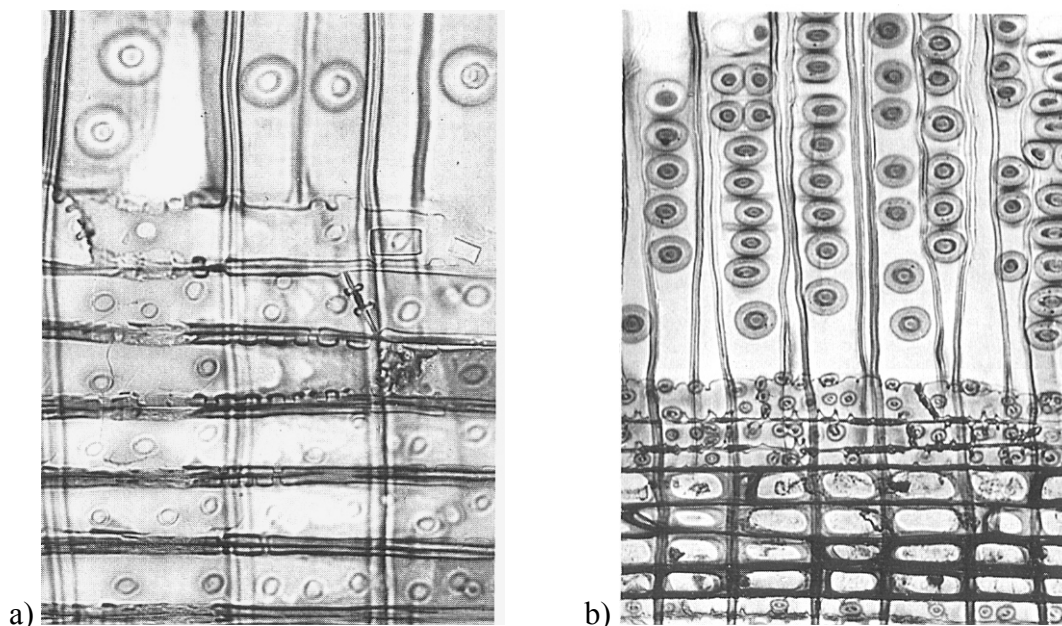
Obr. 3.5 Špirálovité zhrubnutie lúmenu ciev u *Taxus baccata* (Grosser 1977)

3.2 Parenchymatické bunky

Okolo 10 % objemu ihličnatého dreva zaberá parenchymatické pletivo, ktoré je sústredené predovšetkým do stržňových lúčov (radiálny parenchým). Parenchymatické bunky valčekovitého tvaru sú výrazne kratšie ako vlákňité (pozdĺžne) cievice (Obr. 3.6). Najväčší rozmer parenchymatických buniek, cca 100 μm , je orientovaný v radiálnom smere, priečny rozmer (axiálny resp. tangenciálny smer) parenchýmu je cca 15–20 μm . **Funkcia parenchymatických buniek, viesť produkty asimilácie v radiálnom smere z lyka a v tangenciálnom smere z lúča do susediacich pozdĺžnych pletív, je zabezpečená cez jednoduché stenčieniny (bodky).**



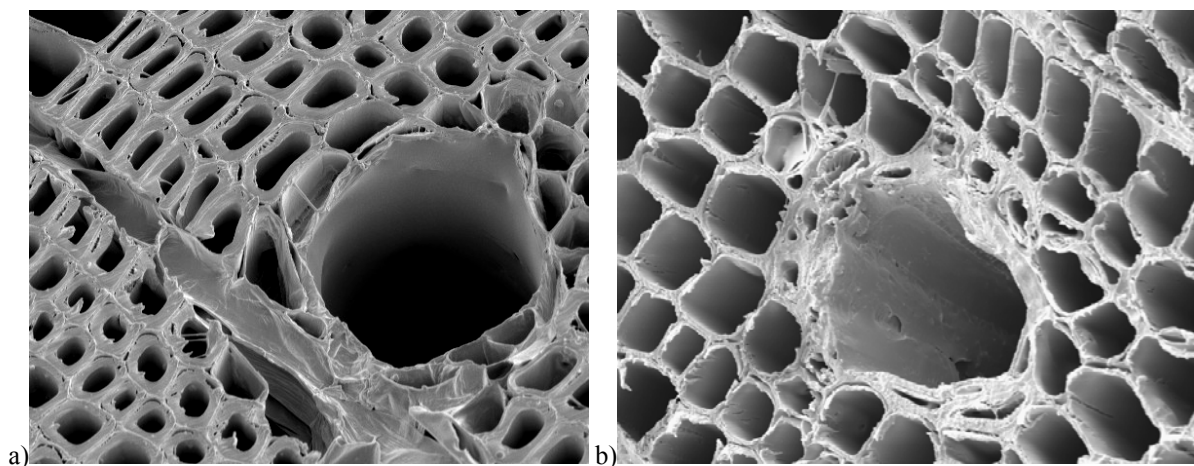
Obr. 3.6 Stržňové lúče: a) jednoradový homogénny lúč, b) jednoradový heterogénny lúč s priečnymi cievami, c) viaceradový heterogénny lúč s horizontálnym živcovým kanálikom.



Obr. 3.7 Homogénny (*Abies alba*) a heterogénny (*Pinus sylvestris*) stržňový lúč. Radiálne rezy. (Grosser 1977)

U niektorých druhov ihličnatého dreva sa nachádza aj malé množstvo parenchýmu uloženého v axiálnom smere (0–1 %). Tento parenchým plní len zásobnú funkciu v živom strome a vzhľadom na jeho množstvo a rozmery neovplyvňuje významnejšie ani vlastnosti dreva a nevyužívame jeho morfológiu ani pri identifikácii dreva. Rozmerovo sa podobá parenchýmu stržňových lúčov, ale je ešte kratší.

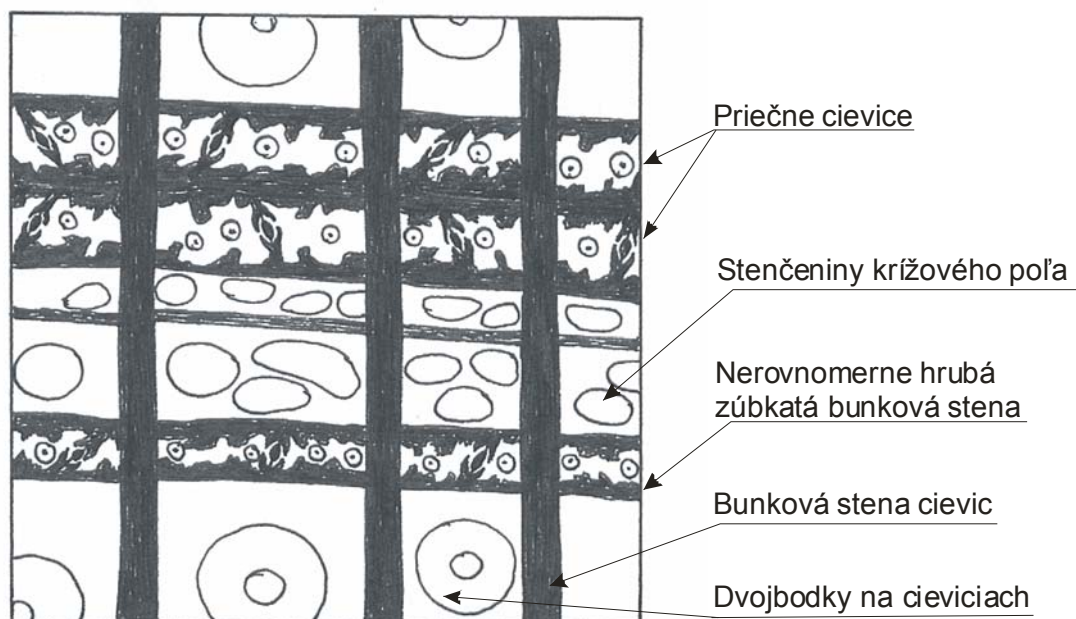
Podobne ako axiálny parenchým môžeme u niektorých druhov ihličnatého dreva pozorovať v rozvláknenom dreve aj **epitelové bunky živcových kanálikov**, ktoré zaradujeme do skupiny parenchymatického pletiva. Izodiametrické bunky (všetky tri rozmery sú približne rovnaké) sú tenkostenné (Obr. 3.8a), alebo hrubostenné (Obr. 3.8b). Živicový kanálik borovice (*Pinus sylvestris*) je tvorený tenkostennými epitelovými bunkami, živcový kanálik smreka a smrekovca (*Picea*, *Larix*) má hrubostenné epitelové bunky.



Obr. 3.8 Živicový pozdĺžny kanálik.

a) tenkostenné epitelové bunky - borovica; b) hrubostenné epitelové bunky – smrek

Stržňové lúče ihličnatého dreva sú súborom predovšetkým parenchymatických buniek (*Abies alba*). Väčšina lúčov býva v ihličnatom dreve zložená z jedného radu parenchymatických buniek vedľa seba. Takéto lúče nazývame homogénne jednoradové stržňové lúče (Obr. 3.6a). Počet parenchymatických buniek po výške lúča (axiálny smer v dreve) je veľmi premenlivý (od troch do niekoľko desiatok). Niektoré dreviny majú v stržňovom lúči živcové kanáliky, ktoré sú zložené ako už bolo uvedené z epitelových buniek (Obr. 3.6c). Takéto lúče sú viaceradové a heterogénne. Sú ihličnaté dreviny (*Pinus*), ktoré majú v heterogénnom **stržňovom lúči aj priečne cievice** (Obr. 3.6). Tieto cievice sa tvarovo podobajú parenchymatickým bunkám, len na ich povrchu pozorujeme stenčiny typu dvojbodiek, ktoré sú výrazne menšie ako intertracheidálne dvojbodky na axiálnych cieviaciach (Obr. 3.7). Priečne cievice môžu mať u niektorých druhov nerovnomerne hrubú (zúbkatú) stenu, čo môže byť identifikačný znak pre niektoré druhy ihličnatého dreva (Obr. 3.9).



Obr. 3.9 Radiálny rez heterogénnym stržňovým lúčom. Priečne cievice majú nerovnomerne hrubú, zúbkatú bunkovú stenu

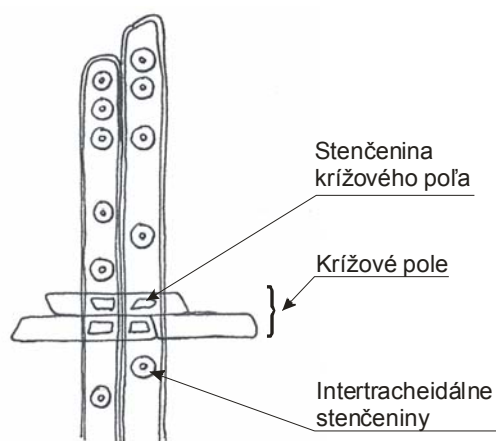
3.3 Krížové pole

Na miestach, kde sa stretávajú, **križujú, pozdĺžne pletivá (axiálne cievice) a priečne pletivá** (parenchým stržňového lúča), sa vytvárajú charakteristické stenčieniny na pozdĺžnych cieviciach (Obr. 3.10), ktoré sú typické pre tú ktorú ihličnatú drevinu. Stenčieniny krížového poľa (Obr. 3.11) pozorované na radiálnom reze rozdeľujeme na:

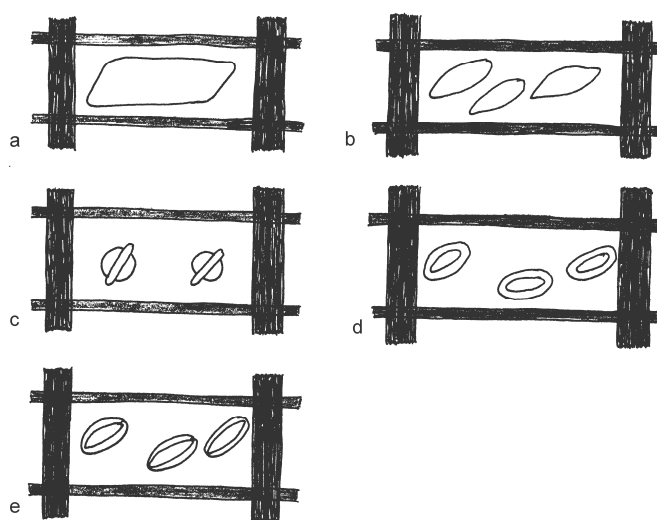
- oknové** (*Pinus sylvestris*)
- pinoidné** (*Pinus strobus*)
- piceoidné** (*Picea abies*, *Larix decidua*, *Pseudotsuga*, *menziesi*)
- taxodiodné** (*Abies alba*)
- cupresoidné** (*Juniperus*)

Krížové polia sú veľmi dobrým znakom na rozlíšenie dreva borovice od smreka a smrekovca. *Pinus sylvestris* má v krížovom poli jednu, max. dve veľké oknové stenčieniny (Obr. 3.11a). Iné druhy borovic majú niekoľko veľkých elipsovitých stenčienín (Obr. 3.1b). Na druhej strane *Picea abies* a *Larix decidua* majú piceoidné krížové pole tvorené niekoľkými malými stenčeninami (Obr. 3.11c). Rozlíšenie smreka od jedle (Obr. 3.12) na základe piceoidného a taxodiodného krížového poľa je dosť problematické. Ich stenčieniny krížového poľa sa tvarovo nelíšia tak výrazne ako napr. oknové a piceoidné. Tieto dreva však ľahko rozlíšime na základe prítomnosti živicových kanálikov.

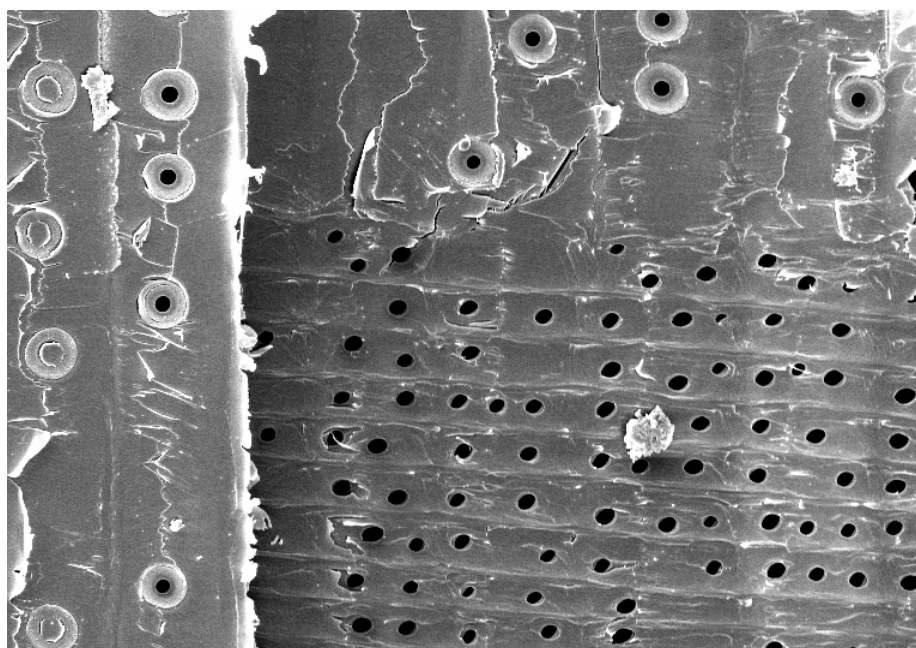
Hore uvedené znaky na jednotlivých pletivách ihličnatého dreva, ako aj ich rozmery, sú využívané okrem mikroskopickej identifikácie neznámych vzoriek dreva aj pri hodnotení fyziologických procesov a vlastností dreva (fyzikálne, mechanické a technologické vlastnosti). Napr. rozmery dvojbodiek, ich počet na bunkovej stene, resp. stavba a funkčnosť rozhodujú o kvantite transpiračného toku v rastúcom strome. Pri spracovaní ihličnatého dreva stenčieniny významne ovplyvňujú aj technologické procesy impregnácie a sušenia dreva.



Obr. 3.10 Krížové pole – miesto styku pozdĺžnych ciev so stržňovým lúčom



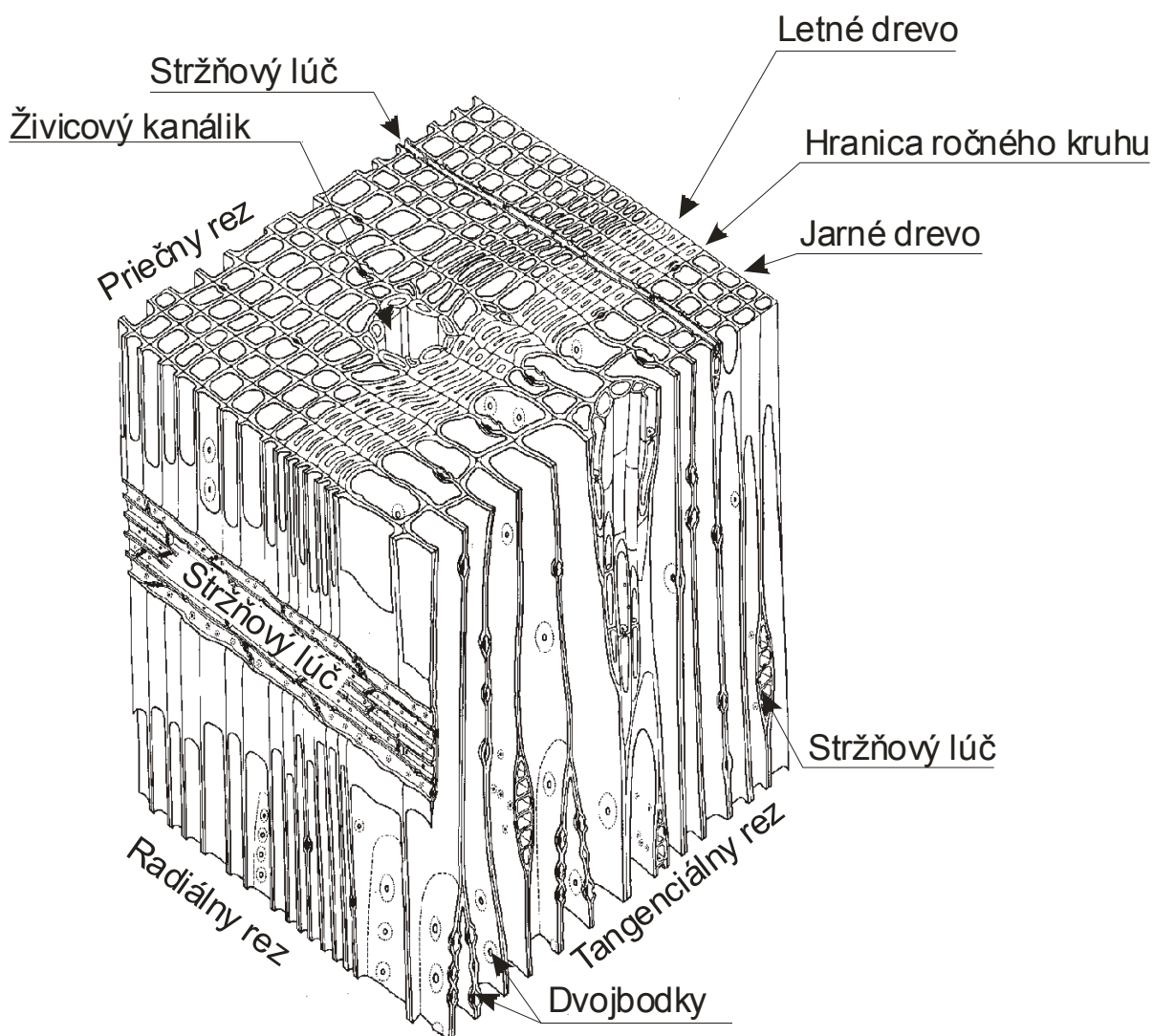
Obr. 3.11 Typy krížových polí u ihličnatého dreva.
 a) oknové, b) pinooidné, c) piceoidné, d) taxódioidné, e) cupresoidné



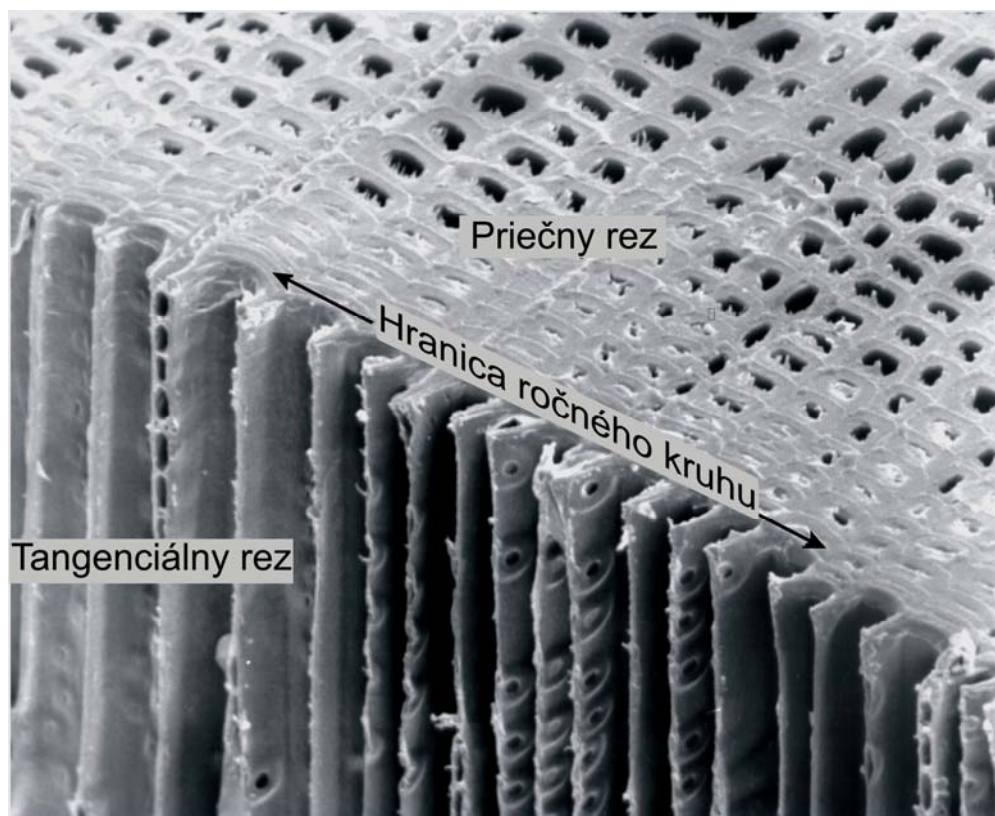
Obr. 3.12 Taxódioidné stenčeniny krížového poľa jedle

3.4 Rezy na ihličnatom dreve

Ako už bolo uvedené, štruktúra ihličnatého dreva je pravidelná, pretože je tvorená z podstatnej časti uniformnými, pozdĺžne usporiadanými cievicami. Približne 10 %-ný podiel parenchýmu usporiadaný predovšetkým do stržňových lúčov významnejšie nenaruša pozdĺžno-radiálnu štruktúru ihličnatého dreva (Obr. 3.13).



Obr. 3.13 Schematické priestorové usporiadanie pletív ihličnatého dreva



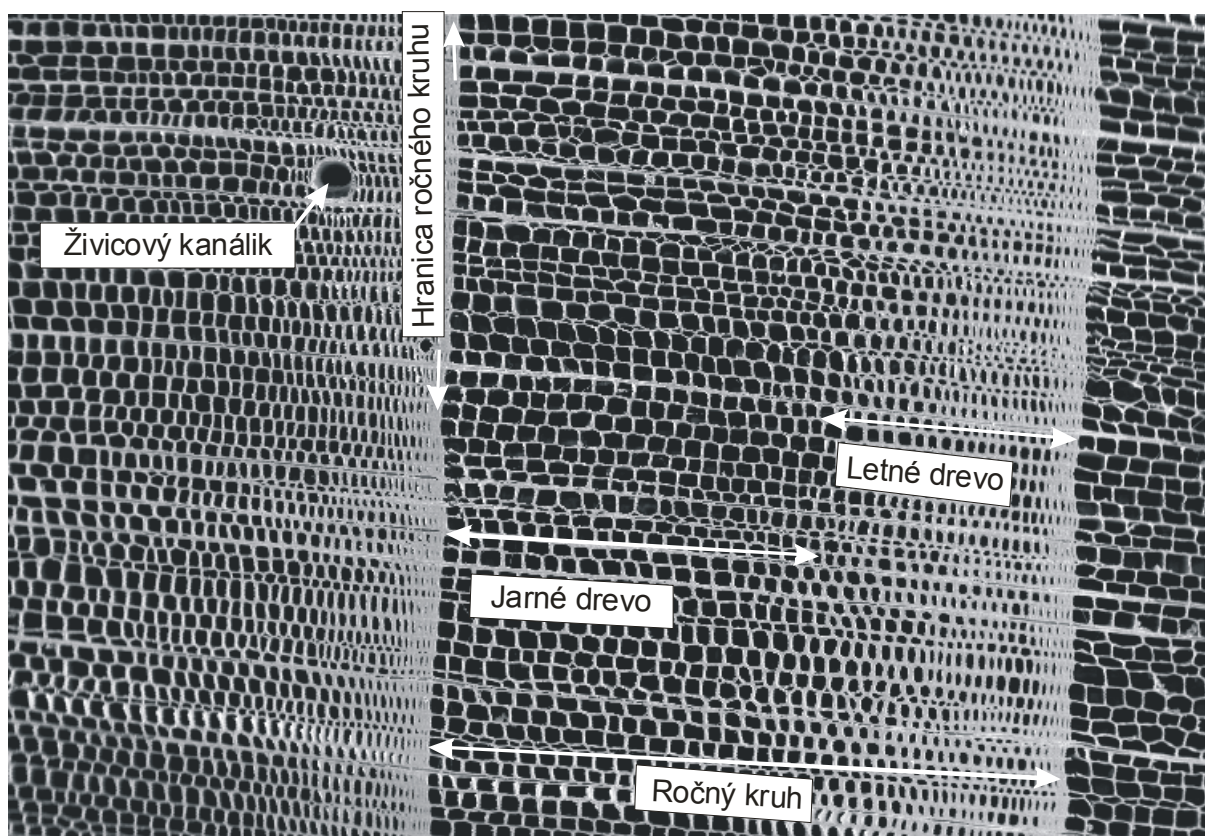
Obr. 3.14 Priečný a pozdĺžno-tangenciálny rez smrekovým drevom

3.4.1 Priečný rez

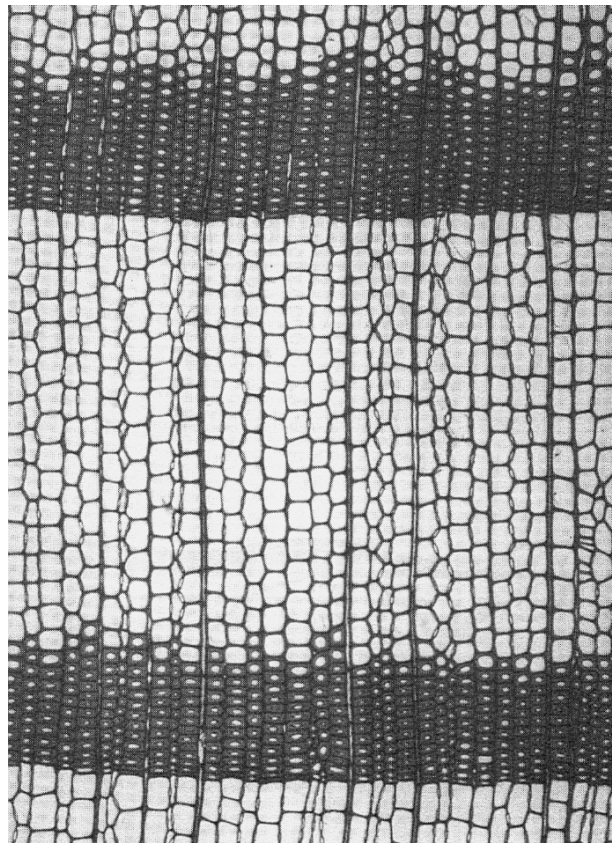
Pre priečný rez je typické radiálne usporiadanie priečne prerezaných cievic. Tangenciálna šírka cievic je konštantná, nezávisí na polohe v ročnom kruhu. Radiálna šírka cievic je najväčšia na začiatku ročného kruhu (jarné drevo) a postupne (*Picea*, Obr. 3.15), alebo skokovite (*Larix*, Obr. 3.16) sa znižuje smerom k hranici ročného kruhu. Na konci ročného kruhu (letné drevo) sú cievice najužšie. Podobne ako sa mení radiálna šírka tracheíd, mení sa aj hrúbka bunkovej steny od najtenších jarných po najhrubšie letné cievice (Obr. 3.16).

Pravidelná štruktúra štvor- až šesťhranných cievic je na niektorých miestach prerušená radiálnym pruhom súboru parenchymatických buniek vytvárajúcich stržňový lúč. Stržňové lúče v ihličnatom dreve sú jednoradové (*Abies alba*), u *Picea abies* sú okrem jednoradových lúčov aj viacradové, v strede ktorých je umiestnený živcový kanálik.

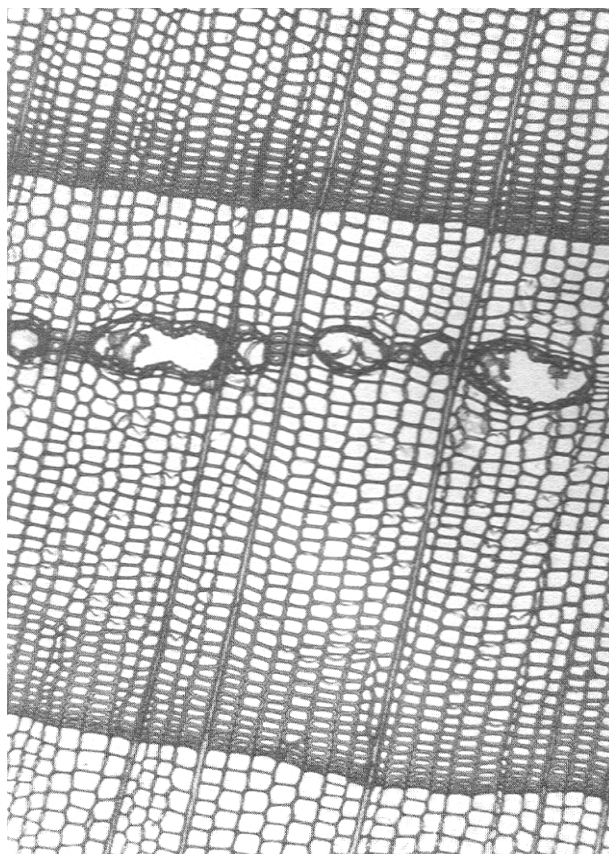
Priečne prerezaný axiálny živcový kanálik predstavuje najväčší útvar na priečnom reze (cca 100 μm). Je tvorený oválnymi tenkostennými (Obr. 3.8a, *Pinus*), alebo hrubostennými (Obr. 3.8b, *Picea*,) epitelovými bunkami, ktoré vystielajú jeho dutinu. Za normálnych podmienok diferencované ihličnaté drevo má pozdĺžne živcové kanáliky lokalizované v letnom dreve (Obr. 3.15). Výskyt živcových kanálikov v jarnom dreve je spojený so zhoršenými ekologickými podmienkami rastu stromu (vlahový deficit, imisné poškodenie asimilačných orgánov a pod.). Takéto kanáliky nazývame traumatické živcové kanáliky (Obr. 3.17).



Obr. 3.15 Pričný rez smrekovým drevom. Plynulý prechod z jarného do letného dreva



Obr. 3.16 Skokovitý prechod jarného do letného dreva (Larix)



Obr. 3.17 Priechny rez traumatickými živicovými kanálkami

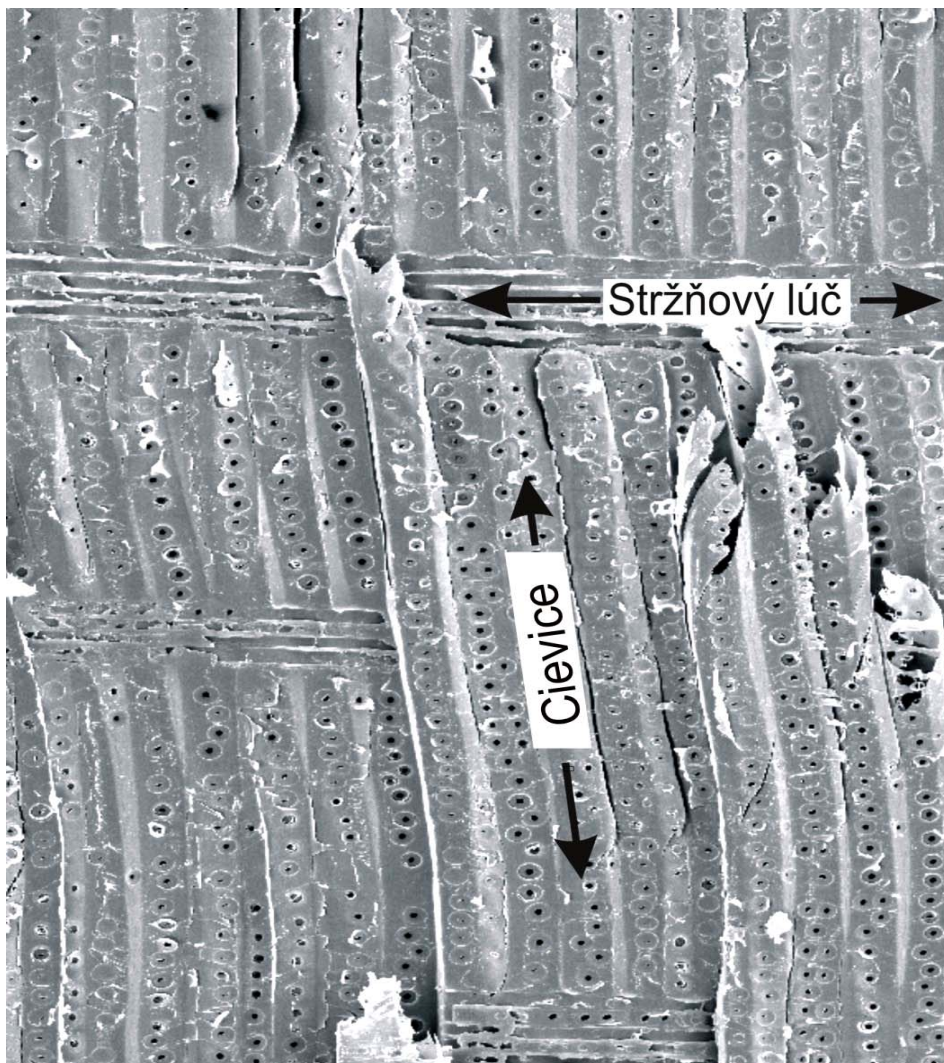
3.4.2 Radiálny rez

Pozdĺžne rezy poznáme podľa pozdĺžne rozrezaných cievic. Pozdĺžne rozrezaná cievica či už radiálnou, alebo tangenciálnou rovinou má približne rovnakú kresbu. Pri rozlišovaní pozdĺžnych rezov je najlepšie sa orientovať na stržňové lúče. Radiálny rez rozrezáva stržňový lúč po jeho dĺžke, tangenciálny rez reže stržňový lúč kolmo, vidíme ho v priereze.

Na radiálnom reze vidíme pozdĺžne prerezané široké jarné a užšie letné cievce. Hlavne na koncoch tracheíd je veľmi dobre viditeľné množstvo výrazných stenčení typu dvojbodiek, ktoré sú frekventovanejšie a väčšie na jarných cieviciach (Obr. 3.18). Prične cez cievce prebieha stržňový lúč, na ktorom sa dajú rozpoznať jednotlivé parenchymatické bunky. Na vrcholoch lúčov sa u niektorých drevín (*Pinus*) nachádzajú priečne cievce, u ktorých pri väčšom zväčšení môžeme pozorovať malé dvojbodky. Ojedinele môžeme v stržňovom lúči pozorovať aj epitelové bunky živicového kanálika.

V miestach, kde prechádza, križuje stržňový lúč pozdĺžne cievce, pozorujeme krížové pole oknového, pinoidného, piceoidného, cupresoidného a taxodoidného typu. U heterogénneho stržňového lúča s priečnymi cievicami na jeho okraji sa dajú pozorovať aj dvojbodky, ktoré sú ale podstatne menšie ako dvojbodky na pozdĺžnych cieviciach.

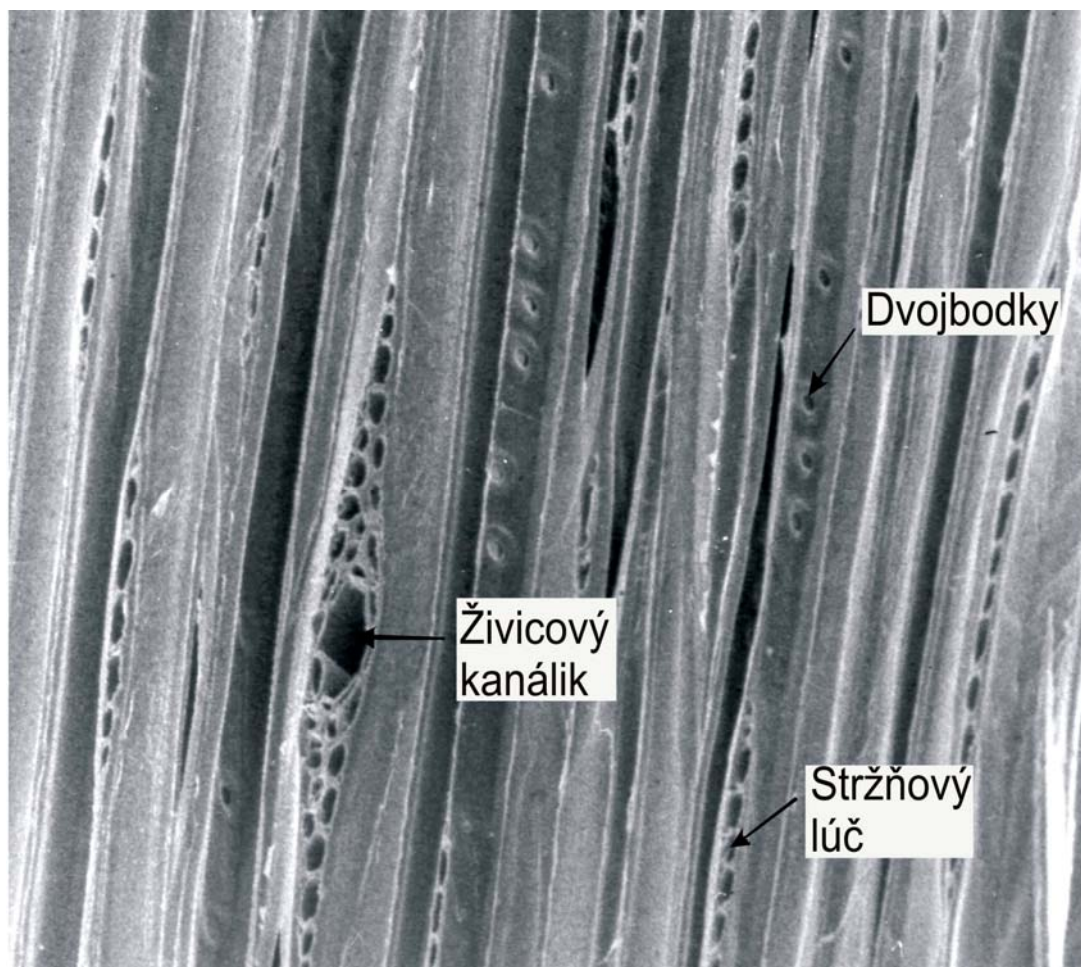
Na radiálnom reze *Taxus bacata* a *Pseudotsuga menziesi* pozorujeme v lumenoch tracheíd špirálovitú výstuž (Obr. 3.5).



Obr. 3.18 Radiálny rez smrekovým drevom

3.4.3 Tangenciálny rez

Znakom tangenciálneho rezu sú pozdĺžne prerezané cievce a priečne prerezaný stržňový lúč (Obr. 3.19). Úzke, resp. široké pruhy pozdĺžne rozrezaných cievic (závisí od toho, či vedieme rez cez letné, alebo jaré drevo) sú zväčša hladké, len ojedinele sa na ich plochách vyskytujú menšie dvojbodky. Na stržňových lúčoch môžeme spočítať počet radov (jednoradové, trojradové) a počet vrstiev parenchymatických buniek na výšku. Vo viacradových stržňových lúčoch býva dobre rozpoznateľný horizontálny živicový kanálik. Na vrcholoch lúčov sa niekedy dajú obtiažne rozpoznať priečne cievce. Ojedinele môžeme na tangenciálnom reze pozorovať aj pozdĺžne pruhy drevného parenchýmu zloženého z krátkych parenchymatických buniek niekedy obsahujúcich jadrové látky. U *Taxus bacata* a *Pseudotsuga menziesi* pozorujeme aj na tangenciálnom reze v lúmenoch pozdĺžnych cievic špirálovité zhrubnutia bunkovej steny.



Obr. 3.19 Tangenciálny rez smrekovým drevom

4 MIKROSKOPICKÁ ŠTRUKTÚRA LISTNATÉHO DREVA

Drevo listnatých drevín sa významne líši od dreva ihličnatých drevín. Kým ihličnaté drevo je zložené z prevažnej časti z vláknitých pletív – cievic (viac ako 90 %) a len niekoľko percent tvoria parenchymatické bunky, listnaté drevo je zložené z viacerých typov pletív s podstatne viac špecializovanou fyziologickou funkciou. Každá základná životná funkcia listnatého stromu je zabezpečená v dreve úzko špecializovanými pletivami – bunkami (Tabuľka 4.1).

Tabuľka 4.1 Typy pletív v ihličnatom a listnatom dreve a ich funkcie

Funkcia pletív	Ihličnaté drevo	Listnaté drevo
Vodivá	Cievce (jarné)	Cievy Cievce
Mechanická	Cievce (letné)	Libriformné vlákna Cievce
Zásobná	Parenchymatické bunky	Parenchymatické bunky

Vodivá funkcia v listnatom dreve je zabezpečovaná predovšetkým cievmi, ktoré sú svojim tvarom (veľký priemer) dobre prispôsobené na **axiálne vedenie vody** s rozpustenými minerálnymi látkami v kmeni stromu (transpiračný tok). Niektoré listnaté dreviny majú v štruktúre dreva navyše aj **cievce**, ktoré **podporujú transpiračný tok** v kmeni.

Mechanická funkcia dreva je zabezpečovaná mechanickými pletivami – **libriformnými vláknami**, ktoré majú relatívne hrubé bunkové steny, malý priemer lúmenu a sú najdlhšími pletivami v listnatom dreve. Cievce (vláknité) sú u niektorých listnatých drevín prechodným typom mechanických vlákien na libriformné vlákna.

Parenchymatické bunky plnia podobne ako v ihličnatom dreve hlavne **zásobnú funkciu**. Ich zastúpenie v listnatom dreve je však podstatne väčšie ako v ihličnatom dreve (Tabuľka 4.2). Toto zvýšenie podielu je spôsobené vyšším podielom drevného parenchýmu v listnatom dreve. Okrem zásobnej funkcie plní **parenchým stržňových lúčov aj funkciu vodivú**. Vede asimilačný prúd v radiálnom smere.

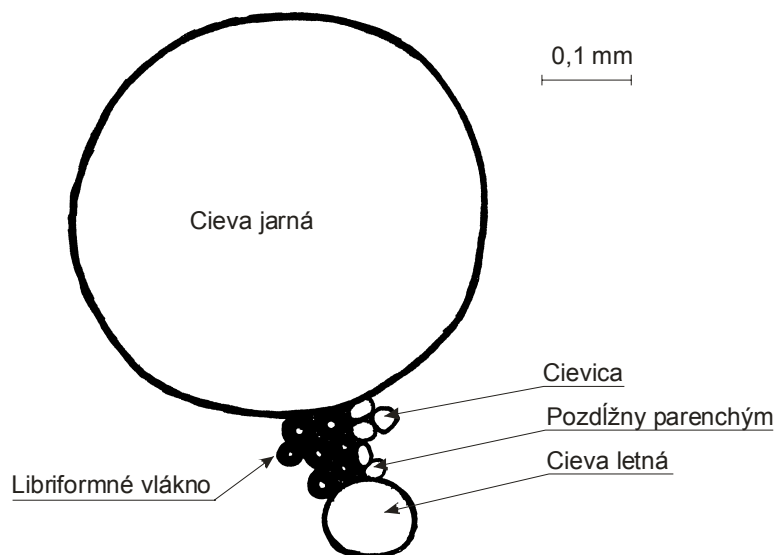
Tabuľka 4.2 Percentuálne zastúpenie jednotlivých bunkových elementov v listnatom dreve (Balabán 1955)

Drevina	Cievy	Vlákná*	Stržňové lúče	Drevný parenchým
<i>Acer pseudoplatanus</i>	6,9	75,9	17,2	stopy
<i>Alnus glutinosa</i>	29	58	12	stopy
<i>Betula verrucosa</i>	24,7	64,8	8,5	2,0
<i>Carpinus betulus</i>	10	66	22	2
<i>Fagus sylvatica</i>	31	37,4	27	4,6
<i>Populus tremula</i>	26,4	60,9	12,7	–
<i>Quercus robur</i> (úzke ročné kruhy)	39,5	44,3	16,2	–
<i>Quercus robur</i> (široké roč. kruhy)	7,7	58,1	29,3	4,9
<i>Salix alba</i>	52	31	17	stopy
<i>Tilia cordata</i>	17	72	9	2

* libriformné vlákna + cievce

Jednotlivé pletivá listnatého dreva sa výrazne líšia tvarom. Kým **jarné cievy** u kruhovito-pórovitého dreva dosahujú priemer až **niekoľko desiatín milimetra**, **libriformné vlákna**, **cievica** a **parenchým** majú priemer len **niekoľko desiatok mikrometrov** (Obr. 4.1). Podobne výrazné rozdiely v tvare pozorujeme aj u pozdĺžnych rozmerov buniek listnatého dreva (Obr. 4.2).

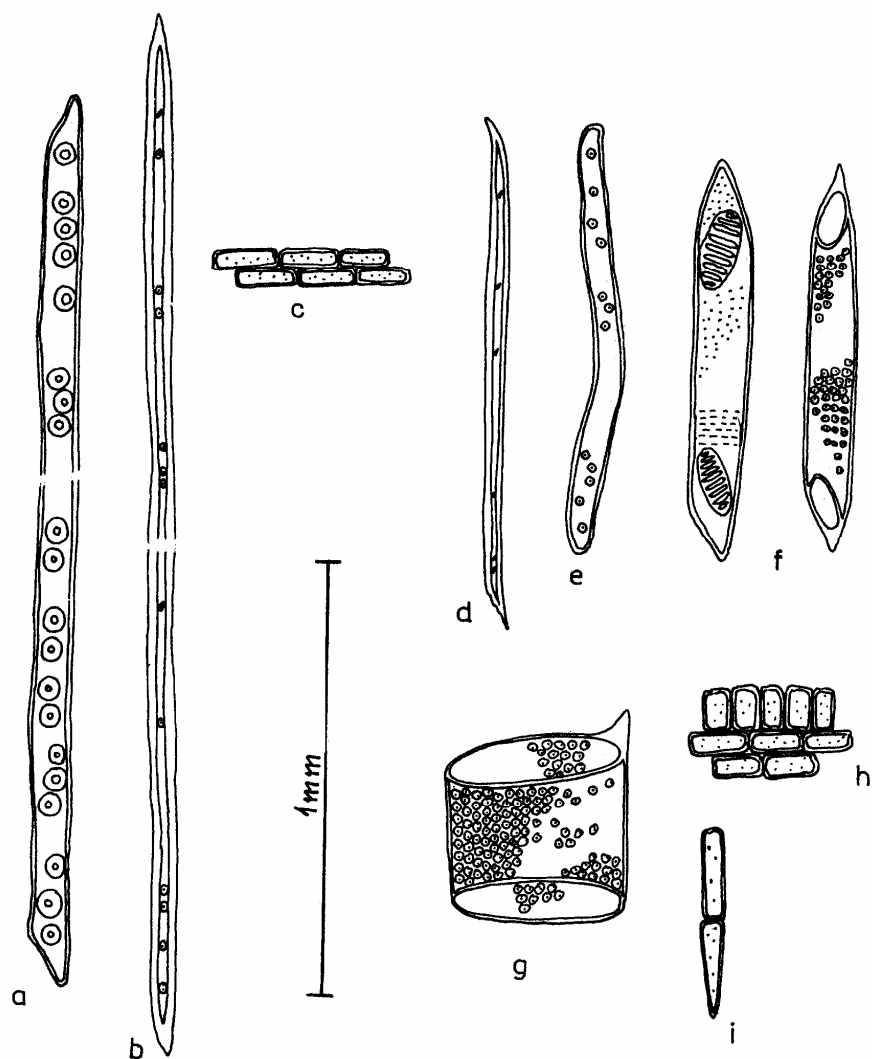
Zastúpenie jednotlivých typov pletív v listnatom dreve je veľmi premenlivé. Záleží predovšetkým na druhu dreviny, polohe v kmeni, rastových podmienkach daného stromu a pod. Tabuľka 4.2 udáva zastúpenie jednotlivých typov buniek listnatého dreva.



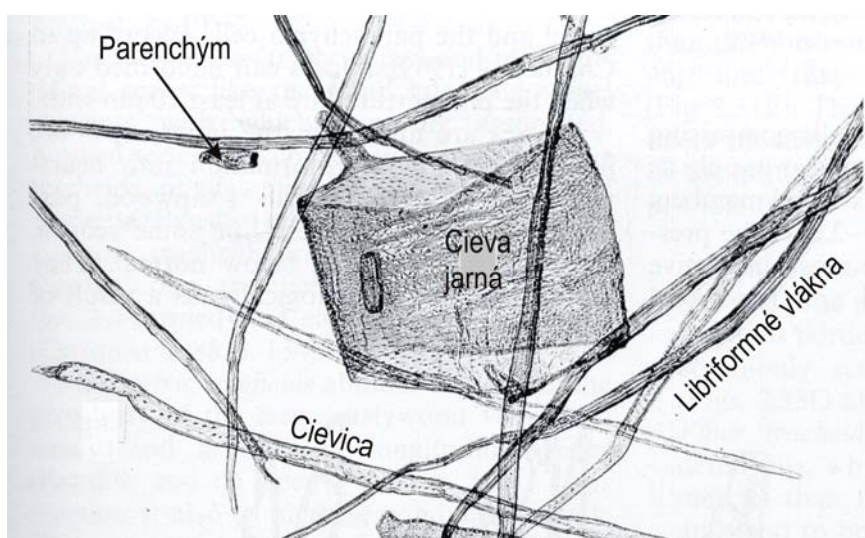
Obr. 4.1 Priečne relatívne rozmery bunkových elementov listnatého dreva

4.1 Cievy

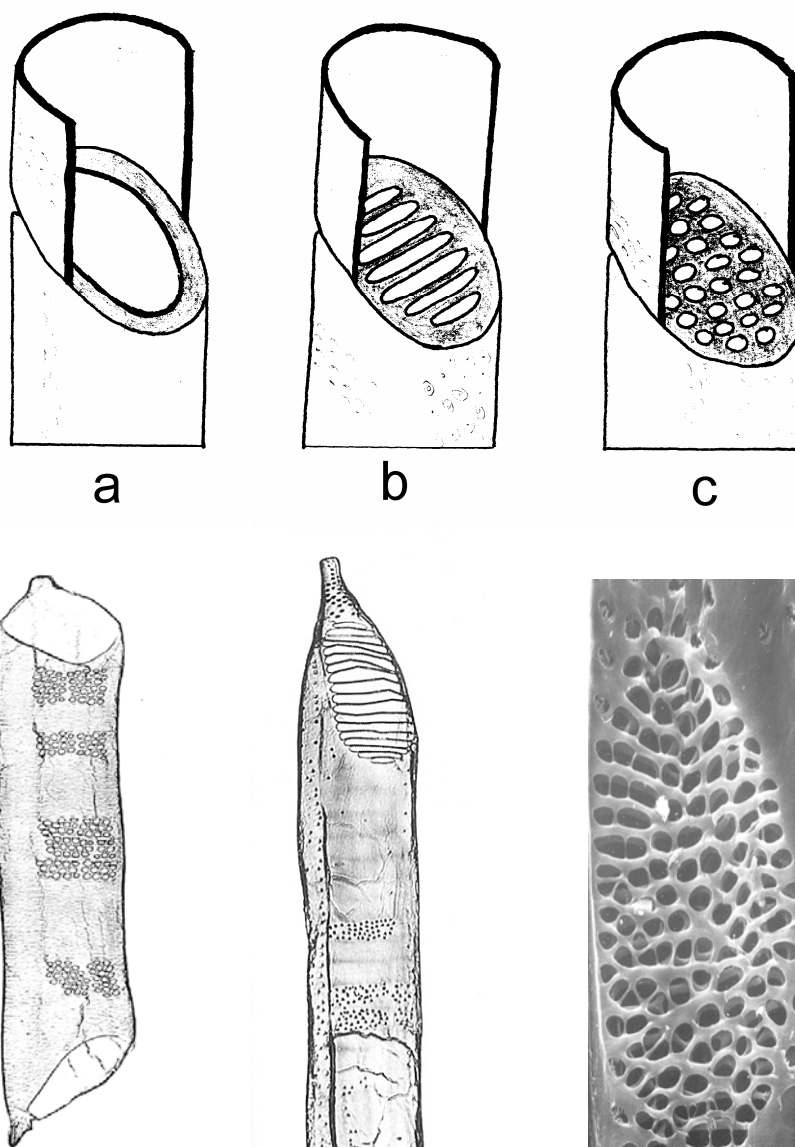
Základným anatomickým rozdielom medzi ihličnatým a listnatým drevom je, že listnaté drevo obsahuje špeciálne, **pozdĺžne vedené vodivé pletivá nazývané cievy** (trachee). Cievne bunky majú omnoho väčší priemer než ostatné pozdĺžne bunkové elementy listnatého dreva (Tabuľka 4.3). Obr. 4.1 zobrazuje priečny tvar a pomerné rozmery cievnych elementov v porovnaní s ďalšími bunkovými elementmi. Na druhej strane cievne elementy majú kratší pozdĺžny rozmer než vláknité bunky (Obr. 4.3). Cievne elementy (články) sú pospájané v pozdĺžnom smere do cievnej siete, ktorou prúdi transpiračný tok vody z koreňov stromu do koruny. Aby mohla voda tiecť v pozdĺžnom smere cievami, sú ich koncové steny, resp. membrány veľkých stenčien rozpustené (perforované) v procese diferenciácie buniek, čím sa vytvorí tzv. **perforácia**. Pri úplnom rozpustení koncových stien ciev hovoríme o **jednoduchej, alebo úplnej perforácii** (Obr. 4.4a), ktorá je typická pre cievy väčšiny našich drevín (*Quercus*, *Fagus*, *Acer*, *Populus*). Na cievach iných drevín (*Betula*, *Alnus*, u *Fagus* len niektoré letné cievy) sú koncové steny rozpustené do niekoľkých úzkych štrbinovitých otvorov, čo nazývame **rebríčkovitá, alebo schodovitá perforácia** (Obr. 4.4b). U mnohých tropických drevín a u niektorých letných ciev buka, sa stretávame so sieťovitou perforáciou (Obr. 4.4c). Typ perforácie na cievach je dôležitým diagnostickým znakom pri identifikácii vzoriek neznámeho dreva.



Obr. 4.2 Relatívny pomer v rozmeroch bunkových elementov ihličnatého a listnatého dreva. Ihličnaté drevo: a) cievia jarná, b) cievia letná, c) parenchým stržňového lúča. Listnaté drevo: d) libriformné vlákno, e) cievia, f) cieva (letná), g) cieva jarná, h) parenchým stržňového lúča, i) pozdĺžny parenchým.

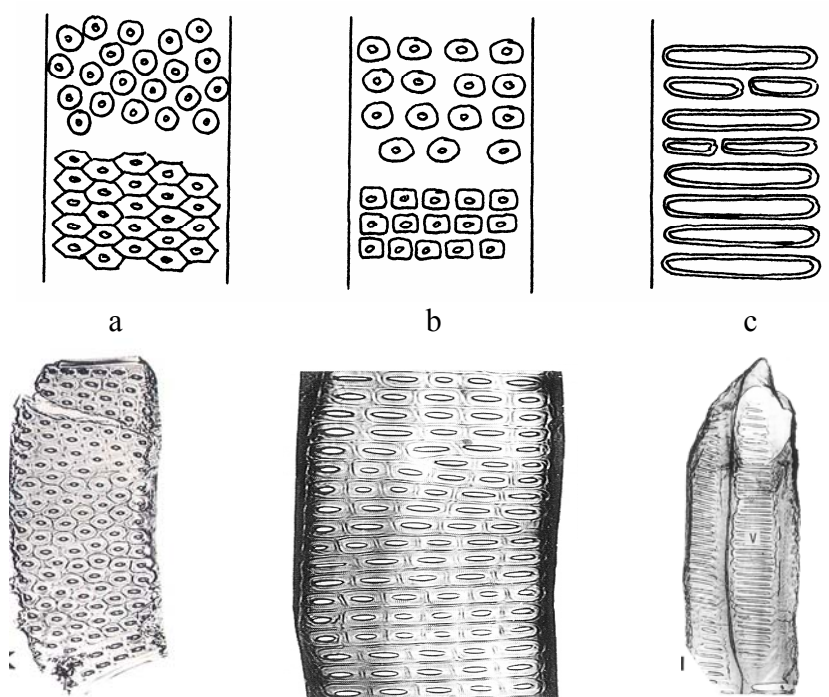


Obr. 4.3 Rozvláknené dubové drevo.



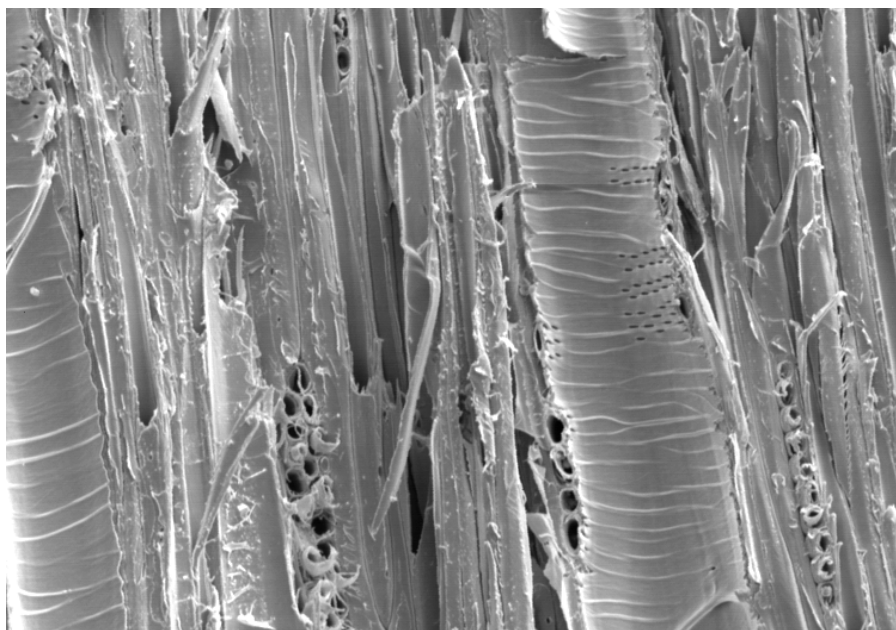
Obr. 4.4 Cievne články s koncovými perforáciami a) úplná perforácia, b) rebríčková perforácia, c) sieťovitá perforácia (Ilvessalo-Pfäffli 1995)

Steny ciev sú výrazne posiate stenčeninami typu dvojbodiek, ktoré zabezpečujú priečne vodivé prepojenie, bočný kontakt, hlavne medzi susednými cievami. Tieto dvojbodky môžu mať rôznu veľkosť, charakteristický tvar (kruhovú, oválnu, hranatú a pod.) a charakteristické usporiadanie, typické pre tú ktorú drevinu. **Diagonálne, radové a rebríčkovité usporiadanie stenčenin** je zobrazené na obr. 4.5.



Obr. 4.5 Usporiadanie stenčení na povrchu bunkových stien cievnych článkov;
a) diagonálne, b) radové, c) rebříčkové usporiadanie (Ilvessalo-Pfäffli 1995)

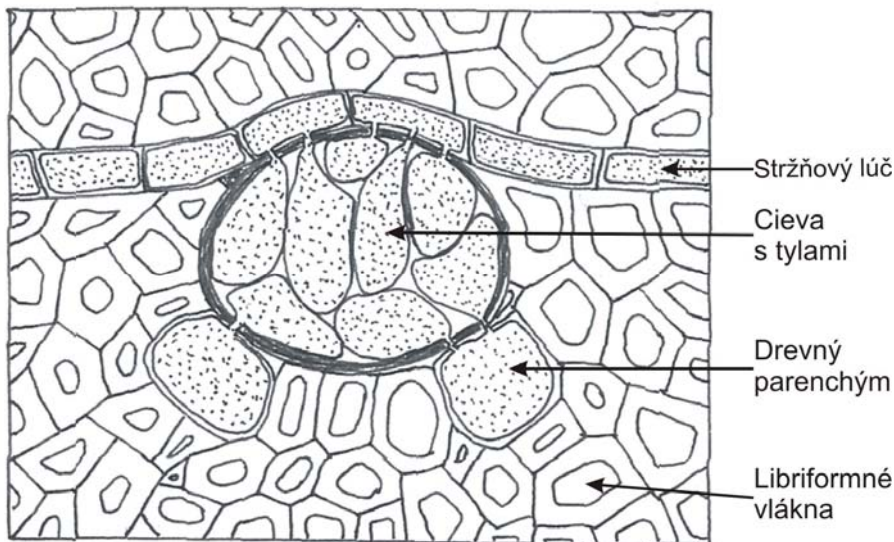
Na cievach zo strany lumenu môžeme u niektorých drevín, podobne ako na tracheidách ihličnatého dreva, pozorovať **špirálovité zhrubnutie** (výstuž). Takýto znak je typický napr. pre cievy lípy (*Tilia*) a javora (*Acer*, obr. 4.6).



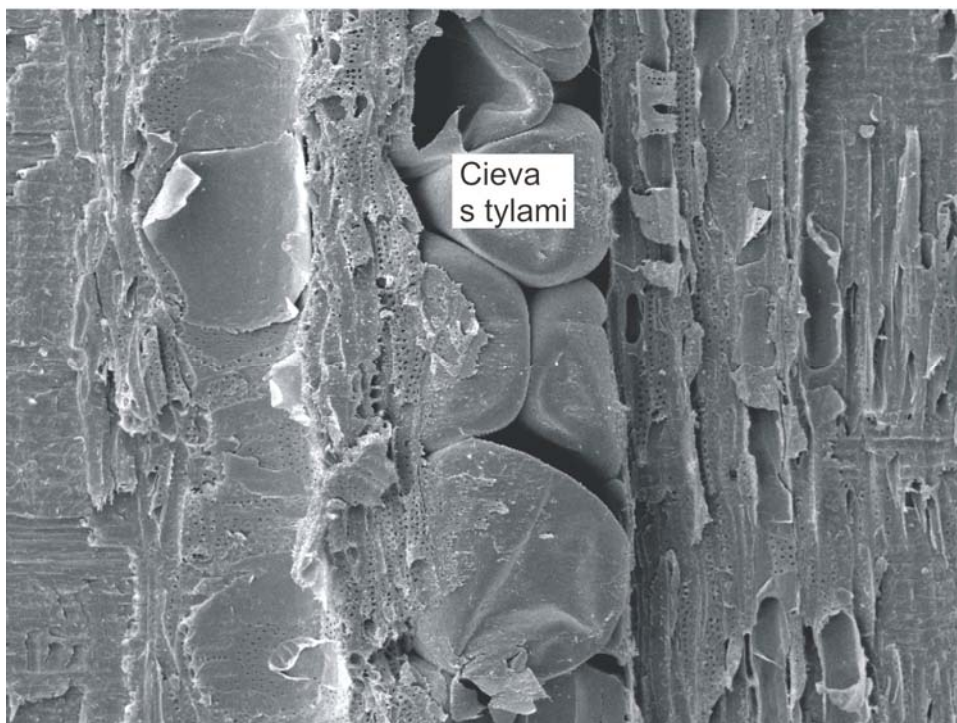
Obr. 4.6 Tangenciálna štiepna plocha drevom javora. Cievy majú špirálovitú výstuž

V určitom štádiu rastu (veku) sú cievy niektorých druhov drevín vyradované z vodivej funkcie tým, že zo susedných živých parenchymatických buniek prerastú do lúmenov ciev a vytvoria tzv. **tyly**. Takýto proces prebieha pri tvorbe jadrového dreva (Obr. 4.7). Inou príčinou tvorby tyl môže byť poranenie, kedy sa tyly začínajú vytvárať od miest poranenia za

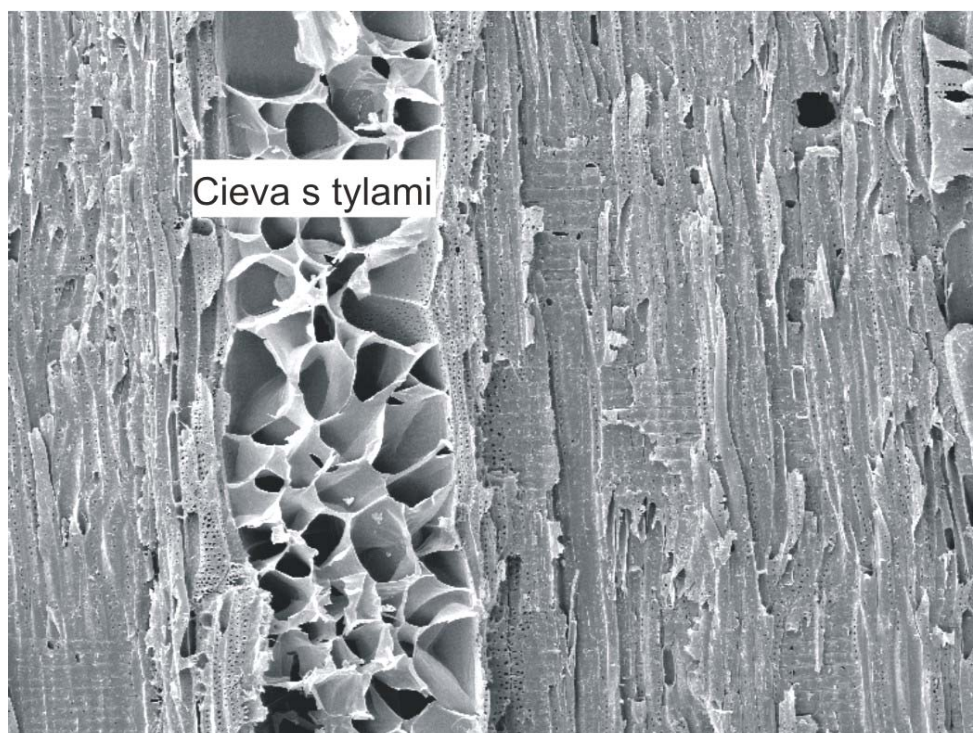
účelom zábrany unikania vody zo živého organizmu, resp. vytváraníu bariéry prenikajúcim hýfam drevokazných húb (nepravé jadro, zaparenie dreva a pod.). Niektoré dreva tvoria **tyly tenkostenné**, iné **hrubostenné**. Jedna tyla môže vyplňať celý prierez cievy (Obr. 4.8), alebo prierez cievy môže byť vyplnený niekoľkými malými tylami (Obr. 4.9). V tylách sa môžu usadzovať aj jadrové látky.



Obr. 4.7 Tyly prerastajúce zo živého parenchýmu stržňového lúča a drevného parenchýmu do lúmenu cievy



Obr. 4.8 Jarná cieva duba vyplnená veľkými tenkostennými tylami



Obr. 4.9 Jarná cieva vyplnená tylami (radiálny rez)

Tabuľka 4.3 Rozmery bunkových elementov listnatého dreva (Balabán 1955)

Drevina	Priemer ciev [μm]	Rozmery vlákna		
		Dĺžka [mm]	Šírka [μm]	Hrúbka steny [μm]
<i>Acer pseudoplatanus</i>	30–110	0,7–1,1	10–20	2
<i>Alnus glutinosa</i>	50–65	1,2	28	2
<i>Betula verrucosa</i>	30–130	1,3	25	2,5
<i>Carpinus betulus</i>	16–80	1,2	21	5
<i>Fagus sylvatica</i>	30–100	1,2	21	4
<i>Populus tremula</i>	30–150	0,9	19	2
<i>Quercus robur</i>	100–400 JD	1,1	23	4
<i>Salix alba</i>	20–120	1,1	22	2
<i>Tilia cordata</i>	30–80	0,9	18	2

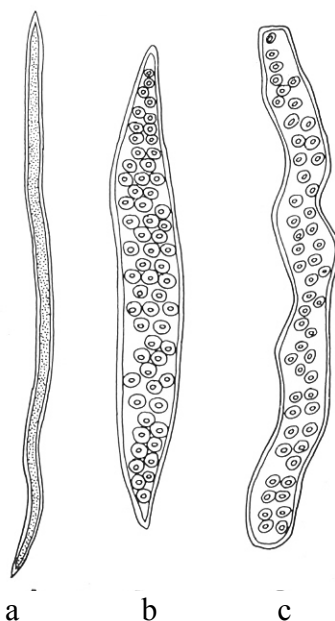
Cievy okrem toho, že výrazne ovplyvňujú textúru listnatého dreva majú vplyv aj na ďalšie fyzikálne, mechanické, technologické a úžitkové vlastnosti dreva. Cievy, ako typické vodivé bunkové elementy zabezpečujúce transpiračný pohyb vody v dreve, ovplyvňujú technologické procesy impregnácie. Čím je cieva v dreve viac (veľká cieva pórovitosť dreva), čím majú väčší priemer, tým je drevo lepšie impregnovateľné, má lepšiu priepustnosť. Úlohu tu však zohráva aj typ perforácie a prípadné zatylovanie ciev (jadrové – beľové drevo, nepravé jadro a zaparenie bukového dreva – chyba a pod.). Na druhej strane drevo s veľkými cievami, ktoré nie sú zatylované, má veľkú priepustnosť a preto nie je vhodné na výrobu sudov na uskladňovanie koňakov a vína (beľové drevo z duba letného, jadrové drevo z duba červeného).

4.2 Cieiovité a vazicentrické cievice

U niektorých druhov listnatého dreva môžeme v jeho štruktúre pozorovať aj prechodné typy vodivých bunkových elementov. Cieiovité a vazicentrické cievice (tracheidy) zväčša **v kontakte s cievmi podporujú transpiračný tok** drevom (Obr. 4.10). Sú to pomerne krátke tenkostenné trubkovité bunky, podobne ako cievice ihličnatého dreva na oboch koncoch uzavreté, neperforované. Ich steny sú husto pokryté s malými stenčeninami. Tieto pletivá sa nachádzajú len v dreve niektorých listnatých drevín (*Quercus*, *Fraxinus* a pod.). Vzhľadom na nie veľké zastúpenie v dreve im neprípisujeme významný vplyv na vlastnosti a použitie dreva.

Cieiovité tracheidy tvoria často zhluky s letnými cievmi. U niektorých druhov dreva sú uložené na konci ročného prírastku a ich funkcia je podpora transpiračného prúdu na okraji sa nachádzajúcich vodivých pletív.

Vazicentrické tracheidy sa hodne vyskytujú v okolí veľkých jarných ciev. Aj keď netvoria súvislý pozdĺžny vodivý systém, ich funkcia je podporovať transpiračný tok (Obr. 4.10c).



Obr. 4.10 Cieiovité (a, b) a vazicentrické (c) cievice (Ilvessalo-Pfäffli 1995)

4.3 Vlákna

Termín vlákna, alebo drevné vlákna je často používaný pre drevné pletivá ktoré tvoria podstatnú časť (30–75 %) objemu listnatého dreva, majú výrazne vláknitý charakter (pozdĺžny rozmer je výrazne väčší ako priečne rozmery) a majú relatívne hrubé bunkové steny. Ich primárnou funkciou je zabezpečovať mechanickú oporu, pevnosť dreva, stromu. Pri zjednodušenom pohľade ich môžeme prirovnávať k pozdĺžnym cievciam ihličnatého dreva, ale pri exaktnejšom hodnotení týchto pletív nájdeme medzi nimi významné rozdiely.

Základným typom vláknitých buniek je libriformné vlákno, ktoré je typickým mechanickým pletivom listnatého dreva (Obr. 4.11b). Druhým vláknitým pletivom, ktoré zaradujeme k drevným vláknám je vláknitá cievice (Obr. 4.11a). Rozdiel medzi týmito typmi vlákien je malý, ťažko rozlíšiteľný (relatívne väčší počet stenčení na bunkovej stene vláknitej cievice).

Morfológia libriformných vlákien je pomerne jednoduchá, uniformná. Štíhle, vretenovité vláknité bunky sú ostro zahrotené, v mnohých prípadoch so zúbkovanými, ojedinele vidlicovitými koncami. Na hrubých bunkových stenách sú len ojedinele pozorované nevýrazné štrbinové stenčieniny.

Vláknité cievce sú kratšie a majú tenšiu stenu ako libriformné vlákna. Ukončenie je obojstranne zaoblené a na povrchu bunkovej steny sa nachádza viac stenčienín typu dvojbodky, čo sa považuje za hlavný znak rozlíšenia týchto dvoch typov vlákien. Niektoré drevá majú vo svojej štruktúre len jeden typ vlákna, u iných druhov sa môžu vyskytovať aj oba typy vlákien.

Vlákná môžu vykazovať aj určitú variabilitu. Môžu mať špirálovite zhrubnuté steny. U niektorých druhov môžu byť priečne delené. Takéto vlákna zostávajú pomerne dlho živé a nahrádzajú funkciu zásobných buniek.



Obr. 4.11 Drevné vlákna listnatých drevín, a) vláknitá cievica, b) libriformné vlákno

Dĺžka drevných vlákien listnatých drevín sa výrazne líši od dĺžky vlákien ihličnatého dreva. Kým **v ihličnatom dreve sa dĺžky cievic pohybujú priemerne okolo 3–3,5 mm**, drevné vlákna **listnatého dreva sú v priemere len 1–1,5 mm** dlhé (Tabuľka 4.3). Z týchto rozmerov napr. vyplýva, že vláknina vyrobená z listnatého dreva v celulózkach je približne trikrát kratšia ako vláknina získaná z ihličnatého dreva.

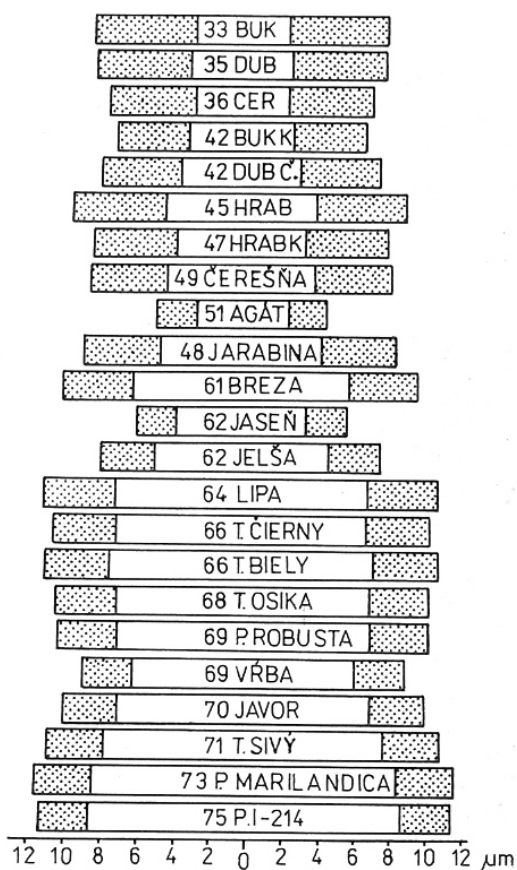
Rozmery vláknitých buniek sa menej menia v závislosti na polohe v ročnom kruhu, ako je to u ihličnatého dreva. Vlákna na začiatku aj na konci ročného prírastku majú prakticky tie isté priečne rozmery. Pozdĺžne rozmery sú v jarnom dreve cca o 10–15 % kratšie ako v letnom dreve. Pri priemernej dĺžke vlákien listnatého dreva cca 1 mm je rozdiel v dĺžke vlákien jarného a letného dreva v absolútnom vyjadrení prakticky zanedbateľný.

Na druhej strane sa rozmery drevných vlákien menia v závislosti na polohe v kmeni. Platí zásada, že **čím je drevné vlákno bližšie k asimilačným orgánom, tým je kratšie**. Táto zásada platí po priereze kmeňa ako aj po výške kmeňa, resp. dĺžke konárov. Napr. u buka (*Fagus sylvatica*) boli na prízemku namerané dĺžky drevných vlákien cca 1,2 mm v stredovej časti, kým na obvode kmeňa bola priemerná dĺžka vlákien cca 1,5 mm. V podkorunovej časti kmeňa klesla priemerná dĺžka vlákien na 1,05 mm a v tenkých konároch už len na 0,94 mm.

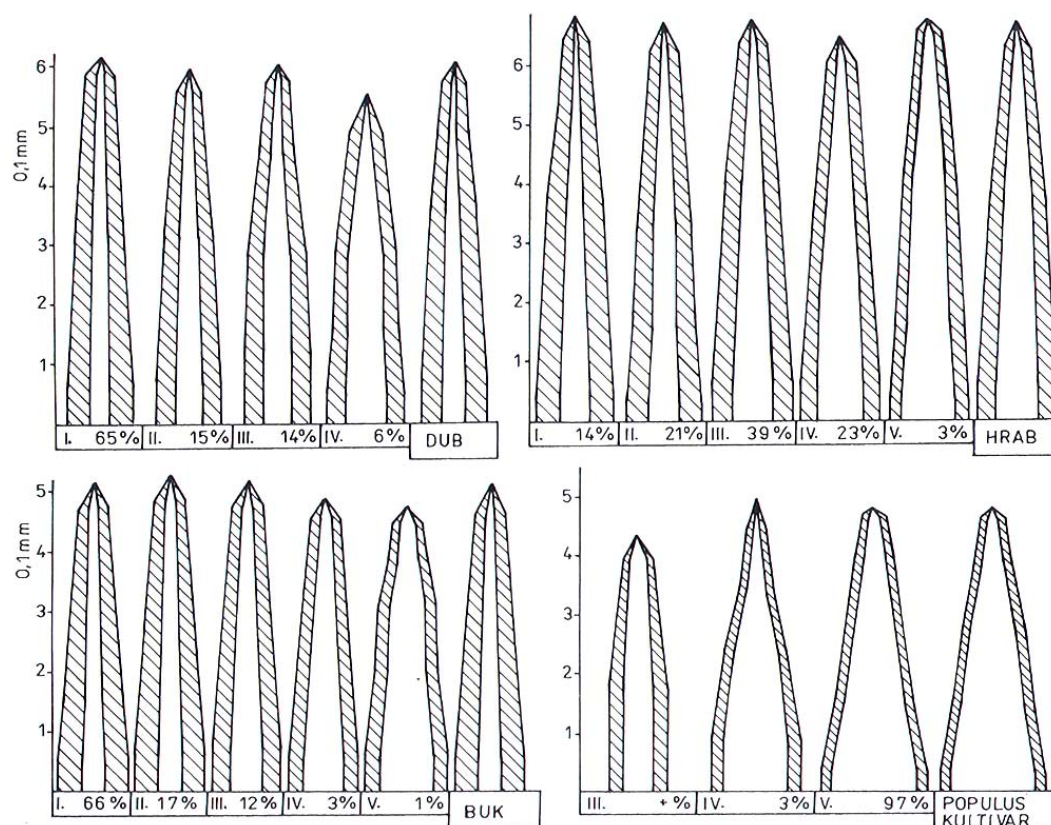
Morfológia vláknitých buniek je charakteristická pre určitý druh dreva. Z našich domácich drevín má najdlhšie drevné vlákna *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Betula*. Najkratšie vlákna má drevo rýchlorastúcich topoľov a vrb.

Ďalším dôležitým morfológickým rozmerom drevných vlákien je **hrúbka bunkovej steny** a **šírka vlákna**, resp. **šírka lúmenu vlákna**. Tieto rozmery spolu s podielom vláknitých buniek v dreve významne ovplyvňujú fyzikálne a mechanické vlastnosti dreva (hustota dreva, pevnosť dreva a pod.). Chovanec (1985) uskutočnil rozsiahly výskum morfológie vláknitých elementov rovnaného priemyselného listnatého dreva spracovávaného celulózo-papierenským priemyslom a navrhol typizáciu drevných vlákien (Obr. 4.12, Obr. 4.13). Výsledkom jeho výskumu bol návrh priemerného drevného vlákna pre jednotlivé dreviny pre priemyselne spracovávané listnaté drevo.

Obr. 4.12 zobrazuje priečne rozmery vláknitých buniek, t.j. šírku vlákna, šírku lúmenu a hrúbku bunkovej steny. Z obrázku sa dá usúdiť, ako **priečna morfológia vlákna súvisí s hustotou dreva** uvedených drevín. Napr. *Fagus*, *Quercus*, *Carpinus* sú dreviny, ktoré majú úzke hrubostenné vlákna s lúmenom malého priemeru (číslo v lúmene vlákna udáva % podiel lúmenu zo šírky vlákna). Drevo týchto drevín má vysokú hustotu. Vlákna zo spodnej časti obrázku sú široké, tenkostenné s veľkým podielom lúmenu (*Tilia*, *Salix*, *Populus*). Hustota tohto dreva je nízka. Atypickou drevinou je javor, ktorý má tenkostenné vlákna. Až 70 % šírky vlákna tvorí lúmen, čím by mal byť javor zaradený medzi dreva s nízkou hustotou. U javora je však vyššia hustota dreva ovplyvnená vysokým podielom drevných vlákien (aj keď tenkostenných) v štruktúre dreva a nízkym podielom ciev (Tabuľka 4.2).



Obr. 4.12 Priečne rozmery vláknitých buniek listnatého dreva (Chovanec 1985)



Obr. 4.13 Rozmery a pozdĺžny tvar drevných vlákien (Chovanec 1985). Pričné rozmery sú 5× zväčšené v porovnaní s pozdĺžnym rozmerom

Obr. 4.13 zobrazuje pozdĺžnu morfológiu polovice drevných vlákien u *Quercus*, *Carpinus*, *Fagus* a *Populus*. Vlákna sú rozdelené podľa tvaru do I.–V. triedy. Vlákno nad názvom dreveniny reprezentuje priemerný tvar vlákna danej dreveniny. *Quercus*, *Carpinus* a *Fagus* majú relatívne dlhé a hrubostenné vlákna. *Populus*, ktorý je reprezentovaný rýchlorastúcim kultivarom má najkratšie vlákna, široké, s tenkou bunkovou stenou (Chovanec 1985).

Podiel a tvar vláknitých buniek ovplyvňuje hlavne hustotu a mechanické vlastnosti dreva. Na druhej strane je morfológia veľmi dôležitá aj pre výroby, ktoré sa vyrábajú rozvláknením dreva a následnou agregáciou drevných vlákien, alebo ich zhlukov. Tak je to napr. u **buničiny, papiera** a čiastočne aj u drevovláknitých dosák.

4.4 Parenchymatické bunky

Parenchým v dreve listnatých drevín má podstatne väčšie zastúpenie ako v dreve ihličnatých drevín. Súvisí to s tým, že listnaté dreveniny potrebujú viac zásobných pletív na stavbu asimilačných orgánov, ktoré sa diferencujú na začiatku vegetačného obdobia. Tieto **zásobné látky sa ukladajú v parenchymatických bunkách** počas vegetačného obdobia. Zastúpenie parenchymatických buniek v listnatom dreve je veľmi premenlivé, kolíše v rozpätí 10–35 %, u niektorých tropických drevín môže dosahovať až 50 %.

Parenchým delíme na **drevný parenchým** (axiálny), ktorý je v dreve orientovaný v pozdĺžnom smere a **lúčový parenchým**, ktorý je zoskupený v stržňových lúčoch, čiže je usporiadaný v radiálnom smere.

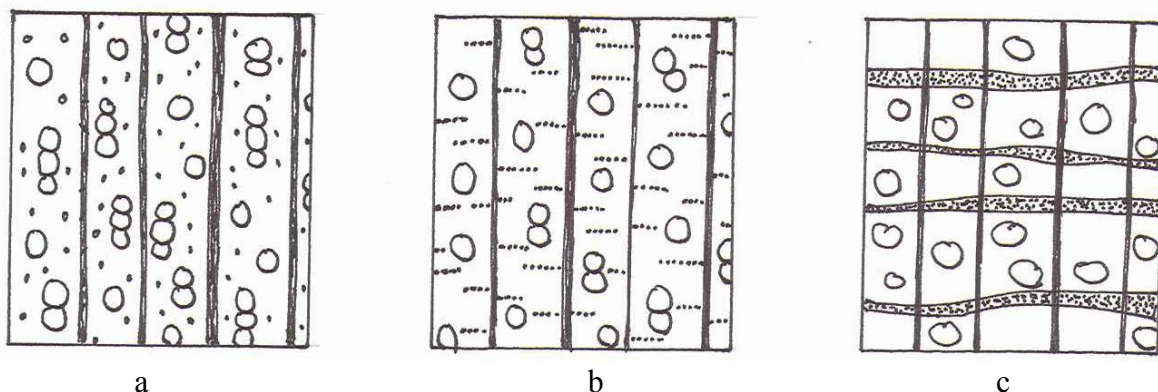
4.4.1 Drevný parenchým

Súbor buniek drevného parenchýmu možno u niektorých drevín pozorovať voľným okom, alebo pri malom zväčšení na pričnom reze ako svetlejšie útvary v porovnaní s ostatnými zväčša tmavšími pletivami. Takýto znak usporiadania drevného parenchýmu je dôležitým diagnostickým znakom hlavne u tropického dreva (Obr. 4.14, Obr. 4.15, Obr. 4.16).

Základným diagnostickým znakom usporiadania drevného parenchýmu je jeho vzťah – poloha k cievam.

Apotracheálny parenchým je uložený v dreve mimo kontaktu s cievmi. Rozdeľujeme ho na:

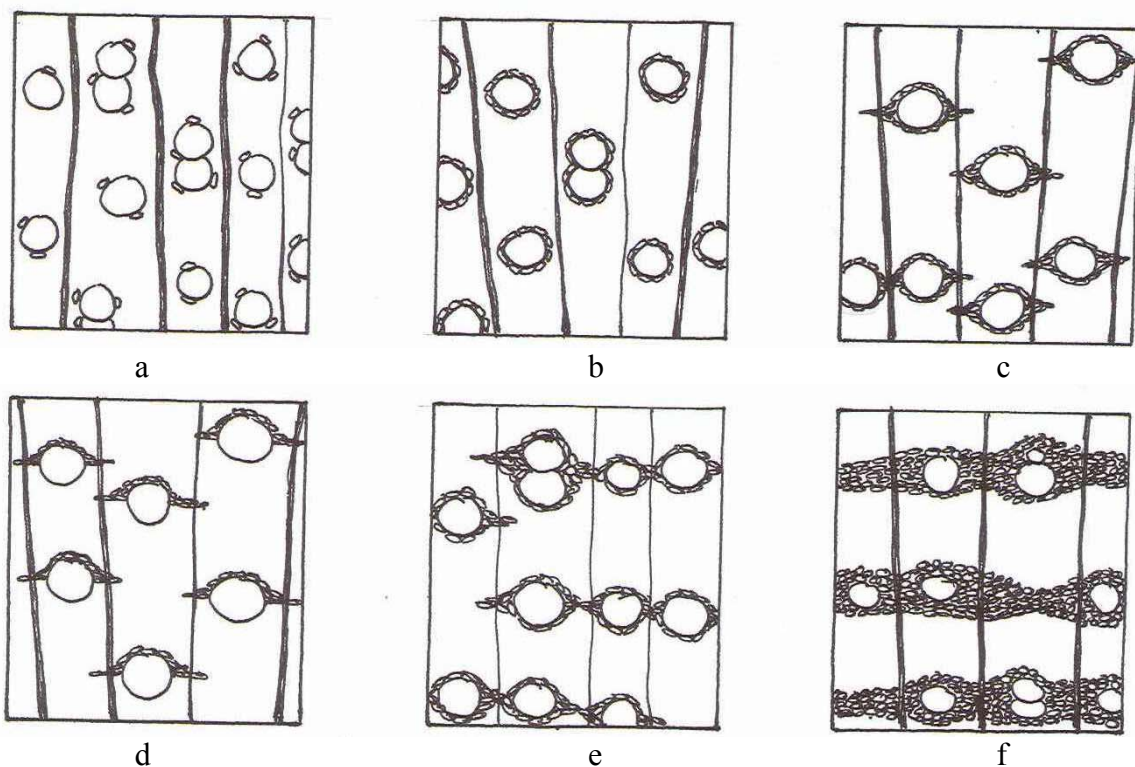
- difúzny – jednotlivé parenchymatické bunky sú roztrúsené medzi vláknami (Obr. 4.14a)
- difúzne-agregátny – apotracheálne parenchymatické bunky vytvárajú zhluky krátkych tangenciálnych pruhov (Obr. 4.14b)
- zväzkový - parenchým je usporiadaný do súvislých tangenciálnych pruhov (Obr. 4.14c).



Obr. 4.14 Apotracheálne usporiadanie drevného parenchýmu na pričnom reze listnatého dreva
a) difúzne, b) difúzne-agregátné, c) zväzkové

Paratracheálny parenchým je usporiadaný v kontakte s cievmi. Rozdeľujeme ho na :

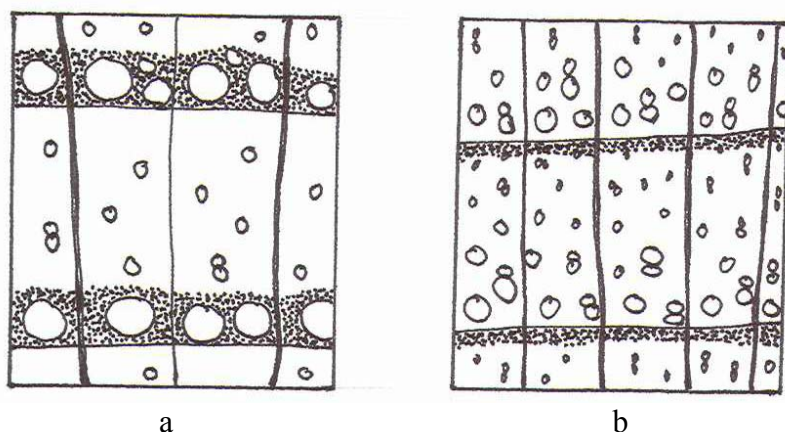
- sporý (riedky) – len niekoľko málo parenchymatických buniek sa nachádza v kontakte s cievmami (Obr. 4.15a)
- vazicentrický – parenchým úplne obklopuje cievy v jednom alebo viacerých radoch (Obr. 4.15b)
- krídlový (aliformný) – parenchým úplne obklopuje cievy, nevytvára okolo cievy obruč, ale do strán sa zužujúce krídlo (Obr. 4.15c, d)
- splývajúci (konfluentný) – parenchým spája niekoľko cievy do tangenciálnych pruhov (Obr. 4.15e, f)



Obr. 4.15 Paratracheálne usporiadanie drevného parenchýmu na priečnom reze listnatého dreva
a) riedke, b) vazicentrické, c) krídlové, d) jednostrane krídlové, e) krídlovo splývavé, f) pruhové

Ďalším typom usporiadania drevného parenchýmu je **hraničné**, marginálne, ktoré sa nachádza buď **na začiatku** (iniciálny parenchým – obr. 4.16a) alebo **na konci** ročného kruhu (terminálny parenchým – obr. 4.16b). Podľa takéhoto usporiadania parenchýmu je možné u niektorých tropických drevín spočítať ročné prírastky a tak stanoviť vek stromu.

Hore uvedené usporiadanie parenchymatických buniek na priečnom reze je dôležitým a často využívaným diagnostickým znakom na rozlišovanie dreva cudzokrajných tropických drevín. Uvedené rozloženie parenchýmu v dreve sa dá pozorovať aj u mnohých drevín mierneho pásma.

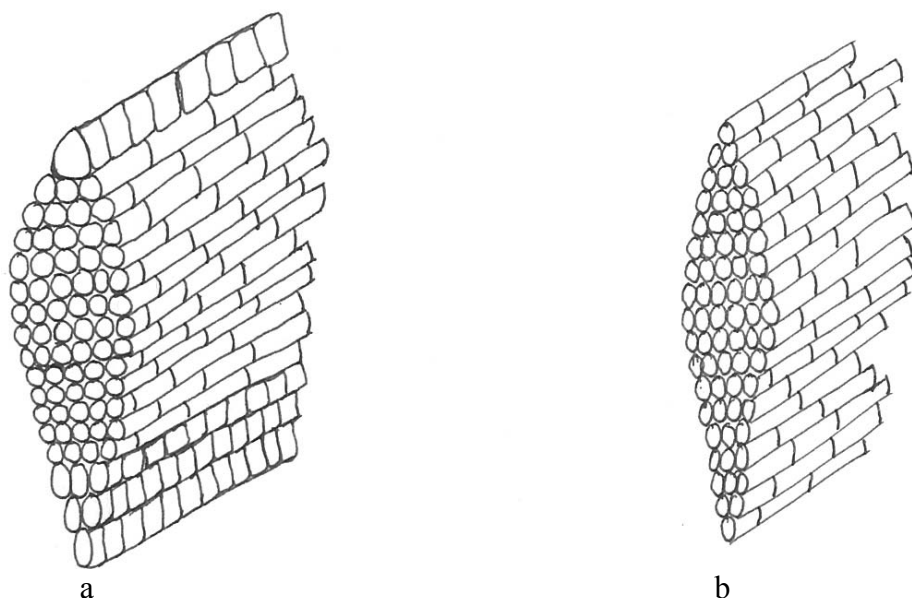


Obr. 4.16 Hraničné usporiadanie drevného parenchýmu na priečnom reze listnatého dreva
a) iniciálny parenchým, b) terminálny parenchým

4.4.2 Parenchým stržňových lúčov

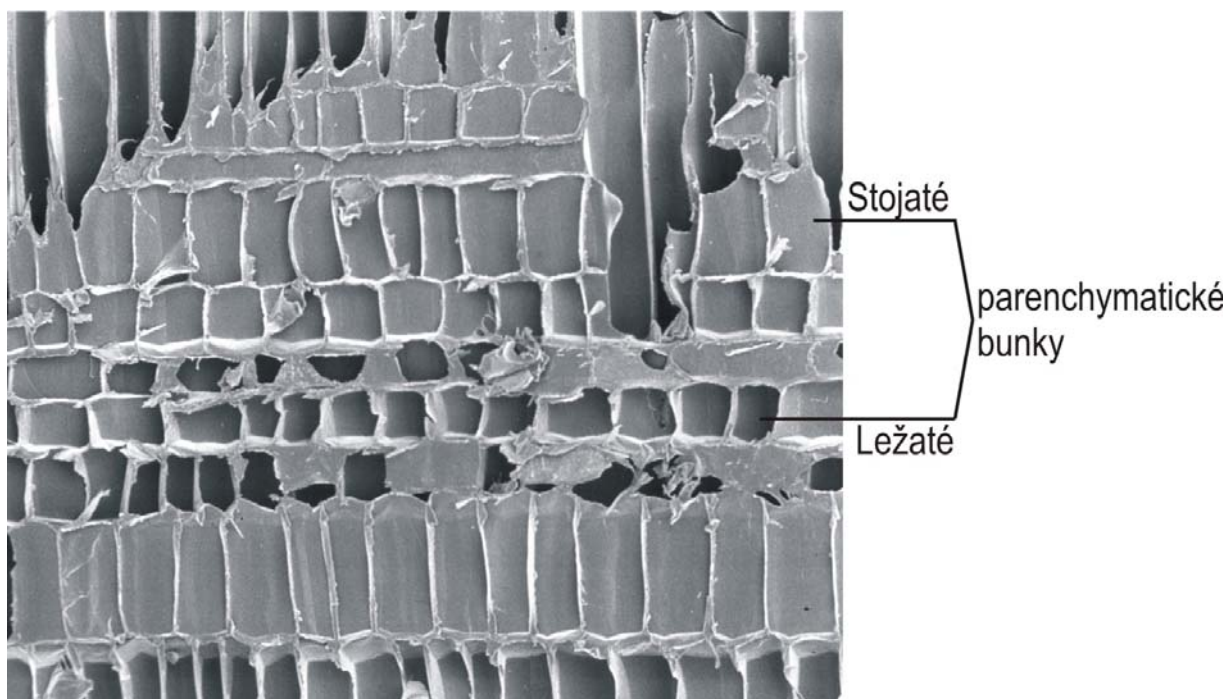
Pre väčšinu listnatých drevín sú charakteristické výrazne väčšie stržňové lúče ako u ihličnatého dreva. Napríklad duby (*Quercus*) vykazujú veľké lúče, ktoré sú makroskopicky viditeľné na všetkých troch rezoch a vytvárajú typickú textúru na radiálnom a tangenciálnom reze. Makroskopická viditeľnosť stržňových lúčov závisí na počte (počet radov a počet vrstiev) parenchymatických buniek, ktoré daný stržňový lúč vytvárajú.

Stržňové lúče listnatého dreva sú tvorené **len parenchymatickými bunkami**, ktoré však u niektorých drevín môžu byť rôznej veľkosti a tvaru a môžu byť uložené ležato (horizontálne) alebo **stojato** (vertikálne), vzhľadom na orientáciu stržňového lúča. Stojaté parenchymatické bunky sa obyčajne objavujú na hornom a spodnom okraji stržňového lúča. Ak je stržňový lúč tvorený len jedným tvarom parenchymatických buniek, nazývame ho **homogénny lúč** (Obr. 4.17b). Keď sa v stržňovom lúči nachádzajú oba tvary parenchymatických buniek (ležaté aj stojaté) nazývame ho **heterogénny stržňový lúč** (Obr. 4.17a, Obr. 4.18).

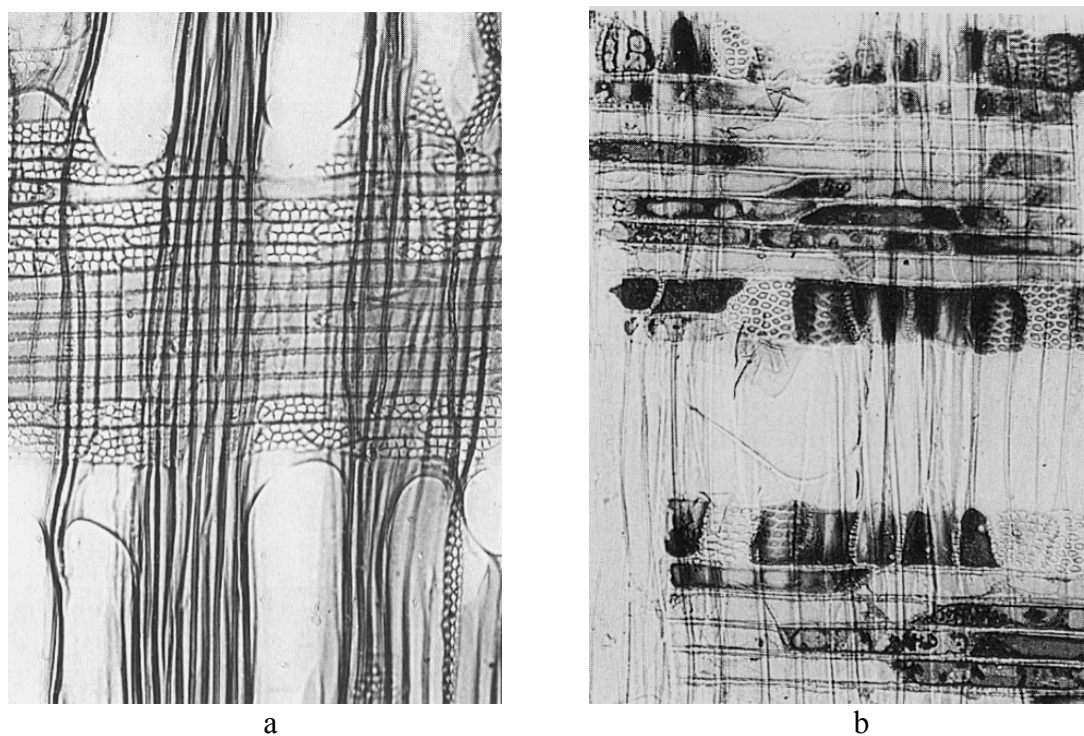


Obr. 4.17 Stržňový lúč listnatého dreva: a) heterogénny, b) homogénny

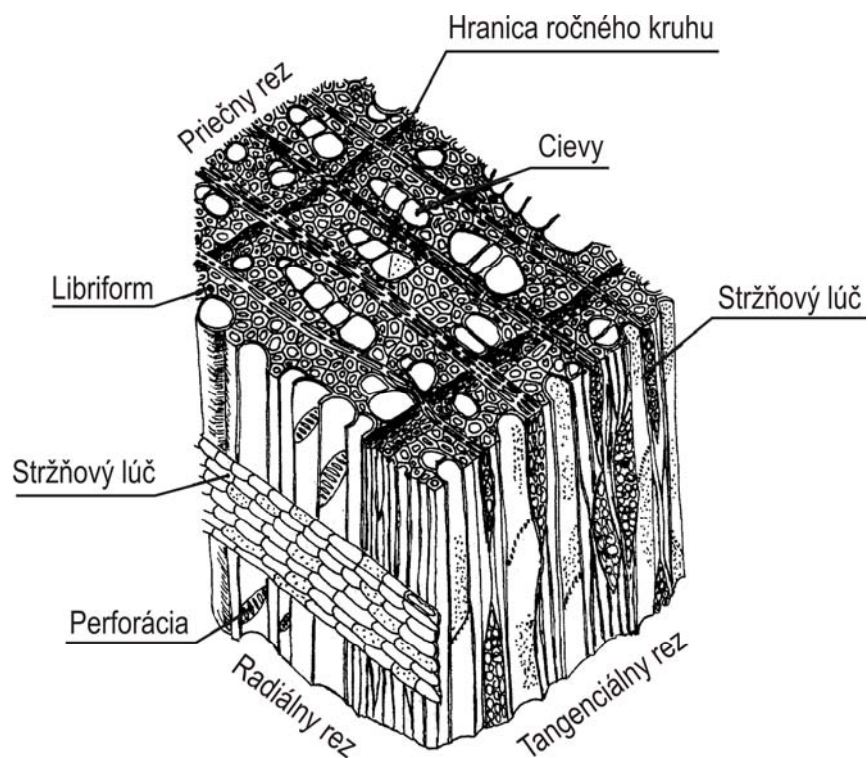
Význam rozlíšenia stojatých a ležiacich parenchymatických buniek v stržňovom lúči je v identifikácii niektorých druhov dreva. Napríklad rozlíšiť drevo topoľa a vrbu (*Populus* a *Salix*) je niekedy problematické aj pod mikroskopom. Základom pre rozlíšenie dreva týchto dvoch drevín je znak, že stržňové lúče v dreve rodu *Salix* sú heterogénne so stojatými parenchymatickými bunkami na ich okrajoch, vrcholoch (Obr. 4.19b). Stržňové lúče rodu *Populus* sú homogénne, tvorené len ležatými parenchymatickými bunkami (Obr. 4.19a).



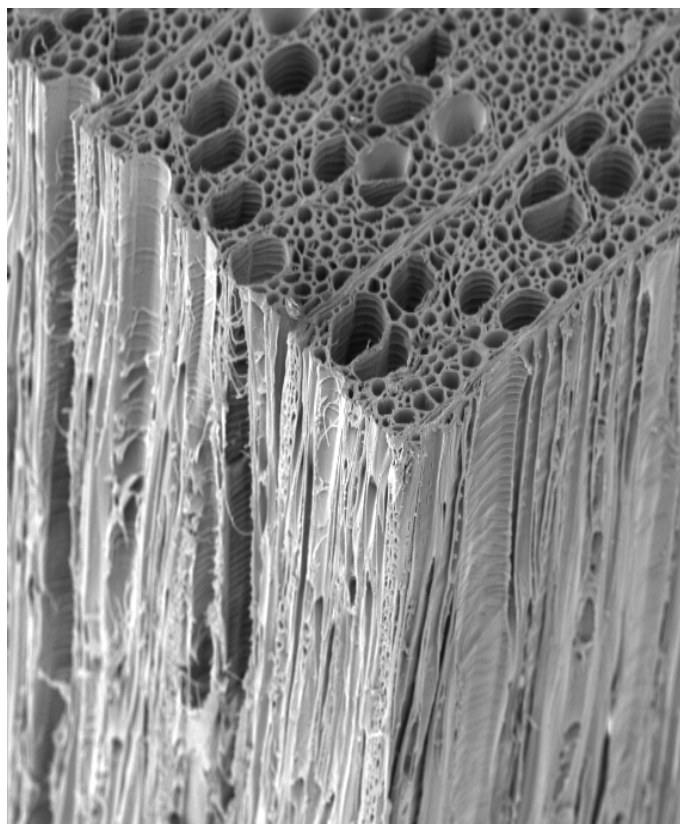
Obr. 4.18 Heterogénny stržňový lúč zložený z ležatých a stojatých parenchymatických buniek (radiálny rez)



Obr. 4.19 Homogénny stržňový lúč topoľ'a (a) a heterogénny stržňový lúč vrbý (b). Radiálny rez. (Grosser 1977)



Obr. 4.20 Schematická štruktúra listnatého dreva (*Betula*)



Obr. 4.21 Mikroskopická štruktúra listnatého dreva (*Tilia*)

4.5 Rezy na listnatom dreve

Ako bolo uvedené v úvode tejto kapitoly, listnaté drevo sa štruktúrou výrazne líši od ihličnatého dreva. Tento rozdiel je spôsobený predovšetkým väčším počtom typov buniek v listnatom dreve a ich úzkou špecializáciou na fyziologické procesy v strome. Veľké rozdiely v tvaroch a rozmeroch buniek (tak v priečnych, ako aj v pozdĺžnych) sú príčinou toho, že listnaté drevo má nepravidelnú štruktúru v porovnaní s pravidelnou štruktúrou ihličnatého dreva (Obr. 4.20, Obr. 4.21).

4.5.1 Priečny rez

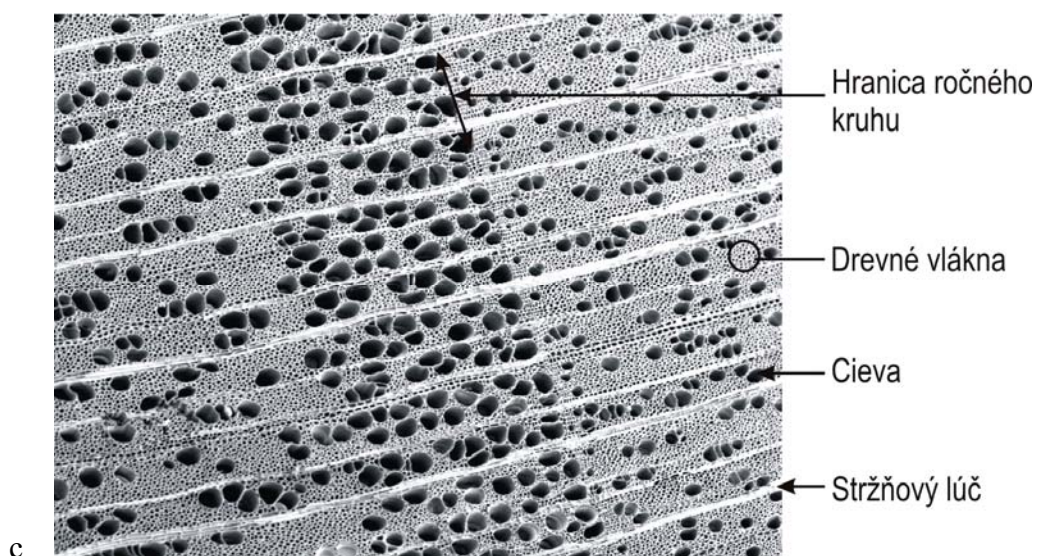
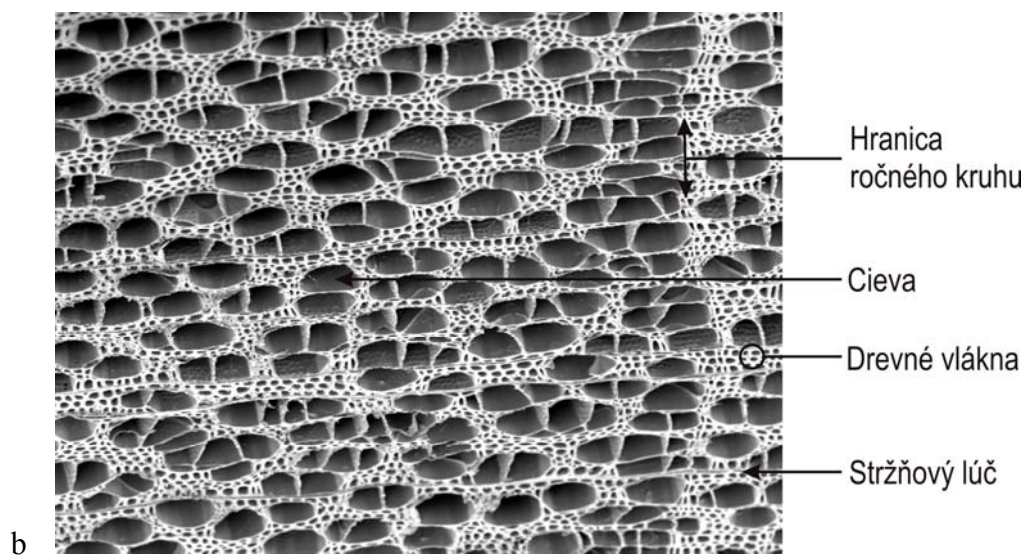
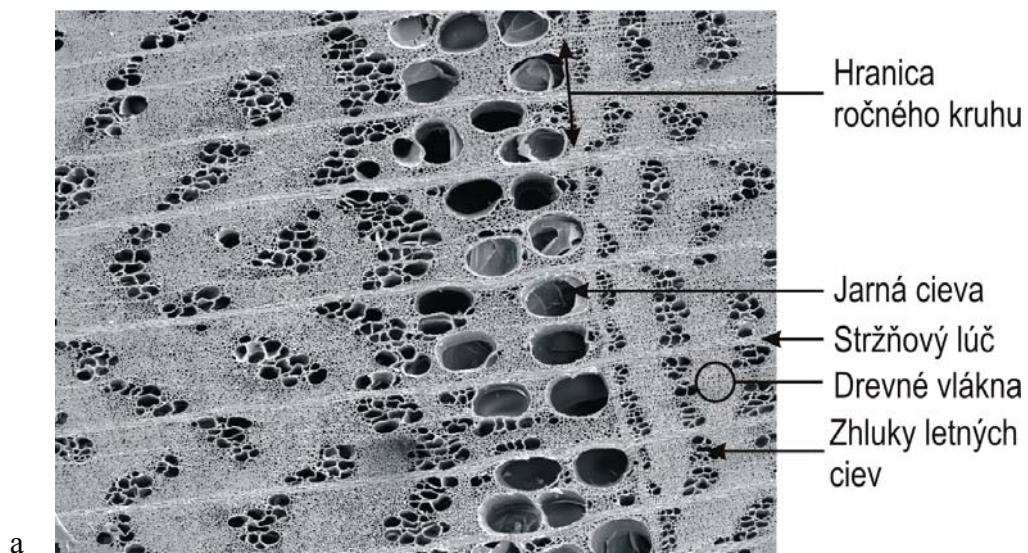
Priečny rez je charakteristický priečne prerezanými pozdĺžnymi drevnými pletivami (cievy, cievice, libriformné vlákna, axiálny parenchým). Najväčší priemer majú cievy, ktoré pozorujeme aj makroskopicky, ako výrazné póry. U niektorých drevín sú veľké cievy sústredené do jarného dreva a malé cievy sa nachádzajú v letnom dreve (Obr. 4.22). Tento typ dreva je nazývaný **kruhovito-pórovité drevo** (*Quercus*, *Fraxinus*, *Ulmus* a iné). Iné typy drevín majú cievy výrazne menšie, približne rovnakej veľkosti, rozložené v celej šírke ročného prírastku. Takéto drevo nazývame **rostrúseno-pórovité** (*Fagus*, *Acer*, *Populus* a iné). Drevo orecha má veľké cievy aj v zóne jarného aj letného dreva, prípadne veľké cievy plynule prechádzajú do malých ciev. Takéto drevo nazývame prechodné, **semi-kruhovito-pórovité**.

Okrem priečných rozmerov ciev je pre identifikáciu dreva dôležité aj **usporiadanie ciev**. Rozlišujeme **solitérne** (*Acer*), alebo skupinové usporiadanie ciev. **Skupinové** usporiadanie môže byť po dve, tri i viac (*Betula*) v radiálnych pruhoch, v klastroch (hniezdach, strapcoch, letné cievy u *Quercus*), v **tangenciálnych pruhoch** – vlnovkách (letné cievy u *Ulmus*). V miestach kde je priečna rezná rovina vedená v blízkosti napojenia dvoch ciev môžeme pozorovať perforáciu (úplnú, rebříčkovitú, sieťovitú, Obr. 4.4).

Hranica ročných kruhov je zvýraznená buď veľkým rozdielom v priemere jarných a letných ciev (kruhovitopórovité drevo), alebo je tvorená nevýraznou úzkou vrstvou radiálne sploštených drevných vlákien (*Acer*, *Betula*).

Podstatnú časť priečneho rezu zaberajú pletivá približne kruhového tvaru, ktoré sú výrazne menšie ako cievy. Tieto pletivá môžu byť **libriformné vlákna** (u tvrdého dreva sú **hrubostenné** s malým lumenom – *Fagus*, u mäkkého dreva sú **tenkostenné** so širokým lumenom – *Populus*). Na priečnom reze dubov môžeme okrem libriformných vlákien jasne rozpoznať aj tenkostenné tracheidy (nachádzajú sa v okolí jarných a letných ciev – vazicentrické tracheidy). V letnom dreve sa dá rozpoznať aj tenkostenný pozdĺžny parenchým, ktorý môže mať rôzne, ale pre niektoré dreviny charakteristické usporiadanie (*Fagus*, tropické drevo pod.). **Stržňové lúče** vytvárajú na priečnom reze, radiálne jedno, prípadne viacradové pruhy. Stržňové lúče listnatého dreva nebývajú rovné ako u ihličnatého dreva, pretože obchádzajú veľké cievy.

Na obr. 4.22a je zobrazený priečny rez **kruhovito-pórovitým drevom bresta**. Veľké **jarné cievy** sú **tangenciálne usporiadané** do hranice ročného kruhu približne v dvoch radoch. **Letné cievy** sú usporiadané v zhlukoch **do tangenciálnych vlnoviek**. Medzi letnými cievami sa nachádza **hodne zastúpený drevný parenchým**. Stržňové lúče sú viacradové. Najväčšie zastúpenie majú **hrubostenné drevné vlákna typu libriformu**.



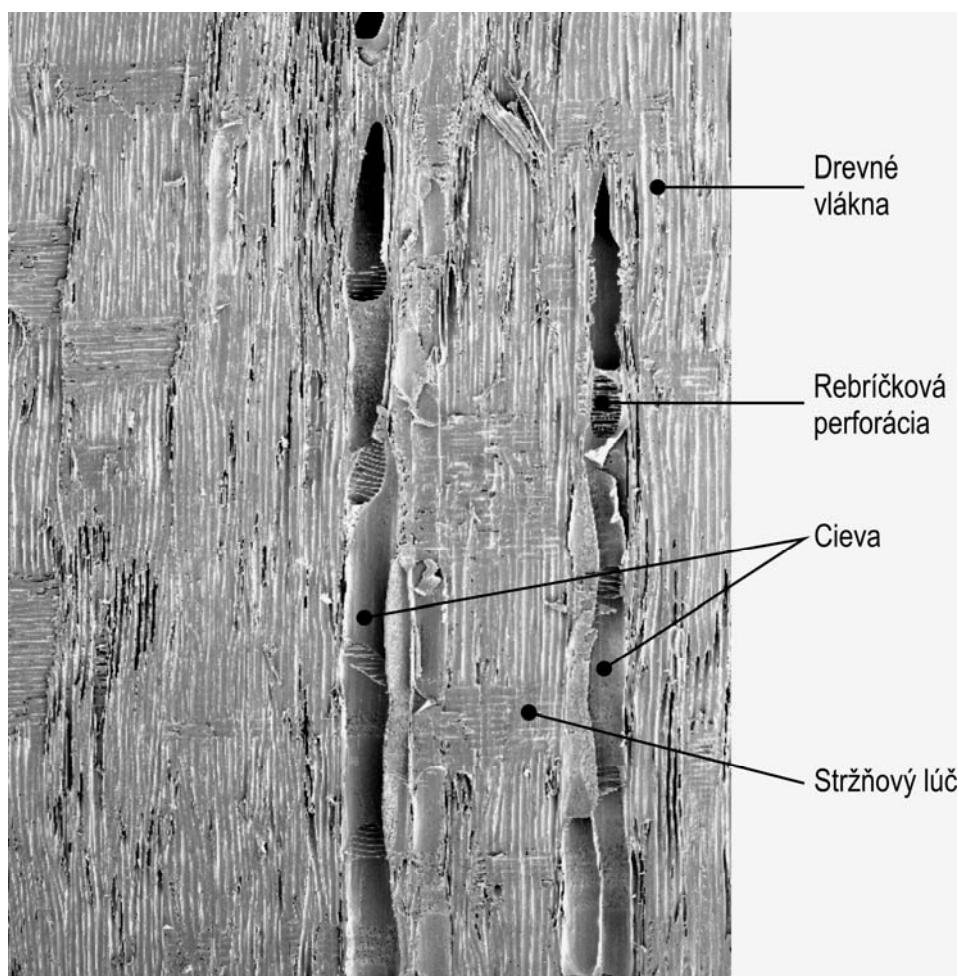
Obr. 4.22 Priečne rezy listnatého dreva (a-kruhovito-pórovité, b-roztrúseno-pórovité, c-semi-kruhovito-pórovité)

Na obr. 4.22b je zobrazené roztrúseno-pórovité drevo topoľa. **Drevo má veľké zastúpenie ciev** priemeru 100–150 μm . Ciev sa vyskytujú ojedinele ako solitérne, častejšie v radiálnych dvojiciach až trojiciach. **Hranica ročného kruhu je nevýrazná**, malý rozdiel vo veľkosti jarných a letných ciev. **Stržňové lúče sú jednoradové**, preto sú na dreve makroskopicky neviditeľné. **Drevné vlákna sú široké a tenkostenné**.

Na obr. 4.22c je zobrazené **prechodné drevo čerešne**. Jarné drevo má veľké zastúpenie ciev, čo vytvára makroskopicky dojem veľkej pórovitosti v porovnaní s letným drevom. **Ciev letného dreva nemajú výrazne menší priemer**, len ich zastúpenie v tejto zóne je nižšie. **Stržňové lúče sú viacradové**. Drevné vlákna sú **hrubostenné**.

4.5.2 Radiálny rez

Radiálny rez je tvorený pozdĺžne prerezanými pletivami (Obr. 4.23). Pozdĺžne orientovaná **jemná štruktúra drevných vlákien** (libriformné vlákna a cievice) je **prerušovaná širokými cievami**. V lúmene ciev je dobre viditeľná perforácia a množstvo stenčenín (vodivé prepojenie ciev s pozdĺžnymi a priečnymi pletivami). Typickú kresbu radiálneho rezu dotvárajú priečne vedené **stržňové lúče**, na ktorých sa dajú pozorovať jednotlivé parenchymatické bunky (ležaté, stojaté). Drevný parenchým vytvára pozdĺžne uložené krátke tehličkovité útvary. Hranica ročného kruhu je zvýraznená zónou úzkych ciev a sploštených libriformných vlákien.

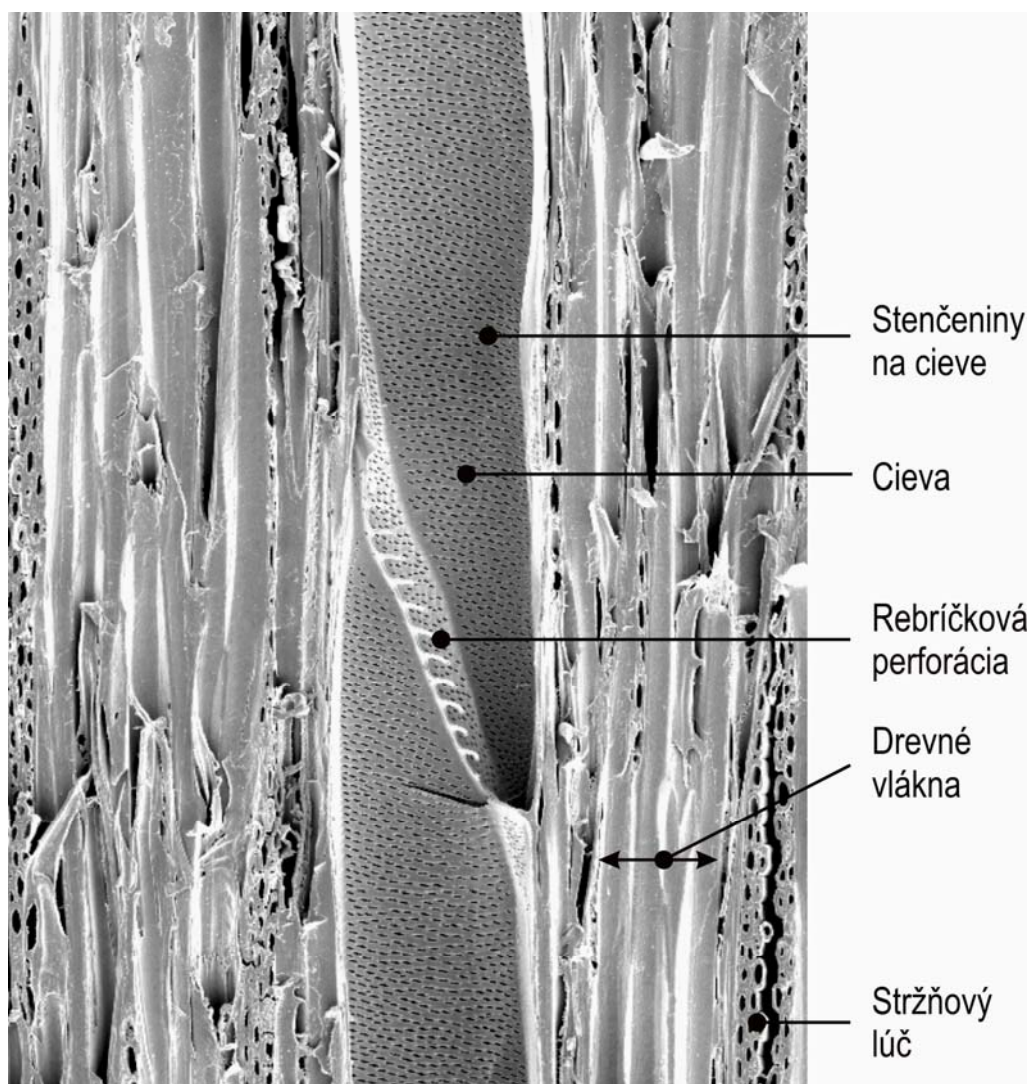


Obr. 4.23 Radiálny rez brezovým drevom.

4.5.3 Tangenciálny rez

Štruktúra tangenciálneho rezu listnatého dreva (Obr. 4.24) sa v porovnaní s radiálnou štruktúrou líši predovšetkým **priečne prerezanými stržňovými lúčmi**. Tangenciálna rovina reže stržňové lúče kolmo, takže ich vidíme v priereze. Z prierezu stržňového lúča sa dá odhadnúť **počet radov** (jednoradové, viacradowé lúče) a **počet vrstiev parenchymatických buniek na výšku lúča**. Niektoré drevá majú len jednoradové stržňové lúče (*Populus*, *Salix*), iné drevá majú len viacradowé lúče, ale napr. duby majú aj jednoradové aj široké viacradowé, prípadne združené stržňové lúče. Ostatné pozdĺžne pletivá, ako **cievy**, **librifórmné vlákna**, **cievce**, **pozdlžny parenchým**, majú podobnú kresbu ako na radiálnom reze. Perforácia v ciebach je ale otočená na tomto reze o 90°.

Na obr. 4.24 je zobrazený tangenciálny rez **brezovým drevom**. Cievky majú približne rovnakú šírku (roztrúseno-pórovité drevo), pozdĺžne sú prepojené **rebríčkovými perforáciami**. Steny ciev sú husto **posiate malými stenčeninami**. Jedno až trojradé homogénne stržňové lúče majú cca 5 až 20 buniek na výšku. Viac ako polovicu objemu dreva zaberajú **drevné vlákna reprezentované librifórmom**.



Obr. 4.24 Tangenciálny rez brezovým drevom

5 TVORBA DREVA

Vývin rastlín súvisí s tvorbou nových bunkových elementov. Tie vznikajú činnosťou delivých meristematických pletív a diferencujú sa na jednotlivé špecializované typy buniek. Pôvodne delivé pletivo – protomeristém (promeristém), ktorým je spočiatku tvorený celý zárodok semennej rastliny, sa neskôr uchováva len vo vrchoch stoniek a koreňov (vzrastový vrchol a koreňová špička) a je prekursorom meristematických pletív, označovaný niekedy ako primárne meristémy.

Celý priebeh pozdĺžnej diferenciácie z primárneho meristému – terminálneho, aplikálneho meristému je možný podľa charakteristickej stavby rozdeliť na tieto zóny (Obr. 5.1):

- a) **embryonálna zóna (E-Z)** – dlhá do 0,02 mm, charakteristická výskytom protomeristému,
- b) **determinačná zóna (D-Z)** – od 0,02 do 0,04 mm, charakteristická výskytom primárnych meristematických pletív: tuniky a korpusu, resp. periférnej zóny a centrálnej zóny stržňového meristému,
- c) **diferenciálna zóna (DIF-Z)** – od 0,04 do 25 mm. Táto zóna je už dlhšia a je charakterizovaná postupnou diferenciáciou v trvalé pletivá (pokožku, primárna kôra a stržeň), pričom niektoré diferencované súbory buniek si zachovávajú meristematický charakter. Zóna začína diferenciáciou prokambia a končí úplnou primárnou stavbou stonky (pokožka, primárna kôra, primárne drevo a lyko, stržeň) a končí vytvorením laterálneho meristému – kambia,
- d) **zóna sekundárneho hrubnutia kmeňa (SH)** – nad 25 mm, charakterizovaná tvorbou sekundárneho dreva a lyka z kambia, eventuálne u niektorých drevín tvorbou sekundárnej kôry (korku a zelenej kôry) činnosťou laterálneho meristému kôry – felogénu.

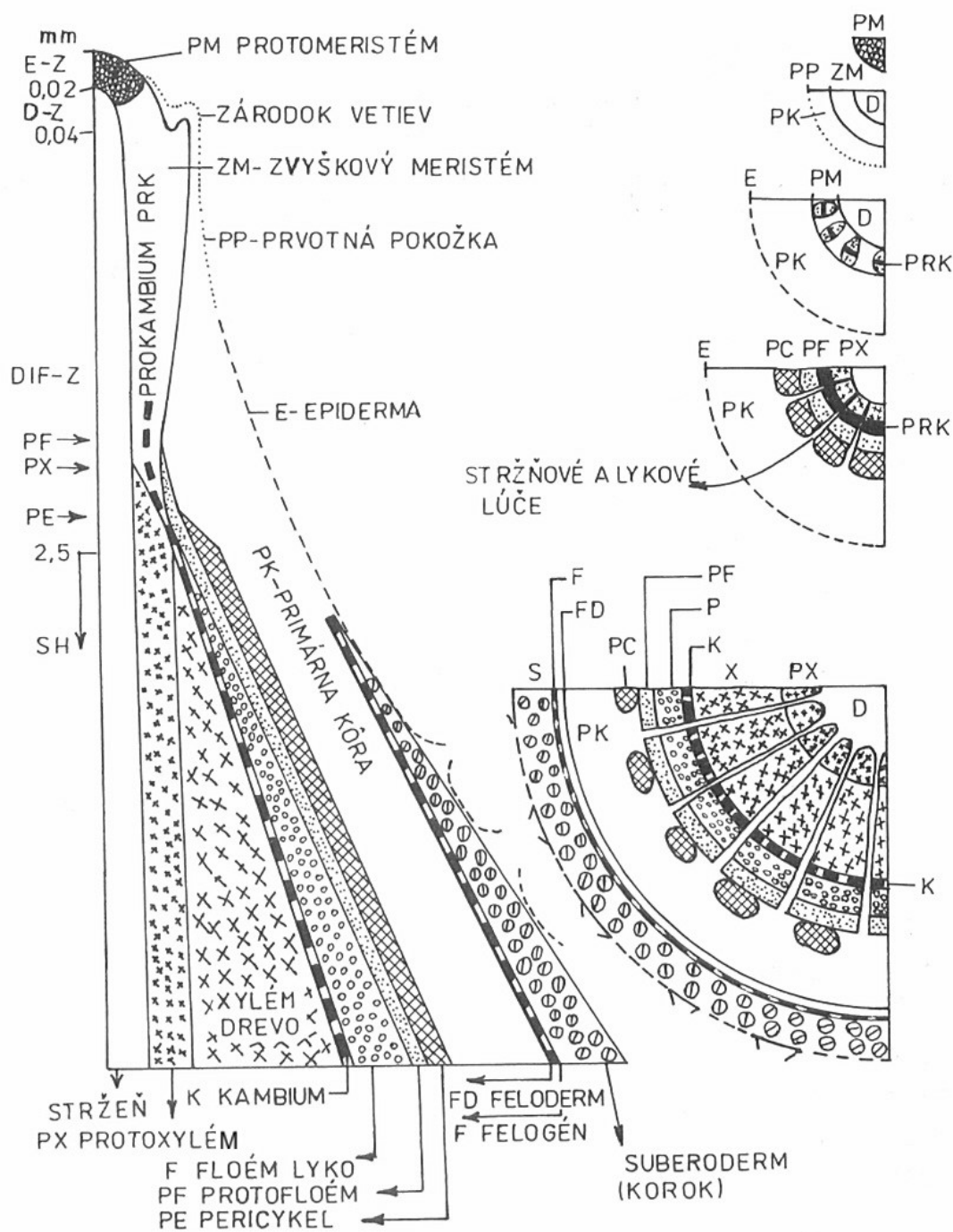
Vyššie uvedená zonálnosť pri dĺžkovom raste musí byť chápaná ako orientačná schéma a číselné údaje ako veľmi približné, tieto sa môžu meniť podľa druhu, stanovišťa a pod.

Význam kambia spočíva v tom, že väčšina dreva stromu je vytvorená týmto meristematickým pletivom, teda sekundárnym hrúbkovým rastom.

5.1 Charakteristika a činnosť kambia

Kambium je charakterizované ako bočný meristém (laterálne delivé pletivo) vznikajúce medzi drevom a lykom primárneho vodivého systému, produkujúce centripetálne (dovnútra) druhotné drevo a centrifugálne (navonok) druhotné lyko.

Termín kambium sa obyčajne používa v širšom slova zmysle. Zahrňuje kambiálne iniciály (t.j. bunky, ktoré dodávajú kambiu trvalý meristematický charakter a tiež diferencované bunky z nich oddelené smerom k drevu a lyku. V užšom slova zmysle sa názov kambium používa len pre kambiálne iniciály. Bunky oddelené kambiálnymi smerom ku stržni sa nazývajú materské bunky dreva a smerom ku kôre **materské bunky lyka**. Kambiálne iniciály a materské bunky lyka a dreva tvoria kambiálnu zónu.



Obr. 5.1 Primárny a sekundárny rast stromu

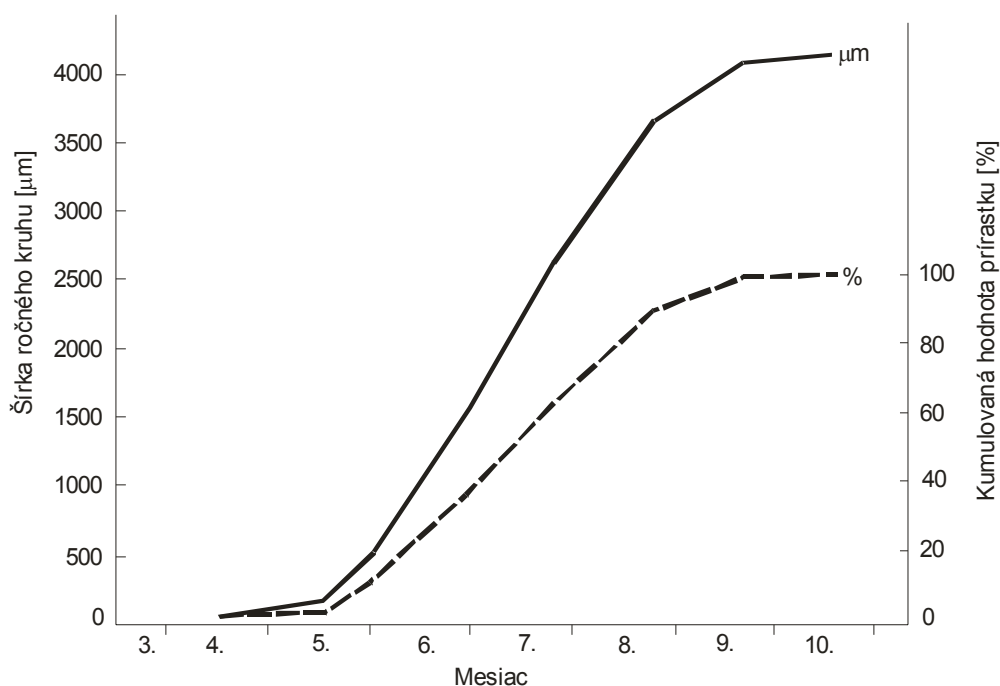
Kambiálne iniciály sú dvojakého typu: **predĺžené vretenovité iniciály** a takmer **izodiametrické iniciály stržňových lúčov**. Vretenovité iniciály sú axiálne (pozdĺž osi kmeňa) predĺžené bunky, ktoré sú niekoľkokrát dlhšie ako ich priečny rozmer. V tangenciálnom smere sú sploštené a na oboch koncoch zašpicatené. Iniciály stržňových lúčov vznikli buď transversálnym priečnym delením vretenovitých iniciál alebo postranným oddelením (menšou pozdĺžnou radiálnou priehradkou z vretenovitých iniciál).

Začiatok činnosti kambia je v úzkej súvislosti s činnosťou púčkov. Kambium začína byť aktívne na začiatku vegetačnej sezóny pod púčkami hlavných a postranných osí a šíri sa postupne smerom k prízemku kmeňa. Rýchlosť aktivizácie kambia od púčkov k prízemku

kmeňa je rôzna podľa druhu dreviny. Všeobecne možno povedať, že u listnatých drevín s kruhovite pórovitou stavbou dreva je táto aktivácia taká rýchla, že sa prakticky nedá pozorovať. Na báze kmeňa začína aktivita kambia už pred rašením púčkov.

V literatúre sa často uvádza rozdiel medzi kambiom v štádiu kľudu a v dobe jeho plnej aktivity. Tento rozdiel mimo cytologických rozdielov kambialných iniciál spočíva tiež v počte buniek, ktoré **tvoria kambialnú zónu**. Tak napr. u vejmutovky bolo pozorované, že kambialná zóna v štádiu vegetačného kľudu bola 4–8 vrstevnatá. Na jar, kedy bolo kambium už aktívne, bola kambialná zóna 10–15 vrstevná, pričom počet vrstiev počas vegetačného obdobia klesal, až koncom vegetačného obdobia dosiahol úroveň ako v štádiu vegetačného kľudu.

Činnosť kambia je u všetkých našich drevín periodická. **Nové pletivá** (bunky) resp. ročné kruhy **sa tvoria len vo vegetačnom období**. Kambium v našich podmienkach môže vyvíjať svoju činnosť 4–6 mesiacov v roku. Doba činnosti kambia je závislá na druhu dreviny, stanovišti a klimatických podmienkach príslušného vegetačného obdobia. **Maximálna aktivita bola pozorovaná od začiatku júna do konca augusta, kedy môže byť vytvorené až cca 80 % dreva z celkového prírastku** (Obr. 5.2). Limitujúcimi faktormi pre činnosť kambia v našich klimatických podmienkach sú: dĺžka fotoperiód, teplota a zrážky. Množstvo dreva vyprodukované za vegetačné obdobie je závislé na celej rade vnútorných a vonkajších činiteľov pôsobiacich na určitý strom.

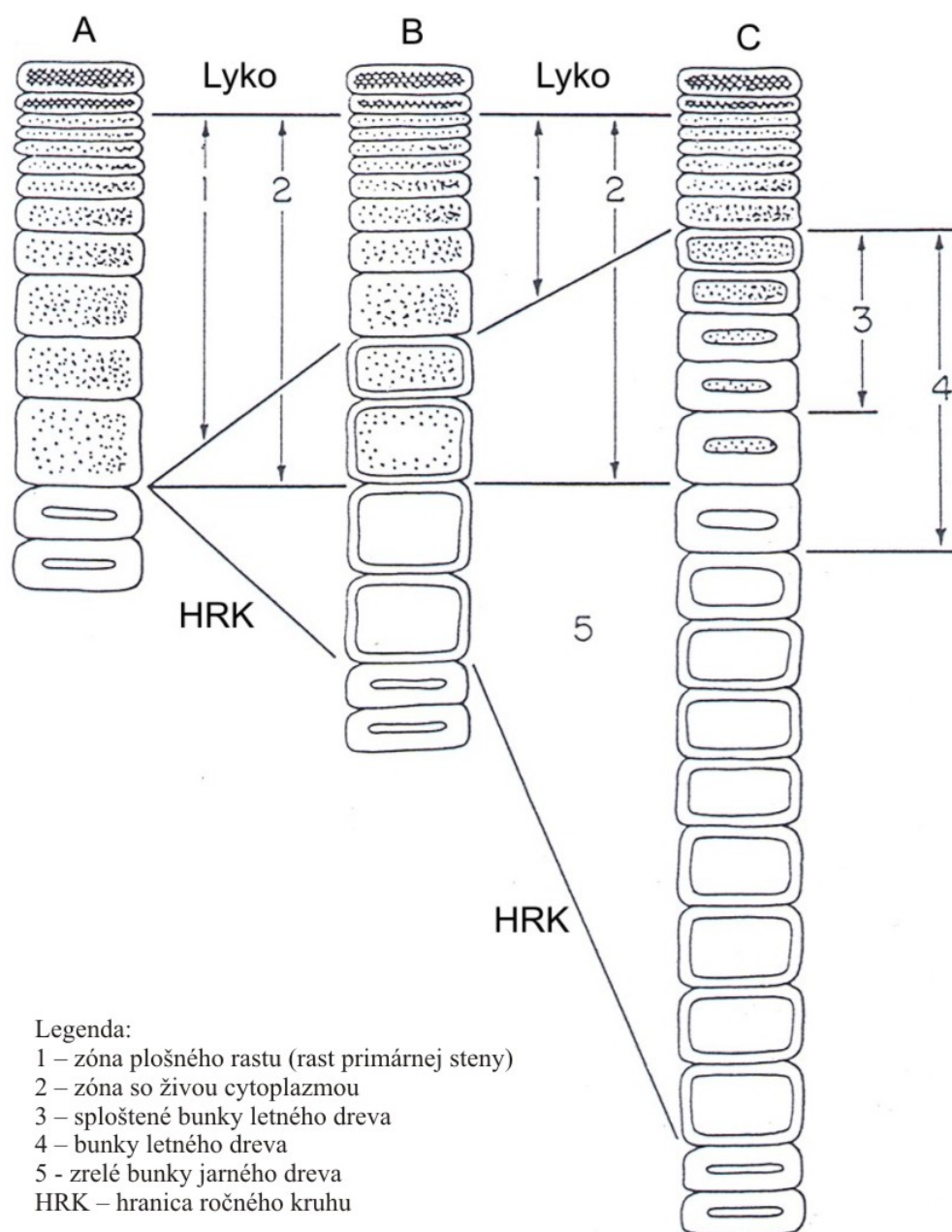


Obr. 5.2 Dynamika prírastku ročného kruhu v priebehu jednotlivých mesiacov vegetačného obdobia

5.2 Mechanizmus diferenciácie bunkových elementov dreva

Proces diferenciácie kambialných iniciál pri sekundárnom delení (hrúbkovom prírastku kmeňa) je možné všeobecne zhrnúť do troch fáz:

- a) povrchový alebo plošný rast nových buniek,
- b) sekundárne hrubnutie bunkovej steny,
- c) lignifikácia bunkovej steny.



Obr. 5.3 Schéma diferenciácie buniek dreva. A- začiatok vegetačnej sezóny, diferenciácia jarného dreva, B- stred vegetačnej sezóny, C koniec vegetačnej sezóny, diferenciácia letného dreva.

Keď sa materská bunka dreva začne radiálne rozširovať a prestáva mať v podstate meristematický charakter (výnimku môžu tvoriť niektoré typy parenchymatických buniek), už nie je súčasťou kambiálnej zóny a nastáva proces diferenciácie v určitý anatomický element dreva. Pritom počet a tvar anatomických elementov vznikajúcich z vretenovitých kambiálnych iniciál je rozdielny u ihličnatých a listnatých drevín.

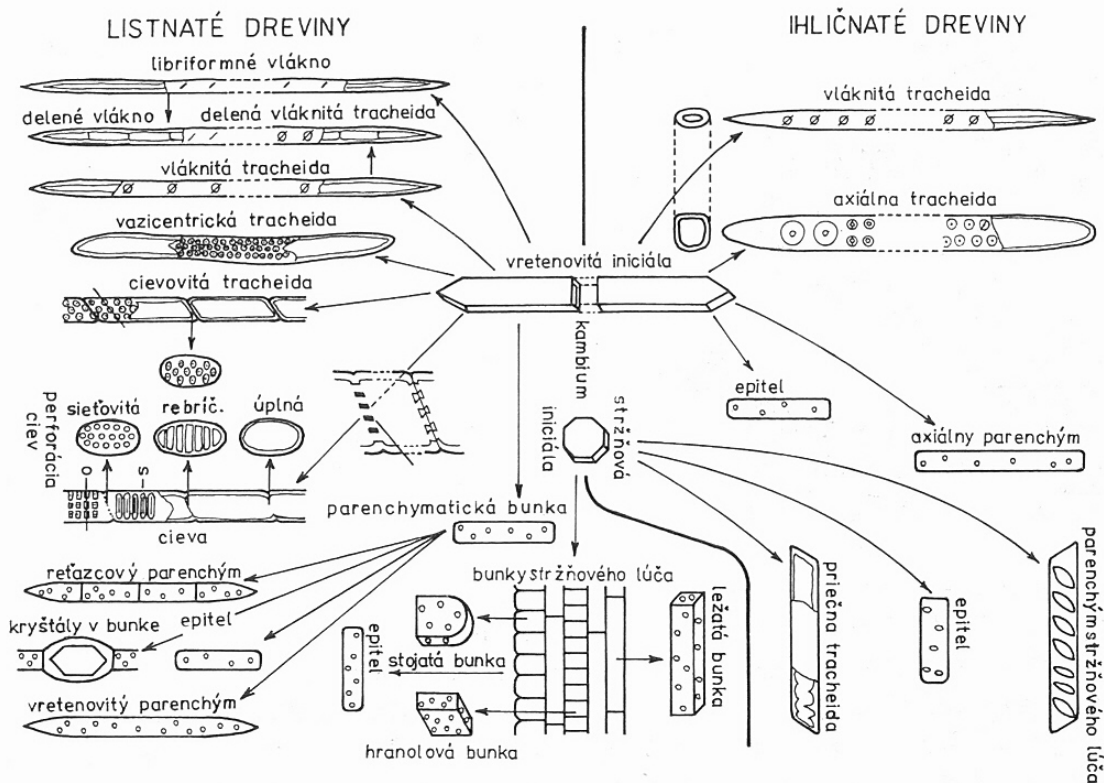
V zóne plošného rastu (zóna 1 na obr. 5.3) sa bunka najskôr začne radiálne rozširovať (radiálne rozširovanie súvisí s povrchovým rastom bunky). Bunka obsahuje živú cytoplazmu a

má vytvorenú len primárnu stenu, ktorej hrúbka sa vo fáze plošného rastu nemení. Ako náhle **začne bunková stena druhotne hrubnúť** (od konca zóny 1 po koniec zóny 2, Obr. 5.3), prechádza bunka už do fázy dozrievania. Po ukončení hrúbkového rastu bunkovej steny (koniec zóny 2) nastáva jej lignifikácia (drevnatenie). **Bunka postupne stráca na životaschopnosti** a ak sú vyčerpané i posledné zbytky protoplastu a bunka je bez bunkového obsahu, odumiera a prechádza do zóny vyzretého dreva.

Vyššie uvedený popis diferenciácie je platný pre axiálne vláknité elementy dreva (cievy, cievice, vláknité cievice a libriformné vlákna) a len čiastočne pre parenchymatické bunky. Tieto bunky si aj po lignifikácii bunkovej steny zachovávajú po dlhú dobu života stromu bunkový obsah a zúčastňujú sa fyziologických procesov stromu.

Jednotlivé fázy, ktoré nasledujú po delení buniek v kambii, nie sú od seba striktne oddelené a môžu u bunky i keď v rôznych jej častiach prebiehať súčasne. Tak napr. tvorba bunkovej steny prebieha u cievic i libriformných vlákien ešte pred ukončením povrchového rastu v špičkách týchto buniek. Rovnako tiež lignifikácia bunkovej steny môže začať pred ukončením povrchového rastu v špičkách týchto buniek. **Drevo kmeňa sa skladá v podstatnej časti z odumretých bunkových elementov** (výnimku tvorí axiálny a radiálny parenchým), len posledná časť ročného kruhu, a to počas vegetačného obdobia, obsahuje živé bunky.

Na obr. 5.4 je znázornená schéma diferenciácie kambia na bunky dreva a bunky lyka. Kambium má vretenovité a stržňové iniciály. Vretenovité iniciály sú dlhé 1–1,5 mm u listnatého dreva a 1–5 mm u ihličnatého dreva. Z vretenovitej kambialnej iniciály sa v štádiu diferenciácie buniek vytvoria vláknité, cievovité a parenchymatické bunky (axiálny parenchým) listnatého dreva, resp. cievice (tracheidy) a parenchymatické bunky (axiálny a epitelový parenchým) ihličnatého dreva. Stržňové iniciály, ktoré majú izodiametrický tvar sa diferencujú na bunky stržňových lúčov a u ihličnatého dreva navyše aj na epitelové bunky horizontálnych živcových kanálikov.



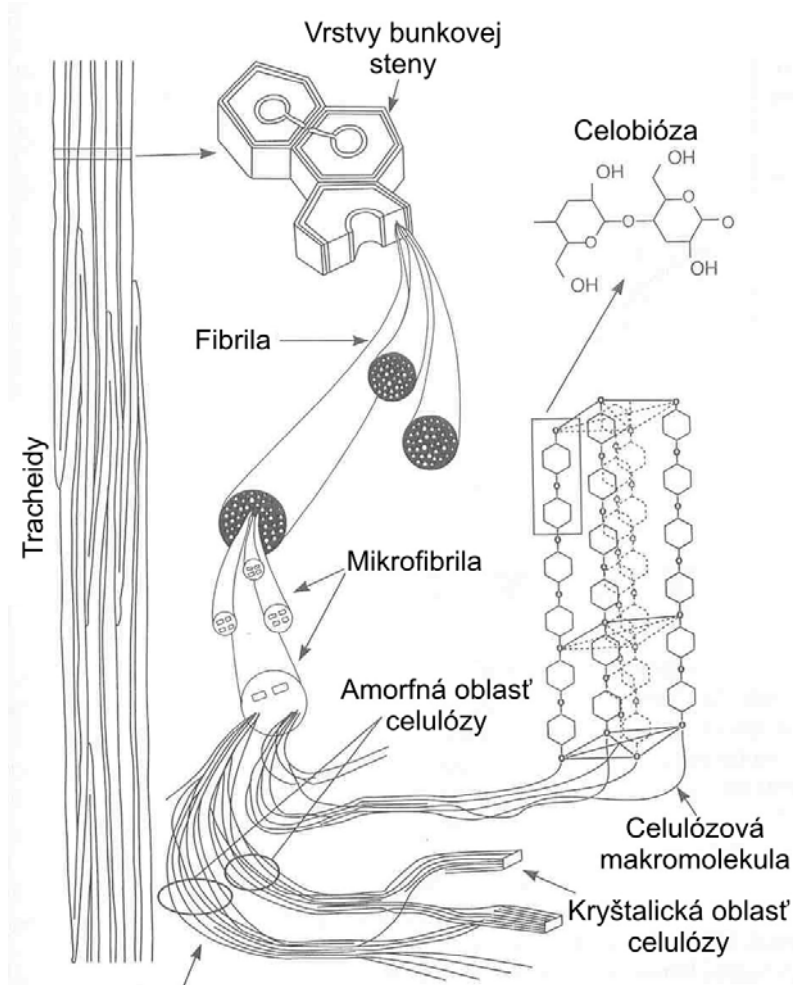
Obr. 5.4 Schéma diferenciácie kambia na bunky dreva (Chovanec)

6 ULTRAŠTRUKTÚRA A CHEMICKÉ ZLOŽENIE DREVA

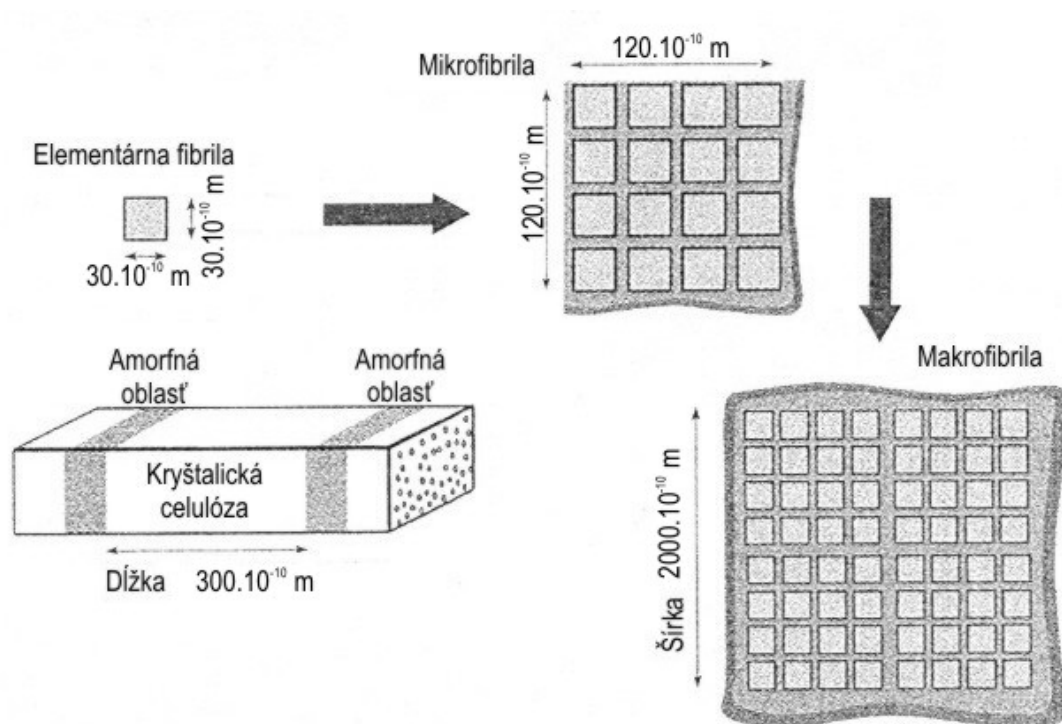
6.1 Stavba bunkovej steny

Ako už bolo niekoľkokrát uvedené, základnou stavebnou chemickou látkou je **celulóza**, ktorej drevo obsahuje takmer polovicu hmotnosti. V procese diferenciácie napr. vláknitej bunky sa celulózové makromolekuly syntetizujú z cytoplazmy zložitými biochemickými pochodmi. Dlhé **makromolekuly celulózy** sú združované do tzv. **elementárnych fibríl**, nazývaných tiež kryštality. Tento druhý názov vznikol na základe toho, že niekoľko desiatok celulózových makromolekúl je usporiadaných v presne definovanom kryštalickom útvere (Obr. 6.1). Vyššie stavebné jednotky celulózy **mikrofibrily** sú vytvorené z niekoľkých elementárnych fibríl obalených kratšími hemicelulóзовými makromolekulami. Najväčšie celulózové jednotky nazývané **fibrily** (makrofibrily) sú tvorené zo zväzkov mikrofibríl, ktoré sú naviac ešte obalené amorfnými makromolekulami lignínu (Obr. 6.2).

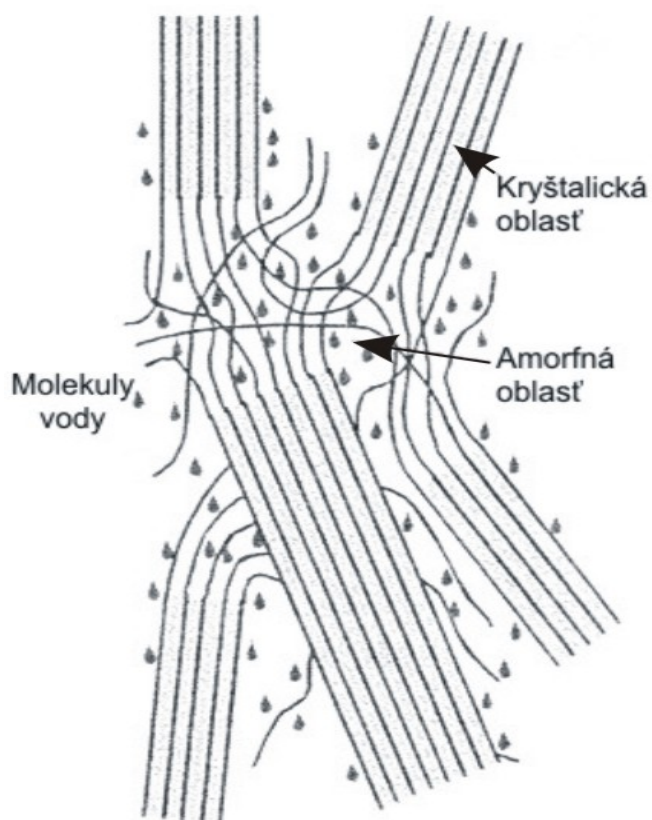
Celulózové fibrily (mikrofibrily a makrofibrily) sú tvorené kryštalickými a amorfnými oblasťami. Kryštalická oblasť je tvorená vysoko-orientovanými makromolekulami celulózy. Amorfná oblasť, ktorou prechádzajú makromolekuly z jednej kryštalickej oblasti (elementárnej fibrily) do druhej nemá paralelne usporiadané makromolekuly celulózy. Takáto oblasť neusporiadaných makromolekúl celulózy je ľahšie prístupná pre vodu, ako aj pre rôzne chemické roztoky v procesoch spracovania, resp. úprav dreva (Obr. 6.3). Normálne rastené drevo obsahuje cca 60–70 % kryštalickej celulózy.



Obr. 6.1 Schéma nadmolekulovej stavby celulózy v bunkovej stene (Molnár a kol. 2007)



Obr. 6.2 Morfológia celulóзовých fibríl (Perré 2008)



Obr. 6.3 Kryštalické a amorfné oblasti celulózy s vyznačeným prístupom molekúl vody (Perré 2008)

6.2 Vrstvy bunkovej steny

Pri sledovaní štruktúry priečneho rezu vláknitej bunky cievice ihličnatého dreva pomocou mikroskopu s veľkým zväčšením a dobrou rozlišovacou schopnosťou (elektrónový mikroskop), môžeme rozlíšiť **vrstvy bunkovej steny** (Obr. 6.4). Tieto sa líšia jednak **chemickým zložením** a tiež **uhlom, pod ktorým sú uložené (usporiadané) celulóзовé fibrily v danej vrstve**.

Bunky v dreve sú navzájom pospájané, pozliepané medzibunkovou vrstvou nazývanou **strednou lamelou**. Vlastnosťami sa táto vrstva výrazne odlišuje od sekundárnych vrstiev bunkovej steny, ktoré sa vytvárajú v procese sekundárneho hrubnutia bunkovej steny. Stredná lamela sa ale len málo odlišuje chemickými a fyzikálnymi vlastnosťami od prvej, primárnej vrstvy bunkovej steny, preto aj pri mikroskopickom pozorovaní zaregistrujeme tzv. **zložení strednú lamelu**, čo v skutočnosti predstavuje súvrstvie dvoch primárnych stien dvoch susediacich buniek a samotnej strednej lamely. Hrúbka strednej lamely sa pohybuje rádovo v desatinách mikrometra (0,2–0,5 μm). V rohoch buniek môže hrúbka presahovať aj mikrometer.

Hlavná časť strednej lamely je tvorená lignínom, u ktorého sa však predpokladá iné chemické zloženie ako je lignín vo vrstvách bunkovej steny. Do 15 % sú tu zastúpené pentozány. Táto vrstva prakticky neobsahuje celulózu.

Primárna stena, nazývaná tiež **kambiálna stena**, blana, je vytvorená ako prvá pri diferenciácii buniek v kambii. Čiastočne je vystužená nepravidelne, disperzne rozloženými celulóзовými fibrilami, čo umožňuje, že táto vrstva v procese diferenciácie buniek môže rásť, môže sa plošne zväčšovať všetkými smermi (plošný rast). V primárnej stene má **prevažné zastúpenie lignín**. Celulóza, hemicelulózy a v malej miere aj pektínové látky dopĺňajú substanciu tejto vrstvy. Primárna vrstva dosahuje hrúbku max. len do desatiny mikrometra. Nepravidelne usporiadané celulóзовé mikrofibrily sú orientované k pozdĺžnej osi bunky pod uhlom 0–90°.

Podiel kryštalickej celulózy v tejto vrstve má nižšiu hodnotu ako je to u celulózy v sekundárnych vrstvách bunkovej steny.

Sekundárna vrstva je u väčšiny vláknitých buniek rozdelená na tri vrstvy: vonkajšiu S1, strednú S2 a vnútornú S3. Tieto vrstvy sa líšia jednak uhlom usporiadania fibríl vzhľadom k pozdĺžnej osi bunky, hrúbkou vrstvy a aj chemickým zložením.

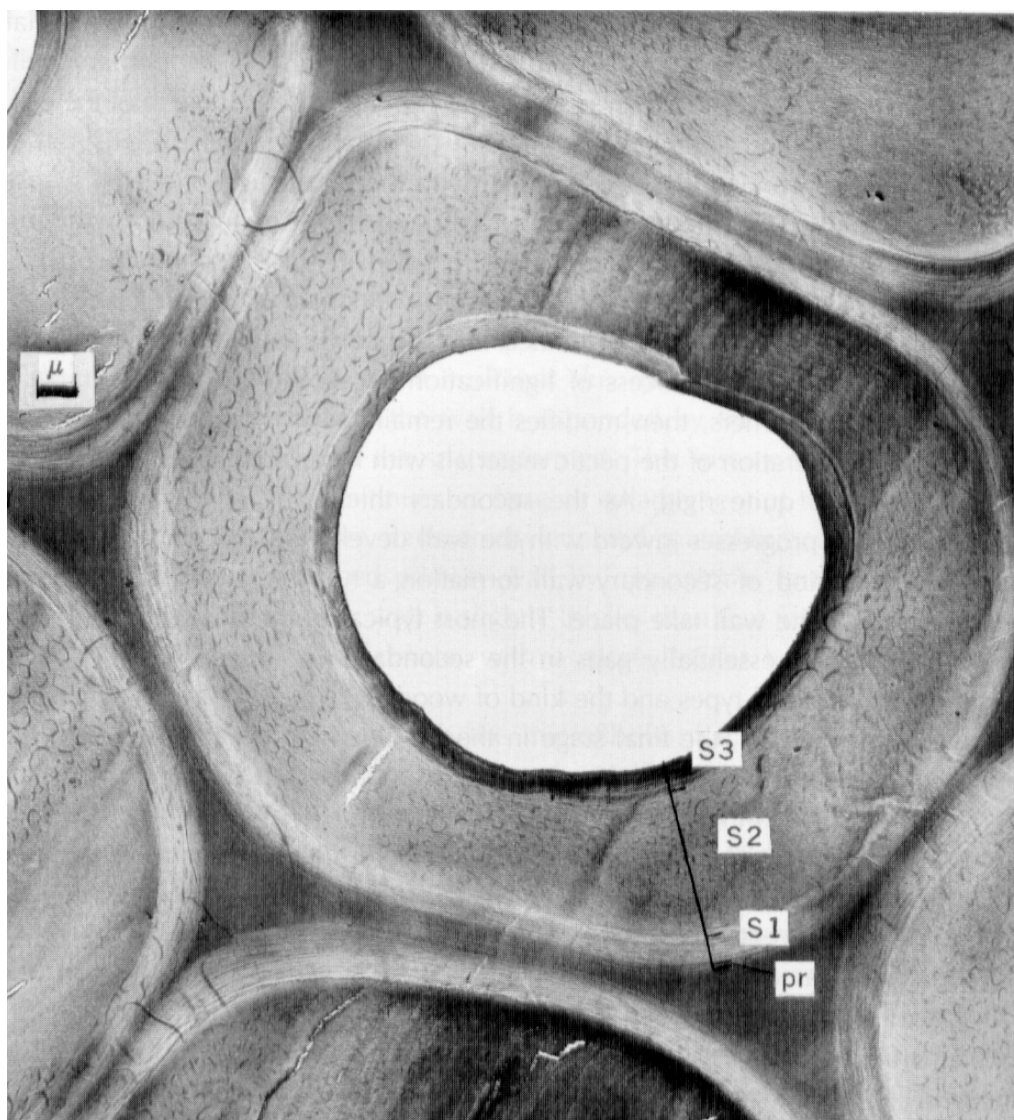
Prvé mikrofibrily, ktoré sú syntetizované do **sekundárnej vrstvy S₁** sú špirálovito usporiadané na vnútornom povrchu primárnej vrstvy. **Uhol uloženia fibríl** sa pohybuje v rozpätí **50–70°**. Dominantnou chemickou látkou v tejto vrstve je ešte lignín. Celulóza a hemicelulózy sú zastúpené v menšom množstve. Hrúbka vrstvy sa pohybuje v rozpätí 0,1–0,2 μm .

Stredná časť sekundárnej steny S₂ tvorí podstatnú časť bunkovej steny (70–80 %) a preto sú jej vlastnosti **dominantné pre celú bunku**. **Vrstva je z podstatnej časti tvorená celulóзовými pravidelne usporiadanými fibrilami**. Spolu s hemicelulózami a lignínom vytvárajú fibrily lamelovanie tejto vrstvy. Lamely sú považované za prírastky bunkovej steny za jeden deň. **Celulóзовé fibrily sú v tejto vrstve orientované pod uhlom blízky pozdĺžnej osi bunky (5–20°)**. Pravidelné usporiadanie fibríl v strednej vrstve sekundárnej steny je narušené stenčeninami, ktoré sa nachádzajú predovšetkým na radiálnych stenách. Preto je sklon fibríl v radiálnej stene väčší ako na tangenciálnej stene bunky. Hrúbka tejto vrstvy môže byť aj niekoľko μm , v závislosti na polohe vlákna v ročnom kruhu (jarné, letné drevo).

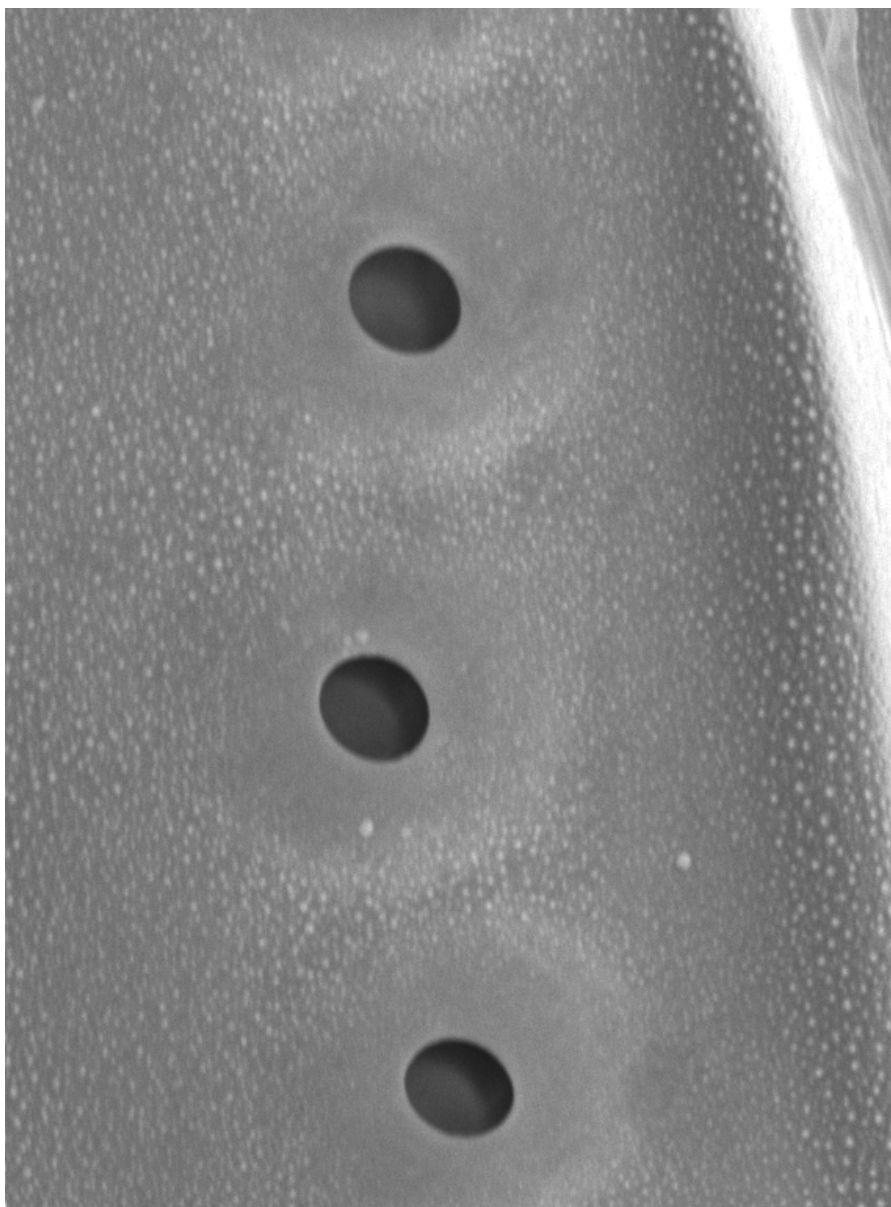
Vnútorná vrstva sekundárnej steny S₃ sa morfológiou podobá vrstve S₁. Dosahuje hrúbku len 0,1–0,2 μm . **Najväčšie zastúpenie v tejto vrstve majú polysacharidy**, celulóza

a hemicelulózy, najnižší podiel má lignín. **Orientácia celulózových fibríl je viac kolmá ako pozdĺžna** (60–90°).

U niektorých drevín môže byť na vrstve S₃ uložená tzv. bradavičnatá vrstva (Obr. 6.5). Táto vrstva sa vytvára pri poslednej fáze diferenciácie buniek a vysvetľuje sa ako pozostatok častíc živej protoplazmy ((jadrá, jadierka, organely a pod.), ktorý sa usadí, zaschne na vnútornom povrchu buniek. Bradavičnatá vrstva môže byť pre niektoré dreviny charakteristickým diagnostickým znakom. Spolu s vrstvou S₃ je zodpovedná za difúzne procesy prenikania tekutín z lúmenov buniek do ich bunkových stien.



Obr. 6.4 Vrstvy bunkovej steny (Côté 1967)



Obr. 6.5 Bradavičnatý povrch lúmenu cievice dreva *Abies alba*

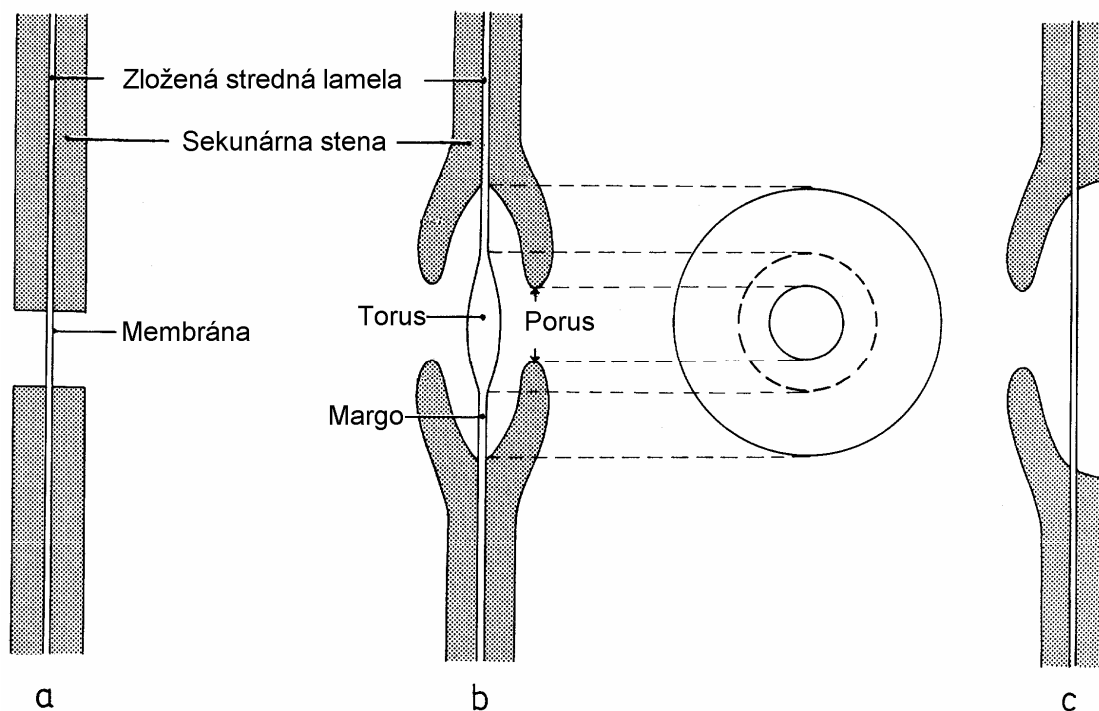
6.3 Stenčeniny bunkových stien

Bunkové steny nie sú po celom povrchu rovnako hrubé. Na mnohých miestach sa v procese hrubnutia bunkovej steny nevytvorí sekundárna stena a na povrchu buniek sa objaví typická stenčenina. Dve susedné stenčeniny sú spravidla spárované, čím vytvárajú typické útvary, predovšetkým na radiálnych stenách buniek.

Stenčeniny sú miesta na bunkových stenách, kde nie je vytvorená hrubá sekundárna stena. Lumény susedných buniek sú oddelené len primárnou vrstvou, ktorá je priepustná pre plyny a kvapaliny. **Stenčeniny sú cestou pre pohyb tekutín v dreve** v jednotlivých anatomických smeroch.

Stenčeniny sa líšia stavbou u jednotlivých bunkových elementov. Stenčeniny na parenchymatických bunkách sú nazývané **jednoduché stenčeniny – bodky**, pretože sú vytvorené priamym, jednoduchým kanálikom, vedeným kolmo na povrch bunkovej steny.

Jednoduchý kanálik je prehradený tenkou priepustnou primárnou vrstvou. Párová stenčenina dvoch parenchymatických buniek stržňového lúča je zobrazená na obr. 6.6a.



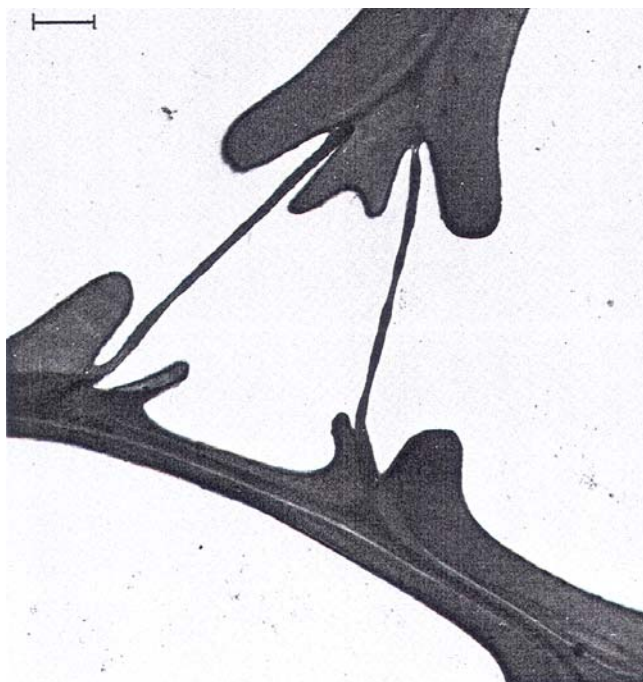
Obr. 6.6 Stenčeniny na stenách drevných pletív: jednoduchá bodka na parenchýme (a), dvojbodky na cievici ihličnatého dreva (b), stenčenina medzi cievicou a parenchymatickou bunkou (c)

Stenčeniny na ostatných bunkách (okrem parenchýmu) tvoria typické **komôrkové stenčeniny nazývané dvojbodky**. Toto pomenovanie dostali podľa dvoch okrúhlych zväčša sústredných útvarov zobrazujúcich sa na radiálnych stenách vláknitých a cievovitých buniek. Menší oválny až okrúhly útvar odpovedá otvoru, apertúre – úplnému prerušeniu sekundárnej vrstvy. Tento otvor, kanálik sa smerom k primárnej vrstve zväčšuje, čím sa vytvára v okolí primárnej vrstvy väčšia dutina, komôrka. Väčší kruhový útvar na stenčenine odpovedá vydutej zhrubnutej sekundárnej vrstve, ktorá je vyklenutá nad vnútornú dutinu stenčeniny (Obr. 6.6b).

Pri kontakte parenchymatickej bunky s vláknitou, alebo cievovitou bunkou sa vytvárajú polo-dvojbodky, zo strany vláknitej, alebo cievovitej bunky je dvojbodka, zo strany parenchýmu je vytvorená jednoduchá bodka (Obr. 6.6c).

U ihličnatého dreva sú dvojbodky medzi dvoma cievicami (intertracheidálne dvojbodky) prehradené zloženou strednou lamelou (dve primárne vrstvy a stredná lamela), ktorá sa v procese tvorby vydutej sekundárnej vrstvy modifikuje. Stredná časť tejto vrstvy zhrubne do tvaru šošovky, nazývaného **torus** a v ploche obklopujúcej torus dôjde k lúčovitému usporiadaniu celulóзовých fibríl a k enzymatickému rozpusteniu pôvodnej pektínovej vrstvy primárnej steny. Zhrubnutý nepriepustný torus je takto zavesený na sieťovitej, priepustnej blanke celulóзовých fibríl, nazývaných **margo** (Obr. 6.6b.)

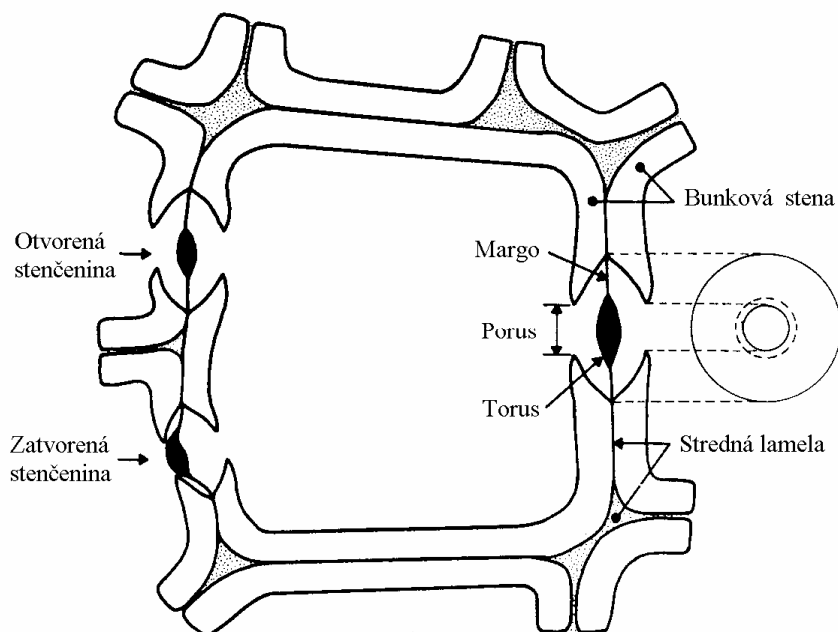
Dvojbodky listnatého dreva (Obr. 6.7) sa vo veľkom počte nachádzajú na tangenciálnych stenách ciev, kde zabezpečujú kontakt medzi nimi. Oproti ihličnatým dvojbodkám sa líšia stavbou membrány, ktorá oddeľuje jednotlivé cievy. Membrána (zložená stredná lamela) dvojbodky nemá zhrubnutý torus, a priepustné margo a stavbou sa podobá na membránu vytvorenú medzi parenchymatickými bunkami u jednoduchej stenčeniny.



Obr. 6.7 Priechy rez dvojbodkami listnatého dreva

Stenčeniny ihličnatého dreva sa vyskytujú predovšetkým na radiálnych stenách buniek. Orientácia fibríl sa v okolí stenčenín mení, odkláňa sa od pôvodného uhla. Čím viac je stenčenín na danej ploche bunky, tým sa viac mení odklon fibríl. Predovšetkým v dominantnej S2 vrstve sa v dôsledku prítomnosti stenčenín zväčšuje uhol uloženia fibríl v radiálnej stene bunky. Táto zmena uloženia fibríl sa prejavuje aj na zmene mechanických vlastností a zosychania a napúčania dreva v radiálnom a tengenciálnom smere.

Stenčeniny všeobecne sa podieľajú na **zabezpečení transpiračného a asimilačného toku** v dreve rastúceho stromu. Aj keď sú cievice ihličnatého dreva dobre prispôbené na vedenie transpiračného toku v pozdĺžnom smere (široké tenkostenné trubky), uzavreté koncové steny neumožňujú pretekajú vody z jednej cievice do druhej. Transpiračný tok je u cievic výhradne vedený cez stenčeniny typu dvojbodiek, ktoré sú vo väčšine umiestnené na radiálnych stenách. Od ich kvality a kvantity, resp. od funkčnosti stenčenín (dvojbodiek) závisí pohyb vody z koreňov do koruny stromu. Na obr. 6.8 je znázornené fungovanie dvojbodky pri regulácii pohybu vody z jednej cievice do druhej. Pokiaľ je **dvojbodka funkčná**, torus sa nachádza v strednej polohe „komôrky“ a voda sa pohybuje z lumenu jednej cievice do druhej tak, že preteká cez pórovité margo stenčeniny. Keď nastane porušenie tlakov v lumene jednej cievice, labilne zavesený torus na margu sa vychýli na jednu stranu, torus uzavrie porus a dvojbodka neprepustí vodu z jednej cievice do druhej. Príčinou vychýlenia torusu na stranu je najčastejšie mechanické poranenie kmeňa, kedy sa z poraneného miesta odparuje voda a tým sa znižuje tlak vodnej pary a vody v lumenoch cievic, ktoré sú v blízkosti poraneného miesta. Tento rozdiel tlakov spôsobí **vychýlenie torusu a uzavretie dvojbodky**.



Obr. 6.8 Dvojbodka na stene ciev

Stavba dvojbodky má pre spracovateľa dreva veľký význam pri technológiách, pri ktorých **potrebujeme usmerňovať pohyb tekutín v dreve** (sušenie dreva, difúzia vody v dreve, impregnácia dreva, penetrácia a pod.). Tieto technologické procesy budú závisieť napr. na **počte dvojbodiek** na bunkovej stene, **veľkosti porusu** dvojbodky, veľkosti otvorov v margo, hrúbke a **tuhosti fibríl marga** a od toho či vnútro dvojbodky má **bradavičnatý alebo hladký povrch** a pod.

Dvojbodky listnatého dreva nemajú takú významnú funkciu pri transpiračnom toku ako dvojbodky na tracheidách ihličnatého dreva. Cievky, ako typické vodivé elementy v dreve, sú síce husto posiate dvojbodkami, predovšetkým na stenách, ktoré sú v kontakte s ďalšími cievami. U ciev je vedený transpiračný tok predovšetkým cez koncové perforácie. Preto aj stavba **dvojbodky listnatého dreva nie je prispôbená na úplné zastavenie, prerušenie transpiračného toku**, ako je to u ihličnatého dreva. Stenčenina listnatého dreva nemá zhrubnutý torus, ale vo vnútri dvojbodky sa nachádza polopriepustná stredná lamela, ktorá prepúšťa vodu v obmedzenom množstve z lumenu jednej cievky do lumenu druhej. Zastavenie transpiračného toku v prípade vytvorenia jadra, alebo pri poranení stromu je u listnatého dreva zabezpečované cez tvorbu tyl.

Stenčeniny na parenchymatických bunkách stržňových lúčov (jednoduché bodky) zabezpečujú predovšetkým **asimilačný tok ústrojných organických látok** (produktov fotosyntetickej asimilácie) v radiálnom smere. Pohyb asimilátov je vedený cez úzke kanáliky, ktoré sú prehradené tenkou polopriepustnou blankou. Parenchymatické bunky stržňových lúčov sú taktiež v kontakte s ostatnými drevnými pletivami cez malé stenčeniny (tangenciálny pohyb asimilátov). Dôsledok veľkosti a stavby stenčenín na parenchymatických bunkách je výrazne nižšia priepustnosť dreva pre tekutiny v radiálnom a tangenciálnom smere v porovnaní s axiálnym smerom tak v listnatom ako aj v ihličnatom dreve.

6.4 Chemická štruktúra dreva

Drevo ako prírodný materiál je komplex chemických látok zväčša makromolekulového charakteru. Po ťažbe sa v guľatine nachádzajú aj živé pletivá, predovšetkým určitý podiel

živých parenchymatických buniek, ktoré okrem základnej bunkovej steny majú aj živú cytoplazmu, ktorej chemické zloženie sa líši od chemického zloženia bunkových stien daného pletiva. Pri spracovaní dreva, po určitej dobe skladovania, resp. presušenia, však môžeme uvažovať už len s mŕtvym drevom. Takéto drevo je tvorené celulórou bunkových stien, ktorá reprezentuje približne polovicu hmoty dreva. Druhú polovicu hmoty dreva tvoria hemicelulózy, lignín a ostatné sprievodné látky.

Pre správne pochopenie vlastností dreva je potrebné poznať vlastnosti a zastúpenie základných chemických zložiek dreva v jednotlivých botanických druhoch. Vzájomné väzby medzi týmito chemickými látkami, ich rozloženie v bunkovej stene, variabilita v jednotlivých častiach kmeňa, prípadne orgánoch stromu, sú dôležité predovšetkým pre každého spracovateľa dreva. Najdôležitejšie sú však pre tých, ktorí spracúvajú drevo na buničinu a iné chemické látky.

6.4.1 Elementárne zloženie dreva

Suché drevo (vysušené pri teplote $103 \pm 2^\circ\text{C}$ do konštantnej hmotnosti) má približne rovnaké zloženie chemických elementárnych prvkov (Tabuľka 6-1). **Dominantným chemickým prvkom v dreve je uhlík, ktorý tvorí približne polovicu suchého dreva.** Kyslík (44 %) a vodík (6 %) spolu s uhlíkom tvoria takmer 99 % drevnej substancie. Drevo obsahuje aj malé množstvo anorganických prvkov, ktoré pri spálení dreva ostávajú ako pevný nespáliteľný podiel – popol. Obsah týchto prvkov je v dreve našich drevín veľmi nízky. Vyšší podiel popola je v beli ako v jadre kmeňa. Najvyšší podiel minerálnych prvkov sa nachádza v kôre (6–7 %). Niektoré dreviny obsahujú zvýšený podiel kremíka (u niektorých tropických drev cca 2 %), čo môže spôsobovať rýchlejšie otupovanie rezných nástrojov pri pílení a obrábaní takéhoto dreva.

Tabuľka 6-1 Elementárne zloženie dreva

Chemický prvok	% zastúpenie
Uhlík	49
Vodík	6
Kyslík	44
Dusík	0,1
Ca, K, Mg, Si (popol)	0,2–0,5*

* v niektorých tropických drevách až 3,0–3,5 %

Elementárne zloženie dreva má význam pre výpočet množstva tepla, ktoré získame spálením hmotnostnej (kg), alebo objemovej (m^3) jednotky dreva.

6.4.2 Chemické zloženie dreva

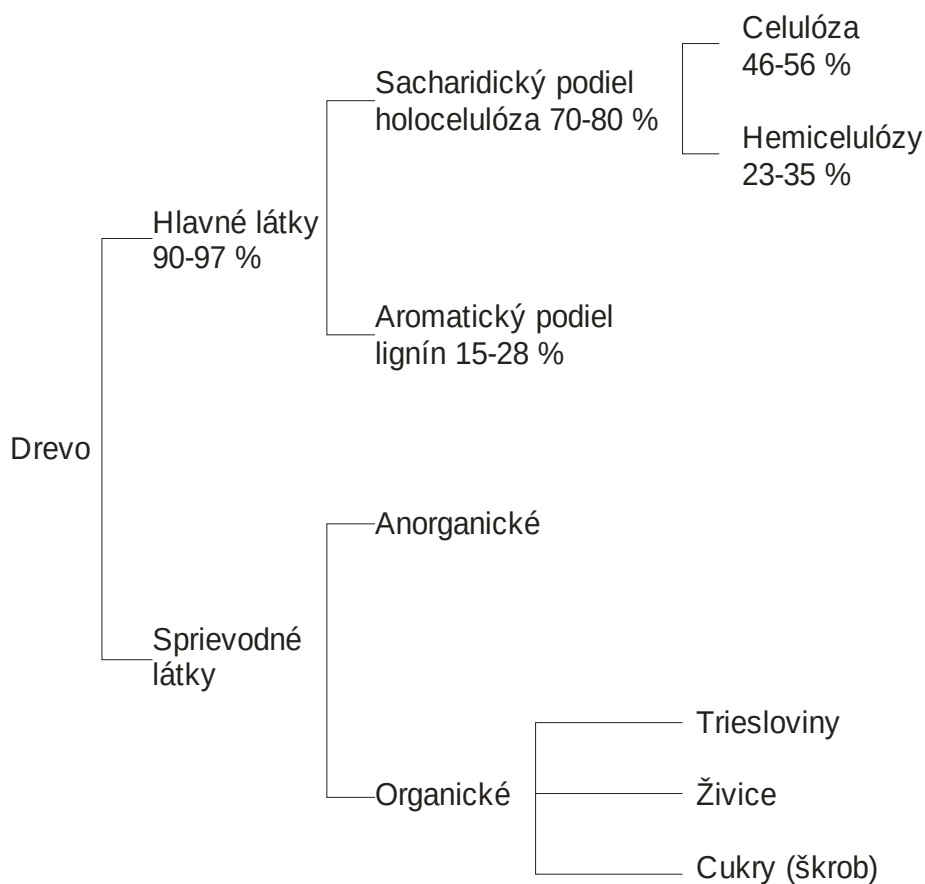
Drevo ako prírodný rastlinný materiál je zmes chemických v podstatnej miere organických látok. Hlavnú časť dreva tvoria tri organické makromolekulové látky; **celulóza, hemicelulózy a lignín** (Obr. 6.9). Podiel týchto troch látok predstavuje 90–97 % hmotnosti absolútne suchého dreva. Vysokopolymérny sacharid **celulóza** je v dreve obsiahnutá cca 50 %. Tento homopolymér (homogénny polymér) je **z hľadiska využitia dreva najdôležitejšia chemická látka**, ktorú človek už v dávnej minulosti dokázal izolovať z dreva a využívať na rôzne výrobky (papier, dynamit, chemické vlákna a pod). Aj z tohto dôvodu, že celulóza sa

nachádza v prírode aj v čistom stave (bavlna) je celulóza najlepšie preskúmaná chemická látka dreva.

Približne jednu štvrtinu absolútne suchého dreva tvoria heteropolymérne polysacharidické látky nazývané hemicelulózy. **Hemicelulózy sú tvorené zmesou päť a šesť uhľikových sacharidov a uronových kyselín.** Polysacharidický podiel dreva tvorený celulózou a hemicelulózami nazývame **holocelulóza**.

Tretia základná zložka dreva je aromatická látka nazývaná lignín. Má výrazne iné chemické zloženie a aj vlastnosti v porovnaní s celulózou a hemicelulózami.

Sprievodné, nazývané aj extraktívne látky tvoria do desať percent hmotnosti suchého dreva. Ich podiel a aj chemické zloženie v dreve je veľmi premenlivé (jadrové drevo – beľové drevo, drevo tropických drevín v porovnaní s drevom drevín mierneho pásma a pod). Jedna časť sprievodných látok je tvorená sacharidmi, aromatickými látkami či už vo forme monomérov alebo nízkomolekulových polymérov. Druhá časť sprievodných látok je tvorená anorganickými látkami (Obr. 6.9).



Obr. 6.9 Schéma rozdelenie chemických látok v dreve

6.4.2.1 Celulóza

Pri fotosyntéze v listoch zelených rastlín reagujú voda a oxid uhličitý za podpory slnečnej energie za vzniku glukózy a iných jednoduchých cukrov. Pri tejto fotosyntetickej reakcii vzniká ako vedľajší odpadný produkt kyslík, ktorý zelená rastlina „vydychuje“ do ovzdušia. Roztok cukrov a ich rôznych biochemických foriem je transportovaný z listov vo forme rastlinných štiav lykovou zónou kôry v pozdĺžnom smere nadol a stržňovými lúčmi

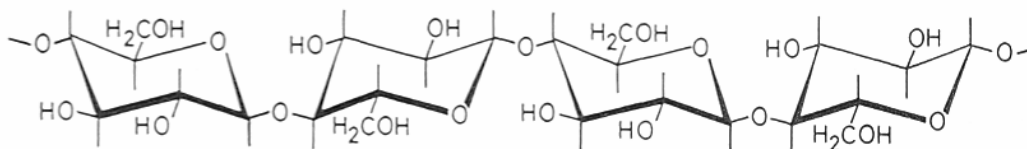
v radiálnom smere do všetkých častí a orgánov stromu (púčiky, kvety, plody, kmeň, korene, a pod.), kde dochádza v meristematických pletivách (napr. kambium) k diferenciácii nových pletív. V živých meristematických pletivách zložitými biochemickými reakciami, za kontroly rastových stimulátorov, sa syntetizujú dlhé makromolekuly (Obr. 6.10).

Efektom tohto polymérneho procesu je, že **glukózové molekuly** sú navzájom spájané prostredníctvom **glykozidických väzieb C-O-C** za vytvorenia vysokopolymérnej celulózy. **Glykozidické väzby sú veľmi pevné**, čo dáva makromolekulám celulózy **vysokú ťahovú pevnosť**. **Bočné väzby celulóзовých makromolekul** sú tvorené podstatne slabšími vodíkovými väzbami H.....O. Výsledný produkt, celulóza má vysoký stupeň polymerizácie (počet glukózových stavebných jednotiek), rádovo niekoľko tisíc u dreva a cca 10 000 jednotiek u bavlny.

Celulóza je chemická látka, ktorá je ľuďstvu, vzhľadom na jej využitie, dobre známa už niekoľko tisícročí. V prírode sa čistá celulóza nachádza v bavlně, čo dáva možnosti skúmania jej zloženia a vlastností. V protiklade sú hemicelulózy a lignín, ktoré sa nevyskytujú čisté v prírode a získavame ich len izoláciou z rastlín (dreva).

Makromolekuly celulózy sú v bunkových stenách zväčša **usporiadané do kryštálovej mriežky** s presnou orientáciou a rozmermi. Určitý podiel makromolekul celulózy je bez pravidelného usporiadania a vytvára tzv. **amorfné usporiadanie** (amorfné oblasti). Takto usporiadané makromolekuly majú mnohé **-OH skupiny voľné**, nezviazané cez vodíkové väzby ako v kryštalickej usporiadaní. **Na tieto voľné -OH skupiny sa ľahko naviaže voda**, čo spôsobuje napúčanie celulózy a tým aj bunkovej steny a samotného dreva v jednotlivých anatomických smeroch. Voľné hydroxylové skupiny (-OH) sú zodpovedné za to, že **celulóza je hydrofilná** (ľahko viaže vodu na svoj povrch).

Celulóza ako chemická látka je **veľmi stabilný polymér** voči zriedeným kyselinám, zásadám a bežným organickým rozpúšťadlám. Len koncentrované kyseliny dokážu degradovať jej makromolekuly a koncentrované hydroxidy ju dokážu rozpúšťať.

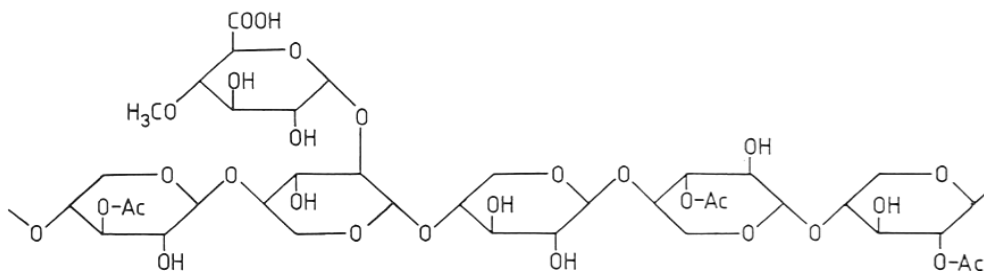


Obr. 6.10 Štruktúra makromolekuly celulózy

6.4.2.2 Hemicelulózy

Glukóza je základný cukor produkovaný v procese fotosyntézy, nie je však jediný. Ďalšie 6-uhlíkaté cukry (sacharidy), ako **galaktóza a manóza**, a 5-uhlíkaté cukry, ako **xylóza a arabinóza** sú syntetizované v asimilačných orgánoch zelených rastlín. Tieto a ďalšie sacharidické deriváty ako napr. **glukurónové kyseliny** spolu s glukózou sú syntetizované do makromolekul (heteropolyméru) nazývaných hemicelulózy (Obr. 6.11). Väčšina hemicelulóz má taktiež lineárne makromolekuly, ale s krátkymi bočnými reťazcami. Polymerizačný stupeň hemicelulóz dosahuje rádovo niekoľko stovák jednotiek (200–300).

Podľa hlavných stavebných jednotiek rozdeľujeme hemicelulózy na xylány, manány a galaktány, u ktorých hlavnou látkou v makromolekule je anhydrid daného sacharidu. V listnatom dreve sú xylány hlavnou zložkou hemicelulóz, v ihličnatom dreve sú v hemicelulózach zastúpené viac šesťuhlíkaté sacharidy (manóza, galaktóza).



Obr. 6.11 Schematické znázornenie makromolekuly hemicelulóz

Nižší polymerizačný stupeň hemicelulóz je príčinou toho, že sa dajú **hemicelulózy pomerne ľahko hydrolyzovať** už aj zriedenými kyselinami a taktiež sú rozpustné v zriedených hydroxidoch. Táto ich vlastnosť je využívaná pri izolovaní celulózy z dreva, kedy sa zriedenými hydroxidmi drevo delignifikuje za súčasného odstránenia hemicelulóz. Výrazne stabilnejšia celulózová kostra bunkových stien (buničina) ostáva vo varnom procese prakticky neporušená.

6.4.2.3 Lignín

Lignín je komplex vysokomolekulových polymérnych látok zosieťovaných do **priestorovej štruktúry**. Základnou **štrukturálnou jednotkou lignínu je fenypropán**. Aj keď je lignín zložený z uhlíka, vodíka a kyslíka, podobne ako celulóza a hemicelulózy, nepatrí medzi polysacharidy, ale jeho podstata je fenolická. **Lignín ihličnatého dreva sa líši od lignínu listnatého dreva** štrukturálnou stavbou (zväčša jednou metoxylovou skupinou na fenolickom jadre u ihličnatého dreva, oproti dvom metoxylovým skupinám u listnatého dreva) a aj samotným obsahom (Obr. 6.12). Ihličnaté drevo má vyšší podiel lignínu ako listnaté drevo (Obr. 6.13).

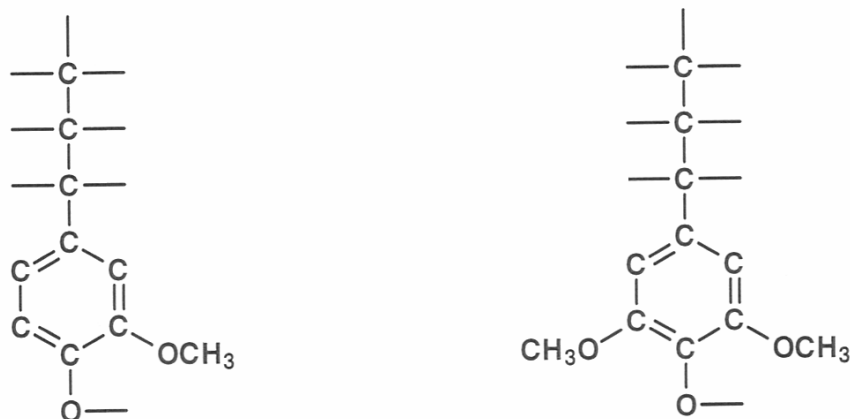
Najviac lignínu sa nachádza medzi bunkovými stenami jednotlivých drevných pletív, kde mu prisudzuje lepidlivú schopnosť v dreve. V bunkovej stene je lignín nerovnomerne rozložený. Smerom k lumenу buniek podiel lignínu klesá.

Keďže lignín nemá vo svojej štruktúre voľné hydroxylové skupiny (-OH) **neviaže na seba vodu** a je preto vodoodpudivý (hydrofóbny). Vzhľadom na jeho rozloženie v bunkovej stene sa mu prisudzuje schopnosť čiastočne brániť prístupu vody k hydroxylovým skupinám polysacharidov, ktoré sú silne hydrofilné (dobré viažu na svoj povrch vodu).

Lignín je termoplastická látka, teplom mäkne. Táto jeho vlastnosť sa využíva pri parení dreva. Predovšetkým bukové drevo je po parení mäkkšie a preto sa lepšie krája a lúpe. Podobne po naparení sa bukové drevo dobre ohýba, čím sa dajú získať zložité tvary dielcov pri výrobe ohýbaného nábytku.

6.4.2.4 Sprievodné látky

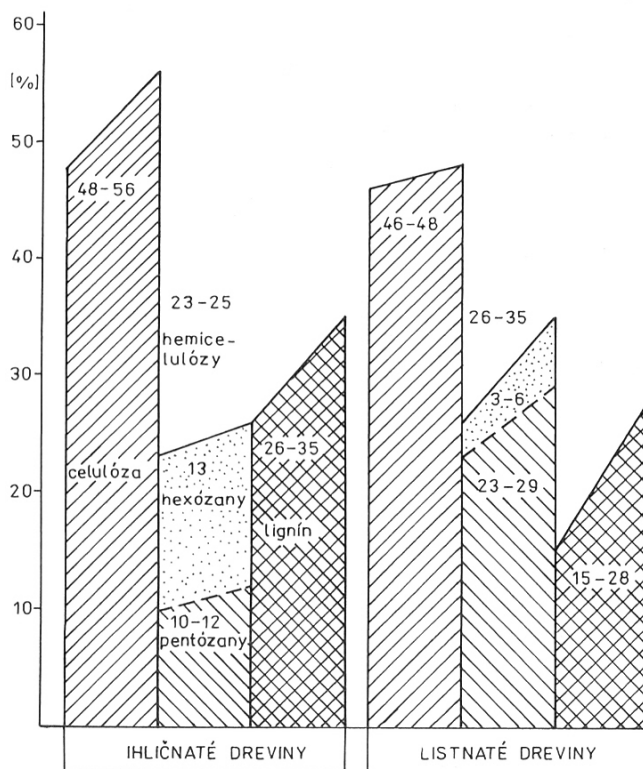
Predovšetkým jadrové drevo mnohých drevín obsahuje chemické zlúčeniny, ktoré sú nazývané sprievodné – extraktívne látky. Najčastejšie sa v dreve nachádzajú extraktívne látky vo forme **cukrov, voskov, živíc, tukov, gúm, tanínov a ďalších** aromatických látok, ktoré sú zodpovedné za farbu dreva. Extraktívne látky nie sú priamo naviazané na základné zložky bunkovej steny (celulózu, hemicelulózy a lignín), ale len **impregnujú bunkovú stenu** základných pletív dreva, **prípadne sú uložené v lumene parenchymatických buniek**.



Obr. 6.12 Základné stavebné jednotky lignínu ihličnatého a listnatého dreva

Extraktívne látky sa dajú pomerne jednoducho izolovať, extrahovať z dreva bez porušenia jeho bunkovej štruktúry. Niektoré extraktívne látky sa dajú extrahovať z dreva už studenou vodou, iné teplou vodou, ďalšie organickými polárnymi a nepolárnymi rozpúšťadlami (etanol, benzén a pod.).

Mnohé sprievodné látky vplyvajú aj na trvanlivosť dreva. Napríklad jadrové drevo duba, agátu má niekoľkonásobne vyššiu odolnosť ako beľové drevo, ktoré má obsah extraktívnych látok nižší.

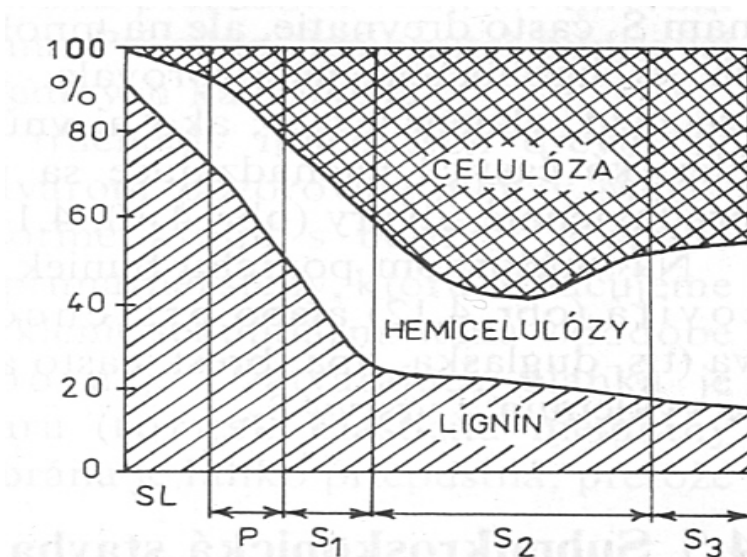


Obr. 6.13 Podiel hlavných stavebných látok v ihličnatom a listnatom dreve.

6.4.3 Chemická štruktúra bunkovej steny

Ako bolo už uvedené, stena vlákňitých buniek je tvorená vrstvami P_1 , S_1 , S_2 , S_3 . Vrstvy sa líšia jednak uhlom uloženia celulóзовých fibríl ale tiež chemickým zložením t.j. zastúpením jednotlivých základných chemických stavebných látok v nich.

Obr. 6.14 zobrazuje schematicky rozloženie celulózy, hemicelulózy a lignínu v jednotlivých vrstvách steny vlákňitej bunky. **Stredná lamela má vysoké zastúpenie lignínu** a veľmi malé zastúpenie polysacharidov (celulózy a hemicelulózy). V primárnej stene začína klesať obsah lignínu a postupne sa zväčšuje obsah celulózy a hemicelulózy. **Dominantná S_2 vrstva je tvorená hlavne celulózou**. Vnútorňa vrstva sekundárnej steny S_3 má najvyššie zastúpenie celulózy a hemicelulózy. V tejto vrstve je najnižší podiel lignínu.



Obr. 6.14 Rozloženie celulózy, hemicelulózy a lignínu v stene vlákňitej bunky ihličnatého dreva

Informácie o rozložení základných stavebných látok v bunkovej stene sú veľmi dôležité pre pochopenie procesov spracovania dreva ako sú plastifikácia dreva, rozvlákňovanie dreva, delignifikácia dreva a ďalšie. Pri týchto procesoch, ktoré sa používajú často pri spracovaní dreva modifikujeme či už celú bunkovú stenu, alebo niektoré jej vrstvy tak, aby sme dosiahli požadované vlastnosti dreva (dočasné zníženie mechanických vlastností dreva), získali rozvláknené drevo bez poškodenia jednotlivých vlákien, alebo odstránili niektorú chemickú látku z drevných vlákien za účelom získania materiálu s novými vlastnosťami (výroba buničiny pre grafický papier, novinový papier a pod.).

Napríklad pri plastifikácii pôsobíme vlhkosťou a teplom na drevo. Lignín ako termoplastická látka zmäkne a tým sa znížia mnohé mechanické vlastnosti dreva. Takto nahriate – plastifikované drevo sa dobre ohýba. Najviac lignínu je v strednej lamele, čiže v tejto vrstve sa najviac zníži pevnosť a jednotlivé vlákna je možné oddeliť s vynaložením menšej sily (menšia spotreba energie) pri procese rozvlákňovania dreva. Pri odváraní buničiny (chemický proces v celulózkach) chemickými reakciami prevedieme lignín do rozpustného stavu. Stredná lamela, ktorá je v podstate tvorená lignínom sa rozpustí a jednotlivé vlákna sa oddelia. Pri tomto procese sa varnými roztokmi súčasne delignifikujú aj ostatné vrstvy bunkovej steny a podobne sa rozpustia aj hemicelulózy. Výsledným produktom tohto procesu, ktorého je cca 50 % z hmoty dreva, je vláknina (buničina) tvorená prakticky len celulózou.

7 KÔRA

Pod kôrou rozumieme vrstvu pletív, ktoré tvoria vonkajší obvod, plášť kmeňa, konárov a koreňov. Kôra vo všeobecnosti má tri funkcie: ochrannú, vodivú a mechanickú. Kôra chráni vnútorné, často živé pletivá (napr. kambium) pred vonkajším prostredím (slnečné žiarenie, prestup vody, mikroorganizmy). Kôra rozvádza produkty asimilácie po dĺžke kmeňa, konárov, koreňov. Kôra chráni slabé, tenkostenné pletivo (kambium) pred mechanickým poškodením.

Kôra sa nachádza na všetkých guľatinových sortimentoch a čiastočne aj na neomietanom rezive. Kôra je časť drevnej suroviny, ktorú je potrebné počas technologických procesov zväčša odstraňovať, separovať od drevnej časti sortimentu. U niektorého spracovania dreva môže prechádzať do finálneho výrobku (výroba drevotriekových materiálov), pri chemickom spracovaní dreva na buničinu je prítomnosť kôry nežiaduca a kôra sa musí pred odváraním buničiny od dreva odseparovať. Pritom je potrebné si uvedomiť, že pri priemernom podiele kôry na guľatine cca 10 % a ročnej ťažbe okolo 7 mil. m³ predstavuje kôra cca 700 tis. m³.

7.1 Tvorba kôry

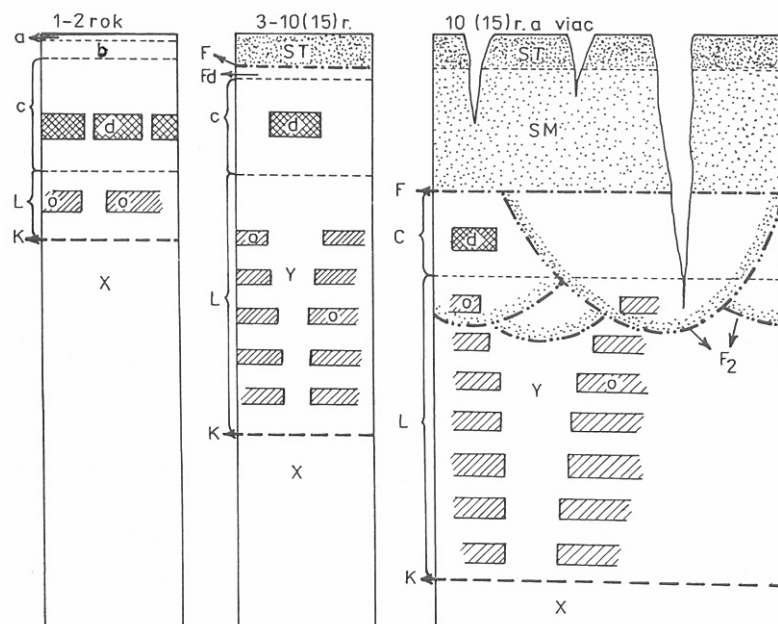
Prvé vrstvy kôry sa vytvárajú pri vrcholovom raste mladej sadenice, keď je prvotná kôra tvorená z pletív primárneho lyka, pericyklu, primárnej kôry a pokožky (Obr. 7.1). Na kmeni stromu je kôra tvorená dvoma sekundárnymi meristémami, kambiom a felogénom. Kambium (nazývané aj drevné kambium), je sekundárne delivé pletivo, ktoré sa delí smerom do vnútra kmeňa na bunky xylemu (dreva) a navonok oddeľuje bunky floemu (lyka). Lyko, podobne ako beľová zóna kmeňa má predovšetkým vodivú funkciu, vedie produkty asimilácie z koruny pozdĺž kmeňa.

Druhé delivé pletivo **felogén**, nazývané tiež **korkové kambium**, sa delí v radiálnom smere dovnútra na **feloderm (zelená kôra)** a navonok na **felém (korok, suberoderm)**. **Feloderm, felogén a felém tvoria spolu vrstvu nazývanú periderm**. Funkcia vonkajšej vrstvy peridermu, korku spočíva v ochrane vnútorných pletív, t.j. lyka, kambia a dreva pred mechanickým poškodením a nepriaznivými vplyvmi abiotických a biotických činiteľov. Povrchová korková vrstva postupným hrubnutím kmeňa, konárika praská, zvetráva a opadáva vo forme malých, mikroskopických častíc. Aktívnym felogénom však stále dorastá. Tým je povrchová vrstva u mladých kmeňov makroskopicky hladká, na buku a hrabe ostáva hladká aj vo vysokom veku.

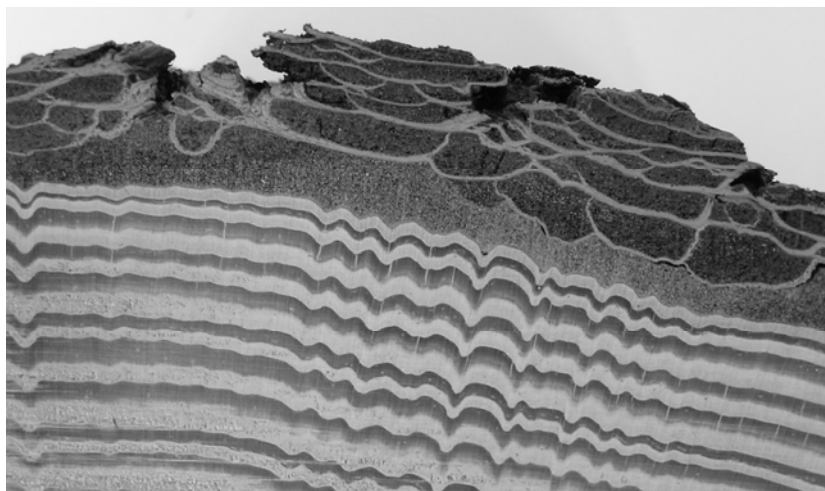
Na obr. 7.3 je znázornená schéma diferenciácie bunkových elementov kôry so stavbou kôry topoľa, ako zástupcu drevín, ktoré vytvárajú kôru s borkou a buka, ako dreviny s kôrou bez borky. **Z vretenovitých kambiálnych iniciál (KM)** sa všetkým drevinám vytvárajú **sitkovice** (Obr. 7.4), ktorých funkcia je viesť zostupný asimilačný prúd po dĺžke kmeňa. Sitkovice majú podobnú funkciu ako cievy v dreve. Ďalšie bunky oddeľované kambiom sú tenkostenné bunky **sprievodného a výplňového parenchýmu**, ktoré plnia v lyku zásobnú funkciu a za určitých podmienok sú schopné ďalšieho delenia. Pevnosť lyku dodávajú buď **hrubostenné lykové vlákna (Tilia)**, alebo **izodiametrické sklereidy (Fagus sylvatica)**. Niektoré dreviny majú v lyku aj kryštálonosný parenchým (Obr. 7.5).

Z kambiálnych izodiametrických iniciál sa oddeľujú dovnútra parenchymatické bunky stržňového lúča a navonok **parenchymatické bunky lykového lúča**, ktoré sú schopné deliť sa v tangenciálnom smere.

U mladého kmeňa, konárika sa z parenchýmu primárnej kôry (PK) vytvára **pokožka** (epiderma s kutikulou) a **sklerenchým pericyklu (SP)**. V 1. alebo 2. roku sa už v primárnej kôre vytvorí delivé pletivo **felogén**, ktorý navonok tvorí **suberoderm** (mäkký MS, tvrdý TS)



Obr. 7.1 Schéma tvorby kôry na priečnom reze v rôznom veku stromu. a – k utikula; b – epiderma; c – primárna kôra; d – pericykel; o – lykové vlákna; L – lyko; K – kambium; F – felogén; F_d – feloderma; F₂ – následný felogén; Y – lykový lúč; X – xylem; SM – suberoderma mäkký; ST – suberoderma tvrdý (Požgaj a kol. 1993)

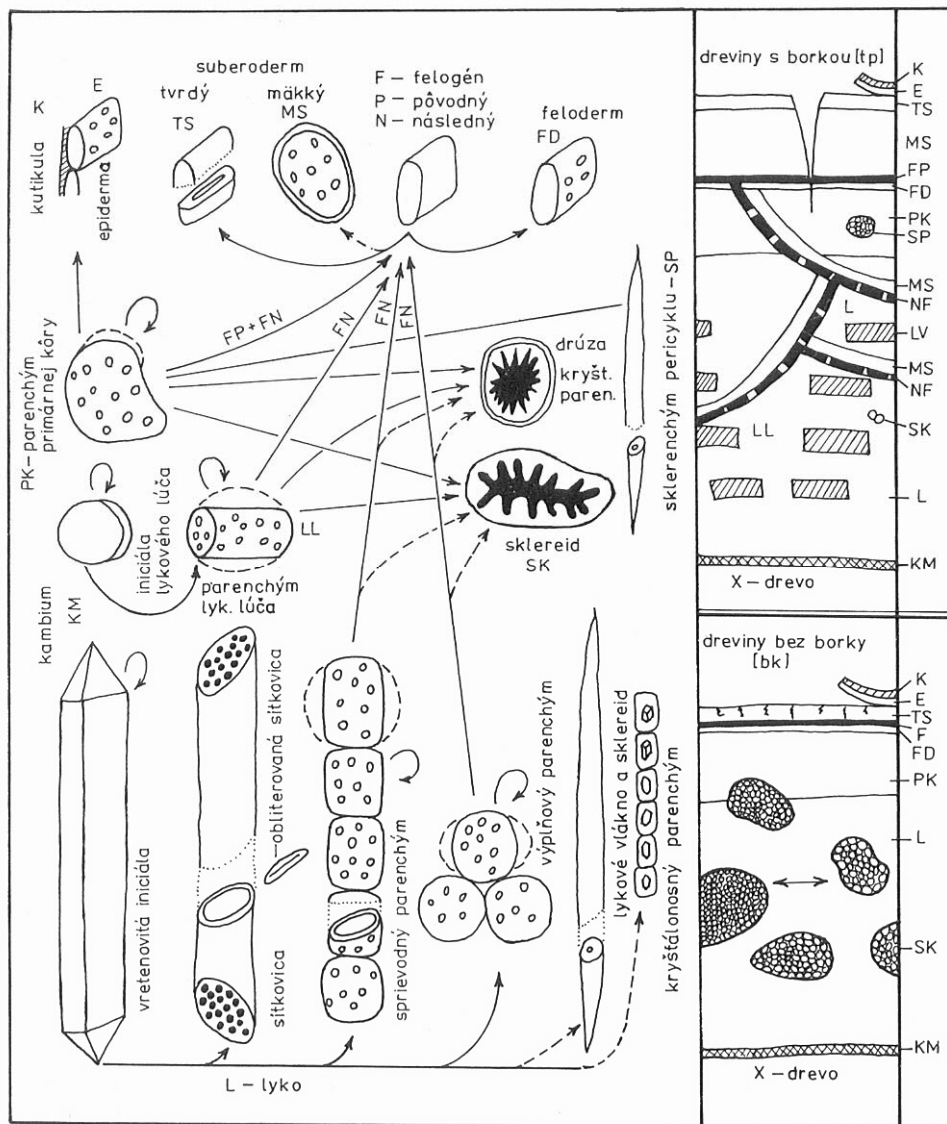


Obr. 7.2 Priečný rez kôrou douglasky (*Pseudotsuga menziesii*). Typická tvorba borky vo vonkajšej časti kôry.

a dovnútra **feloderma** (F_d). V staršom veku sa primárna kôra s pokožkou a pericyklom už netvorí a postupným zvetrávaním povrchu kôry odpadnú. Typy buniek označené v schéme vracajúcou sa šípku sú schopné ďalšieho delenia, diferenciácie.

Dreviny, ktoré majú **hladkú tenkú kôru** (nevytvárajú borku) majú **felogén vitálny počas celého života stromu**. Zväčšovaním obvodu kmeňa sú vznikajúce mikrotrhliny v korkovej vrstve plynulo dopĺňané novými bunkami suberodermy. **Väčšine drevín však felogén postupne odumiera**, ale nie v celom obvode, ploche kmeňa, ale len na relatívne malých tvaroch, plochách. Funkciu takto odumretého pôvodného felogénu preberá tzv. **následný felogén** (NF). Následný felogén je zakladaný zo sprievodného a výplňového parenchýmu a parenchýmu lykového lúča. Delením následného felogénu sa navonok oddeľuje suberoderma

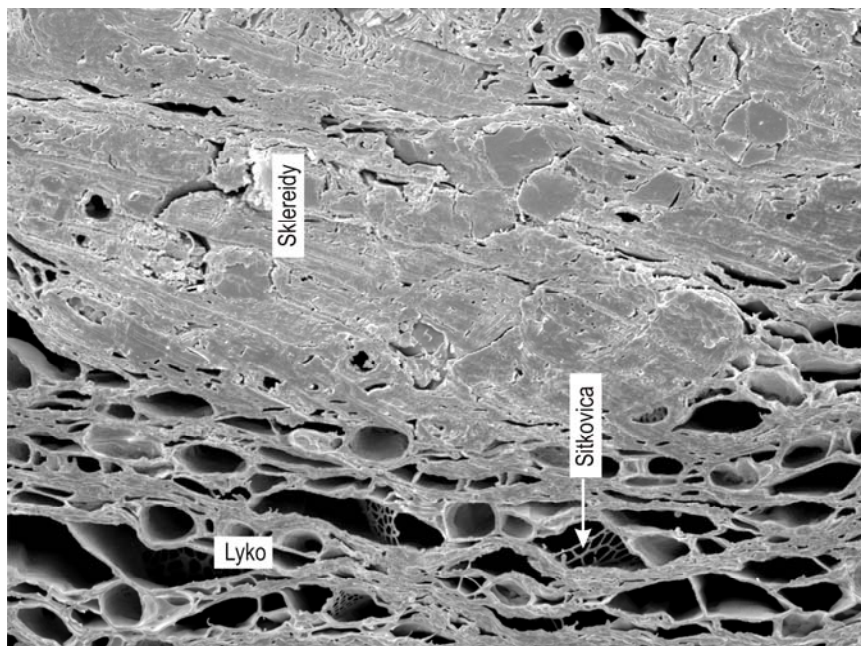
zväčša vo forme tvrdého korku. **Feloderm už následný felogén nevytvára.** Pletivá kôry nad novo vytvoreným následným felogénom sú aj vrátane suberodermu všetky odumreté a toto súvrstvie nazývame borka (Obr. 7.2). Teda **borku definujeme ako súvrstvie odumretých pletív lyka, (primárnej kôry len u mladého kmeňa), odumretých felogénov a suberodermu.**



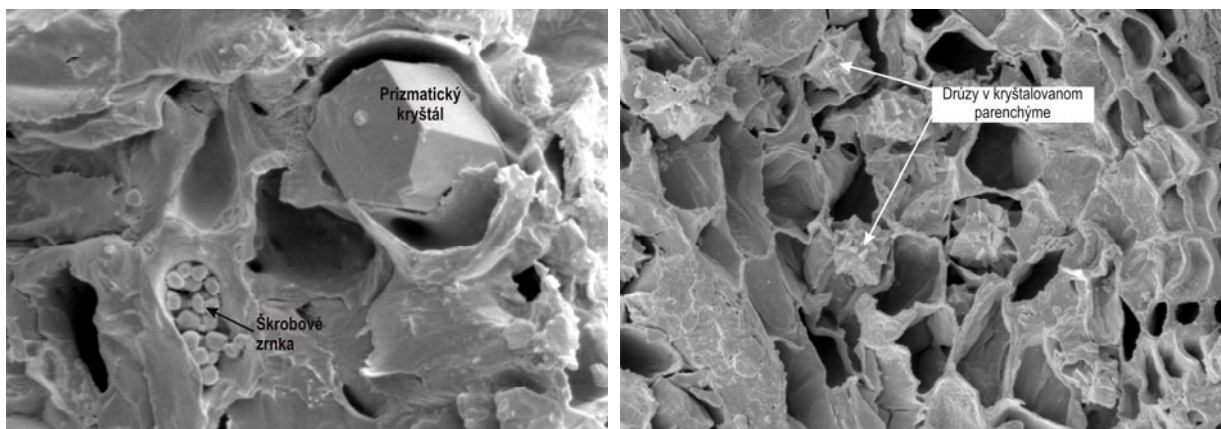
Obr. 7.3 Schéma diferenciácie bunkových elementov kôry a štruktúra kôry s borkou (*Populus*) a bez borky (*Fagus sylvatica*)(Požgaj a kol. 1993)

Chemickým zložením sa kôra líši od dreva. Kým lyko môžeme porovnávať s chemickým zložením dreva, periderm, resp. borka sa významne líšia od chemického zloženia dreva. Kôra ako celok má v porovnaní s drevom nižší obsah celulózy, vyšší obsah hemicelolóz a vyšší obsah lignínu. V korkovej vrstve je lignín nahradený suberínom, ktorý má podobný aromatický charakter.

Kôra obsahuje niekoľkonásobne vyšší obsah extraktívnych látok ako drevo. Vysoký podiel anorganických látok je uložený v kryštalonosnom parenchýme vo forme kryštálov rôznych kryštalových sústav (prizmatické kryštály, drúzy a pod., obr. 7.5). Spálením dreva ostávajú tieto chemické látky vo forme nespáliteľného podielu popola. Obsah popola je v kôre niekoľkonásobne vyšší ako v dreve.



Obr. 7.4 Priečný rez lykovou vrstvou bukovej kôry.



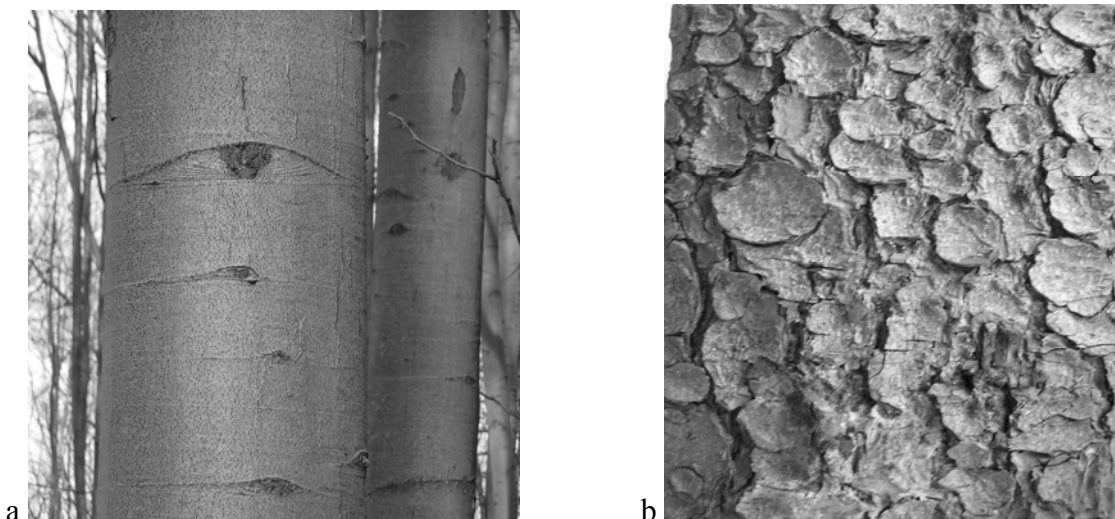
Obr. 7.5 Kryštály uložené v kryštalonosnom parenchýme bukovej kôry

7.2 Makroskopické znaky kôry

Morfológický vzhľad kôry je veľmi premenlivý. Súvisí to jednak so stavbou kôry, ktorá je zložitejšia v porovnaní s drevom. Environmentálne podmienky (zapojený les, solitérny strom) významne ovplyvňujú morfológiu kôry. Napr. kôra smreka (*Picea abies*) v zapojenom lese je tenšia v porovnaní s kôrou smreka, ktorý rastie ako solitér. Na solitére musí kôra lepšie plniť ochrannú funkciu proti slnečnému žiareniu ako je to u kôry smreka rastúceho v hustom lese, kde sa slnečné lúče nedostávajú priamo na kmeň, pretože sú zachytené korunami stromov. Morfológia kôry je významne ovplyvňovaná aj vekom stromu. Iná morfológia je na päť ročnom stromčeku a iná na sto ročnom kmeni. Po výške kmeňa sa taktiež mení morfológia kôry, čo súvisí aj s vekom, na prízemku je staršia kôra, v hornej časti stromu je kôra mladšia. Preto napr. breza (*Betula pendula*) má kôru v hornej korunovej časti bielu hladkú a v prízemkovej časti stromu má kôru s takmer čiernou hrubou, tzv. kamennou borkou.

Poznať morfológiu kôry je dôležité pre rozpoznávanie druhov dreva v guľatinových sortimentoch, kde využívame jednak jej povrchovú štruktúru a tiež štruktúru na priečnom reze. Podľa morfológie povrchových štruktúr kôry rozdeľujeme dreviny na:

- hladkokôre (*Fagus sylvatica*, Obr. 7.6a)
- prstencovito sa odlupujúce (*Cerasus avium*)
- šupinaté (*Picea abies*, Obr. 7.6b)
- pozdĺžne rozpraskané (*Robinia pseudoacacia*)
- pozdĺžne aj priečne rozpraskané (*Pinus sylvestris*)



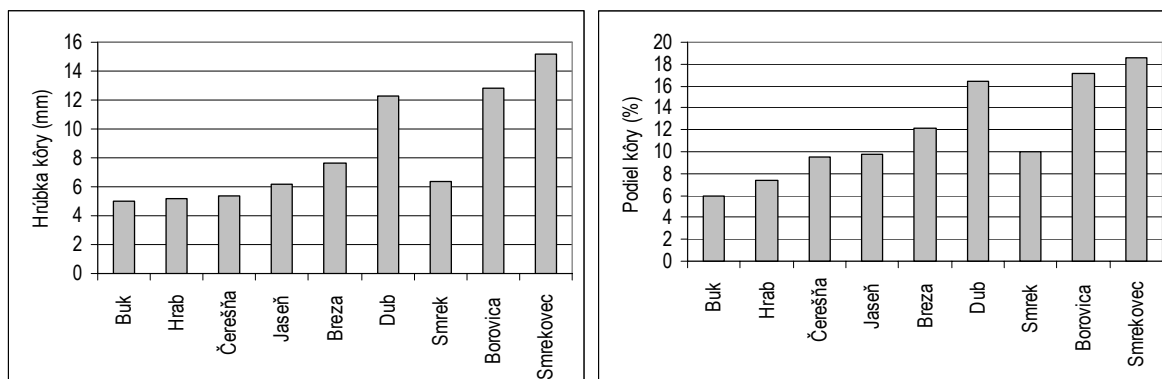
Obr. 7.6 Drevina s hladkou kôrou (*Fagus sylvatica*) a šupinatou kôrou (*Picea abies*)

Hladkokôre dreviny majú pôvodný felogén v činnosti počas života stromu. Felogén neodumiera s stále produkuje vonkajšiu vrstvu suberodermu a tým vyplňuje mikrotrhliny vytvárajúce sa v dôsledku zväčšovania sa obvodu kmeňa. Tieto dreviny nevytvárajú borku. Na ďalších typoch kôr (prstencovité, šupinaté, pozdĺžne rozpraskané a pozdĺžne aj priečne rozpraskané) pôvodný felogén postupne v určitom veku odumiera a vo vrstve lyka sa zakladá následný felogén. V takto sa vytvorenej bôrke, ktorá je zložená z odumretých pletív, vznikajú trhliny, ktoré už nie sú vyplňované novým suberodermom. Na povrchu kmeňa ostáva rozpraskaná borka s charakteristickými tvarmi pre tú ktorú drevinu.

Prírastok dreva na kmeni je závislý na aktivite, delení kambia. Prírastok (hrúbka) kôry je súborom delenia kambia (lyková vrstva) a felogénov (vrstva peridermu alebo borky). Vzhľadom na to, že povrchové vrstvy suberodermu, resp. borky zvetrávajú, opadávajú, hrúbka kôry nikdy nemôže odpovedať skutočnému deleniu týchto dvoch meristematických pletív, ale je vždy menšia.

Hrúbka kôry sa mení počas veku stromu (zväčšuje sa). V určitom veku u niektorých drevín sa hladká kôra mení na kôru s borkou. Hrúbka kôry sa tým môže výrazne zväčšiť. Napr. borovica lesná (*Pinus sylvestris*) má aj niekoľko desiatok rokov len 1–2 mm hrubú jemne šupinatú kôru. V určitom veku (40–50 rokov, na solitérnych stromoch aj skôr) sa začne na borovici vytvárať hrubá borka.

Objem kôry na kmeni (guľatinových sortimentoch) nie je úmerný narastajúcej hrúbke kôry s vekom. S vekom stromu sa zväčšuje objem prirastajúceho dreva a tým sa podiel kôry znižuje. Relatívne najväčší podiel kôry majú tenké sortimenty surového dreva (konárik, konáre) u ktorých podiel kôry môže dosahovať hodnoty napr. na smreka aj nad 20 %. Na piliarskej guľatine priemeru cca 30 cm je podiel kôry okolo 8 % (Obr. 7.7).



Obr. 7.7 Hrúbka a podiel kôry na piliarskej guľatine priemeru 15–30 cm

8 CHYBY DREVA

Chyby sú definované ako nepravidelnosti, alebo odchýlky v textúre a štruktúre dreva, v tvare kmeňa resp. určitého sortimentu dreva, ktoré zhoršujú, resp. obmedzujú jeho použitie pre dané účely. Takto definované nepravidelnosti a odchýlky zväčša znižujú fyzikálne a mechanické vlastnosti dreva a tým obmedzujú jeho použitie pre bežne uvažované účely.

Môžeme sa stretnúť aj s odchýlkami a nepravidelnosťami štruktúry dreva, ktoré zhodnocujú – zlepšujú použitie daného sortimentu. Takéto abnormality v štruktúre dreva menia predovšetkým jeho textúru, sú vyhľadávané hlavne pre výrobu okrasných dýh a sú hodnotené ako zvláštna kresba dreva. Tá istá odchýlka alebo nepravidelnosť štruktúry dreva môže však byť považovaná z pohľadu použitia raz ako chyba dreva a inokedy ako zvláštna kresba dreva.

Chyby dreva rozdeľujeme podľa toho kedy vznikajú:

- Rastové chyby – vznikajú počas rastu stromu
- Chyby vznikajúce počas ťažby, manipulácie a skladovania dreva

Rastové chyby môžu byť spôsobené dedičnosťou (krivosť, zbiehavosť a vidličnatosť kmeňa, ostré vetvenie apod.) alebo môžu byť reakciou na abiotické (vietor, sneh, mráz a pod) a biotické faktory (drevoškodné huby, baktérie, vírusy, hmyz a pod.).

V týchto učebných textoch sa budeme v nadväznosti na prednášky venovať predovšetkým chybám surového dreva, s ktorými sa spracovateľ dreva stretáva pri nákupe dreva vo forme guľatiny a spomenieme aj chyby reziva a iných sortimentov masívneho dreva do ktorých sa prenášajú chyby z guľatiny. Spracovateľ dreva musí vedieť na základe povrchových znakov identifikovať konkrétnu chybu, odhadnúť alebo zmerať jej veľkosť a odhadnúť jej rozsah vo vnútri kmeňa, resp. výrezu. Na základe takto posúdenej kvality sa môže spracovateľ rozhodnúť pre racionálne spracovanie výrezu na konkrétny polotovár resp. výrobok. Podobne musí spracovateľ surového dreva vedieť posúdiť, ako sa chyba pri spracovaní guľatiny prenesie do masívnych sortimentov, prípadne ako ovplyvní ich kvalitu.

Charakteristika chýb dreva je rozpracovaná v normách. Praktické posudzovanie chýb dreva je potrebné vykonávať v súvislosti s normami. V čase vydania týchto učebných textov platia tieto STN, ktoré triedia a definujú chyby, resp. posudzujú kvalitu surového dreva.

STN 48 0203 Surové drevo. Guľatina. Triedenie chýb

STN 48 0204 Surové drevo. Guľatina. Meranie chýb

STN 48 0205 Surové drevo. Guľatina. Názvy a definície chýb

8.1 Hrče

Hrča je časť konára zarasteného v dreve kmeňa alebo hrubšom konári. Tvorba hrče je prirodzenou chybou rastúceho stromu a súvisí s tvorbou koruny stromu. Väčšina hrče začína od stržňa kmeňa, ktorý je rozvetvený do jednotlivých konárov. Každý rok prirastajú ročné kruhy na kmeni a súčasne aj ročné kruhy na konári. Ročné kruhy kmeňa a ročné kruhy konára sú navzájom zrastené, pokiaľ je konár živý, t. j. má asimilačné orgány. Ročné kruhy na konároch sú spravidla vždy užšie ako odpovedajúce ročné kruhy na kmeni. Postupne, ako strom rastie do výšky, nové konáre prekrývajú spodné, čím znižujú prístup svetla k listom. Zatielený konár postupne redukuje asimilačnú plochu až odumiera. Po odumretí konára sa na ňom už ročné kruhy nevytvárajú a konár je prípadne aj s kôrou obrastaný ročnými kruhmi kmeňa. Pritom staré ročné kruhy konára už nie sú zrastené s novými ročnými kruhmi kmeňa. Odumretý konár vysychá, následne sa z neho odlupuje kôra a po určitom čase sa odlomí.

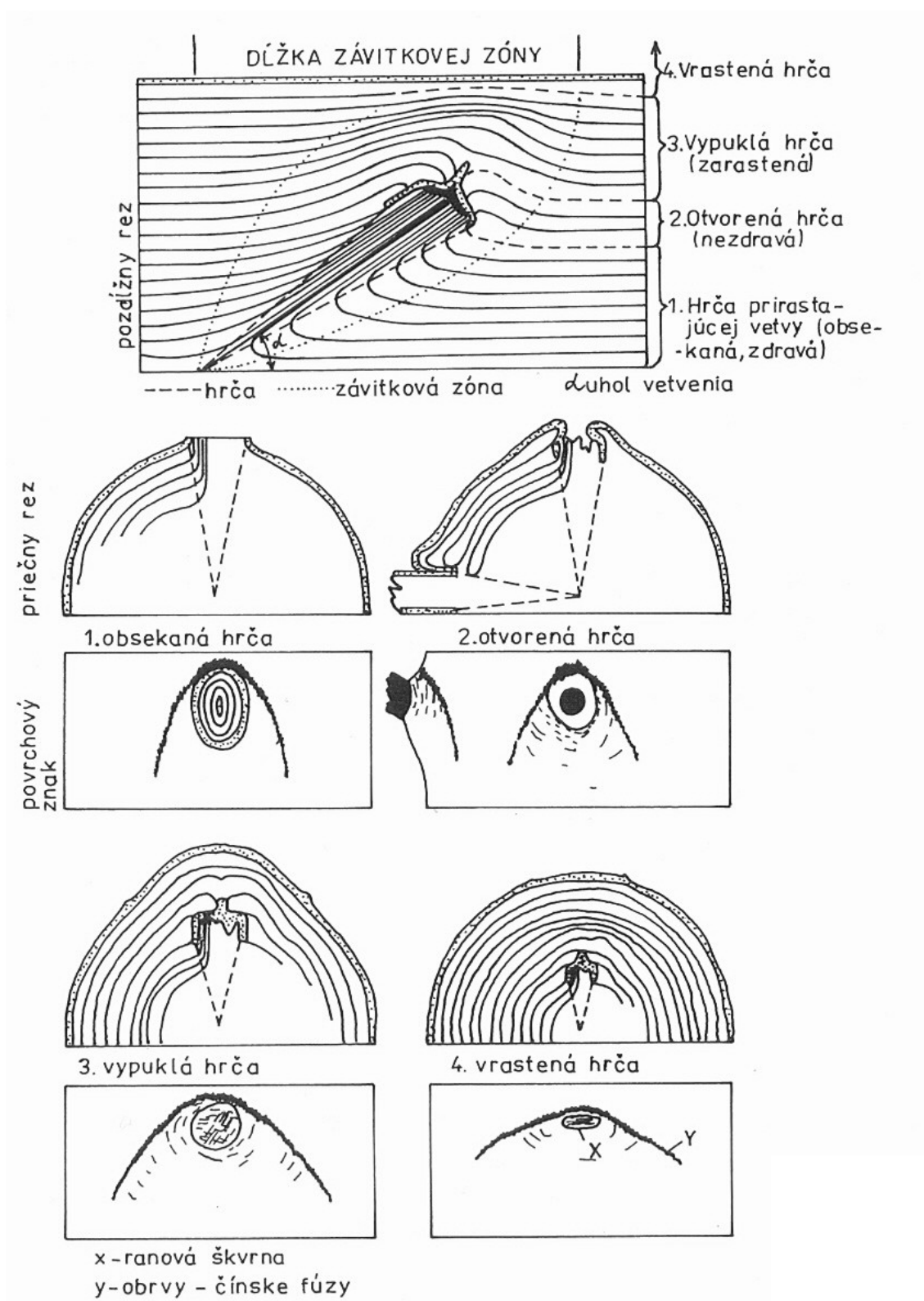
Vyschnutý konár bez ochrannej vrstvy kôry, prípadne aj odlomený, je miestom na strome cez ktorý sa dostávajú do kmeňa drevo sfarbujuce a drevokazné huby. V ďalšom období rastu stromu je odumretý konár alebo jeho zvyšok prekrytý (zavaľovaný) novo prirastajúcimi ročnými kruhmi kmeňa. V závislosti na rýchlosti vysychania odumretého konára, času, kedy sa odlomí, aký veľký zvyšok konára (pahýľ) ostane na kmeni, sa vytvorí na povrchu kmeňa určitý znak (zával, vypuklina), ktorý je dôkazom zarastenej hrče.

Typickým znakom zarastenej hrče na kmeni predovšetkým u drevín s tenkou a hladkou kôrou sú okrem vypukliny aj tzv. čínske fúzy a ranová škvrna. Nové ročné kruhy kmeňa postupne vyrovnávajú vypuklinu na povrchu, ale čínske fúzy a ranová škvrna sa zachovávajú na povrchu kmeňa, čím signalizujú prítomnosť vrastenej hrče v jeho vnútri.

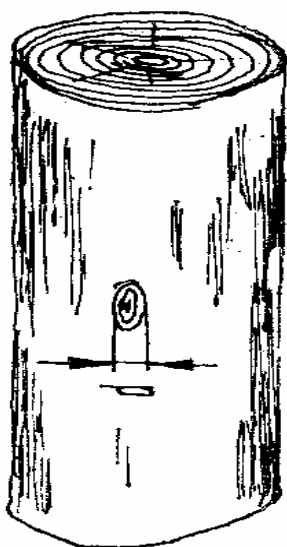
Na obr. 8.1 sú na radiálnom reze znázornené **štyri vývojové štádiá tvorby a zavaľovania hrče**.

1. fáza – **hrča prirastajúceho konára** – konár je živý, má asimilačné orgány, úzke ročné kruhy konára sú zrastené s ročnými kruhmi kmeňového dreva (na rezive hrča zrastená, nevypadne z dosky).
2. fáza – **otvorená hrča** – konár odumrel, nemá asimilačné orgány, ročné kruhy kmeňa nie sú zrastené s konárom, hrčou. Táto časť hrče býva často sfarbená s drevo-sfarbujúcimi, alebo drevokaznými hubami. Z reziva po vysušení vypadáva. Vypadavá hrča obsahuje často na obvode kôru.
3. fáza – **vypuklá (zarastená) hrča** – ročné kruhy kmeňa pokrývajú ranu nad zbytkom konára. Na kmeni vzniká vypuklina s typickou ranovou škvrnou a čínskymi fúzami.
4. fáza – **vrastená hrča** – ďalším zavaľovaním vypuklej hrče sa vyrovnáva vypuklá zóna s povrchom kmeňa. Povrchovým znakom vrastenej hrče je **ranová škvrna**, veľkosť ktorej odpovedá prierezu odumretého konára zohľadňujúci uhol vetvenia a **čínske fúzy** na kôre v tvare paraboly. Podľa rozmeru paraboly čínskych fúzov v pozdĺžnom a priečnom smere je možné odhadnúť veľkosť (priemer) hrče a hĺbku ukončenia hrče pod povrchom kmeňa.

Okolo každej hrče sa vytvára závitková zóna, v ktorej sú ročné kruhy kmeňa odklonené od pozdĺžneho smeru v dôsledku prirastania na ročné kruhy konára (hrče) a ako dôsledok zavaľovania hrče. Táto sekundárna chyba súvisiaca s hrčami je hodnotená nepriaznivo hlavne u piliarskych sortimentov, u ktorých sa požaduje prísna rovnovážnosť (napr. nábytkové hranolky používané na výrobu ohýbaného nábytku).



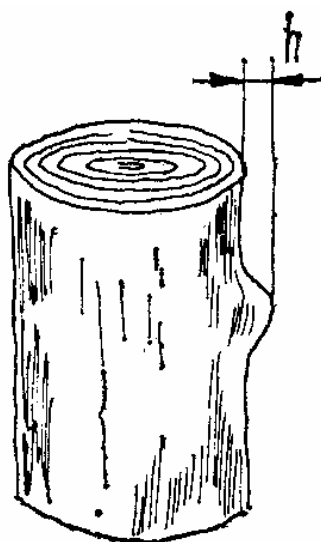
Obr. 8.1 Vývojové štádiá tvorby a zavalovania hrče (Chovanec 1969)



Obr. 8.2 Otvorená hrča



Obr. 8.3 Hrča vypuklá



Obr. 8.4 Vrastená hrča

Hrče významne ovplyvňujú kvalitu kmeňového dreva:

- zvyšujú heterogenitu dreva
- menia orientáciu anatomických smerov v kmeni
- majú úzke ročné kruhy, vyššiu hustotu dreva
- majú iný podiel jarného a letného dreva v porovnaní s kmeňovým drevom
- obsahujú reakčné drevo (tlakové, ťahové)
- sú často napadnuté hnilobou (nižšia tvrdosť dreva)
- menia textúru dreva (farba dreva, iný podiel letného dreva, orientácia ročných kruhov, závitková zóna, sfarbenie hubami)
- majú inú orientáciu vlákien v porovnaní s kmeňovým drevom

Hrče ovplyvňujú rovnovážnosť dreva čo súvisí hlavne s uhlom vetvenia a závitkovou zónou.

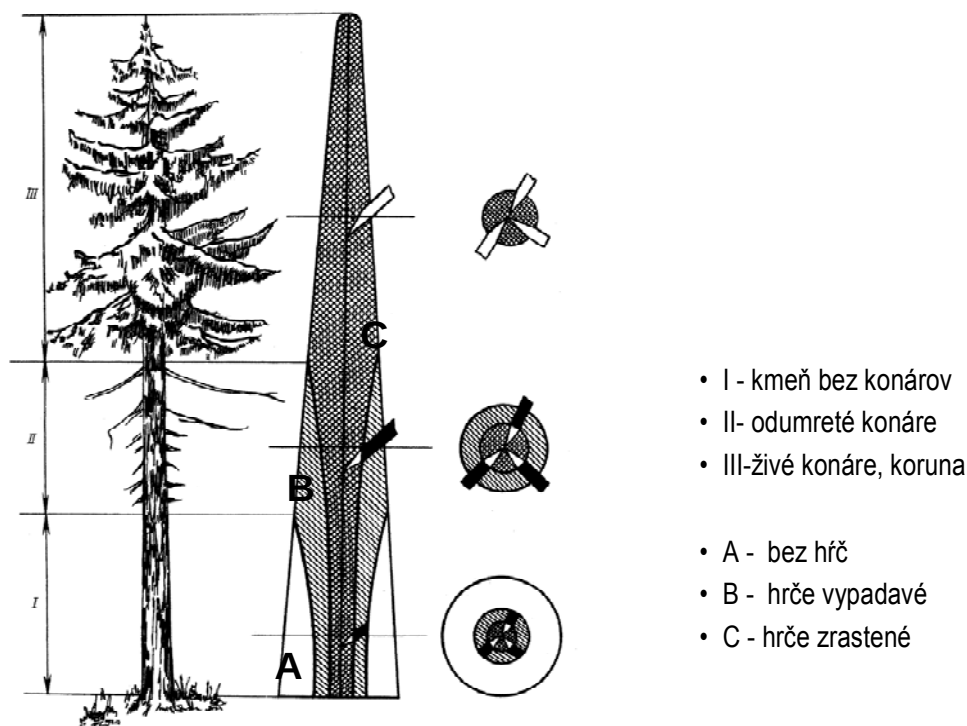
Vypadavé hrče naviac porušujú celistvosť dreva – ročné kruhy kmeňa nie sú zrastené s ročnými kruhmi hrče.

V spojitosti s horeuvedeným vývojom hrče, normy rozlišujú na guľatine hrču:

- **nezarastenú** (otvorenú) – hrča, ktorú vidno na oblom povrchu kmeňa
- **zarastenú** – hrča, ktorú nevidno na oblom povrchu kmeňa

Podľa zdravotného stavu hrče rozlišuje norma hrču:

- **zdravú** – hrča bez známkok hniloby
- **nezdravú** – hrča poškodená hnilobou



Obr. 8.5 Rozloženie hrč po výške a po priereze kmeňa stromu

Pre spracovateľa dreva je dôležité poznať ako sú hrče rozložené v kmeni stromu, keď sa rozhoduje, na aké polotovary, resp. výrobky spracuje výrezy vymanipulované z kmeňa stromu. Kmeň môžeme po výške rozdeliť na tri zóny. Spodná zóna kmeňa (I) je prízemková časť kmeňa stromu, ktorá je bez konárov a má valcovitý nezbiehavý tvar. Stredná zóna kmeňa (II) obsahuje zbytky, alebo celé konáre, ktoré sú odumreté, sú bez asimilačných orgánov. Horná časť kmeňa (III) sa nachádza v korunovej časti stromu, kde sú prakticky všetky konáre živé s aktívnymi asimilačnými orgánmi. Táto časť kmeňa má najväčšiu zbiehavosť.

O tom, či sa hrča v kmeni nachádza, resp. aký typ hrče sa v kmeni vytvorí, rozhoduje prítomnosť konára, resp. jeho životnosť (živý konár, odumretý konár). Vychádzajúc z tejto známej skutočnosti potom v korunovej časti, kde sú živé konáre sa v kmeni nachádzajú len hrče zrastené a zdravé. V strednej časti stromu sú konáre odumreté a tomu odpovedajú aj hrče, ktoré sú nezrastené s kmeňovým drevom a tým sa stávajú na vyrobenom rezive vypadavé. Takéto hrče sú často napadnuté hnilobou (bývajú aj tmavšej farby). Prízemková obvodová zóna kmeňa neobsahuje žiadne konáre ani ich zbytky, preto v tejto zóne kmeňa nie sú prítomné hrče. Táto zóna je považovaná za najkvalitnejšiu časť kmeňa (prvá trieda akosti).

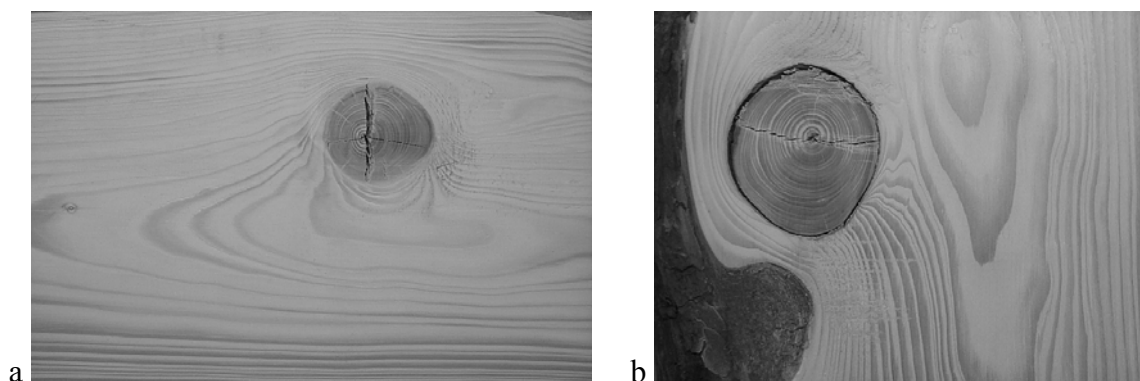
Rozloženie hrč sa mení nielen po výške kmeňa ale aj po priereze kmeňa. Najvýraznejšie sa toto prejavuje v prízemkovej časti kmeňa, ktorú na priereze môžeme rozdeliť na tri zóny.

Na obvod kmeňa nie sú prítomné hrče. V strednej časti priemeru kmeňa sa nachádzajú hrče vypadavé a vo vnútornej časti kmeňa, okolo stržňa sa nachádzajú zrastené hrče zväčša malého priemeru. Zóna II. už neobsahuje bezhrčaté drevo, ale na obvode sa nachádzajú hrče vypadavé a vo vnútornej časti okolo stržňa sú uložené hrče zrastené. Vo vrcholcovej zóne kmeňa sú po celom priereze kmeňa prítomné len hrče zrastené, zdravé.

S iným triedením hrč sa stretávame pri hodnotení hrč na rezive (Obr. 8.6), dýchach a iných drevárskych výrobkoch. Pozostatok živého konára vytvára na rezive zrastenú hrču (Obr. 8.6a). Pozostatok odumretého konára (bez asimilačnej plochy) vytvára na rezive hrču vypadavú (Obr. 8.6b). Ďalej sa hrče na rezive rozdeľujú podľa:

- tvaru – kruhové, oválne, krídlové (tento tvar závisí od uhla vetvenia a od rezu – radiálny, tangenciálny)
- umiestnenia v sortimente – plošné, bočné, hranové, prenikajúce
- vzájomnej polohy – jednotlivé, skupinové, rozvetvené
- zdravotného stavu – zdravé, nahnité, zhnité.

Tejto problematike sa bude poslucháč venovať v technologických predmetoch vo vyšších ročníkoch.



Obr. 8.6 Zrastená (a) a vypadavá (b) hrča na rezive

8.2 Trhliny

Trhliny sú definované ako pozdĺžne rozdelenie (roztrhnutie) dreva v radiálnom alebo tangenciálnom smere. Trhliny môžu vznikáť počas rastu ako reakcia stromu na vytvorené veľké rastové napätia v kmeni – reakcia na veľké zaťaženie stromu vetrom, snehom pri údere bleskom a pri silných mrazoch. Veľa trhlín sa objavuje na guľatine po ťažbe, manipulácii a pri skladovaní guľatiny. Príčinou vytvorenia trhliny v dreve je prekročenie pevnosti dreva vytvorenými napätiami (rastové, mechanické, sušiacie a pod.) a následným porušením celistvosti dreva v najslabších miestach (stržňové lúče, prvé vrstvy jarných pletív a pod.).

Normy rozdeľujú trhliny na:

- čelné (stržňové – obr. 8.7, odlúpavé – obr. 8.8),
- bočné (mrazové – obr. 8.9, výsušné – obr. 8.10).

Trhliny porušujú celistvosť dreva a tým znižujú mechanické vlastnosti dreva. Navyše sú trhliny vznikajúce počas rastu stromu miestom, cez ktoré preniká do kmeňa vzduch a spóry drevokazných húb a od tohto miesta sa do kmeňa rozširujú zásušky a hniloby.

8.2.1 Čelné stržňové trhliny

Sú vedené v radiálnom smere od stržňa k obvodu kmeňa. Nevychádzajú na povrch kmeňa, objavujú sa len na čele výrezu (Obr. 8.7). Najširšie sú pri stržni a smerom k obvodu kmeňa, ku kôre sa zužujú. Pri skladovaní, v spojení s presúšaním čela guľatiny, prechádzajú stržňové trhliny rýchlo do výsušných trhlín, ktoré sa objavujú aj na boku guľatinových sortimentov.

Stržňové trhliny rozdeľujeme na:

- **jednoduché** – jedna alebo dve trhliny sú vedené v jednej radiálnej rovine
- **křížové** – dve alebo viac trhlín uložených navzájom pod určitým uhlom

Stržňové trhliny vznikajú ako následok uvoľnenia veľkých rastových napätí v kmeni stromu, najčastejšie pri ťažbe, keď strom padne na zem.

8.2.2 Čelné odlúpavé trhliny

Je vnútorná, tangenciálna trhlina ktorá sa tiahne na priečnom reze v smere jedného ročného kruhu (Obr. 8.8). V pozdĺžnom smere sa tento typ trhliny tiahne po dĺžke niekoľkých metrov. Odlúpavé trhliny sa posudzujú podľa veľkosti t.j. podľa toho v akej časti obvodu kmeňa sa tiahnu (1/2, 3/4 obvodu a pod.).

Príčinou tvorby odlúpavých trhlín je výrazná zmena vlastností dreva na miestach náhleho, skokovitého prechodu napr. zmena vlastností dreva na prechode úzkych ročných kruhov do širokých ročných kruhov. Takáto anomália sa objavuje u niektorých drevín (*Abies alba*, *Populus*) ako následok presvetlenia porastu.

Odlúpavé trhliny významne porušujú celistvosť dreva v pozdĺžnom smere a u kvalitných sortimentov sú neprípustné.

8.2.3 Bočné mrazové trhliny

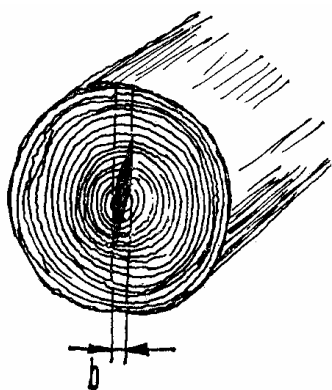
Pri slnečných dňoch na konci zimného obdobia sa kmeň stromov cez deň prehrieva teplými slnečnými lúčmi. V noci klesá teplota na mínus 10–15 °C. Takéto extrémne striedanie denných a nočných teplôt tepelne namáha obvodovú časť kmeňa až do tej miery, že sa vytvorí úzka radiálna trhlina, tiahnuca sa aj niekoľko metrov po dĺžke kmeňa. Do trhliny sa dostane voda, ktorá zamŕza a trhlina sa viac roztvára. Trhlina je miesto cez ktoré sa do kmeňa dostávajú spóry drevo-sfarbujúcich a drevokazných húb. Počas nasledujúcich vegetačných období sa trhlina zavaluje, až sa za niekoľko rokov úplne uzatvorí. Zával niekoľkých ročných kruhov môže striedanie jarných teplôt znovu roztrhnúť. Takto sa môže tento proces trhania dreva a následného zavalovania opakovať aj niekoľko desiatok rokov, až sa na povrchu kmeňa vytvorí výrazná mrazová lišta, ktorá je dôkazom mrazovej trhliny vo vnútri kmeňa (Obr. 8.9b). Prítomnosť mrazovej lišty tiahnucej sa po povrchu kmeňa je jasným indikátorom prítomnosti mrazovej trhliny vo vnútri kmeňa. Okrem toho, že kmeň je porušený radiálnou trhlinou, veľmi často býva aj napadnutý hnilobou.

Z našich drevín najviac trpí výskytom mrazových trhlín cer (*Quercus cerris*) a niektoré kultivary topoľov (*Populus*).

8.2.4 Bočné výsušné trhliny

Výsušné trhliny sa tvoria na všetkých sortimentoch dreva ako dôsledok nerovnomerného vysychania. Prejavujú sa zväčša ako radiálne trhliny tiahnuce sa niekoľko decimetrov pozdĺžne od čela výrezu, alebo iného sortimentu dreva. Typickým znakom výsušných trhlín je jej V-tvar, pri stržni sú úzke, k obvodu sortimentu sa rozširujú.

Príčinou tvorenia výsušných trhlín je nerovnomerné vysychanie dreva daného sortimentu (guľatina, rezivo, dyhy). Vlhkosť rýchlejšie difunduje z čiel sortimentov a z obvodových častí



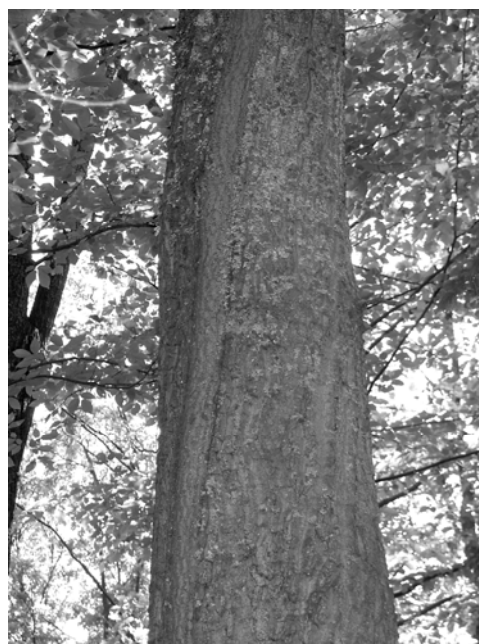
Obr. 8.7 Čelná stržňová trhlina (*Picea abies*)



Obr. 8.8 Čelná odlúpavá trhlina (*Fagus sylvatica*)



a



b

Obr. 8.9 Mrazová trhlina na čele výrezu (a) a mrazová lišta na povrchu kmeňa (b) (*Quercus cerris*)

ako zo stredu sortimentu. Preto sa výsušné trhliny objavujú najskôr na obvode čiel, kde už dochádza k zosychaniu dreva. Potom postupne prenikajú hlbšie ku stržni a súčasne sa predlžujú aj po dĺžke sortimentu. Čím je sortiment dreva hrubší (hrubé výrezy, hrubé rezivo) tým sa pri jeho sušení môže vytvoriť väčší vlhkostný spád, rozdiel vo vlhkosti medzi drevom na obvode a drevom pri stržni, drevom na čele a v strede sortimentu a tým je väčšia pravdepodobnosť vytvorenia výsušných trhlín. Drevo s vyššou hodnotou pričného zosychania (buk) je náchylnejšie na tvorbu výsušných trhlín ako drevo s nižšou hodnotou pričného zosychania (smrek).



Obr. 8.10 Výsušná trhlina

8.3 *Chyby tvaru kmeňa*

Do tejto skupiny zaraďujeme odchýlky tvaru od optimálneho tvaru kmeňa, ktorý je reprezentovaný valcom. Zaraďujeme sem:

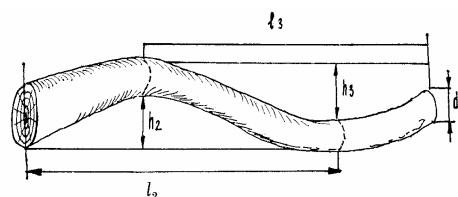
- krivosť kmeňa
- zbiehavosť kmeňa,
- zhrubnutie prízemku,
- koreňové nábehy,
- nádory,
- oválnosť

8.3.1 *Krivosť*

Prejavuje sa zakrivením kmeňa po dĺžke (Obr. 8.11). Rozlišujeme jednoduchú krivosť, charakterizovanú zakrivením kmeňa len v jednej rovine, a zloženú krivosť charakterizovanú viacnásobným zakrivením v jednej alebo niekoľkých rovinách. Krivosť sa vyjadruje v percentách, ako veľkosť priehybu na dĺžku jedného metra kmeňa alebo výrezu.

Príčinou krivosti kmeňa sú okrem dedičnosti (šabl'ovitosť prízemkovej časti smrekovca) najčastejšie poškodenie vrcholového výhonku rastúceho stromu (zver, vietor, mráz). Niektorý z konárov potom preberá funkciu vrcholového výhonku.

Krivosť znižuje výťaž piliarskych výrobkov prípadne až neumožňuje použiť daný sortiment na dýharenské alebo piliarske účely.

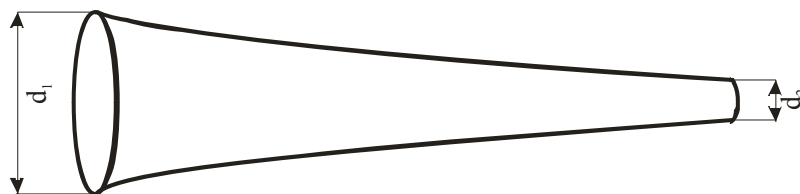


Obr. 8.11 Krivosť kmeňov

8.3.2 Zbiehavosť kmeňa

Zbiehavosť je prirodzenou chybou kmeňa, ktorá sa prejavuje postupným zmenšovaním priemeru kmeňa po jeho dĺžke (Obr. 8.12). Je to odchýlka od ideálneho valcovitého, plnodrevného tvaru kmeňa. Vyjadruje sa v percentách, ako zmenšenie priemeru kmeňa na dĺžku 1m. Veľkosť tejto chyby závisí od druhu dreveniny a rastových podmienok daného stromu. Najmenšia zbiehavosť je v strednej časti kmeňa, najväčšia zbiehavosť je v korunovej časti kmeňa. Ihličnaté dreveniny majú menej zbiehavé kmene. Rýchlo rastúce listnaté dreveniny (*Populus*) majú najväčšiu zbiehavosť. Väčšiu zbiehavosť u toho istého druhu dreveniny majú kmene stromov rastúcich ako solitéry, stromy rastúce v zápoji v lese majú menšiu zbiehavosť.

Zbiehavosť kmeňa zvyšuje odpad pri pílení, krájaní a lúpaní výrezov. Prerezaním vlákien pri väčšej zbiehavosti sa znižujú mechanické pevnosti piliarskych sortimentov.



Obr. 8.12 Zbiehavý výrez schéma

8.3.3 Zhrubnutie prízemku a koreňové nábehy

Zhrubnutie prízemku je výrazné zväčšenie hrúbky kmeňa, keď priemer dolného čela je viac ako 1,2 krát väčší ako priemer kmeňa meraný vo vzdialenosti 1m od tohto čela. Zhrubnutie prízemku môže byť:

- okrúhleho tvaru
- rebrovité

Zhrubnutie prízemku okrúhleho tvaru sa objavuje na kmeni zväčša v dĺžke 1–3 m. Častou príčinou zhrubnutia prízemku býva výmladkový pôvod stromu (koreňový, pňový), keď prízemková časť kmeňa je na jednej strane zoslabená vnútornou hnilobou pochádzajúcou z koreňov alebo pňa a na druhej strane obvodová časť kmeňa je zosilnená širšími ročnými prírastkami (Obr. 8.13). Iné vysvetlenie zhrubnutia prízemku môže byť extrémne namáhanie stromu vetrom, veľká svahovitosť, plytké pôdne podložie a pod.

Rebrovité zhrubnutie prízemku, nazývané aj koreňové nábehy, má pôvod v koreňoch, ktoré prechádzajú nad povrchom terénu do kmeňa (Obr. 8.13). Koreňové nábehy sa objavujú u prestarnutých stromov a časté sú u mohutných tropických stromov.

Zhrubnutie prízemku zvyšuje odpad pri piliarskom spracovaní dreva. Dyhy vyrobené z výrezov s rebrovitým zhrubnutím prízemku však môžu mať zaujímavú vlnitú textúru.



Obr. 8.13 Zhrubnutie prízemku s koreňovými nábehmi

8.3.4 Nádory

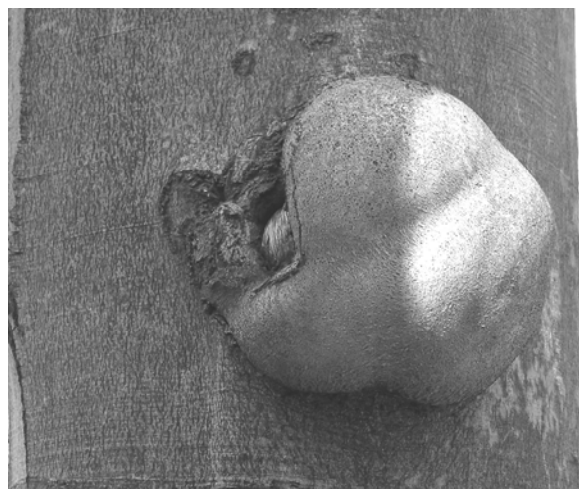
Nádory vznikajú miestnym zhrubnutím (zdurením) na kmeni a konároch. Rozmery a tvar môžu byť premenlivé. Rozlišujeme dva druhy nádorov, hladký (Obr. 8.15) s pravidelnou štruktúrou ročných kruhov (*Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica*) a svalovité až hrboľaté (Obr. 8.14) s nepravidelnou štruktúrou dreva (*Quercus*, *Acer cympestre*, *Alnus glutinosa*, *Fagus sylvatica*). Aj veľké zhluky spiacich očiek u niektorých drevín môžu vypadáť ako nádor (*Alnus*, *Betula*).

Na tvorbu nádorov sú dva názory. Mechanicky poranené miesto na kmeni stromu (zver, človek a pod.) je dráždené parazitickými hubami. Kambium na takomto mieste vytvára zbudné pletivo, ktoré má tvar nádoru. Druhý názor na tvorbu nádorov vychádza z mechanického namáhania kmeňa stromu vetrom, snehom a pod. Pri veľkom ohnutí sa vytvorí na kmeni priečna mikro trhlina, ktorá je kambiom zavalovaná a tým je toto zoslabené miesto posilňované.

Drevo nádorov je možné využiť v dizajne kvôli veľmi zaujímavej textúre dreva (*Juglans*, *Betula*).



Obr. 8.14 Hrboľatý nádor na kmeni buka



Obr. 8.15 Hladký nádor na kmeni buka (*Fagus sylvatica*)

8.3.5 Oválnosť kmeňa

Oválnosť sa prejavuje rozdielnou hodnotou dvoch na seba kolmých priemerov kmeňa (Obr. 8.16). Oválnosť je často sprevádzané splošteným tvarom čela kmeňa, výrezu a je spojené často s excentrickým posunutím stržňa a tým aj s rozdielnou šírkou a štruktúrou ročných prírastkov na jednotlivých polomeroch priečneho rezu. Príčinou vzniku tejto chyby je zväčša reakcia rastúceho stromu na zaťaženie vonkajšími statickými a dynamickými činiteľmi (pozri reakčné drevo), prípadne environmentálnymi faktormi.

Veľkosť tejto chyby sa vyjadruje percentuálne, ako pomer rozdielu priemerov kmeňa k maximálnemu priemeru.

Oválnosť kmeňa znižuje výťaž lúpanej dyhy. Rôzna šírka ročných kruhov a kvalita dreva na jednotlivých polomeroch zvyšuje jeho heterogenitu, čo môže byť príčinou horšej tvarovej stability reziva pri sušení.



Obr. 8.16 Oválny priečný rez kmeňa borovice (*Pinus sylvestris*)

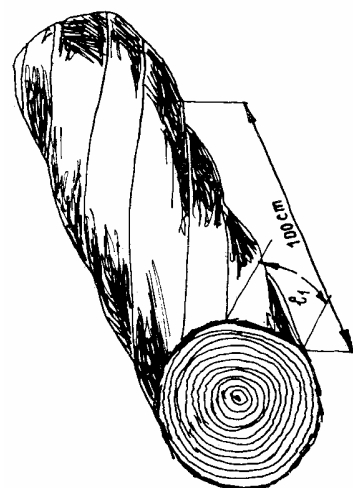
8.4 Chyby štruktúry dreva

Chyby, alebo nepravidelnosti v štruktúre dreva nie sú v praxi tak známe ako hrče a chyby tvaru kmeňa. Odchýlky od normálnej, pravidelnej štruktúry dreva sa prejavujú nepravidelným usporiadaním drevných vlákien, nepravidelnou stavbou ročných kruhov, nerovnakej šírky ročných kruhov, narušením celistvosti dreva vo vnútri kmeňa ako dôsledok poranení kmeňa a pod. Odchýlky v štruktúre dreva sú často ukryté vo vnútri kmeňa a len na základe niektorých sprievodných znakov usudzujeme o prítomnosti týchto odchýlok, chýb (reakčné drevo).

8.4.1 Točivosť

Chyba dreva charakterizovaná odklonením vlákien od pozdĺžnej osi kmeňa, čo je pozorovateľné na bočnom povrchu kmeňa, výrezu. U rastúcich stromov sa prejavuje ako skrutkovite prebiehajúce rebrovité výčnelky na kmeni (Obr. 8.17). Priebeh točivosti je buď pravosmerný alebo ľavosmerný, u niektorých stromov môže prebiehať aj obidvomi smermi. Dobré je pozorovateľná na kôre a ešte lepšie na odkôrnených výrezoch (Obr. 8.18). Veľkosť točivosti vlákien (meraná ako priečný odklon vlákien na dĺžku jedného metra (Obr. 8.17), sa môže meniť po polomere aj v tom istom kmeni. Vytvorenie točivosti sa vysvetľuje zošikmením stien kambiálnych buniek, ktoré sa pri pozdĺžnom raste odkláňajú od axiálneho smeru. Predpokladá sa, že na točivosť má významný vplyv vietor. Točivosť vlákien sa považuje aj za dedičnú.

Točivosť znižuje mechanické pevnosti dreva predovšetkým v ohybe. Rezivo vyrobené z výrezov s točivosťou vlákien je pri sušení tvarovo nestabilné.



Obr. 8.17 Točivosť na kmeni hraba (*Carpinus betulus*)



Obr. 8.18 Točivosť na odkôrnenom smrekovom výreze (*Picea abies*)

8.4.2 Reakčné drevo

Reakčné drevo sa tvorí v ihličnatých a listnatých drevinách ako reakcia na vychýlenie kmeňa z geotrópnej (zvislej) polohy a tiež udržiava uhol, pod ktorým konár rastie na kmeni. Tvorba reakčného dreva je odlišná u ihličnanov v porovnaní s listnáčmi.

Reakčné drevo ihličnanov sa nazýva tiež tlakové drevo, pretože sa vytvára na tlakovej strane nahnutého kmeňa. Reakčné drevo listnatých drevín sa nazýva aj ťahové drevo vzhľadom na jeho tvorbu na ťahovej strane namáhanej časti stromu (kmeň, konár). Funkcia reakčného dreva aj u listnáčov aj u ihličnanov je tá istá, vrátiť kmeň alebo konáre do pôvodnej polohy (vertikálny rast kmeňa, uhol pod ktorým rastie konár u daného druhu dreviny). Reakčné drevo súvisí s tvorbou rastových napätí v rastúcom strome. Tieto napätia sú v rovnováhe s napätiami, ktoré sú vytvorené vonkajšími zaťažujúcimi silami (vietor, asymetrická koruna a pod.). Po porušení rovnováhy medzi extrémnymi vonkajšími zaťažujúcimi silami a vnútornými rastovými napätiami (pri spílení stromu, pri pílení výrezu na rezivo) sa vnútorné rastové napätia uvoľňujú do vytvorenia trhlín (Obr. 8.20).

Najčastejšou príčinou tvorby reakčného dreva v kmeni stromu je asymetrická koruna, prevládajúci jednostranný vietor na horách, pri mori (Obr. 8.19), rast stromu v extrémnom svahu, lavínózne svahy na horách a pod.



Obr. 8.19 Nahnuté stromy, v kmeni ktorých sa vytvára reakčné drevo



Obr. 8.20 Trhliny vytvorené uvoľnením rastových napätí v reakčnom dreve (*Fagus sylvatica*)

8.4.2.1 Reakčné drevo ihličnanov

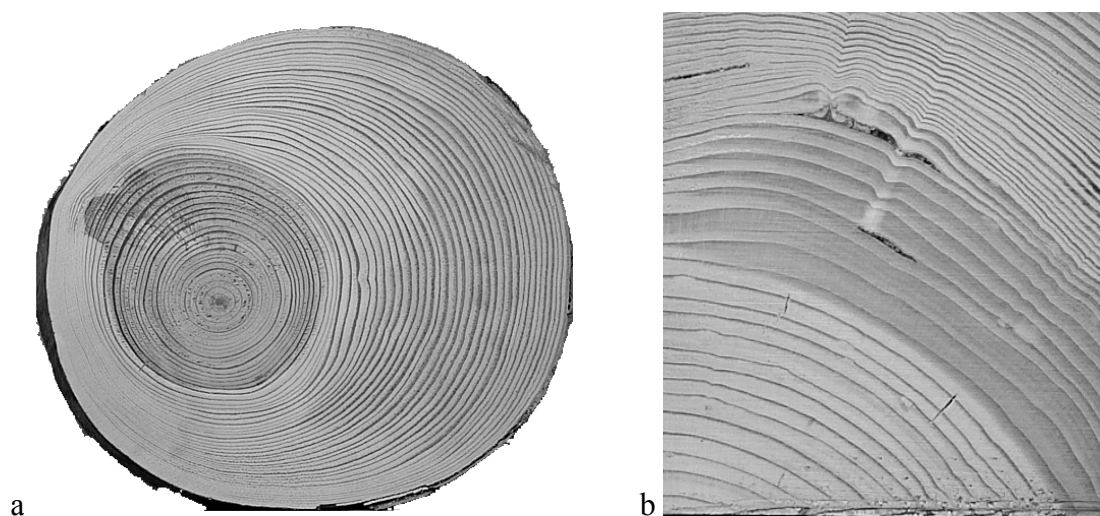
Makroskopickým znakom prítomnosti reakčného dreva (tlakové drevo) na priečnom reze je tmavo sfarbená hustá zóna tvaru polmesiaca (Obr. 8.21a) umiestnená zväčša na strane väčšieho polomeru. Široké ročné kruhy v mieste výskytu reakčného dreva sa javia ako keby mali vysoký podiel letného dreva (Obr. 8.21b). Tvorba reakčného dreva je často spojená s excentrickým posunutím stržňa na kmeni alebo konári, ako dôsledok zvýšenej tvorby vláknitých mechanických buniek na tlakovej strane.

Mikroskopická stavba reakčného dreva ihličnanov je odlišná od mikroskopickej stavby normálneho, nereakčného dreva. Na priečnom reze reakčného dreva vidíme oválny až kruhový prierez cievic (Obr. 8.22a). Cievce kruhového prierezu sa navzájom nedotýkajú po celom obvode ako u hranatých cievic normálneho dreva, ale medzi cievicami sa vytvárajú medzibunkové priestory. Bunkové steny reakčného dreva sú hrubšie a dĺžka vláknitých buniek je kratšia oproti normálnemu drevu. Submikroskopickou stavbou sa cievce reakčného dreva vyznačujú výrazným zväčšením sklonu fibríl v dominantnej S_2 vrstve ($30-40^\circ$). Na Obr. 8.22b vidíme trhliny vo vrstve S_2 , ktoré sa vytvárajú pri sušení dreva a kopírujú orientáciu fibríl. S_3 vrstva na cieviciach reakčného dreva zväčša chýba.

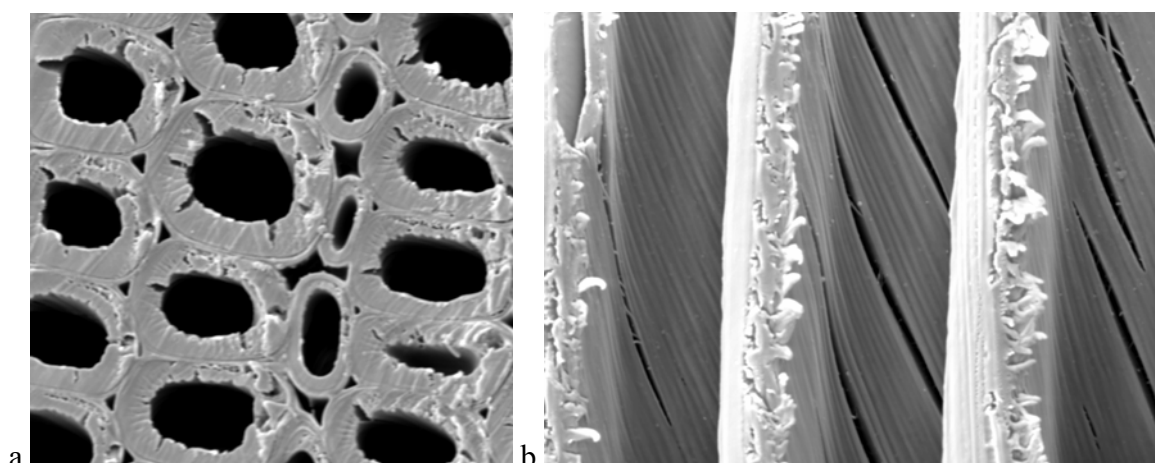
Tabuľka 1 Porovnanie normálneho a reakčného ihličnatého dreva

Drevo	Nereakčné	Reakčné
Vlákná	dlhšie	kratšie
Prierez vlákien	štvor- až šesťhranný	oválny, kruhový
Bunková stena	tenšia	hrubšia
Medzibunkové priestory	nie	áno
Sklon fibríl	$5-20^\circ$	$30-40^\circ$
Lignín	menej	viac
Celulóza	viac	menej
Hustota dreva	nižšia	vyššia

Reakčné drevo má vyššiu hustotu, je tvrdšie (odtiaľ názov kremeň), vzhľadom na väčší sklon fibríl viac zosychá v pozdĺžnom smere a pri sušení je tvarovo nestabilné.



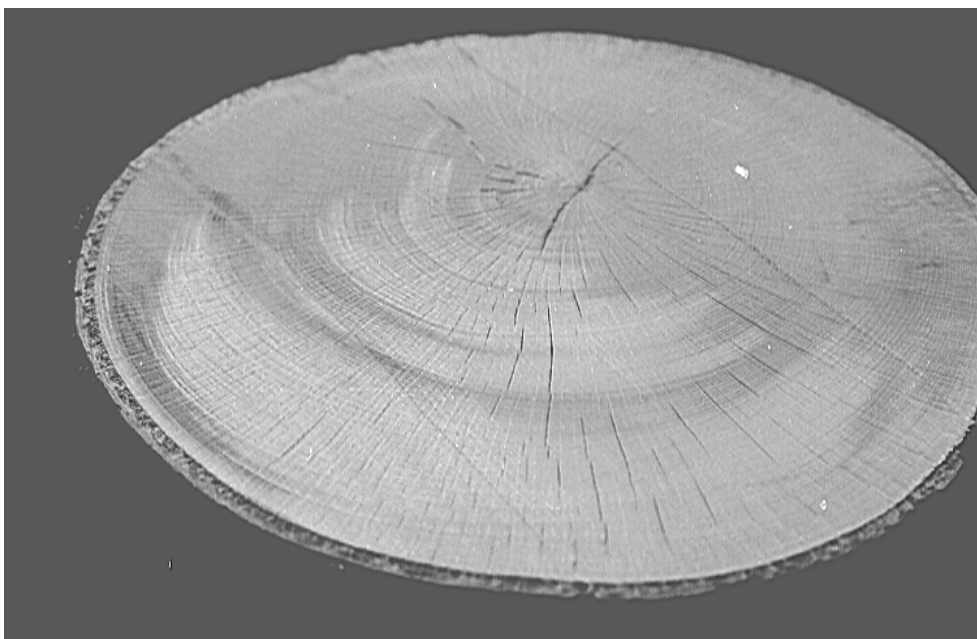
Obr. 8.21 Reakčné drevo ihličnanov: a) priečny rez borovicou s excentricky posunutým stržňom, b) smrekový hranol s vrstvou reakčného dreva



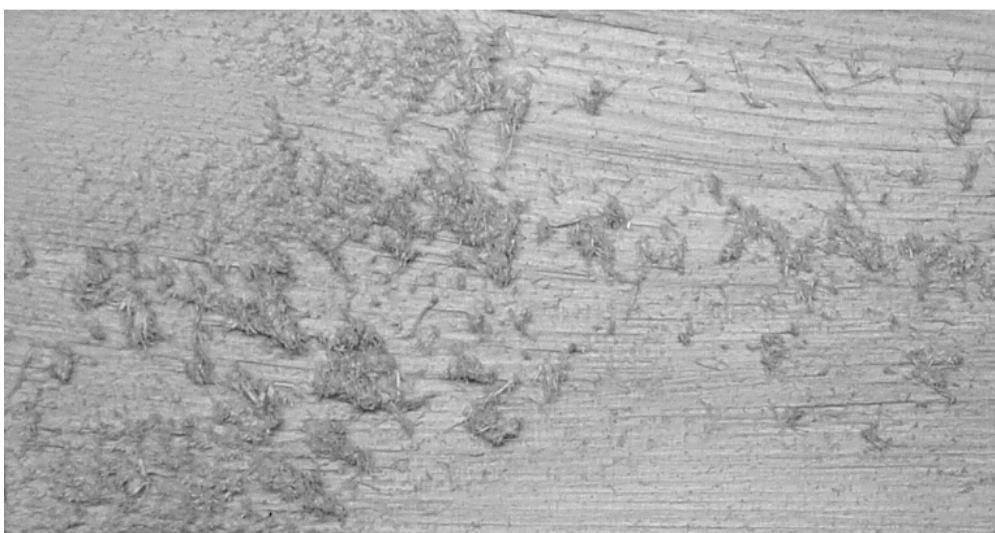
Obr. 8.22 Mikroskopická štruktúra reakčného dreva smreka
a) priečny rez, b) tangenciálny rez (*Picea abies*)

8.4.2.2 Reakčné drevo listnáčov

Reakčné drevo listnáčov nazývané aj ťahové drevo, nie je v čerstvom stave farebne odlíšené od nereakčného dreva. Na čerstvom priečnom reze môžeme nepriamo identifikovať reakčné drevo len na základe excentrického uloženia stržňa. Po presušení hladko opracovaného priečneho rezu sa reakčné drevo zviditeľní ako svetlejšia, perleťová zóna (Obr. 8.23). Pri pílení čerstvého dreva je zóna reakčného dreva chlpatá (Obr. 8.24).



Obr. 8.23 Priechny rez bukovým výrezom. Reakčné drevo je zvýraznené svetlejšou zónou dreva na väčšom polomere čela výrezu.



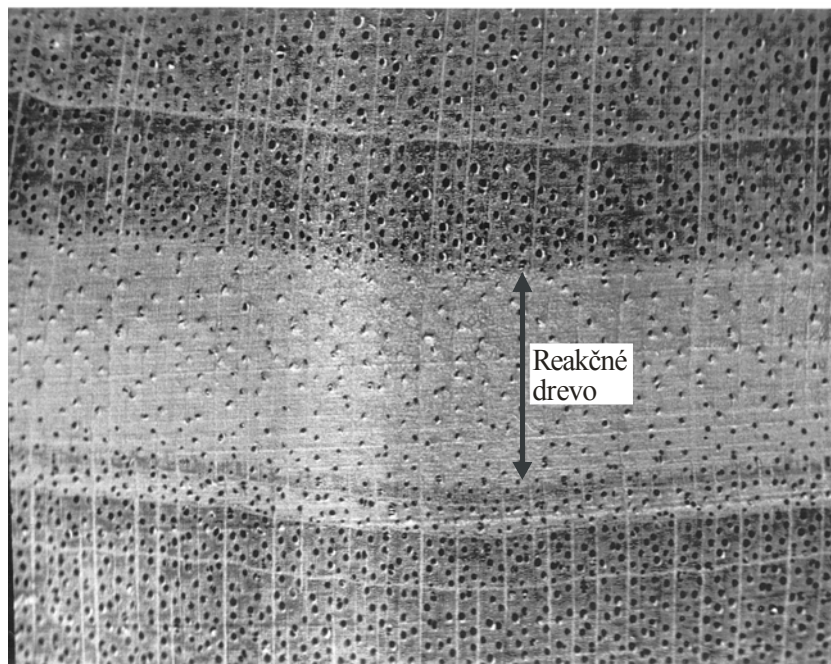
Obr. 8.24 Chlpatý povrch pílenej javorovej dosky dokumentuje prítomnosť reakčného dreva (*Acer platanoides*)

Mikroskopicky sa reakčné listnaté drevo líši od dreva normálneho, nereakčného. Funkcia reakčného dreva je prenášať väčšie ťahové napätia, čo sa odrazí na zvýšení podielu mechanických pletív, ktoré sú navyše aj modifikované. Na obr. 8.25 je zobrazený priechny rez bukovým drevom. V strede obrázku je vytvorená vrstva reakčného dreva, ktorá má vyšší podiel vláknitých buniek na úkor nižšieho podielu ciev. Drevné vlákna sú hrubostenné (Obr. 8.26a).

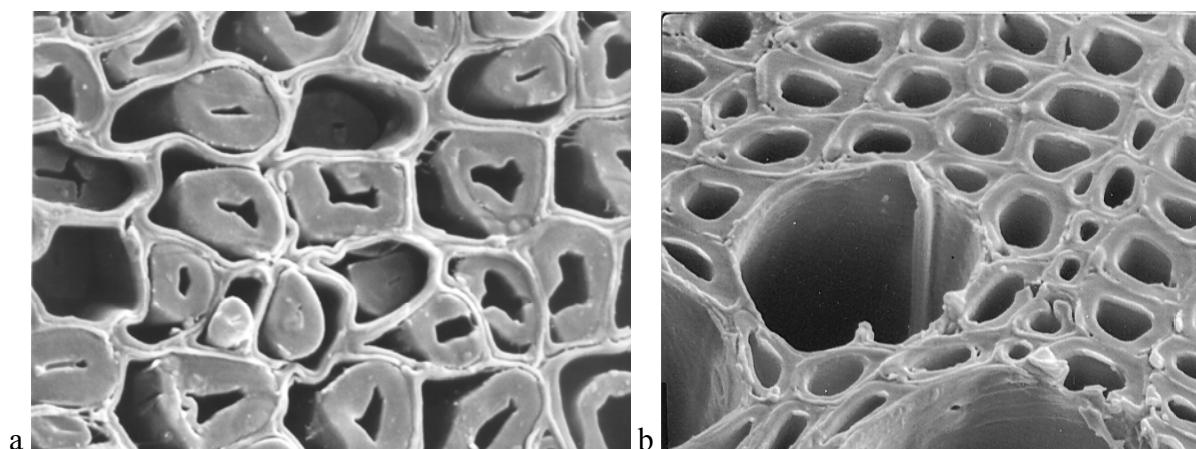
Reakčné drevo listnáčov má výrazne zmenenú submikroskopickú stavbu drevných vlákien (libriform, tracheidy). V bunkovej stene vlákien je S_2 vrstva tenká a vnútorná vrstva S_2 je nahradená hrubou modifikovanou „želatínovou, gélovou“ (G-) vrstvou. Sklon fibríl v dominantnej vrstve S_2 je takmer rovnobežný s pozdĺžnym smerom vlákna.

Na obr. 8.26a je hrubá G-vrstva oddelená, odtrhnutá od vonkajších vrstiev bunkovej steny. Tento efekt je spôsobený sušením pozorovanej vzorky bukového reakčného dreva pod elektrónovým mikroskopom. G-vrstva je vytvorená z čistej, nelignifikovanej vysoko-kryštalickej celulózy. Vzhľadom na takmer pozdĺžnu orientáciu celulóзовých fibríl a neprítomnosť lignínu má G-vrstva veľké priečne zosychanie, čo sa pri sušení prejaví odtrhnutím od vonkajších vrstiev. U normálneho dreva (Obr. 8.26b) takýto efekt sušenia a oddeľovania vrstiev bunkovej steny nepozorujeme.

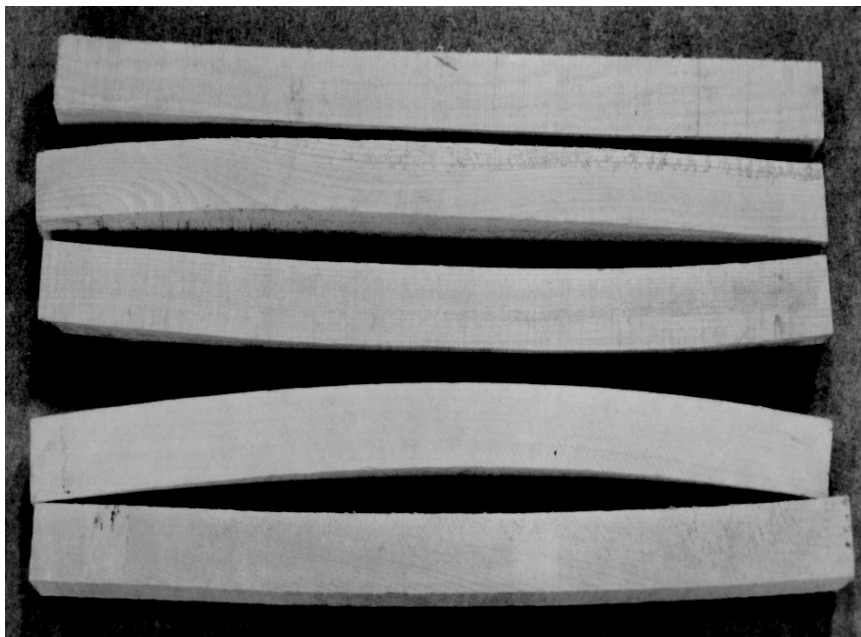
Reakčné drevo má vyšší podiel celulózy, ktorá je nositeľkou prenášania ťahových napätí v dreve. Vyšší podiel celulózy je sprevádzaný nižšou lignifikáciou, t.j. nižším podielom lignínu.



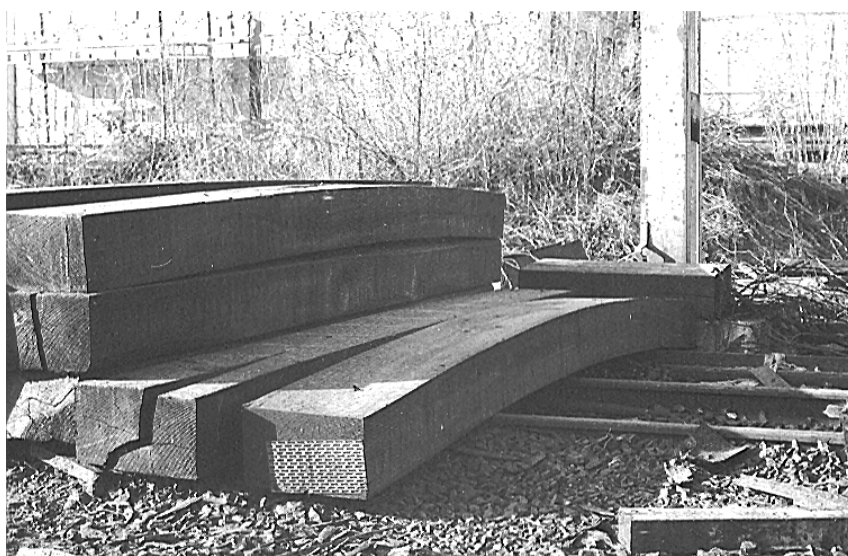
Obr. 8.25 Priečný rez drevom buka so zónou reakčného dreva (výrazne nižší podiel ciev v porovnaní s normálnym drevom)



Obr. 8.26 Mikroskopická štruktúra priečného rezu reakčného (a) a normálneho (b) bukového dreva (*Fagus sylvatica*). Vlákňité pletivá reakčného dreva majú hrubú želatínovú (G-) vrstvu, ktorá sa v dôsledku veľkého priečného zoschnutia odtrhla od vonkajších vrstiev



Obr. 8.27 Vysušené bukové hranolky s obsahom reakčného dreva



Obr. 8.28 Prítomnosť reakčného dreva spôsobuje prehnutie bukového podvalu po impregnácii

Reakčné listnaté drevo má vyššiu hustotu (vyšší podiel hrubostenných vláknitých buniek), nižšiu priepustnosť (menej ciev), pozdĺžne viac zosychá, pri sušení je tvarovo nestabilné, má nižšie mechanické vlastnosti, ťažšie sa mechanicky opracováva (chlpatý povrch).

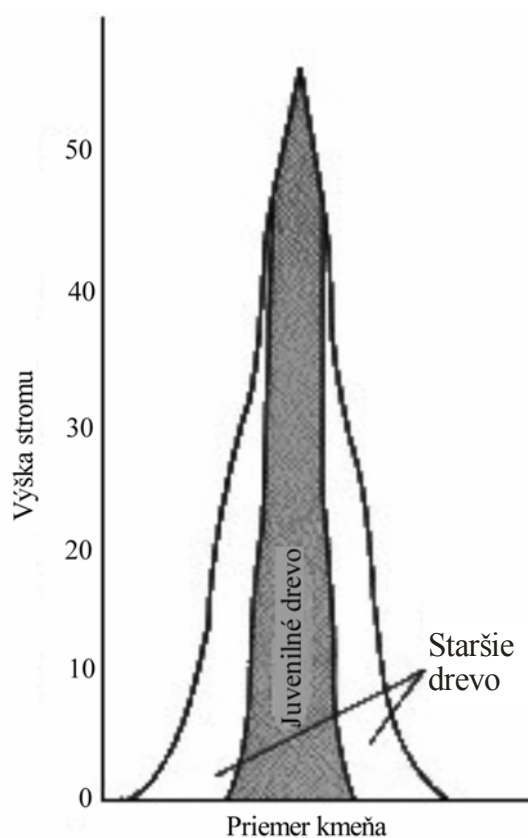
V súčasnosti platné STN reakčné drevo listnáčov nepoznajú, uvažujú len s reakčným drevom ihličnanov. Prítomnosť reakčného dreva v piliarskych sortimentoch je príčinou ich deformovania v procese sušenia (nábytkové hranolky – obr. 8.27) a v procese impregnácie bukových podvalov (počas impregnácie sa podvaly aj sušia – obr. 8.28).

Tabuľka 2 Porovnanie normálneho a reakčného listnatého dreva

Drevo	Nereakčné	Reakčné
Drevné vlákna	menej	viac
Hrúbka bunkovej steny vlákna	tenšia	hrubšia
Vrstvy bunkovej steny vlákna	S2 dominantná	S2 tenká, G- dominantné
Cievy	veľa	málo
Uloženie fibríl v S ₂ vrstve	5–20°	0–5°
Celulóza	menej	viac
Lignín	viac	menej
Hustota dreva	nižšia	vyššia

8.4.3 Juvenilné drevo

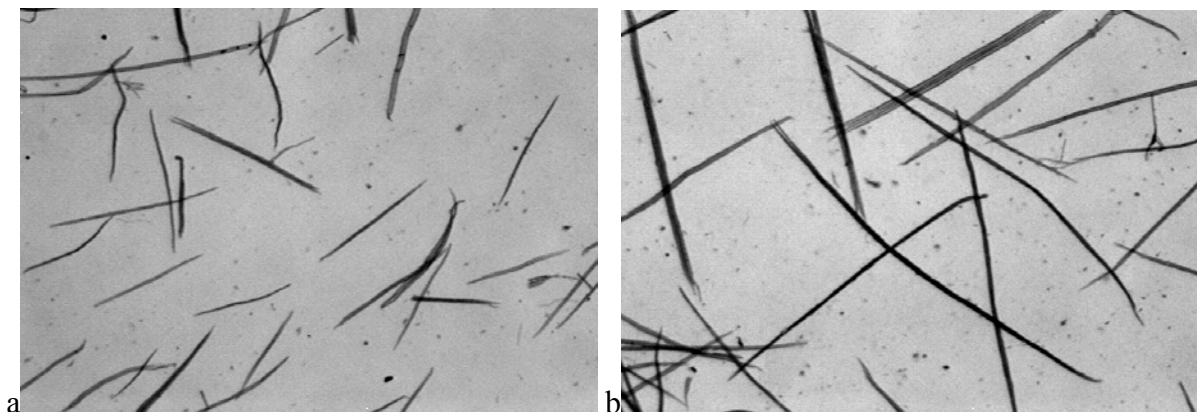
Juvenilné (mladé) drevo nepatrí medzi chyby dreva, je však potrebné sa s ním zoznámiť vzhľadom na jeho odlišnú štruktúru oproti staršiemu drevu. Juvenilné drevo sa tvorí v prvých 15–20 ročných kruhoch v okolí stržňa. Je súčasťou každého kmeňa, výrezu. Kmeň priemeru 10–15 cm obsahuje len juvenilné drevo. V kmeni staršieho stromu sa juvenilné drevo nachádza v prízemkovej časti v okolí stržňa, v obvodovej zóne je drevo staršie. V korunovej zóne sa nachádza prakticky len juvenilné drevo (Obr. 8.29). Vplyv prítomnosti juvenilného dreva sa prejavuje predovšetkým na vlastnostiach ihličnatého dreva (*Picea*, *Pinus*) a listnatého dreva rýchlorastúcich drevín (*Populus*).



Obr. 8.29 Rozloženie juvenilného dreva v kmeni stromu

Ako už bolo uvedené v kapitole „Makroskopické znaky“ u ihličnatého dreva v širokých ročných kruhoch je vyšší podiel jarného dreva a nižší podiel letného dreva. Táto zmena v podiele jarného a letného dreva sa prejaví na jeho nižšej hustote.

Významné rozdiely medzi juvenilným a starším drevom boli zistené v dĺžke vlákien. Kým v staršom dreve je priemerná dĺžka cievice cca 3–3,5 mm cievice v blízkosti stržňa dosahujú dĺžku len nad milimeter. Obr. 8.30 dokumentuje rozdiel v dĺžke vlákien smrekového juvenilného a staršieho dreva. Obdobne dosahuje juvenilné drevo nižšie hodnoty pričných rozmerov vlákien v porovnaní so starším drevom.



Obr. 8.30 Dĺžka tracheíd juvenilného (a) a staršieho smrekového dreva (b)

Významné rozdiely sú pozorované aj v stavbe bunkovej steny cievice. **Mikrofibrily v dominantnej vrstve S_2** v juvenilnom dreve sú uložené pod väčším sklonom k pozdĺžnej osi vlákna ako v staršom dreve. Toto zväčšenie uhla uloženia mikrofibríl ($20\text{--}40^\circ$) sa prejaví vo **väčšom pozdĺžnom zosychaní** juvenilného dreva v porovnaní s veľmi malým pozdĺžnym zosychaním staršieho dreva. Rezivo napílené z juvenilného dreva je tvarovo nestabilné. Pri sušení sa prehýba, krúti. Juvenilné drevo má nižší podiel celulózy a vyšší podiel lignínu. Hustota juvenilného dreva je nižšia o cca 10–30 %, čo sa prejaví aj na **znížení mechanických pevností o 20–50 %**.

8.4.4 Vnútoraná bel'

Je zóna niekoľkých svetlejších ročných kruhov v jadre, farba ktorých sa blíži k farbe bele. (Obr. 8.31). Na pozdĺžnych rezoch sa v jadre objavujú svetlejšie pruhy. Tieto ročné kruhy majú nižší obsah jadrových látok ako ročné kruhy normálne vyvinutého jadra. Príčinou tvorby vnútornej bele je jarné poškodenie mladých vyrašených listov neskorými mrazmi alebo požer mladých listov premnoženým hmyzom (chrústami). Takto poškodený strom spotrebuje na vytvorenie novej, náhradnej listovej plochy aj zvyšky zásobných látok, ktoré by za normálnych podmienok spotreboval strom na vytvorenie jadrových látok.

Vnútoraná bel' sa okrem farby vyznačuje **nízkym obsahom jadrových látok** a tým aj malou odolnosťou voči drevokazným hubám.



Obr. 8.31 Vnútorná bel' u duba (*Quercus*)

8.4.5 Stržeň, excentrický stržeň, dva stržne

Aj keď je stržeň prirodzenou súčasťou každého guľatinového sortimentu, vzhľadom na svoju štruktúru je považovaný v mnohých piliarskych sortimentoch a polotovarochoch za chybu dreva. Štruktúra stržňa tvorená primárnym drevom je zodpovedná za to, že drevo stržňa má významne iné (nižšie) fyzikálne a mechanické vlastnosti ako drevo diferencujúce sa zo sekundárneho kambia. Preto stržeň ako chyba dreva musí byť z mnohých piliarskych sortimentov (rezivo, nábytkové hranolky a pod.) vymanipulovaný.

Excentrický stržeň (Obr. 8.32) je odchýlka stržňa od geometrického stredu čela kmeňa alebo výrezu. Príčinou tvorby excentricity stržňa sú najčastejšie rastové podmienky súvisiace s tvorbou reakčného dreva (asymetrická koruna, svahovitosť, mechanické poškodenie časti kmeňa, jednostrané poškodenie kambia na kmeni slnkom alebo ohňom). Pri väčšej excentricite stržňa môžeme túto chybu dávať do súvislosti so zmenou hustoty dreva na veľkom a malom polomere (rozdielny podiel jarného a letného dreva v úzkych a širokých ročných kruhoch) a s prítomnosťou reakčného dreva. Rezivo vymanipulované z výrezov s veľkou excentricitou je pri sušení tvarovo nestále, krúti sa.



Obr. 8.32 Excentrický stržeň (*Pinus sylvestris*)

Dva stržne sa vytvárajú v mieste kmeňa, kde dochádza k jeho rozdvojeniu (vidličnatosť), alebo kde prirastá na kmeň hrubý konár (Obr. 8.33). Guľatina má v mieste, kde sú dva stržne, dve sústavy ročných kruhov prípadne sa tam nachádza aj zarastená kôra (Obr. 8.34). V okolí tohto miesta sa často nachádza reakčné drevo, ktoré posilňuje toto veľmi namáhané miesto na strome. Súbor týchto chýb výrazne mení vlastnosti dreva, ktoré sa nachádza v blízkosti dvoch stržňov (odklon vlákien, šúverenie, tvarová nestabilita, zosychanie a pod.).



Obr. 8.33 Vidličnatý kmeň vytvárajúci dva stržne (*Fagus sylvatica*)



Obr. 8.34 Dvojitý stržeň so zárastom v strede čela (*Fagus sylvatica*)

8.4.6 Poškodenie dreva hubami

Huby sú nižšie formy rastlín, ktoré nie sú schopné asimilovať anorganické látky pomocou fotosyntézy a preto potravu získavajú z organického materiálu – dreva, ktorý je bohatý na energiu.

Huby sa rozmnožujú spórami alebo hýfami. Za vhodných podmienok zo spór vyklíčia hýfy, ktoré môžu pri určitej zásobe vody a vzdušného kyslíka v dreve a pri vhodnej teplote drevo rozkladať. Každá huba má iné požiadavky na vlhkosť dreva (cca 15–80 %), teplotu (cca 5–40 °C) a vzduch.

Drevo je dostatočne chránené kôrou pred infikovaním spórami, resp. hýfami. Jej poškodením (odlomený konár, odretá kôra, požerok hmyzu a pod.) sa umožní prístupu spór alebo hýf do dreva, čo je brána pre rozklad dreva hubami

Z pohľadu poškodenia dreva rozdeľujeme huby na:

- drevosfarbujúce
- drevokazné

8.4.6.1 Drevosfarbujúce huby

Nerozkladajú bunkové steny drevných buniek. Patria zväčša do skupiny parazitických húb, ktoré sa živia obsahom živých drevných buniek (predovšetkým parenchymatických buniek), preto napádajú hlavne beľovú zónu čerstvého dreva (Obr. 8.35). Rozšírené sú viac u ihličnatého dreva (*Pinus*, *Picea*). V posledných obdobiach sa modranie vyskytuje často na smrekovej guľatine, ktorá pochádza z kalamitných ťažieb (guľatina, ktorá ostane nevyťažená po kalamite nasledujúce vegetačné obdobie).

Hýfy týchto húb sú pomerne veľkého prierezu a preto sú mikroskopicky dobre identifikovateľné (Obr. 8.37). Šíria sa hlavne lúmenmi vláknitých buniek v pozdĺžnom smere a lúmenmi parenchymatických buniek v priečnom smere. Z bunky do bunky prenikajú predovšetkým cez stenčiny bunkových stien.

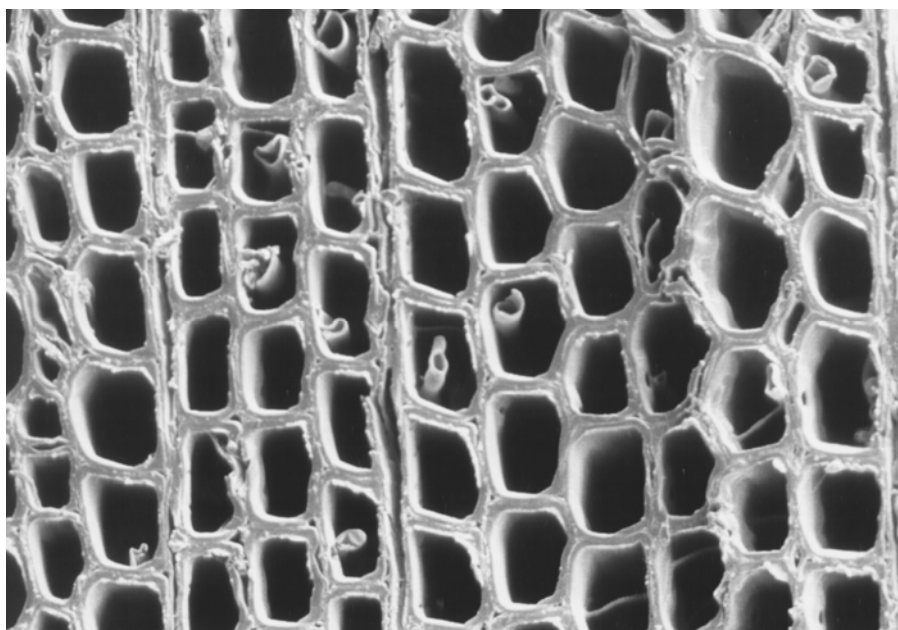


Obr. 8.35 Zamodranie beľe na čele smrekového výrezu (*Picea abies*) pochádzajúceho z kalamitnej ťažby



Obr. 8.36 Zamodrané smrekové rezivo

V našich lesoch je najrozšírenejšie modranie bele (huba rodu *Ophiostoma*), borovice. Veľký výskyt modrania bele pozorujeme na kalamitnom smrekovom dreve, ktoré sa včas nespracuje (Obr. 8.35, Obr. 8.36). Modranie sa môže objaviť aj pri sušení hrubých sortimentov borovicového reziva, ktoré nie sú sušené správnym sušiacim režimom.



Obr. 8.37 Priečny rez zamodralým borovicovým drevom. V cieviciach sa nachádzajú hrubé hýfy drevosfarbujúcej huby *Ophiostoma*

STN 48 0205 - rozlišuje sfarbenie jadra hubami (škvrny a pruhy), čo definuje ako časť jadra s nenormálnym sfarbením, bez zníženia tvrdosti dreva, vznikajúce v rastúcom strome vplyvom drevosfarbujúcich alebo drevokazných húb.

- sfarbenie bele hubami – nenormálne sfarbenie bele hubami, ktoré nie je doprevádzané znížením jej tvrdosti, vznikajúce v spílenom kmeni činnosťou drevosfarbujúcich húb.

8.4.6.2 Drevokazné huby

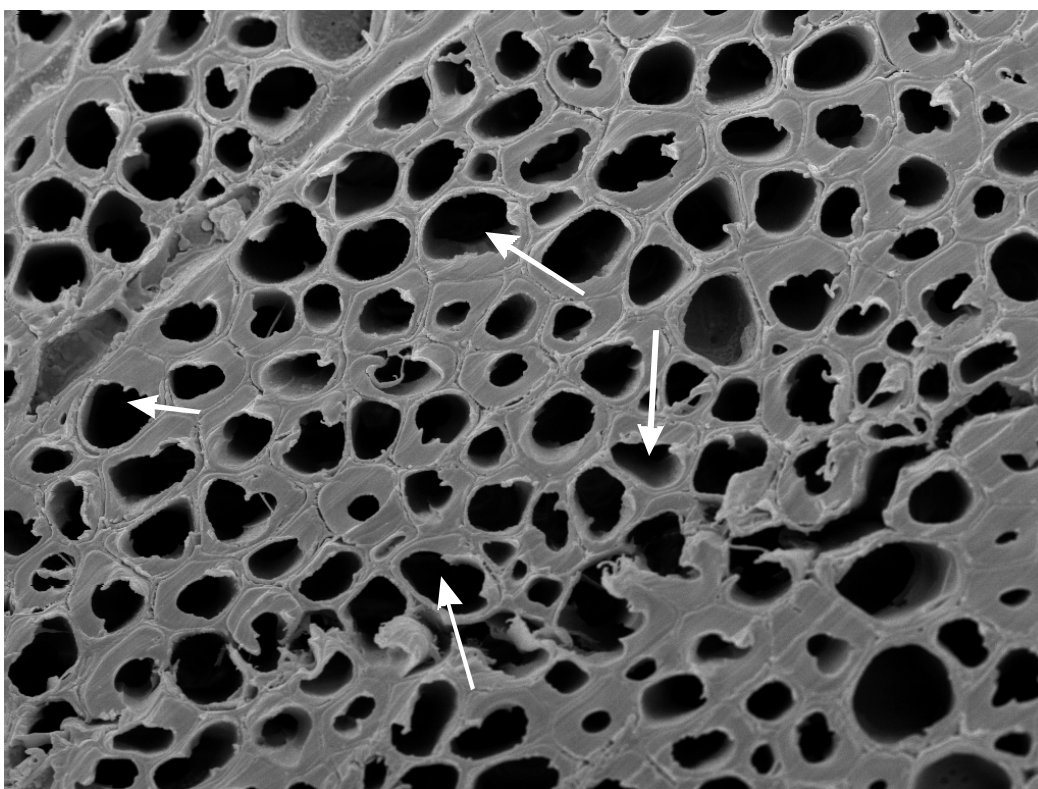
Na základe fyzikálnych a chemických zmien prebiehajúcich v dreve a na základe zmien farby dreva rozdeľujeme drevokazné huby na:

- Hnedú hnilobu (celulózovorné huby)
- Bielu hnilobu (lignínovorné huby)
- Mäkkú hnilobu

Hnedá hniloba sa častejšie vyskytuje u ihličnatého dreva. Huby, ktoré spôsobujú hnedú hnilobu (nazývané aj celulózovorné huby) rozkladajú primárne polysacharidy (celulózu a hemicelulózu) bunkovej steny. Drevo získava rôzne odtiene hnedej farby a po presušení sa rozpadá na charakteristické kockovité útvary (deštruktívna hniloba).

Celulózovorné huby uvoľňujú z hýf enzýmy, ktoré penetrujú do vrstvy S₂ a rozkladajú jej polysacharidický podiel. Ostatné vrstvy bunkovej steny ostávajú menej porušené.

Huby spôsobujúce bielu hnilobu rozkladajú lignínový aj polysacharidický podiel drevných buniek. Lignín je zväčša rozkladaný rýchlejšie ako polysacharidický podiel. Jednotlivé vrstvy bunkovej steny sú postupne rozkladané od lúmenu k strednej lamele (Obr. 8.38). Výsledným efektom pôsobenia týchto húb je biela, šedobiela, nažltlá až svetlohnedá farba dreva. Drevo mäkkne, stráca na hmotnosti, ale objemovo sa prakticky nemení (korozívna hniloba).



Obr. 8.38 Erózna hniloba spôsobená lignínovornou hubou. Mnohé libriformné vlákna majú odbúranú podstatnú časť bunkovej steny

Mäkká hniloba sa prejavuje mäknutím dreva predovšetkým na povrchu. Táto hniloba napáda tak ihličnaté ako aj listnaté drevo, ale rozklad listnatého dreva je rýchlejší a intenzívnejší. Hýfy húb sa šíria hlavne v menej lignifikovanej vrstve S₂ v smere mikrofibríl. Drevo zhnedne, v povrchových vrstvách stráca na hmotnosti a po presušení vznikajú na povrchu pozdĺžne a priečne trhliny. Táto hniloba vyžaduje vyššiu vlhkosť a preto sa často vyskytuje u dreva, ktoré je v kontakte s pôdou alebo vodou.

STN 48 0205 definuje hnilobu ako nenormálne sfarbenie časti dreva so znížením jeho tvrdosti, vznikajúce činnosťou drevokazných húb. Hnilobu rozdeľuje na:

- Hnilobu bele (Obr. 8.39) – vzniká v beli u ihličnatých drevín so žltohnedými a ružovohnedými odtieňmi, u listnatých drevín s pestrým sfarbením pripomínajúcim mramorovú kresbu. Môže prenikať aj do jadra.
- Hniloba jadra (Obr. 8.40) – objavuje sa v jadre rastúceho stromu.
- Práchnivosť (Obr. 8.41) – dutina, ktorá vzniká v rastúcom strome ako výsledok úplného rozkladu dreva drevokaznými hubami.

Podľa lokalizácie hniloby v rôznych častiach stromu, rozlišujeme kmeňovú a koreňovú hnilobu, jadrovú, beľovú a ranovú hnilobu.

Súčasne platné normy chýb a sortimentov surového dreva rozdeľujú hnilobný proces rozkladu dreva ako drevosfarbujúce a drevokazné štádium. Drevosfarbujúce štádium často stotožňujú s tvrdou hnilobou, čo má byť začiatkové štádium hniloby charakterizované zmenou farby, pričom pevnostné vlastnosti dreva sú viac alebo menej nezmenené. Presné meranie mechanických vlastností dreva, predovšetkým rázová húževnatosť dreva, ktorá je najlepším indikátorom začatia rozkladu dreva však ukazujú, že jej hodnota sa už významne mení.

Drevokazné štádium rozkladu dreva sa v normách uvádza ako mäkká hniloba dreva s podstatným znížením mechanických vlastností dreva (Obr. 8.41). Posledným štádiom hniloby dreva je práchnivosť.



Obr. 8.39 Beľová hniloba na dube (*Quercus petraea*)



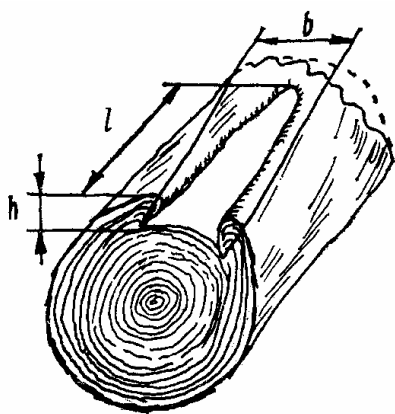
Obr. 8.40 Hniloba stredovej časti (*Picea abies*)



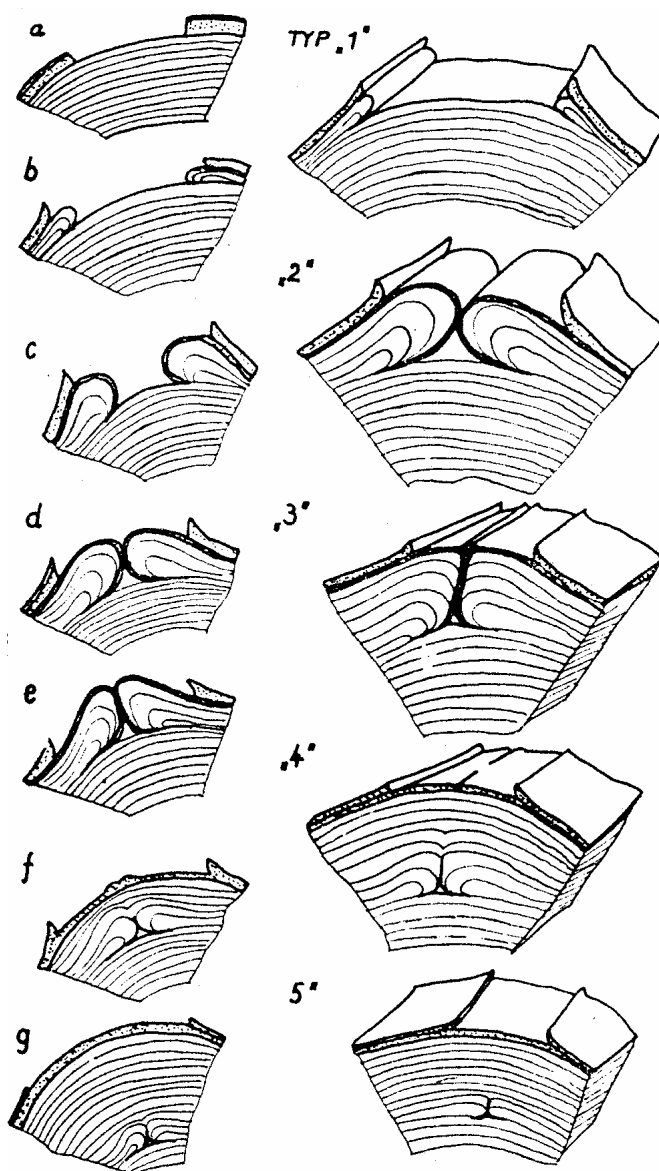
Obr. 8.41 Práchnivosť kmeňa smreka (*Picea abies*)

8.4.7 Zásušok, zárast

Zásušok je prehĺbenina na povrchu kmeňa (výrezu), ktorá vzniká miestnym odumretím kambia po mechanickom poškodení, alebo tepelnom poškodení (slnko, oheň) kôry a kambia. Pod miestom odumretia kambia, prípadne až odstránenia kôry vysychá a odumiera drevo bele (parenchymatické bunky). Zoxidovanie odumierajúceho dreva, prípadne jeho biodegradácia sa prejaví jeho stmavnutím. Ako každé poranené miesto na živom organizme, aj strom si postupne zavaľuje, zaceľuje toto poranené miesto. Čím je strom vitálnejší (má väčšie prírastky ročných kruhov) a zásušok je menší (menšia plocha), tým je zásušok rýchlejšie zavalený, zarastený. Zarastaním zásušku sa redukuje plocha, cez ktorú vysychá drevo a skracuje sa čas pôsobenia drevosfarbujúcich a drevokazných húb. Od plošne väčších zásuškov sa často šíri nepravé jadro (u buka) do zóny vyzretého dreva.



Obr. 8.42 Zásušok na povrchu kmeňa, priečnom reze je bránou pre začínajúcu hnilobu



Obr. 8.43 Priebeh zaval'ovania povrchového poranenia kmeňa.

Počas niekoľkých rokov sa nad zásuškom vytvára zárast. Priebeh zavalovania zásušku je znázornený na

Obr. 8.43, kde vidíme, ako sa po čase bočné závaly spoja a tým uzavrú poranenie. Povrchovým znakom zárastu na guľatine je z počiatku zásušok s výraznými bočnými závalmi (Obr. 8.43c), neskôr sa vytvorí v strede zárastu ostro preliačená jazva (Obr. 8.43d). U hrubokôrych drevín sa po určitom čase jazva stratí, u hladkokôrych drevín (buk) ostáva na mieste zárastu výrazná plochá rana, tvorená mladou kôrou, počas niekoľko desiatok rokov. Na priečnom reze sa zárast javí ako písmeno T (Obr. 8.43g). Zárast predstavuje súbor chýb, ako zásušok, zarastená kôra, závitok, nepravé jadro, hniloba a u ihličnanov aj presmolenie.

8.4.8 Rakovina

Je napadnutie kmeňa a konárov silne parazitickými hubami alebo baktériami. Primárnou príčinou je poranenie, požerok hmyzu, cez ktoré sa spóry húb dostanú do oblasti lyka, kambia prípadne živých buniek dreva. Dráždenie živých buniek parazitickou hubou zapríčiňuje tvorbu veľkého guľovitého nádoru označovaného ako uzavretá rakovina. Pri otvorenej rakovine sa rana v dôsledku toho, že parazitická huba žije na tvoriacom sa závale nezavalauje, ale sa stále viac a viac roztvára (obr. 8.44).



Obr. 8.44 Rakovina na kmeni buka

8.4.9 Nepravé jadro

Nepravé jadro je rastová chyba, ktorá sa vytvára v zóne vyzretého dreva v kmeni zrelodrevných drevín, alebo v stredovej časti kmeňa beľových roztrúseno-pórovitých drevín. Najčastejšie sa táto chyba vyskytuje pri buku, preto sa často v praxi používa aj názov bukové jadro (pajadro).

Príčinou vzniku nepravého jadra sú:

- **abiotické činitele** (vzduch, nízka teplota)
- **biotické činitele** (huby)

Príčiny vzniku nepravého jadra sa v odbornej literatúre vysvetľujú rôzne. Najviac rozšírený je názor, že **nepravé jadro vzniká preniknutím vzduchu do zóny vyzretého dreva** cez poranenia na kmeni, konároch a koreňoch. Zriedkavejšie sa ako príčina vytvorenia nepravého jadra u buka považuje aj extrémne nízka teplota, pri ktorej odumiera parenchým. V zime v rokoch 1928 a 1929 pri teplotách klesajúcich výrazne pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ sa takto vytvorili nepravé jadrá na bukoch, ktoré boli tmavo sfarbené, ale mali malý výskyt zatylovania ciev.

Cez poranené miesto (odretá kôra, odumretý, odlomený konár, hrča) sa odparuje z dreva (ciev) voda a do dreva preniká vzduch. **Prenikajúci vzduch sa dostáva k živým parenchymatickým bunkám a predovšetkým v zóne zrelého dreva spôsobuje biochemické zmeny** (oxidácia trieslovín), následkom čoho drevo stmavne. Súčasne odumierajúci parenchým reaguje na tento nový stav (strata vody, prítomnosť vzdušného kyslíka) **vytváraním týlu**, t.j. prerastaním parenchýmu cez stenčieniny bunkovej steny do ciev.

Takto vytvorené nepravé jadrá, napr. na buku, bývajú zväčša svetlej červenohnedej farby a okrúhleho tvaru (Obr. 8.45b), pritom sa nemusia kryť s jedným ročným kruhom. Mechanické vlastnosti dreva takéhoto nepravého jadra sa prakticky nemenia. Výrazne sa menia len fyzikálne vlastnosti: priepustnosť (vodivé cievky sú upchané tylami) a farba (stmavnutie parenchýmu).

Malá rana, konár malého priemeru sa na živom strome časom zavalí, únik vlhkosti, resp. vnikanie vzduchu do dreva sa ukončí a šírenie nepravého jadra sa zastaví.

Pri veľkých ranách a veľkých hrčiach je tento proces ovplyvnený aj prenikaním hniloby do dreva. Dlhý čas potrebný na zavalenie poranenia (ak sa rana vôbec zavalí) je dostatočný na to aby drevokazné huby prenikali do tých častí kmeňa, kde majú dobré podmienky na svoj rast. Takto vytvorené nepravé jadrá sú tmavo sfarbené, často zložené z niekoľkých zón (mramorovité jadrá), prípadne majú nepravidelný tvar (hviezdicovité, plamencovité a pod. obr. 8.45a, c).

Normy chýb dreva rozlišujú:

1. Okrúhle nepravé jadrá

- jednoduché jadro (okrúhle, svetlo červenohnedé) s jednofarebnou zónou na priečnom reze, viac alebo menej okrúhle (Obr. 8.45b) ;
- dvojité jadro skladajúce sa z dvoch alebo viacerých okrúhlych svetlých červenohnedých často koncentricky uložených jadier;
- mramorovité (mozaikovité) jadro zložené z množstva nepravidelne okrúhlych jadier, ktoré sú od seba odlišené zreteľnou hraničnou zónou.

2. Lúčové nepravé jadrá

- hviezdicovité jadrá – tvarovo okrúhle jadro s hviezdicovitými výbežkami na obvode (Obr. 8.45a)
- plamencové jadrá - excentricky umiestnené plamencovité tvary (Obr. 8.45c).

Iné delenie nepravých jadier je na „**zdravé a nezdravé**“. Za zdravé nepravé jadrá, aj keď nie v pravom slova zmysle, sú považované nepravé jadrá okrúhle svetlej červenohnedej farby. V takýchto jadrách nie sú prítomné drevokazné huby. Drevo má len zmenené fyzikálne vlastnosti, farba a priepustnosť.

Nepravé jadrá hviezdicovité a plamencovité a okrúhle tmavej farby, ktoré majú navyše výrazné hraničné čiary, sú považované za nezdravé, pretože na tvorbe týchto jadier sa významnou mierou podieľajú aj drevokazné huby.



a

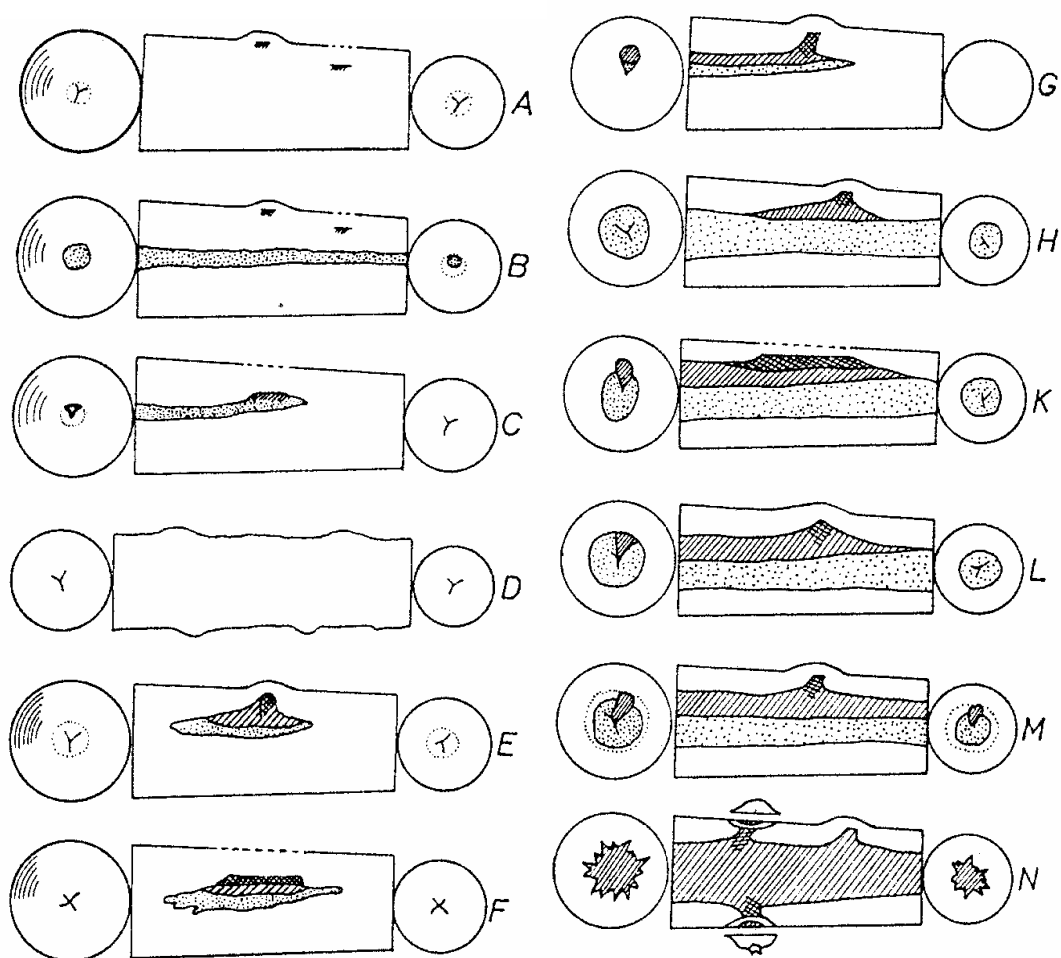


b



c

Obr. 8.45 Nepravé jadrá hviezdicovitý (a), okrúhle (b) a plamencový (c)



Obr. 8.46 Schematické znázornenie šírenia nepravého jadra od hŕč a povrchových poranení kmeňa

Obr. 8.46 znázorňuje ako môže byť nepravé jadro rozložené v bukovom výreze v závislosti na rozložení hŕč a na povrchových poraneniach kmeňa živého stromu. S označením A–F sú znázornené výrezy z vitálnych stromov, ktoré majú veľké prírastky ročných kruhov. Keď sa na takomto kmeni vyskytne povrchové poranenie, alebo sa odlomí hrubý konár, tvorba záusušku, zárastu a nepravého jadra je ohraničená len na malú plochu, objem kmeňa. Výhodou takéhoto kmeňa je, že má vytvorenú širokú bel' a úzke zrelé drevo.

Výrezy s označením G–N sú výrezy zo stromov s nízkou vitalitou (malá koruna, úzke ročné prírastky, úzka bel', široká zóna zrelého dreva). U takýchto stromov potrebuje každé poranenie dlhší čas na zavalenie rany, čím sa vytvárajú lepšie predpoklady pre tvorbu nepravých jadier.

8.4.10 Zaparenie

Zaparenie patrí medzi chyby štruktúry dreva, ktoré sa vyskytuje u zrelodrevných ale aj u bel'ových drevín. Zaparenie považujeme za typickú skladovú chybu u buka. Mechanizmus zaparenia dreva je podobný ako u tvorby nepravého jadra, len s tým rozdielom, že zaparenie nevzniká počas rastu stromu, ale vzniká po ťažbe ako skladová chyba.



Obr. 8.47 Znak zaparenia na čele bukového výrezu

V spílenom kmeni, výreze, žijú parenchymatické bunky (stržňového lúča a drevný parenchým) pri skladovaní za vhodných podmienok (optimálna vlhkosť dreva) ešte niekoľko týždňov až mesiacov. Počas tohto obdobia môžu reagovať na stratu vlhkosti a prenikanie vzduchu zmenou farby (oxidáciou trieslovín), a tvorbou týl. Výsledným efektom zaparenia napr. bukového dreva je jeho sfarbenie do šeda až šedohneda, u brezy do ružovohneda. Drevo sa zaparí v celom priereze skladovaného výrezu (nielen v zóne zrelého dreva), a na miestach kde bola manipuláciou odlúpená kôra. Postupne zaparenie preniká od čela do stredu výrezu a od povrchového poranenia radiálne a pozdĺžne.

Znaky zaparenia v počiatočnom štádiu môžeme rozdeliť na:

- **mikroskopické** – povlak na rebríčkovej perforácii letných ciev
- tvorba týl v cievach
- **makroskopické** – šedohnedé až ružovohnedé sfarbenie dreva (Obr. 8.47)

Podmienky zaparenia dreva sú:

- **Prítomnosť živých parenchymatických buniek** – čerstvé drevo
- **Teplota nad cca 20 °C**
- **Vlhkosť dreva pod cca 50 %**

Zapariť sa nemôže drevo, ktoré neobsahuje živé parenchymatické bunky. Napr. nemôže sa zapariť drevo, ktoré už bolo raz vysušené pod hraničnú vlhkosť životnosti parenchýmu aj keby sme vlhkosť opäť zvýšili nad cca 50 %.

Pre zaparenie dreva sú priaznivé podmienky počas teplých jarných a letných mesiacov, keď teplota stúpa nad 20 °C. Za takýchto podmienok musíme čerstvé drevo chrániť, aby sa nezaparilo.

Podmienky pre zaparenie dreva sú totožné aj s podmienkami rozkladu dreva drevokaznými hubami. Preto keď ponecháme čerstvé drevo v podmienkach priaznivých pre zaparenie takmer súbežne so zaparením dreva začnú v dreve pôsobiť drevokazné huby.

Pôsobenie drevokazných húb na drevo sa považuje za ďalšiu fázu zaparenia, ktorú nazývame **podpar**. Počas tejto fázy sa začína pruhovito meniť farba dreva čo už jasne signalizuje drevo-sfarbujúce až drevokazné štádium pôsobenia húb v dreve.

Posledná fáza zaparenia je **skrenčenie**, čo je už pokročilé štádium hniloby. Prejavuje sa pestrým, mramorovitým sfarbením dreva.

Zaparenie dreva je chyba, ktorá sa vyskytuje často u skladovanej bukovej guľatiny. Ak chceme udržať kvalitu dreva aj počas dlhodobého skladovania, musíme guľatinu chrániť. V drevárskej praxi sa najčastejšie stretávame s mokrou ochranou bukovej guľatiny. Princípom tejto ochrany je udržať vlhkosť guľatiny počas teplých mesiacov na vysokej hodnote tak, aby živý parenchým nestrácal vodu a nereagoval sfarbením a tvorbou povlakov a týl. Takže skladovaná guľatina je počas teplých letných dní a aj nocí postrekovaná vodou, alebo je guľatina skladovaná v bazénoch.

V STN 48 0203 Surové drevo. Guľatina. Pri triedení chýb je zaparenie zaradené do napadnutia dreva hubami, čo nezohľadňuje vlastné zaparenie, kedy sa mení len farba a priepustnosť dreva ako dôsledok zatylovania ciev. Až následne za zaparením začína štádium rozkladu dreva drevokaznými hubami, nazývané podpar, ktoré sa prejavuje už výrazným hnilobným sfarbením dreva.

9 SORTIMENTY SUROVÉHO DREVA

Les produkuje drevo, ktoré je predmetom ďalšieho spracovania predovšetkým v drevárskom a celulózo-papierenskom priemysle. Pri komplexnom spracovaní je možné využiť prakticky celú dendromasu stromu (lesná štiepka, zelená štiepka), ale najčastejšie je predmetom ďalšieho spracovania kmeňová časť stromu, prípadne hrubšie konáre. Možnosti zužitkovania takéhoto dreva sú však limitované jednak jeho vlastnosťami, ktoré sa menia tak po výške ako aj po priereze kmeňa. Rozloženie chýb dreva v kmeni, ich kvalita a kvantita sú jedným z limitujúcich faktorov využitia drevnej suroviny. Ďalším faktorom, ktorý rozhoduje o použití dreva na konkrétny výrobok sú rozmery spracovávaného sortimentu surového dreva (dĺžka, priemer). Z hore uvedených dôvodov sa surové drevo, ktoré ide na spracovanie, triedi na sortimenty.

Sortiment je drevo menovitého určenia vyhovujúce požiadavkám technických noriem alebo technických podmienok.

Pre triedenie guľatinových sortimentov sú vypracované normy európske STN EN a národné normy STN.

9.1 *Európska norma*

Európske normy STN EN kvalitatívne triedia guľatinu, pri ktorej nie je známy účel použitia do štyroch tried:

Kvalitatívna trieda A

Drevo najvyššej, výnimočnej kvality. Tejto kvalitatívnej triede všeobecne zodpovedá drevo z prízemkového výrezu s drevom bez hrč a bez ďalších znakov alebo len s malými znakmi a malým obmedzením, pokiaľ sa týka jeho využitia.

Kvalitatívna trieda B

Drevo priemerne bežnej až najvyššej kvality, bez špecifických požiadaviek na výskyt hrč. Hrče sa dovoľujú do takého rozsahu, ktorý zodpovedá ich bežnému výskytu na každej drevine.

Kvalitatívna trieda C

Drevo v priemere nižšej kvality až menej hodnotné. Dovoľujú sa všetky znaky, ktoré výrazne neznižujú prirodzené vlastnosti dreva.

Kvalitatívna trieda D

Drevo, ktoré je možné spracovať na využiteľné sortimenty, ktoré vzhľadom na jeho znaky nie je možné zaradiť do žiadnej z predchádzajúcich tried A, B, C.

Zásady triedenia guľatiny v kvalitatívnych triedach A, B, C, D určuje pre:

- | | |
|------------------------|------------------|
| • smrek a jedle | STN P ENV 1927-1 |
| • borovice | STN P ENV 1927-2 |
| • smrekovce a duglasky | STN P ENV 1927-3 |
| • dub a buk | STN EN 1316-1 |
| • topol | STN EN 1316-2 |
| • jaseň a javory | STN EN 1316-3 |

9.2 *Národná norma*

Národná norma STN 48 00 55 a STN 48 00 56 kvalitatívne triedi drevo a guľatinu, pri ktorých je známy účel použitia na šesť tried. **Kritériom triedenia je rozsah chýb, druh dreviny a rozmery sortimentu** (dĺžka, priemer).

Výrezy kvalitatívnej triedy I.

Do kvalitatívnej triedy I. sú zatriedené špeciálne výrezy na výrobu hudobných nástrojov (rezonančné výrezy) a výrezy na výrobu dýh a technických potrieb.

Výrezy kvalitatívnej triedy II.

Do kvalitatívnej triedy II. sú zatriedené výrezy na špeciálne rezivo, zápalkárske výrezy a výrezy na športové náradie a výrezy na výrobu lúpaných dýh a preglejovaných dosiek.

Výrezy kvalitatívnej triedy III.

Do kvalitatívnej triedy III. sú zatriedené piliarske výrezy. Táto trieda sa delí na podtriedy III.A, III.B a III.C.

Výrezy kvalitatívnej triedy IV.

Do kvalitatívnej triedy IV. sú zatriedené výrezy na výrobu drevoviny (brúsne drevo), banské výrezy a žrd'ovina.

Výrezy kvalitatívnej triedy V.

Do kvalitatívnej triedy V. je zatriedené vlákнинové drevo (na výrobu buničiny) a ostatné priemyslové drevo (na výrobu aglomerovaných materiálov).

Výrezy kvalitatívnej triedy VI.

Do kvalitatívnej triedy VI. je zatriedený sortiment palivového dreva.



Obr. 9-1 Bukové výrezy I. a II. kvalitatívnej triedy

10 LITERATÚRA

- ARCHER, R. R.: Growth Stresses and Strains in Trees. Berlin Heidelberg: Springer -Verlag, 1987, 240 s. ISBN 0-387-16406-5
- BARNET, J. R. – JERONIMIDIS, G.: Wood Quality and its Biological Basis. CRC Press, Boca Raton, 2003. ISBN 1-84127-319-8
- BENKOVA, V. E. – SCHWEINGRUBER, F. H.: Anatomy of Russian Woods. An atlas for the identification of trees, shrubs, dwarf shrubs and wood lianas from Russia. Paul Haupt Berne and Stuttgart Publishers, 2004, 456 s. ISBN 3-258-06412-1
- BOWYER, J. L. – SHMULSKY, R. – HAYGREEN, J. G.: Forest Products and Wood Science. An Introduction. Iowa State Press, 2003. ISBN 0-8138-2654-3
- BUTTERFIELD, B. G.: Microfibril Angle in Wood. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury, 1998, 410 s.
- BUTTERFIELD, B. G. – MEYLAN, B. A. – PESZLEN, I. M.: Three dimensional structure of wood. Budapest: Faipari Tudományok Alapítvány, 1997, 148 s. ISBN 963-04-8812-4
- CARLQUIST, S.: Comparative Wood Anatomy. Systematic, Ecological and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood. Berlin Heidelberg: Springer - Verlag, 1988, 436 s. ISBN 3-387-18827-4
- COOK, E. R. – KAIRUKSTIS, L. A.: Methods of Dendrochronology. Application in the Environmental Sciences. Kluwer Academic Publishers, 1989, 394 s. 0-7923-0586-8
- FENGEL, D. – WEGENER, G.: Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Berlin - New York: Walter de Gruyter, 1989, 613 s. ISBN 0-89925-593-0
- GANDELOVÁ, L. – HORÁČEK, P. – ŠLEZINGEROVÁ, J.: Náuka o dřevě. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 176 s. ISBN 978-80-7157-577-1
- GROSSER, D.: Die Holzer Mitteleuropas. Ein mikrophotographischer Lehratlas. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1977, 210 s. ISBN 0-540-08096-1
- HILLIS, W. E.: Heartwood and Tree Exudates. Berlin Heidelberg: Springer - Verlag, 1987, 268 s. ISBN 0-387-17593-8
- HOADLEY, R. B.: Identifying Wood. Accurate results with simple tools. Newtown: The Taunton Press, 1990. ISBN 0-942391-04-7
- CHOVANEC, D.: Morfológia bunčných elementov listnatých drevín. Vedecko-pedagogické aktuality. Zvolen: VŠLD, 1985, 122 s.
- CHOVANEC, D. – ČUNDERLÍK, I. – VÁLKA, J.: Znaky kvality bukových kmeňov. Zvolen: Vysoká škola lesnícka a drevárska vo Zvolene, 1989, VPA č. 7, 103 s.
- ILVESSALO-PFÄFFLI, M. S.: Fiber Atlas. Identification of Papermaking Fibers. Berlin Heidelberg: Springer -Verlag, 1995, 400 s. ISBN 3-540-55392-4
- KETTUNEN, P. O.: Wood Structure and Properties. Uetikon-Zurich: Trans Tech Publications Ltd, 2006, 401 s. ISBN 0-87849-487-1
- KLÍR, J.: Vady dřeva. Bratislava: ALFA, 1981, 232 s.
- KOKOCINSKI, W.: Anatomia drewna. Poznań: Wydawnictwo-Drukarnia PRODRUK Poznań, 2002, 162 s. ISBN 83-88518-42-9

- MOLNÁR, S.: Wood defects and damages. Sopron: Hillebrand Nyomda Kft., 2006. ISBN 963-9364-71-1
- MOLNÁR, S. – BARISKA, M.: Magyarország ipari fái (Wood species of Hungary). Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 2002. 210 s. ISBN 963-9422-53-3
- MOLNÁR, S. – PESZLEN, I. – PAUKÓ, A.: Faanatómia. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 2007. ISBN 978-963-9736-29-0
- PANSHIN, A. J. – DE ZEEUW, C.: Textbook of Wood Technology. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. ISBN 07-048440-6
- NĚMEC, J. – JANDÁČEK, V. – HURBA, B.: Dřevo – historický lexikon. Praha: Grada Publishing, a. s., 2005, 80 s. ISBN 80-247-1187-7
- PATŘIČNÝ, M.: Dřevo krásných stromů. Tretie prepracované vydanie. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1193-1
- POŽGAJ, A. – CHOVANEC, D. – KURJATKO, S. – BABIAK, M.: Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava: Príroda, a.s., 1997, 485 s. ISBN 80-07-00960-4
- SCHWEINGRUBER, F. H.: Anatomy of European Woods. Paul Haupt Berne and Stuttgart Publishers, 1990, 800 s. ISBN 3-258-04258-6
- TIMELL, T. E.: Compression wood in gymnosperms. I. 1st ed. Berlin - Heidelberg: Springer - Verlag, 1986, 706 s. ISBN 0-387-15715-8
- VAKIN, A. T. – POLUBOJARINOV, O. I. – SOLOVJEV, V. A.: Poroky drevesiny (Chyby dreva). Moskva: Lesnaja promyšlennost', 1980, 111 s.
- WAGENFÜR, R.: Dřevo. Obrazový lexikon. Praha: Grada Publishing, 2002, 347s. ISBN 80-247-0346-7
- WAGENFÜR, R.: Holzatlas. Leipzig: Fachbuchverlag, 2007, 816 s. ISBN 3-446-40649-2
- ZIMMERMAN, M. H.: Xylem Structure and the Ascent of Sap. Berlin - Heidelberg: Springer - Verlag, 1983, 146 s. ISBN 0-540-12268-0
- ZOBELL, B. J. – SPRAGUE, J. R.: Juvenile Wood in Forest Trees. Berlin - Heidelberg: Springer - Verlag, 1998, 300 s. ISBN 0-540-64032-0

Autor	prof. Ing. Igor Čunderlík, CSc.
Názov	ŠTRUKTÚRA DREVA
Náklad	500 výtlačkov
Rozsah	135 strán, 10,87 AH, 11,11 VH Za odbornú úroveň tohto vysokoškolského učebného textu uodpovedá vedúci katedry prof. Ing. Ján Dubovský, CSc. Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.
Vydanie	I. – 2009
Tlač	Vydavateľstvo TU vo Zvolene
Grafická úprava	Antónia Malenká
Vydavateľ	Technická univerzita vo Zvolene

ISBN 978-80-228-2061-5