

edice stavitel

Dřevostavby pro bydlení

Jiří Vaverka, Zdeňka Havířová, Miroslav Jindrák a kol.



 GRADA

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.





Copyright © Grada Publishing, a.s.

Na zpracování této publikace, která se zabývá definováním technických, uživatelských a provozních zásad, současnými i budoucími trendy v České republice i zahraničí budov, které se obecně nazývají dřevostavby, se mimo autorského kolektivu spolupodílela celá řada odborníků, kteří významnou měrou obohatili její obsahovou stránku. Je naší milou povinností všem těmto kolegům poděkovat.

Za odborné připomínky k rukopisu a ke korekturám děkujeme lektorům Prof. Ing. Jiřímu Myslínovi, CSc., a Ing. Pavlovi Kubů. Jejich doporučení a odborná kritika velice přispěla ke kvalitě díla.

Za ochotu a pochopení děkujeme všem firmám, které se podílely na pokrytí nákladů spojených s vydáním publikace.

V neposlední řadě patří dík také nakladatelství GRADA. Za redakční práci potom jejímu šéfredaktorovi Ing. Radomíru Matulíkovi a ing. Jitce Hrubé, kteří koordinovali činnosti spojené s vydáním knihy.

Prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc.
vedoucí autorského týmu

■ DŘEVOSTAVBY PRO BYDLENÍ

Jiří Vaverka, Zdena Havířová, Miroslav Jindrák a kol.

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400

jako svou 3396. publikaci

Odpovědná redaktorka Jitka Hrubá

Sazba Jan Šístek

Fotografie na obálce z archivu autorů

Fotografie v knize z archivu autorů

Počet stran 380

První vydání, Praha 2008

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

© Grada Publishing, a.s., 2008

Cover Design © Eva Hradiláková 2008

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

ISBN 978-80-247-2205-4 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-7014-7 (elektronická verze ve formátu PDF)

© Grada Publishing, a.s. 2011

Obsah

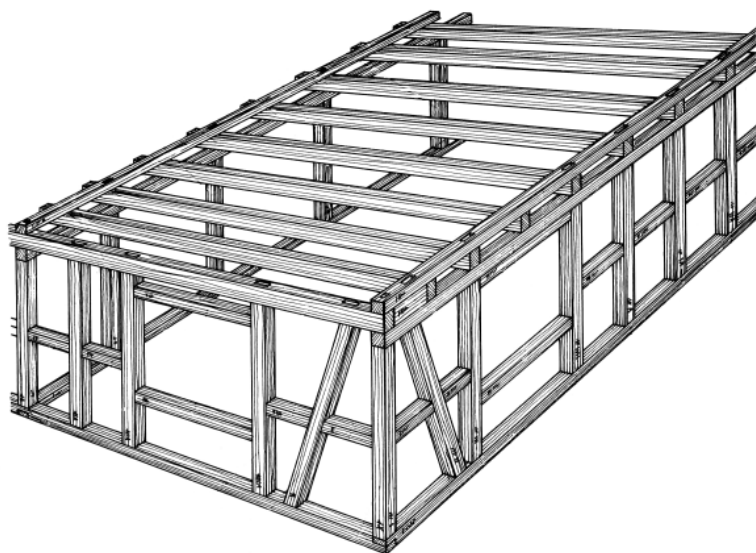
Předmluva (<i>J. Vaverka</i>)	9
Úvod (<i>J. Vaverka</i>)	11
Interiér staveb	12
1 Dřevo jako konstrukční materiál (<i>Z. Havířová</i>).	15
1.1 Stavba dřeva a jeho vlastnosti	15
1.1.1 Fyzikální vlastnosti dřeva	16
1.1.2 Mechanické vlastnosti dřeva	19
1.2 Vady dřeva	20
1.3 Ochrana dřeva ve stavbách	23
1.3.1 Konstrukční ochrana dřeva	23
1.3.2 Chemická ochrana dřeva	25
1.4 Dřevo a velkoplošné materiály v konstrukcích dřevostaveb	26
1.4.1 Řezivo (konstrukční rostlé dřevo)	26
1.4.2 Lepené nosníky	27
1.4.3 Lepené lamelové dřevo	27
1.4.4 Vrstvené dřevo	28
1.4.5 Velkoplošné materiály	28
2 Historický vývoj staveb ze dřeva (<i>Z. Havířová</i>)	30
2.1 Počátky stavění ze dřeva	30
2.2 Historický vývoj konstrukčních systémů	32
2.2.1 Systémy dřevěných staveb z tyčových prvků	32
2.2.2 Systémy masivních staveb ze dřeva	35
2.3 Současné konstrukční systémy dřevostaveb	38
2.3.1 Elementární stavby na bázi dřeva	38
2.3.2 Skeletové stavby	45
2.3.3 Masivní stavby ze dřeva	53
3 Současné trendy dřevostaveb v ČR (<i>M. Jindrák</i>)	59
3.1 Historické ovlivnění vývoje dřevostaveb zákony	59
3.2 Proč právě dřevo pro výstavbu domů?	60
3.3 Lehké konstrukční systémy staveb na bázi dřeva, používané v ČR	61
3.3.1 Charakteristiky používaných konstrukčních systémů	61
3.4 Rodinné domy	63
3.4.1 Příklady rodinných domů realizovaných v ČR	64
3.5 Dřevostavby bytových domů	73
3.5.1 Příklady bytových domů v ČR	74
4 Normativní a předpisové požadavky	80
4.1 Základní předpisové požadavky (<i>J. Smola</i>)	80
4.1.1 Systémové a právní prostředí	80
4.1.2 České technické normy	81

4.1.3	Projektová dokumentace, její členění a účel	82
4.1.4	Profese projektanta a architekta	82
4.1.5	Přehled stupňů projektové dokumentace	83
4.1.6	Realizace staveb	85
4.1.7	Kontrola provádění stavby	85
4.2	Mechanická odolnost a stabilita (<i>B. Straka</i>)	87
4.2.1	Normativní požadavky a specifikace legislativní základny	87
4.2.2	Normy pro materiálové vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva	88
4.2.3	Normy pro trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva	89
4.2.4	Normy pro zatížení stavebních konstrukcí	90
4.2.5	Normy pro navrhování dřevěných konstrukcí	91
4.2.6	Normy pro provádění dřevěných konstrukcí	92
4.3	Požární bezpečnost (<i>I. Bradáčová</i>)	93
4.4	Hygiena, ochrana zdraví a životní prostředí (<i>D. Tesařová</i>)	100
4.5	Ochrana proti hluku (<i>J. Vaverka</i>)	110
4.6	Větrání a vytápění (<i>J. Hirš</i>)	114
4.7	Úspora energie a ochrana tepla (<i>J. Vaverka, V. Panovec</i>)	117
4.7.1	Součinitel prostupu tepla	121
4.7.2	Kondenzace vodních par v konstrukci	122
4.8	Požadavky na objekty s nízkou energetickou náročností (<i>J. Vaverka, V. Panovec</i>)	126
4.9	Hlediska trvanlivosti, použitelnosti a identifikace (<i>Z. Haviřová, M. Jindrák</i>)	129
4.9.1	ETAG 007 – Dřevěné rámové stavební sestavy	130
4.9.2	ETAG 008 – Prefabrikované schodišťové sestavy	132
4.9.3	ETAG 011 – Lehké kompozitní nosníky a sloupy na bázi dřeva	132
4.9.4	ETAG 012 – Srubové stavební sestavy	132
4.9.5	ETAG 016 – Samonosné lehké kompozitní panely	133
4.9.6	ETAG 019 – Prefabrikované nosné sendvičové panely na bázi dřeva	133
4.9.7	Normy související s trvanlivostí a použitelností dřevěných konstrukcí a prvků staveb	134
5	Technické a konstrukční uspořádání dřevostaveb	137
5.1	Konstrukce vertikální, horizontální a transparentní (<i>Z. Haviřová</i>)	137
5.1.1	Základní požadavky	137
5.1.2	Metodika posuzování spolehlivosti a životnosti konstrukcí a staveb ze dřeva	140
5.1.3	Hodnocení spolehlivosti a životnosti konstrukcí a staveb na bázi dřeva	141
5.2	Zásady zabezpečující tepelnou pohodu (<i>J. Vaverka, V. Panovec</i>)	142
5.2.1	Tepelná ochrana	146
5.3	Zásady zabezpečující akustickou pohodu (<i>J. Vaverka</i>)	163
5.4	Zásady požární ochrany (<i>I. Bradáčová</i>)	182
5.5	Hygiena a ochrana zdraví (<i>D. Tesařová</i>)	207
5.6	Zásady větrání a vytápění (<i>J. Hirš</i>)	215
5.7	Zásady řešení domů s nízkou energetickou náročností (<i>J. Vaverka, V. Panovec</i>)	226
5.7.1	Vliv místních klimatických podmínek	226
5.7.2	Tvarové řešení a velikost domu	226
5.7.3	Dispoziční řešení, umístění místností a zónování	226
5.7.4	Umístění a velikost prosklených ploch	228

5.7.5	Soustavy technických zařízení budov pro domy s nízkou energetickou náročností	231
5.7.6	Ohřev teplé vody	234
5.7.7	Ochlazování domů	235
5.7.8	Další systémy TZB	235
6	Detaily dřevostaveb (B. Straka, A. Lokaj, Z. Havířová)	236
6.1	Specifikace dominantních detailů	236
6.1.1	Detaily střešních konstrukcí dřevostaveb	237
6.1.2	Detaily stropních konstrukcí dřevostaveb	248
6.1.3	Detaily stěnových konstrukcí dřevostaveb	251
6.2	Příklady řešení konstrukčních detailů	255
6.2.1	Příklady řešení detailů střešních konstrukcí	255
6.2.2	Příklady řešení detailů stropních konstrukcí	261
6.2.3	Příklady řešení detailů stěnových konstrukcí	263
6.2.4	Některé příklady konstrukční skladby dřevostaveb pro bydlení	273
6.3	Nedostatky při řešení konstrukčních detailů	277
6.3.1	Nedostatky při řešení detailů střešních konstrukcí	278
6.3.2	Nedostatky při řešení detailů stropních konstrukcí	280
6.3.3	Nedostatky při řešení detailů stěnových konstrukcí	281
7	Příklady pasivních objektů (A. Brotánek)	282
7.1	Význam, možnosti a smysl pasivních domů a dřevostaveb (A. Brotánek)	282
7.2	Konstrukční principy a stavební fyzika pasivních domů (M. Jindrák)	286
7.2.1	Dřevostavby v úrovni pasivních objektů (PD)	286
7.2.2	Relativní vzduchotěsnost obvodového pláště	289
7.2.3	Zkušenosti z realizací a provozu PD v ČR	291
7.2.4	Vnitřní mikroklima – CO ₂ a relativní vlhkost ve vazbě na intenzitu větrání	299
7.3	Příklady v České republice (A. Brotánek)	303
7.3.1	Úvod do logiky návrhů použitých příkladů realizovaných individuálních dřevostaveb na přelomu tisíciletí v Čechách	303
7.3.2	Pasivní dřevostavba RD pro dva z I profilů založená nad terénem s izolovanou slámovými balíky	323
7.3.3	Multifunkčně využívaný objekt společnosti Country Life-Archa v Nenačovicích u Loděnice	327
7.3.4	Pasivní dřevostavba RD založená nad terénem s izolací z celulózových vláken	334
7.4	Dřevostavby ve Švýcarsku (E. Elgart)	341
8	Trendy ve vývoji dřevostaveb (J. Smola)	346
8.1	Švýcarsko (E. Elgart)	346
8.1.1	Rodinný dům CH-4524 Günsberg	348
8.1.2	Bytový dům "Sunny Woods" CH-8049 Zürich-Höngg	350
8.1.3	Bytový dům CH-3097 Bern-Liebefeld	350
8.2	Švédsko	351
8.3	Finsko	355

8 Obsah

8.4 Holandsko	362
8.5 Rakousko	364
Literatura	369
Rejstřík	373



Předmluva

Publikace předkládá čtenářům komplexní pohled na problematiku dřevostaveb se zaměřením na objekty pro bydlení. Celá řada obdobně zaměřených publikací se zabývá segmenty této problematiky jak v úrovni obecné, tak i v technologické, konstrukční, případně obrazové úrovni, v žádné však není uvedená problematika řešena komplexně. Snahou autorského kolektivu bylo danou problematiku pojmout ve všech kontextech, (v legislativní a normové úrovni roku 2008), s konstrukční a mikrobiologickou vazbou na tepelně technickou i akustickou interiérovou pohodu. Vzhledem k současnému zahraničnímu, ale i tuzemskému trendu orientace na budovy s nízkou energetickou náročností, jsou obsahem publikace i kapitoly o úsporném vytápění a větrání. Doprovází je odkazy na platnou legislativu ve vazbě na realizaci objektů nízkoenergetických a pasivních a na rozdíl od publikací vydaných jako překlad zahraničního originálu respektuje požadavky a normy platné v současnosti v ČR.

Je třeba si uvědomit, že v současné době většímu rozšíření dřevostaveb v ČR brání nízký zájem klientů, způsobený především jejich nevědomostí a předsudky vůči dřevu jako stavebnímu materiálu. V zájmu širšího využití dřeva ve stavebnictví u nás bude třeba překonat především zkreslené představy veřejnosti o dřevu jako hlavním konstrukčním materiálu.

Přitom dřevostavby by mohly významně přispět k řešení současné bytové situace. Mezi evropskými státy zaujímá ČR 12. místo v lesnatosti, v zásobě dřeva na 1 hektar je na 4. místě a v ročním přírůstku na 1 ha je na 6. místě.

Zajímavé je, že roční těžba dřeva na obyvatele je v ČR a v USA přibližně stejná. V USA však dřevostavby zcela dominují v bytové výstavbě, zatímco u nás představují zhruba 1 až 2 %. V Německu je to 7 % (z toho v Bavorsku 70 %), v Rakousku 10 %, Švýcarsku 10 %, Velké Británii – Anglii, Walesu 15 %, Skotsku 50 % (přitom na britských ostrovech jsou malé vlastní zdroje dřeva), ve Finsku, Norsku a Dánsku přes 60 %, v USA 65 % a Kanadě dokonce 80 %.

Po roce 1990 došlo k rychlé a totální změně v technologii výstavby bytových domů. Z dominující panelové výstavby převažují zděné domy a byty – cca 86 %. V roce 2002 Český statistický úřad evidoval výstavbu sto šedesáti čtyř dřevěných rodinných domů a dvaceti osmi bytů v dřevěných bytových domech, následující rok pak dvě stě šedesát tři rodinných domů a šest bytů. V roce 2006 to již bylo 458 realizovaných rodinných domů, ve kterých bylo jako hlavní konstrukční materiál použito dřevo a 45 bytů v bytových domech realizovaných na bázi dřeva.

Knihou by tedy měla zlepšit povědomí o dřevostavbách ve všech souvislostech mezi odbornou i širokou veřejností. Je určena zejména projektantům, architektům, investorům a technické veřejnosti zabývající se touto problematikou. Současně bude plnit funkci pracovní a případně i pedagogické pomůcky. Na celé řadě realizovaných objektů a jejich konstrukčních detailů jsou uvedeny příklady problematičtějších řešení, které budou sloužit jako upozornění pro projektanty, případně i budoucí uživatele.

10 Předmluva

Vedle tradičních stavebních materiálů jsou v jednotlivých kapitolách rovněž popsány varianty použití méně tradičních – ekologických materiálů (sláma, hlína) s uvedením jejich zásadních fyzikálních vlastností a vhodných aplikačních opatření.

Je třeba si uvědomit, že dřevo již svou tradicí a především svými vlastnostmi je materiál perspektivní, plně obnovitelný a ekologický, který je nejen „přívětivý svou vůní“, ale především příznivě ovlivňuje mikroklima v interiéru, důležité pro zachování interiérové pohody.

Prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc.

Úvod

Historie stavění ze dřeva má nejen v tuzemsku, ale i v zahraničí staletou tradici. Tato tradice vychází z místních podmínek a zejména z dostupnosti materiálu. V lokalitách kde převládaly skalnaté masivy se nejčastěji používal jako základní stavební materiál kámen, v místech rovinatých nepálená hlína, v oblastech s velkým výskytem lesů dřevo.

Zásadní vliv na tvarosloví historických dřevostaveb měl nejen použitý stavební materiál a tvůrčí přístup k jeho zpracování, ale také vnitřní funkce a náplň domu. Kontinuita tvorby dřevostaveb u nás byla přerušena a chceme-li na ni navázat, musíme tyto zákonitosti znovu poznat. Etnické a přírodní spolupůsobící vlivy byly podstatné. Řád stavby vycházel z přírodních a fyzikálních vlastností materiálu. Přes naše území přechází západní hranice přirozeného rozšíření jehličnatých, tzv. černých lesů. Na východ od této hranice nalezneme dřevostavby roubené. Naopak s menším výskytem dlouhého dřeva a zejména vlivem kolonizace se na naše území rozšířily stavby hrázděné. Hrázdění je doplňková technika spořicí dřevo, která nedostatek materiálu vyvažovala logickým poznáním. V pozdním středověku docházelo k částečnému ústupu jehličnatých lesů a díky tomu se přirozeně rozšiřovala i oblast hrázdění.

V zájmu širšího využití dřeva ve stavebnictví u nás, bude třeba překonat zkrleslé představy veřejnosti o dřevu jako stavebním materiálu. Dřevostavby jsou u mnoha lidí spojovány s objekty sloužícími pouze k rekreačním účelům, nevhodnými k trvalému bydlení. Je to zčásti způsobeno tradicí, kde obytný objekt byl hmotný na pevných nejčastěji kamenných nebo betonových základech s rozsáhlými sklepními prostory, vícegenerační. Dřevo u těchto staveb sloužilo jako materiál použitý na krov, okna a podlahy. Běžně bylo používáno pro doplňkové vnější konstrukce a stavby jako přístřešky, oplocení, kůlny a ostatní vedlejší stavby.

V současné době se dřevo stává významným konstrukčním materiálem, zejména ve vztahu k jeho fyzikálně-statickým vlastnostem a ekologickým parametrům interiérového mikroklimatického komfortu. Soudobé trendy dřevěného stavění mají jen málo společného s historickými stavebními systémy, dřívějšími chatami nebo se stavěním pro sociálně slabší vrstvy. Také se neomezují na obytné domy nebo halové konstrukce. Dřevěné stavby jsou úspěšné nejen díky komplexnímu technickému vývoji a rozvoji konstrukčních metod, ale také z titulu lepšího vztahu k soudobé architektuře. Použití nových materiálů a technologií umožňuje realizovat stavby s parametry, které mnohdy předčí stavby z klasických materiálů. Dřevěné stavby se na stavbách odpoutaly od řemeslné výroby a přešly k výrobním podnikům, kde efektivní industrializaci dochází k produkci prefabrikovaných dílců a vytvoření podmínek pro přesnou a především rychlou montáž na staveništi ve srovnání s tradiční technologií výstavby.

Z dříve řemeslně vyráběných jednotlivých částí se staly konstrukční prvky s předem stanovenými požadavky a definovanou jakostí, které lze na staveništi v krátké době a rozměrově přesně spojovat do celku. U staveb s nízkou energetickou náročností (nízkoenergetické a pasivní domy – NED a PD) jsou i v současné době aplikovány realizační technologie přímo na stavbě vzhledem k jejich typičnosti a mnohdy i neproveditelnosti v prefabrikované úrovni

zejména v detailech. U těchto staveb nacházejí uplatnění i přírodní tepelně izolační materiály (např. sláma), které přispívají ke zlepšení mikroklimatu interiéru.

Přední zástupci nové generace architektů a projektantů dřevěných staveb přispěli k zlepšení přirozeného vztahu k přírodnímu konstrukčnímu materiálu. Pro ně se staly dřevěné konstrukce samozřejmé a úspěšně je používají pro stavby, které odpovídají dnešním podmínkám.

Nové materiály na bázi dřeva, moderní spojovací prostředky, racionální metody zpracování a efektivní zdvihačí a přepravní zařízení umožňují nové formy pro stavění se dřevem.

Dnes zaznamenávají vícepodlažní nebo vysoce objemové dřevěné stavby i v hustě osídlených městských oblastech trvale vzestupný trend. U obytných domů je dřevo již po desetiletí v úspěšném kurzu. V oblasti nízkoenergetických a pasivních domů dřevěné stavby udávají směr.

■ Interiér staveb

Při výstavbě interiérů poskytuje dřevo mnohem více volnosti než při řešení nosné konstrukce nebo fasády, protože jsou k dispozici jiné technické předpoklady. K možnosti použití dřeva pro vnitřní výstavbu přistupují ty dřeviny, které jsou pro tento účel specificky vhodné. Kromě toho řada materiálů na bázi dřeva nabízí speciální efekty a povrchy.

Dřevo je přírodní materiál s všestranným využitím a pro svůj estetický vzhled spolu s přirozenou kresbou je žádaným prvkem životního prostředí. V této souvislosti nelze rovněž opomenout fakt, že se jedná o materiál rostlinného původu, který je plně obnovitelný a jehož produkce a použití má na rozdíl od umělých konstrukčních materiálů příznivý dopad na naše životní prostředí. Při jeho růstu se redukuje množství CO_2 v ovzduší, roste bez spotřeby umělé energie a jeho zpracování stejně jako přeprava stavebních prvků z něj vyrobených vyžaduje méně energie, než je tomu u alternativních materiálů. Dřevo je zahrnováno mezi obnovitelné zdroje energie, jako jeden z druhů biomasy.

Je to materiál redukující vlhkost, teplý, zdravý a s možností opětového zhodnocení; zpracování suroviny málo zatěžuje životní prostředí v porovnání s betonem, cihlami nebo ocelí; dřevěné stavby nevyžadují žádné ekologicky přítěžující materiály; výroba probíhá výlučně ekologicky hodnotným suchým postupem.

Nakolik může budova vyhovovat požadavkům uživatelů, závisí na architektonické a konstrukční kvalitě a na vybavení. Kvalita místností je pozitivně ovlivněna přírodními materiály jako je dřevo a nástavbami konstrukčních prvků promyšlenými z hlediska stavební fyziky.

Každý výrobek má na konci svého životního cyklu končit v recyklovacím procesu. Dřevěné konstrukční prvky lze podle jejich použití také materiálově opětně použít. Tato forma kaskádového využití má být používána co nejdéle. Pokud již není materiálové použití účelné, mohou dřevěné prvky i nadále sloužit pro získávání energie. Přitom sice vydávají CO_2 , ten je však dorůstajícím lesem opět přijímán. Jeho koloběh je tímto způsobem uzavřen. Odpad dřeva, které bylo upraveno nesnášenlivými materiály, musí být odborně zlikvidován ve spa-

lovacích zařízeních. Dřevo v přírodním stavu lze však bez obav spálit, popel lze zlikvidovat jako běžný domový odpad.

Podle těchto úvah je návrh rozhodujícím základem pro úspěšnou dřevěnou stavbu. Již v této fázi se musí – kromě architektonických opatření – zvolit systém dřevěné stavby, který ovlivní volbu nosného systému. K tomu přistupují otázky protipožární ochrany, tepelné izolace, zvukové izolace, ochrany dřeva, neprůvzdušnosti a trvanlivosti jakož i udržování, které je rovněž třeba systémově zodpovědět.

Prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc.

■ 1 Dřevo jako konstrukční materiál

Dřevo je jedním z nejstarších stavebních materiálů. První obydlí si člověk budoval pomocí dřeva nebo kamene a ty byly také zhruba až do konce 18. století jedinými používanými konstrukčními materiály. Jeho předností je především snadná opracovatelnost, vysoká pevnost v poměru k hmotnosti a dobré izolační schopnosti. Dřevo je přírodní materiál s všestranným využitím a pro svůj estetický vzhled spolu s přirozenou kresbou je v posledních letech žádaným prvkem vytvářejícím životní prostředí člověka. V této souvislosti nelze rovněž opomenout fakt, že se jedná o materiál rostlinného původu, který je plně obnovitelný a jehož produkce a použití má na rozdíl od umělých konstrukčních materiálů příznivý dopad na naše životní prostředí. Je to hmota organického původu, která vzniká v kmeni, větvích a kořenech dřevin přírodními procesy za spolupůsobení ovzduší a půdy. Při jeho růstu se redukuje množství CO_2 v ovzduší, roste bez spotřeby umělé energie a jeho zpracování stejně jako přeprava stavebních prvků z něj vyrobených vyžaduje méně energie, než je tomu u alternativních materiálů. Při použití dřeva ve stavbách je minimalizováno množství odpadu, je možné jej opětovně použít nebo jinak zhodnotit.

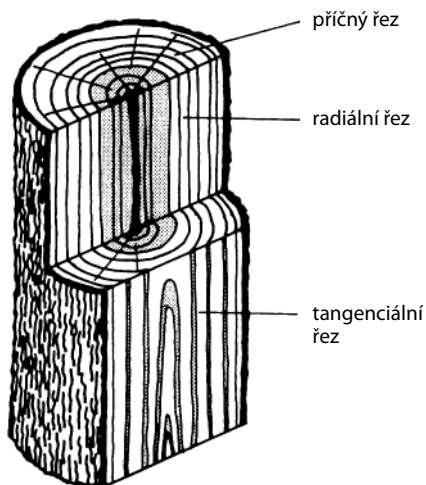
V řadě evropských zemí má použití dřeva ve stavbách dlouholetou tradici, vývoji a zdokonalování konstrukcí a staveb s použitím dřeva je věnována značná pozornost, výrobní technologie a stavební systémy jsou stále zdokonalovány. S možnostmi širšího využití dřeva ve stavebnictví v České republice souvisí především představa většiny lidí o dřevostavbách jako o provizorních stavbách, nebo stavbách sloužících pouze k rekreačním účelům, nevhodných k trvalému bydlení. To je zčásti způsobeno středoevropskou tradicí, podle níž musel dům určený pro trvalé bydlení přežít několik generací a musel tedy být „pevný“, kamenný, s masivními obvodovými stěnami a rozsáhlými sklepními prostory. Dřevo pak v těchto stavbách sloužilo pouze jako materiál pro konstrukci krovu a pro výrobu oken, dveří a podlah. Běžně bylo používáno pro doplňkové vnější konstrukce a stavby jako přístřešky, oplocení, kůlny a podobně. Přesto lze v posledních několika letech zaznamenat nárůst podílu staveb ze dřeva v celkovém objemu realizovaných staveb pro bydlení.

■ 1.1 Stavba dřeva a jeho vlastnosti

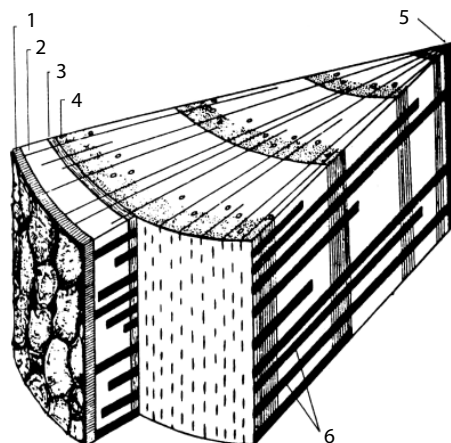
Dřevo je anizotropní organický materiál, složený z buněk. Po chemické stránce je to kompozitní materiál, vytvořený z celulosy, hemicelulosy, ligninu a doprovodných látek. Anizotropní vlastnosti dřeva lze vysvětlit jeho makroskopickou strukturou. Buňky, ze kterých je dřevo složeno, jsou většinou protáhlého tvaru, orientované rovnoběžně s osou kmene nebo větve a jsou uspořádány centricky kolem této osy. S touto strukturou souvisí základní směry (řezy), které je nutno při popisu dřeva a jeho vlastností respektovat:

- příčný směr – směr vedený kolmo na osu kmene nebo větve,
- radiální směr – směr vedený rovnoběžně s osou kmene nebo větve a procházející touto osou,
- tangenciální směr – směr vedený rovnoběžně s osou, ale mimo tuto osu.

Makroskopickou strukturu dřeva lze pozorovat pouhým okem, případně pomocí lupy. V *příčném řezu* je směrem od obvodu ke středu viditelná kůra a lýko, kambium, letokruhy, jarní a letní dřevo a dřeň. Na kulatině tvoří příčný řez tzv. čelo (čelní řez), na kterém letokruhy



Obr. 1.1 Znárodnění základních řezů dřevem [2]



Obr. 1.2 Makroskopická struktura dřeva – 1 borka, 2 kůra, 3 lýko, 4 kambium, 5 dřeň, 6 dřeňové paprsky [2]

vytvářejí různě široké koncentrické mezikruží s řidší a světlejší vrstvou jarního dřeva, které se vytváří na počátku vegetačního období, a hustější, tmavší vrstvu dřeva letního, vytvořeného v druhé polovině vegetačního období. Celá přírůstková zóna dřeva vytvořená v průběhu jednoho vegetačního období, tzv. roční přírůstkový kruh, se nazývá letokruhem. Šířka letokruhů závisí na druhu dřeva a na klimatických podmínkách, ve kterých strom roste.

Na *radiálním řezu* tvoří letokruhy rovnoběžné pásy, orientované rovnoběžně s dření. Dřeňové paprsky jsou dobře rozpoznatelné zejména u listnatých dřev, kde tvoří rozmanitě tvarované lesklé plochy, tzv. zrcadla. *Tangenciální řez* je, stejně jako radiální řez, veden rovnoběžně s podélnou osou, ale neprochází dření, je veden v určité vzdálenosti od dřeně. Letokruhy ve střední části řezu vytvářejí parabolické útvary, na okraji řezu je jejich průběh rovnoběžný.

Z hlediska **chemického složení** je dřevo komplexem látek, ze kterých základ tvoří přírodní polymery, celulóza, hemicelulóza a lignin v poměru přibližně 50 %, 30 % a 20 %. Při **mikroskopickém pohledu** je zřejmé, že dřevo se skládá z buněk různého tvaru a velikosti. Stěny buněk tvoří především celulóza a lignin a jejich úkolem je v živém dřevě vést vodu a živiny v kmeni směrem nahoru, vytvářet dřevní hmotu a ukládat stavební látky. Základní druhy buněk, ze kterých se dřevo skládá, jsou cévní články, tracheidy, libriformní vlákna a parenchymatické buňky [47] [2].

■ 1.1.1 Fyzikální vlastnosti dřeva

Mezi fyzikální vlastnosti dřeva patří především jeho vlhkostní vlastnosti, dále pak hustota, tepelné a akustické vlastnosti, vlastnosti povrchové a optické, jako je barva, lesk a povrch, a vlastnosti elektrofyzikální. Z uvedených vlastností dřeva je nejdůležitější jeho **vlhkost**, která ovlivňuje řadu dalších vlastností dřeva jako jsou hustota, rozměrové změny, odolnost proti houbám a proti napadení hmyzem, mechanické vlastnosti a další. Dřevo je hygroskopický

materiál, který je schopný přijímat nebo odevzdávat vlhkost z okolního prostředí, a to jak ve skupenství kapalném, tak ve skupenství plynném. Vlhkost dřeva se udává jako poměr hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu – *vlhkost absolutní*, nebo podílem hmotnosti vody k hmotnosti mokrého dřeva – *vlhkost relativní* a vyjadřují se nejčastěji v %. Podle vlhkosti se dřevo v praxi často zařazuje do následujících skupin [23]:

1. dřevo mokré, dlouhodobě uložené ve vodě (s vlhkostí > 100 %),
2. dřevo čerstvě pokáceného stromu (vlhkost 50–100 %),
3. dřevo vysušené na vzduchu (vlhkost 15–22 %),
4. dřevo vysušené na teplotu v interiéru budov (vlhkost 8–15 %),
5. dřevo absolutně suché (vlhkost 0 %).

Při zpracování dřeva a jeho použití na výrobu konstrukčních prvků je důležitá tzv. technická vlhkost, která zahrnuje jak výrobní, tak provozní vlhkost. Přitom by měla platit zásada, že výrobní vlhkost se rovná vlhkosti provozní, resp. u některých druhů dřevěných prvků by měla být o 1–2 % nižší. Tím lze předejít nežádoucím deformacím v důsledku kolísání teploty a relativní vlhkosti prostředí, ve kterém je dřevěný prvek zabudován.

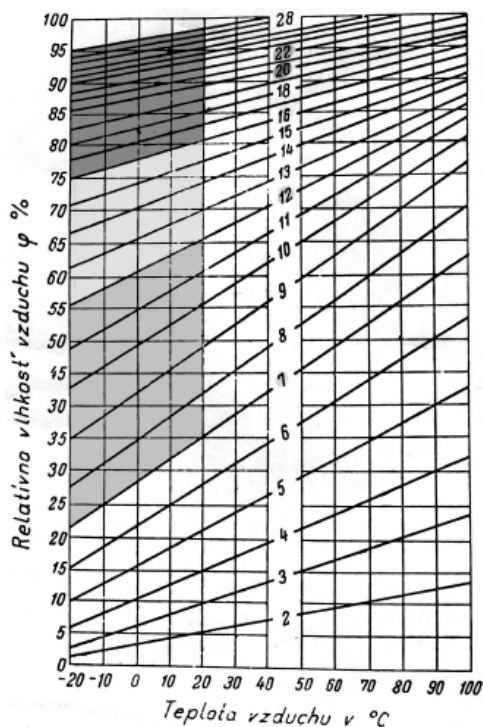
Z hlediska uložení vody ve dřevě rozeznáváme *vodu volnou*, která vyplňuje duté prostory buněk a mezibuněčné prostory, *vodu vázanou* v buněčných stěnách a *vodu chemicky vázanou*, která je součástí chemických sloučenin. Čerstvě pokácené dřevo má v průměru 80 až 120 % vlhkosti, její výše závisí na dřevině a na době kácení. Ihned po kácení dřevo postupně vydává svoji vlhkost – vysychá. Nejprve se uvolňuje vlhkost volná, potom teprve vlhkost vázaná. Tento stav trvá tak dlouho, až se vlhkost ve dřevě rovnoměrně rozloží a dojde k rovnováze mezi vlhkostí dřeva a teplotou a vlhkostí okolního vzduchu – nastává tzv. rovnovážný stav, při kterém má *dřevo rovnovážnou vlhkost*.

Každé kombinaci teploty a vlhkosti vzduchu odpovídá určitá vlhkost dřeva, která prakticky nezávisí na dřevině. Podle diagramu na *obrázku 1.3* lze najít vlhkost dřeva, odpovídající teplotě a vlhkosti vzduchu okolního prostředí, tedy prostředí, ve kterém je dřevo dlouhodobě uloženo. Tento fakt, v běžné praxi mnohdy opomíjený, lze považovat za velice důležitý při hodnocení spolehlivosti a životnosti staveb, ve kterých je jako hlavní konstrukční materiál použito dřevo.

Při odevzdávání vlhkosti dřevo ztrácí svůj objem vlivem sesychání buněk, naopak pokud dřevo vlhkost ze svého okolí přijímá, jeho buňky opět vlhkost přijímají a dřevo zvětšuje svůj objem. Tím dochází k objemovým změnám, které se označují jako bobtnání a sesychání. Mimo to dochází ještě ke změnám tvaru, jako je zkroucení nebo zkřivení, borcení dřeva a vznik výsušných trhlin. Všechny tyto změny – objemové i tvarové – se nazývají *pracování dřeva*. Bobtnání a sesychání dřeva je různé v jednotlivých směrech. V podélném směru je minimální a lze jej v praxi zanedbat. V tangenciálním a radiálním směru jsou rozměrové změny u dřeva natolik výrazné, že je s nimi při zpracování a využívání dřeva počítat. Rozdíl je rovněž mezi bobtnáním a sesycháním dřeva bělového (světlejší letokruhy na příčném řezu, jejichž buňky vedou vodu a živiny) a dřeva jádrového (tmavší, vnitřní letokruhy).

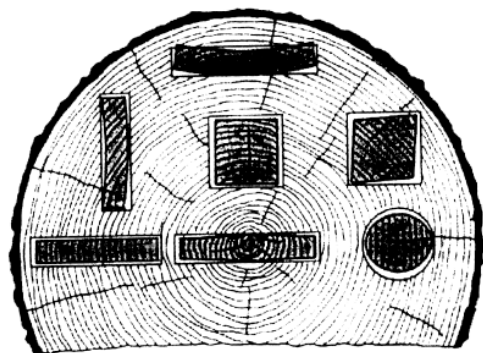
Borcením dřeva nazýváme tvarové změny v příčném směru, které se mohou projevovat změnou tvaru příčného průřezu, kdy například příčný průřez hranolku čtvercového tvaru se při vysychání změní na obdélníkový, případně na kosočtvercový, rovná deska dostane žlabovitý tvar a podobně. Příčné změny tvaru z výřezu jsou tím větší, čím blíže k okraji

kmene se výřez nachází (obr. 1.4). V podélném směru může dojít ke změnám tvaru ve formě průhybu (původně rovná deska se po vyschnutí stane obloukovitou), nebo dojde ke stočení a původně plochá deska dostane „vrtulovitý“ tvar. Rovněž nestejněměrné, nebo příliš rychlé vysoušení dřeva vede ke vzniku trhlin a chyby růstu stromů (točivost) způsobují zkroucení řeziva, protože vlákna se snaží při vysoušení zaujmout rovnoběžnou polohu.

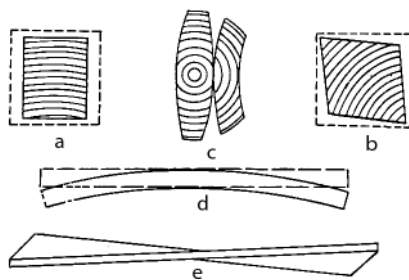


Obr. 1.3 Diagram rovnovážné vlhkosti ($t - \varphi - W$ -diagram) N. N. Čulického [48]

Pracování dřeva je proces, kterému nelze zabránit a který patří k přirozeným vlastnostem dřeva. Je nutno jej tedy u prvků ze dřeva respektovat a provést taková opatření, která vzniku nežádoucích trhlin a deformací předcházejí, nebo je alespoň minimalizují. Zásadně by mělo být dřevo před zabudováním do konstrukce vysušeno na takový stupeň vlhkosti, který bude mít v průběhu užívání stavby. Zabudované dřevěné prvky je nutno chránit před vlhkostí konstrukčními opatřeními, stropní trámy a vaznice se musí pokládat jádrovou stranou nahoru, aby při vyklenutí prvku v důsledku sesychání jeho vyklenutí působilo proti předpokládanému prohnutí. Trhlinám lze do značné míry zabránit nebo je alespoň omezit správným skladováním – kulatinu a řezivo je nutné skladovat ve stínu. Při vystavení přímému slunečnímu záření dochází k rychlému vysychání na povrchu a ke vzniku napětí, které je pak vyrovnáváno trhlinami. Rovněž rychlé rozřezání kmene snižuje napětí, vznikající při sesychání kmene na jeho vnějším okraji.



Obr. 1.4 Rozměrové změny při sesychání u vzorků z různých částí příčného průřezu kmene [37]



Obr. 1.5 Příklady příčného a podélného borcení řeziva [48]

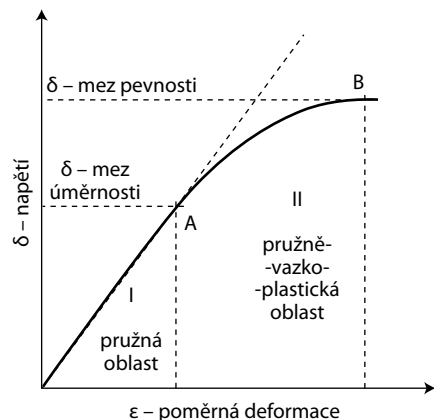
a, b – změna příčného čtvercového průřezu hranolku na obdélníkový nebo kosočtvercový
c – prohnutí desky v podélném směru
d, e – stočení desky

Mezi *tepelné vlastnosti* dřeva patří jeho tepelná vodivost a teplotní délková roztažnost. Dřevo je špatný vodič tepla, přijímá i vydává teplo a chlad jen velmi pomalu a vzhledem k jeho nízké tepelné vodivosti nepředstavuje vznik tepelných mostů v konstrukci pro projektanta velký problém. Tepelná vodivost závisí na hustotě dřeva, jeho druhu, pórovitosti a vlhkosti, teplotě a směru vláken. Prochází-li teplo dřevem ve směru kolmém k vláknům, je součinitel tepelné vodivosti přibližně poloviční, než při průchodu ve směru vláken. Rovněž délková teplotní roztažnost je u dřeva zanedbatelná, a není proto nutné provádět u konstrukcí ze dřeva dilatační spáry. Elektrické vlastnosti dřeva se liší podle jeho vlhkosti. Suché dřevo je dobrý izolant, s rostoucí vlhkostí a teplotou se však jeho elektrický odpor snižuje. V podélném směru (ve směru vláken) je měrný elektrický odpor dřeva nejmenší. Z *akustických vlastností* dřeva nás pro konstrukční využití zajímá jeho zvuková vodivost, pohltivost a vzduchová průzvučnost. Zvuková vodivost dřeva ve směru vláken je přibližně stejná jako mají kovy, v příčném směru je přibližně třikrát menší, naopak zvuková pohltivost je u dřeva větší než například u cihel nebo u skla.

■ 1.1.2 Mechanické vlastnosti dřeva

Mechanické vlastnosti dřeva vyjadřují jeho schopnost odolávat účinkům působení vnějších sil. Mezi základní mechanické vlastnosti patří především pevnost dřeva, dále pak jeho pružnost, tvrdost a odolnost při dlouhodobém zatěžování. Pevnost dřeva vyjadřuje jeho odolnost proti porušení a kvantitativně je vyjádřena hodnotou napětí, při jehož překročení dojde k porušení materiálu. Podle druhu namáhání rozeznáváme pevnost v tlaku, v tahu, v ohybu, ve smyku a v kroucení. Pevnost dřeva závisí především na jeho vlhkosti, dále pak na hustotě, objemové hmotnosti, druhu dřeva a jeho kvalitě. Při zvyšování vlhkosti dřeva až do tzv. bodu nasycení vláken (meze hygroskopicity) dochází k poklesu hodnot pevnosti a tuhosti, stejně tak dřevo s pravidelnou strukturou a menším počtem vad vykazuje vyšší hodnotu pevnosti. Výrazně odlišnou hodnotu pevnosti vykazuje dřevo v závislosti na směru působící síly vzhledem ke směru vláken. Ve směru napříč vláken jsou hodnoty pevnosti výrazně nižší, než ve směru podélném, tedy ve směru vláken. Rovněž při zatížení v průběhu času vykazuje dřevo výrazný pokles pevnosti, při dlouhodobém zatěžování klesá pevnost dřeva přibližně na 60 % krátkodobé pevnosti dřeva.

Protože dřevo je přírodní surovina, produkováná stromy různého druhu, s různými dědičnými dispozicemi a s různými podmínkami růstu, liší se vlastnosti dřeva nejenom u jednotlivých kmenů, ale i uvnitř jednoho kmene. Mechanické vlastnosti řeziva jedné dřeviny tak mohou vykazovat velký rozptyl. Z toho důvodu je nutné konstrukční dřevo s nosnou funkcí třídit podle pevnosti do jednotlivých tříd, aby bylo zajištěno dodržení všech vlastností dřeva, důležitých při jeho použití na nosné účely [41].



Obr. 1.6 Obecný tvar pracovního diagramu pro dřevo – závislost mezi napětím a deformací [Matovič, 1993]