

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

Studijní obor: Dřevařství



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vývoj a typologie krovů

Vypracoval:

Jiří Hrouda

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Sviták

Praha 2013

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hrouda Jiří

Dřevařství

Název práce

**Vývoj a typologie krovů.**

Anglický název

**Development and typology of trusses.**

### Cíle práce

Cílem práce je vyhledat informace o vývoji a definování použité terminologie a typologie krovů, včetně jejich požadavků. Dále se práce zaměřuje na technologicko-ekonomické zhodnocení výstavby a porovnání tradičních krovů s novodobými.

### Metodika

- 1) Úvod
- 2) Cíl bakalářské práce
- 3) Materiály a spoje krovů
- 4) Rozdělení střešních konstrukcí
- 5) Typologie názvosloví krovů
- 6) Požadavky střešních nosných konstrukcí
- 7) Porovnání tradičních a novodobých konstrukcí
- 8) Technologicko-ekonomické zhodnocení
- 9) Závěr

### Harmonogram zpracování

Datum zadání práce: květen 2012

Datum odevzdání práce: duben 2013

**Rozsah textové části**

35 - 45 stran

**Klíčová slova**

Dřevěné konstrukce, krovy, střechy.

**Doporučené zdroje informací**

Dřevěné konstrukce / Ferdinand Lederer. – 1. vyd. – Praha : ALEKO, 1994. – 190 s.

Historické krovy : konstrukce a statika / Jan Vinař, Václav Kufner. – 1. vyd. – Praha : Grada, 2004. – 270 s. : il.

Tesařské spoje / Manfred Gerner. – 1. vyd. – Praha : Grada, 2003. – 220 s. : il.

Navrhování dřevěných konstrukcí : příručka k ČSN EN 1995-1 / Petr Kuklík, Anna Kuklíková. – 1. vyd. – Praha : Informační centrum ČKAIT, 2010. – 140 s. : il.

Dřevěné konstrukce 10 : pravidla pro navrhování a řešené příklady / Petr Kuklík, Anna Kuklíková, Karel Mikeš. – Vyd. 3. přeprac. – Praha : Vydavatelství ČVUT, 2003. – 148 s. : il.

**Vedoucí práce**

Sviták Martin, Ing.

**Termín odevzdání**

duben 2013



**doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.**

Vedoucí katedry



V Praze dne 30.1.2013



**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan fakulty

## PROHLÁŠENÍ

“Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma vývoj a typologie krovů vypracoval samostatně pod vedením ing. Martina Svitáka a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V Praze dne 30.4.2013

Podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Martinovi Svitákovi za jeho odborné vedení a důležité rady při zpracování bakalářské práce.

## ABSTRAKT

Tato práce se zaměřuje na konstrukce krovů. Seznamuje se základním názvoslovím v oblasti střešních konstrukcí a využití dřeva jako stavebního materiálu na dřevěné konstrukce. Ukazuje tradiční a novodobé způsoby spojů dřevěných konstrukcí. Zmiňuje přehled pojmů v krovových soustavách. Dále se zabývá metodami výpočtů pro navrhování prvků ve dřevěných konstrukcích. Vlastní kapitola je věnována porovnání mezi tradičními a novodobými výpočtovými metodami v navrhování dřevěných konstrukcí.

## KLÍČOVÁ SLOVA

dřevěné konstrukce, krov, střecha, dřevo, vaznicové soustavy

## ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on trusses construction. The thesis introduces the basic terminology of roof constructions and the usage of wood as a structural material for building wooden constructions. It brings an overview of the traditional and modern ways of joints of wooden constructions, introduces the terminology of trusses components and deals with the calculation methods for designing the trusses elements. The practical part of thesis compares the traditional and modern calculations methods in designing of wooden constructions.

## KEYWORDS

wooden structures, beams, roofs, wood purlin system

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>MATERIÁLY A SPOJE KROVŮ</b> .....	<b>8</b>
3.1	DŘEVO NA KONSTRUKCE KROVŮ .....	8
3.1.1	<i>Třídění podle pevnosti</i> .....	9
3.2	SPOJE KROVŮ .....	11
3.2.1	<i>Tesařské spoje krovů</i> .....	11
3.2.2	<i>Spoje s mechanickými spojovacími prostředky</i> .....	17
3.2.3	<i>Lepené spoje</i> .....	19
<b>4</b>	<b>ROZDĚLENÍ STŘEŠNÍCH KONSTRUKCÍ</b> .....	<b>20</b>
4.1	ROZDĚLENÍ STŘECH PODLE TVARU .....	20
4.2	ROZDĚLENÍ STŘECH PODLE SKLONU .....	22
<b>5</b>	<b>TYPOLOGIE A NÁZVOSLOVÍ KROVŮ</b> .....	<b>23</b>
5.1	KROVY SOUSTAVY VLAŠSKÉ .....	23
5.2	KROVY KROKEVNÍ SOUSTAVY.....	24
5.2.1	<i>Prostá krokevní soustava</i> .....	24
5.2.2	<i>Hambalková soustava</i> .....	24
5.3	KROKVE VAZNICOVÝCH SOUSTAV .....	25
5.3.1	<i>Stojatá stolice</i> .....	25
5.3.2	<i>Ležatá stolice</i> .....	27
5.4	KROVY SOUSTAVY ARDANTOVY .....	28
5.5	PŘEHLED POJMŮ PRVKŮ V KROVOVÝCH SOUSTAVÁCH .....	28
<b>6</b>	<b>POŽADAVKY STŘEŠNÍCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ</b> .....	<b>30</b>
6.1	ZKUŠENOSTNÍ NAVRHOVÁNÍ POMOCÍ EMPIRICKÝCH VZORCŮ .....	32
6.2	MEZNÍ STAVY DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ .....	33
6.2.1	<i>Mezní stav únosnosti</i> .....	33
6.2.2	<i>Mezní stav použitelnosti</i> .....	34
6.2.3	<i>Zatížení dřevěných konstrukcí</i> .....	34
6.3	NAVRHOVÁNÍ DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ PODLE EUROKÓDU 5.....	35
6.3.1	<i>Zásady pro navrhování</i> .....	35

<b>7</b>	<b>POROVNÁNÍ TRADIČNÍCH A NOVODOBÝCH KONSTRUKCÍ.....</b>	<b>40</b>
7.1	NAVRŽENÉ PRVKY PODLE MEZNÍCH STAVŮ PODLE EUROKÓDU.....	41
7.2	VÝPOČTENÉ HODNOTY HLAVNÍCH PRVKŮ ZKUŠENOSTNÍM NAVRHOVÁNÍM.....	43
7.3	POROVNÁNÍ HLAVNÍCH PRVKŮ KROVU .....	44
<b>8</b>	<b>TECHNOLOGICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>48</b>
8.1	TECHNOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ.....	48
8.2	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	48
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURA .....</b>	<b>51</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>54</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>55</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>56</b>



**VÝVOJ A TYPOLOGIE KROVŮ**

**DEVELOPMENT AND TYPOLOGY OF  
TRUSSES**

# 1 Úvod

Dřevo je nejstarším a nejrozšířenějším materiálem biologického původu, který je ve stavebnictví využíván pro výrobu dřevěných konstrukcí. Dřevo bylo dostupné jako stavební materiál ve všech kulturách, od kdy člověk začal na začátku civilizace stavět jednoduché chýše.

Historie a vývoj dřevěných konstrukcí představuje široké téma. Člověk začal používat dřevo na nástroje, na konstrukce domů, mostů, strojů, válečných zařízení, inženýrských staveb, lodí aj. Tyto příklady nejsou pouze omezeny na evropské zkušenosti, ale zahrnují i jiné kontinenty, aby se demonstrovala adaptibilita dřeva jako konstrukčního materiálu a ukázaly se technické a architektonické možnosti dřevěných konstrukcí.

Dřevěné krovy jsou pojmem známým již od nejstarších dob. Přibližně od poloviny 19. století vznikají řady konstrukcí navrhovaných podle zásad moderní statiky, současná doba je zaměřena spíše na vývoj nových materiálů na bázi dřeva a vývoj spojovacích technik.

Hlavní oblast použití dřevěných konstrukcí představují zejména rodinné domy, halové objekty, sportovní a rekreační objekty, které využívají množství materiálů na bázi dřeva. Formulace stále dokonalejších metod pro navrhování dřevěných konstrukcí a nedestruktivního zjišťování užitečných vlastností dřeva a materiálů na bázi dřeva vytváří předpoklady pro širší uplatnění dřeva ve stavebních konstrukcích.

Řešený objekt se nachází v katastru města Blatná. Stavba je řešena jako jednopodlažní nepodsklepená budova s obytným podkrovím. Objekt má půdorys ve tvaru obdélníku o vnějších rozměrech 15m x 14m a zastavěné ploše 210m<sup>2</sup>. Dům je založen na betonových základových pásech z prostého betonu. Nosná svíslá stěnová a obvodová konstrukce je vyžděna z tvárnic.

Stropy jsou vložkové se systémovými nosníky. Objekt je zastřešen stojatou stolicí vaznicové soustavy se sklonem střechy 25° a výškou hřebene 8,2m. Střední vaznice jsou podporovány svíslými sloupky, které jsou zajištěny pásky a vyztuženy kleštinami. Hřebenová vaznice je podporována po celé délce sloupky, které jsou začepované do vaznice. Spojení mezi krokviemi a kleštinami zajišťují ocelové svorníky. Krokve jsou

pomocí vodorovného osedlání uchyceny na vaznice a zajištěny nárožními hřebíky. Pozednice je umístěna na nízké pudní nadezdívce a ukotvena kotevními háky do věnce.

Skladba střešního pláště konstrukce je tvořena třívrstvou kontaktní difúzní folií, zajištěnou konralatěmi, které zajišťují i proudění vzduch ve střešním plášti. Krytina je položena na latě. Jako krytina je použita pálená ražená drážková střešní taška. Mezi krokviemi je umístěna tepelná izolace z minerální vaty tl. 180 mm a jako bednění použity OSB desky tl. 12mm.

## **2 Cíl bakalářské práce**

Cílem této práce je seznámit čtenáře nejprve s terminologií a typologií krovů, včetně jejich požadavků, a dále pak s použitými materiály na konstrukci krovu z rostlého dřeva. Práce je také zaměřena na konstrukční spojení jednotlivých prvků krovu a jejich použití v konstrukci. Následně jsou uvedeny některé všeobecné pokyny pro navrhování dřevěných konstrukcí. Pro porovnání mezi tradičními a novodobými krovky je vybrán skutečný objekt zastřešený krovem vaznicové soustavy se stojatou stolicí, který byl navržen podle Eurokódu a porovnán se zkušenostním navrhováním podle empirických vztahů pro výpočet velikosti nosných prvků. V závěru zhodnocujeme vzniklé údaje z technicko-ekonomického hlediska a jejich možný důsledky a dopady v navrhování dřevěných konstrukcí.

### 3 Materiály a spoje krovů

Na dřevěné konstrukce se používají jehličnaté a listnaté dřeviny, které mají vhodné mechanické a fyzikální vlastnosti. <sup>[5]</sup>

Pojmem spoje se dnes nemíní jen na spoje tesařských dílců, nýbrž moderní spojovací pomůcky, jako jsou styčnickové plechy nebo ocelové patky a jiné. <sup>[2]</sup>

#### 3.1 Dřevo na konstrukce krovů

Dřevo na stavební konstrukce musí splňovat požadavky dané předepsanými normami na minimální pevnost, tuhost atd. Dovolená vlhkost dřeva na stavební konstrukce je stanovena podle druhu a použití konstrukčních prvků a částí. <sup>[6]</sup>

**Tab. č. 1. Dovolená vlhkost na stavební konstrukce**

Vlhkost dřeva (%)	Použití dřeva
nejvýše 10%	spojovací součásti (hmoždíky, kolíky, klíny ap.) a prvky vystavené dlouhodobým zvýšeným teplotám nepřevyšujícím 55°C
nejvýše 15%	lepené prvky
nejvýše 20%	konstrukční prvky spojované hřebíky, svorníky, kovovými hmoždíky apod.
nejvýše 25%	prvky vystavené nechráněné expozici, u kterých vysychání dřeva není na závadu
bez omezení	prvky, které budou trvale ve vlhkém nebo mokřém prostředí

Uvedené vlhkosti platí pro zpracování dřeva (výrobu konstrukčních prvků).  
Hřebíkované konstrukce se doporučuje vyrobít ze dřeva vysušeného na vlhkost nejvýše 18 %.

*Zdroj: Straka, Bukovský, Navrhování dřevěných konstrukcí, 1996*

#### *Jehličnaté dřeviny*

Smrkové dřevo se používá nejčastěji. Je bílé až nažloutlé barvy, mírně smolnaté s pevně zarostlými suký. Je lehké, pružné, dobře štípatelné a snadno zpracovatelné. V suchém prostředí je trvanlivé, ve vlhkém prostředí je rychle napadeno hnilobou. Ostatní jehličnaté dřeviny v určitých mechanických vlastnostech disponují lepšími vlastnostmi. <sup>[4,5]</sup>

## ***Listnaté dřeviny***

Dubové dřevo je tvrdé, pevné, těžké, houževnaté a trvanlivé. Vykazuje velkou pevnost v tlaku i v tahu, a proto je vhodné pro výrobu hmoždíků, kolíků, klínů apod. Má dobrou odolnost proti ohni, zejména je-li vhodně naimpregnováno. Dřeviny ostatních druhů listnatých stromů se na stavební konstrukce téměř nepoužívají.<sup>[5]</sup>

### **3.1.1 Třídění podle pevnosti**

Dřevo jako materiál organického původu vykazuje oproti jiným konstrukčním materiálům poměrně vysokou variabilitu vlastností. Na rozdíl od konstrukčních materiálů anorganického původu, jejichž jakost může být výrobně ovlivněna podle účelu použití, je u dřeva možné pouze tříděním nebo jiným jakostním ohodnocením odhadovat jeho kvalitu.<sup>[9]</sup>

Třídění pevnosti podle Eurokódku 5 rozdělujeme na vizuální třídění a na strojní třídění pro konstrukční dřevo.<sup>[9]</sup>

Pevnostním tříděním se má zajistit, že všechny vlastnosti významné pro použití dřeva na nosné účely budou spolehlivě dodrženy. Při běžném vizuálním třídění jsou to především šířka letokruhů jako měřítko struktury dřeva ve vztahu k pevnosti také snižující charakteristiky dřeva, jako například suky, odklon vláken, trhliny, reakční dřevo, napadení hmyzem a hnilobou. U strojního třídění mohou být přibrány i jiné, vizuálně neměřitelné vlastnosti, jako například modul pružnosti v ohybu, pomocí nichž lze odhadovat pevnostní a tuhosti vlastnosti mnohem pečlivěji.<sup>[8,9]</sup>

Minimální požadavky pro vizuální třídění pevnosti pro konstrukční dřevo jsou uvedeny v normě ČSN EN 518. Požadavky pro strojní třídění pevnosti pro konstrukční dřevo jsou shrnuty v normě ČSN EN 510.<sup>[9]</sup>

Tříděné dřevo musí být označeno. Označení musí obsahovat jakostní třídu, dřevinu nebo kombinaci dřevin, výrobce a normu podle, které se třídilo.<sup>[9]</sup>

## Třídy pevnosti pro rostlé dřevo

Charakteristické hodnoty pevnosti, tuhosti a hustoty pro konstrukční dřevo se musí určovat podle normy ČSN EN 384. Pro každou jakostní třídu určitého druhu a původu dřeva mohou být charakteristické hodnoty pro navrhování v zásadě stanoveny individuálně.<sup>[9]</sup>

System tříd pevnosti podle normy ČSN EN 338 je tvořeno z devíti tříd pro jehličnaté a topolové dřevo a šesti tříd pro listnaté dřevo. Tento systém zahrnuje od nejnižší třídy jehličnatého dřeva C14 do nejvyšší třídy listnatého D70 všechny jakostní třídy, v současnosti používané v Evropě.<sup>[8,9]</sup>

**Tab. č. 2. Třídy pevnosti a hodnoty pro konstrukční dřevo podle EN 338**

		Topol a jehličnaté dřeviny												Listnaté dřeviny					
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Pevnostní vlastnosti v N/mm <sup>2</sup>																			
Ohyb	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Tah kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Tlak kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Smyk	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Tuhostní vlastnosti v kN/mm <sup>2</sup>																			
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05,0,05}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{0,05,90,0,05}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{0,05,0,05}$	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Hustota v kg/m <sup>3</sup>																			
Hustota	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{0,05,k}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080
<b>Poznámka</b>																			
a) Výše uvedené hodnoty pro pevnost v tahu, pevnost v tlaku, pevnost ve smyku, 5% kvantil modulu pružnosti, průměrný modul pružnosti kolmo k vláknům a průměrný modul pružnosti ve smyku byly vypočteny na základě vztahů, uvedených v příloze A EN 338.																			
b) Tabelované vlastnosti odpovídají dřevu s vlhkostí při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti 65 %.																			
c) Dřevo vyhovující třídám C45 a C50 nemusí být snadno dostupné.																			

Zdroj: KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. Navrhování dřevěných kcí. příručka k ČSN EN 1995-1

## 3.2 Spoje krovů

Spojování dřev je rozhodujícím prvkem v řetězci celého technického vývoje dřevěných krovů. Spoje mají velký vliv na samotnou konstrukci a v mnoha případech ji určují. Mají vliv i na konstrukční detaily, na prostorovou velikost, rozměry dřev, trvanlivost a údržbu.<sup>[2]</sup>

Konstrukční prvky dřevěných konstrukcí spojujeme pomocí různých mechanických spojovacích prostředků, tesařských spojů a lepení.<sup>[2]</sup>

### **Spoje dřevěných konstrukcí dělíme podle uspořádání takto:**<sup>[15]</sup>

- nastavování tj. spojování v podélném směru
- sdružování tj. spojování v příčném směru
- spojování do styčníků tj. spojování pod různými úhly v rovině

### **Podle charakteru působení a druhu spojovacího prostředku rozlišujeme spoje:**<sup>[5]</sup>

- 1) poddajné
  - tesařské spoje
  - spoje s mechanickými spojovacími prostředky
- 2) nepoddajné
  - lepené spoje- nepoddajné

### 3.2.1 Tesařské spoje krovů

Spoje mají pro správnou funkci krovu zásadní význam, v mnoha případech je pro únosnost celé konstrukce rozhodující právě únosnost spoje.<sup>[2]</sup>

Tesařské spoje patří mezi nejstarší spoje dřevěných konstrukcí. Nevýhodou tesařských spojů je, že oslabují konstrukční prvky, pracnost výroby, vysoká kvalita provedení oproti ostatním způsobům spojování. Únosnost tesařských spojů musíme vždy prokázat statickým výpočtem.<sup>[5]</sup>



Tyto spoje lze uspořádat podle různých kritérií. Hlavními kritérii jsou druh spoje, poloha, směr a vaznost.<sup>[2]</sup>

### **Spoje na sraz**

Vedle spojů nosných nesených dřev, tedy všech spojů nasazených byly spoje na sraz nejdříve používanými způsoby spojování. Hrubým rozdělením pomocí definice by mohla být ležící dřeva nazvána „nastavením“ a stojící dřeva nazvaná „nasazením“. U spojů nasazených je třeba zohlednit zajištění proti prasknutí, vznikající při ohybu mezi taženými a zatíženými vlákny. To lze zajistit jen pomocnými prostředky.<sup>[5]</sup>

**Tupý sraz** – zvaný také rovný sraz – jednoduché napojení dvou dřev. Proveďte se přiražením dvou dřev, seříznutých pouze do pravého úhlu. Tento spoj vyžaduje podepření vzpěrou, sloupem nebo stěnou. Spojem nemůžeme zachytit síly tahové či boční posuv a nelze jim zamezit ani zvedání konců dřev a jejich kroucení. Spoj přenáší jen síly tlakové.<sup>[2]</sup>

**Šikmý sraz** – přisazen také tupě, ale jen s tím rozdílem, že je seříznutý šikmě. Ale snížila se jeho funkce přenášet tlakové síly v podélném směru. I když se zajistí z vrchní strany spoje skobou, je toto spojení výrazně nestabilnější než sraz tupý.<sup>[2]</sup>

**šikmý sraz přisazený** – nazývá se také poloviční sraz. Dva protilehlé úhly rohů sražených hranolů pod úhlem 45° nebo v ostrém úhlu seříznou a pak se na těchto rozích spojí tak, jednak aby vedle sebe ležely v délce rovné polovině síly dřeva anebo v délce ještě menší. Znamená to, že dřeva nejsou spojena vazně.<sup>[2]</sup>

**Srazy s vloženým středním kusem** – Srazy s vloženým středním kusem mají stejnou funkci spojů s přesahem, podobně jako pláty a podobnou zámku. Spoje jsou často používány na řešení složitých situací při vestavbách, tak i pro opravy.<sup>[5]</sup>

U rovně vyříznutého srazu s vloženým středním kusem se u hranolů na horní straně vybere délka, která se rovná minimálně dvojnásobku výšky dřeva a hloubka polovině výšky dřeva. Vložená příložka daných rozměrů musí být přichycena svorníky tak, aby mohly být zachyceny síly tahové, působící boční posuv, nebo síly smykové, než pak zabraňují zdvihu. Důraz je dbán na přesně vypracovanou vložku. Je-li mezi spojením vůle, spoj je labilní.<sup>[5]</sup>

Těchto spojů je veliké množství a každý z nich má jiné rozměry, umístění vložky a také rozdílný postup výroby. Jednotlivá spojení jsou konstruována tak, aby vyhovovala určitým typům zatížení.<sup>[2]</sup>

### **Čepové spoje**

Čepové spoje spolu s pláty patří mezi nejstarší, ale také k nejrozšířenějším způsobům spojování. K tomu abychom určili vývoj čepování, nemáme dostatečné staré údaje. Vývojovým krokem by měl být dvoustraně odsazený čep jak u kulatin, tak i hranolů, včetně odsazeného čepu otočného, přičemž hloubka odsazení dřeva byla zprvu malá a až během vývoje se zvětšovala. Kromě univerzální použitelnosti přispěly čepy k některým konstrukčním řešením, anebo taková řešení dokonce teprve umožnily. Například čepový zámek prostrčený čep zajištěný závlačkou nebo klínem je základem nejdůležitějších konstrukčních prvků domů.<sup>[5,12]</sup>

Tyto typy čepů lze použít jako spoje podélné, rohové, příčné a křížové,

**Čepové srazy** – takzvaný drážkový čep, používá se jako jednoduchý podélný spoj ke spojování prahových vaznic. Většinou se jistí skobou do dřeva a v novější době styčnickovými plechy. Čep je u spoje na sraz dlouhý minimálně 5 cm a maximálně do šířky dřev. Šířka čepu je rovna třetině šířky dřeva.<sup>[2]</sup>

**Rybinový čep** – musí být proveden velmi přesně a to na dřevěch, který mají podobně orientovaný průběh vláken. Rybina má délku rovnou dvěma třetinám výšky hranolu, užším konci měří třetinu a na širším konci tři pětiny šířky dřeva.<sup>[2]</sup>

**Ostříhový čep ostrý** – je seříznutý jak na konci čepu, tak i na čelech čepu. A to způsobuje, že je schopen zachytit vzpěrné síly ve všech směrech. Jak ostříhové čepy na jedné i ze dvou stran podříznuté, tak i ostříhový čep se špicí jsou vhodné spoje pro novější konstrukce i pro opravy.<sup>[2]</sup>

**Ostříhové čepy nárožní** – jeden z rohových spojů používaných zejména u soustavy krokrové a hambalkové soustavy krovu pro vázání krokví na hřebenu. Nejvíce se vyskytuje rohový spoj s úhlem 90°, často byly ale tyto spoje, jak u krokví, tak u prahových vaznic hrázděných stěn, provedeny i v jiném úhlu. Délka čepu konstrukce odpovídá šířce dřeva, síla čepu je rovna třetině šířky dřeva.<sup>[2]</sup>

**Rovné čepy** – nejvíce se uplatňují při napojování svislých prvků (např. sloupků hrázdění). Dříve se dělaly do délky 7 cm, dnes v délce okolo 4 cm. Jejich tloušťka odpovídá asi třetině šířky dřeva s dlabem. Rovnými čepy se spojovaly stojky s práhy nebo stojky se střešní vaznicí.<sup>[2]</sup>

**Čepy s klíny** – bylo vyvinuto, aby přenášelo v příčném směru síly tahové. U rovných čepů průběžných s klíny je čep předem opatřen minimálně dvěma zářezy v čepu a vsazen do dlabu. Do dlabu jsou zaraženy klíny vyrobené z tvrdé dřeviny, které zajišťují tlak na stěny čepu a zajišťují malé tahové síly proti vytažení.<sup>[2]</sup>

### **Plátové spoje**

Pláty podobně jako čepy slouží k podélnému, rohovému, příčnému, křížovému a šikmému spojování, při kterém obě spojovaná dřeva s protilehlým zářezem leží vazně přes sebe, příčně nebo se křížují.<sup>[15,2]</sup>

**Podélný plátování** – původ vychází z přirozeného přiložení vodorovného či svislého dřeva. Jeden z nejjednodušších spojů je plátový sraz po čelním tupém srazu. Za výšku plátu se bere polovina výšky dřeva, za délku plátu minimálně dvojnásobek výšky plátu. Oba dva díly plátu jsou stejné. Tento spoj není zajištěn proti zdvihu horního plátu, ani nemůže být podchycen boční posuv či tahové síly, a také není vyřešeno vzájemné otočení dřev. Pláty se zajišťují pomocí hřebíků, dřevěným hřebem, skobou nebo styčnickovými plechy.<sup>[2]</sup>

**Rovný plát na obou stranách šikmo seříznutý** – je stabilnější než plát s tupým čelním srazem a je zajištěn proti zdvihu horní části plátu. Pokos má mít úhel 60° k ose spoje, nebo se často jako míra sklonu bere odskok velikosti čtvrtiny výšky hranolu.<sup>[2]</sup>

**Tahový plát** – má délku plátu rovnou jeden a půl násobku až dvojnásobku výšky spojovaných hranolů. Položením břemena jsou dřeva stlačena na sebe a tím pevně spojena na tah. Protože tahový plát drží jen pomocí nepatrných třecích sil, nedokáže podchytit žádný boční posuv, a je vcelku labilní, a proto je zajištěn skobou.<sup>[2]</sup>

**Šikmý plát** – zešikmení u šikmých plátů je uspořádáno opačně než pokos tahových plátů, a proto jednoduché šikmé pláty vůbec nedokáží podchytit tahové síly. Naopak dlouhé pláty jsou v šikmém provedení stabilnější než pláty rovné. Má délku rovno dvojnásobku až trojnásobku výšky spojovaných dřev. Výška rovného dolního i horního očelení je rovna pětina až šestina výšky dřeva. V podélném směru dokáže přenést jen malé množství tlakové síly, nedokáže podchytit žádné tahové síly a v mále míře je zajištěn proti bočnímu posuvu. Polohu spoje lze zajistit umístěním skoby z vrhu i ze spodu hranolu.<sup>[2]</sup>

**Rohové plátování** – vedle čelního tupého rohového srazu je rohový plát nejjednodušším spojem jak na rozích ležících, tak stojících dřevěných konstrukcí. Horní a dolní plát mají výšku rovnou polovině výšky spojovaných dřev. Nejsou nikterak zajištěny proti zdvihu, bočnímu posunutí a otočení dřev není jednoduché rohové přeplátování zajištěno. Proto by mělo být vždycky zajištěno hřebíky, dřevěnými kolíky nebo skobami.<sup>[2]</sup>

**Rovný příčný plát** – se vytvoří vyříznutím poloviny výšky hranolu, přičemž horní plát má délku rovnou šířce hranolu s dolním plátem, tzn., že jeho délka je rovna šířce. Dokáže podchytit bez přídavných pomůcek tlakové síly, nikoliv však síly tahové. Pomocí skoby, hřebíku nebo dřevěným hřebenem lze zabránit prostému vytažení připojovanému prvku dozadu.<sup>[2]</sup>

### **Kampované spoje**

Kampování je prakticky jen vodorovně provedené ne vazné naplátování. Kampované spoje charakterizují dvě vlastnosti. Jednak kampované trámy neleží vůči sobě vazně a jednak nelze kampsy použít jako podélné spoje. Všechny kampsy rohové, příčné nebo křížové jsou pouze jako ne vazné. Nejčastěji se kampování provádělo při napojování vazných trámů a při spojení rámu hrázdní se stropními trámy.<sup>[2,5]</sup>

**Rovný kamp rohový** – vytvoří se jako hák a má délku rovnou šířce dolního kampovaného dřeva a sílu rovnou jedné pětina výšky spodního hranolu. Hák má délku rovnou polovině kampu. Dokáže pochyť jen nepatrné tahové a tlakové síly. Proti bočnímu vytažení nebo zdvihu je třeba jej zajistit pomocí úpravy celého nároží a zatížením nasazeného sloupku nebo stěny.<sup>[2]</sup>

Těchto spojů máme nepřeberné množství jako (např. rybinový kámp, dvojitý šikmý kámp, křížový kámp odsazený, rovný kámp, poloviční křížový kámp, atd.)<sup>[2]</sup>

### **Krčkové spoje**

Původ tvoří vidlice větví na stojce nebo sloupku, ve kterém leželo vodorovné dřevo, tak jako je tomu u vrcholové či střední vaznice nebo pozednice. Při zatížení byla vidlice již bez dalších spojovacích prostředků. Na příčný spoj se používal tzv. krček, u kterého nosné dřevo muselo být nejméně o 8 cm širší vodorovné dřevo.<sup>[2,5]</sup>

### **Zarážkové (zapuštěné) spoje**

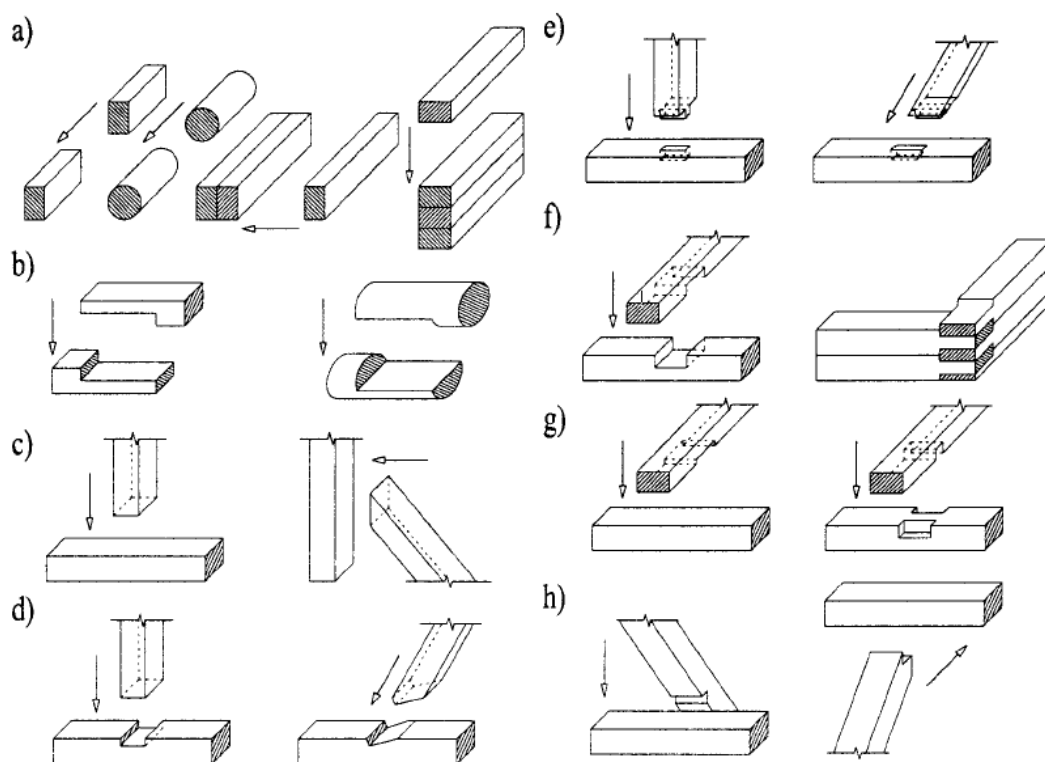
Nejjednodušší formu zarážky lze nalézt u sloupků zatlučených do země, které se používají při rovnání dřev do hrání. Dnes jsou zarážkové spoje v inženýrských stavbách řešením pro technicky náročné konstrukce. Rohové zarážky jsou konstruovány pouze pro jediný účel, a tím je fixace sloupků dveří ve dveřním prahu.<sup>[2,5]</sup>

### **Dráповé (sedlové) spoje**

Uplatnění sedlových spojů je široké, počínaje zadrápnutí krokvi, jež je označované také jako krokevní zásek, nebo krokevní vrub, až po patní nebo hlavové zámky vzpěr. Na základě své konstrukce se vyskytují drápy jen u napříč a zešikma připojených dřev.<sup>[2]</sup>

**Zadrápnutí do (sedláni)** – je zadrápnutí čelním zářezem v krokvi. Podle sklonu krokve se na její patě dvěma zářezy vytvoří pravoúhlý dráp, který přesně sedí na prahové vaznici. Spoj je o to stabilnější a zajištěn ve své poloze, čím větší tlak na prvek působí.<sup>[2,4]</sup>

**Obr. č. 1 Přehled základních tesařských spojů**



**a) sraz, b) plátování, c) lípnutí, d) zapuštění, e) čepování, f) přeplátování,  
g) kampování, h) osedlání**

*Zdroj: Kuklík, Petr. Dřevěné konstrukce 2005*

### **3.2.2 Spoje s mechanickými spojovacími prostředky**

Mechanické spojovací prostředky můžeme rozdělit podle přenosu sil ve spoji na spojovací prostředky kolíkového typu a spojovací prostředky povrchového typu.<sup>[15]</sup>

**Spojovací prostředky kolíkového typu** – jsou při přenosu sil většinou ohýbány a zatlačovány do dřeva. Únosnost spojovacích prostředků kolíkového typu namáhaných příčně je dána jejich ohybovou tuhostí a pevností dřeva či materiálů na bázi dřeva. Výpočtové vzorce únosnosti stříhu jednoho spojovacího kolíkového typu vycházejí z jednotlivých způsobů jejich porušení a jsou uvedeny v Eurokodu 5.<sup>[9,17]</sup>

Pravidla pro rozmístění spojovacích prostředků ve spojích jsou založena na dlouholetých zkušenostech a pro jednotlivé druhy spojovacích prostředků jsou uvedena v Eurokodu 5.<sup>[9,17]</sup>

### **Hřebíky a svorníky**

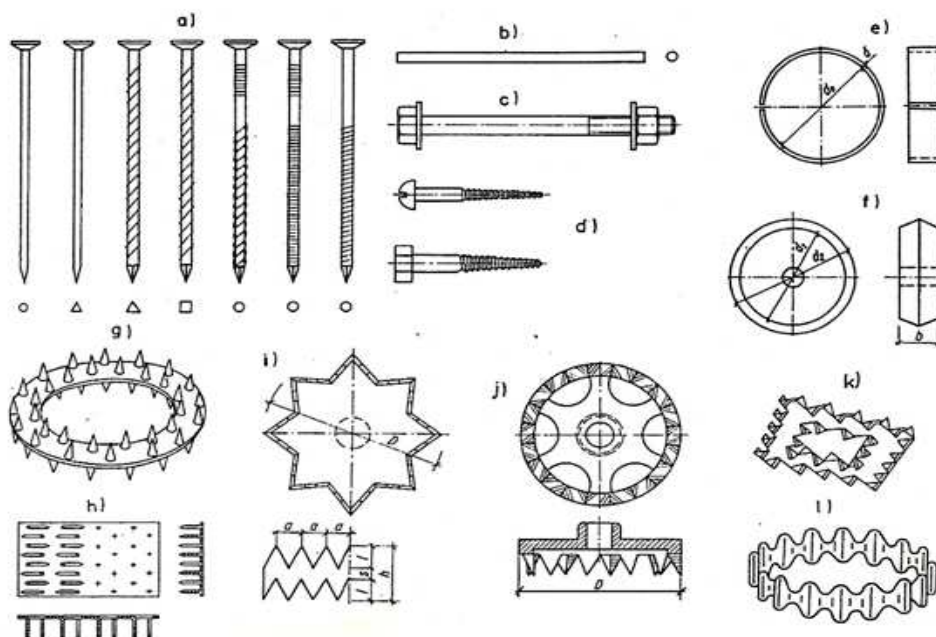
Hřebíky jsou nejpoužívanějším spojovacím prostředkem v dřevěných konstrukcích, jsou dostupné v různých délkách, průřezech a úpravách povrchu. Hlava hřebíku je zpravidla plochá a kruhová s průměrem odpovídající asi dvojnásobku průměru dřívku hřebíku, také lze používat namísto hřebíků kruhových, hřebíků se čtvercovým průřezem.<sup>[15]</sup>

Nosné působení hřebíků při namáhání jak kolmo k ose hřebíku, tak i ve směru dřívku je možné zlepšit úpravou povrchu. Možností je šroubovitě zkroucení hřebíků čtvercového průřezu. Tento proces nemění pouze povrch hřebíku, ale také zvyšuje mez kluzu oceli, ze které je vyroben. Dalšími možnostmi pro zlepšení vlastností hřebíků jsou galvanizace, leptání, povlak cementem nebo plasty.<sup>[5]</sup>

Hmoždíky jsou spojovací prostředky, které se vkládají nebo zatlačují do spár mezi dřevěnými prvky. Vždy se používají spolu se svorníky, které spojované prvky vzájemně spínají. Při navrhování těchto spojovacích prostředků je nejlepší vycházet z hodnot charakteristických únosností, které stanoví výrobce.<sup>[5]</sup>

Spoje s deskami s prolisovanými trny jsou vhodné pro náhradu klasických tesařských vazeb a sbíjených příhradových konstrukcí. V těchto konstrukcích je lépe využita pevnost dřeva a šetří se tím i dřevní hmota. Technologická výroba také minimalizuje ztrátu řeziva při výrobě. Oproti klasickým krovům a sbíjených konstrukcím se většinou používají fošny menší tloušťky.<sup>[5,7]</sup>

Obr. č. 2 Ocelové spojovací prostředky



a) hřebíky, b) kolíky, c) svorník, d) vruty e) hladký prstencový hmoždík, f) hmoždík Küblerův, g) hmoždík Geka, h) spona Gang – Nail, i) hmoždík Kozákův, j) hmoždík Greimův, k) hmoždík Bulldog, l) hmoždík Alligator

Zdroj: Mikeš Karel, Dřevěné konstrukce 2, 2012

### 3.2.3 Lepené spoje

Nejvíce se těmi to spoji ve dřevěných konstrukcích setkáváme u lepeného lamelové dřeva.<sup>[15]</sup>

Lepené lamelové dřevo se lepí z prken či fošen tloušťky maximálně 45 mm, různé délky. Typickým prvkem pro lepené lamelové dřevo je zubovitý spoj jednotlivých kusů řeziva, pomocí kterého se vytváří nekonečná lamela.<sup>[15,11]</sup>



## 4 Rozdělení střešních konstrukcí

Střecha je definována jako konstrukce nad posledním podlažím objektu. Skládá se z nosné střešní konstrukce a ze střešního pláště. Nosnou střešní konstrukcí se rozumí část střechy, přenášející zatížení od střešního pláště vody, sněhu, větru apod. do ostatních nosných částí objektu a může plnit i funkci nosné vrstvy střešního pláště.<sup>[10,12]</sup>

### 4.1 Rozdělení střech podle tvaru

**Sedlová** střecha patří mezi nejčastější tvary střech. Jsou pro ni typické dvě střešní roviny s přímočarým hřebenem a dvěma štíty. Tento typ střechy se dá použít pro všechny možné střešní krytiny. V případě protnutí dvou střech sedlových o stejné výšce hřebene vzniká střecha křížová, popř. polokřížová.<sup>[12]</sup>

**Valbové** střechy jsou vhodné pro všechny typy střešních krytin. Po obvodu jsou všechny střešní roviny skloněny ke čtyřem stranám budovy. Tvar střechy je jednoduchý, přesto se dá říci, že je zajímavější než střecha sedlová.<sup>[12]</sup>

**Polovalbová** střecha má tvar sedlové střechy, s tím rozdílem, že má sražený špičky na štítech. Jednoduchý tvar konstrukce umožňuje snadné proudění vzduchu v konstrukci pomocí štítových oken. Sražený špičky štítu částečně chrání štít před klimatickými vlivy.<sup>[12]</sup>

**Pultová** střecha bývá často označována za plochou, ale výrazný rozdíl je, že pultová střecha má nakloněnou rovinu a plochá ji má vodorovnou. Na rozdíl od ploché střechy je slaběji dimenzována na zatížení a odvod vody. V současnosti pultová konstrukce střechy našla uplatnění u nízkoenergetických či ekologických staveb. Kde je důležité, aby plocha střechy byla na návětrné straně a zvýšená čelní plocha s okny na straně ke slunci. Minimální sklon by měl být 15°. <sup>[12]</sup>

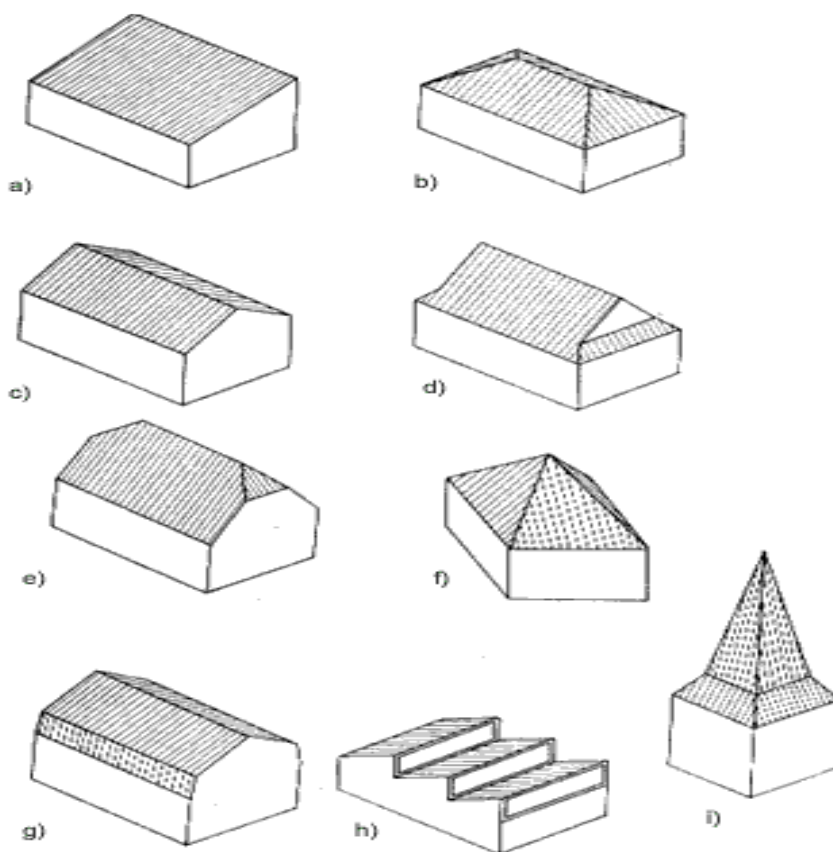
**Mansardové** střechy jsou podobné sedlových střechám. Každá polovina mansardové střechy mezi hřebenem a okapem se skládá ze dvou střešních rovin s různým sklonem. Spodní část střešní krytiny má obvykle větší sklon, než horní část. Mansardovu střechu můžeme ukončit valbou nebo polovalbou, při použití poloviny střechy lze vytvořit druh střechy pultové. Nejen z vizuálního důvodu, ale také z tepelně-izolačních důvodů ochrany poslední stěny podlaží. Stanová střecha je tvořena ze čtyř střešních rovin, které se sbíhají

do jednoho bodu. Jde téměř o konstrukci valbovou bez hřebene. Roviny střecha mají stejný sklon čtvercového půdorysu.<sup>[12]</sup>

**Pilová** střecha je řada několik střech sedlových o různém sklonu, které na sebe navazují okapy. Nebo střech pultových, které staví za sebe a vytvářejí tvar „pily“. Tato konstrukce se používá často při výstavbě průmyslových hal.<sup>[12]</sup>

**Věžová** střecha může mít n-hrané půdorysy střechy. Značí se tím, že její výška převyšuje nad půdorysnými rozměry stavby.<sup>[12]</sup>

**Obr. 3 Rozdělení střech dle tvaru**



**a) pulotvá, b) valbová, c) sedlová, d,e) polovalbová, f)stanová,**

**g) mansadrová, h) pilová, i) věžová**

*Zdroj: Müller Pavel, Tesařství tradice z pohledu dneška, 1996*

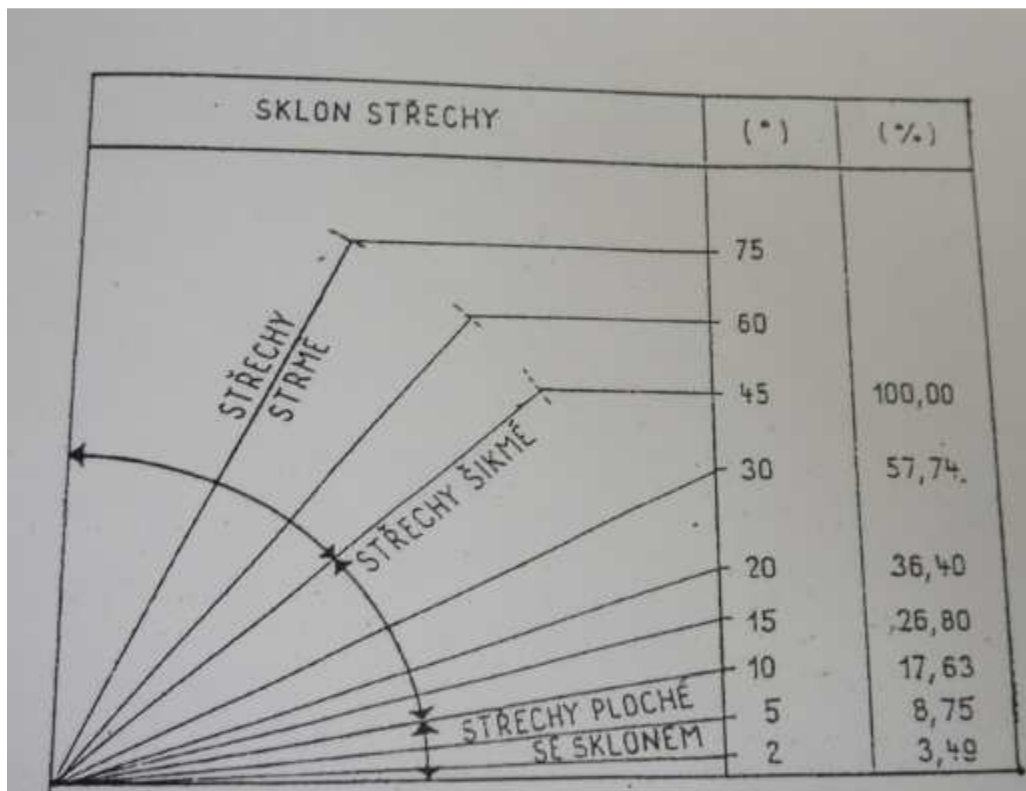
## 4.2 Rozdělení střech podle sklonu

Pod pojmem střecha rozumíme část stavebního objektu, který ho ze shora uzavírá a spolu s obvodovými stěnami dotváří vnitřní prostředí, jež rovněž chrání před klimatickými účinky. Vlastní konstrukci střechy vytváří nosná konstrukce a střešní plášť. Sklon střešních ploch řídí se druhem krytiny, také však architektonickým řešením.<sup>[10,12]</sup>

Základní rozdělení střech uvedeme pomocí sklonu střešních rovin, Podle normy ČSN 73 1901 dělíme střechy na skupiny:<sup>[10,12]</sup>

- **ploché střechy** – mají sklon v rozmezí  $0^\circ$  až  $10^\circ$
- **šikmé střechy** – mají sklon střešní roviny  $10^\circ$  až  $45^\circ$
- **strmé střechy** – mají sklon střešní roviny větší než  $45^\circ$

Obr. 4 Rozdělení podle sklonu střechy



Zdroj: Müller Pavel, Tesařství tradice z pohledu dneška, 1996

## 5 Typologie a názvosloví krovů

Konstrukce krovů prošla historickým vývojem. Volba krovové soustavy závisí především na dispozici a množství vnitřních nosných stěn a na sklonu střechy. Se změnou způsobu užívání půdních prostorů ve druhé polovině 20. století se změnila i konstrukce krovů. U současných krovů se zpravidla vyžaduje maximální využití půdního prostoru pro obytné či jiné účely a z tohoto důvodu je použití klasických soustav nepřijatelné (plné vazby, vazné trámy, vzpěry apod.).

Třídění krovů není z hlediska rozmanitosti soustav a historického vývoje jednoznačné, zjednodušeně lze rozdělit:<sup>[11,12]</sup>

- 1) Krovy soustavy vlašské
- 2) Krovy soustavy krokevní
- 3) Krovy soustavy hambalkové
- 4) Krovy soustavy vaznicové
- 5) Krovy soustavy Ardantovy

### 5.1 Krovy soustavy vlašské

Vazník je příčná nosná konstrukce, které nesou střešní krytinu přímo nebo prostřednictvím vodorovných nosníků, tzv. vlašských krokví. Nosné vazby krovů byly často konstruovány jako příhradové vazníky.<sup>[11]</sup>

Krov se skládá z plných vazeb (vazníků), jež se kladou do vzdálenosti 4-5 m. Plné vazby jsou jednoduchá nebo složitá věšadla. Jednoduché věšadlo se skládá z vazního trámu, dvou vzpěr a věšáku (nebo železné táhla). Vzpěry u soustavy vlašské jsou namáhány na pevnost složenou, na tlak a průhyb, poněvadž jsou zatíženy krokvemi, které nesou bednění s krytinou.<sup>[10]</sup>

Krovy soustavy vlašské vynikají jednoduchostí konstrukce a lze jich s výhodou použít pro střechy jednoduchého tvaru a půdorysu a pro velké rozpětí.<sup>[10]</sup>

## 5.2 Krovky krokové soustavy

Krokve nesou střešní plášť, krytinu s bedněním nebo laťováním a izolačními vrstvami, popřípadě podhled a nahodilá zatížení. Krokové soustavu krovu dělíme na soustavu s vrcholovou vaznicí nebo s více vaznicemi.<sup>[16]</sup>

### 5.2.1 Prostá kroková soustava

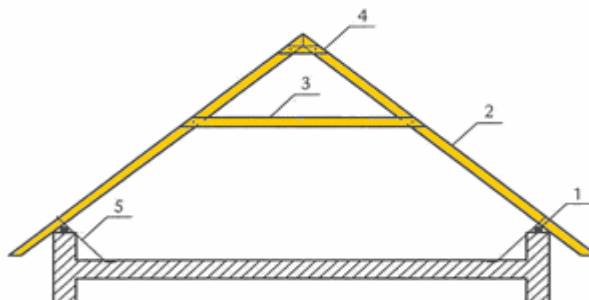
Prostou krokovou soustavu tvoří pouze pár krokví, které jsou připojené k vazným trámům a navzájem spojené ve hřebenu. Krokve v minulosti se zapouštěly nebo čepovaly do vazných trámů, ale v dnešní době se nejčastěji provádí osedlání na kotvenou pozednici. Výpočetním modelem je tříkloubová soustava.<sup>[11]</sup>

### 5.2.2 Hambalková soustava

Prosté hambalkové soustavy jsou charakteristické pro období středověku a u jednoduchých staveb se vyskytují v průběhu všech období. Konstrukce nejstarších krovů byly bez jakéhokoliv podélného ztužení, dodatečně podélné ztužení zajišťovaly latě.<sup>[16,12]</sup>

Každá dvojice krokví je přibližně až ve dvou třetinách výšky krovu vyztužena vodorovnou vzpěrou (hambalkem). Hambalek je krokvím připojen pomocí tesařských spojů, začepováním nebo přeplátováním a spoj je zajištěn nejčastěji kolíkem. Jednoduché krovky na menší rozpětí nemívají vazné trámy. Krovky novostaveb mají charakter tzv. novodobých hambalkových soustav, který vidíme na obrázku č. 9.<sup>[11,16]</sup>

**Obr. č. 5 Názvosloví novodobé hambalkové soustavy**



- 1) pozednice, 2) krokev, 3) hambalek, 4) příložka, 5) táhlo

Zdroj: Kuklík Petr, *Dřevěné konstrukce 2005*

U hambalkových krovů s vaznými trámy se v kombinaci s hambalky vyskytují vzpěry krokví nebo sloupky. V současné době se klasické hambalkové krovové soustavy používají již minimálně (rekonstrukce historických objektů apod.).<sup>[11]</sup>

### **5.3 Krokve vaznicových soustav**

Vaznicová soustava je pojmenována podle vodorovně kladených vaznic, jimiž jsou krokve ve vzdálenosti 3,5 – 4,5 m podepřeny. Dvojice krokví ležící proti sobě se spojuje ve hřebeni nárožním čepem nebo u slabších krokví přeplátováním. Vaznicové konstrukce mají menší spotřebu dřeva než krovy hambalkové.<sup>[10,11]</sup>

#### **Plná vazba**

Plná vazba se vyskytuje nejen v části nesené neboli podporované, jako krokve a vaznice, ale i trámy nesoucí, jako sloupy, vzpěry, pásy, kleštiny a vazní trámy. U plných vazeb by se mělo dodržovat pravidlo, aby konstrukční trámy mezi sebou tvořily samé trojúhelníky, to má za následek, že konstrukce je tuhá a staticky určitá.<sup>[10]</sup>

#### **Prázdňá vazba (jalová)**

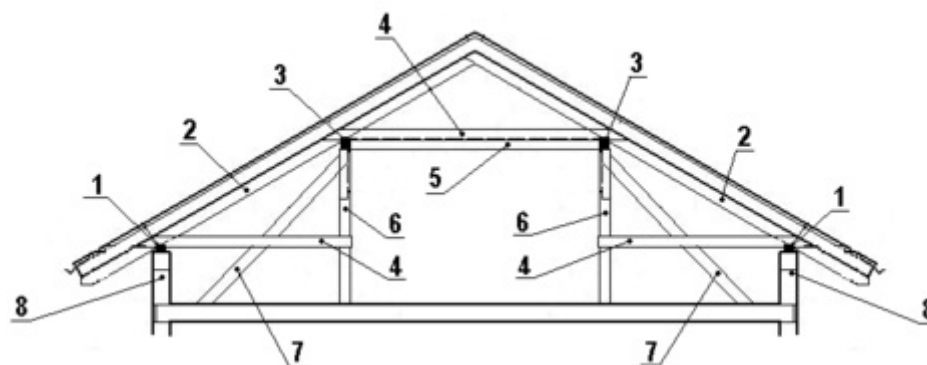
V prázdňé vazbě se nacházejí jen trámy podporované jako krokve, vaznice, a někdy také kleštiny nebo hambalky.<sup>[10]</sup>

#### **5.3.1 Stojatá stolice**

Krokve jsou podporovány hřebenovou a dvěma okapovými vaznicemi. Spojení krokví v hřebeni se střídá tak, aby na jedné krokvi byl čep a na druhé dlab neboli střídá se pravá strana s levou. Krokve se na vaznici osedlají a ukotvují nárožními hřebíky.<sup>[10]</sup>

Postupně docházelo ke snižování sklonů až na 40°, což znamenalo zvýšené ohybové namáhání ležatých stolic, pásy pro nízké sklony jsou tažené a dochází k deformacím stolic k nárůstu vodorovných sil, a proto vznikají krovy se svislými anebo šikmými sloupky. Sloupky jsou u stojaté stolice namáhány pouze na tlak.<sup>[11]</sup>

**Obr. č. 6** Názvosloví stojaté stolice



- 1) Pozednice, 2) krokev, 3) vaznice, 4) kleština, 5) hambalek, 6) sloupek, 7) vzpěra, 8) podeznívka

*Zdroj: Kuklík Petr, Dřevěné konstrukce 2005*

**Obr. č. 7** Ukázka stojaté stolice



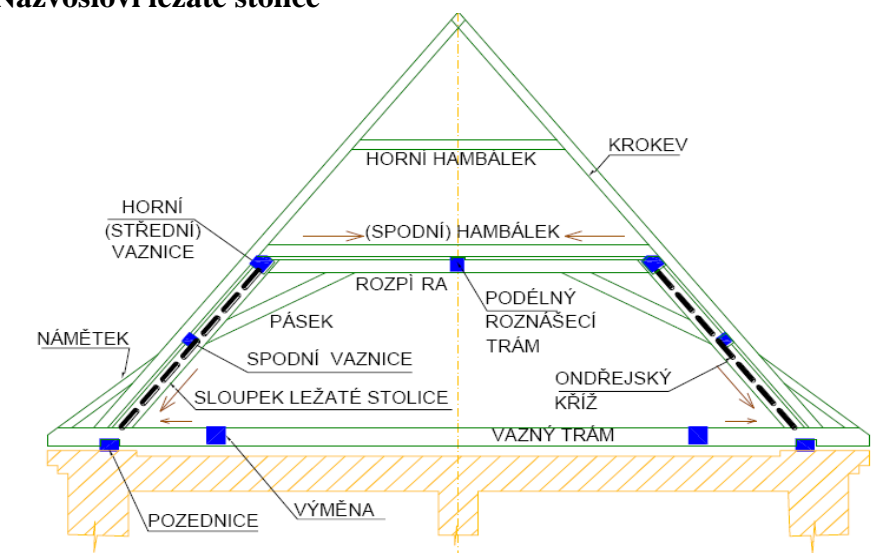
*Zdroj: Kuklík Petr, Dřevěné konstrukce 2005*



### 5.3.2 Ležatá stolice

Tyto konstrukce se stavěly od 15 do 19. století a u nás pro krovy stavěné mezi 16 – 18. stoletím. Důležité je podélné ztužení krovu, které zajišťuje střední vaznice spolu s vaznicemi mezilehlými. Ležatá stolice se někdy nazývá také jako stolice se vzpěradlem.<sup>[10,11]</sup>

Obr. č. 8 Názvosloví ležaté stolice



Zdroj: Kuklík Petr, *Dřevěné konstrukce* 2005

Obr. č. 9 Ukázka ležaté stolice



Zdroj: Kuklík Petr, *Dřevěné konstrukce* 2005



Soustava je nejefektivnější, když je sklon vzpěr stolice 50 – 60°. Proto se při menších sklonech střech posune vzpěra dovnitř. Krovky s ležatou stolicí jsou zpravidla velmi tuhé a působí díky podélnému zavětrování prostorově.<sup>[11]</sup>

#### 5.4 Krovky soustavy Ardantovy

Jsou to konstrukce navrženy bez vazních trámů. Plné vazby sestavují se z jednotlivých trámů tak, aby mezi sebou vznikly jen trojúhelníkové vazby, které se ve styčných bodech zajistí svorníky.<sup>[11]</sup>

Ardantův krov se skládá z plných vazeb (vazníků) 4-5 m od sebe vzdálených a z krokví rovnoběžně kladených s okapem a do vazníků zakampaných. Plné vazby jsou zavětrovány ondřejskými kříži.<sup>[11]</sup>

Tato konstrukce se používá pro lehké krytiny, buď lepenková, plechová nebo také břidlicová. Navrhují se pro budovy, které vyžadují velkou volnou výšku, jako nádražní loubí, výstavní budovy, velké skladiště, hangáry.<sup>[11,10]</sup>

#### 5.5 Přehled pojmů prvků v krovových soustavách

- |                 |   |
|-----------------|---|
| <b>bačkora</b>  | zkrácený vazní trám, který prostřednictvím šikmých sloupků přenáší zatížení krovu do podpory  |
| <b>hambalek</b> | dřevěný vodorovný prvek mezi krokvemi s výztužnou funkcí. Mezi krokve je hambalek nutné uložit v takové výšce, abychom pod ním mohli projít             |
| <b>kleština</b> | dřevěný vodorovný prvek zajišťující příčné ztužení krovu vaznicové soustavy, svazuje krokev, vzpěru, sloupek a zachycuje vodorovné složky sil od krokví |
| <b>koza</b>     | podpůrná konstrukce hambalku  |
| <b>krátče</b>   | krátký trámek hambalkové soustavy podepřený na jedné straně pozednicí a na druhé začepovaný do výměny osazené mezi dva vazní trámy plných vazeb         |

<b>krokev</b>	šikmo uložený trám ve směru spádu v konstrukci krovu přenášející zatížení střech; uložen na pozednici a vaznicích (jsou-li v soustavě)
<b>krov</b>	nosná konstrukce střechy
<b>námětek</b>	krátký trám přikládáný šikmo seříznutou plochou ke krokvi v blízkosti okapu
<b>ondřejský kříž</b>	ztužující prvek ve tvaru písmene X, který slouží v krovových soustavách k podélnému ztužení krovu; kříže se umísťovali do střešní roviny, byly pnuty mezi dvěma plnými vazbami
<b>pásek</b>	krátké dřevěné prvky začepované do sloupků a vaznic zajišťující podélné ztužení krovu; zkracují volnou délku vaznic a ztužují spojení sloupků a vaznic
<b>pozednice</b>	dřevěný vodorovný trám, ukládaný větší plochou na půdní nadezdívku, do něhož je uložena osedláním spodní část krokve. Pozednice je v podstatě druh vaznice. Je nutné, aby byla pevně ukotvena do věnce
<b>sloupek</b>	svislý dřevěný hranol čtvercového průřezu, podpírající vaznici a přenášející zatížení z příslušné části krovu do vazního trámu
<b>vaznic</b>	dřevěný vodorovný trám podepírající střední, případně horní část krokve. Vaznice je podepřena sloupky a pásky, ale také vaznice může být umístěna buď v hřebeni střechy (hřebenová), při okapu (okapová) nebo přibližně ve 2/3 výšky krovu (středová)
<b>vazní trám</b>	trám přenášející zatížení krovu prostřednictvím sloupků a vzpěr do nosného zdiva. Je namáhán na ohyb, proto se navrhuje cca 80 mm nad podlahou podkrovního prostoru
<b>výměna</b>	vodorovný trámek, tvořící podporu zkrácené krokve nebo stropnice
<b>vzpěra</b>	šikmý trám krovu, ztužující konstrukci trojúhelníkovým spojením vazního trámu a sloupku <sup>[12]</sup>

## 6 Požadavky střešních nosných konstrukcí

Dřevěná konstrukce má být navržena a realizována takovým způsobem, aby byla schopna užívání k požadovaným účelům, a to v důsledku předpokládatelné době životnosti a pořizovacích nákladů. Konstrukce by měla být dostatečně tuhá, polohově stabilní a únosná. Kvůli zajištění odolnosti dřevěné konstrukce proti poškození ohněm, hnilobou či dřevokaznými houbami je důležité brát zřetel také proti tímto činitelům.<sup>[6]</sup>

Spolehlivost dřevěných konstrukcí se prokazuje statickými výpočty. Pro posouzení spolehlivosti konstrukce se v jednotlivých státech používají jiné výpočtové postupy, které jsou dány národními normami (předpisy).<sup>[6,8,13]</sup>

První metodou v navrhování bylo zkušenostní navrhování. Poté se pro statické výpočty používala metoda dovolených namáhání, ale v současnosti tuto techniku nahradila metoda mezních stavů. Zásadní rozdíl mezi těmito dvěma metodami spočívá v tom, že metoda dovolených namáhání byla založena na dlouholetých zkušenostech při navrhování dřevěných konstrukcí pomocí empirických vzorců. Zatímco metoda mezních stavů je založena na principech matematické statistiky.<sup>[6,7]</sup>

Pro navrhování se u nás používaly tyto normy:

ČSN 1052 1929	<i>Předpisy pro dřevěné konstrukce pozemního stavitelství</i>
ČSN 1052 1941	<i>Předpisy pro dřevěné konstrukce</i>
ČSN 73 2050 1950	<i>Projektování dřevěných konstrukcí</i>
ČSN 73 1701 1969	<i>Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí</i>
ČSN 73 1701 1983	<i>Navrhování stavebních konstrukcí (revize předcházející normy)</i>

Norma ČSN 1052 zkušenostního navrhování byla norma empirických vzorců, které obsahovaly údaje o navrhování krovů, stropů a jiné dřevěné konstrukce. Norma ČSN 73 2050 uváděla postupy pro navrhování dřevěných konstrukcí podle metody dovolených namáhání. Norma ČSN 73 1701 je potom již normou pro navrhování dřevěných konstrukcí podle mezních stavů.<sup>[5,8]</sup>

V současnosti navrhováním dřevěných konstrukcí se zabývá Eurokód 5, který navazuje na příslušné evropské. Myšlenka vytvořit soubor evropských norem pro navrhování stavebních konstrukcí z různých materiálů je výsledkem dohody několika mezinárodních nevládních organizací působících ve výstavbě. Cílem programu bylo odstranění technických překážek obchodu a harmonizace technických specifikací. V rámci tohoto akčního programu převzala Komise iniciativu k vytvoření souboru harmonizovaných technických pravidel pro navrhování stavebních konstrukcí, které by měly zpočátku sloužit jako alternativa k národním pravidlům, platným v členských státech, a nakonec je nahradit.<sup>[9]</sup>

V Evropském výboru pro normalizaci (CEN) jsou zastoupeny kromě států EU také státy Evropského sdružení volného obchodu (ESVO) a další evropské země. Česká republika se stala v listopadu 1991 přidruženým a v dubnu 1997 plnoprávným členem CEN s hlasovacím právem. Evropská normalizace ve stavebnictví je řízená po technické stránce Technickou radou (Technical Board – BT) CEN v Bruselu. V roce 1989 rozhodla Komise a členské státy na základě dohody s Evropským výborem pro normalizaci (CEN), kterou schválil Stálý výbor pro stavebnictví (SCC), převést prostřednictvím mandátu vypracovávání a zveřejňování Eurokódů na CEN, aby mohly mít v budoucnu status evropských norem. Vzhledem ke složitosti problematiky Eurokódů vydal CEN v letech 1992 až 1998 nejdříve soubor 62 předběžných norem (ENV), z nichž byla většina zavedena také v ČR jako tzv. předběžné Eurokódy (ČSN P ENV).<sup>[5,8]</sup>

Česká republika převzala a zavedla Eurokódy (stalo se tak v březnu roku 2009). Od 1. 4. 2010 se počítá s plným funkčním zavedením EN Eurokódů ve všech členských zemích CEN. Uvedené datum bylo rovněž zvoleno jako nejzazší termín pro zrušení všech tzv. konfliktních národních norem členských zemí.<sup>[8]</sup>

## 6.1 Zkušenostní navrhování pomocí empirických vzorců

Tab. č. 3. Empirické vztahy pro výpočet velikosti profilových nosných prvků vaznicové soustavy krovu

Nosný prvek	rozměr (m)	krytina		
		Těžká	středně těžká	lehká
vazní trám	výška	$(2a / 300) + 0,18$	$(2a / 300) + 0,17$	$(2a / 300) + 0,16$
	šířka	$(3/4 \text{ až } 5/7) h$		
vaznice	výška	$(c.a / 100) + 0,03$	$(c.a / 100) + 0,02$	$(c.a / 100) + 0,01$
	šířka	$(3/4 \text{ až } 4/5) h$		
krokve	výška	$3.c / 100 + 0,04$	$(3.c / 100) + 0,03$	$(3.c / 100) + 0,02$
	šířka	$4/5 h$		
kleština	výška	$(c / 100) + 0,15$	$(c / 100) + 0,14$	$(c / 100) + 0,12$
	šířka	$0,02 / h$		
sloupek	strana	$(a / 100) + 0,14$	$(a / 100) + 0,12$	$(a / 100) + 0,10$

Zdroj: Müller Pavel, Tesařství tradice z pohledu dneška, 1996

**$h$  - výška profilu trámce v cm;  $b$  - šířka profilu trámce v cm;  $a$  - jest volná délka v metrech, tj. volná délka trámce od podpory k podpoře;  $c$  - délka krokví mezi jednotlivými vaznicemi;  $d$  - vzdálenost plných vazeb v metrech**

Historické navrhování dřevěných konstrukcí probíhalo pouze na základě znalostí zkušených stavitelů a jejich použití znalostí v praxi. Důvodem byla neznalost statistických výpočtů dřevěných konstrukcí. Během let, ale své odhady dovedli skoro k dokonalosti, a tak vznikly přibližné odhady výpočtů pomocí empirických vzorců. <sup>[16]</sup>

Navrhování empirickou metody není úplně přesné, ale pro tehdejší konstrukce vyhovovalo. S rozvojem věd ve stavebnictví a výzkumných ústavů, vedlo k získání lepších statistických výpočtů a navrhování konstrukcí. <sup>[16]</sup>

## 6.2 Mezní stavy dřevěných konstrukcí

Za mezní stavy jsou považovány takové stavy, po jejichž překročení již konstrukce nespĺňuje návrhové podmínky spolehlivosti. Metoda mezních stavů je tvořena na principu matematické statistiky a v návrhových postupech se projevuje diferenciací faktorů, které ovlivňují spolehlivost dřevěné konstrukce.<sup>[8]</sup>

### 6.2.1 Mezní stav únosnosti

Mezní stavy únosnosti se vztahují ke zřícení nebo k jiným způsobům poškození konstrukce, které mohou ohrozit bezpečnost lidí.<sup>[7]</sup>

Při posuzování mezních stavů únosnosti se na základě příslušných podmínek spolehlivosti ověřuje, že nenastanou následující situace:<sup>[8]</sup>

- 1) ztráta polohy konstrukce či některé její části (nadzdvížením, posunutím, překlopením)
- 2) poškození materiálu následkem nadměrných deformací
- 3) porušením spojů následkem nadměrných deformací
- 4) zlom, vybočení tlačných prvků, klopení ohýbaných prvků

Jestliže se uvažuje mezní stav statické rovnováhy nebo celkového přemístění nebo přetvoření konstrukce, musí se ověřit, že platí:

$$E_{d, dst} \leq E_{d, stb}$$

kde  $E_{d, dst}$  a  $E_{d, stb}$  jsou návrhové účinky destabilizující a stabilizující zatížení.<sup>[6]</sup>

Při uvažování mezního stavu porušení nebo nadměrného přetvoření průřezu, prvku nebo spoje se musí ověřit, že platí:

$$S_d \leq R_d$$

kde  $S_d$  je návrhová hodnota vnitřní síly nebo momentu a  $R_d$  odpovídající návrhová hodnota.<sup>[6]</sup>

## 6.2.2 Mezní stav použitelnosti

Mezní stavy použitelnosti se rovnají stavům, kdy při jejich překročení již nejsou splněny stanovené podmínky použitelnosti konstrukce. Při posuzování těchto mezních stavů se ověřuje:<sup>[6]</sup>

- 1) přetvoření konstrukce, které ovlivňují používání konstrukce. Průhyby způsobující poškození povrchovým úprav nebo nenosných prvků, které ovlivňují vzhled konstrukce
- 2) kmitání konstrukce z pohledu možného poškození objektu nebo technického zařízení, popřípadě omezení funkčnosti objektu.

$$E_d \leq C_d$$

kde  $C_d$  je nominální hodnota nebo funkce určitých návrhových hodnot vlastností materiálů uvažovaná ve vztahu k návrhovým hodnotám účinku zatížení.<sup>[6]</sup>

$E_d$  – návrhová hodnota účinku zatížení.

## 6.2.3 Zatížení dřevěných konstrukcí

Zatížení (F) je na konstrukci zaváděno jako účinek síly působící na konstrukci nebo jako účinek vynuceného přetvoření, např. vlhkostní a teplotní změny, vlivy sedání.

Podle proměny v čase rozlišujeme zatížení:<sup>[8]</sup>

- stálá (G), například vlastní tíha konstrukce, tíha vybavení, příslušenství a ostatních zařízení
- nahodilá (Q), která se rozdělují:
  - o – dlouhodobá zatížení (skladovací)
  - o – střednědobá zatížení (užitná)
  - o – krátkodobá zatížení (sníh, vítr)
  - o – okamžitá zatížení

- – mimořádná zatížení (nárazy vozidel)

Podle proměny v prostoru je třeba rozlišovat zatížení:

- pevná, u kterých lze zanedbat změnu polohy a intenzity
- volná, která mohou působit v různých sestavách, mohou měnit svou polohu a intenzitu (zatížení větrem, zatížení sněhem)<sup>[8]</sup>

### **6.3 Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5**

V souvislosti se vstupem České Republiky do evropské unie jsou tradiční normy ČSN nahrazeny soustavou normativních dokumentů, které jsou známy pod názvem Eurokódy (EC). Navrhování dřevěných konstrukcí se zabývá Eurokód 5, který navazuje na příslušné evropské normy pro dřevo materiály na bázi dřeva, spojovací prostředky atd. Zabývá se pouze požadavky na únosnost, použitelnost a trvanlivost konstrukcí. Ostatní požadavky např. požadavky na tepelnou nebo zvukovou izolaci, nezohledňuje.<sup>[8]</sup>

Dále je rozdělen na jednotlivé části:<sup>[9]</sup>

- ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1.1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby;
- ČSN EN 1995-1-2 Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1.2: Obecná pravidla – Navrhování na účinky požáru;
- ČSN EN 1995-2 Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 2: Mosty.

#### **6.3.1 Zásady pro navrhování**

Před začátek výpočtů je nutné analyzovat konstrukci a zvolit vhodný návrhový model. Model musí být dostatečně přesný z důvodu informovanosti o chování daného návrhu.

Celkové chování konstrukce se má stanovit výpočtem účinku zatížení při použití lineárního modelu materiálu. Model pro výpočet vnitřních sil v konstrukci nebo její části musí vzít v úvahu účinky deformací spojů. Únosnost spojovacích prostředků se musí hodnotit s uvažováním sil a momentů mezi prvky stanovených z celkové analýzy konstrukce. Analýza



spoje musí vzít v úvahu chování veškerých prvků, které tvoří spoj a deformace slučitelné s deformací předpokládanou v celkovém modelu.<sup>[9]</sup>

Dřevěná konstrukce musí být navržena a provedena takovým způsobem:<sup>[5]</sup>

- aby byla s přijatelnou pravděpodobností schopna užívat k požadovanému účelu, a to se zřetelem k předpokládané životnosti a pořizovacím nákladům
- 
- aby s odpovídajícími stupni spolehlivosti odolala všem zatížením a vlivům, jejichž výskyt lze během provádění a užívání očekávat, a měla přiměřenou trvanlivost ve vztahu nákladům na udržování

V tomto odstavci se seznámíme se základními pojmy pro zatížení a pro navrhování dřevěných konstrukcí.<sup>[9]</sup>

### **Zatížení**

Na dřevěné konstrukce významně působí zatížení a klimatické vlivy okolního prostředí, které ovlivňují jejich vlastnosti. Účinky těchto zatížení stanovují příslušné části evropské normy EN 1991

Součinitel spolehlivosti se uvažuje následovně:

$$\gamma = 1,35 \quad \text{pro stálá zatížení}$$

$$\gamma = 1,50 \quad \text{pro nahodilá zatížení}$$

Norma zavádí i jiné hodnoty součinitelů spolehlivosti, ale s těmi se v oboru dřevěných konstrukcí setkáváme pouze nahodile.<sup>[9]</sup>

Kombinace zatížení má v nejjednodušším případě tvar:

$$\Sigma \gamma g_j * G_{kj} + \gamma Q_1 Q_{k1} + \Sigma \gamma Q_i * \Psi_{01} * Q_{ki}$$

kde:  $\Psi_{01}$  kombinační součinitel

$Q_{k1}$  dominantní nahodilé zatížení

$Q_{ki}$  ostatní nahodilá zatížení

## Zatížení sněhem

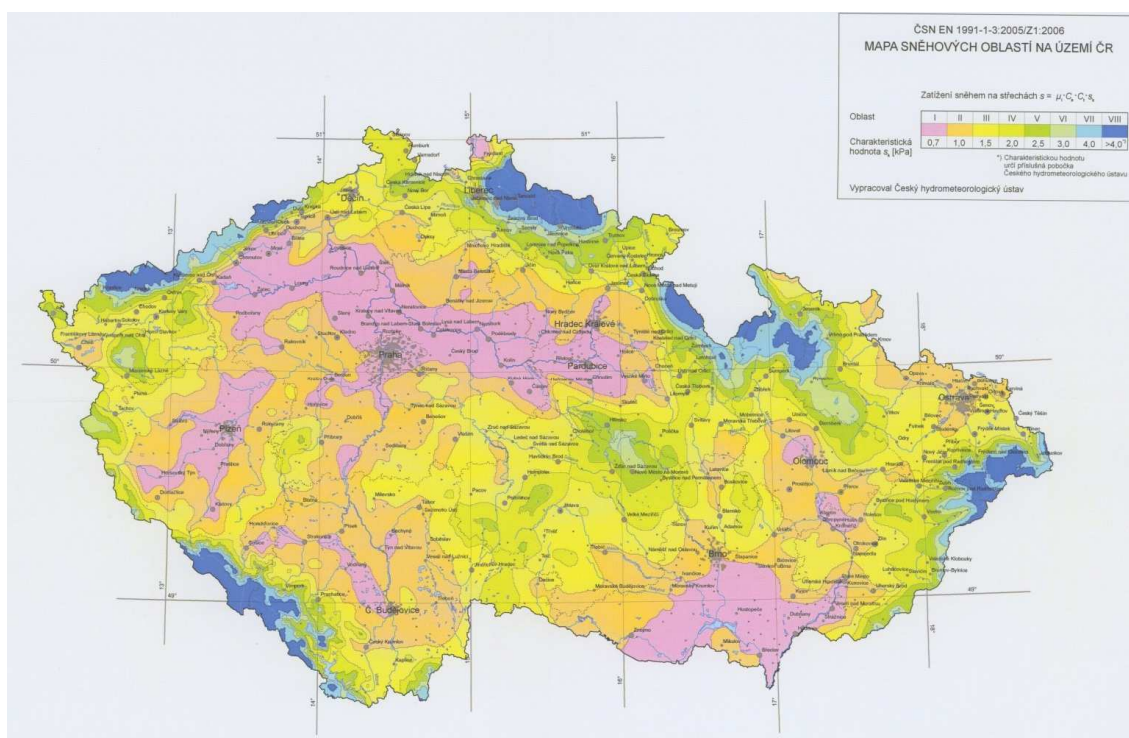
Uvažují se dvě kombinace zatížení a to sice při napadnutí sněhu za bezvětří a za větru, kdy se na střeše tvoří návěje. Charakteristická hodnota zatížení sněhem na střeše se určí jako:<sup>[9]</sup>

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k$$

kde:

- $\mu_i$  tvarový součinitel
- $C_e$  součinitel expozice, obvykle se uvažuje hodnota 1,00
- $C_t$  součinitel tepla, obvykle má hodnotu 1,00
- $S_k$  charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi, určí se ze sněhové mapy

**Obr. č. 10** Mapa sněhových oblastí na území na ČR



Zdroj: [http://www.snihnastrese.cz/new\\_window\\_img.php?src=img/mapa-snehove-oblasti-cr-velka-nova.jpg](http://www.snihnastrese.cz/new_window_img.php?src=img/mapa-snehove-oblasti-cr-velka-nova.jpg)



## Návrh dřevěných konstrukcí

Rozlišují se třídy pevnosti řeziva C a D. Třída C 14 – 50 je určena pro topol a jehličnaté dřeviny, třída D 30 – 70 pro listnaté dřeviny. Dvojcísle za písmeny udává charakteristickou pevnost v ohybu v MPA. Musí se ověřit mezní stav únosnosti. Tento stav se vypočítá jako:  
[9]

$$\sigma \leq \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_m}$$

kde	$\sigma$	skutečná hodnota napětí prvku
	$f_k$	charakteristická hodnota pevnosti
	$k_{mod}$	modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti
	$\gamma_M$	součinitel spolehlivosti materiálu; rostlé dřevo 1,3; lepené lamelové dřevo 1,25

V mezním stavu použitelnosti se ověřuje průhyb prvku. Uvažují se průhyby okamžité ( $u_{inst}$ ) a konečné ( $u_{net,fin}$ ).<sup>[9]</sup>

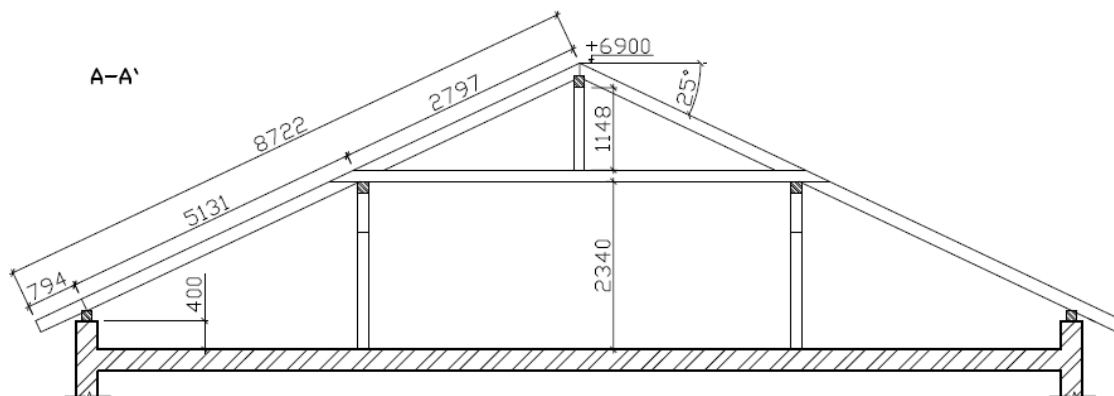
kde:	$u_0$	nadvýšení (pokud se použije)
	$u_{1,inst}$	průhyb od stálého zatížení
	$u_{2,inst}$	průhyb od dominantního nahodilého zatížení
	$u_{net,fin} = u_{inst} * (1 + k_{1,def}) + (1 + \Psi_{2,1} * k_{2,def})$	

kde:	$k_{1,def}$	součinitel dotvarování
	$\Psi_{2,1}$	součinitel kombinace pro proměnná zatížení

Zde uvádíme pouze základní rozdělení. Bližší početní postupy najdeme v příslušných normách.<sup>[9]</sup>



Obr. č. 13 Řez A-A



### 7.1 Navržené prvky podle mezních stavů podle Eurokódu

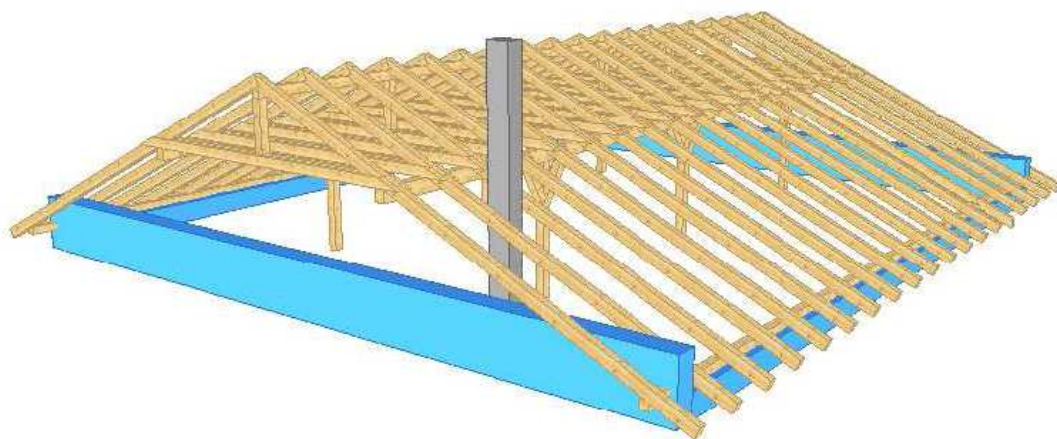
Výpočet byl vytvořen podle evropské normy ČSN 1995-1-1, který provedl projektant ing. Robert Flandera. Pro výpočet byl použit postup popsáný v příslušném Eurokódu pro zatížení sněhem a větrem. Dle navrhované skladby bylo spočítáno zatížení vlastní tíhou. Dále byly jednotlivé prvky posouzeny na příslušné namáhání případně kombinaci namáhání. A také byl posouzen limitní průhyb jednotlivých prvků. Jako stavební materiál bylo využito jehličnaté dřevo smrku třídy pevnosti C22. Konstrukce se nachází ve sněhové oblasti třídy II. dle normy ČSN EN 1991-1-3/Z1. Kategorie drsnosti terénu zařazuje konstrukci dle ČSN EN 1991-1-4 do III. třídy zatížení. U konstrukce krovu je počítáno se zatížením prvků půdní vestavby. Statické výpočty zatížení dřevěné konstrukce dle Eurokódu zde nejsou uvedené z důvodu porovnávání pouze hlavních prvků krovu.

**Tab. č. 4. Hodnoty hlavních prvků krovu dle Eurokódu 5**

prvek	dimenze (h/b mm)
krokev	180/120
střední vaznice	220/160
sloupek	140/140
kleština	160/80

V horní tabulce (Tabulka č. 4) jsou uvedeny dimenze hlavních prvků, převzaty ze stávající konstrukce, které jsou vypočtené dle příslušné normy Eurokód 5.

**Obr. č. 14 Model stávající konstrukce krovu ve 3D**



Na obrázku modelu č. 14 stávající konstrukce je naznačeno rozmístění sloupků pod středovými vaznicemi, který jsou začepovány do vaznic a zavětrovány pásky. Okapové vaznice spočívají na půdní nadezdívce, kde jsou ukotveny do věnce pomocí ocelových pásků. Hřebenová vaznice je vynesena pomocí sloupků.

## 7.2 Vypočtené hodnoty hlavních prvků zkušenostním navrhováním

Použijeme vzorce pro výpočet empirických hodnot pro středně těžkou krytinu. Váha krytiny má pro navrhování pomocí empirických vzorců rozhodující vliv na profily krovových trámů

V těchto vzorcích značí:

$h$  – výšku profilu trámce v cm

$b$  – šířku profilu trámce v cm

$a$  – je volná délka trámce v metrech, tj. volná délka trámce od podpory k podpoře

$d$  – vzdálenost plných vazeb v metrech

**Tab. č. 5. Vypočítané hodnoty prvků dle empirických vzorců**

	a(m)	d(m)	empirické vzorce		výška h (cm)	šířka b (cm)
			výška h	šířka b		
krokev	5,131		$h=3 \times a + 3$ cm	$b=h/4$	20	16
vaznice	5,131	4,1	$h=axd+2$ cm	$b=3/4$	24	18
sloupek	2,34		$h=a+12$ cm	$b=h$	14	14
kleština	4,81		$h=a+14$ cm	$b=h/2$	20	10

V tabulce č. 5 je vypočtena šířka a výška jednotlivých prvků krovu podle empirických hodnot. Rozměry jsou zaokrouhleny nahoru kvůli výrobním možnostem stavebního řeziva.



### 7.3 Porovnání hlavních prvků krovu

Pro porovnání použijeme uvedené hodnoty z empirických vzorců pro navrhování dimenzí krovů. V tabulce jsou uvedeny vzorce pro středně těžkou krytinu. Hodnoty jsou zaokrouhleny nahoru, tak aby odpovídaly běžným rozměrům stavebního řeziva. Využití průřezu je zavedeno jako

$$V = \frac{A_d}{A_{skut}} \times 100[\%]$$

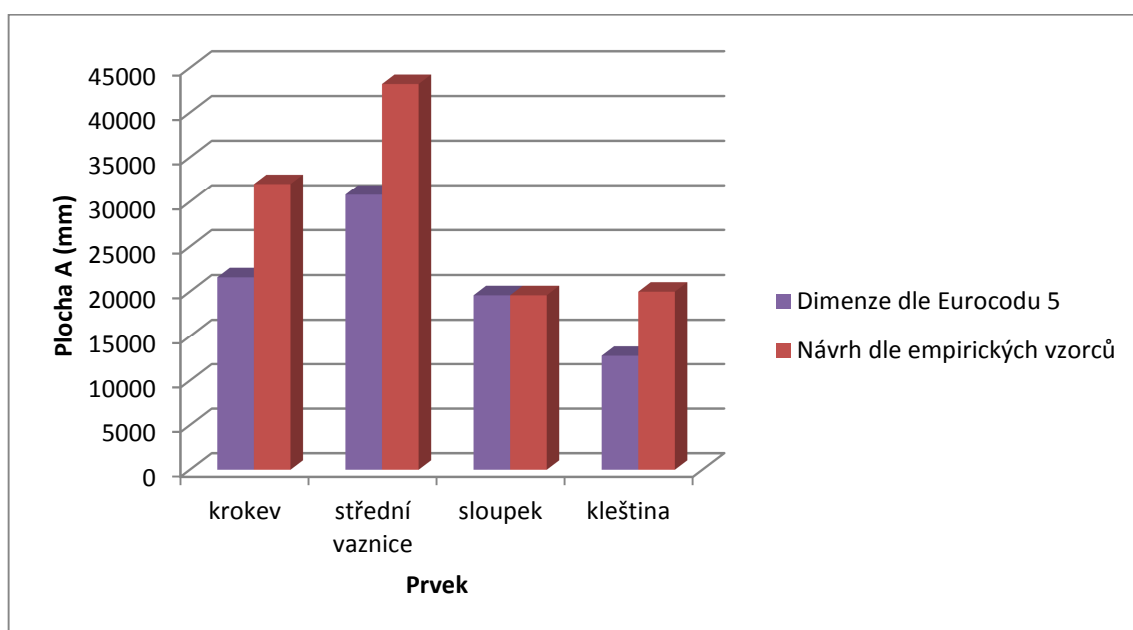
- kde:  $A_{skut}$  Průřezová plocha stávajícího prvku  
 $A_d$  Průřezová plocha prvku navrženého dle empirických vzorců  
 $V$  Využití průřezu

**Tab. č. 6. Srovnání prvků dle Eurokódu 5 a prvků navržených dle zkušenostní metody**

prvek	Dimenze dle Eurokódu 5			Návrh dle empirických vzorců			Využití průřezu vzhledem k empirickým hodnotám (%)
	Výška h (mm)	Šířka b (mm)	Plocha $A_{skut}$ (mm <sup>2</sup> )	Výška průřezu H (mm)	Šířka průřezu B (mm)	Plocha $A_d$ (mm <sup>2</sup> )	
krokev	180	120	21600	200	160	32000	148
střední vaznice	220	140	30800	240	180	43200	140
sloupek	140	140	19600	140	140	19600	100
kleština	160	80	12800	200	100	20000	156

Z uvedené tabulky č. 6 vyplývá, že z hlediska empirických vzorců je stávající krov mírně poddimenzovaný. Pouze sloupky pod hřebenovou vaznicí stávající konstrukce jsou shodné. Střední vaznice podle plochy průřezu dle empirie je předdimenzovaná o 40%, krokve o 48% a kleština o 56%. Procentuální hodnoty jsou zaokrouhleny.

**Graf č. 1 Srovnání prvků dle Eurokódu 5 a prvků navržených dle zkušenostní metody**



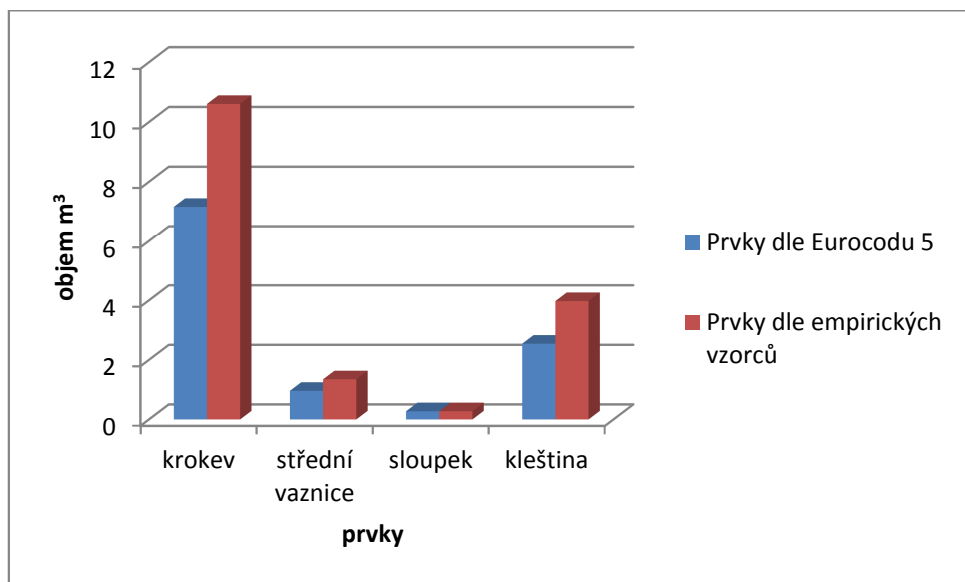
Graf č. 1 ukazuje, že největší rozdíl dimenzí hlavních prvků stávající konstrukce je v kleštinách. Shodné hodnoty v průřezu plochy jsou ve sloupkách, které podpírají středovou vaznici.

**Tab. č. 7. Porovnávání hlavních prvků krovu podle objemu**

prvek	Výška h (mm)	Šířka b (mm)	Celková délka prvku (m)	Počet prvků (ks)	Plocha Průřezu (m <sup>2</sup> )	Objem prvků (m <sup>3</sup> )
Prvky dle Eurokódu 5						
krokev	180	120	8,722	38	0,0216	7,1590
střední vaznice	220	140	15,6	2	0,0308	0,9610
sloupek	140	140	2,34	6	0,0196	0,2752
kleština	80	160	5,52	36	0,0128	2,5436
				Σ	0,0848	10,9388
Prvky dle empirických vzorců						
krokev	200	160	8,722	38	0,032	10,6060
střední vaznice	240	180	15,6	2	0,0432	1,3478
sloupek	140	140	2,34	6	0,0196	0,2752
kleština	200	100	5,52	36	0,02	3,9744
				Σ	0,1148	16,2034

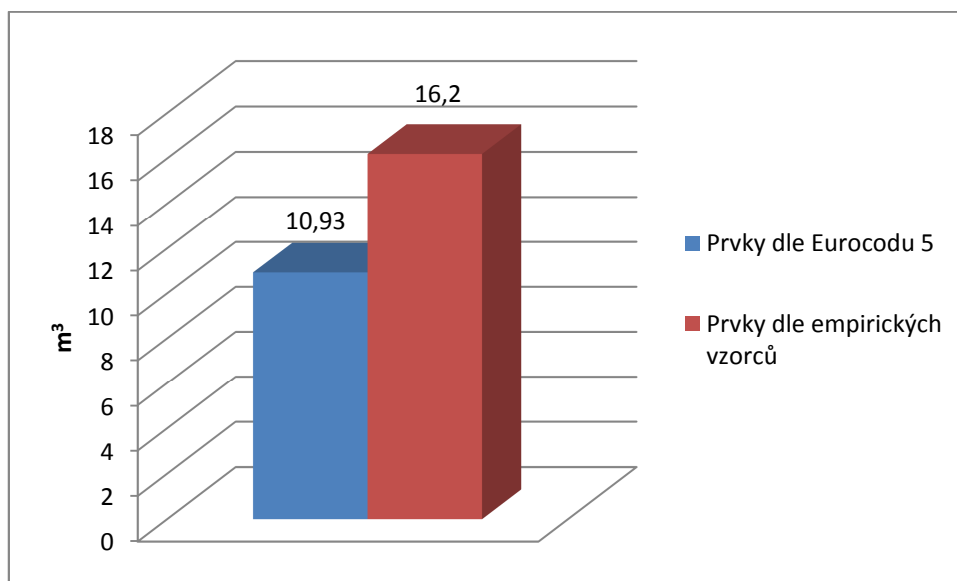
Z tabulky č. 7 je zřejmé, že záleží na rozsáhlosti krovu a počtu jednotlivých prvků v konstrukci, které ovlivňují velikost objemu.

**Graf č. 2 Srovnání objemů jednotlivých prvků krovu**



Z grafu č. 2 je nejzřetelnější nárůst objemu na krovkách, který je způsoben počtem krovkách v dané konstrukci. Za to na sloupcích jsou rozdíly v objemu rovné.

**Graf č. 3 Celkové porovnání objemů řeziva**



Z grafu č. 3 viditelné, že objem řeziva navržených prvků podle empirických zásad na celý krov je podstatně větší než stávající konstrukce. Tento graf nás vede k otázce, zda je vhodné používání empirických zásad z hlediska hospodárnosti či nikoliv.

## **8 Technologické a ekonomické zhodnocení**

### **8.1 Technologické zhodnocení**

Z daných skutečností lze usoudit, že empirické vzorce nikterak neohrožují bezpečnost konstrukce. Je zřejmé, že v současné době z hlediska statistických výpočtů dřevěných konstrukcí ztrácí tyto vztahy své původní opodstatnění a slouží již jen jako pomůcky při navrhování. Jejich užívání v minulosti bylo dané, na rozdíl od statických výpočtů, snadným uvedením do praxe. Skutečnost, že prvky podle zkušenostního navrhování jsou předimenzovány, může být způsobena dřívější nedostatečnou kontrolou prvků, která je v dnešní době samozřejmostí. Pro upřesnění, tehdejší dřevo nemělo tak dobré parametry, jaké jsou v současnosti od stavebního řeziva vyžadovány příslušnými normami. Dalším faktorem, který může být na vině je, že vzorce byly odvozeny z existujících konstrukcí používajících řezivo s většími rozměry. Důvodem těchto rozměrů byla absence vhodného technického zařízení, které by umožňovalo nařezat z kmenů stromů subtilnější průřezy. Změna nastala až ke konci 19. století, kdy se začaly vyskytovat první katry a pily. Z uvedeného příkladu vyplývá, že tradiční dřevěné krovy jsou konstrukce promyšlené a léty prověřené, i když se jedná o konstrukce historické, lze je dobře použít i v dnešní době.

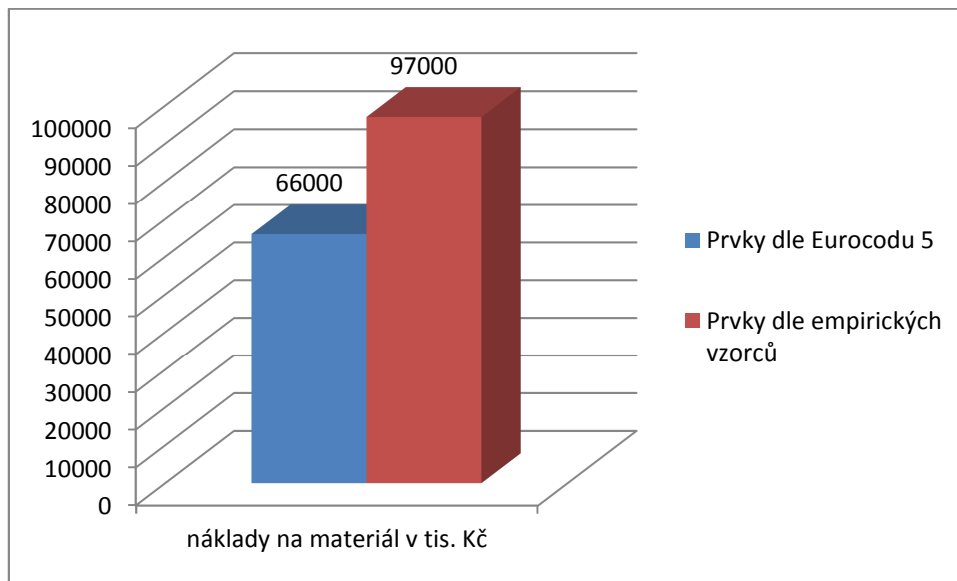
### **8.2 Ekonomické zhodnocení**

Předmětem ekonomického zhodnocení je posouzení celkových nákladů na materiál, které byly vynaloženy na krov navržený podle zkušenostního navrhování a na krov navržený podle Eurokódu 5. Ekonomické zhodnocení je vyjádřeno v tisících Kč, přičemž ceny jsou uvedeny včetně DPH a přepočteny na aktuální cenovou hladinu (2012).

Pro rozpočet materiálu krovu byly kalkulovány ceny pro smrkové stavební řezivo v průměrné hodnotě 6 000,- Kč/m<sup>3</sup>. Cena smrkového stavebního řeziva je variabilní a je závislá na mnoha výrobních faktorech. Do ceny nejsou zahrnuty náklady na tesařské práce, spojovací materiály, střešního pláště atd.

Celkové náklady stavebního řeziva na krov podle Eurokódu 5 činí 66 000,- Kč. Celkové náklady stavebního řeziva na krov podle empirických vzorců činí 97 000,- Kč. Výsledný rozdíl mezi oběma metodami je 31 000 Kč,- na materiálu.

**Graf č. 4 Srovnání nákladů na krov**



V grafu č. 4 jsou porovnány ceny smrkového stavebního řeziva na krov navržený podle Eurokódu 5 a empirických vzorců. Z grafu je viditelný znatelný rozdíl v ceně mezi oběma metodami.

V dnešní době, je navrhování podle Eurokódu 5 výhodnější nejen z ekonomického hlediska, kdy u každé konstrukce je jedním z nejdůležitějších faktorů cena, ale i z hlediska ekologického, jelikož se vyznačuje nižší spotřebou stavebního řeziva.

## 9 Závěr

Můžeme konstatovat, že empirické metody je vhodné používat i v dnešní době, ale spíše jen jako pomůcku, ze které můžeme vycházet při návrhu konstrukce. Při navrhování podle Eurokódu 5 můžeme použít statistické výpočty mezních zatížení nebo pomocí počítačových programů, které umožňují dimenzování a optimalizaci průřezu, je možné rozměry prvků rychle a optimálně navrhnout a vytvořit tak efektivní konstrukci založenou na základě geometricky typizovaných konstrukcí.

Stávající konstrukční prvky navržené podle mezních stavů vyhovují v dané oblasti podmínkách zatížení sněhem a větrem a jsou vhodně navrženy na danou konstrukci. Empirické hodnoty prvků krokve, středové vaznice a kleštiny jsou předimenzované. Pouze sloupky pod středovou vaznicí jsou stejného průřezu a to může být způsobeno, že u konstrukcí vypočítaných podle empirických vztahů není počítáno se zatížením z hlediska půdní vestavby.

Navrhování dřevěných konstrukcí se zabývá Eurokód 5, který navazuje na příslušné evropské normy pro dřevo, materiály na bázi dřeva a spojovací prostředky. U nás jsou v současné době dokončeny a vydány jako evropské normy a postupně nahradily normy, které byly založeny na metodě dovolených namáhání.

## 10 Seznam použité literatura

- [1] BERÁNKOVÁ, Jitka. *Materiály na bázi dřeva*. Praha, 2012.
- [2] GERNER, Manfred. *Tesařské spoje*. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0076-X.
- [3] LEDERER, Ferdinand. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Aleko, 1994. ISBN 80-85341-41-7.
- [4] KUKLÍK, Petr. *Dřevo jako stavební materiál*. Praha, 2012.
- [5] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: informační centrum ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-72-0.
- [6] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce 1*. Praha 6: vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01748-6
- [7] KUKLÍK, PETR, *Dřevěné konstrukce 10*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 1998, ISBN 80-01-02871-2]
- [8] KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1*. Praha. ISBN 978-80-87093-88-7.
- [9] KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevné konstrukce podle Eurokódu 5: Step 1, Navrhování a konstrukční materiály*. Zlín: KODR, 1998. ISBN 80-238-2620-4.
- [10] MÜLLER. Pavel. *Tesařství: tradice z pohledu dneška*. Praha 1: Grada publishing, s. r. o, 1996. ISBN 80-7169-413-4.
- [11] MIKEŠ, Karel. *Dřevěné konstrukce 2*. Praha, 2012 [11]
- [12] SEDLÁK, Josef. *Tesařství: dřevěné stavby a konstrukce*. Praha: B. Pyšvejc, knihkupec v Praze II., 1948.
- [13] STRAKA, Bohumil a Jana PECHALOVÁ. *Dřevěné konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997.



- [14] STRAKA, Bohumil a Ladislav BUKOVSKÝ. *Navrhování dřevěných konstrukcí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1996. ISBN 80-7204-015-4.
- [15] SCHICKHOFER, Gerhard a Jaroslav SANDANUS. *Spojovacia technika*. Praha, 2012.
- [16] VINAŘ, Jan, Václav KUFNER a Ivana HOROVÁ. *Historické krovky*. Praha: EI CONSULT, 1995. ISBN 80-902076-0-X.

### **Normy**

- [17] ČSN EN 1995 -1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ČNI 2006
- [18] ČSN EN 1995 -1-2 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla Navrhování konstrukcí na účinky požáru, ČNI 2006
- [19] ČSN EN 1995 -2 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 2: Mosty
- [20] ČSN EN 1991-1-3:2004 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [21] ČSN EN 1991-1-4:2007 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [22] ČSN 1052-1941 *Předpisy pro dřevěné konstrukce*
- [23] ČSN 73 2050-1950 *Projektování dřevěných konstrukcí*
- [24] ČSN 73 1701-1969 *Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí*
- [25] ČSN 73 1701-1983 *Navrhování stavebních konstrukcí (revize předcházející normy)*

### **Internetové zdroje**

- [26] DEKWOOD. [online]. 2009 [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: <http://dekwood.cz/produkty-9>
- [27] BÖHM, Martin. *Technické materiály na bázi dřeva* [online]. 2005, 4. 12. 2005 [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: <http://fld.czu.cz/~bohmtoc.htm>
- [28] *Archiportal* [online]. 2010 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: <http://www.archiportal.sk/dimenzovanie-nosnych-prvkov-krovu/>
- [29] *Salvator* [online]. 2012 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: [http://salvator.klient.name/graph/mapy/MAPA\\_VETROVYCH\\_OBLASTI\\_velka.jpg](http://salvator.klient.name/graph/mapy/MAPA_VETROVYCH_OBLASTI_velka.jpg)
- [30] *Snih na střeše* [online]. 2012 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: [http://www.snihnastrese.cz/new\\_window\\_img.php?src=img/mapa-snehove-oblasti-cr-velka-nova.jpg](http://www.snihnastrese.cz/new_window_img.php?src=img/mapa-snehove-oblasti-cr-velka-nova.jpg)

## **11 Seznam obrázků**

Obr. č. 1 Přehled základních tesařských spojů

Obr. č. 2 Ocelové spojovací prostředky

Obr. č. 3 Rozdělení střech dle tvaru

Obr. č. 4 Rozdělení podle sklonu střechy

Obr. č. 5 Názvosloví novodobé hambalkové soustavy

Obr. č. 6 Názvosloví stojaté stolice

Obr. č. 7 Ukázka stojaté stolice

Obr. č. 8 Názvosloví ležaté stolice

Obr. č. 9 Ukázka ležaté stolice

Obr. č. 10 Mapa sněhových oblastí na území na ČR

Obr. č. 11 Mapa větrných oblastí na území na ČR

Obr. č. 12 Bokorys stávající konstrukce

Obr. č. 13 Půdorys stávající konstrukce

Obr. č. 14 Model stávající konstrukce krovu ve 3D

## **12 Seznam tabulek**

Tabulka č. 1. Dovolená vlhkost na stavební konstrukce

Tabulka č. 2. Třídy pevnosti a hodnoty pro konstrukční dřevo podle EN 338

Tabulka č. 3. Empirické vztahy pro výpočet velikosti profilových nosných prvků vaznicové soustavy krovu

Tabulka č. 4. Hodnoty hlavních prvků kroku dle Eurokódu 5

Tabulka č. 5. Vypočítané hodnoty prvků dle empirických vzorců

Tabulka č. 6. Srovnání prvků dle Eurokódu 5 a prvků navržených dle empirických vzorců

Tabulka č. 7. Porovnávaných hlavních prvků krovu podle objemu

## **13 Seznam grafů**

Graf č. 1 Srovnání prvků dle Eurokódu 5 a prvků navržených dle empirických hodnot

Graf č. 2 Srovnání objemů jednotlivých prvků krovu

Graf č. 3 Celkové porovnání objemů řeziva

Graf č. 4 Srovnání nákladů na krov