Lesnická a dřevařská fakulta

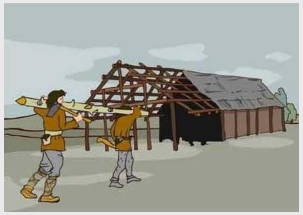
25. 2. 2014, Brno

Konstrukční spoje (2013/2014)

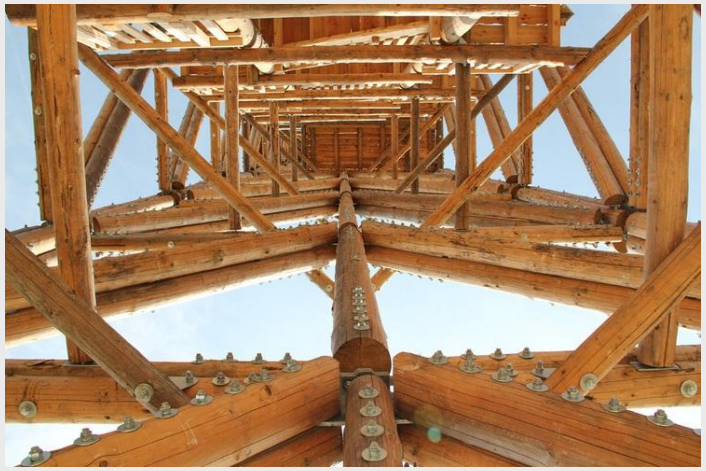
Milch Jaromír
Sebera Václav
Tippner Jan

VÝVOJ SPOJŮ A SPOJOVACÍCH PROSŘEDKŮ, TRADIČNÍ KONSTRUKČNÍ SPOJE

Mendelova univerzita v Brně



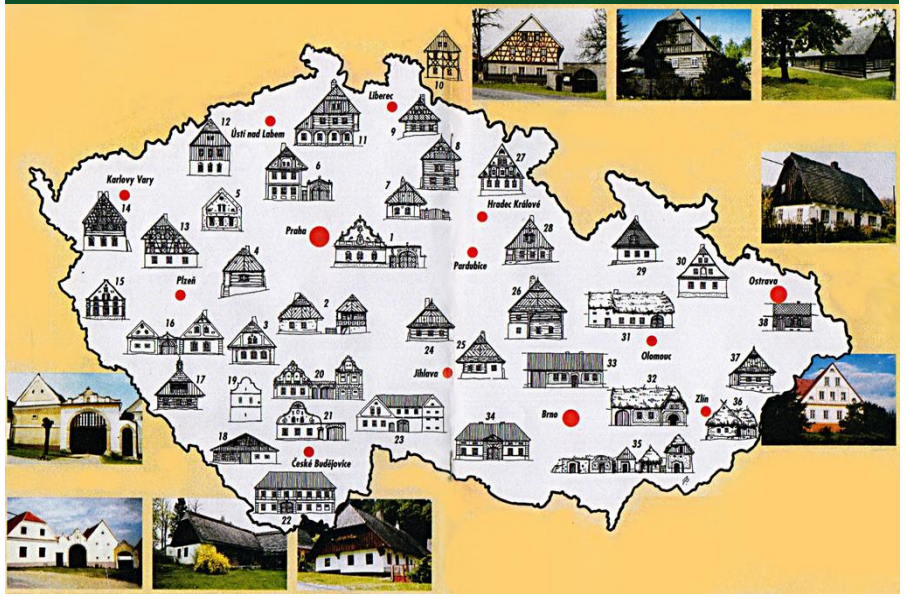
Úvod



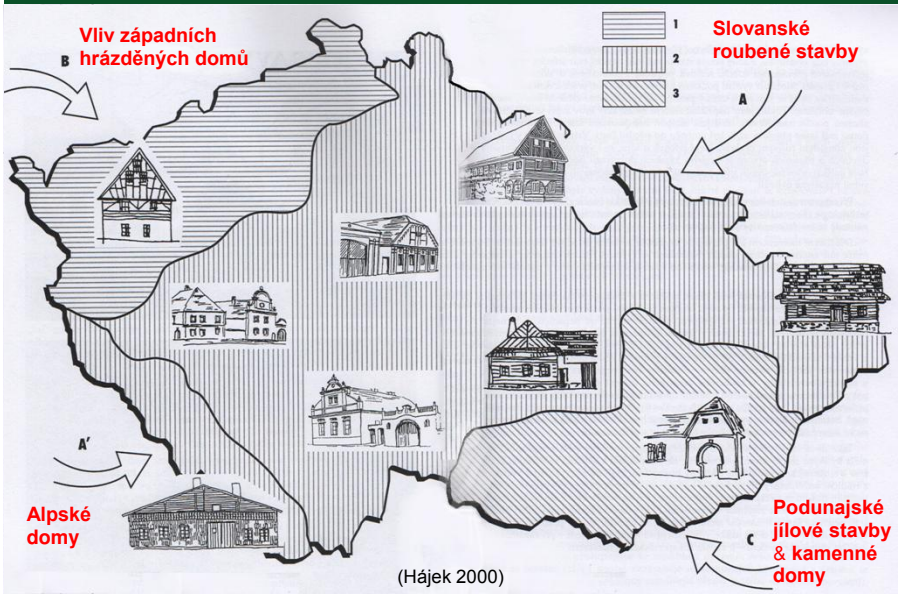
Rozhledna Bohdanka, Bohdaneč

Česká republika

Vývoj spojů & stavebních systémů

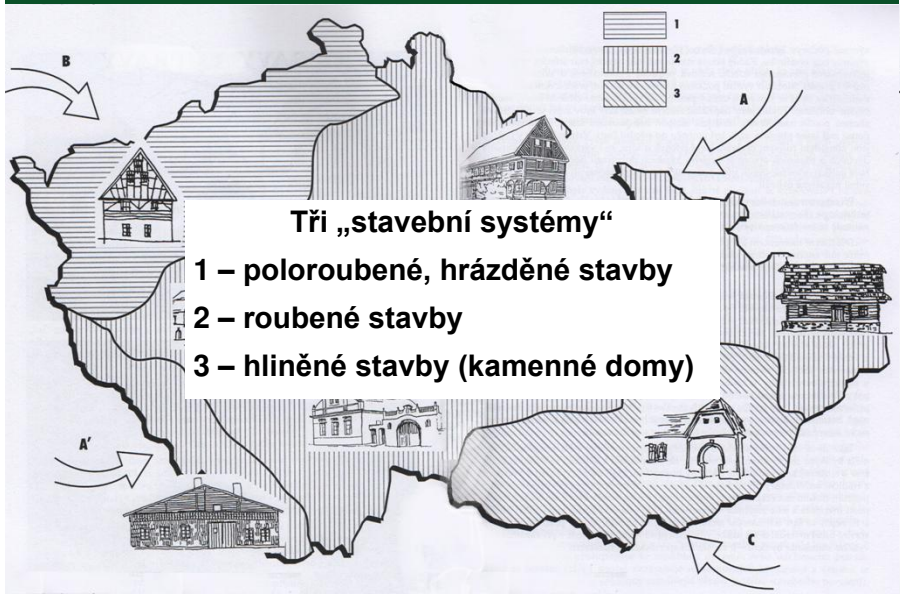


Vliv střední Evropy



(Hájek 2000)

Konstrukční systémy



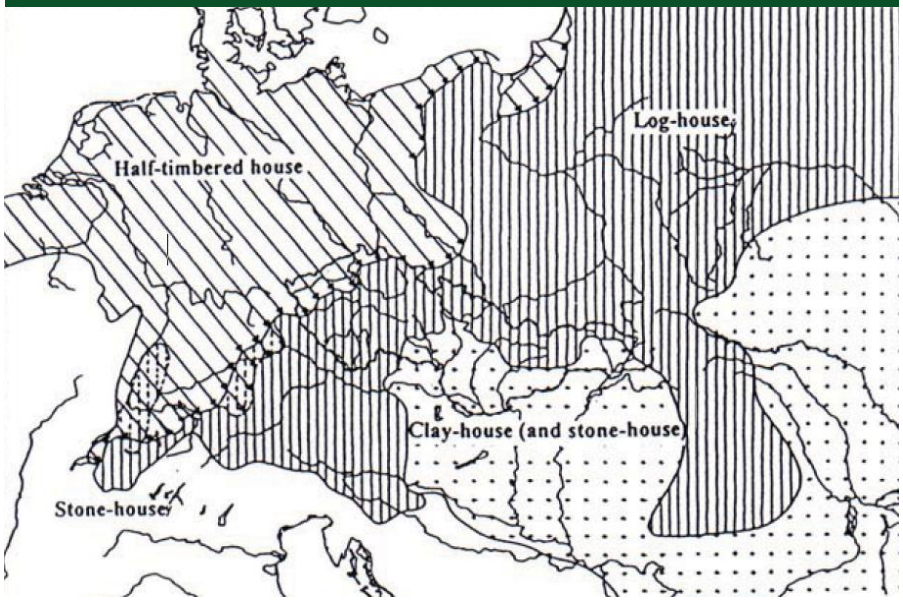
Tři „stavební systémy“

1 – poloroubené, hrázděné stavby

2 – roubené stavby

3 – hliněné stavby (kamenné domy)

Konstrukční systémy - Evropa

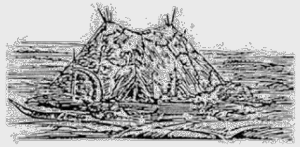


Historie konstrukcí

Historie

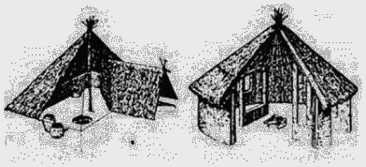
- vývoj dřevěných konstrukcí závisel na **VYNALÉZÁNÍ** nových spojů a **TECHNIKÁCH SPOJOVÁNÍ**
- k obrábění se v nejranějších obdobích používalo primitivních nástrojů, s rozvojem vynalézání se tyto nástroje zdokonalovaly
- vznik povolání tesař (v rozkvětu Říma existoval pojem pro tesaře – carpentarius nebo tignarius)
- germánská oblast mluví o tesařích poprvé ve **4 století n. l.**
- úroveň tesařské práce se zvýšila v době bronzové díky kvalitnějším nástrojům z bronzu

120 000 – 40 000 př. n. l.
člověk neandrtálský



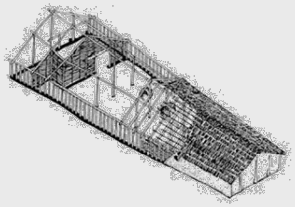
40 000 – 10 000 př. n. l.
člověk rozumný

(zdroj: Handbook 1 – Timber Structure)

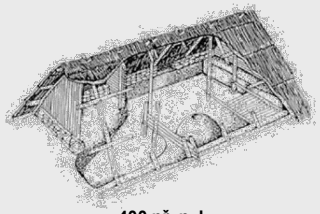


6 000 – 5 000 př. n. l.
Čína

4 500 př. n. l.
„Longhouse“



3 000 př. n. l.
„Longhouse“



400 př. n. l.
Keltský dům

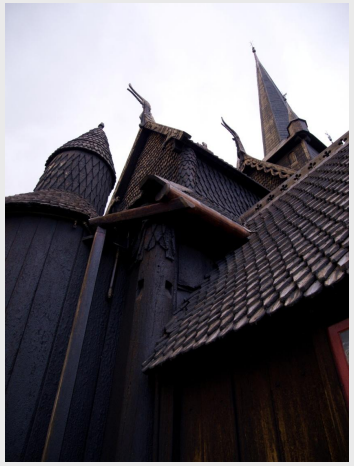
(zdroj: Kuklík P. (2005) Dřevěné konstrukce; Handbook 1 – Timber Structure)

Hórjú-dži (*Hórjú Gakumondži neboli „Vzdělávací chrám kvetoucího práva“); označován za* nejstarší dochovanou dřevěnou stavbu světa; buddhistický chrám ve městě Ikagura, Japonsko; postaven roku **604 n. l.**

(zdroj: www.cs.wikipedia.org)

Lom Stave Church, Lom Norsko – roubený kostel pocházející z druhé poloviny 12. století.

(zdroj: Brabec M.)



Lom Stave Church, Lom Norsko – detail hřebenu střechy s typickým dračím ornamentem a vyřezávanou dřevěnou střešní krytinou

(zdroj: Brabec M.)

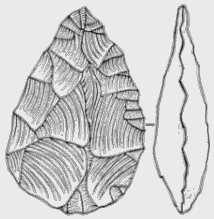
Rozdělení nástrojů k opracování dřeva

Historické

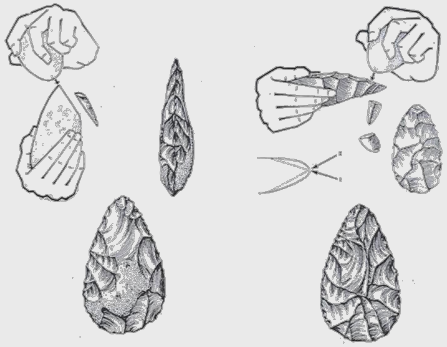
Moderní

http://www.dalzielbarn.com

Pěstní klín



Pěstní klín, starší paleolit, před 1,8 mil. až 250 tis. lety



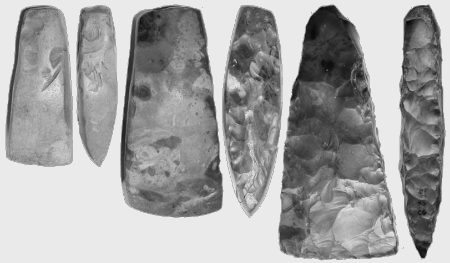
Výroba pěstního klínu

Kamenný nůž

Kamenný nůž, Pravěk

Kamenný nůž, Starověk, Egypt

Kamenné sekery



Čepele pro kamenné sekery, doba kamenná

Kamenná sekera, doba kamenná - neolit 8 až 5 tis. let př. n. l.

Kamenná sekera, doba kamenná - mladší paleolit 40 až 10 tis. let př. n. l.

Bronzové sekery

Bronzová sekera, doba bronzová, 3 až 1 tis. let př. n. l.

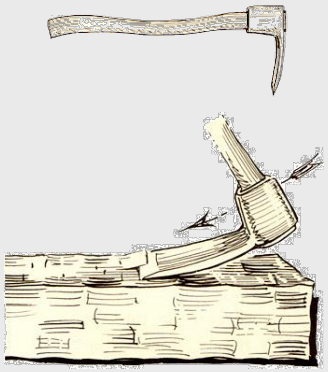
Čepele pro bronzové sekery, doba bronzová

Mohutné symetrické čepele s tulejem

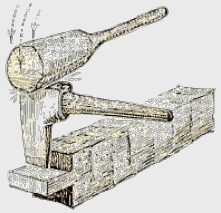
Asymetrická čepel s tulejem - širočina

(zdroj: www.cs.wikipedia.org; http://www.dalzielbarn.com

Dlabací sekery



Dlabací sekera pro opracování povrchů



Dlabací sekera
k vysekávání čepů

Dlabací sekera – křížovka

(zdroj: http://www.dalzielbarn.com)

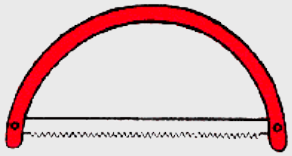
Současné sekery

Tesařská pravostranně broušená širočina

Tesařská teslice

Moderní sekery značky Fiskars®

Pily



Pila s pilovým listem napnutým v dřevěném oblouku (okolo roku **1500 př.n.l.** v Egyptě)

Rámová truhlářská pila

Břichatka

Ruční **pila ocaska**

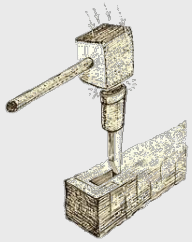
(foto: www.history.org)

Dláta

- nejstarší kamenná dláta z období Neolitu
- největší výskyt železných dlát nastal v době laténské (mladší doba železná, okolo roku **400 př. n. l.)**
- železné dláto bylo opatřeno **tulejem**, do kterého bylo vloženo ratiště → **efektivní přenos energie**

Kamenná dláta z období Neolitu – 4100 - 2700 př. n. l., Schleswig-Holstein, Německo
(foto: www.en.wikipedia.org)

Tulejová dláta – z období Laténu
(foto: www.bacrie.cestovatel.cz)



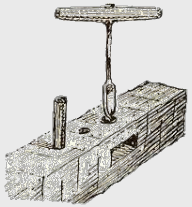
Dlabací dláto (foto: www.history.org)

Nebozezy

- sloužily k předvrtání otvorů pro spojovací prostředky – dřevěné kolíky, pro provazy ke svazování

Malý nebozez pro malé a mělké otvory
(foto: www.history.org)

Velký nebozez pro vrtání velkých a hlubokých otvorů
(foto: www.history.org)



Poříz

- sloužil k ořezávání ploch do rovných nebo oblých tvarů
- využití při dřívější výrobě násad, později např. v bednářství

Poříz

zdroj: www.history.org, www.etc.usf.edu)

Rozdělení 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…)

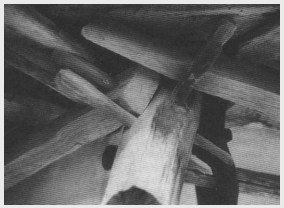
- klihové a lepené spoje

Spojovací prostředky

Historické spojovací prostředky:

Dřevěné hřeby:

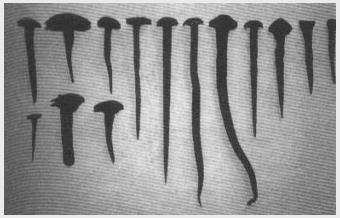
- není známo první použití (až u Římanů)
- k vrtání otvorů používán lžícový a šnekový vrták
- sloužily k zafixování konstrukcí u hrázděných staveb; stahování konstrukcí šikmo nasazených hřebů; zajištění polohy, přenášení menších sil (v tahu, tlaku a smyku)
- 15-25 mm silné, 15-40 cm dlouhé
- hrubě štípané; téměř hladké; dokulata opracované
- dubové hřeby



Dřevěné hřeby – k zajištění spojů

Kované hřeby:

- u Římanů známější než dřevěné kolíky
- vysoké náklady na pořízení



Kované hřeby

První „konstrukční“ spoje

Spojování dřev:

- přivazováním
- převazováním
- podvazováním

Spojovací prostředek:

- provazy
- kožené řemínky
- proutí

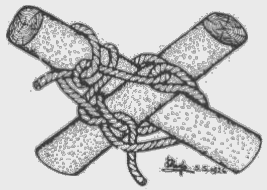
Nejstarší spoj: **kůlová vidlice** (3500 let př. n. l.)

následují čepy a zahrdlení

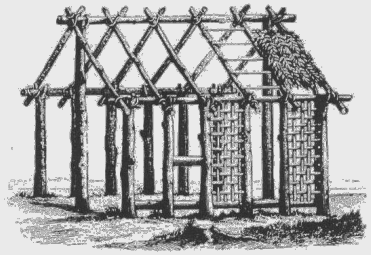
velmi rozšířená v době bronzové a halštatské

Vznik „umělé“ vidlice:

křížová vidlice nebo kůlové nůžky



„Uzel z doby kamenné“ podle Kresse



Dřevěná konstrukce svázána provazy

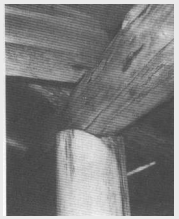
Dřevěné konstrukční spoje

Další vývojový stupeň: **SPOJ ZAHRDLENÍ**

- mezistupeň ve vývoji zahrdlení byl **žlabový zásek**

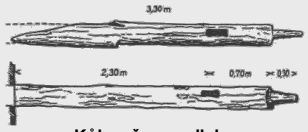
Čepové spoje:

- nejstarší nálezy spojů z mladší doby kamenné
- dvoustranně čistě opracovaný čep z období okolo roku 3500 př. n. l.
- kruhové čepy
- čepové zámky



Mezistupeň ve vývoji **zahrdlení**

Ostatní druhy spojů například plátování, byly objeveny nebo vyvinuty zanedlouho po čepových spojích. Tyto všechny spoje byly nejdříve užívány u nábytku. To znamená, že byly vynalezeny a odzkoušeny v menších měřítcích, než byly použity při stavbách větších objektů (domy, mosty, lávky…)



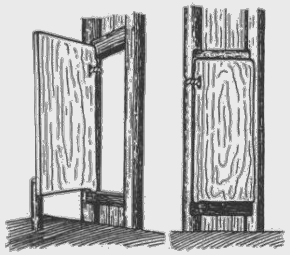
Kůly s čepy a dlaby

Čepový zámek

Kruhový čep

Pohyblivé konstrukční spoje

- velký význam v technice spojování dřev
- otočné čepy (z doby okolo 3500 př. n. l.)
- použití u dveří, vrat, vikýřů
- tvrdé dřeviny
- vytlačeny vhodnějšími konstrukcemi a materiály



Dveře z doby kamenné s otočným čepem

Pohyblivý spoj

Spoje šikmých střech

Prehistorické krovy

- sestaveny z kulatiny a svázány
- vázané spoje se dnes používají pouze u replik pravěkých obydlí

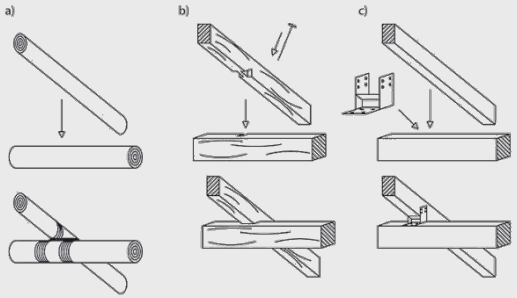
Historické krovy

- ručně tesané dřeva
- tesařské spoje

Moderní krovy

- krovy vyrobené z hraněného řeziva
- spojování pomocí ocelových spojovacích prostředků nebo lepením

a – prehistorické krovy b – historické krovy c – moderní krovy



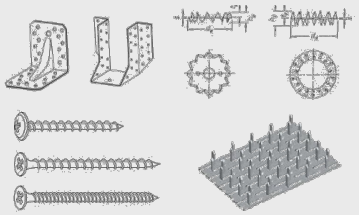
Vývoj napojení krokve na vaznici

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

Spojovací prostředky

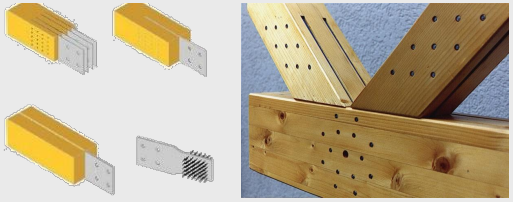
Novodobé (moderní) spojovací prostředky

Kovové spojovací prostředky:
- šrouby, vruty, šroubové svorníky, hřebíky…
- slouží k zajištění spojů dřev
- jsou přechodem k inženýrským stavbám



Druhy kovových spojovacích prostředků

Inženýrské dřevěné konstrukce:
- velký rozvoj v posledních desetiletích
- šroubové svorníky
- desky s trny
- kroužkové hmoždíky
- spojovací články BSB
- hmoždíky
- ocelové úhelníky
- a další



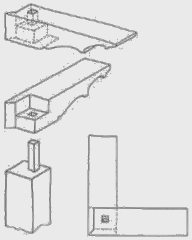
Spojovací články BSB
(zdroj: www.tzb-info.cz; http://www.graf-holztechnik.at)

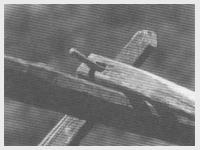
Spoje postmoderních krovů

Požadavky na konstrukci jednadvacátého století jsou mnohem přísnější, než tomu bylo v minulosti. Nestačí jen stavět rychle, přesně, ekonomicky s co největším využitím suroviny, ale musí se také zhodnotit životnost a trvanlivost konstrukce, celkový dopad na životní prostředí, energie a emise vyprodukované při výrobě a montáži konstrukcí. Proto v současné době je snahou navrátit se zpět k využívání tesařských spojů při výrobě dřevěných konstrukcí.

NEPÁL

- mimořádná tradice dřevěných staveb
- Nepál je považován za **vzorový příklad pro vývoj spojů** dřev (odlišný stupeň technického vývoje)
- stavby upřednostňovány ze dřeva a cihel
- spoje a složité výstupky stupňovitých střech se budovaly pouze ze dřeva
- v období okolo roku **1750 n. l. existovaly dokonalé spoje:**
  - spoje krokví na hřebeni
  - vázání trámů pomocí zapuštěných rybin
  - složitá krytá čepová spojení
  - hlavice s průchozími čepy



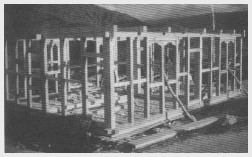


Chrám Kumbeshwara, údolí Kathmandu, postaven v roce 1392 (foto: Alfred Molon)

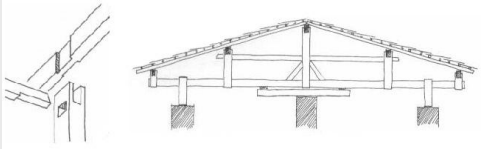
***„Dřevěné konstrukce a řezbářské výrobky byly v údolí Kathmandu tak dokonalé a tak rozvinuté, že je dnes velmi obtížné zachovat tuto řemeslnou tradici“* (Becker-Ritterspach a Raimund O. A. 1982, Korn W.,1976).**

BHUTAN

- vysoce rozvinuté konstrukce dodnes vyráběné bez použití strojů
- celá řada „typových konstrukčních řešení“ je úplně stejná jako ta, která byla vyvinuta v našich předalpských regionech:
  - např. šindelová střecha s jištěním tyčemi a kameny
- rozdílný vývoj odlišný od našich řešení lze pozorovat v horizontálním vyztužení při „zavětrování“ (**v Bhutanu jsou vzpěry výjimkou**)
- podobné tendence vývoje jako v Nepálu
- hlavní konstrukcí je **hrázdění**
- jedinečné je používání **zahrdlení** jako základní princip konstrukčního spojování vaznicových krovů plochých střech



Dzongy – masivní vnější stěny

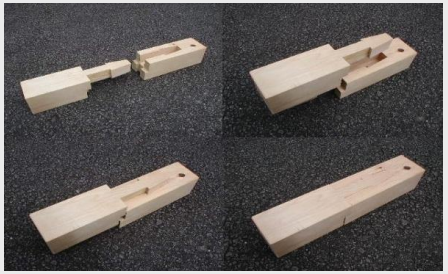


Zahrdlení, vaznicová konstrukce (kladený šindel)

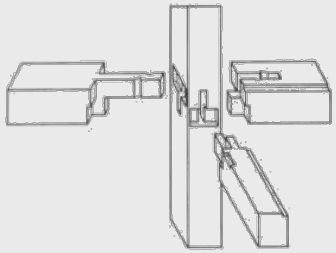
„Dzongy, opevněné kláštery z Bhutanu mají masivní vnější stěny, ale uvnitř skrývají jemné, umělecky a technicky dokonalé dřevěné konstrukce“

JAPONSKO

- podmínky spojování jako je např. vyšší zatížitelnost spojů se považují někdy až jako druhořadé
- v Japonsku často používaný spoj **srpový čep** (u nás téměř neznámý)
- vysoce vyvinuté **štenýřové čepové spoje** (důmyslný konstrukční spoj, kterým lze na jednom sloupku připojit paždíky ve všech čtyřech směrech ve stejné výšce)



Štenýřový čepový spoj

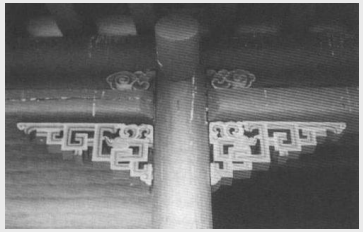


Průchozí štenýřové čepy

„Japonsko je proslavené tím, že kromě bohatého ve dřevě konstruovaného zdobení podobně jako měli Číňané, vyvinulo technicky nejrafinovanější spoje“

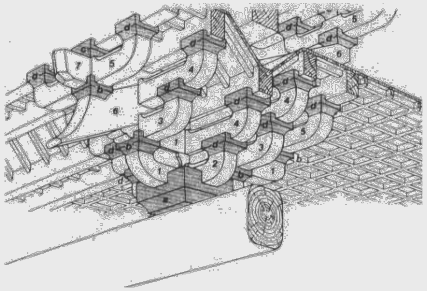
ČÍNA

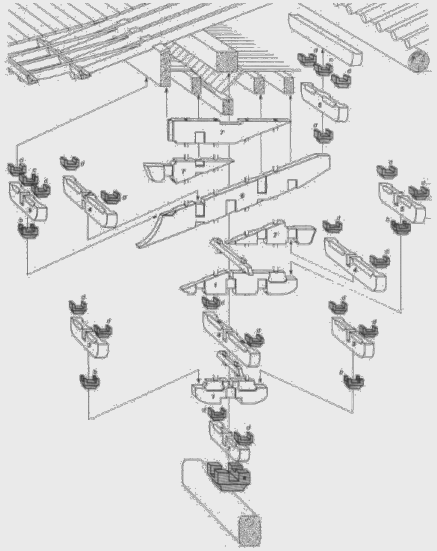
- v konstrukcích uplatňován kontrast a spojení velmi jednoduchých elegantních prvků
- stavební prvky složené z velmi **jemně členěných detailů** (římsy, okapy…)
- běžné spojení stěn a prahů u čínských chrámů spočívá v zahrdlení nebo spojení čepem
- zakládání střešních konstrukce jsou tvořeny jako umělecká díla:
  - každý jednotlivý díl vyžaduje **přesný výkres a řemeslnou obratnost**
- část čínských spojů se vyvinul na základě konstrukcí z kulatiny



Kulatina využívána u čínských spojů

„Konstrukce z hlediska techniky spojování znamenají, že všechny čepy musí být tak jako čepové zámky dotaženy klíny, nebo, jako například srpové čepy, jinak spolehlivě zajištěny proti vytažení“
(Bussagli M. 1985; Gerner M. 1973)





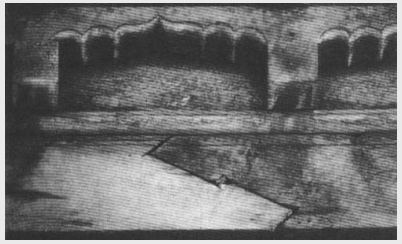
Čínský konzolový systém – vlevo ve složeném stavu, vpravo rozložený

Pai-lou – triumfální brána (foto: Dorothy)

Spojování dřev v jiných kulturních oblastech

TIBET

- konstrukce staveb byly ovlivněny sousedními zeměmi (Nepál, Čína, Bhutan…)
- Tibeťané si velmi **vážili a váží dřeva** jako stavebního materiálu
- dřevo bylo **vzácným materiálem**, proto se s ním zacházelo s odpovídající péčí
- pro sloupy používali Tibeťané jak kruhové, tak i dvoustranně odsazené čepy
- sloupové sedlo se v Tibetu plně rozvinulo ve formě **„mračné“ hlavice** symbolizující mraky



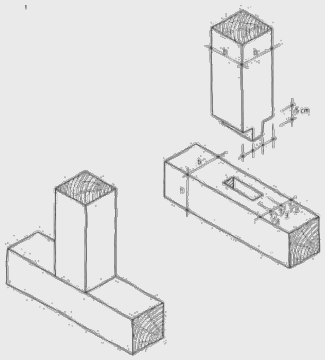
Šikmočelný klesající ozubový plát

Sloupové sedlo s tvarem mráčné hlavice

„Řemeslníci v Ladakhu uchovávají tradici napojení „mračných“ hlavic na sloup pomocí odsazených čepů až do dnešních dnů“

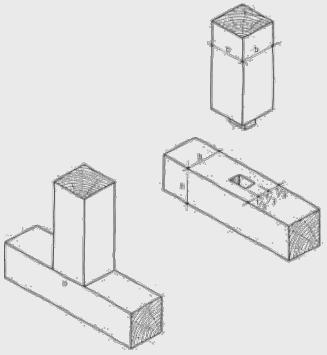
Ukázka konstrukčních spojů

Rovný čep



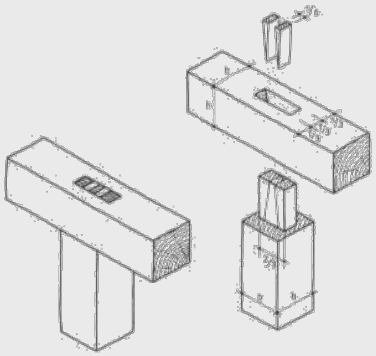
Ukázka konstrukčních spojů

Čep z obou stran odsazený

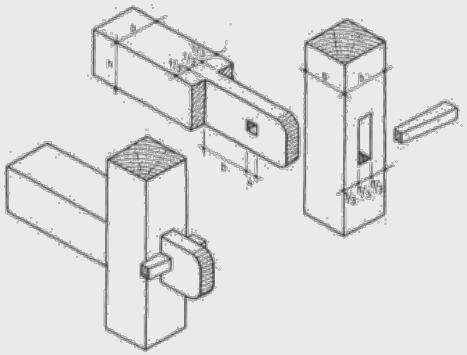


Ukázka konstrukčních spojů

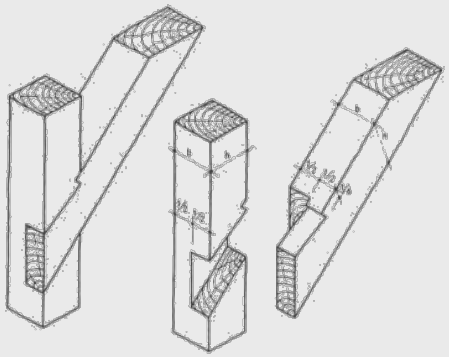
Rovný čep průběžný s klíny



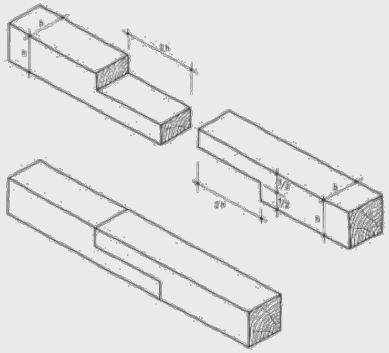
Čepový zámek



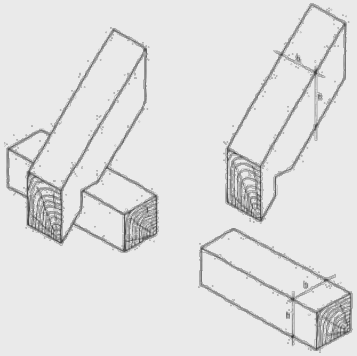
Jednostranný rybinový příčný plát se zarážkou



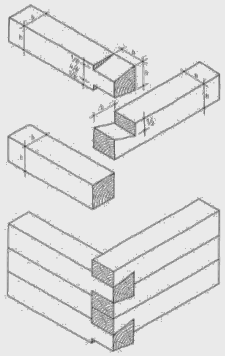
Rovný plát



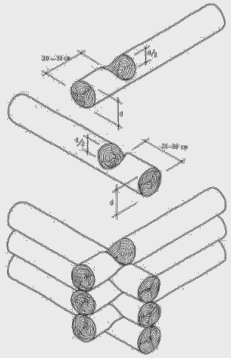
Osedlání



Ozubení



Překampování kuláčů



Různé nástroje

http://www.greatplanestrading.com/StP/StP1.htm