

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



**Ekonomická analýza a vyhodnocení zastřešení  
příhradovými vazníky a střešní krovovou konstrukcí**

Bakalářská práce

Autor: Jan Frolík

Vedoucí práce: Ing. Martin Můčka, Ph.D.

2016

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Frolík

Dřevařství

Název práce

**Ekonomická analýza a vyhodnocení zastřešení příhradovými vazníky a střešní krovovou konstrukcí**

Název anglicky

**Economic analysis and evaluation of roof trusses and roof truss structure**

---

### Cíle práce

Cílem práce je ekonomická analýza a vyhodnocení dvou odlišných střešních systémů a zjištění maximální možné vzdálenosti rozpětí u obou systémů samostatně za ekonomicky optimálních nákladů při zachování statické tuhosti obou konstrukcí.

### Metodika

1. Rešerš k dané problematice
2. Oslovení výrobce vyrábějící předmětné konstrukce
3. Výběr vhodných objektů s předmětnými konstrukcemi
4. Ekonomická analýza pro každou konstrukci samostatně
5. Jednoduché statické posouzení
6. Vyhodnocení zjištěných dat

### **Doporučený rozsah práce**

40-50 stran včetně textu a příloh

### **Klíčová slova**

přihradové vazníky, krovové konstrukce, ekonomická analýza, nákladová optimalizace

---

### **Doporučené zdroje informací**

- ČSN 73 1702. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut, 2007, 173 s.
- FIŘT, V. Stabilita a kmitání konstrukcí s netuhými spoji. Vyd. 1. Praha: Academia, 1974, 399 s.
- KOŽELOUH, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: Step 1, Navrhování a konstrukční materiály. Vyd. 1. Editor Bohumil Koželouh. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. ISBN 80-867-6913-5.
- KUKLÍK, Petr. Dřevěné konstrukce. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. 172 s., ISBN 80-86769-72-0
- KUKLÍK, Petr, KUKLÍKOVÁ, Anna. Navrhování dřevěných konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1995-1. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.
- ŠTEFKO, Josef, REINPRECHT, Ladislav, KUKLÍK, Petr. Dřevěné stavby. 2. vyd. Bratislava: Jaga group, 2009. 196 s., ISBN 978-80-8076-080-9

---

### **Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FLD

### **Vedoucí práce**

Ing. Martin Múčka, PhD.

### **Garantující pracoviště**

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2016

**doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2016

**prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.**

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2016

### **Čestné prohlášení**

“Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Ekonomická analýza a vyhodnocení zastřešení příhradovými vazníky a střešní krovovou konstrukcí vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Martina Múčky, Ph.D. 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..... dne.....

Podpis autora

## **Poděkování**

Úvodem bych rád poděkoval panu Ing. Martinovi Múčkovi Ph.D. za odborné a cenné rady během psaní této bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmám Střechy92 a Pila Martinice za zpracování nabídek na střešní konstrukce, které tvoří část mé ekonomické analýzy.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na ekonomickou analýzu a vyhodnocení dvou odlišných konstrukčních systémů a zjištění maximální vzdálenosti rozpětí u obou systémů za ekonomicky optimálních nákladů při zachování statické tuhosti obou konstrukcí. První část práce obsahuje rozbor základní problematiky střešních konstrukcí. Ve druhé části práce jsou zjištěné výsledky a jejich hodnocení.

**Klíčová slova:** příhradové vazníky, krovové konstrukce, ekonomická analýza, nákladová optimalizace.

## **Abstract**

This thesis is focused on economic analysis and evaluation of two distinct structural systems and further on determining of the maximum distance range for both systems assuming economically optimal costs while maintaining static rigidity of both structures. The first part contains an analysis of the basic problems in roof constructions. In the second part the ascertained results and their evaluation are summarized.

**Key words:** trussed rafters, truss construction, economic analysis, cost optimization.

## Obsah

1	ÚVOD .....	11
2	CÍL PRÁCE .....	12
3	Rozbor problematiky .....	13
3.1	Rozdělení sklonitých střech dle tvaru.....	13
3.2	Krovové soustavy a jednotlivé konstrukční systémy .....	14
3.2.1	Vaznicová soustava .....	14
3.2.2	Soustavy krokevní .....	17
3.3	Rozpětí krovových soustav .....	19
3.3.1	Rozpětí vaznicových soustav .....	20
3.3.2	Rozpětí krokevních soustav .....	22
3.4	Vazníkové soustavy – druhy dle zhotovení.....	22
3.4.1	Plnostěnné vazníky.....	23
3.4.2	Příhradové vazníky.....	24
3.5	Spoje dřevěných střešních konstrukcí .....	27
3.5.1	Tesařské spoje .....	28
3.5.2	Spojovací prostředky.....	31
4	Metodika .....	34
5	Výsledky .....	35
5.1	Zastřešení stavby o rozměrech 9x12 m .....	35
5.1.1	Vaznicová soustava .....	35
5.1.2	Vazníková soustava.....	37
5.1.3	Hambálková soustava.....	39
5.2	Zastřešení stavby o rozměrech 14x18 m .....	41
5.2.1	Vaznicová soustava .....	41
5.2.2	Vazníková soustava.....	43
5.3	Porovnání konstrukcí pro půdorysné zadání 9x12 m .....	45
5.3.1	Porovnání ceny v závislosti na objemu použitého materiálu .....	45
5.3.2	Porovnání konstrukcí z hlediska ceny za montáž.....	46
5.4	Porovnání konstrukcí pro půdorysné zadání 14x18 m .....	47
5.4.1	Porovnání ceny v závislosti na objemu použitého materiálu .....	47
5.4.2	Porovnání konstrukcí z hlediska ceny za montáž.....	48

5.5	Porovnání obou půdorysných zadání.....	49
5.5.1	Porovnání ceny všech konstrukcí v závislosti na objemu použitého materiálu .	49
5.5.2	Porovnání všech konstrukcí z hlediska ceny za montáž .....	50
5.5.3	Porovnání všech konstrukcí z hlediska ceny spojovacího materiálu .....	51
6	Diskuze .....	52
6.1	Výhody a nevýhody krovových soustav.....	52
6.2	Výhody a nevýhody vazníkových soustav .....	52
7	Závěr .....	53
8	Seznam literatury .....	55
9	Seznam příloh .....	58
10	Přílohy .....	59



## Seznam obrázků

Obrázek 1. Tvary sklonitých střech.....	13
Obrázek 2. Názvosloví krovu.....	15
Obrázek 3. Ležatá stolice se dvěma středovými vaznicemi.....	16
Obrázek 4. Prostá krokevní soustava .....	17
Obrázek 5. Hambálkový krov v axonometrii .....	18
Obrázek 6. Průběh ohybových momentů po délce krokví .....	19
Obrázek 7. Poloha střešních vaznic v závislosti na rozpětí.....	20
Obrázek 8. Konstrukce ležaté stolice dle rozpětí .....	21
Obrázek 9. Vaznicová soustava.....	23
Obrázek 10. Plnostěnné nosníky dle tvaru .....	24
Obrázek 11. Tvary příhradových vazníků.....	26
Obrázek 12. Příhradový vazník.....	27
Obrázek 13. Tesařské spoje.....	29
Obrázek 14. Tesařské spoje.....	30
Obrázek 15. Hřebíky a sponky .....	31
Obrázek 16. Kolíky a svorníky .....	32
Obrázek 17. Vruty .....	32
Obrázek 18. Hmoždíky .....	33
Obrázek 19. Desky s prolisovanými trny .....	33
Obrázek 20. Vaznicová soustava o rozpětí 9 m .....	35
Obrázek 21. Svislý řez vazníkovou soustavou o rozpětí 9 m.....	37
Obrázek 22. Svislý řez hambálkovou soustavou o rozpětí 9 m.....	39
Obrázek 23. Vaznicová soustava o rozpětí 14 m .....	41
Obrázek 24. Svislý řez vazníkovou soustavou rozpětí 14 m.....	43

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Výpis řeziva vaznicové soustavy 9x12 m .....	36
Tabulka 2. Cenové položky vaznicové soustavy 9x12 m .....	36
Tabulka 3. Výpis řeziva vazníkové soustavy 9x12 m .....	38
Tabulka 4. Cenové položky vazníkové soustavy 9x12 m .....	38
Tabulka 5. Výpis řeziva hambálkové soustavy 9x12 m .....	40
Tabulka 6. Cenové položky hambálkové soustavy 9x12 m .....	40
Tabulka 7. Výpis řeziva vaznicové soustavy 14x18 m .....	42
Tabulka 8. Cenové položky vaznicové soustavy 14x18 m .....	42
Tabulka 9. Výpis řeziva vazníkové soustavy 14x18 m .....	44
Tabulka 10. Cenové položky vazníkové soustavy 14x18 m .....	44

## Seznam grafů

Graf 1. Porovnání ceny střešní konstrukce v závislosti na objemu materiálu.....	46
Graf 2. Porovnání střešních konstrukcí z hlediska ceny za montáž .....	47
Graf 3. Porovnání ceny střešní konstrukce v závislosti na objemu materiálu.....	48
Graf 4. Porovnání střešních konstrukcí z hlediska ceny za montáž .....	49
Graf 5. Porovnání ceny všech střešních konstrukcí v závislosti na objemu materiálu ...	50
Graf 6. Porovnání všech střešních konstrukcí z hlediska ceny za montáž .....	51
Graf 7. Porovnání všech konstrukcí z hlediska ceny spojovacích prostředků .....	52

# 1 ÚVOD

„K nejzákladnějším a nejstarším činnostem lidstva patří výstavba obydlí. Jeho neoddělitelnou součástí je řešení střechy. Při pohledu na vývoj střech vidíme souvislost mezi civilizačním procesem, vnějšími okrajovými podmínkami (podnebí, charakter krajiny) a používanými stavebními materiály. Podstatný vliv přitom mělo úsilí o vytvoření ochrany před deštěm, větrem, o udržování tepla. V konstrukcích střech je ztělesněná důmyslná vynalézavost i estetické řešení“. (OLÁH, 2002)

„U původních šikmých střech sloužil prostor nad poslední stropní konstrukcí a pod střešní konstrukcí jako prostor pro uskladnění různých věcí nebo pro sušení prádla. Skládaná střešní krytina umožňovala poměrně volné proudění vzduchu v podkroví a maximální ochranu před nebezpečím kondenzace a hromaděním vlhkosti. Zásadní přelom představuje pro šikmé střechy doba, kdy zavládla snaha ekonomicky zhodnotit každý obestavěný a překrytý prostor, tj. získat z původní nezateplené půdy plně obyvatelný a zateplený podkrovní prostor. Tímto využitím dochází k podstatným změnám tepelných a vlhkostních podmínek ve střešním plášti, protože jeho úkolem již není pouhé zajištění ochrany před klimatickou vodou a vlhkostí, ale zajištění příznivého vnitřního prostředí i z hlediska tepelně-technického, akustického a hygienického“. (OLÁH, 2002)

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je ekonomicky zhodnotit zastřešení objektu vaznicovou soustavou, hambálkovou soustavou a příhradovým vazníkem. Na dvě půdorysná zadání o rozměrech 9x12 m a 14x18 m bude firmami zhotovena fiktivní nabídka pro již zmiňované konstrukční řešení střešní konstrukce. Ve výsledku vznikne šest různých nabídek.

Nabídka je zadána tak, aby v každé konstrukci vznikl co možná největší prostor s nejvyšší užitnou hodnotou. Samotným výstupem práce by mělo být zhodnocení střešních konstrukcí aplikovaných na jednotlivá půdorysná zadání z hlediska: složitosti samotné konstrukce v závislosti na rozpětí, ceny jednotlivých konstrukcí, využitelnosti půdních prostorů, výhody a nevýhody střešních systémů při daném rozpětí.

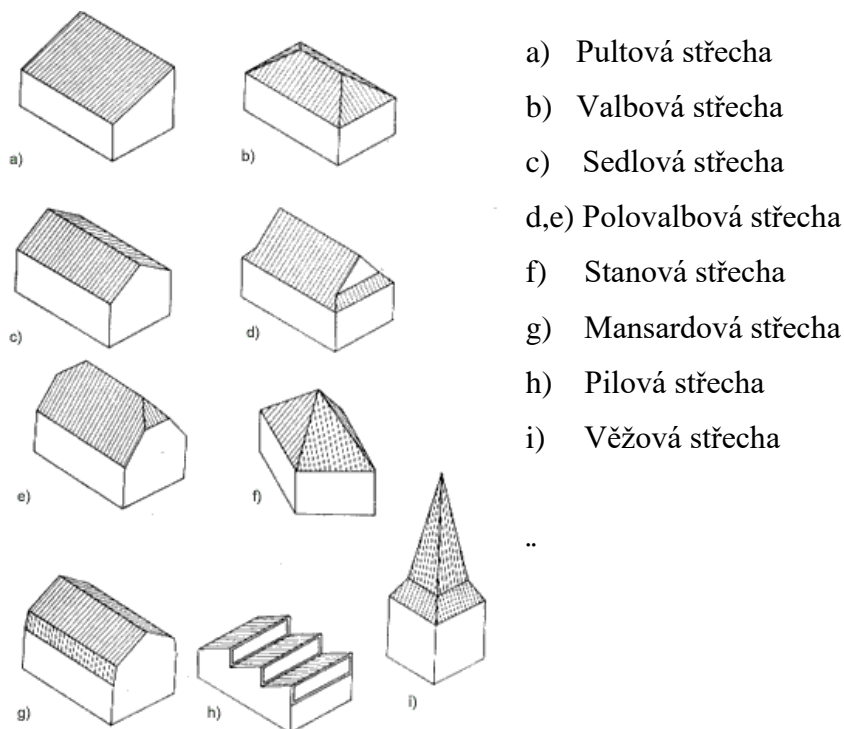
### 3 Rozbor problematiky

Obecné rozdělení šikmých střech dle různých kritérií

- Střechy podle tvaru střešní roviny
- Střechy podle konstrukčního systému a soustavy
- Střechy dle sklonu
- Střechy dle rozpětí
- Střechy dle využitelnosti podkroví

(<http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/rozdeleni-stresnich-konstrukci>)

#### 3.1 Rozdělení sklonitých střech dle tvaru



Obr.1 Tvary sklonitých střech

Zdroj: [http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/rozdeleni-stresnich-konstrukci\\_](http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/rozdeleni-stresnich-konstrukci_)

[Online]3.12.2012 [Citace:11.4.2016]

## 3.2 Krovové soustavy a jednotlivé konstrukční systémy

Krovem se rozumí střešní konstrukce budovy, která podpírá střešní plášť. Samotný plášť je tvořen krytinou, laťováním, bedněním a izolačními vrstvami s podhledem. (KUKLÍK, 2005)

Do začátku druhé poloviny dvacátého století, byly na území České republiky používány krovové soustavy, které dnes nazýváme jako krovy klasické. V současné době musí soustavy umožnit umístění obytných místností v půdním prostoru. Bylo tedy zapotřebí, co nejvíce uvolnit půdní prostor od prvků krovu. (JELÍNEK, 2012)

### 3.2.1 Vaznicová soustava

Tato soustava patří ke klasickým krovům. Je založena na systému vodorovných nosných vaznic a pozednic, které nesou dvojici krokví. Podle rozponu střechy je konstrukce zajištěna středními, vrcholovými, případně středními a vrcholovými vaznicemi. Podle počtu samotných vaznic je konstrukce jednoduchá, dvojitá nebo trojitá.

V takzvaných plných vazbách jsou vaznice podpírány sloupky nebo šikmými vzpěrami. Zatížení se přenáší ze střešního pláště na krokve dále na vaznice. Z vaznic je zatížení přenášeno pomocí sloupků. Ze sloupků na vazný trám, který pak dále přenáší zatížení do obvodového zdiva. Vazný trám je vetknut v půdní nadezdívce.

Krokve, které nesou samotný střešní plášť, jsou uloženy na pozednici a vaznici, konkrétně jsou uloženy pomocí osedlání a kotveny hřeby. Ve vrcholu jsou spojeny čepem. U menších průřezů je použito přeplátování. (STRAKA, 2013)

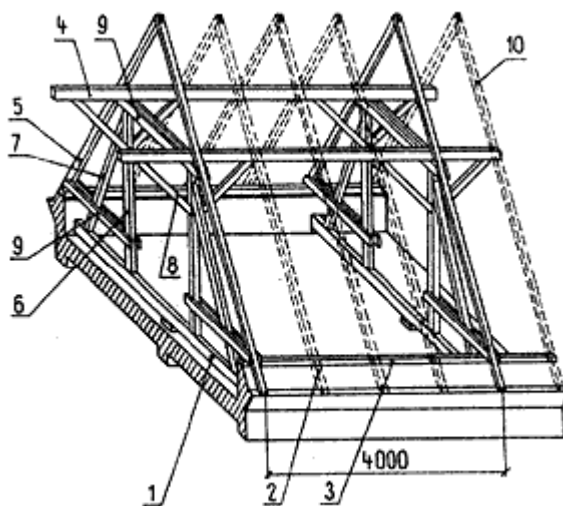
### 3.2.1.1 Stojatá stolice

Stojatá stolice je popisována v úvodu této kapitoly. Sloupky podpírající vaznici přenáší zatížení do vazného trámu. Ten je namáhán na ohyb a je tedy zapotřebí ho podpírat na střední zdi (obrázek 2.) a eliminovat tím jeho celkový průhyb. Vazný trám je uložený nad stropní konstrukcí půdního prostoru a komplikuje jeho další využití. Tato soustava byla využívána převážně v dřívějších dobách, v současné době je snaha o maximalizaci užitého prostoru a eliminaci prvků plných vazeb.

(JELÍNEK, 2012)

Stojatá stolice se vzpěrami je určena pro větší rozpětí a sklon střechy větší než 40°. Je možné udělat stojatou stolicí bez vzpěr. Takto sestrojený krov je určen pro menší rozpětí a sklon  $\leq 40^\circ$ . V tomto případě přenáší pozednice veškeré vodorovné zatížení.

(KUKLÍK, 2005)



- 1) Vazný trám
- 2) Podezdívka
- 3) Pozednice
- 4) Vaznice
- 5) Krokev
- 6) Sloupek
- 7) Vzpěra
- 8) Pásek
- 9) Kleštiny
- 10) Jalová vazba

Obr.2 Názvosloví krovu

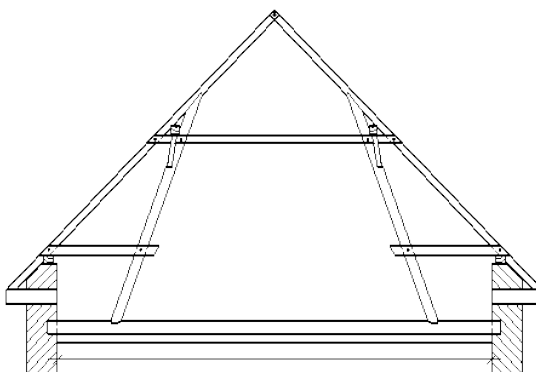
Zdroj: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/krovky>. [Online] 3.12.2012 [Citace:11.4.2016]

Osová vzdálenost krokví se pohybuje okolo rozpětí 900-1100 mm, záleží na statickém posouzení, které závisí na skladbě střešního pláště a hmotnosti střešní krytiny. Tedy na celkovém zatížení střešní konstrukce.

Pozednice je kotvena do půdní nadezdívky ukončené vodorovným ztužujícím věncem stavby, nebo do stropní konstrukce pomocí ocelových táhel. V příčném směru je krov ztužen kleštinami a vzpěrami. Je tak dosaženo dokonalé tuhosti střešní konstrukce proti povětrnostním vlivům (vodorovné zatížení větrem). Nejčastěji se jedná o spoj za pomoci svorníků. Vazba obsahující tyto prvky je vazba plná. Vazba, která je tvořena pouze krokve, je vazba jalová. Vzdálenost plných vazeb je 4-5 m. Zatížení působící v podélném směru je zachyceno pomocí dvojice pásků. Pásky působí jako vzpěry a zároveň zkracují zatíženou část vaznic. Vaznice jsou namáhány ohybovým napětím. (JELÍNEK, 2008)

### 3.2.1.2 *Ležatá stolice*

U ležaté stolice jsou svislé sloupky nahrazeny šikmými vzpěrami, které jsou začepovány do krokví. Zatížení se do vazného trámu přenáší v šikmém směru. Vazný trám je zatěžován až u podpor a tím je jeho namáhání na ohyb malé. Nemusí být tedy podpírán. (MATĚJKA, 2007)



Obr.3 *Ležatá stolice se dvěma středovými vaznicemi*

Zdroj: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>. [Online] [Citace:11.4.2016]

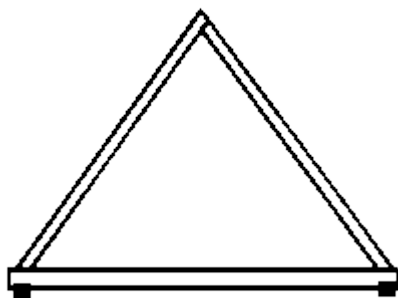


### 3.2.2 Soustavy krokové

Kroková soustava je taková, kdy každá krokev tvoří trojúhelníkový lomený nosník. Veškeré zatížení je přenášeno krovkami do podpor. V podélném směru je potřeba zajistit tuhost krovu zavětrováním. Soustavy krokové mají dva zástupce, a to prostou krokovou soustavu a hambálkovou soustavu. (KUKLÍK, 2005)

#### 3.2.2.1 Prostá kroková soustava

Tuto soustavu tvoří krovky, které jsou kotveny k vazným trámům. Krovky mohou být též připojeny k pozednici, ale musí být dostatečně ukotveny. Soustava je určena pro méně rozponové konstrukce. U větších rozponů je problém s ohybovými momenty v krovkách. Zajištění v podélném směru je zabezpečeno zavětrováním. Viz. obrázek 4. (KUKLÍK, 2005)



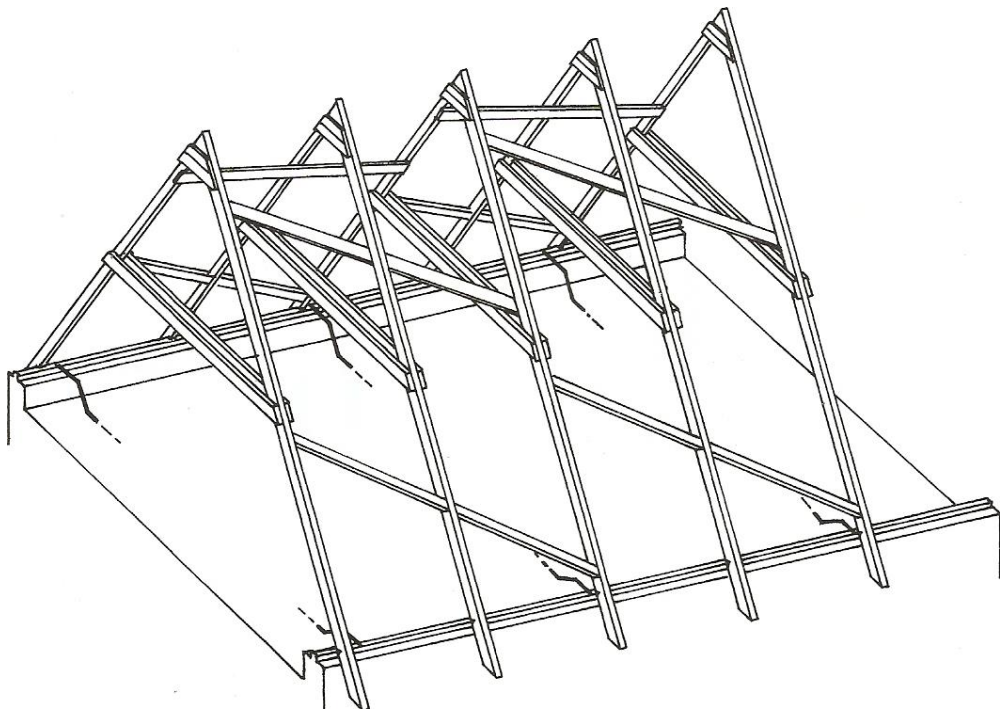
Obr. 4 Prostá kroková soustava.

Zdroj: <http://www.roofs.cz/typolog.php?lang>. [Online] [Citace:11.4.2016]

### 3.2.2.2 *Hambálková soustava*

Hambálková soustava je tvořena jako prostá krokevní, ale je navíc ztužena vodorovným hambálkem, který je s krokvemi spojen kloubově. Nejčastěji se jedná o svorníkový spoj. U hambálkové soustavy nejsou vazby plné, jelikož jsou všechny stejné. Z toho důvodu tvoří dokonalé řešení pro obytný půdní prostor. Pokud musí být v konstrukci sloupky, které podpírají vaznice, je snaha umístit je v místě budoucí příčky. Pro další podepření vaznic mohou sloužit nosné štíty, vnitřní nosné stěny.

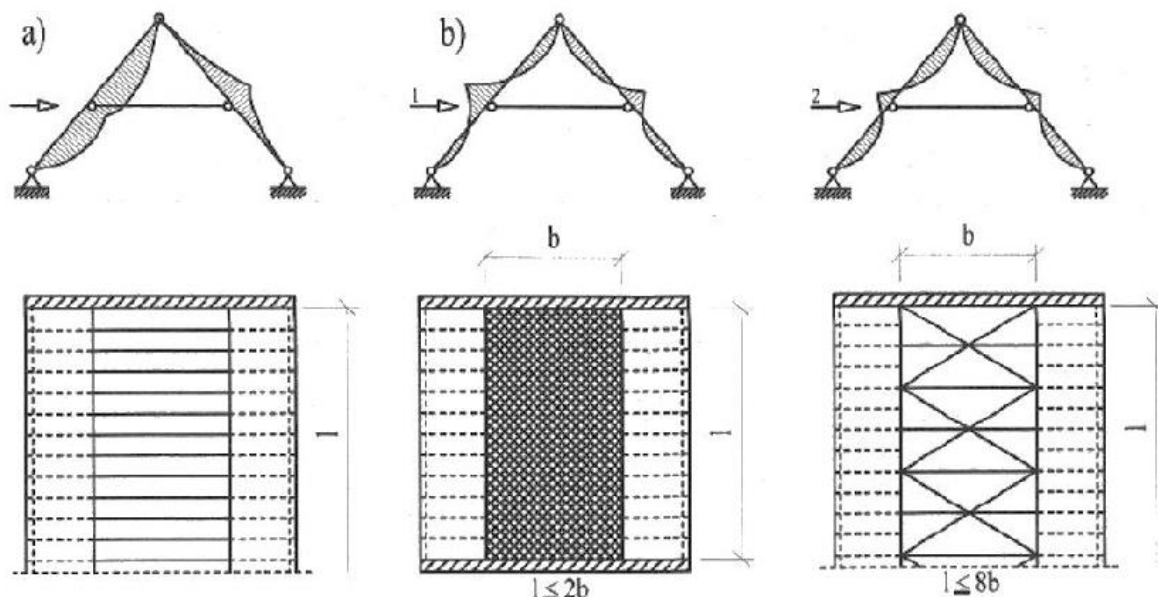
(ŠTEFKO, 2009)



Obr.5 *Hambálkový krov v axonometrii*

Zdroj: (HÁJEK, 2002)

Pokud nejsou použity vaznice, je nutné krov v podélném směru dokonale zavětrovat. Snahou je docílit pevného (neposuvného hambálku), který zajistí úsporu dřeva a odlehčení krokve. Neposuvný hambálek vznikne zavětrováním plnostěnným nebo příhradovým nosníkem v rovině hambálku. Tato úprava má pozitivní vliv na průběh ohybových momentů v délce krokví. Viz. obrázek 6. (KUKLÍK, 2005)



Obr.6 Průběh ohybových momentů po délce krokvi.

Zdroj: (KUKLÍK, 2005)

- a) Použití posuvného hambálku
- b) 1 - V rovině hambálku tuhá deska
- b) 2 - V rovině hambálku zavětrování

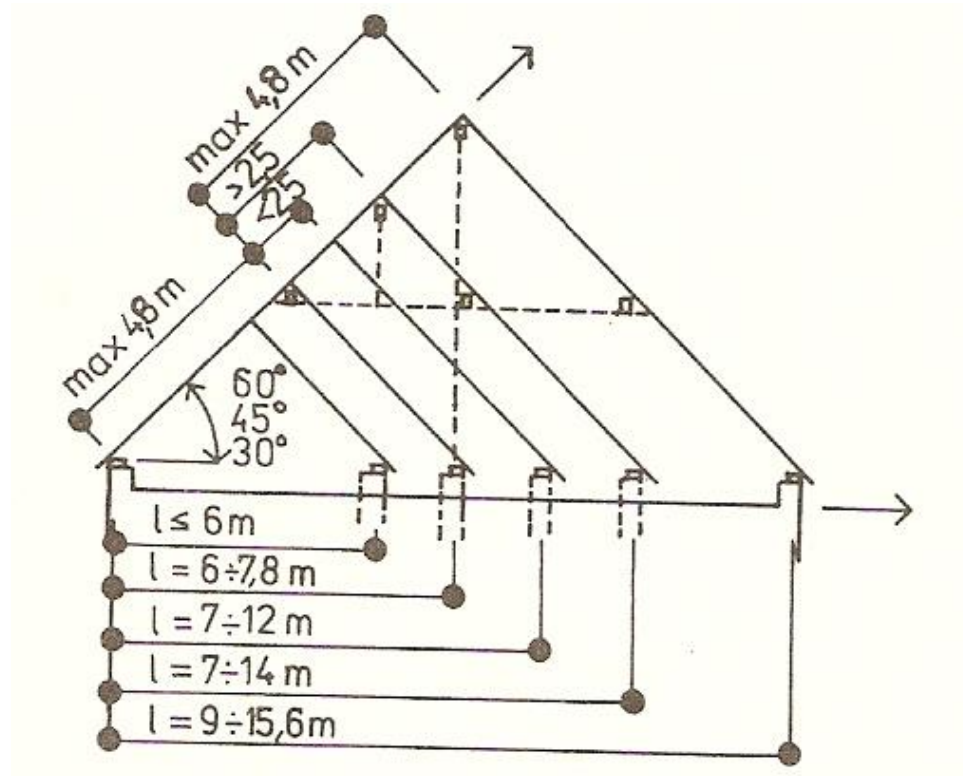
### 3.3 Rozpětí krovových soustav

Pro každou střešní konstrukci plátí určité zásady z pohledu navrhování. Hlavním kritériem je rozpětí a sklon střešního pláště. V této kapitole budou popsány možnosti rozpětí krovových soustav a zásady dimenzování prvků střešní konstrukce, které byly popisovány v kapitole 3.2.

### 3.3.1 Rozpětí vaznicových soustav

#### 3.3.1.1 Stojatá stolice

Jak již bylo zmíněno, krov této vaznicové soustavy lze zhotovit jako: jednoduchý, dvojitý nebo trojitý. To je dáno použitím pouze vrcholové vaznice (jednoduchý), dvou středních vaznic (dvojitý), vrcholová a dvě střední vaznice (trojitý).



Obr. 7 Poloha střešních vaznic v závislosti na rozpětí.

Zdroj: (PŠENIČKA, 1983)

Z obrázku 7. je patrné použití a rozmístění vaznic pro určitá rozpětí střešní konstrukce se středovými vaznicemi a vrcholovou vaznicí. V případě větších rozpětí je nutností použít vrcholovou vaznici a dvojici středových vaznic. Větší část zatížení od střešního pláště a krovu je přenášena do vnitřních stěn.

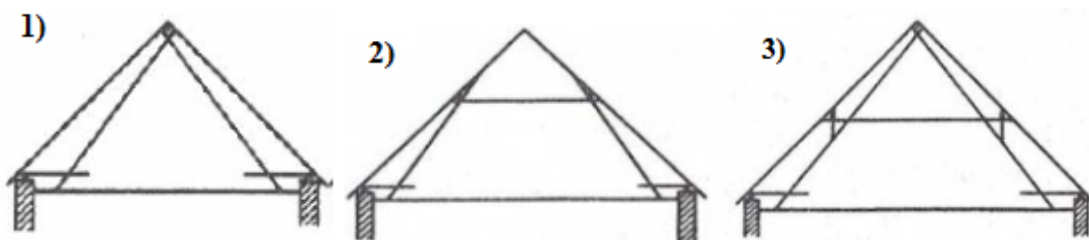
Při rozpětí obvodových stěn větším než 6 m nelze použít vazný trám bez jeho podepření, resp. podpor uvnitř dispozice. S ohledem na mechanické vlastnosti dřeva a maximální rozměry dřevěných hranolů, nelze navrhnout rozměry vazného trámu, aniž by došlo k nadměrnému průhybu. Z těchto důvodů vyžaduje použití stojaté stolice existenci nosných stěn uvnitř dispozice objektu.

V dnešní době je snaha provádět konstrukci stojaté stolice s absencí vazného trámu. Toto použití je však vhodné pro menší rozpětí a menší sklon střešního pláště. Veškeré zatížení je pak přenášeno z pozednice a sloupků do stropní konstrukce půdního prostoru za pomoci ocelových prvků. Při realizaci tohoto řešení musí být vhodně použita dimenze stropní konstrukce, popřípadě vhodně umístěna vnitřní svislá podpora uvnitř budovy.

### 3.3.1.2 Ležatá stolice

Na obrázku 8. je rozdělení konstrukce ležaté stolice dle: (HÁJEK, 2002)

- 1) rozpětí 6-8 m
- 2) rozpětí 8-11 m
- 3) rozpětí 11-14 m



Obr.8 Konstrukce ležaté stolice dle rozpětí.

Zdroj: (HÁJEK, 2002)

Na rozdíl od stojaté stolice je zatížení přenášeno od střešního pláště do vazných trámů za pomoci šikmých vzpěr. Šikmé vzpěry jsou čepovány do vazného trámu v blízkosti podpor. Tím dochází ke snížení ohybových momentů, kterými jsou vazné trámy namáhány. Z těchto důvodů je možno snížit velikost, nebo provést vazný trám bez podpory uvnitř dispozice.

Ležatá stolice vyžaduje pracnější realizaci z hlediska tesařských spojů. Důkladně musí být vyřešen přenos sil z šikmých vzpěr do vazných trámů a do zdiva v místě jejich uložení. Výhodou ležaté stolice je velikost vzniklého prostoru vhodného pro budoucí půdní vestavbu. (<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>)

### 3.3.2 Rozpětí krokových soustav

#### 3.3.2.1 Hambálkový krov

Při malých rozpětích přibližně do 7 m, lze zhotovit hambálkový krov bez nosných vaznic a prvků plných vazeb. Krokve jsou čepovány do pozednic nebo vazných trámů. V případě osazení na pozednici musí mít nadezdívka co nejmenší výšku a boční síly musí být přeneseny přes pozednici do stropní konstrukce pomocí ocelových kotev. Toto ukotvení musí být vzhledem k působení vodorovných sil na pozednici velice důkladně provedeno.

Hřebíkový spoj při osedlání na pozednici, musí být z důvodů velkých sil doplněn třmenem z páskové oceli. Při použití neposuvného hambálku přenesou nosník vodorovné síly z hambálku do štítu.

Při větších rozpětích vzniká problém s vodorovnými silami a příliš velkou délkou krokve směřující od hambálku k pozednici. Řešením je zhotovení sloupků v oblasti hambálku a středových sloupků sloužících jako podpěra vrcholové vaznice. To však omezuje vzniklou dispozici půdního prostoru.

(JELÍNEK, 2008; STRAKA, 2013; OLÁH, 2002)

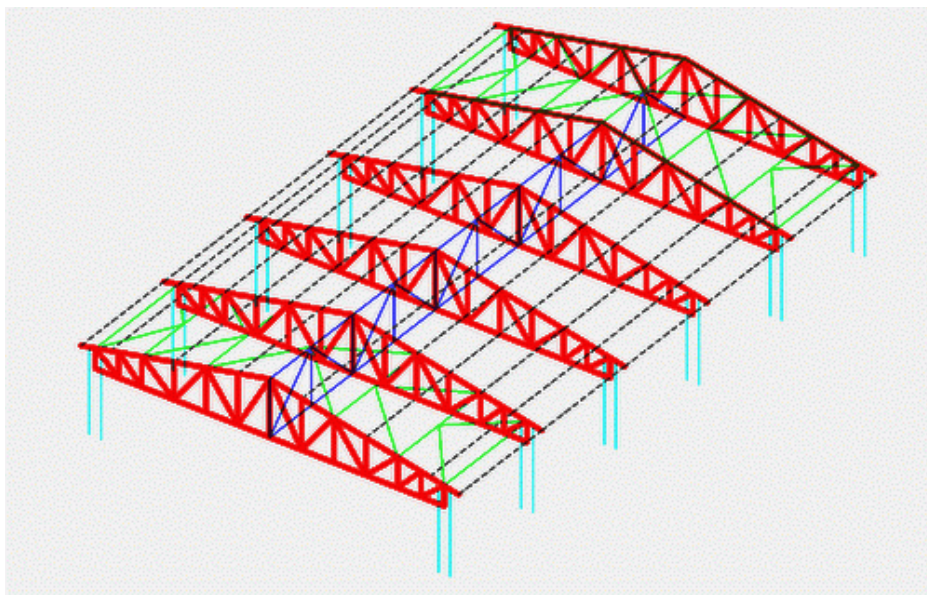
### 3.4 Vazníkové soustavy – druhy dle zhotovení

Podle konstrukčního provedení rozlišujeme vazníky na plnostěnné a příhradové. Vazníky jsou hlavními nosnými dílci střech vazníkového systému. Z hlediska materiálu se jedná o ocelové, betonové a dřevěné. Jsou určeny pro střešní konstrukce menších rozpětí (cca do 12 m), středních rozpětí (cca do 30 m) a velkých rozpětí (nad 30 m).

Dle typu střechy se volí osová vzdálenost dřevěných vazníků zpravidla 1 až 3 m (většinou do 6 m). Sklon pro šikmé střechy je od 5° do 45° (u plnostěnných lepených vazníků zpravidla do 20°). Nosnou vrstvu střešního pláště lze uložit na horní pásy vazníku přímo (bezvaznicový systém), nebo pomocí střešních vaznic (vaznicový systém). Podélné ztužení je zabezpečeno diagonálními prvky, které zabezpečují prostorovou tuhost střešní konstrukce.

Druh podélného ztužení je ovlivněn výslednou krytinou, kdy například u plechové krytiny je samotný střešní plášť pokládán na dřevěné bednění, které samo o sobě zajišťuje prostorovou tuhost v podélném směru. Podélná ztužidla jsou tím částečně omezena.

Podepření vazníků na spodní stavbu je většinou prosté a vazníky jsou řešeny jako prostý nosník s jednou podporou pevnou a druhou posuvnou. Z pohledu konstrukčního a statického má zásadní vliv geometrický tvar vazníku. Nejčastější tvar vazníku je pultový nebo sedlový. (STRAKA, 2013; MATĚJKA, 2007)



Obr.9 Vazníková soustava.

Zdroj: (VEJPUSTEK, 2014)

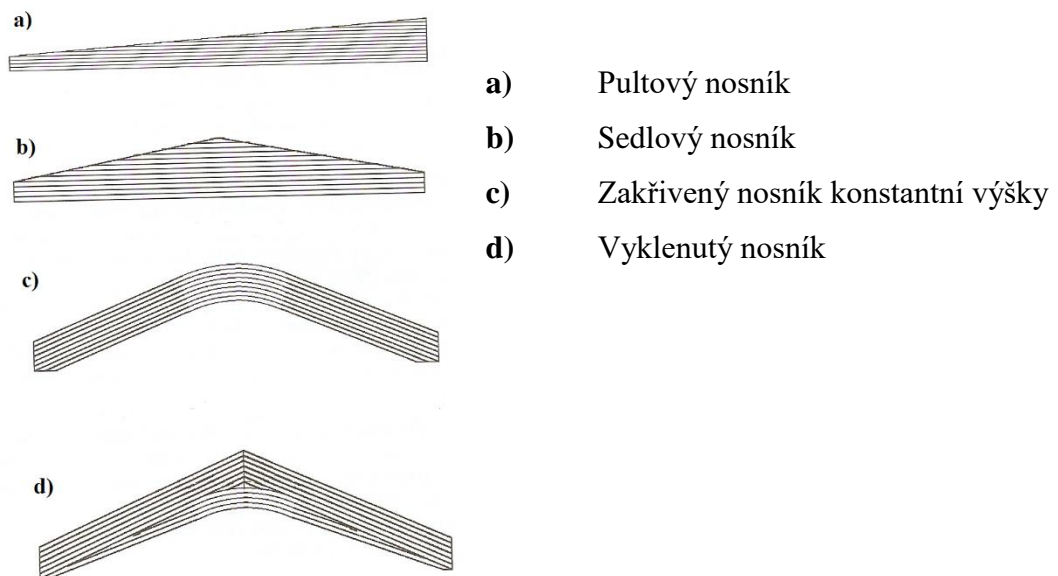
### 3.4.1 Plnostěnné vazníky

Dle typu spojení rozlišujeme vazníky lepené a vazníky s mechanickými spoji. Plnostěnné vazníky se nejčastěji vyrábí z vodorovně orientovaných desek (lamel), kdy tvar průřezu je zpravidla obdélníkový s konstantní šířkou. Průřez vazníku s mechanickými spoji je nejčastěji ve tvaru I. Jedna z výhod lepených vazníků je jejich vysoká únosnost. Šířka lepeného průřezu je zpravidla 120 až 200 mm, výška od 500 do 1500 mm. Rozpětí těchto vazníků je 12 až 24 m.

Plnostěnné vazníky dle konstrukčního řešení: (STRAKA, 2013)

- Rostlé dřevo
- Lepené lamelové dřevo
- Vrstvené dřevo
- Forma I nosníku (pásnice – rostlé dřevo, stojina – materiál na bázi dřeva)
- Krabicové vazníky

Plnostěnné nosníky dle tvaru



Obr.10 Plnostěnné vazníky dle tvaru

Zdroj: (JELÍNEK, 2012)

### 3.4.2 Příhradové vazníky

Střešní konstrukce z příhradových vazníků jsou velice používaným typem. Mezi hlavní výhody příhradových vazníků patří: efektivní využití materiálu, nízká hmotnost střešní konstrukce, nižší cena oproti krovové konstrukci, rychlá montáž na stavbě.



Rozdělení příhradových vazníků dle: (JELÍNEK, 2012)

- Příhradové vazníky sbíjené
- Příhradové vazníky lepené
- Příhradové vazníky s kovovými deskami s prolisovanými trny (Gang-Nail)
- Příhradové vazníky MKD
- Příhradové vazníky s ocelovými kolíky
- Příhradové vazníky spojované svorníky
- Příhradové vazníky s kovovými hmoždíky
- Příhradové vazníky s kovovými diagonálami

Příhradové vazníky tvoří prutovou soustavu, která se skládá z horního pásu, dolního pásu a výplňových prutů (mezipásové pruty – diagonály a svislice), které jsou spojeny ve styčnicích. Na samotnou výrobu je využíváno hraněné řezivo. Při větším rozpětí může být nahrazeno lepeným lamelovým dřevem, dochází tak ke zvýšení únosnosti vazníku.

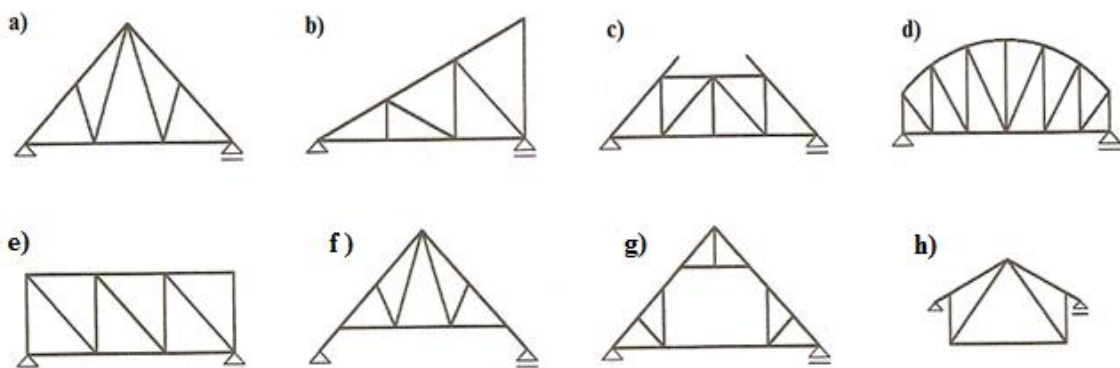
Nejčastěji jsou vazníky podepřené na svých koncích a působí jako nosník prostý. Můžou však být i spojitě. Vazníky mohou mít tvar: trojúhelníkový, sedlový, lichoběžníkový a přímopásový. Dají se však zhotovit složitější tvary, kdy je horní pás do oblouku nebo nosník tvoří mansardovou střechu. Aby se omezil průhyb, je vhodné u trojúhelníkových vazníků volit výšku alespoň  $1/6$  rozpětí. Průhyb lze řešit nadvýšením vazníku.

Je vhodné, aby zatížení na nosník působilo pouze do styčnicku. Z těchto důvodů se pokud možno střešní vazničky umisťují přímo nad styčnick. Pak jsou všechny osy prutu namáhané osovými silami, tj. tahem nebo vzpěrným tlakem. Z hlediska vzpěrného tlaku je vhodné volit tlačené mezipásové pruty co možná nejkratší. Při zatížení prutů mimo styčnick, jsou tyto pruty navíc namáhány ohybem. Pro nosník je nevýhodné mimostyčné zatížení, které vyvolává mimostředný tlak. Tento případ může nastat při zatížení bedněním nebo mezilehlou vazničkou.

Příhradové vazníky se navrhují jako rovinné prutové soustavy. Oproti plnostěnným vazníkům mají příhradové vazníky poměrně velkou konstrukční výšku a jsou velice náročné na provedení spojů. Spoje se dnes provádějí hřebíkové, častěji deskami s prolisovanými trny. U příhradových vazníků s hřebíkovými spoji je potřeba, aby soustava měla co nejvíce prutů. To z důvodu snížení osových sil v prutech. Jelikož hřebíky vyžadují velkou plochu pro rozmístění ve styčnicku, jsou tyto styčníky vždy excentrické. (BERKA, 1982; JELÍNEK, 2012; STRAKA, 2013)

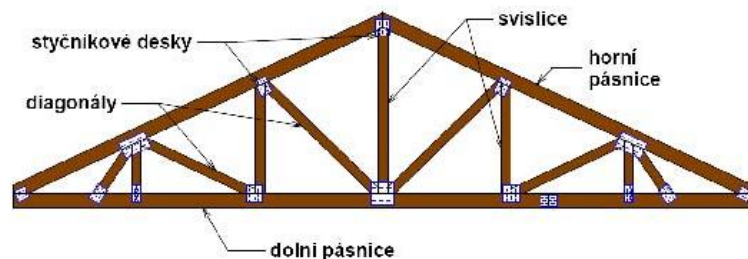
Příhradové vazníky dle tvaru: (STRAKA, 2013)

- a) Trojúhelníkové (sedlové)
- b) Pultové
- c) Valbové
- d) S obloukovým nebo polygonálním horním pásem
- e) Přímopásové
- f) Trojúhelníkové se zvýšeným dolním pásem
- g) Trojúhelníkové s podkrovním prostorem
- h) Mezivaznicové (výplňové)



Obr.11 Tvary příhradových vazníků.

Zdroj: (STRAKA, 2013)



Obr.12 Příhradový vazník.

Zdroj: <http://www.tries.cz/sluzby/prihradove-konstrukce/vyroba-vazniku-a-stenovych-panelu/>. [Online] [Citace:11.4.2016]

### 3.5 Spoje dřevěných střešních konstrukcí

Jednotlivé prvky střešních konstrukcí spojujeme pomocí mechanických spojovacích prostředků – ocelových spojovacích prostředků a tesařských spojů. Tesařské spoje patří mezi jedny z nejstarších. (HÁJEK, 2002; KUKLÍK, 2005)

Spoje dřevěných konstrukcí podle uspořádání dělíme na

- Spojování v podélném směru
- Spojování v příčném směru
- Spojování do styčnicku, tj. spojování pod různými úhly

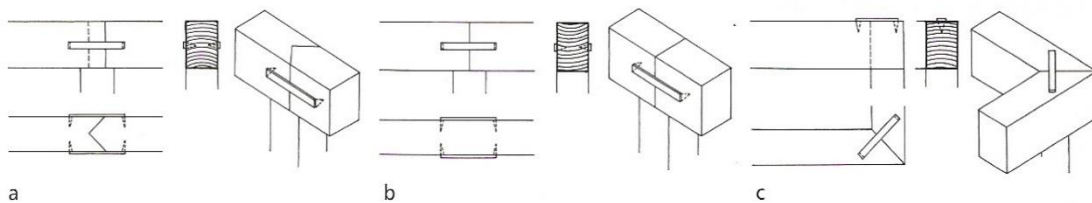
Podle charakteru působení a druhu spojovacího prostředku na

- Poddajné
  - Tesařské spoje
  - Spoje s ocelovými spojovacími prostředky
- Nepoddajné
  - Lepené spoje

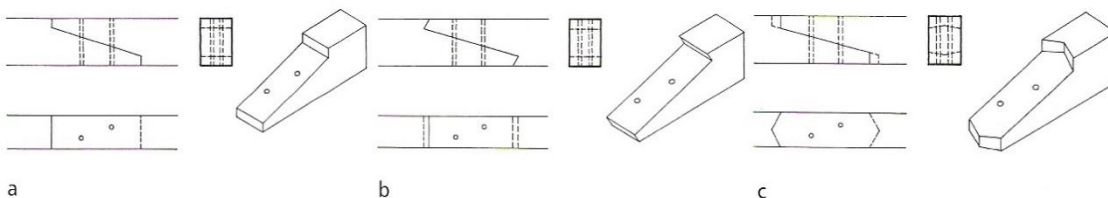
### 3.5.1 Tesařské spoje

Tyto spoje patří k tradičním spojům a jsou používané dodnes. Jednotlivé síly se z jednoho prvku obvykle přenáší na druhý tlakovým způsobem. Spoje musí být provedeny pečlivě, aby na sebe jednotlivé plochy dokonale dosedaly a zatížení mohlo být přenášeno celou plochou, nikoliv pouze bodově. Nevýhodou těchto spojů je, že dochází k oslabení jednotlivých dřevěných prvků. (Obrázek 13.)

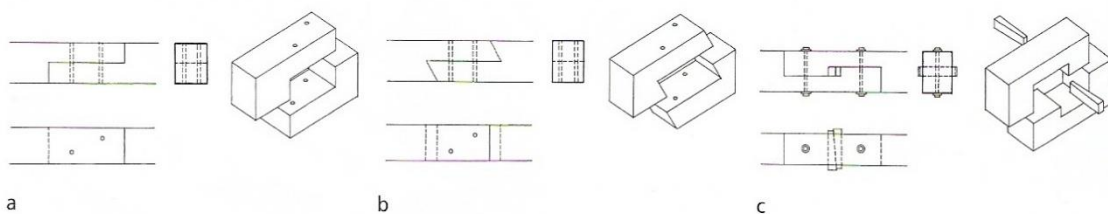
Návrh střešní konstrukce musí být proto doprovázen statickým výpočtem. Jednotlivé prvky střešní konstrukce se často navrhují bez statického výpočtu pomocí empirických vztahů, které jsou již po dlouhou dobu používané a jejich spolehlivost je ověřena. (KUKLÍK, 2005; JELÍNEK, 2008)



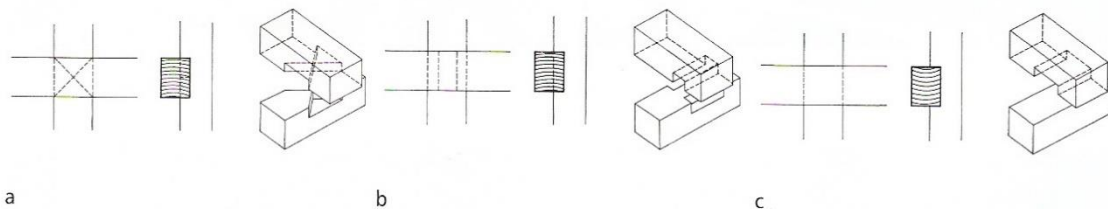
Čelné srazy  
a – klínovitý, b – tupý, c – šikmý



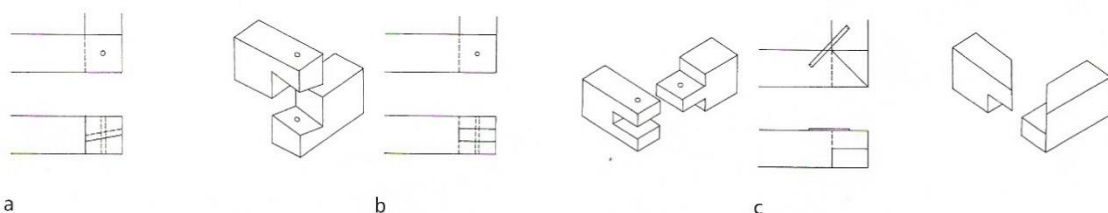
Plátování klesající  
a – kolmočelné, b – šikmočelné, c – klínáčelné



Plátování horizontální  
a – jednoduché, b – šikmočelné, c – rovnočelné s ozubem a klíný

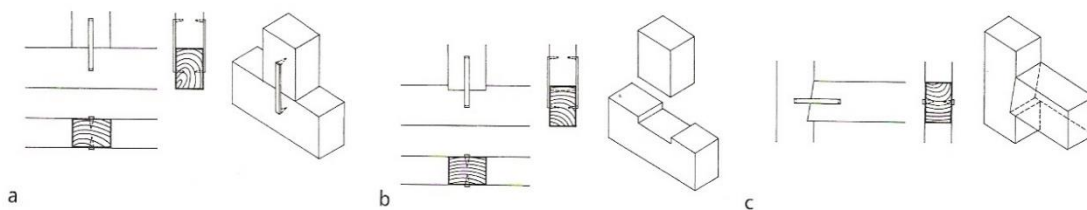


Kampování  
a – křížové, b – oboustranné dvojité, c – jednostranné



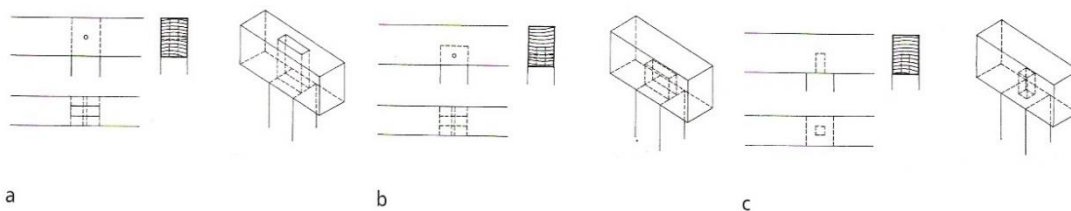
Rohové přeplátování  
a – zešikmené oboustranné, b – kolmé, c – trojúhelníkové na pokos

Obr.13 Tesařské spoje Zdroj: (OLÁH, 2002)



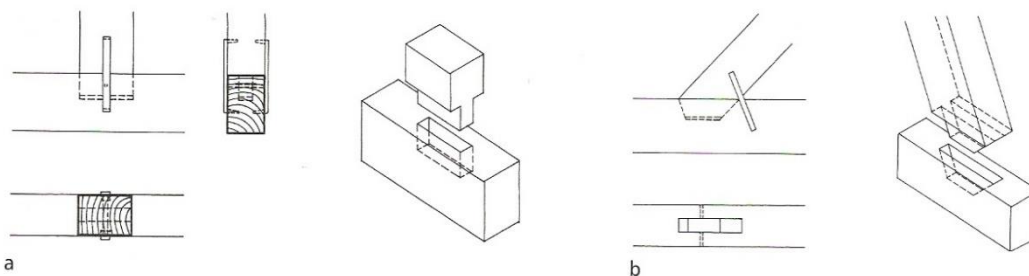
Příčné tesařské spoje

a – kolmé lípnutí, b – kolmé rovnoběžné zapuštění, c – kolmé šikmočelné zapuštění



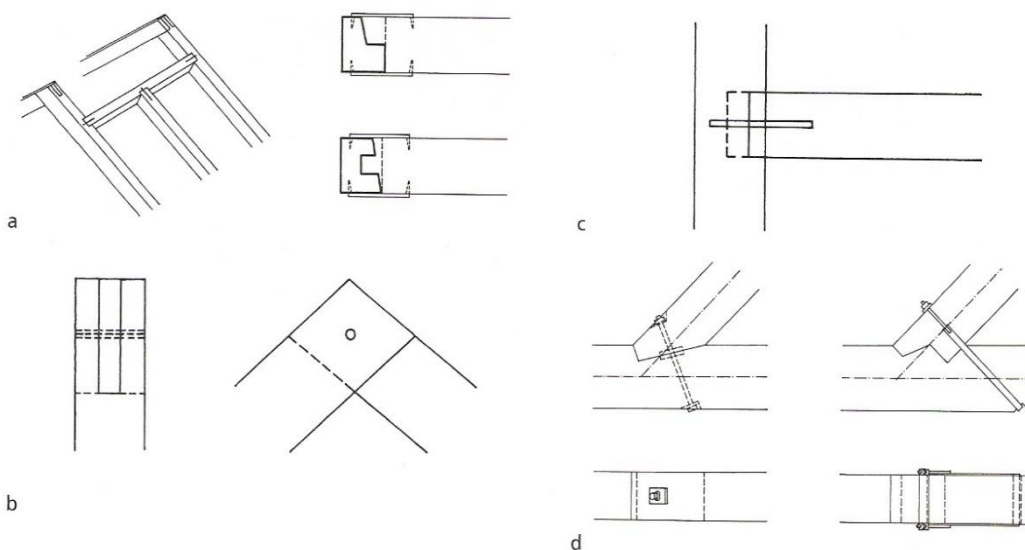
Čepování

a – rovné úplné, b – rovné zkrácené, c – střední (kvadratické)



Příčné tesařské spoje

a – úplné čepování, b – šikmé čepování



Tesařské spoje

a – axonometrie výměny v krovu, b – nárožní šikmé čepování (na ostřih) c – jednostranné rovnocočné a šikmočelné plátování, d – jednoduché a dvojité šikmé zapuštění

Obr.14 Tesařské spoje Zdroj: (OLÁH, 2002)

### 3.5.2 Spojovací prostředky

V minulosti byly používány výhradně dřevěné spojovací prostředky, které dnes byly nahrazeny spoji ocelovými.

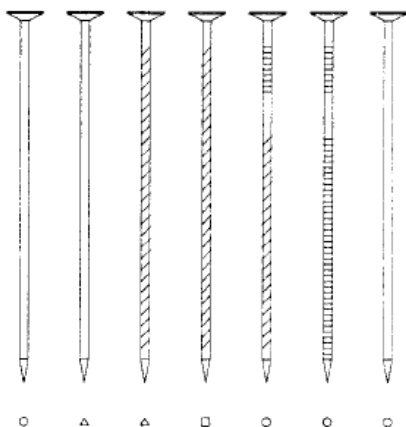
Spojovací prostředky dle: (ŠTEFKO, 2009)

- a) Dřevěné
- b) Kovové
  - Spojovací prostředky kolíkového typu: hřebíky, sponky, svorníky, kolíky a vruty.
  - Spojovací prostředky povrchového typu: hmoždíky, desky s prolisovanými trny.

#### 3.5.2.1 Spojovací prostředky kolíkového typu

##### *Hřebíky a sponky*

Jedná se o nejpoužívanější spojovací prostředky v dřevěných konstrukcích. Hřebíky jsou ve standardizovaných průměrech až do 8 mm. Dřík hřebíku je hladký, rýhovaný, nebo spirálovitý a může být opatřen povrchovou úpravou.



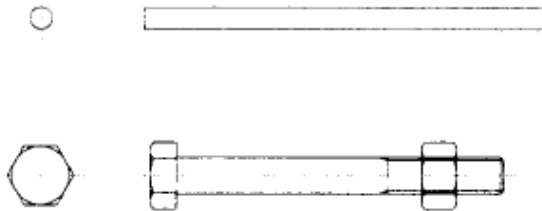
Obr.15 Hřebíky a sponky

Zdroj: (KUKLÍK,2005)

### ***Kolíky a svorníky***

Kolíky jsou štíhlé ocelové válcové tyče. Otvory pro kolík se předvrtávají vrtákem stejného průměru, jako je průměr kolíku. Také mohou být drážkované.

Svorníky jsou kolíkové spojovací prostředky z oceli, které jsou na jedné straně opatřeny hlavou a na straně druhé závitem.

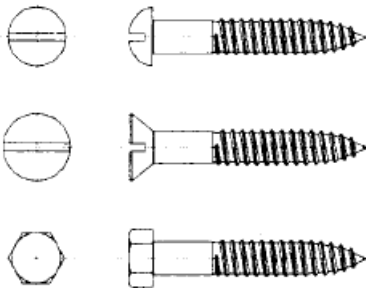


Obr. 16 *Kolíky a svorníky*

Zdroj: (KUKLÍK, 2005)

### ***Vrutý***

Vrutý do dřeva se používají u prvků, které jsou namáhány na odtržení, protože mají vyšší únosnost na vytažení než hřebíky. Spoje s vruty jsou převážně jednotřížné.



Obr.17 *Vrutý*

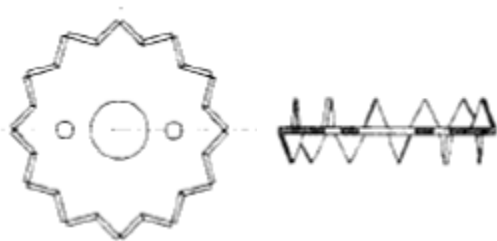
Zdroj: (KUKLÍK, 2005)



### 3.5.2.2 Spojovací prostředky povrchového typu

#### **Hmoždíky**

Jedná se o spojovací prvky, které se zatlačují do spár mezi dřevěné prvky. Vždy jsou součástí svorníku, které spojované prvky spínají. Samotnou funkcí ocelových hmoždíků je eliminovat smykové napětí v dřevěných prvcích.

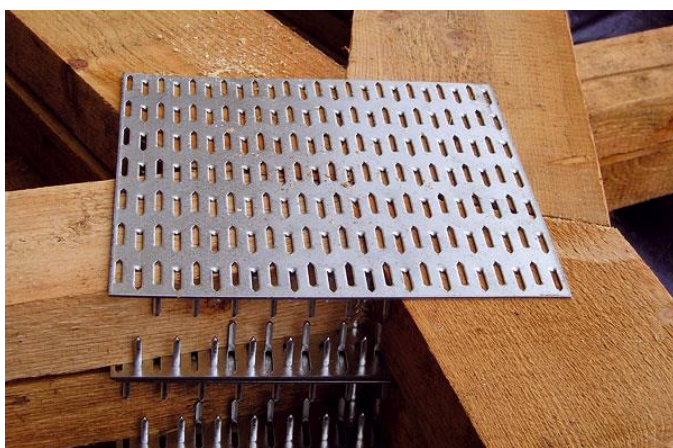


Obr.18 Hmoždíky

Zdroj: (KUKLÍK, 2005)

#### **Desky s prolisovanými trny**

Konstrukce spojeny deskami s prolisovanými trny jsou dokonalá náhrada tesařských vazeb a sbíjených příhradových konstrukcí. Dochází k lepšímu využití pevnosti dřeva a snížení použití dřevní hmoty. Pro tento spoj se obvykle používají menší tloušťky řeziva (do 50 mm).



Obr.19 Desky s prolisovanými trny

Zdroj:<http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/drevne-stresni-konstrukce-skovovymi-deskami-s-prolisovanymi-trny>. [Online] [Citace:11.4.2016]

## 4 Metodika

V praktické části této práce, jsou vzájemně porovnány dva vybrané konstrukční systémy střech. Každý z konstrukčních systémů bude porovnán na dvou zadaných objektech. Objekty mají půdorysné rozměry 9x12 m (108 m<sup>2</sup>) a 14x18 m (252 m<sup>2</sup>). Toto rozpětí bylo zvoleno z těchto důvodů: rozpětí 9 m je běžně používané u staveb rodinných domů, naopak rozpětí 14 m je spíše typické pro průmyslové objekty. Snahou této práce je, najít optimální zastřešení objektu při dané zastřešené ploše a zároveň porovnat cenu a konstrukční řešení střešní konstrukce se vzrůstajícím rozpětím.

Tloušťka svislých nosných podpor je 300 mm. Půdní nadezdívka nad stropní konstrukcí činí 600 mm. Sklon střešního pláště je 35°- 45°. Střešní krytinou je pálená taška, a to jak pro krovy tak vazník. Příhradový vazník uvažujeme bez půdní nadezdívky. Přesah střešní konstrukce je jak u krovu, tak i u vazníku 500 mm. U stavby je uvažováno, že obsahuje nosné štíty, které jsou také vyzděné. Zároveň tvoří jednu z nosných částí pro střešní konstrukci.

Zadání těchto tří konstrukčních systému (vaznicová, hambálková a vazníková soustava) bylo předáno firmám, které se danou problematikou zabírají a mají s ní dlouholeté zkušenosti.

Požadavkem zadání u všech soustav je, vytvoření maximálního možného půdního prostoru. V případě příhradového vazníku byl nárok na vzniklý prostor stejný, však s ohledem na možnosti, které příhradový vazník umožňuje. Vhodným uspořádáním nosných prvků tvořících samotný vazník, vznikl prostor vhodný pro skladování drobnějších věcí v půdním prostoru.

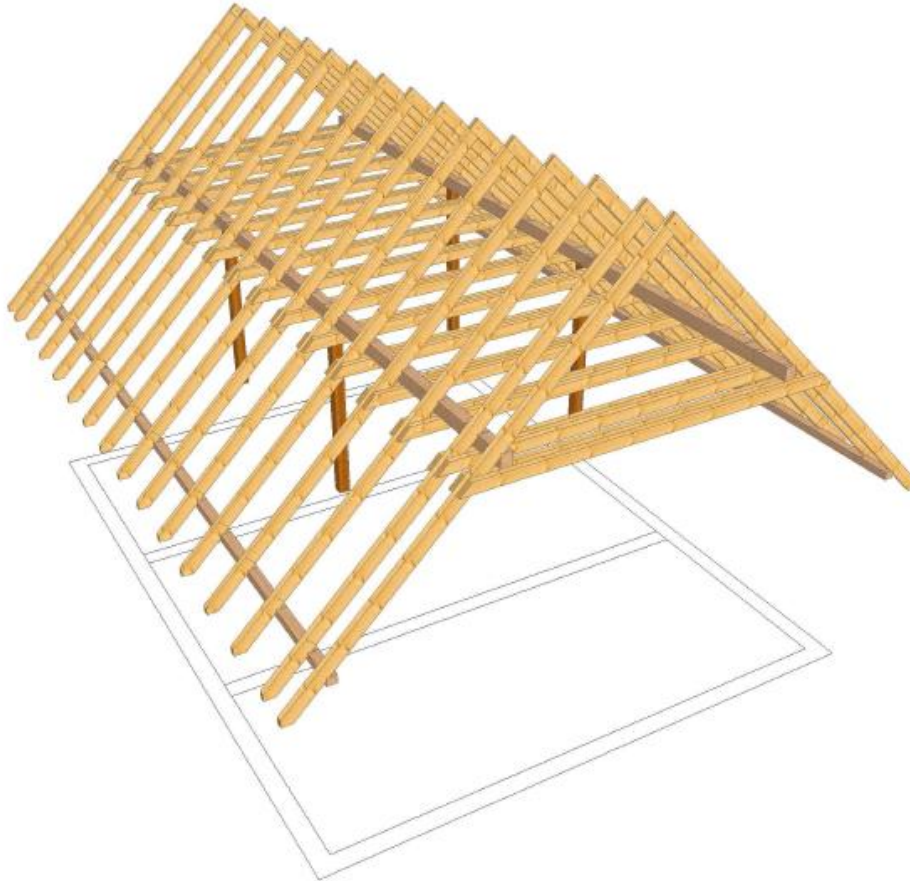
Firmou Střechy 92 a Pila Martinice byly navrženy jednotlivé konstrukce. Návrh krovu probíhal na základě empirických vztahů a programu SEMA. Návrh, dimenze a model vazníků navrhl počítačový program. Do výpočtu byly zahrnuty následující proměnné: vlastní tíha soustavy včetně střešní krytiny, tíha sněhu charakteristická pro sněhovou oblast (Praha), užité zatížení. Na základě zadaných parametrů byly spočteny dimenze střešních nosných prvků.

Firmy dodaly jak výkresové části, tak i cenové rozpočty včetně montáže a spojovacích prvků. V závěru práce bude porovnání ceny a využitelnosti jednotlivých střešních konstrukcí při daném rozpětí.

## 5 Výsledky

### 5.1 Zastřešení stavby o rozměrech 9x12 m

#### 5.1.1 Vaznicová soustava



Obr.20 Vaznicová soustava o rozpětí 9 m.

Zdroj: (Pila Martinice, 2016)

Na obrázku 20. je kompletní návrh vaznicové soustavy. Pro dané rozpětí bylo využito systému středových vaznic, které jsou v osově vzdálenosti čtyř metrů podpírány dvojicí nosných sloupů. V příčném směru je krov ztužován dvojicí kleštín. Krov je navržen pro zatížení sněhem pro I. sněhovou oblast ( $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$ ).

Velkým záporem jsou nosné sloupky, které svým umístěním částečně omezují dispoziční volnost půdního prostoru. Příloha 1. obsahuje doplňující půdorysný výkres.

V tabulce 1. je celkový seznam nosných prvků tvořící vaznicovou soustavu a jejich dimenze. V celkovém objemu je počítáno i s prořezem materiálu, který činí 0,4 m<sup>3</sup> řeziva.

Tab 1. Výpis řeziva vaznicové soustavy 9x12 m

Prvek	Počet	Dimenze nosných prvků			Objem (m <sup>3</sup> )
		Výška (mm)	Šířka (mm)	Délka (m)	
Pozednice	4	140	120	4,458	0,336
	2	140	120	4,583	0,168
Krokev	32	180	80	7,142	3,456
Vaznice	4	200	160	4,483	0,64
	2	200	160	4,633	0,32
Kleština	32	160	80	5,5	2,46
Sloupek	4	160	160	2,8	0,31
<b>Celkový objem</b>					<b>7,69</b>
<b>Celkový objem + prořez materiálu</b>					<b>8,1</b>

Zdroj: (Pila Martinice, 2016)

V tabulce 2. jsou uvedené jednotlivé cenové položky krovu. Cenová nabídka byla uvažována jako kompletní zakázka. V ceně krovu je uvažovaná montáž a doprava materiálu.

Tab 2. Cenové položky vaznicové soustavy 9x12 m

Cena krovu	
Cena materiálu za m <sup>3</sup> – 6800 Kč	55 080
Spojovací materiál	6 075
Montáž	24 300
Impregnace, nátěry, CNC práce	45 690
Doprava, přesuny hmot, jeřáb	31 500
<b>Celkem</b>	<b>162 645</b>

Zdroj: (Pila Martinice, 2016)

Řezivo je hoblované a ošetřené impregnací proti hnilobě, plísním a biologickým škůdcům. U částečně přiznaných prvků jako jsou krokve, byl u 90 m<sup>2</sup> z celkových 270 m<sup>2</sup> řeziva, proveden ochranný nátěr. Cena řeziva pro zhotovení krovu, se na trhu přibližně pohybuje cca 6000 – 8000 Kč/m<sup>3</sup>, během roku se tato cena může měnit.

V naší ceně krovu je zahrnuta doprava připraveného materiálu, přesuny hmot pomocí jeřábu a samotná montáž krovu. V tomto případě, by k manipulaci s nosnými prvky, postačil vysokozdvizný vozík.

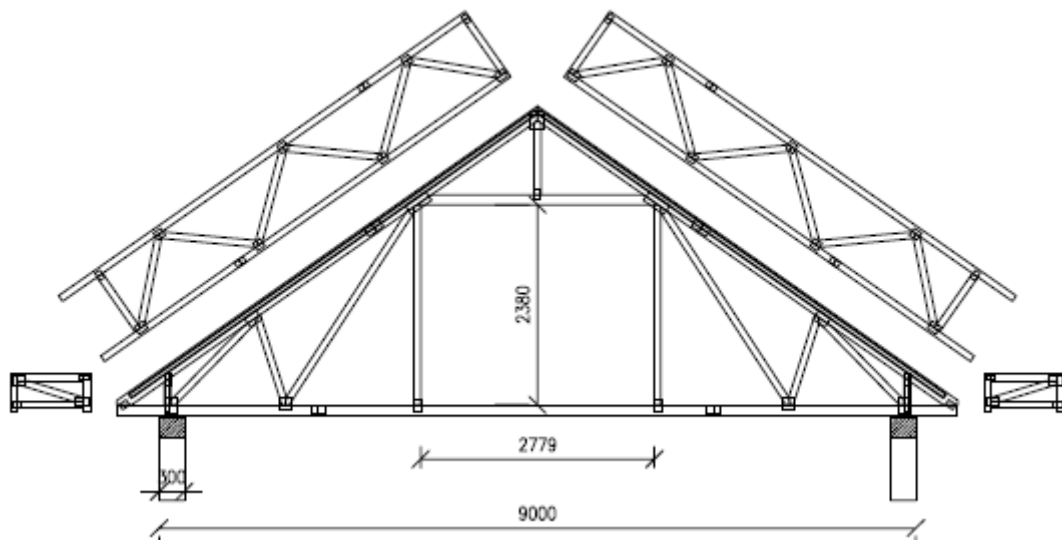
### 5.1.2 Vazníková soustava

U vazníkové soustavy byl opět požadavek takový, aby vznikl co možná největší půdní prostor pro uskladnění předmětů s menšími prostorovými nároky. Byl použit vazník bez středových nosných prvků (obrázek 21.). Dochází tak ke vzniku pochůzného prostoru o šířce 2780 mm, výšce 2380 mm. V konstrukci bylo použito dvanáct vazníků o osové vzdálenosti 1000 mm.

V příčném směru je vaznicová soustava ztužována pomocí příhradových ztužidel, které jsou mezi dvěma sousedícími vazníky. V celé soustavě jsou příčná ztužidla použity dvakrát. Příloha 2. obsahuje půdorys a svislý řez vazníkové soustavy.

Vazníky jsou kotveny ke ztužujícímu věnci. V oblasti interiéru je možnost zhotovit zateplený stropní podhled, který je kotven ke spodní části vazníku.

Tabulka 3. obsahuje dimenze nosných prvků vazníku a celkový objem použitého materiálu. Kompletní cenová nabídka a její položky jsou obsaženy v tabulce 4.



Obr. 21 Svislý řez vazníkovou soustavou o rozpětí 9 m

Zdroj: (Střechy92, 2016)

Vazník je tvořen nosnými prvky o šířce 50 mm. Výška prvku se liší dle toho, v jaké části vazníku je použit a k jakému napětí v prvku dochází. Všechny použité nehublované dřevěné prvky jsou opatřeny impregnací proti hnilobě, plísním a biologickým škůdcům. Dimenzování vazníku: skladba střešního pláště – tašková krytina, latě, kontralatě-0,65 KN/m<sup>2</sup>, podhled – sádkartonový podhled na kovový rošt vč. tepelné izolace-0,45 KN/m<sup>2</sup>. Bylo uvažováno zatížení sněhem ve I. sněhové oblasti (sk=0,7 kN/m<sup>2</sup>). V tabulce 3. jsou vypsány jednotlivé části vazníku.

Tab. 3 Výpis řeziva vazníkové soustavy 9x12 m

Dimenze nosných prvků					
Prvek	Počet	Výška	Šířka	Délka	Objem
		(mm)	(mm)	(m)	(m <sup>3</sup> )
Horní pás	4	140	50	3,709	0,0256
Horní pás	4	140	50	2,424	0,0166
Horní pás	2	120	50	2,859	0,0161
Dolní pás	2	120	50	2,900	0,0174
Dolní pás	2	120	50	4,707	0,0282
Dolní pás	2	120	50	2,393	0,0144
Diagonála	4	80	50	1,111	0,0042
Diagonála	4	80	50	2,806	0,011
Diagonála	4	80	50	1,466	0,0055
Svislice	4	80	50	2,380	0,0095
Svislice	4	80	50	0,328	0,0012
Svislice	2	80	50	0,881	0,0035
Vazník	12				<b>0,2268</b>
<b>Celkový objem</b>					<b>2,7216</b>

Zdroj: (Střechy92, 2016)

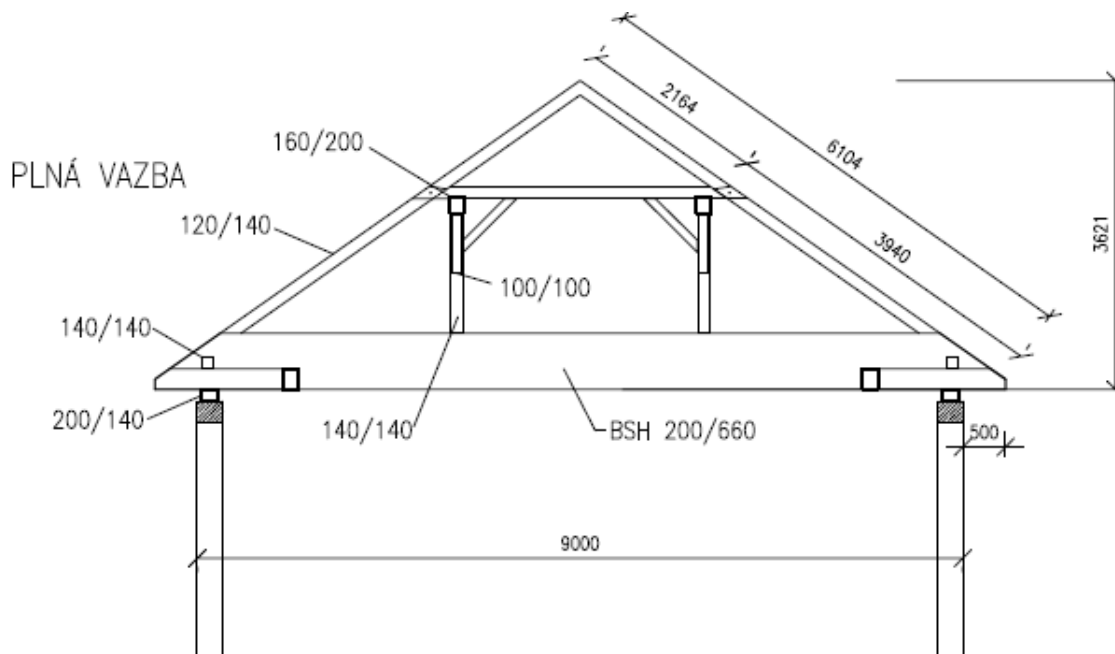
Tab.4 Cenové položky vazníkové soustavy 9x12 m

Cena krovu	
Dřevěné příhradové vazníky 12 ks	41 240
Střešní příčné ztužidla, svislá ztužidla	5 860
Spojovací materiál, kotvení	3 910
Zavětrování, montážní řezivo	2 930
Projektová dokumentace	2 000
Montáž	13 180
Doprava, přesuny hmot, jeřáb	15 000
<b>Celkem</b>	<b>84 120</b>

Zdroj: (Střechy92, 2016)

V cenové nabídce je počítáno s prací jeřábu, potřebné k montáži střešní konstrukce. Oproti vaznicové soustavě se montáž bez jeřábu neobejde. Přesto je montáž oproti klasickému krovu rychlejší a zároveň levnější.

### 5.1.3 Hambálková soustava



Obr. 22 Svislý řez hambálkovou soustavou o rozpětí 9 m

Zdroj: (Střechy92,2016)

V případě hambálkové soustavy, musí být při tomto rozpětí použity velké dimenze nosných prvků. Na takto řešenou soustavu, je spotřeba řeziva oproti soustavě vaznicové o 5 m<sup>3</sup> vyšší. Celkový výpis prvků, včetně dimenzí je uveden v tabulce 5.

Z obrázku 22. je patrné, že na střešní konstrukci musely být použity lepené prvky, jako jsou BSH hranoly o poměrně vysokých rozměrech, které v plných vazbách slouží jako vazný trám.

Pokud jsou krokve kotveny do vazných trámů, pak jsou v plných vazbách čepovány ke koncům vazných trámů. V případě jalových vazeb jsou čepovány do tzv. kráčat. Kráčata jsou pak následně čepována do výměn a ty do vazných trámů. Na výměnu působí svislé síly, které vznikají v důsledku zatížení konce kráčat krokvemi.

V případě této soustavy se jedná o klasický hambálkový krov využívaný dřívě, dnes je používán novodobý hambálkový krov s absencí vazných trámů a nosných prvků v plných vazbách. Kompletní výkresová část je obsažena v příloze 3., která obsahuje půdorys a svislý řez.

Oproti vaznicové soustavě je členitost půdního prostoru vyšší. Je to způsobeno poměrně vysokou složitostí samotné konstrukce. I přesto by takto řešená konstrukce umožňovala prostor pro půdňí vestavbu. Při návrhu soustavy bylo uvažováno se zatížením sněhem pro I. sněhovou oblast ( $sk = 0,7 \text{ kN/m}^2$ ). Tabulka 5. obsahuje dimenze nosných prvků použitých ve střešní konstrukci.

Tab.5 Výpis řeziva hambákové soustavy 9x12 m

Dimenze nosných prvků					
Prvek	Počet	Výška	Šířka	Délka	Objem
		(mm)	(mm)	(m)	(m <sup>3</sup> )
Pozednice	2	140	200	5	0,280
	4	140	200	4	0,448
	2	140	140	3	0,118
	4	140	140	4	0,314
Krokev	24	140	120	6,3	2,540
Vaznice	4	200	160	4,5	0,576
	2	200	160	3,5	0,224
Vazák BSH	4	660	200	10	5,280
Krátčata	16	240	180	1,7	1,75
Výměny	2	240	180	3	0,259
	4	240	180	4	0,691
Pásek	20	100	100	1,2	0,240
Hambálek	12	140	120	4	0,806
Sloup	8	140	140	2	0,314
<b>Celkový objem</b>					<b>13,265</b>
<b>Celkový objem + prořez materiálu</b>					<b>14,591</b>

Zdroj: (Střechy92,2016)

Tab.6 Cenové položky hambákové soustavy 9x12 m

Cena krovu	
Dřevěné hranoly dle podkladů	82 480
Dřevěné hranoly lepené BSH	68 200
Spojovací materiál, kotvení	11 230
Montáž	41 100
Projektová dokumentace	2 000
Doprava, přesuny hmot, jeřáb	21 460
<b>Celkem</b>	<b>226 370</b>

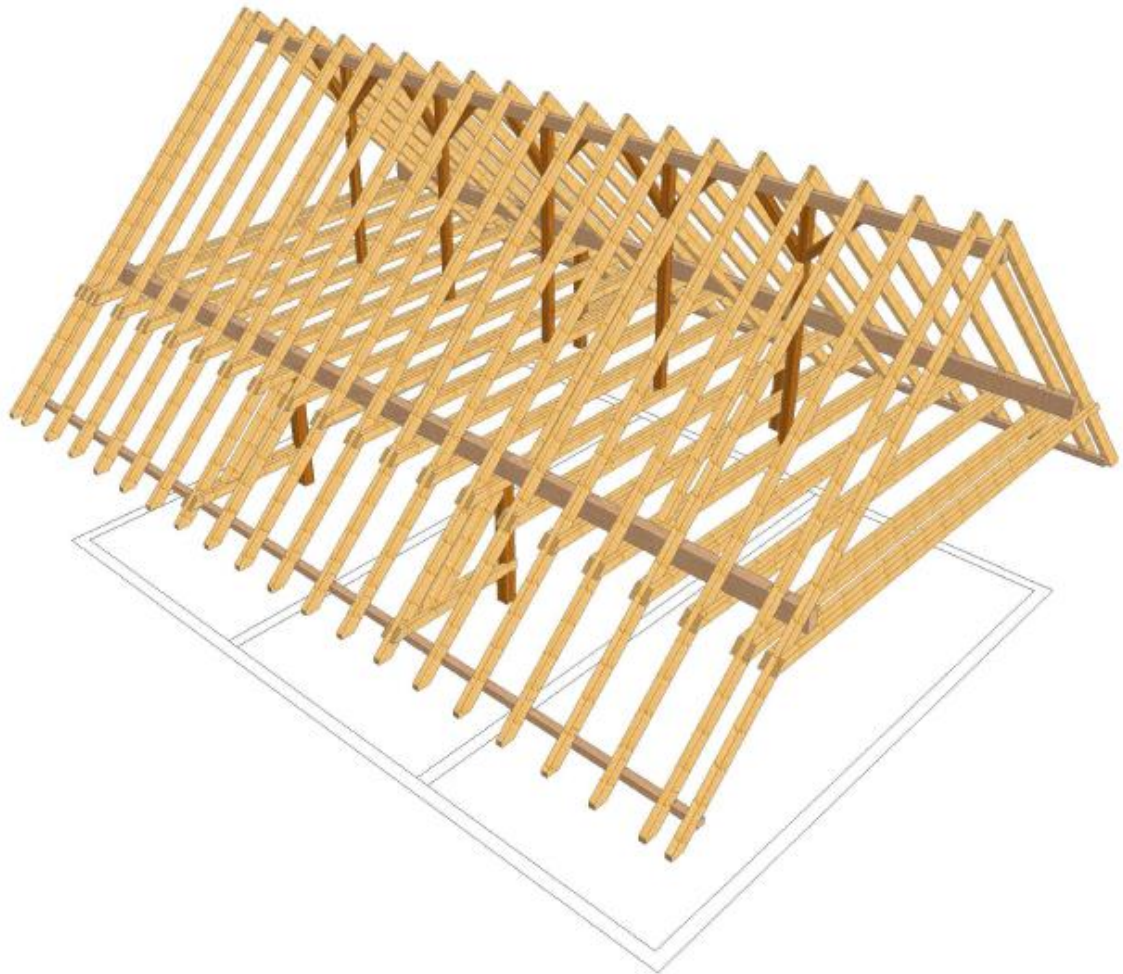
Zdroj: (Střechy92,2016)

Cena za opracované hranoly činí cca 8 500 Kč/m<sup>3</sup>. Oproti vaznicové soustavě je to rozdíl 1700 Kč. Rozdíl ceny může být způsoben vyšší náročností výroby dřevěných prvků a cenou vstupní suroviny. Cena BSH hranolů činí 12 900 Kč/m<sup>3</sup>. Na trhu se cena s lepenými BSH hranoly pohybuje v rozmezí 12 000 – 13 000 Kč/m<sup>3</sup>. Použitím lepených prvků se toto řešení stává velice nákladné. Prvky krovu jsou chráněny impregnací a ochranným nátěrem.



## 5.2 Zastřešení stavby o rozměrech 14x18 m

### 5.2.1 Vaznicová soustava



Obr.23 Vaznicová soustava o rozpětí 14 m.

Zdroj: (Pila Martinice, 2016)

Samotná konstrukce krovu je založena na systému dvou středových vaznic a jedné vrcholové vaznici. V konstrukci jsou dvě plné vazby, které obsahují dvojici sloupů a kleštin. Navíc je vrcholová vaznice podpírána pěti sloupy v plných a jalových vazbách. Sloupy a šikmé vzpěry jsou pak dále spojeny s kleštinami.

Dochází tak ke zvýšení únosnosti vodorovných prvků v samotné střešní konstrukci. Takto zhotovený krov by svými rozměry umožňoval zhotovení obytného podkroví. Krov je navržen pro I. sněhovou oblast.

V tomto případě je však samotná cena krovu příliš vysoká. Důvodem je vysoký objem potřebného řeziva a náklady spojené se samotnou úpravou kulatiny, viz. tabulka 7,8. Půdorysný výkres je součástí přílohy. 4

Tab.7 Výpis řeziva vaznicové soustavy 14x18 m

Dimenze nosných prvků					
Prvek	Počet	Výška (mm)	Šířka (mm)	Délka (m)	Objem (m <sup>3</sup> )
Pozednice	4	140	160	4,875	0,448
	4	140	160	5	0,492
Krokev	42	260	120	10,67	14,42
Pásek	10	160	160	1,4	0,51
Vaznice	4	400	240	4,9	1,92
	4	400	240	5,05	2,112
	2	240	180	4,9	0,432
	2	240	180	5,05	0,5752
Kleština	42	200	100	10,77	9,24
	8	200	100	3,015	0,56
Sloup	5	180	180	4,77	0,81
	4	240	240	2,84	0,691
<b>Celkový objem</b>					<b>32,1</b>
<b>Celkový objem + prořez materiálu</b>					<b>33</b>

Zdroj: (Pila Martinice, 2016)

Celkový prořez materiálu činí 0,9 m<sup>3</sup>. Řezivo je hoblované a ošetřené impregnací proti hnilobě, plísním a biologickým škůdcům. U částečně přiznaných prvků jako jsou krokve, byl u 270 m<sup>2</sup> z celkových 729 m<sup>2</sup> řeziva, proveden ochranný nátěr. Výšky středových vaznic, jsou oproti rozpětí 9x12 m dvojnásobné. Tabulka 8. obsahuje cenové položky soustavy.

Tab.8 Cenové položky vaznicové soustavy 14x18 m

Cena krovu	
Cena materiálu za m <sup>3</sup> – 6800 Kč	224 400
Spojovací materiál	24 750
Montáž	99 000
Impregnace, nátěry, CNC	168 500
Doprava, přesuny hmot, jeřáb	66 500
<b>Celkem</b>	<b>583 150</b>

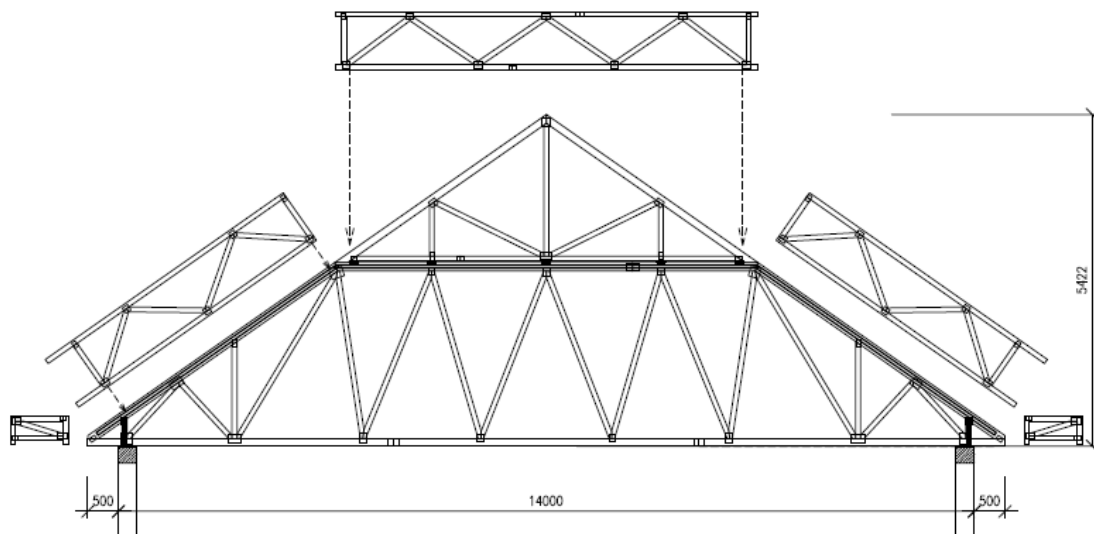
Zdroj: (Pila Martinice, 2016)

Vysokou cenu této soustavy způsobuje obrovský objem potřebného materiálu, náročnost zhotovení výsledných nosných prvků (práce CNC) a náklady za montáž.

### 5.2.2 Vazníková soustava

Na obrázku 24. je vidět příhradový vazník pro rozpětí 14 m. Vazník pro toto rozpětí musel být zhotoven ze dvou částí. Spodní část je tvořena lichoběžníkovým vazníkem a horním trojúhelníkovým. V samotné konstrukci jich bylo potřeba osmnáct příosové vzdálenosti 1000 mm. Opět jsou vazníky kotveny ke ztužujícímu věnci. V příčném směru je vaznicová soustava ztužována pomocí příhradových ztužidel, které jsou mezi dvěma sousedícími vazníky. V celé soustavě jsou příčná ztužidla použita třikrát.

Při takto vysokém rozpětí nastává v dolních prutech vazníků poměrně vysoký průhyb. Vhodnější řešení by nastalo při existenci středové podpory uvnitř objektu. Došlo by tím ke snížení celkového průhybu a odlehčení konstrukce vazníku. Návrh této vaznicové soustavy nepočítá s úložným prostorem v půdní části střešní konstrukce. Kompletní výkresová část je součástí přílohy 5.



Obr 24. Příhradový vazník o rozpětí 14 m.

Zdroj: (Střechy92, 2016)

Všechny použité nehotobované dřevěné prvky jsou opatřeny impregnací proti hnilobě, plísním a biologickým škůdcům. Tloušťka vazníku činní 50 mm.

Tab.9 Výpis řeziva vazníkové soustavy 14x18 m

Prvek	Počet	Dimenze nosných prvků			Objem (m <sup>3</sup> )
		Výška (mm)	Šířka (mm)	Délka (m)	
Horní pás	4	140	50	4,962	0,0342
Horní pás	2	140	50	4,844	0,0339
Horní pás	2	140	50	2,053	0,0142
Horní pás	4	120	50	4,223	0,246
Dolní pás	2	80	50	4,619	0,0182
Dolní pás	2	80	50	1,808	0,0070
Diagonála	4	80	50	1,267	0,0049
Diagonála	4	80	50	3,196	0,0125
Diagonála	4	80	50	2,771	0,0108
Diagonála	4	80	50	2,962	0,0116
Diagonála	4	80	50	2,855	0,0112
Diagonála	4	80	50	2,942	0,0115
Diagonála	4	80	50	1,267	0,0048
Diagonála	4	80	50	2,001	0,0079
Svislice	4	80	50	0,328	0,0012
Svislice	4	80	50	1,589	0,0062
Svislice	4	80	50	0,886	0,0034
Svislice	2	80	50	2,170	0,0086
Vazník	18				<b>0,4615</b>
<b>Celkový objem</b>					<b>8,307</b>

Zdroj: (Střechy92, 2016)

Pro tuto vazníkovou soustavu platí stejné předpoklady pro dimenzování, jako tomu bylo u vazníku pro rozpětí 9 m. Opět je uvažováno zatížení sněhem pro I. sněhovou oblast.

Tab.10 Cenové položky vazníkové soustavy 14x18 m

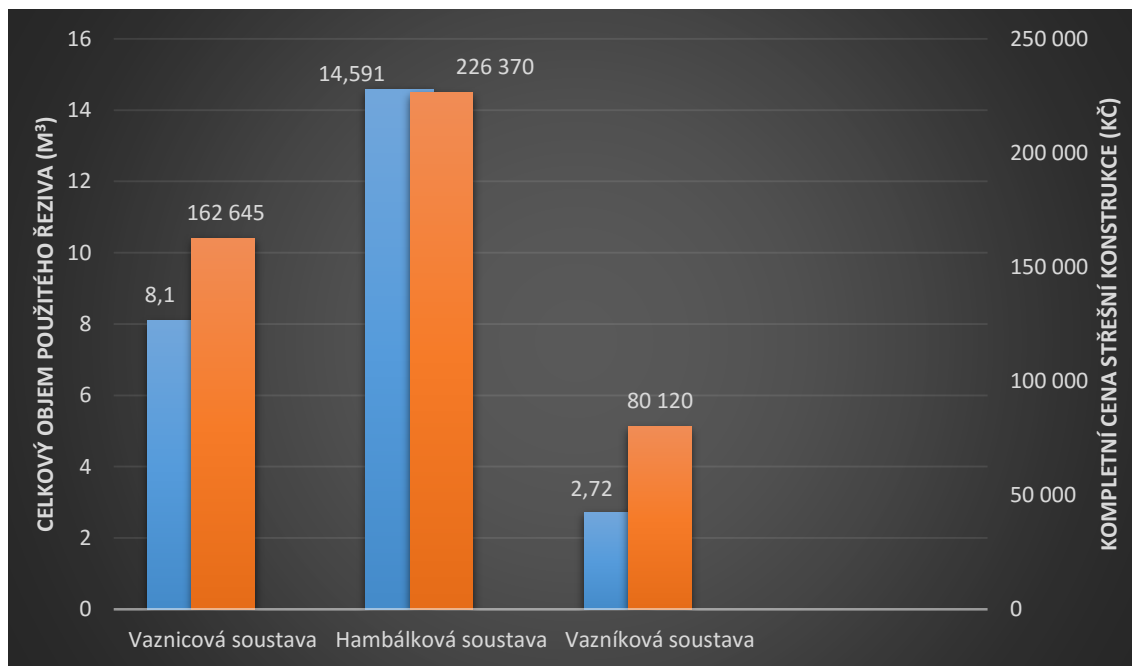
Cena krovu	
Dřevěné příhradové vazníky 18 ks	119 850
Střešní příčné ztužidla, svislá ztužidla	11 470
Spojovací materiál, kotvení	7 380
Zavětrování, montážní řezivo	6 560
Projektová dokumentace	3 000
Montáž	32 760
Doprava, přesuny hmot, jeřáb	27 540
<b>Celkem</b>	<b>208 560</b>

Zdroj: (Střechy92, 2016)

## 5.3 Porovnání konstrukcí pro půdorysné zadání 9x12 m

### 5.3.1 Porovnání ceny v závislosti na objemu použitého materiálu

Graf 1. Porovnání ceny střešní konstrukce v závislosti na objemu použitého materiálu

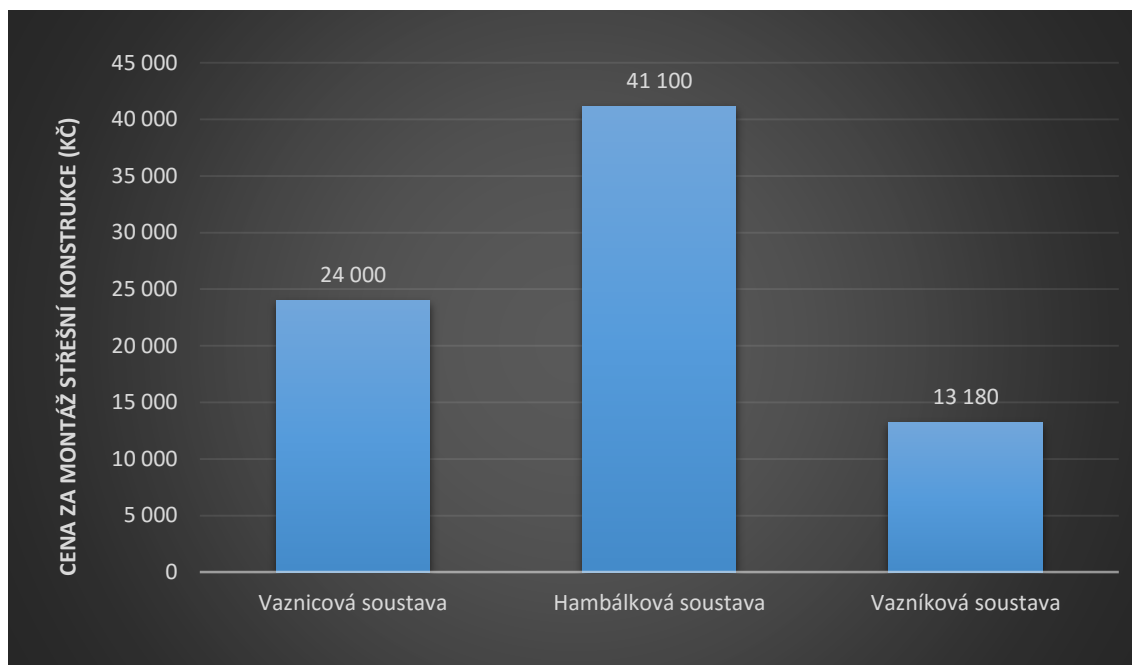


Z grafu 1. je patrné, že výsledná cena vazníkové soustavy je zhruba o polovinu nižší, nežli cena soustavy vaznicové. Nejnákladnější soustavou je hambálková. Je téměř třikrát dražší, nežli soustava vazníková. V porovnání se soustavou vaznicovou, vychází hambálek o 64 00 Kč více a výsledný objem použitého řeziva je vyšší o 6,5 m<sup>3</sup>. Hambálková soustava tvoří nejdražší způsob zastřešení.

Nejlépe řešený půdní prostor umožňuje vaznicová soustava. Méně vhodné je řešení hambálkové soustavy, rozmístěním nosných prvků v plných vazbách je dispozice částečně omezena. Přesto půdní vestavba lze.

### 5.3.2 Porovnání konstrukcí z hlediska ceny za montáž

Graf 2. Porovnání konstrukcí z hlediska ceny za montáž



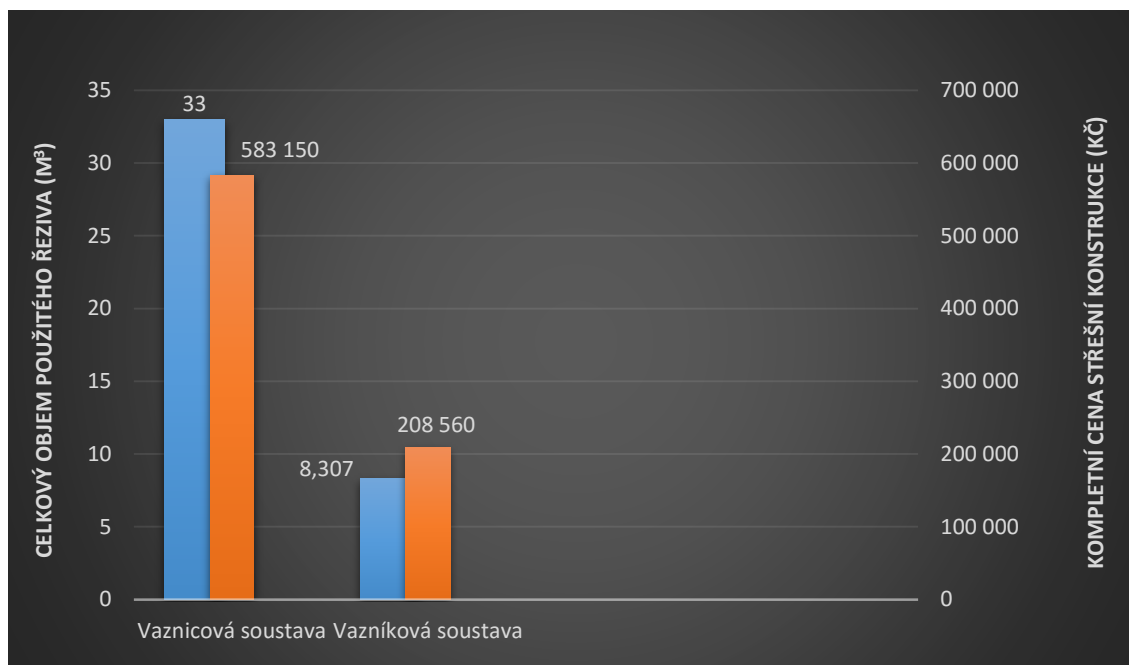
Dle předpokladu, jsou nejnižší náklady na montáž u vazníkové soustavy. Montáž probíhá za pomoci jeřábu a není tak náročná. Pokud je připraveno budoucí kotvení vazníků, může být samotná montáž hotová během jednoho dne. Nejvyšší náklady za montáž jsou u soustav klasických krovů.

To je způsobeno vysokou náročností tesařských prací a přemístováním hmot. Montáž hambálkové soustavy je v porovnání se soustavou vaznicovou dvakrát dražší.

## 5.4 Porovnání konstrukcí pro půdorysné zadání 14x18 m

### 5.4.1 Porovnání ceny v závislosti na objemu použitého materiálu

Graf 3. Porovnání ceny střešní konstrukce v závislosti na objemu použitého materiálu

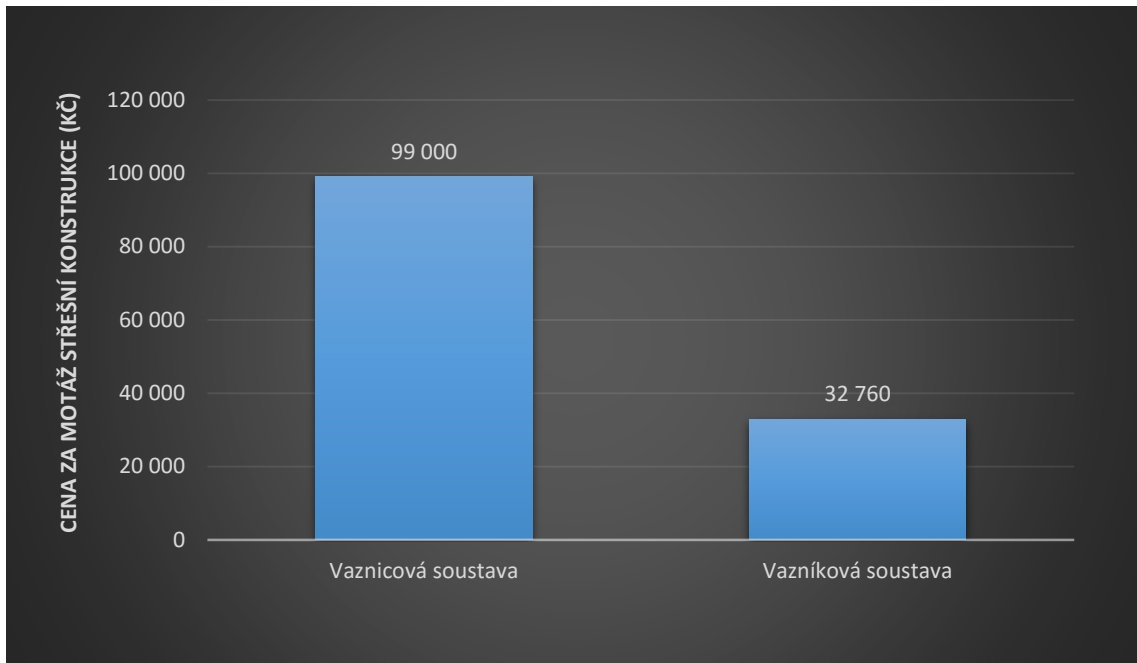


V případě tohoto rozpětí, je celková cena vaznicové soustavy téměř třikrát vyšší, nežli cena soustavy vazníkové a bylo použito čtyřikrát více materiálu. Ze dvou zástupců umožňuje půdní vestavbu pouze vaznicová soustava. Řešení hambalkové soustavy obě firmy zhotovující nabídky vyloučily. Důvodem byly obrovské vodorovné síly, které v konstrukci při tomto rozpětí vznikají. Jednotlivé nosné prvky pak vychází velkých rozměrů a krov je tak neekonomický.

Lze tedy říci, že hambalkový krov bez jiné nosné podpory jako je sloupek případně nosná svíslá podpora, lze realizovat do rozpětí zhruba 7 m. Při tomto rozpětí a ideálním sklonu střechy, lze ještě vodorovné síly přenést, a to za pomoci pozednice. Krov je zbaven nosných prvků v plných vazbách a vzniká volnější dispozice pro půdní vestavbu. Pozednice je pak kotvena pomocí ocelových táhel se stropní konstrukcí, která zatížení dále roznáší do obvodového zdiva. V tomto případě musí být dobře navrhnutá stropní konstrukce. Vaznicová soustava byla navrhnutá tak, aby bylo použito co nejméně nosných prvků a půdní prostor tak tvořil vhodnou dispozici pro obytnou část. Tento požadavek byl dodržen. Přesto je při tomto rozpětí spotřeba materiálu opravdu obrovská.

## 5.4.2 Porovnání konstrukcí z hlediska ceny za montáž

Graf 4. Porovnání konstrukcí z hlediska ceny za montáž



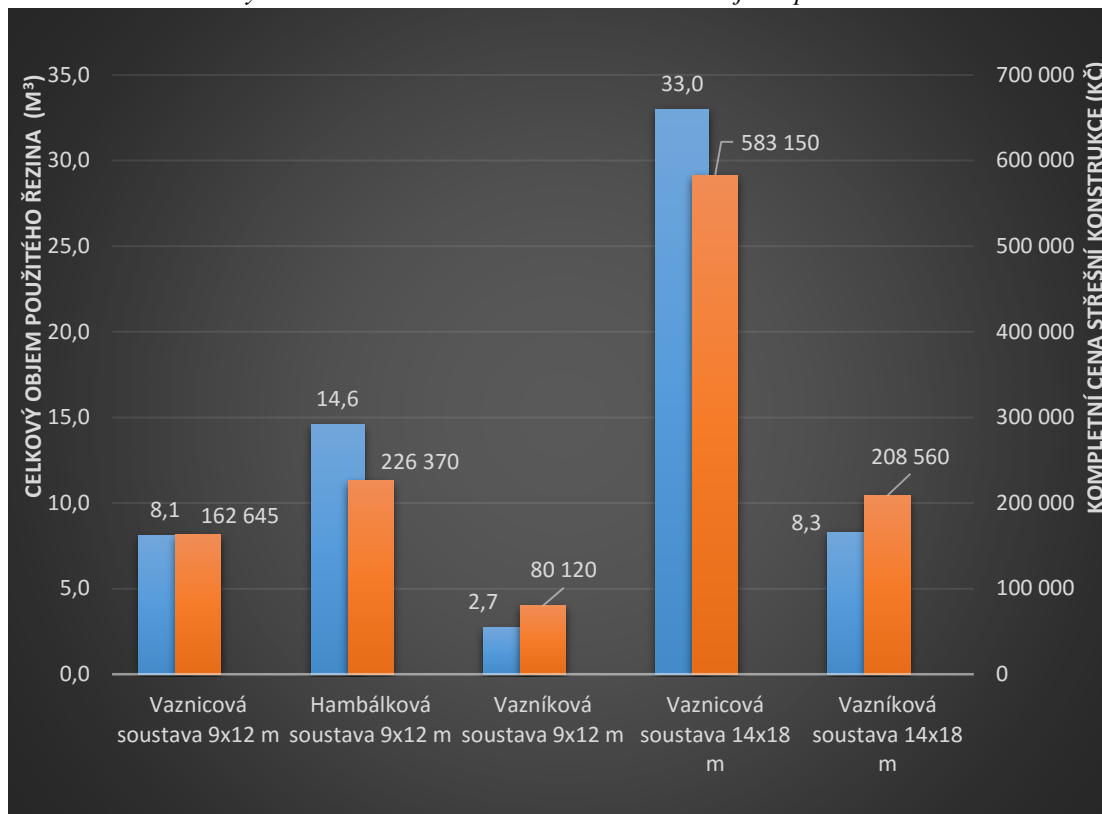
Z grafu 4. je patrné, že v případě rozpětí 14 m je montáž vaznicové soustavy téměř třikrát nákladnější, nežli v případě soustavy vazníkové. Se vzrůstajícím rozpětím střešní konstrukce, dochází v případě vaznicové soustavy k obrovským nárůstům dimenzí jednotlivých nosných prvků, a to mnohem více, nežli u soustavy vazníkové. Náročnost vaznicové soustavy se odráží ve výsledné ceně za montáž.



## 5.5 Porovnání obou půdorysných zadání

### 5.5.1 Porovnání ceny všech konstrukcí v závislosti na objemu použitého materiálu

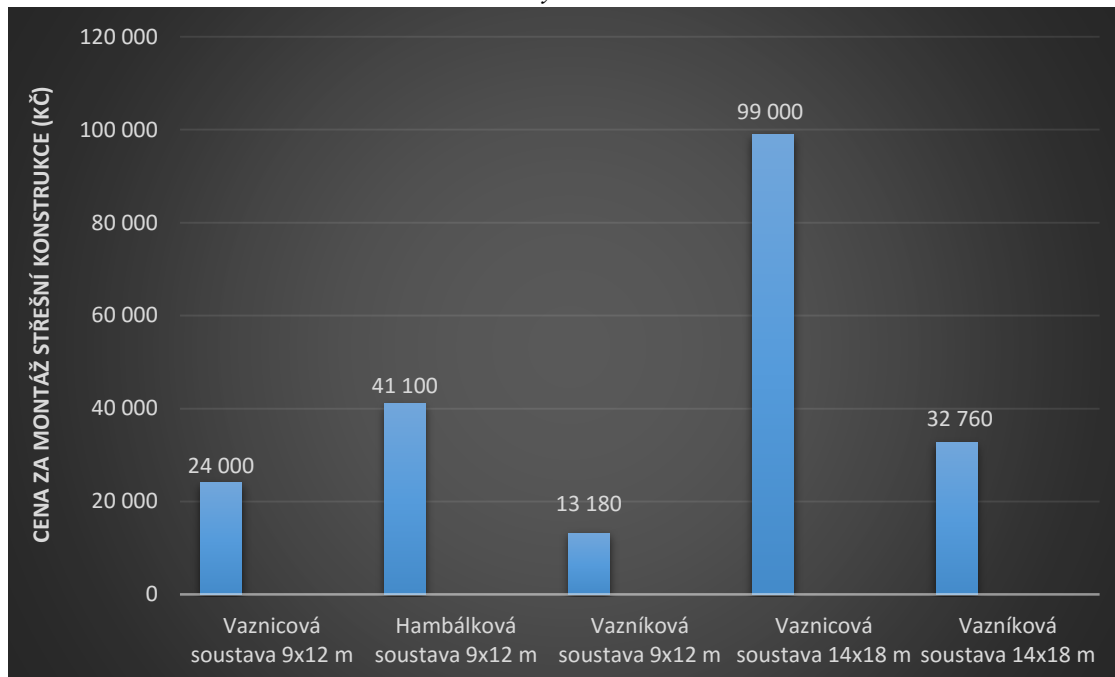
Graf 5. Porovnání ceny všech střešních konstrukcí v závislosti na objemu použitého materiálu



Pokud bychom měli porovnat všechny střešní konstrukce při rozpětí 9 a 14 m, dojdeme k závěru, že se nejvíce shodují objem použitého řeziva a cena střešní konstrukce u vaznicové soustavy 9x12 m a vazníkové soustavy 14x18 m. To znamená, že půdorysné zadání o plošných rozměrech 108 m<sup>2</sup> (9x12 m) zastřešeno vaznicovou soustavou, lze z hlediska kompletních nákladů srovnat se zadáním o plošných rozměrech 252 m<sup>2</sup> (14x18), které bylo zastřešeno soustavou vazníkovou. Toto by mohlo být vstupem při rozhodování mezi jednopodlažním domem, nebo domem patrovým. Ovšem pouze z pohledu střešní konstrukce. Se vzrůstající zastavěnou plochou, rostou též náklady spojené se spodní stavbou.

## 5.5.2 Porovnání všech konstrukcí z hlediska ceny za montáž

Graf 6. Porovnání všech konstrukcí z hlediska ceny za montáž



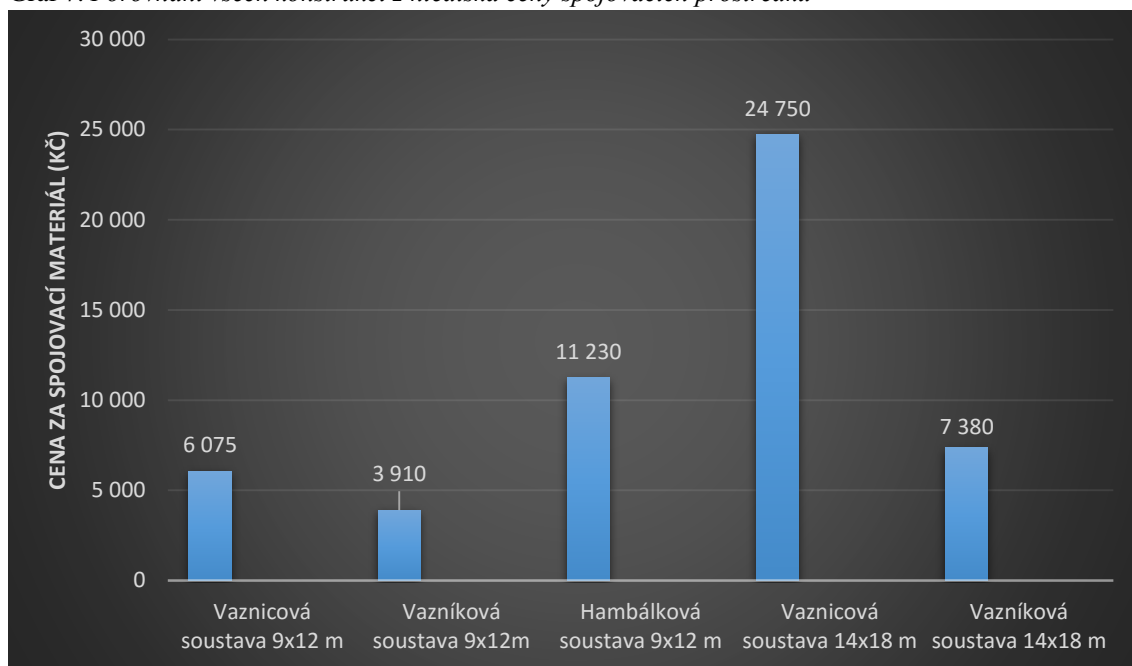
Jak u klasických krovů, tak i u vazníkových soustav, tvoří cena za montáž střešní konstrukce 15-20 % z kompletní ceny. Montáž vazníkových soustav, je ve srovnání s klasickými krovky méně finančně náročná.

U klasických krovů jsou v ceně montáže započítány tesařské práce a činnosti spjaté s montáží nosné střešní konstrukce. V ceně není započteno: dodávka a montáž klempířských výrobků a střešní krytiny, dodávka a montáž konstrukce štítů.

Cena za montáž u příhradových vazníků je stanovena za předpokladu plynulosti montáže, volného prostoru pro dovoz materiálu a jeho uskladnění a pro práci autojeřábem AD 20, tj. jeho zapatkování na pozemku nebo komunikaci na podélné straně objektu. Pro montáž dřevěných vazníků požaduje firma stavební připravenost obvodových a vnitřních nosných stěn pro uložení vazníků. V ceně montáže není počítáno s dodávkou a montáží klempířských výrobků a střešní krytiny.

### 5.5.3 Porovnání všech konstrukcí z hlediska ceny spojovacího materiálu

Graf 7. Porovnání všech konstrukcí z hlediska ceny spojovacích prostředků



U vazníkových soustav jsou v ceně uvažovány: kotvicí prostředky pro spojení příhradového vazníku se stropní konstrukcí a desky s prolisovanými trny pro sestavení vazníků. Spojovacím materiálem pro klasické krovy jsou myšleny: svorníky, hřebíky a vruty. V případě klasických krovů a vazníků se cena spojovacích prostředků pohybují přibližně 750 – 800 Kč za m<sup>3</sup> použitého dřeva.

## 6 Diskuze

Z předchozích výsledků je patrné, že každá konstrukce má své výhody a nevýhody. Hledat optimální východisko a nejvhodnější konstrukční řešení při zastřešení objektu, může být velice složité a čistě individuální vzhledem k půdorysnému uspořádání spodní stavby.

### 6.1 Výhody a nevýhody krovových soustav

#### **Výhody:**

- Lepší využití půdního prostoru.
- Vyšší požární odolnost.
- Tradiční konstrukce.
- Lepší doprava na staveniště.

#### **Nevýhody:**

- Tesařské spoje oslabují trámové prvky.
- Vyšší spotřeba materiálu.
- Vyšší cena řeziva.
- Náročnější montáž na staveništi.
- Vyšší hmotnost.

### 6.2 Výhody a nevýhody vazníkových soustav

#### **Výhody:**

- Nižší spotřeba materiálu. (Až o 40 %)
- Nízká cena řeziva menších rozměrů.
- Rychlá montáž.
- Vhodné do rozpětí 30 m.
- Nosná část pro zavěšení podhledu.

#### **Nevýhody:**

- Malé využití půdního prostoru.
- Nízká požární odolnost.
- Složitá doprava vazníků na staveniště.
- Potřebný software pro návrh.
- Nevhodnost pro členité střechy.

## 7 Závěr

Volba střešní konstrukce je čistě individuální záležitost, která musí být řešena v samotném počátku projektování stavby. Zároveň musí být znám účel půdního prostoru pro budoucí uplatnění.

Soustavy tvořené příhradovými vazníky, mají v dnešní době uplatnění u konstrukcí o velkém rozpětí nebo jednopodlažních rodinných domech. Svojí jednoduchostí a variabilitou budou vazníky i nadále tvořit nepostradatelný prvek v oblasti staveb, a to jak ze dřeva nebo jiných materiálů. Hlavním důvodem bude cena, jak již bylo vidět z vypracovaných nabídek. Další důvod je efektivita zastřešení méně členitých objektů, kde nejsou prvky střešní konstrukce v interiéru přiznané.

Estetičnosti a tradici spojené s klasickým krovem nemohou však vazníky konkurovat. Svoje uplatnění si tradiční krovy stále najdou u rekonstrukcí historických objektů, novostaveb a menších průmyslových objektů.

Dle poznatků této práce lze říct, že do rozpětí sedmi metrů, lze u staveb realizovat hambálkový krov bez nosných prvků, jako jsou vaznice nebo sloupky. Vzniká tak nejvolnější dispozice půdního prostoru. Tento druh krovu se nejčastěji uplatňuje u staveb menších půdorysných rozměrů, kde se snažíme vybudovat co největší půdní prostor. Tyto domy jsou v dnešní době velice oblíbené a umožňují pohodlné bydlení

Jak zde bylo zjištěno, klasický krov lze realizovat na rozpětí až 14m. Bohužel, cena krovu je při tomto rozpětí opravdu vysoká, ale realizace je možná. Pro tento případ by byl bezprostředně výhodnější příhradový vazník. V praxi se rodinné domy o půdorysných rozměrech 14x18 m vyskytují zřídka, ve většině případů se těmto rozměrům neblíží ani jednopodlažní domy. Jedná se spíše o průmyslové objekty.

Obecně lze tedy říct, že z hlediska ekonomičnosti je nejvýhodnější navrhovat rodinné domy 7-10 m rozpětí střešní konstrukce. Kvalitním návrhem středních podpor uvnitř objektu, lze docílit co nejjednodušší konstrukce.

Při vyšších rozpětích střešní konstrukce, je vhodné zhodnotit použití příhradového vazníku. Do 30 m rozpětí nejsou příhradové vazníky limitovány. U větších rozpětí však může být problém s návrhem půdních prostorů. Nejčastěji to je z důvodů vysokého zatížení a průhybu vazníku.

Druh použité střešní konstrukce, bude vždy záležet na velikosti stavebního pozemku. U malých stavebních pozemků, bude snaha budovat domy o více podlažích s obytným podkrovím. Naopak tomu bude u domů jednopodlažních. Každá stavba je tedy individuální záležitost a tak k ní musí být přistupováno.

Zastřešení vazníkovou soustavou, bude vždy nejekonomičtější řešení. Otázkou pro projektanta a rozpočtáře je, zda bude výhodnější jednopodlažní stavba nebo stavba s obytným podkrovím při stejné obytné ploše. Pokud navrhujeme dům s obytným podkrovím, musíme počítat s vyšší cenou krovu. Zastavěná plocha však bude menší oproti jednopodlažním domům.

V případě jednopodlažních domů bez obytného podkroví se nejčastěji využije příhradový vazník. Cena střešní konstrukce bude oproti domu s obytným podkrovím nižší. Výsledné náklady stavby však mohou být vyšší. Důvodem mohou být náklady spojené s větší zastavenou plochou. Z těchto důvodů je potřeba řešit stavbu jako ucelený celek, protože členitost střešní konstrukce bude vždy závislá na rozvržení spodní stavby.

## 8 Seznam literatury

HÁJEK, Václav. *Pozemní stavitelství II: pro 2. ročník SPŠ stavebních*. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 1999, 218 s. ISBN 80-859-2059-X

KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. 172 s., ISBN 80-86769-72-0

BERKA, Josef, LEDERER, Ferdinand. *Dřevěné a kovové konstrukce: pro 4. ročník středních průmyslových škol stavebních*. 3. vyd. Praha: SNTL-NAKLADATELSTVÍ TECHNICKÉ LITERATURY, 1982

JELÍNEK, Lubomír. *Tesařské konstrukce*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 978-80-87093-74-0.

OLÁH, Jozef, Marián MIKULÁŠ a Dana MIKULÁŠOVÁ. *Šikmé střechy: konstrukce, skladby, detaily, rekonstrukce*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2002. ISBN 80-88905-77-X.

STRAKA, Bohumil. *Konstrukce šikmých střech*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. Stavitel. ISBN 978-80-247-4205-2.

MATĚJKA, Libor. *Pozemní stavitelství III: šikmé a strmé střechy*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-540-2.

JELÍNEK, Lubomír. *Dřevěné a kovové konstrukce podle ČSN EN 1995-1-1 a ČSN EN 1993-1-1*. 1. vyd. Volyně: Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola, 2012. ISBN 978-80-86837-42-0.

NOVOTNÝ, Jan. *Cvičení z pozemního stavitelství pro 1. a 2. ročník: Konstrukční cvičení pro 3. a 4. ročník SPŠ stavebních*. Vyd. 1. Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-23-1.

REINPRECHT, Ladislav a Jozef ŠTEFKO. *Dřevěné stropy a krovy: typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce*. Vyd. 1. Praha: ARCH, 2000. ISBN 80-86165-29-9.

PŠENIČKA, František. *Konstrukce pozemního stavitelství – nosné konstrukce zastřešení*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1983.

ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 2. české vyd. Bratislava: JAGA, 2009. Home. ISBN 978-80-8076-080-9.

KOŽELOUH, Bohumil (ed.). *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5*. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-13-5.

KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7.



## Internetové zdroje

Rozdělení střešních konstrukcí. *Stavební komunita* [online]. 3.11.2012 [citace: 3.4.2016]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/rozdeleni-stresnich-konstrukci>

Druhy střech dle tvaru. *Stavební komunita* [online]. 3.11.2016 [citace: 11.4.2016]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/rozdeleni-stresnich-konstrukci>

Krovy, názvosloví krovu. *Stavební komunita* [online]. 3.11.2016 [citace: 11.4.2016]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/krovy>

Krovy. *Vysoká škola Báňská, Fakulta stavební - studijní materiály* [online]. [citace: 11.4.2016]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>

Krokevní krovy. *Roofs* [online]. [citace: 11.4.2016]. Dostupné z: <http://www.roofs.cz/typolog.php?lang>

VEJPUSTEK, Zdeněk. Střešní vazník. *VUT BRNO, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí* [online]. 2014 [citace: 11.4.2016]. Dostupné z: <http://www.vejpustek.cz/Prednasky/index.php?page=4>

Výroba vazníků a stěnových panelů. *Tries spol s.r.o* [online]. 11.4.2016 [citace: 11.4.2016]. Dostupné z: <http://www.tries.cz/sluzby/prihradove-konstrukce/vyroba-vazniku-a-stenovych-panelu/>

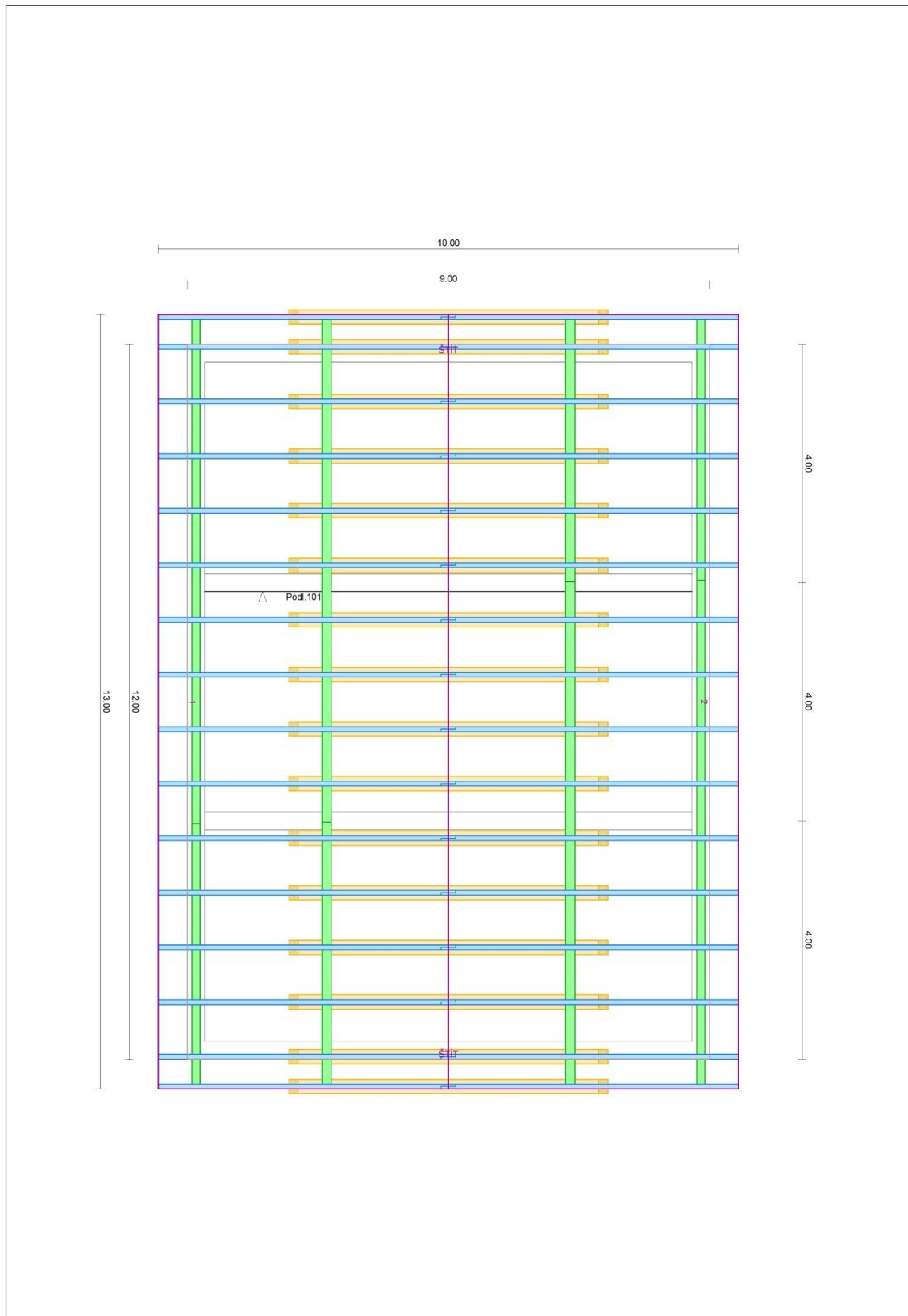
Dřevěné střešní konstrukce s kovovými deskami s prolisovanými trny. *ASB – Odborný stavební portál* [online]. 22.11.2008 [citace: 11.4.2016]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/drevene-stresni-konstrukce-skovovymi-deskami-sprolisovanymi-trny>

## 9 Seznam příloh

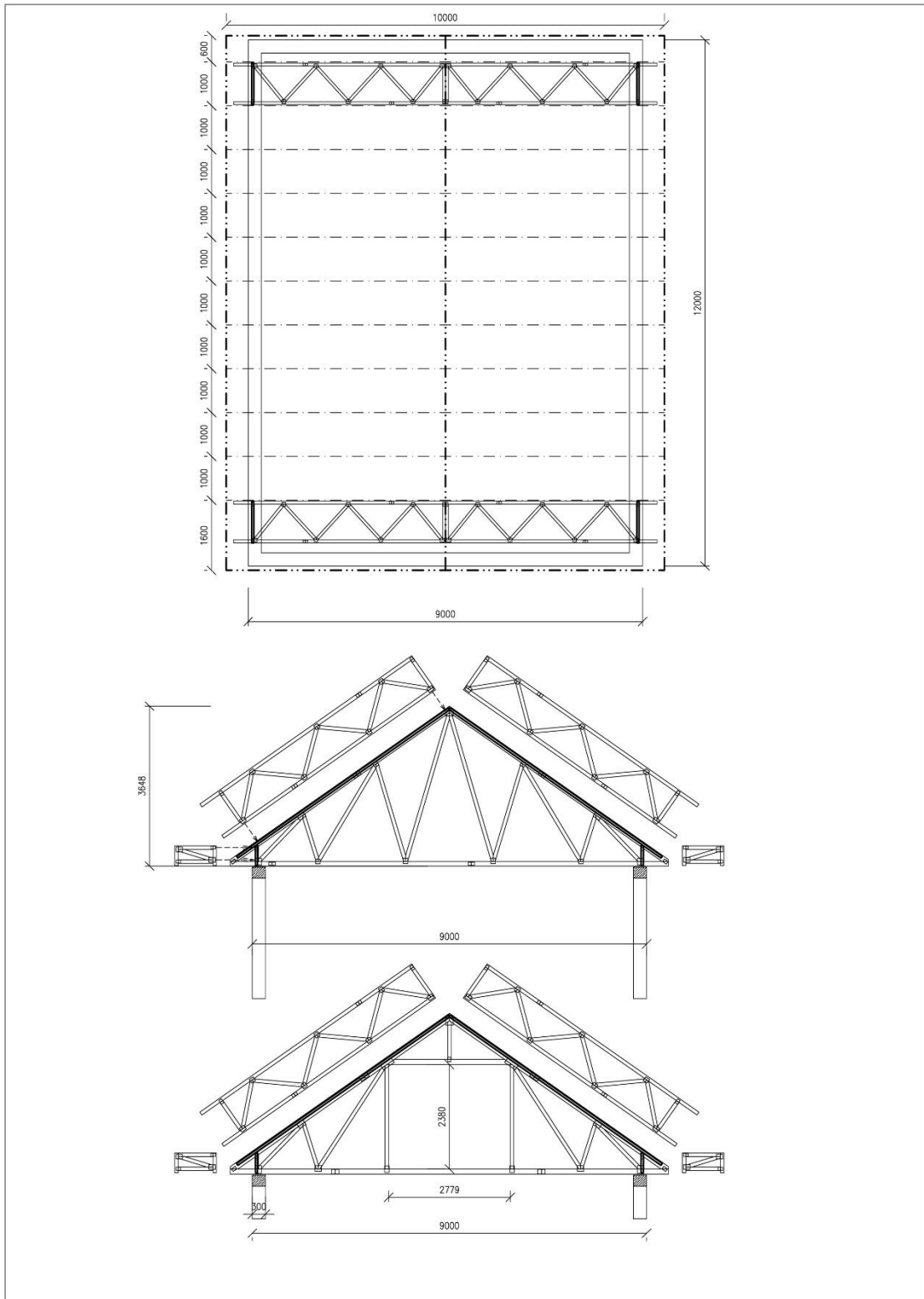
Příloha 1. Půdorysný výkres vaznicové soustavy 9x12 m.....	59
Příloha 2. Půdorys a svislý řez vazníkové soustavy 9x12 m .....	60
Příloha 3. Půdorys a svislý řez hambálkové soustavy 9x12 m .....	61
Příloha 4. Půdorysný výkres vaznicové soustavy 14x18 m.....	62
Příloha 5. Půdorys a svislý řez vazníkové soustavy 14x18 m .....	63

# 10 Přílohy

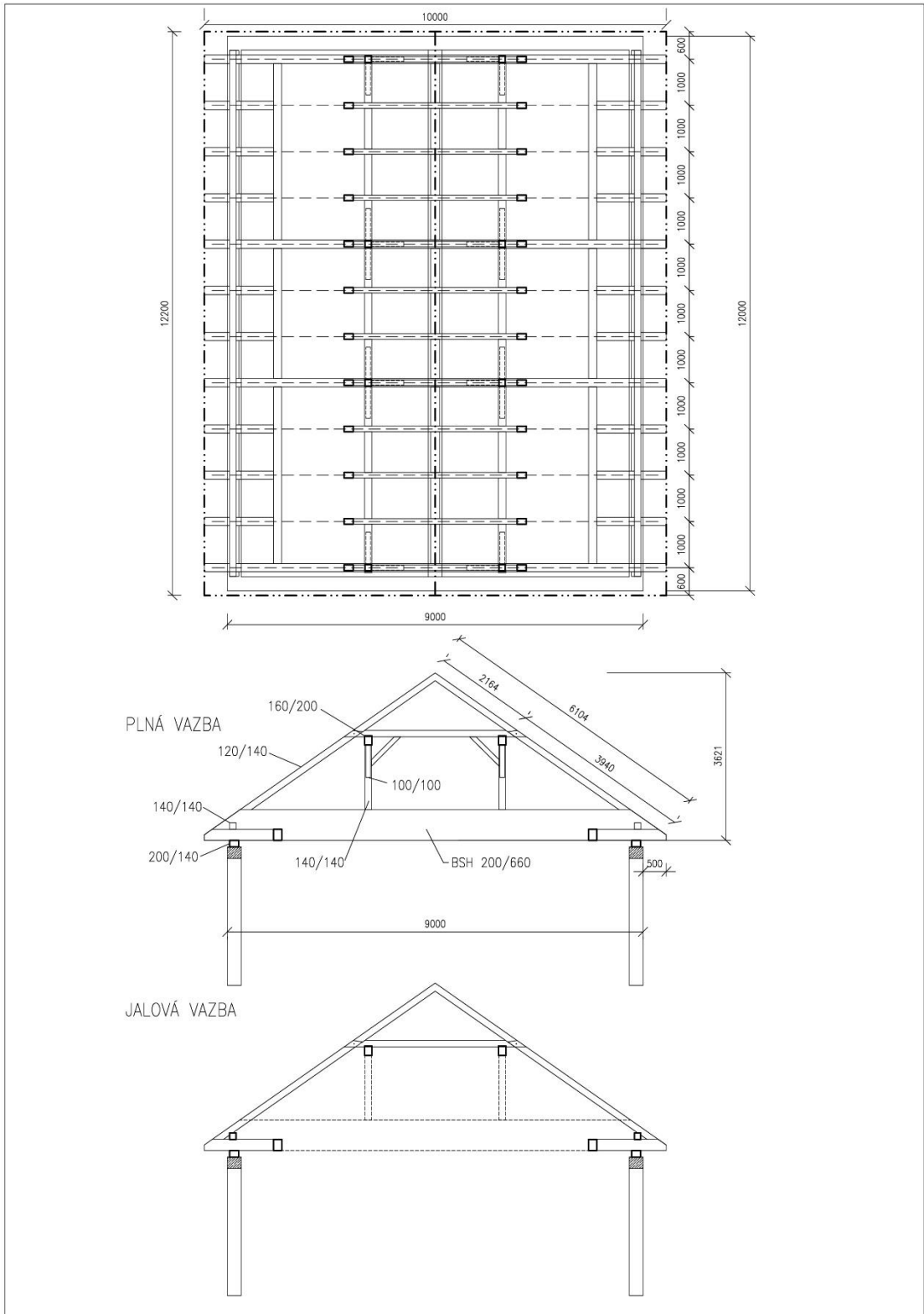
Příloha 1.



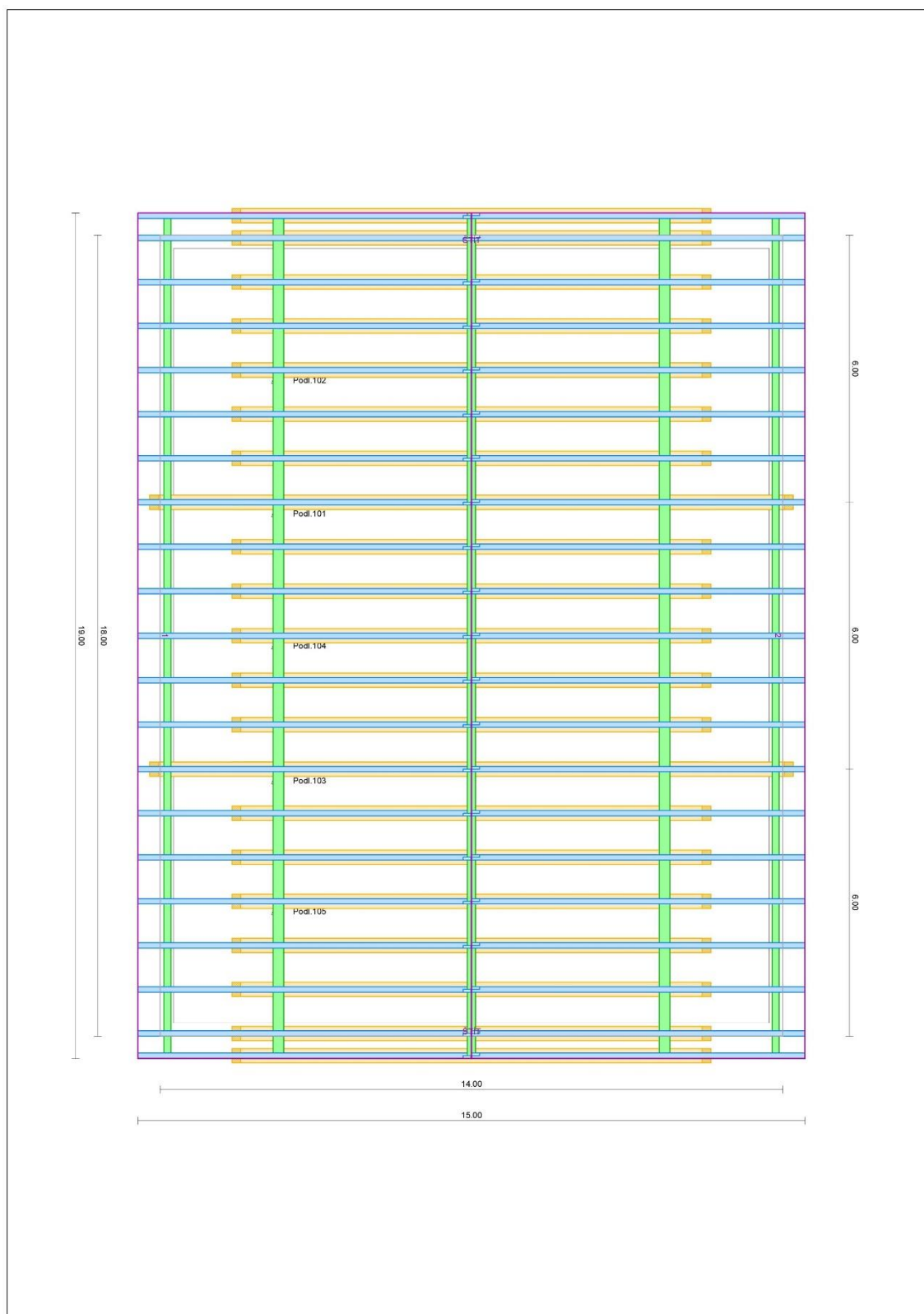
Příloha 2.



Příloha 3.



Příloha 4.



Příloha 5.

