Lesnická a dřevařská fakulta

1. 3. 2018, Brno

Konstrukční spoje (2017/2018)

Jaromír Milch
Václav Sebera
Jan Tippner

ÚVOD, SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY A SPOJE, PRINCIP SPOJOVÁNÍ

Mendelova univerzita v Brně

Úvod

zdroj: http://trctimberworks.com/galleries/

Úvod

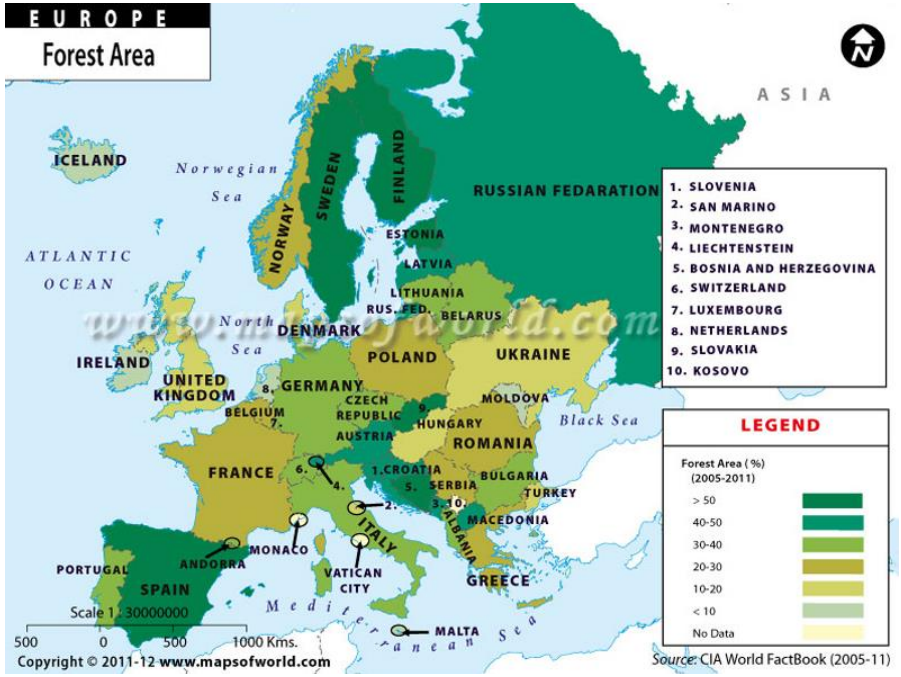
Dřevo v České republice

Dřevní surovina

- zaujímá 1/3 území ČR (cca 34,4 % tj. 2 657 00 ha, zdroj: U.N. FAO)
- roční přírůst dřevní suroviny cca 18 mil m^3 (těžba cca 14 – 15 mil m^3)
- dlouhodobá vize: zvýšení spotřeby na jednoho obyvatele z 0,23 m^3 na dvojnásobek; (např. Finsko 1 m^3)
- podíl staveb na bázi dřeva **jen 1 % (2000), 10% (2012)**

Životní cyklus dřeva

(zdroj: http://www.decospan.com/cz)



Proč stavět ze dřeva?

- dřevo je obnovitelná surovina
- energeticky méně náročná na výstavbu (4 – 5 krát)
- trvanlivost staveb je srovnatelná se zděnými stavbami
- dřevo je tradiční materiál, zdravotně nezávadný
- stavby jsou šetrné k životnímu prostředí

Roubená stavba (foto: www.pilanovotny.cz)

Česká republika	Německo	Rakousko, Švýcarsko
13.35 %	17 %	30 %
Finsko, Norsko, Dánsko		Kanada
60 % (Švédsko 90 %)		80 %

Podíl staveb na bázi dřeva v roce 2015

(zdroj: tzb-info.cz)

„Materiál na výstavbu jednoho domu vyroste v českých lesích za necelé tři minuty“

(zdroj: Lesy ČR)

Statistika výstavby rodinných domů v České republice

Dokončené rodinné domy v ČR v jednotlivých letech

	Rodinné domy v ČR celkem		Dřevostavby - ČR		Podíl dřevostaveb na trhu RD v ČR	Dřevostavby - bytové domy	
	všechny technologie		Nové rod. domy			Nové bytové domy	
	(v ks)	(v ks)	(v ks)	(v ks)	(v %)	v ks	v ks
ROK	Domy 2*) přepočet	byty 1*) dle ČSÚ	Domy 3*) dle ÚRS	byty dle ÚRS		Byt. domy 4*) ÚRS	byty v byt. Domech
1998	8 138	8 336	123	126	1,51	1	8
1999	8 251	9 238	92	103	1,11	3	44
2000	10 235	10 466	133	136	1,30		
2001	10 504	10 693	167	170	1,59		
2002	11 499	11 716	159	162	1,38	4	32
2003	11 143	11 397	263	269	2,36	1	6
2004	12 951	13 302	332	341	2,56	7	53
2005	13 231	13 472	384	391	2,90	10	87
2006	12 519	13 230	458	484	3,66	5	45
2007	16 572	16 988	756	775	4,56	7	39
2008	19 211	19 611	1 008	1 029	5,25	3	48
2009	18 778	19 124	1 195	1 217	6,36	3	16
2010	19 382	19 760	1 332	1 358	6,87	13	95
2011	17 025	17 385	1 465	1 496	8,61	5	38
2012	17 100	17 442	1 699	1 733	9,94	4	28
Total	206 538	212 160	9 566	9 790		66	539

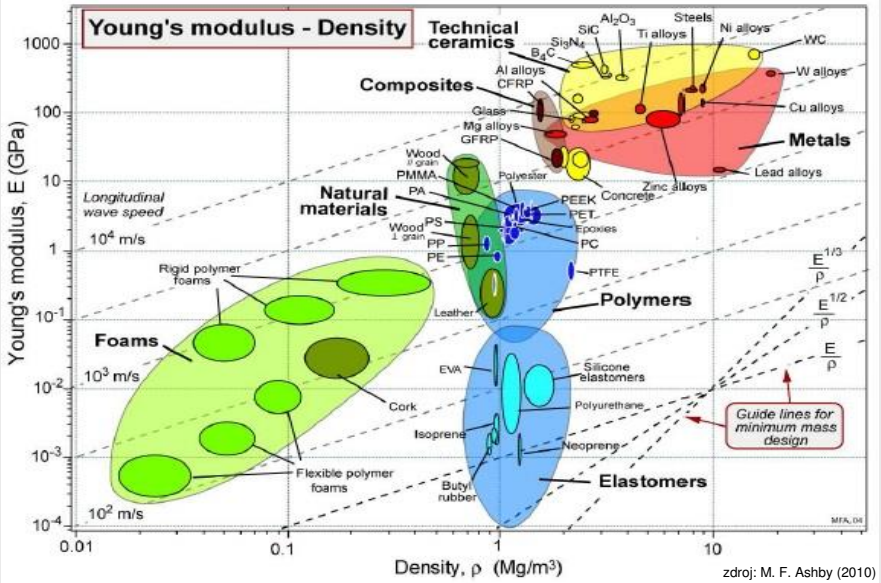
Zdroje dat:

1) Počet **dokončených** bytů v RD v jednotlivých letech: statistiky ČSÚ
2) Počet zahájených rodinných domů: přepočet z bytů koeficientem: 1 rodinný dům = ca 1,024 bytů
3) Počet postavených nových dřevostaveb: ÚRS Praha, RNDr. Jan Müller, tel.: 267 219 324, 271 751 328
4) Počet dokončených bytových domů - dřevostaveb a počet bytů v nich: ÚRS Praha, RNDr. Jan Müller

11.6.2013/Blaha

„Materiál na výstavbu jednoho domu vyroste v českých lesích za necelé tři minuty“

(zdroj: Lesy ČR)



zdroj: M. F. Ashby (2010)

Vlastnosti vybraných materiálů (podle M. F. Ashby, 2010)

	Dřevo ⊥	Ocel	Beton	PVC	Sklo
Pevnost v tlaku [MPa]	**30 – 70**	170 – 1000	32 – 60	35,4 – 52,1	1100 – 1600
Pevnost v tahu [MPa]	**60 – 100**	480 – 2240	2 – 6	40,7 – 65,1	45 - 155
Modul pružnosti [GPa]	**6 – 20**	189 – 210	25 – 38	2,14 – 4,14	68 – 74
Hustota [kg·m^{-3}]	**400 – 1000**	7800 – 8100	2200 – 2600	1300 – 1580	2170 – 2220
Koeficient tepelné vodivosti [W·m^{-1}·K^{-1}]	**0,31 – 0,38**	11 – 19	0,8 – 2,4	0,15 – 0,29	1,4 – 1,5
Výhody	**Využití/cena**	Pevnost	Tvar	Údržba	Vzhled
Nevýhody	**Konstrukční spoje**	Cena, hmotnost	Čas	Vliv na životní prostřední a lidské zdraví	Křehké

Mechanické vlastnosti dřeva (podle M. F. Ashby, 2010)		
	Dřevo ∥	Dřevo ⊥
Pevnost v tlaku [MPa]	30 – 70	2 – 6
Pevnost v tahu [MPa]	60 – 100	4 – 9
Modul pružnosti [GPa]	6 – 20	0,5 – 3
Hustota [kg·m³]	400 – 1000	400 – 1000
Koeficient tepelné vodivosti [W·m⁻¹·K⁻¹]	0,31 – 0,38	0,15 – 0,19

10 : 1

Působení sil kolmo na dřevní vlákna

Působení sil ve směru dřevních vláken

Funkce spojovacích prostředků

Funkce spojovacích prostředků

„spojovací prostředek zajišťuje pevné (i rozebíratelné) a stabilní spojení dvou a více prvků v jakékoliv části konstrukce“

Charakteristika spojovacích prostředků

„**ÚNOSNOST** spojovacích prostředků kolíkového typu namáhaných **PŘÍČNĚ** je dána jejich **OHYBOVOU TUHOSTÍ** (plastický moment únosnosti průřezu) a **PEVNOSTÍ DŘEVA ČI MATERIÁLU NA BÁZI DŘEVA V OTLAČENÍ** pod dříkem“

Zásady při návrhu konstrukčního řešení

Typ zatížení (tlak, tah, ohyb aj.)

Druh dřeva / vlhkost dřeva

Okrajové podmínky a geometrické proporce spojů

Posloupnost stavebních/výrobních prací (výroba/montáž)

Dělení spojovacích prostředků

Historické typy spojovacích prostředků

- lano z konopí, slamy, lýka a lískové nebo březové proutí
- kožené řemeny
- přírodní spojení jako vidlice z větví
- řemeslná spojení
- **dřevěné hřeby**
- kované hřeby
- **dřevěné kolíky**
- kovové kolíky

- pohyblivé dřevěné spoje

Moderní typy spojovacích prostředků

- dřevěné a kovové kolíky
- kování
- vruty
- závitové svorníky

Prostředky pro spojování dřevěných inženýrských staveb jakou jsou:

- tyčový hmoždík
- kroužkový hmoždík
- ozubený páskový hmoždík
- styčníkové pláty
- tvarovky z ocelového plechu
- spojovací systémy (Greim-Holz; články BSB…)

- klihové a lepené spoje

Dělení spojovacích prostředků

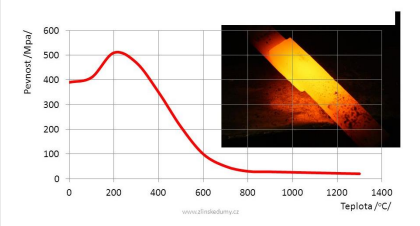
Podle materiálu

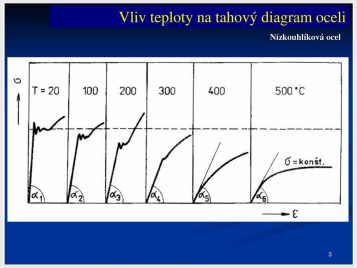
Nekovové

zdroj: www.indiani.cz

Kovové

Dělení spojovacích prostředků





ateriálu

Kovové

Dřevěný spojovací kolík

(zdroj: www.tesarstvisnajdr.cz)

(zdroj: www.drevostavby.cz)

Kolíky a svorníky

„kolíkové a svorníkové spoje jsou vhodné pro přenos velkých sil“

Kolíky

- válcové ocelové tyče s hladkým nebo drážkovaným dříkem (nebo z tvrdého dřeva)
- průměr 6 – 40 mm, délka 10 – 120 mm
- předvrtání otvoru průměrem shodným jako je průměr kolíku

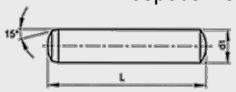
Svorníky

- spojovací prostředky opatřeny hlavou a maticí s podložkou
- dotažením svorníků vzniká těsné spojení konstrukčních prvků
- předvrtání otvoru o 1 mm větší než je průměr svorníku

Velké kolíkové přípoje je vhodné doplnit svorníky, aby se zajistila celistvost spoje;

Kolíkové spoje jsou v porovnání se svorníkovými spoji tužší;

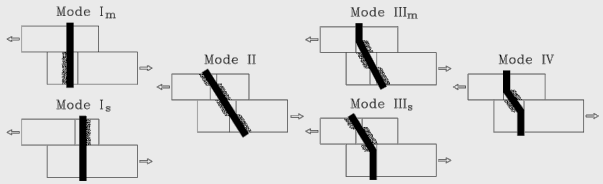
Hospodárné spoje, které lze snadno vyrobit.



Způsoby porušení spojů kolíkového typu

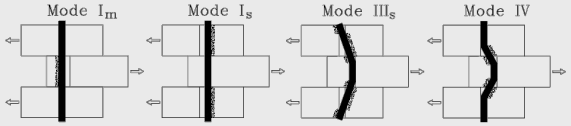
Výpočty **ÚNOSNOSTI** spojovacího prostředku kolíkového typu vycházejí z jednotlivých způsobů porušení

Jednostřižné spoje



zdroj: Schmidt and MacKay (1997)

Dvojstřižné spoje



zdroj: Schmidt and MacKay (1997)

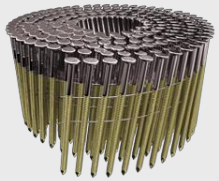
Hřebíky

„ jsou nejpoužívanější spojovací prostředky v dřevěných konstrukcích“

- minimální pevnost ocelového drátu v tahu je 600 MPa
- průměr hřebíků do 8 mm
- různé délky, průřezy a povrchová úprava
- riziko rozštípnutí dřeva (předvrtání, otupení špičky)
- zarážení mechanicky nebo pneumatickými hřebíkovačkami

zdroj: www.cuprosan.cz

zdroj: www.haspl.cz



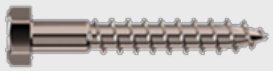
zdroj: www.haspl.cz

Vruty

„ pro připojování prvků, které jsou namáhány na odtržení (vytažení)“

- vhodné pro spoje dřevo–dřevo
- předvrtání otvoru 0,7násobek průměru dříku
- zarážení vrutů kladivem snižuje jejich účinnost - **aplikace vždy šroubováním**
- vykazují nižší únosnost na střih než hřebíky a kolíky
- různé druhy hlav (křížová, imbus, torx aj.)

Vrut do dřeva s rovnou drážkou



Vrut do dřeva se 6ti hrannou hlavou

Konstrukční vrut se zápustnou hlavou

Konstrukční vrut s talířovou hlavou

zdroj: www.haspl.cz

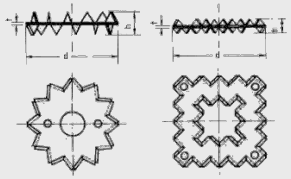
Hmoždíky

„přenášejí sílu bezprostředně mezi povrchy spojovaných prvků“

- zatlačují se do spár mezi dřevěné prvky
- vždy se používají v kombinaci se svorníky
- různé typy a tvary
- průměr hmoždíků 38 – 260 mm

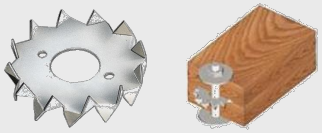
Prstencový hmoždík

(zdroj: Dolejš J.)



Hmoždíky

(zdroj: www.stavebnikomunita.cz)



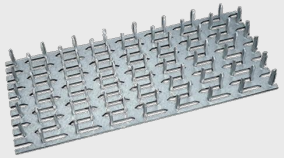
Kruhový hmoždík – Bulldog

(zdroj: www.wintech.cz)

Styčníkové desky s prolisovanými trny

„nejefektivnější náhrada klasických tesařských vazeb a sbíjených příhradových konstrukcí“

- návrh a posouzení spojů se provádí výlučně pomocí počítačových programů
- tloušťka plechů 1,0 – 1,5 – 2,0 mm, výška trnů 10 – 20 mm
- konstrukce jsou levnější, mají vyšší užitné vlastnosti
- moderní technologie výroby

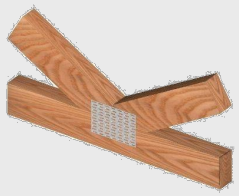


Styčníková deska s prolisovanými trny

(zdroj: www.haspl.cz)

Lisovací zařízení

(zdroj: www.vazniky-krepl.cz)



Příklad využití

(zdroj: www.wintech.cz)

Styčníkové desky s prolisovanými trny

Ruční úhlová pila (10%)

Jednokotoučová poloautomatická pila (85%)

Vícekotoučová pila (5%)

CNC pila – obráběcí centrum Hundegger (1 instalace)

Ruční C – lis (60%)

Ruční deskový lis (15%)

Automatický deskový lis bez dalšího vybavení (5%)

Automatický deskový lis s laserovým naváděním a automatickým ohraničením tvaru vazníku, včetně dolisovacího zařízení (1 instalace)

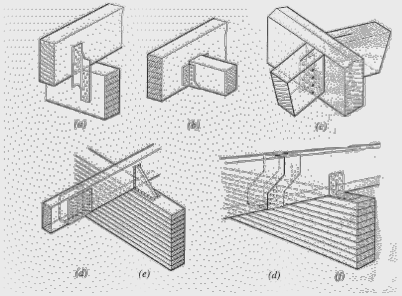
Zařízení pro výrobu vazníků se styčníkovými deskami

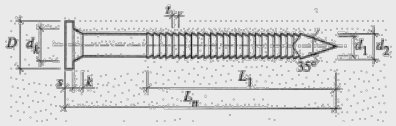
(zdroj: www.strechy92.cz)

Tvarové součásti z ocelových plechů

„tvarové součásti výrazně zatlačily tradiční tesařské spoje “

- jednoduchá montáž – odpadá pracné opracování spojovaných prvků
- různé tloušťky a tvary plechů (1 – 4 mm)
- drážkovaný hřebík jako spojovací prostředek





Drážkovaný hřebík s konickým dříkem pod hlavou hřebíku

(zdroj: Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5)

Experimentální křivky zatížení-přetvoření

a – lepený spoj

b – vkládaný hmoždík

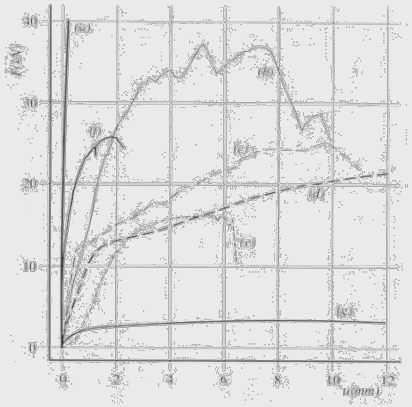
c – dvoustranný zalisovaný hmoždík

d – kolík

e – svorník

f – styčníková deska s prolisovanými trny

g – hřebík



Experimentální křivky zatížení-přetvoření pro spoje při namáhání tahem rovnoběžně s vlákny.

zdroj: Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5

Spojování

- za účelem získání konstrukce požadovaných rozměrů a tvarů
- spojení dvou a více prvků v jeden pevný, stabilní a tuhý celek
- pevnost a trvanlivost konstrukce je přímo závislá na pevnosti spojů

↓↓↓

Spoje musejí být zhotoveny **KVALITNĚ** (musejí lícovat)

Používat **VHODNÉ** spojovací prostředky

VŠECHNY SPOJE MUSÍ BÝT PROVEDENY

↓ ↓ ↓

PŘESNĚ ODBORNĚ PEČLIVĚ

(zdroj: http://www.asb-portal.cz)

Charakteristika konstrukčních soustav

„konstrukční soustava musí/má být **ÚČELNÁ**, **JEDNODUCHÁ** a musí respektovat **SPECIFICKÉ VLASTNOSTI A CHOVÁNÍ** dřeva“

Princip funkce konstrukčních spojů

„přenos vnitřní síly z jednoho konstrukčního prvku na prvek druhý“

zdroj: www.woodsystem.cz

Dělení konstrukčních spojů

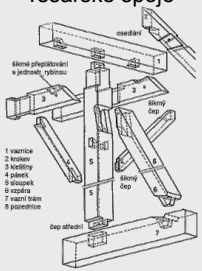
Podle charakteru působení a druhu spojovacího prostředku

Poddajné

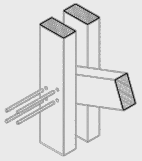
- Tesařské spoje
- Spoje s mechanickými spojovacími prostředky
  - Kolíkový typ
  - Povrchový typ

Nepoddajné

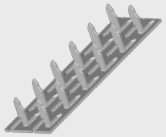
- Lepené spoje



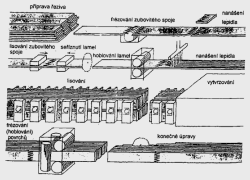
zdroj: www.stavebnikomunita.cz



zdroj: http://www.schenectady.k12.ny.us



zdroj: www.bova-nail.cz

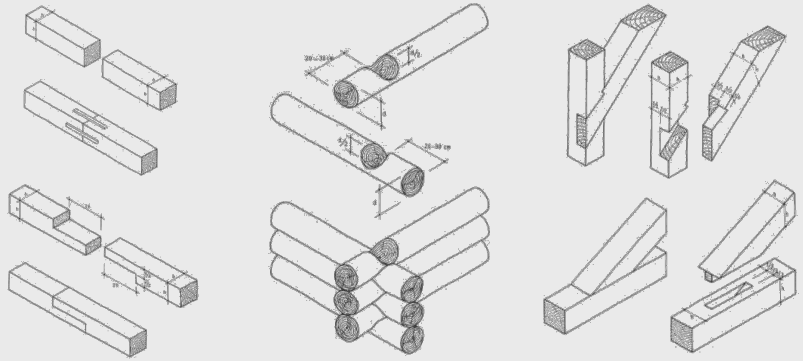


zdroj: Kuklik P. (2005) Dřevěné konstrukce

Dělení konstrukčních spojů

Podle uspořádání

Nastavované | Sdružované | Spojované do styčníku



zdroj: M. Gerner (2003) Tesařské spoje

Únosnost

Spoje jsou navrhovány pro přenos zatížení z jednoho prvku na druhý;
Přenos zatížení může být zajištěn kontaktem dvou prvků nebo spojovacími prostředky.

Tuhost

Se zvyšujícím zatížením roste přetvoření spoje;
Vysoká tuhost spoje zmenšuje celkové přetvoření konstrukce;
Požadujeme vysokou tuhost spojů???

Houževnatost

Vysoká houževnatost zvyšuje spolehlivost spoje a celé konstrukce při zatížení;
Houževnatost spojů lze zvýšit například použitím tkaniny ze skelných vláken.

Tvarové změny

Dřevo přirozeným způsobem mění své rozměry v závislosti na vlhkosti.

Životnost a trvanlivost

Životnost konstrukce je závislá ve velké míře na odolnosti spojů;
Nutné věnovat vysokou pozornost návrhům a realizacím.

(zdroj: http://www.asb-portal.cz)

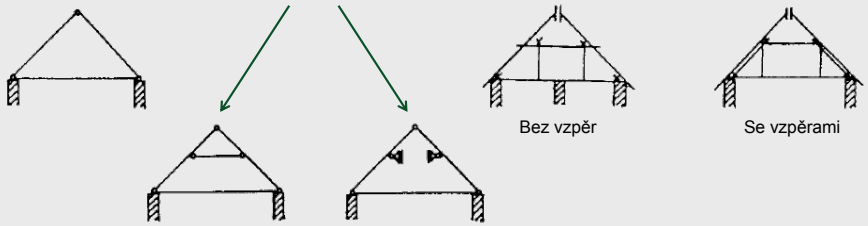
Dřevěné konstrukce

„zastřešení představuje konstrukci, která především chrání budovu před nepřízní počasí“

Krovy

Soustava krokevní | **Soustava vaznicová**

Prostá krokevní | Hambalková | Sklon ≤ 40° | Sklon > 40°



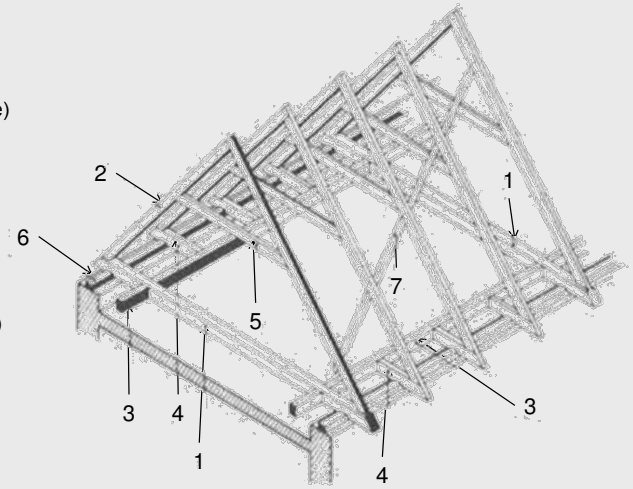
Bez vzpěr | Se vzpěrami

S volným hambálkem | S pevným hambálkem

zdroj: Kuklík P. (2005) Dřevěné konstrukce

Názvosloví

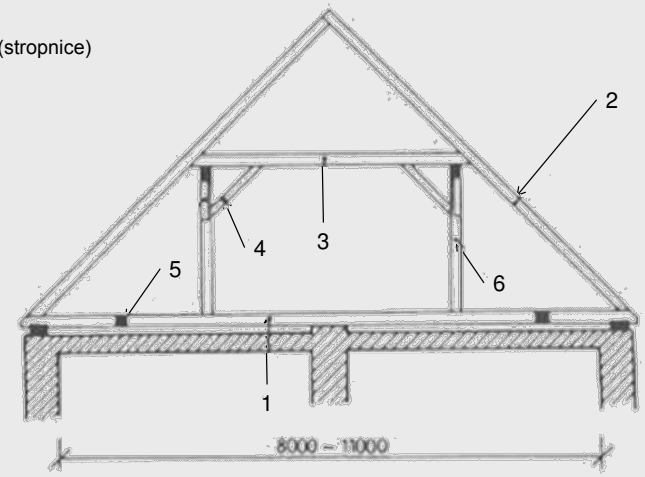
1. Vazný trám (stropnice)
2. Krokev
3. Výměna
4. Krátče
5. Hambálek
6. Pozednice
7. Ztužidlo (zavětrování)



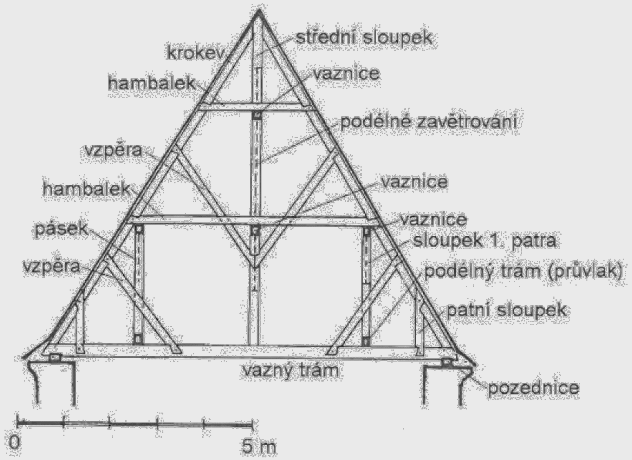
(zdroj: http://www.krytiny-strechy.cz/)

Názvosloví

1. Vazný trám (stropnice)
2. Krokev
3. Hambalek
4. Pásek
5. Výměna
6. Sloupek



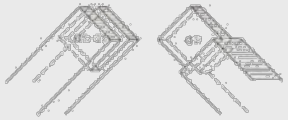
(zdroj: http://www.krytiny-strechy.cz/)



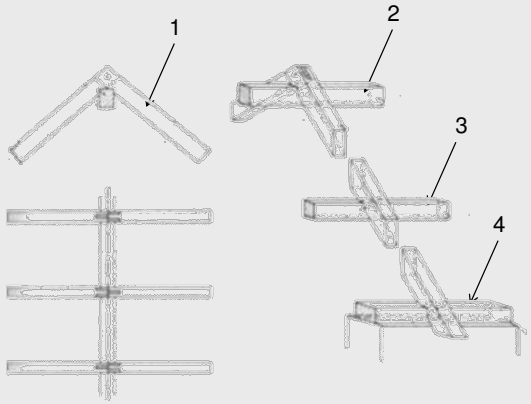
Zátoň (u Českého Krumlova) – **Krov presbyteria –** rozpětí 8,5 m, sklon 58°

(zdroj: Vinař J. (2004) Historické krovy)

Názvosloví



Ostřih krokví



Spojení krokví s vaznicemi a pozednicí

1. Krokev
2. Hřebenová vaznice
3. Střední vaznice
4. Pozednice

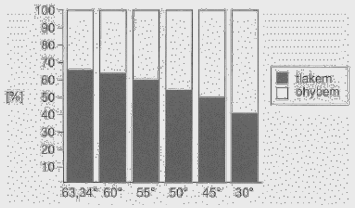
(zdroj: http://www.krytiny-strechy.cz/)

Statická funkce konstrukcí krovů

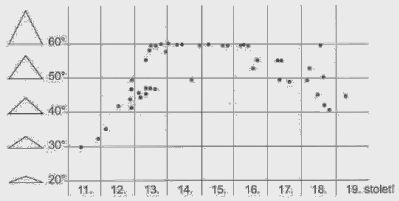
- **šikmé prvky** konstrukce jsou namáhány **ohybem a tlakem**
- sklon nosníku 50°- 60° zatížení je přenášeno z větší části **tlakem**
- sklon nosníku 30° převažuje zatížení **ohybem** → nutné větší dimenze prvků

↓

Tendence byla vytvářet konstrukce, které jsou namáhány tlakem



Namáhání šikmých prvků



Proměny sklonů střech (Hoffsummer, 1993)

(zdroj: Vinař J. (2004) Historické krovy)

Rozdělení podle typu konstrukce obvodových stěn

Hrázděná konstrukce

Roubená konstrukce

Rámová konstrukce

Stěnové panely

Požadavky kladené na dřevěné konstrukce

- v podporách by měla konstrukce vyvozovat vždy svislé zatížení
- dřevěná konstrukce musí být v podélném i příčném směru dostatečně tuhá
- jednotlivé součásti každé konstrukce musí být řádně dimenzovány a to obzvláště v místech konstrukčních spojů
- zamezit vstupu vlhkosti do konstrukce, případně zabezpečit proudění vzduchu pro odvod vlhkosti
- zamezit nadměrným průhybům konstrukčních prvků

Moderní konstrukce a konstrukční spoje

- Konstrukční spoje jsou vyráběny kombinací různých materiálů (dřevo, ocel aj.);
- Nevýhodu je rozdílné chování používaných materiálů (roztažnost, tepelná vodivost aj.);
- Změna teploty prostředí vede ke kondenzaci vody a vodních par na ocelových prvcích;
- Široký výběr spojovacích prostředků různých typů a provedení;
- Lepené lamelové dřevo se využívá pro různé tvary a velikosti.

Cykloturistický lávka přes kanál Main – Donau postavena v roce 1987. Essing, Německo

zdroj: www.konstrukce-tesko.cz

Cykloturistická lávka u Nového Boru

zdroj: www.konstrukce-tesko.cz

Cykloturistický most, Essing, Německo

zdroj: www. http://commons.wikimedia.org

Cykloturistická lávka u Nového Boru

zdroj: www.konstrukce-tesko.cz

Aquapark Kohoutovice v Brně

zdroj: www.konstrukce-tesko.cz

Lepené obloukové nosníky

- poloměr – 2,7 m
- výška – 2,9 m

Střešní zakřivené nosníky

- rozpětí 24,8 – 34,5 m

zdroj: www.konstrukce-tesko.cz

Poruchy dřevěných konstrukcí

„Co je porucha???“

Rozdělení poruch podle významnosti:

- chyby
- běžné opotřebení
- nevýznamné poruchy
- významné poruchy
- **havarijní poruchy**

Příčiny vzniku poruch dřevěných konstrukcí:

- chyby konstrukčního materiálu,
- projekční a výrobní chyby,
- zvýšené zatížení konstrukce a jejich prvků,
- chyby konstrukčního materiálu, které vznikly v důsledku degradačních procesů

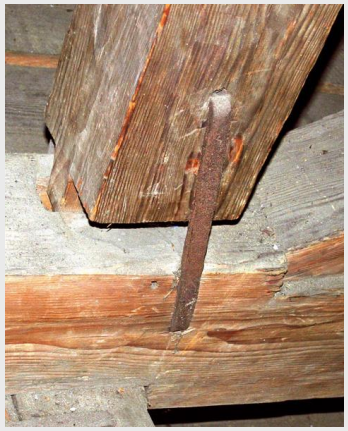
Zdroje poruch z pohledu konstrukčních spojů

- jednotlivé prvky konstrukcí musí být **dostatečně** nadimenzovány
- **kritická místa v konstrukcích → konstrukční spoje**
- až **80 % selhání** v dřevěných konstrukcích je způsobeno právě konstrukčními spoji
- **lidská činnost** neodmyslitelně patří mezi možné zdroje, které vedou k selhání konstrukce (nedostatečný návrh, nedokonalé provedení, špatná údržba aj.)

Příklady porušení konstrukcí a spojů

Prohnutí vazného trámu vlivem vysokého zatížení

(zdroj: Pier Paolo derinaldis, Gennaro Tampone, 2007)



Nedostatečné zajištění začepovaného sloupu proti vytažení

(zdroj: www.asb-portal.cz)

Příklady porušení konstrukcí a spojů

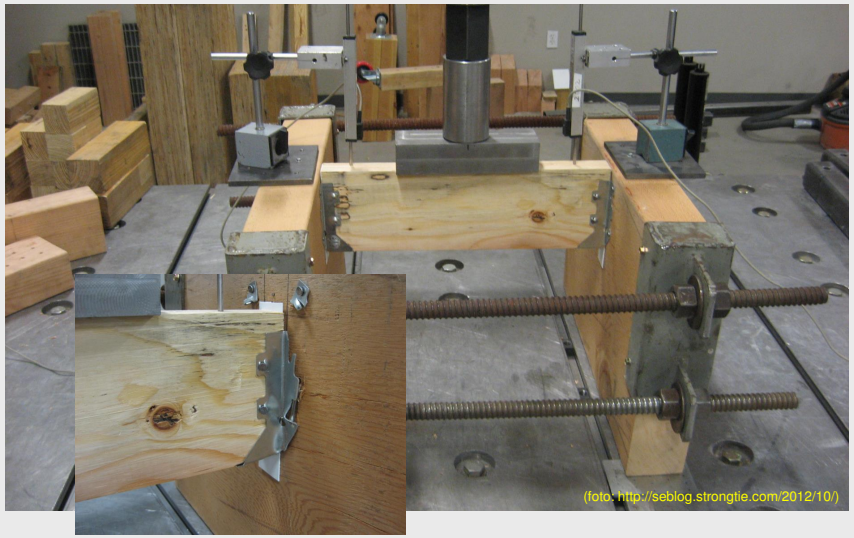
Polygonální mlat pivovaru v Kostelci nad Černými Lesy

Porušení části krovu vlivem zatékající vody

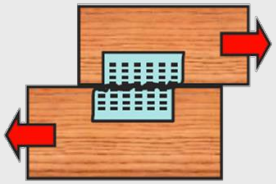
Sanace porušených prvků krovu

(zdroj: www.durango-liberec.cz)

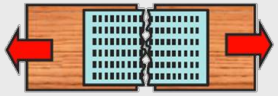
Příklady porušení konstrukcí a spojů



Příklady porušení konstrukcí a spojů

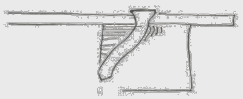


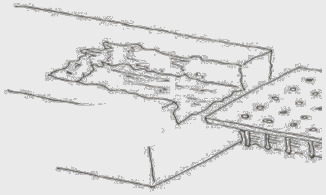
Usmyknutí styčníkové desky



Přetržení styčníkové desky

Vytržení trnů ze spojovaných prvků

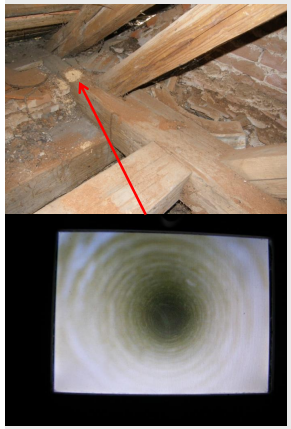




Blokové porušení smykem

(foto:Dolejš J. Pred 04-11 spoje)

Příklady porušení konstrukcí a spojů



Vazný trám vazby č. 1 východní strana – vývrt skrz VT, pohled endoskopem do průřezu VT – zdravé dřevo

Vazný trám vazby č. 1 západní strana – vývrt skrz VT, pohled endoskopem do průřezu VT – lehká hniloba v levé části vývrtu

Krátče vazby č. 10 východní strana – vývrt skrz krátče, pohled endoskopem do průřezu krátčete – značná hniloba uvnitř průřezu

Příklady sanačních oprav

Krov s ležatou stolicí, vzpěry jsou opřeny do pětiboké spodní vaznice.

Sanace

- vzpěra – **šikmý plát**
- pásky – **šikmý plát**
- stropnice – **šikmý hákový plát**
- pětiboká spodní vaznice – **plátový spoj**
- pozednice – **rovný plát**

Spoje zajištěny svorníky.

Kostel Nejsvětější Trojice, Lnáře

(zdroj: www.tesmo.cz)

Příklady sanačních oprav

Polygonální mlat pivovaru v Kostelci nad Černými Lesy

Napojení hambalku a vyvložkování krokve se s.p. dubový kolík – rybinový spoj

Nastavené vazné trámy – tahový plát

(zdroj: www.durango.cz)

Příklady sanačních oprav

Krov se stojatou stolicí a kleštinami

Sanace

- sloupek – **rovný čep**
- pásky – **páskový čep**
- střední vaznice – **rovný plát**
- krokve – **rovný plát (svorníky)**

Spoje zajištěny dřevěnými kolíky

Polygonální mlat pivovaru v Kostelci nad Černými Lesy

(zdroj: www.durango.cz)

Příklady sanačních oprav

Oprava krovu kostela – shnilé zhlaví krokví a námětky, výměna pozednice

(zdroj: http://www.tesarstvisnajdr.cz)

Příklady sanačních oprav

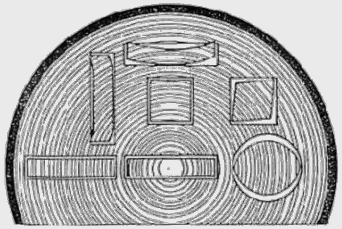
Sanace spoje vazného trámu a sloupku (vložený čep zajištěný dřevěnými kolíky)

Výměna vazného trámu, patní zapuštění pro krokev s předvrtaným otvorem pro spojovací dřevěný kolík

(zdroj: http://www.tesarstvisnajdr.cz)

Výsušné trhliny

Úbytkem vlhkosti ze dřeva dochází k **objemovým změnám** a následnímu vzniku výsušných trhlin



$$\alpha_T : \alpha_R : \alpha_L$$

$$20 : 10 : 1$$

Výsušné trhliny – sloupek a vzpěry

zdroj: www.tesarstvisnajdr.cz

Napadení spojů dřevokaznými houbami a škůdci

Mají-li dřevokazné houby a škůdci vhodné podmínky (vlhkost, teplota aj.) způsobují napadení dřeva

Dřevěné prvky napadeny tesaříkem krovovým

Výletové otvory po dřevokazném hmyzu

(zdroj: www.tzb-info.cz)

Napadení spojů dřevokaznými houbami a škůdci

Napadení moderní dřevostavby dřevomorkou domácí

(zdroj: www.derek.cz)

Použité zdroje

- M. F. Ashby (2010) Materials and Process Charts Compilation
- Gerner M. *Tesařské spoje*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 220 s. ISBN 80-247-0076-X.
- Vinař Jan. *Historické krovy: konstrukce a statika*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004, 270 s. ISBN 80-716-9575-0.
- Kuklík Petr. *Dřevěné konstrukce*. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005, 188 s. ISBN 80-010-3310-4.
- Schmidt R. J. and MacKay R. B. (1997). *Timber frame tension joinery*. Dept. of Civil and Architectural Engineering, University of Wyoming.
- *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: navrhování a konstrukční materiály*. 1. vyd. Zlín: KODR Zlín, 1998, nestr. ISBN 80-238-2620-4.
- Dolejš J. Pred – 04-11 spoje
- Pier Paolo Derinaldis, Gennaro Tampone. (2007) The Failure of the Timber Structures
- Caused by Incorrect Design-Execution of the Joints. Two Cases Study.
- Zhongwei Guan, Kohei Komatsu, Kiho Jung and Akihisa Kitamori. (2010) Structural Characteristics of Beam-Column Connections Using Compressed wood Dowels and Plates. WCTE 2010

- http://www.lesycr.cz
- http://www.mapsofworld.com/europe/thematic/countries-by-forest-area.html
- http://www.pilamoravek.cz/novinky/PROC-STAVET-ZE-DREVA.aspx
- http://www.pilanovotny.cz/cs/drevostavby/
- http://forestsinternational.org/2011/08/august-in-sackville/
- http://trctimberworks.com/galleries/
- http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/priciny-poruch-drevenych-staveb-a-konstrukci-960.html
- http://seblog.strongtie.com/2012/10/so-whats-behind-a-structural-connectors-allowable-load/
- http://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/tradicni-drevene-krovy-serial-serial-krovy-a-drevene-konstrukce/