

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**Sanace historických krovů**

**Radovan Priečko**

**2016**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Polák, PhD.**

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne:

.....

Jméno a příjmení diplomanta

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval především vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Karlu Polákovi, PhD. za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky. Rád bych také poděkoval přítelkyni a svým rodičům, kteří mi umožnili studium na vysoké škole a vždy mě při něm plně podporovali.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: PRIEČKO Jméno: RAĐOVAN Osobní číslo: 610165  
Zadávací katedra: K122 - KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB  
Studijní program: S1 - STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ  
Studijní obor: L - PŘÍPRAVA, REALIZACE A PROVOZ STAVEB

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: SANACE HISTORICKÝCH KROVŮ  
Název bakalářské práce anglicky: RESTORATION OF HISTORIC ROOFS  
Pokyny pro vypracování: 

- 1) PROBLEMATIKA, LEGISLATIVA
- 2) KROVY, DEFINICE, HISTORIE
- 3) HISTORICKÝ KROV, DEFINICE
- 4) PORUCHY KROVU, KATEGORIZACE
- 5) SANACE PORUCH
- 6) TECHNOLOG. POSTUP, S METOD

Seznam doporučené literatury: HISTORICKÉ KROVY, JAN VINAŘ, MAKLADATELSTVÍ GRADA 2009  
HÁNKŘI, PORUCHY A REKONSTRUKCE: DŘEVĚNÉ A OCELOVÉ KONSTRUKCE, VÁŠEK MILAN, GRADA 2011  
BIOLOGICKÉ ZEMODNOCENÍ STAVEB, RICHARD WASSERBAUER, ADF 2000

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. KAREL POLÁK, Ph.D.  
Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016

Ing. Karel Polák, Ph.D. doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

29.2.2016 Radovan Pričko

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

# **Sanace historických krovů**

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá poruchami krovů historických památek. Dále autor řeší legislativu spojenou s památkovou péčí. V práci jsou popsány a zhodnoceny nejběžnější sanační metody, na základě kterých jsou vypracovány technologické postupy.

## **Klíčová slova:**

Konstrukce krovu, historický krov, biologičtí škůdci dřeva, sanace

## **Remediation of historic roofs**

### **Annotation**

This bachelor thesis deals with failures of roofs of historic monuments. The author addresses the legislation related to monument preservation. In this work are described and evaluated the most common remediation methods, under which they are developed technological procedures.

### **Keywords:**

Roof construction, historic roof, biological pests of wood, remediation

## Obsah

Úvod.....	- 10 -
1. LEGISLATIVA .....	- 11 -
1.1. Zákon o státní památkové péči.....	- 11 -
1.2. Prováděcí vyhláška.....	- 11 -
1.3. Normy .....	- 11 -
1.4. Národní památkový ústav .....	- 12 -
2. KROVY.....	- 12 -
2.1. Definice a názvosloví.....	- 13 -
2.2. Tvary střech.....	- 13 -
2.2.1. Ploché střechy a střechy s malým spádem.....	- 13 -
2.2.2. Sedlové střechy a pultové střechy .....	- 15 -
2.2.2.1. Vazníkové soustavy.....	- 16 -
2.2.2.2. Krokevní soustavy .....	- 17 -
2.2.2.3. Hambalkové soustavy.....	- 19 -
2.2.2.4. Vaznicové soustavy .....	- 20 -
2.2.2.5. Vzpěradla, věšadla, zavětrování a uložení krovu .....	- 21 -
2.2.3. Střechy centrálních staveb a střechy věží .....	- 22 -
3. Historické krovy .....	- 23 -
3.1. Metodika popisu a průzkumu .....	- 23 -
3.1.1. Rozsah průzkumu a cíle .....	- 23 -
3.1.2. Dokumentace a postup průzkumu .....	- 24 -
3.1.3. Názvosloví .....	- 24 -
3.1.4. Kreslení .....	- 25 -
3.1.5. Fotodokumentace .....	- 26 -
3.2. Průzkum krovů.....	- 26 -

3.2.1.	Střecha .....	- 27 -
3.2.2.	Krytina .....	- 27 -
3.2.3.	Krov .....	- 27 -
3.2.4.	Podkroví .....	- 27 -
3.3.	Historie krovu.....	- 28 -
4.	Poruchy krovů .....	- 28 -
4.1.	Poruchy od zatékání a biologické znehodnocení.....	- 28 -
4.2.	Špatně provedené dřívější opravy .....	- 29 -
4.3.	Poddimenzování prvků a konstrukce krovu .....	- 30 -
4.4.	Přetěžování konstrukce krovu.....	- 30 -
5.	Sanace poruch .....	- 31 -
5.1.	Okartáčování a nátěr .....	- 31 -
5.2.	Sanace napadeného dřeva.....	- 31 -
5.2.1.	Hloubková injektáž .....	- 31 -
5.2.2.	Horkovzdušná sanace .....	- 32 -
5.3.	Příložkování .....	- 34 -
5.4.	Protézování .....	- 36 -
5.4.1.	Klasické tesařské metody .....	- 36 -
5.4.2.	Beta-metoda protézování .....	- 37 -
5.5.	Nahrazení kopí.....	- 39 -
5.5.1.	Ručně tesaný trám .....	- 39 -
5.5.1.1.	Tesařské řemeslo .....	- 39 -
5.5.1.2.	Příprava dřeva .....	- 39 -
5.5.1.3.	Proces tesání.....	- 40 -
5.5.1.4.	Uložení trámu .....	- 40 -
	Závěr .....	- 42 -



Seznam obrázků ..... - 43 -

Použitá literatura a elektronické zdroje..... - 44 -

#### Seznam příloh

Příloha č. 1 – Technologický postup – oprášení a chemické ošetření

Příloha č. 2 – Technologický postup – hloubková injektáž

Příloha č. 3 – Technologický postup – příložkování

Příloha č. 4 – Technologický postup – protézování beta-metoda

Příloha č. 5 – Technologický postup – ručně tesaný trám

## Úvod

Dřevo patří už celá staletí k osvědčenému a přirozenému stavebnímu materiálu. Jeho uplatnění nenalezneme pouze u výroby nábytku, ale také na výstavbu obydlí. Dřevo je organický a obnovitelný zdroj, který je snadno dostupný. Nicméně jeho životnost je omezená.

Na našem území se nachází mnoho staveb, které jsou historicky významné, ať už jsou památkově chráněné nebo ne. Krovky těchto staveb jsou vyrobeny ze dřeva, které podléhá času. Abychom o tyto památky a jejich historickou hodnotu nepřišli, je nutné je udržovat. Netýká se to pouze staveb v České republice, ale v celém světě. Zastřešení prostoru pomocí dřevěné konstrukce je známé už od pravěku. V průběhu staletí se konstrukce krovu zdokonalovali a stávali se složitějšími, proto je pro jejich poznání velice důležitý průzkum.

Současný stav legislativy, která se týká krovů, je nedostatečný. Díky tomu neexistuje jednotný systém a každá země, která tuto problematiku řeší, má jiné názvosloví a jiné postupy. Usměrnění nalezneme pouze v normách, které se týkají dřevěných konstrukcí. Na našem trhu existují publikace zkušených projektantů, které se této problematice věnují a mohou sloužit projektantům a statikům v oboru historických staveb, jako dobrý podklad pro návrh sanace.

O tuto problematiku jsem se začal zajímat z důvodu poznání a porozumění krovů, jelikož jsem se jedné komplexní sanace účastnil jako mistr v rámci vysokoškolské praxe. Zajímalo mne, jak mohou být krovky napadené biologicky a poškozené mechanicky a jak tyto problémy řešit. Zároveň jsem tím chtěl zužitkovat informace a zkušenosti, které jsem při praxi získal. Za cíl jsem si stanovil popsat metody sanace, které se dají použít pro určité kategorie poruch.

Každá historická stavba, ať už je nebo není památkově chráněna, si zaslouží údržbu, aby byla dochována pro budoucí generace.

## **1. LEGISLATIVA**

V české legislativě není ustanovena konkrétní péče o historické krovy, ty jsou převážně součástí stavby a ta je poté celá prohlášena za kulturní památku. Jednotlivé definice názvosloví týkající se kulturních památek najdeme v zákoně č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, v první části. Uvedeme si alespoň některé zákony, týkající se kulturních památek v České republice a normy spojené s navrhováním dřevěných konstrukcí.

### **1.1. Zákon o státní památkové péči**

Co se historických krovů týče, tak zákon o státní památkové péči na ně přímo neodkazuje. Zabývá se obecnými charakteristikami kulturních památek a tím, kdy lze stavbu prohlásit za kulturní památku. Zákon také uvádí v § 9, že je povinností o tyto památky pečovat, udržovat je v dobrém stavu a chránit je před poškozením.

### **1.2. Prováděcí vyhláška**

Prováděcí vyhláška č. 66/1988, kterou se provádí zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, už zmiňuje některé požadavky na udržování kulturních památek. Uvádí obecné kroky, jak postupovat při restaurování, ty jsou stejné pro všechny kulturní památky. Nicméně ani tato vyhláška se nezmiňuje o historických krovech.

### **1.3. Normy**

Kromě uvedeného zákona a vyhlášky nesmíme zapomenout na normy, které se zabývají navrhováním a prováděním dřevěných konstrukcí. V minulosti se v naší republice používaly tyto národní normy:

- ČSN 1052-1929 Předpisy pro dřevěné konstrukce pozemního stavitelství
- ČSN 1052-1941 Předpisy pro dřevěné konstrukce
- ČSN 73 2050-1950 Projektování dřevěných konstrukcí
- ČSN 73 1701-1969 Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí

- ČSN 73 1701-1983 Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí (revize předcházející normy)

Normy ČSN 1052 a norma ČSN 73 2050 uváděly postupy pro navrhování podle dovolených namáhání. Norma ČSN 73 1701 je normou, která zavádí navrhování podle mezních stavů. V rámci Evropské unie se od roku 1980 zpracovává jednotná soustava normativních dokumentů pro navrhování stavebních konstrukcí pod názvem Eurokódy. Pravidla pro navrhování dřevěných konstrukcí nalezneme v evropské normě EN 1995, která je známá jako Eurokód 5. Do soustavy českých norem byl Eurokód 5 zařazen v prosinci roku 2006 jako ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí – obecná pravidla, ČSN EN 1995-1-2 Navrhování konstrukcí na účinky požáru a ČSN EN 1995-2 Mosty. V roce 2008 byla norma ČSN 73 1701 zrušena a byla nahrazena normou ČSN 73 1702, která je upraveným překladem německé normy DIN 1052:2004-08 (tato norma je verzí EN 1995-1-1, která ji rozvíjí v duchu německých tradic a zvyklostí). Normu na navrhování sanace historického krovu nenalezneme, proto je třeba u navrhování oprav krovů také vycházet z dlouholeté zkušenosti tesařů a metodických pokynů, které nahrazují chybějící legislativu.

#### **1.4. Národní památkový ústav**

Díky tomu, že výše zmíněný zákon a vyhláška jsou stručné a obecné, vznikla publikace vydaná Národním památkovým ústavem – Projektování obnovy stavebních památek [5]. Tato publikace se zabývá projektovou přípravou, vlastním projektováním a projednáváním navržených oprav s orgány státní památkové péče. Tyto procesy budou stručněji popsány v dalších kapitolách.

## **2. KROVY**

Třídění krovů se může lišit podle toho, zda se dává přednost hledisku historickému, genetickému nebo funkčnímu (statickému) [13]. Vzhledem k tomu, že existuje celá řada krovů, které můžeme řadit do různých soustav, obecně platné dělení konstrukcí není nutné zavádět, nicméně zavést určitý systém pro orientaci a uspořádání bylo nezbytné. V následujících kapitolách si popíšeme definici krovu, konstrukční soustavy a tvary střech.

## 2.1. Definice a názvosloví

Před popisem jednotlivých konstrukčních soustav je nutné uvést některé užívané pojmy:

- konstrukce – strukturovaná část stavby, plnící určitý účel [6]
- prvek – část konstrukce, která se dále nedělí [6]
- krov – vázaná nosná konstrukce střechy [6], která přenáší zatížení (větrem, sněhem, vlastní tíhou) do svislých nosných konstrukcí
- vazba – část krovu vázaná z jednotlivých prvků, spojených tesařskými spoji, svorníky atd.) [6]
- otevřený krov – krov, který je součástí interiéru, není zakryt podhledem [6]

Další pojmy budou vysvětleny u jednotlivých soustav.

## 2.2. Tvary střech

Tvary střechy můžeme rozdělit do několika skupin:

- a) ploché střechy a střechy s malým spádem
- b) sedlové střechy a pultové střechy
- c) střechy centrálních staveb a střechy věží

Tyto skupiny si nyní podrobněji popíšeme v následujících podkapitolách.

### 2.2.1. Ploché střechy a střechy s malým spádem

Konstrukce těchto střech vychází s konstrukce stropů. Ploché střechy bez spádu [obr. 1] jsou běžné v suchých oblastech [13]. U tradičních staveb najdeme dřevěné nosníky, na kterých je hliněná mazanina, která chrání interiér před krátkodobým deštěm a rychle vysychá. U náročnějších staveb tvoří pochozí vrstvu dlažba, která má funkci krytiny. Trámy pochůzných střech jsou dimenzovány na užité zatížení.

Prvky: trámy, záklop, násyp nebo mazanina, podlaha terasy



*Obr. 1: Plochá střecha užívaná jako terasa, Egypt (Převzato z [13])*

Střechy s malým spádem (méně než  $30^\circ$ ) mají někdy také konstrukci stejnou jako strop. Obvykle se setkáváme s trémovým stropem s nosníky (krokve jsou kladeny ve směru sklonu). Střechy s malým spádem můžeme běžně nalézt ve Středomoří [obr. 2]. Na našem území měli tuto konstrukci některé románské krovky.



*Obr. 2: Tavernola, Itálie (střecha s malým spádem, sklon cca  $20^\circ$ , převzato z [13])*

## 2.2.2. Sedlové střechy a pultové střechy

Sedlové střechy [obr. 3] jsou tvořeny dvěma rovinami, které mají průnik v hřebeni. V příčném směru je ukončena štítem nebo valbou. Zděný štít se nepovažuje za součást krovové konstrukce, nicméně často jsou na něj ukládány vaznice krovu [2].



Obr. 3: Vlevo sedlová střecha ukončená valbou, vpravo pultová střecha (Převzato z <http://www.coleman.cz/typy-sikmych-strech>)

Pultové střechy [obr. 3] mají pouze jednu rovinu, často zastřešují objekt, který je připojený k vyšší stavbě. Tyto typy střech často doprovázejí střechy sedlové. Tuto kombinaci můžeme nalézt u staveb kostelů, kdy hlavní loď má střechu sedlovou a boční lodě střechu pultovou [obr. 4].

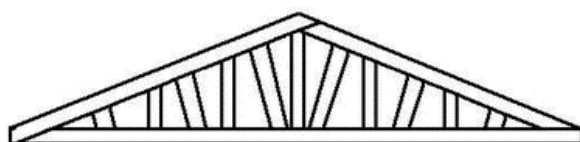


Obr. 4: Kombinace pultové a sedlové střechy (Převzato z <http://www.hamelika.cz/IMAGES/PAMATKY/KOSTELY/HLEDKOST/vh02.jpg>)

V následujících podkapitolách si rozdělíme šikmé střechy na jednotlivé konstrukční soustavy. Dělení je následující: vazníkové soustavy, krokevní soustavy, hambalkové soustavy, vaznicové soustavy.

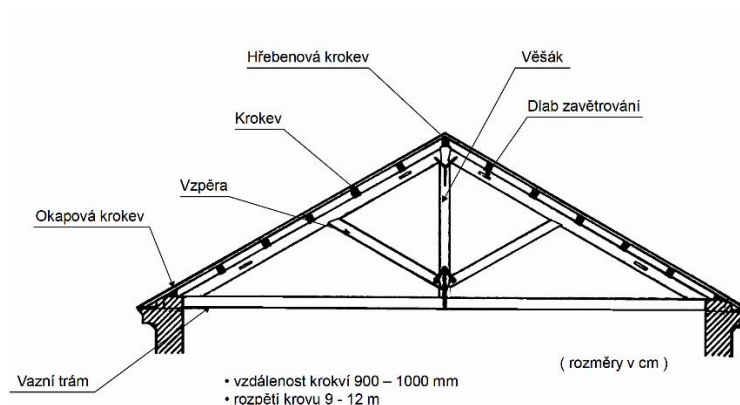
### 2.2.2.1. Vazníkové soustavy

Pro tento typ krovu se charakteristická příčná nosná konstrukce – vazník [obr. 5]. Toto řešení minimalizuje namáhání ohybem tak, aby převažovalo namáhání tlakem nebo tahem. Vzdálenost vazníků může být od 2 do 5 metrů [8].



Obr. 5: Schéma příhradového vazníku (Převzato z [https://cs.wikipedia.org/wiki/Krov#/media/File:Príhradovy\\_vaznik.png](https://cs.wikipedia.org/wiki/Krov#/media/File:Príhradovy_vaznik.png))

Střešní plášť je nesen krokviemi, které jsou rovnoběžné s okapem (tzv. vlašské krokve [obr. 6], podle země původu). Na těchto krokvích jsou latě kladené kolmo k okapu (svislé latě) [11].



Obr. 6: Vlašská soustava (Převzato z [http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP\\_STAVO\\_STA60\\_013\\_vla%C5%A1sk%C3%A1-soustava.png](http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP_STAVO_STA60_013_vla%C5%A1sk%C3%A1-soustava.png))

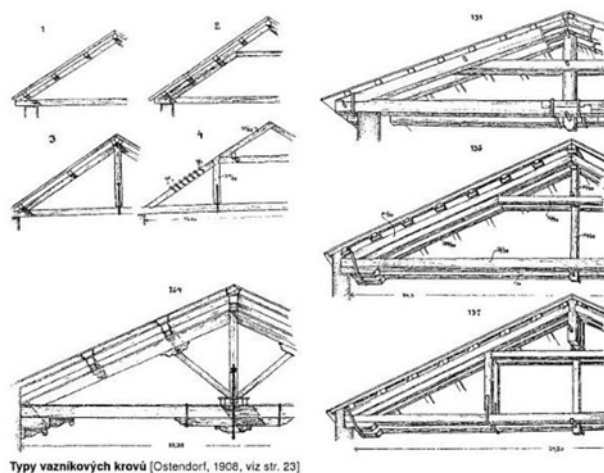
Tyto soustavy jsou vhodné pro střechy s malým sklonem (kolem 30°). Vazníkové krovu s tímto sklonem se vyskytují v oblasti Středomoří již od antiky. Větší sklony (do 50°) můžeme najít na britských ostrovech. Při větších sklonech efektivita vazníků klesá, v našich podmínkách se u historických staveb tento typ velmi neuplatnil.

Prvky: horní pas (krokev) – tlačení, spodní pas (vazní trám) – tažení, svislice, diagonály, sloupky, vzpěry, rozpěry.



Typy vazníkových krovů [obr. 7]:

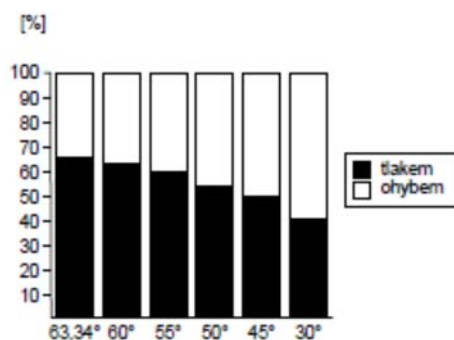
prostý vazník – 1, vzpěradlový vazník – 2, vazník s věšadlem – 3, vzpěradlový vazník s věšadlem – 4, věšadlový vazník – 135, vzpěradlové vazníky s věšadlem – 136, 137, příhradový vazník – 164



Obr. 7: Typy vazníkových krovů (vlevo nahoře 1, uprostřed nahoře 2, vpravo nahoře 135, uprostřed vlevo 3, uprostřed uprostřed 4, uprostřed vlevo 136, vlevo dole 164, vpravo dole 137, převzato z [13])

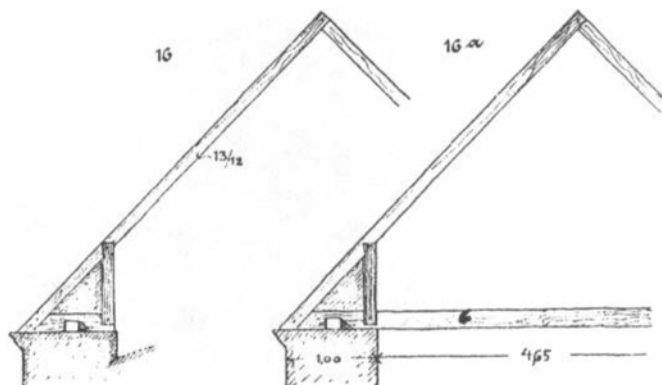
### 2.2.2.2. Krokevní soustavy

Nosným prvkem těchto soustav je krokev (u sedlových střech pár krokví), šikmý nosník, který je ukládán ve směru spádu střechy. Tento prvek je základem všech soustav, kromě vazníkových. Pro dimenze krokeve je zásadní sklon střechy a rozpětí. U větších sklonů (od 45°) převažuje nad namáhání ohybem namáhání tlakem [graf 1]. Nejjednodušší krovy tvoří jen krokeve. U střech sedlových se v hřebeni krokeve podpírají. Vylepšením těchto soustav bylo zavedení hambalků, ty rozpírají a spojují krokeve a ztužují celý krov.



Graf 1: Namáhání šikmých prvků (převzato z [13])

Krokevní soustavy se dělí na prosté, se vzpěrami, podélně podepřené. Krokevní soustava prostá [obr. 8] se vyskytuje během celé stavební historie u staveb primitivních, vesnických staveb apod.

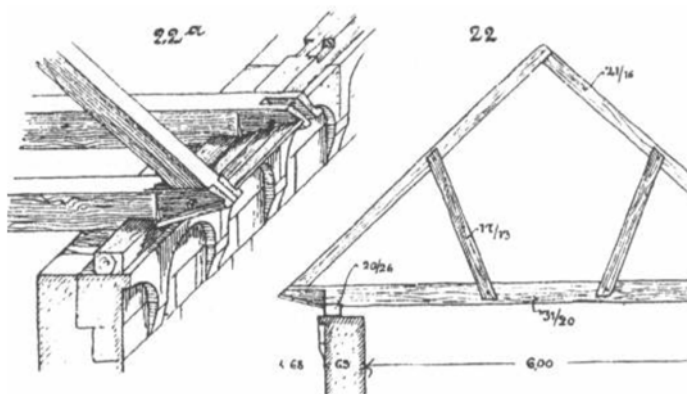


Obr. 8: Krokevní soustava prostá (Převzato z [13])

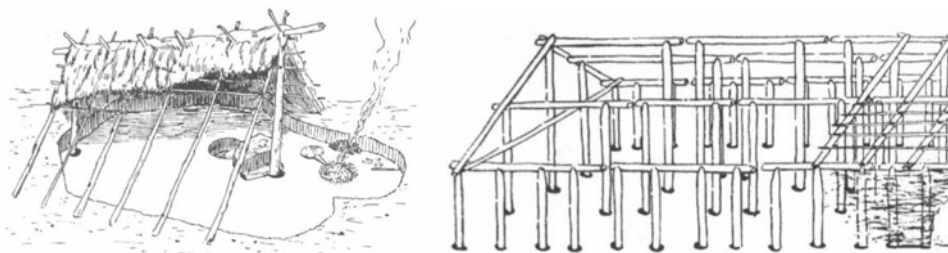
Krokevní soustavu se vzpěrami [obr. 9] tvoří vzpěry krovů, které můžeme najít téměř u všech krovů, běžně u hambalkových krovů.

Soustavy podélně podepřené dělíme dále na soustavy s vrcholovou vaznicí a soustavy s více vaznicemi. Soustavy s vrcholovou vaznicí [obr. 10] se vyskytovaly již v pravěku. Vrcholová vaznice je podepřena sloupkem s pásky. Soustavy s více vaznicemi [obr. 10] se vyskytují u střech s malým sklonem. Dnes tento typ najdeme běžně ve Středomoří, u nás například ve Volarech.

Prvky: krokve, vazný trám, vzpěry krovů, patní sloupky, hřebenová vaznice, sloupek, pásky, vzpěradlo, podélná vazba, vaznice



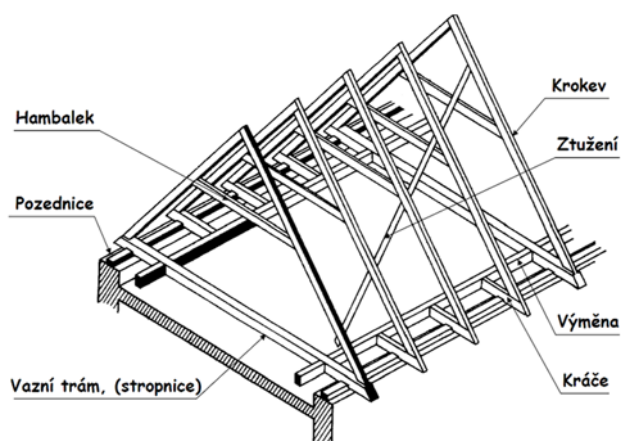
Obr. 9: Krokevní soustava se vzpěrami (Převzato z [13])



Obr. 10: Vlevo kroevní soustava s vrcholovou vaznicí, vpravo kroevní soustava s vaznicemi (Převzato z [13])

### 2.2.2.3. Hambalkové soustavy

U těchto soustav [obr. 11] je typickým prvkem hambalek, který vytváří vazbu. Hambalek se využívá už od středověku až do 19. století. Tento prvek zajišťuje příčné ztužení. Tento typ soustav je výhodný od sklonu 50° (krokve jsou převážně namáhány tlakem).



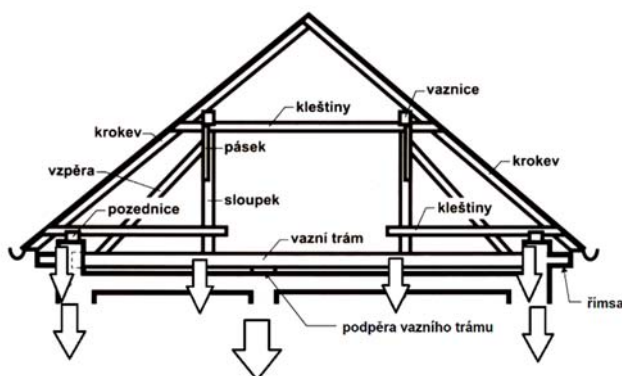
Obr. 11: Hambalková soustava (Převzato z [http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP\\_STAVO\\_STA60\\_014\\_hamb%C3%A1lkov%C3%A1-soustava.png](http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP_STAVO_STA60_014_hamb%C3%A1lkov%C3%A1-soustava.png))

Hambalkové krovy mohou být také ztuženy ondřejskými kříži (dřevěné prvky opírající se o krokve do kříže), nebo vzpěrami krokví. Tyto typy krovů bývaly často zdobeny řezbou nebo malováním. Hambalkové soustavy dělíme na prosté (ztuženy jedním nebo dvěma hambalky) a podepřené (s podélnou stolicí). Podélnou stolicí tvoří vaznice, sloupky, podélný práh na vazných trámech, nebo průvlak pod vazným trámem, ondřejské kříže, diagonály a pásky. Charakteristickým spojem hambalku a krokve je tzv. rybinový plát, ten je schopný přenášet tak i tlak.

Prvky: krokve, hambalky, vazný trám, kráčata, ondřejské kříže, vzpěry krokví, sloupky, patní sloupky, táhlo věšadla, vzpěry hambalků, vzpěry sloupků

#### 2.2.2.4. Vaznicové soustavy

U těchto soustav rozdělujeme plné a jalové vazby. Zatížení je přenášeno z jalových vazeb do plných pomocí vaznic [11]. V plných vazbách jsou vaznice podepřeny sloupky nebo vzpěradly. Podle počtu vaznic rozlišujeme počet pater krovu. Tento typ soustavy je na našem území nejrozšířenější. Dělíme jej na vaznicové soustavy se stojatou stolicí [obr. 12] a s ležatou stolicí [obr. 13].



Obr. 12: Stojatá stolice (Převzato z [http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP\\_STAVO\\_STA60\\_023\\_stojat%C3%A1-stolice.png](http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP_STAVO_STA60_023_stojat%C3%A1-stolice.png))

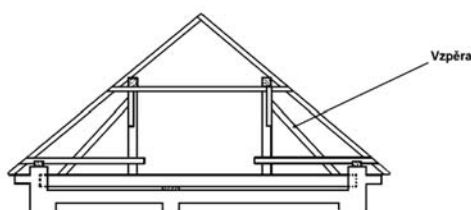


Obr. 13: Ležatá stolice (Převzato z [http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP\\_STAVO\\_STA60\\_026\\_podep%C5%99en%C3%AD-le%C5%BEat%C3%A9-stolice.png](http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP_STAVO_STA60_026_podep%C5%99en%C3%AD-le%C5%BEat%C3%A9-stolice.png))

Prvky: krokve, hambalky, kleštiny, vaznice, sloupky, vzpěry sloupků, rozpěra vaznic, vazný trám, kráčata, pozednice, bačkory, železné pásky.

### 2.2.2.5. Vzpěradla, věšadla, zavětrování a uložení krovu

Vzpěradla slouží ke snížení namáhání prvků krovu ohybem. Zatížení přenáší blíže k podporám. Uplatnění naleznou tam, kde by namáhání od sloupků příliš zatěžovalo vazný trám [8]. Vzpěradlo je konstrukce, která se skládá z více prvků. Jednoduché vzpěradlo je tvořené vazným trámem, dvěma sloupky dvěma vzpěrami a rozpěrou [obr. 14].



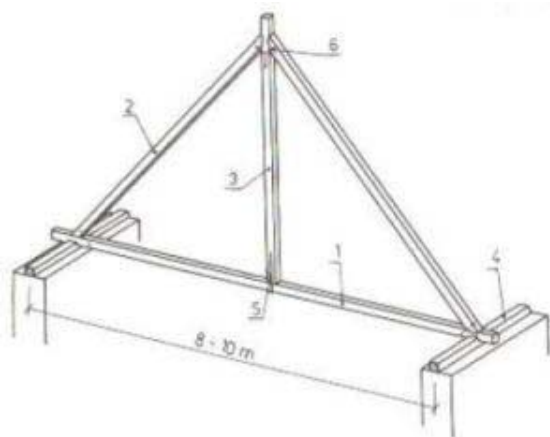
Obr. 14: Jednoduché vzpěradlo (Převzato z [http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP\\_STAVO\\_STA60\\_009\\_vzp%C4%9Bra.png](http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP_STAVO_STA60_009_vzp%C4%9Bra.png))

Tlakem jsou namáhány šikmé vzpěry a rozpěra, vazným trámem je tažen, sloupky jsou nad stykem se vzpěrou tlačeny, pod tímto stykem už je sloupek namáhán tahem a může být využit pro vyvěšení vazného trámu. Nejvíce propracovaným typem vzpěradel jsou ležaté stolice krovů z 16. až 18. století. Často jsou využívány při zesilování stávající konstrukce krovů.

Konstrukce věšadel je využívána nad prostory s velkým rozpětím. Většinou se s tímto řešením setkáme tam, kde chybí střední nosná zeď, na kterou se dají uložit sloupky krovu. Tato konstrukce pomáhá vynášet prvky namáhané ohybem (obvykle vazné trámy). Charakteristickým prvkem věšadla je tažený sloupek s různými variantami závěsu. U krovů v oblasti Středozemního moře se můžeme setkat s železnými závěsy, v období středověku s dřevěnými. U nás jsou železné závěsy běžné od 17. století. Věšadla dělíme na jednoduchá [obr. 15], dvojitá a trojitá. Jednoduché věšadlo se skládá ze vzpěr a věšáku.

Zavětrování slouží u krovů ke ztužení v podélném směru. Starobylé primitivní krovky jsou ztuženy většinou jen pomocí krytiny. Dokonalé podélné ztužení můžeme nalézt u krovů hambalkových s podélnou stolicí, kde k tomuto účelu slouží vaznice. U krovů s ležatou stolicí je podélné ztužení zajištěno v rovině vzpěr vaznicemi, ondřejskými kříži nebo diagonálami.

Stojaté stolice mají podélné ztužení zajištěné pásky a vaznicemi, někdy přispívá i pozednice. Vysoká tuhost krovů je zajištěna uspořádáním prvků tak, aby pokud to jde, tvořily trojúhelníky.



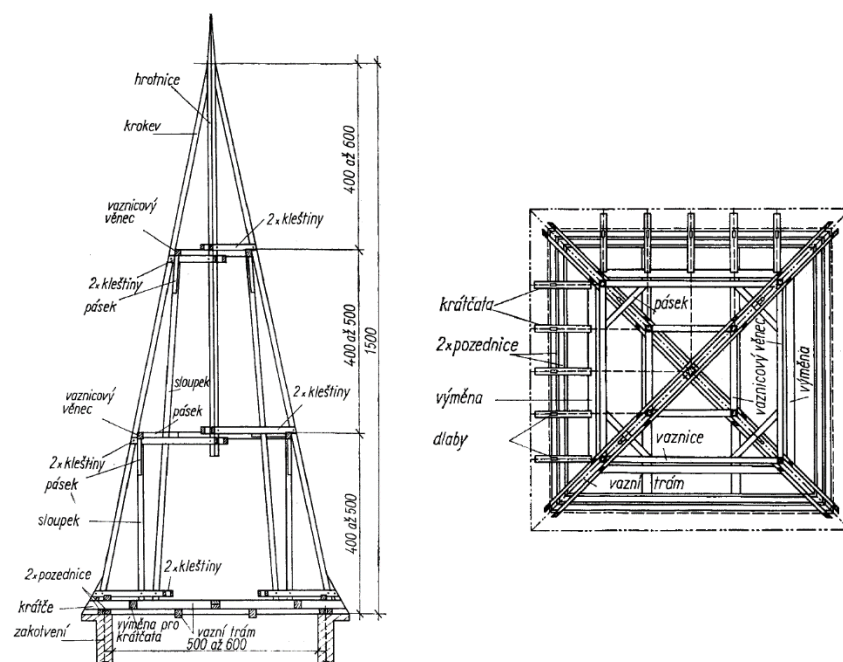
Obr. 15: Jednoduché věšadlo: 1 - hlavní trám, 2 - vzpěra, 3 - věšák, 4 - pozednice, 5,6 - třmen (Převzato z [http://data.krytynystrechy.cz/100183/www/www.krytiny-strechy.cz/downloads/obrazky%20v%20clancich/zakladni\\_tesarske\\_konstrukce7.jpg](http://data.krytynystrechy.cz/100183/www/www.krytiny-strechy.cz/downloads/obrazky%20v%20clancich/zakladni_tesarske_konstrukce7.jpg))

### 2.2.3. Střechy centrálních staveb a střechy věží

Tyto střechy jsou typické tím, že jsou středově symetrické a vazby jsou také středově symetrické. V předchozí části jsme se zabývali podélnými střechami, kde jsou vazby umístěné za sebou. Do této kategorie patří:

- střechy věží
- věže, které jsou součástí střech
- střechy centrálních staveb s kruhovým nebo mnohoúhelníkovým půdorysem
- centrální střechy na podélném půdoryse

Krovy centrálních staveb a věží [obr. 16] mají krokve rozmístěny středově symetricky. Tyto krokve nesou střešní plášť a opírají se o středový sloup. Ten je tvořen obvykle jedním prvkem, který může vybíhat nad střechu jako hrotnice. Pokud se u vrcholu hrotnice setkává více krokví, jsou přisekány do tvaru klínu. Středový sloup může být složen i z více sloupků, které nad střechou vytváří lucernu.



Obr. 16: Věžová střecha (Převzato z [http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP\\_STAVO\\_STA60\\_047\\_v%C4%9B%C5%BEov%C3%A11-st%C5%99echa-1.png](http://uvp3d.cz/dum/wp-content/uploads/2014/07/UvP_STAVO_STA60_047_v%C4%9B%C5%BEov%C3%A11-st%C5%99echa-1.png))

### 3. Historické krovy

Přesná definice historického krovu neexistuje. Předpokladem pro určení toho, co je historický krov a co ne, je průzkum, dokumentace a popis. Průzkumy historických památek a objektů přinášejí stále více poznatků o historických krovech. Zabývá se jimi čím dál tím větší počet projektantů, památkářů a historiků. Určité sjednocení metodiky a terminologie bylo nezbytné zavést, aby bylo možno porovnávat průzkumy od různých osob. Nezbytnost průzkumů a řadu poznatků můžeme nalézt metodických materiálech vydaných Národním památkovým ústavem.

#### 3.1. Metodika popisu a průzkumu

Níže si popíšeme doporučené metody průzkumu a popisu krovu, které budou dále podrobněji vysvětleny.

##### 3.1.1. Rozsah průzkumu a cíle

Cíl průzkumu může být různý. Památkáře poutá památková hodnota krovu, která je dána jeho stářím. Projektant zkoumá především technický stav krovu a musí dobře rozumět jeho funkci. Pro obě dvě osoby je důležité

poznat historický vývoj krovu a například odlišit pozdější opravy. Průzkum by neměl být zaměřen pouze na krov a konstrukci. Důležité je zjistit také vztah k ostatním částem stavby (ke zdivu, k římsám, ke stropům pod krovem). Pro volbu konstrukčního systému je nezbytné vycházet z tvaru střechy, z toho důvodu by se měl průzkum také zabývat střechou a jejími prvky. Cílem průzkumu by měla být dokonalá dokumentace současného stavu krovu.

### **3.1.2. Dokumentace a postup průzkumu**

Kompletní průzkum začíná popisem střechy a její krytiny. Poté následuje popis krovu, konstrukcí v podkroví, předmětů uložených v podkroví a prvků [13]. Úplný průzkum konstrukce nebo části stavby by měl obsahovat tyto údaje:

- tvar a uspořádání konstrukce
- vztah k ostatním částem stavby
- rozměry a dimenze jednotlivých prvků
- materiál
- stávající stav
- vznik a změny v historickém vývoji

Detailnost průzkumu je dána účelem, pro který je pořizována. Pro průzkum stavebně historicky stačí charakteristika konstrukce a datování na základě analýzy konstrukce a archivního průzkumu. O dost složitější je stavebně historický průzkum krovů, u kterých došlo k rozsáhlým opravám a změně konstrukčního systému. V této situaci může k poznání historie krovu pomoci dendrochronologie, které se budeme věnovat v pozdějších kapitolách.

### **3.1.3. Názvosloví**

V dřívější kapitole jsme si před popisem jednotlivých konstrukčních systému vysvětlili některé pojmy, týkající se krovů. V této kapitole si naše dosavadní pojmy rozšíříme. Některá názvosloví vychází z tradičního pojmenování (hambalek, vaznice, věšák, bačkora) a jiná zase z funkce, kterou konstrukce nebo prvek má (sloupek, vzpěra, rozpěra, táhlo, vazný trám, vazník). Mnoho konstrukcí a prvků nemá svůj název, pro pojmenování



těchto prvků se obvykle používá obecný název (trám, šikmé dřevo). Pokud si u funkce prvku nejsme jisti, nejvhodnější je obecné pojmenování (trám, hranol, prvek, dřevo, sloupek, stojka, diagonála) doplněné o určení:

- směru uložení (svisle, vodorovně, šikmo)
- polohy ve vztahu ke geometrii (podélně, příčně, osově)
- umístění (horní, střední, spodní, vrcholový, mezilehlý)
- způsobu osazení
- tvaru (kosoúhlý, obdélný, pětiboký, profilovaný)
- funkce (vynášecí, roznášecí, prahový)

K popisu konstrukce je velmi důležitý pojem stolice. Základní význam tohoto pojmu je: tuhá svislá konstrukce (obvykle rovinná) sloužící jako podpora. V našem textu budeme rozlišovat tři základní typy stolic [13].

Podélné stolice jsou typické pro středověké hambalkové soustavy. Tento název lze použít i pro označení podélné vazby u jiných konstrukčních soustav krovů.

Ležaté stolice jsou charakterizovány příčnými vzpěradly, které fungují jako tuhý rám. V období baroka byla tato konstrukce krovů typická.

Stojaté stolice lze chápat jako příčné vazby, které podporují vaznice. Tento typ stolice je typický pro krovky 19. století. Sloupky u této konstrukce rozlišujeme šikmé a svislé.

#### **3.1.4. Kreslení**

Každý prvek krovu by měl být doplněn popisem zmiňovaným v předchozí kapitole. Poté je vhodné tento popis doplnit skicou plné vazby. Kompletní dokumentace krovky musí obsahovat zaměření [13]:

- půdorysný řez, který je veden ve výši 1m nad podlahou půdy
- příčný řez plnou vazbou
- podélný řez
- příčný řez jalovou vazbou
- řezy odlišných vazeb
- pohled zavětrování (v rovině krokví)

- půdorysy horních pater (u složitých krovů)
- půdorys vazných trámů (pouze pokud poloha vazných trámů neodpovídá poloze vazeb)
- pohledy na hrázděné konstrukce související s krovem (štíty, vestavby)

Tyto výkresy se zpracovávají obvykle v měřítku 1:50, někdy postačí měřítko 1:100. Ve výkresech musí být zachyceny konstrukce, jako jsou například střešní žlaby, římsy, stropy pod krovem, zdivo, krytina, vestavěné konstrukce a další. Déle je potřeba zakreslit i konstrukce, které jsou skryté (vazné trámy, pozednice). To je však možné provést až po sondáži.

Další součástí dokumentace by měly být podrobnosti, jako jsou spoje, nápisy, kování, řezby, značky. Tyto detaily je vhodné kreslit v měřítku 1:1 až 1:20. Podrobnosti by dále měli obsahovat i detaily střechy (komíny, hrotnice, detaily skladby a oplechování).

### **3.1.5. Fotodokumentace**

Nedílnou součástí kreslené dokumentace by měla být i fotodokumentace krovu. Velmi užitečná je pro zachycení detailů.

## **3.2. Průzkum krovů**

V této kapitole si charakterizujeme jednotlivé dílčí části průzkumu krovu. Uvedeme si pouze ty, které je nezbytné zpracovat vždy. Základní schéma pro průzkum střechy a krovu by mělo být v následujícím rozsahu:

- Střecha (tvar; plochy a sklon; ukončení u okapu, římsy atiky; štíty a štítové zdi; komíny; vikýře, světlíky, střešní okna; hrotnice, hřebeny, hromosvod; střešní věže a věžičky; historie a stav) [13]
- Krytina (druh; materiál; barva, povrch, struktura; skladba; technologie; nátěr; historie a stav) [13]
- Oplechování (umístění; materiál; technologie; nátěr; historie a stav) [13]
- Krov

- Konstrukce (vazby, systém, příčné a podélné ztužení, táhla, uložení a kotvení) [13]
- Prvky [13]
- Spoje a spojovací prostředky [13]
- Materiál [13]
- Historie (vznik konstrukce, pozůstatky starších konstrukcí, opravy a změny, datování) [13]
- Současný stav [13]
- Podkroví (podlaha, půdní zdivo, vestavby, konstrukce pod krovem, doplňkové konstrukce, současný stav, materiál a předměty uložené na půdě) [13]

### **3.2.1. Střecha**

U průzkumu střechy je nutné věnovat pozornost výše zmíněným věcem. Je nezbytné zjistit stav všech souvisejících prvků. Určíme tvar střechy a sklon ve stupních.

### **3.2.2. Krytina**

U krytiny je nutné uvést materiál a druh krytiny. Tyto vlastnosti poté určují zatížení krovu. Poté uvedeme tvar, barvu, skladbu a další již výše zmíněné. Déle musíme určit stav krytiny a její stáří. Pokud je krytina starší než 100 let, je nutné všechny doklady a o této krytině registrovat a dokumentovat.

### **3.2.3. Krov**

U konstrukce krovu je třeba popsat všechny prvky, spoje a materiál tak, jak je popsáno výše. Poté je potřeba zabývat se stavem krovu a jeho historií.

### **3.2.4. Podkroví**

Neoddělitelnou součástí průzkumu krovu je i průzkum podkroví a s tím spojených konstrukcí. Je nezbytný pro posouzení technického stavu krovu a zjištění památkové hodnoty. Konstrukce, kterými by se měl průzkum zabývat, jsme vyjmenovali už dříve.

### **3.3. Historie krovu**

Pro stavebně historický průzkum je poznání historie krovu nezbytné. Díky tomu je možné navrhnout efektivní a současně šetrné opravy. Pro poznání historie krovu nám poskytne:

- podrobný průzkum krovu a střechy, analýza konstrukce
- rozlišení změn a oprav krovu a podkroví, analýza statické funkce
- archivní průzkum
- dendrochronologický průzkum
- průzkum konstrukcí pod krovem

Stáří krovu lze rámcově určit pomocí srovnávací analýzy typu konstrukce, spojů, detailů a značek. Metoda pro přesné datování dřevěných konstrukcí je dendrochronologie. Tato metoda je založena na faktu, že šíře letokruhu je závislá na prostředí v roce, kdy letokruh vznikl. Proměnlivost šíře letokruhů je u různých stromů téhož druhu a v téže oblasti podobná. To umožňuje sladění letokruhových řad v rámci oblasti a druhu, jestliže se překrývají dostačujícím počtem letokruhů.

## **4. Poruchy krovů**

V této kapitole si vyjmenujeme nejčastější poruchy, kterými historické krovky podléhají, a stručně si je popíšeme. Základní dělení je následující [13]:

- Poruchy od zatékání, biologické znehodnocení
- Špatně provedené dřívější opravy
- Poddimezování prvků a konstrukce krovu
- Přetěžování konstrukce krovu

### **4.1. Poruchy od zatékání a biologické znehodnocení**

Zatékání do konstrukce krovu je nejčastěji způsobeno špatným stavem stávající krytiny střechy. Dlouhodobé vystavení dřevěných částí krovu je nežádoucí a je třeba jej neprodleně řešit. Ve většině případů jsou s touto kategorií poruchy spojeny i dřevokazné houby, pro které je vlhkost vhodná k jejich uchycení [14]. Poté si potřebnou vlhkost už získávají samy

z ovzduší. Nejvíce nebezpečnou je houba dřevomorka, ta dřevo rozloží do rozpadávajících se krychliček a velice často se rozrůstá i přes betonové zdi a cihelné zdivo [14]. Nejčastěji tyto poruchy nalezneme v části zhlaví vazných trámů a v jejich uložení do zdiva. Takto porušené prvky je nutné ihned sanovat. Velice často je tento stav havarijní a je potřeba k němu takto vždy přistupovat.

Biologicky může znehodnocovat dřevěnou konstrukci krovu také dřevokazný hmyz [14]. Ten již ve stádiu larev vyžírá měkkou část dřevní hmoty a tím prvky oslabuje. Rozšířeným škůdcem je čeleď Anobiidae (červotoč) a brouk *Hylotrupes bajulus* (tesařík trámový). Zda je jimi dřevo napadené zjistíme pohledem, kdy za sebou zanechávají takzvané „výletové otvory“. Jejich průměr u červotočů je v rozmezí 0,8 až 1,2 mm a u tesaříka 4 až 6 mm.

Napadení dřeva ať už dřevokazným hmyzem nebo houbami může být způsobeno například špatným uskladněním, špatným odkorněním, nedostatečným ošetřením. V určitých případech je možné, že tito škůdci byli v dřevě ještě před jeho zabudováním.

Typ napadení jednotlivých prvků krovu:

- vazné trámy – napadení z horní strany a obou boků
- pozednice – napadení v ložné spáře na zdivu a boční straně u fasády
- vaznice – napadení horní strany
- krokve – napadení horní strany v místech uložení latí
- kleštiny a hambalky – napadení v místech styku s vaznicemi a krokvemi
- sloupky – napadení v ukotvení na vazný trám
- laťování – napadení v místech styku s krokvemi

#### **4.2. Špatně provedené dřívější opravy**

Tento druh poruchy nelze přesně specifikovat. Opravy krovu mohli probíhat během celé doby jeho existence a nemusely být nikde zaznamenány. Proto je velice důležitý průzkum krovu, který může odhalit

chybné řešení předchozí vady, nebo chybné uspořádání konstrukce krovové soustavy. Konstrukčních vad z předchozích oprav může být mnoho, například u střech s mírným sklonem použití ležaté stolice, chybné provedení spojů, chybějící pásky nebo vzpěry, nedostatečná tuhost vazeb, špatné rozmístění vazných trámů, nesprávné umístění pozednic a další.

#### **4.3. Poddimenzování prvků a konstrukce krovu**

Nedostatečné dimenze prvků krovu mohou být způsobeny chybou projektu, nebo nedodržením projektu při realizaci krovu. Důsledkem této poruchy je nadměrný průhyb nosných prvků a přetěžování, které může vést až k havárii. Při posuzování většinou vyhoví prvky, které jsou tlačené (sloupky, vzpěry, rozpěry). Poddimenzované jsou obvykle prvky ohýbané (krokve, vaznice, vazné trámy).

#### **4.4. Přetěžování konstrukce krovu**

S předchozí poruchou úzce souvisí i přetěžování krovu. Pokud jsou prvky poddimenzované, automaticky dochází k jejich přetěžování. Nicméně přetěžování konstrukce nemusíme chápat jen jako statické. Během života stavby může dojít ke změně užívání a vytvoření půdní vestavby, s kterou souvisí změna podmínek vnitřního prostředí, například zvýšení teploty a relativní vlhkosti vzduchu. To může vést k šíření dřevokazných hub a plísní. Změnou užívání mohou být přetěžovány i vazné trámy, u kterých může dojít k průhybu a narušení statiky. Příkladem takového přetěžování může být vybudování koupelny s betonovou mazaninou, kdy dojde k průhybu vazných trámů a popraskání uměleckých sádrových štuků, které se většinou v historických budovách s krovu nacházejí.

Přetěžování může být způsobeno také vnějšími podmínkami a jejich změnou, například změnou užívání střechy, zvýšením užitného zatížení vlivem chybné rekonstrukce.

Za přetěžování lze považovat i ztrátu trvanlivosti střešní krytiny, kdy může dojít k zatékání do konstrukce krovu. Poté je nutné provést výměnu této krytiny. Návrh nové střešní krytiny je nutné konzultovat s Národním památkovým ústavem a řídit se jejím stanoviskem.

## 5. Sanace poruch

Zatím jsme se zabývali nejčastějšími poruchami krovu, nyní se budeme podrobněji věnovat technologii jejich sanace. Každý typ poruchy je pro každý krov specifický a tak k němu musí projektant také přistupovat. U některých krovů může sanace spočívat pouze v povrchovém ošetření bez zásahu do konstrukce, v horších případech už je nutné do konstrukce krovu vstoupit, pokud si to technický stav žádá, může dojít i k výměně celých částí. V této práci se zaměříme na některé často používané metody:

- okartáčování a nátěr
- sanace napadeného dřeva
  - horkovzdušná sanace
- příložkování
- protézování
  - klasické tesařské metody
  - beta-metoda protézování
- nahrazení kopií
  - ručně tesaný trám

### 5.1. Okartáčování a nátěr

Pokud zjistíme, že krov je v dobrém stavu a dřevo není napadené vlhkostí, dřevokaznou houbou nebo hmyzem, stačí prvky očistit kartáčem s ocelovými štětinami a použít vhodný chemický přípravek, který je nutné konzultovat s památkáři. Chemický přípravek lze nanést plošným postříkem, nebo natřít pomocí malířské štětky.

### 5.2. Sanace napadeného dřeva

Pokud průzkum odhalil napadení dřevěných prvků krovu dřevokaznou houbou nebo hmyzem je nutné se ochranou dřeva zbývat vždy. Návrh opravy by měli zpracovávat pouze kvalifikovaní projektanti spolu s památkáři.

#### 5.2.1. Hloubková injektáž

Metodu hloubkové injektáže použijeme v případě, kdy je prvek napaden, ale jeho únosnost není ohrožena, nebo jako doplňkovou metodu při

horkovzdušné sanaci. Jako prevenci lze tuto metodu použít i na zdravé prvky.

Před injektáží je nutné zjistit, v jaké oblasti je prvek napaden a tuto oblast vyznačit. Poté provedeme do napadeného prvku otvory pomocí vrtačky, průměr otvoru by měl být v rozmezí 5 – 10mm. Rozteč otvorů v podélném směru je maximálně 100mm, pro směr příčný 30 – 50mm. Hloubka otvorů by měla být minimálně do jedné třetiny tloušťky prvku. Počet otvorů a jejich rozmístění je potřeba volit tak, aby nebyla narušena únosnost prvku a zároveň, aby bylo dosaženo potřebného rozložení chemického přípravku. Vyvrtané otvory zbavíme pilin po vrtání pomocí vysavače tak, aby nedošlo k rozšíření napadené dřevní hmoty. Do takto připravených otvorů aplikujeme doporučený chemický přípravek mírným přetlakem, to lze docílit pomocí čerpadla, nebo tlakem vzduchu, nebo pomocí speciálních injektážních sad [obr. 17] [7].



Obr. 17: Injektážní sada (Převzato z [http://www.mw-shop.cz/fotky29227/fotos/vyr\\_80IMG\\_1744.jpg](http://www.mw-shop.cz/fotky29227/fotos/vyr_80IMG_1744.jpg))

### 5.2.2. Horkovzdušná sanace

V praxi existuje odzkoušená metoda takzvané sterilizace dřeva, jinak také nazývaná horkovzdušná sanace. Ta spočívá v ohřátí vzduchu v prostoru krovu, dřevo je nutné ohřát na teplotu 55°C alespoň po dobu 60 minut [10]. To způsobí, že teplota bude skrz celý průřez dostatečně vysoká, aby usmrtila



veškerá vývojová stádia hmyzu, která se v napadeném prvku nachází. Čas a potřebná teplota je dána řadou pokusů. Tato metoda je dle DIN 68 800 část 4 povoleným způsobem ošetření staveb. Horký vzduch je do prostoru krovu vháněn pomocí mobilních horkovzdušných agregátů [obr. 18], ty vhání do prostoru krovu vzduch o teplotě 100 – 120°C. Výkon agregátů je závislý na použitém typu. Mobilní ohřívače mají hořáky na lehké topné oleje, které jsou napojeny na třífázový proud. Z agregátu poté vede potrubí, které je do prostoru krovu umístěno přes otvoru a průniky ve střešním plášti. Prostor krovu musí být směrem ven velmi dobře utěsněn, k tomu lze použít termofólie. Malé netěsnosti zlepšují cirkulaci horkého vzduchu a zabraňují vzniku vzduchových polštářů.

Celý proces musí být monitorován a dokumentován. Monitorování probíhá pomocí termoelektrických snímačů, které jsou umístěny v geometrickém středu prvků. Měření teploty musí probíhat v pravidelných intervalech.

Kontrola účinku sanace probíhá odebráním vzorků o rozměrech 150 x 100 x 25 mm a dle normy ČSN EN 1390 [10] jsou infikovány 6 larvami tesařika trémového. Během sanace jsou vzorky umístěny na nejvíce kritická místa. Po dokončení sanace se vzorky odeberou a rozštípnou, poté se zjišťuje mortalita larev.

Tento způsob sanace by měl být kombinován s chemickou ochranou, tedy vhodným fungicidním a insekticidním přípravkem.



Obr. 18: Mobilní horkovzdušný agregát (Převzato z <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0136/013628o7.jpg>)

### 5.3. Příložkování

Tato metoda je vhodná v případě poddimenzovaných nebo poškozených prvků konstrukce krovů. Lze ji také použít ke zvýšení únosnosti konstrukce, pokud dojde ke změně využívání krovu [1].

Příložky mohou být buď dřevěné [obr. 19] (hranoly, desky, vrstvené dřevo, překližka) nebo ocelové (nejčastěji U-profilů nebo pláty). Standardně se aplikují ze stran prvků, mohou ale nastat i situace, kdy je potřeba příložky použít na tři strany, nebo na všechny čtyři. Ohybem namáhané prvky je doporučeno příložkovat ze stran. Prvky lze příložkovat po celé délce, nebo pouze lokálně (uprostřed, na koncích). Návrh příložkování je nutné nechat provést a posoudit specializovanou firmu v obou statika konstrukcí [1].

Příložky ze dřeva se s prvky konstrukce spojují nejčastěji pomocí šroubů s šestihrannou hlavou, nebo hřebíky. Pokud je dřevěná příložka širší, použijí se svorníky s průměrem 12 – 20mm. Při použití svorníků je nezbytné, aby průměr otvoru v příložce a zároveň v příložkovaném prvku byl stejný jako průměr svorníku.



Obr. 19: Dřevěné příložky shora a zespodu, aplikované lokálně (Převzato z [http://static.asb-portal.cz/buxus/images/cache/650xXXX/fotogaleria/fotogalerie/stavebnictvi/rekonstrukce\\_drevenych\\_prvku\\_protezovanim\\_prilozkovanim\\_a\\_ukotvenim\\_do\\_ocelovych\\_kozol\\_fotoalbum/08-reiprecht-big-image.jpg](http://static.asb-portal.cz/buxus/images/cache/650xXXX/fotogaleria/fotogalerie/stavebnictvi/rekonstrukce_drevenych_prvku_protezovanim_prilozkovanim_a_ukotvenim_do_ocelovych_kozol_fotoalbum/08-reiprecht-big-image.jpg))

V určitých případech lze použít i jiné spojovací prostředky z oceli, jako jsou závitové tyče.

V případě ocelových příložek [obr. 20] použijeme jako spojovací materiál svorníky. Výhodou ocelových příložek je to, že je nemohou napadnout biologičtí škůdci, a že mají vysokou nosnost. Nejvhodnějším materiálem je nerezavějící ocel (dražší varianta), nebo ocel upravená antikoročním nátěrem (levnější varianta). Pokud to stav krovu nevyžaduje, tak se ocelové příložky při rekonstrukci, či sanaci památkového objektu nepoužívají [1].



Obr. 20: Ocelové příložky stropních trámů (Převzato z <http://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0075/007578o1.jpg>)

Parametry pro umístění příložek (počet, umístění, délka, tloušťka, typ, spojovací prostředky, rozmístění spojovacích prostředků) určí na základě výpočtu statik.

Při osazování příložky nejprve určíme místo osazení dle návrhu statika, následně do příložkovaného prvku vyvrtáme otvory v místech daných návrhem. Poté osadíme příložku a pomocí spojovacího materiálu upevníme. Pokud se jedná o příložkování celého prvku, je nezbytná zvýšená opatrnost. Je třeba zajistit bezpečnou manipulaci s příložkou (zamezit jejímu pádu na ostatní konstrukce). To zajistí koordinátor BOZP.

V praxi se můžeme setkat s příložkováním prvků uhnílych, nebo jinak biologicky poškozenými. Sanace těchto prvků pomocí dřevěných příložek

není vhodná, jelikož může dojít k jejich napadení a dalšímu šíření v konstrukci.

## **5.4. Protézování**

Tato technologie spočívá v nahrazení nebo doplnění poškozené části prvku krovu, takzvanou protézou. Cílem této metody je obnovit původní tuhost a pevnost prvku. Protéza se musí tvarem shodovat s odstraňovanou částí prvku. Z toho vyplývá, že při této metodě se nemění průřez sanovaného prvku, ani typologie původních spojů. Materiál použitý k výrobě protézy by se měl shodovat s protézovaným prvkem (stejný druh dřeva), dají se také použít jiné materiály (jiný druh dřeva, polymerbeton se sklolaminátovými pruty). V praxi našli svoje uplatnění klasické tesařské metody protézování, ale také méně používané metody, jako beta-metoda protézování [1].

### **5.4.1. Klasické tesařské metody**

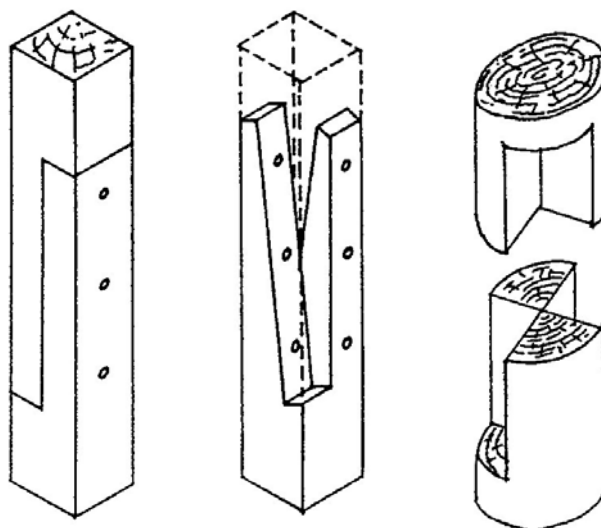
Tato metoda spočívá v uříznutí části prvku, která je napadená nebo poškozená. Pokud se jedná o napadené prvky, tak uříznutí by mělo být ještě v napadené části prvku a poté se postupně odřezávají malé části, dokud není dřevo bez napadení.

Poté se zdravá část prvku spojí s protézou pomocí tesařského spoje. Tesařských spojů existuje celá řada a je na projektantovi, tesaři a památkáři, jaké spoje pro danou sanaci zvolí. Kromě funkčních požadavků musí spoj splňovat i požadavky estetické. My si zde popíšeme tři základní typy spojů plátovaných [obr. 21] a těmi jsou spoje rovné, nůžkové a křížové.

Zajištění těchto spojů se provádí pomocí svorníků, ocelových pásků, kolíků a hmoždíků. Spoje rovné plátované lze použít při opravách prvků, které jsou namáhány převážně tlakem, například sloupků krovu. Spojů plátovaných existuje celá řada, nicméně u těchto spojů je třeba zajistit, aby nedošlo ke zdvižení horního plátu. Rozměry plátu jsou na výšku polovina celé výšky profilu a na délku uvažujeme dvojnásobek výšky profilu [4].

Nůžkový spoj je vhodné aplikovat na takové prvky, které jsou namáhány kroucením a na vzpěr. Lze jej uplatnit při opravě nosných sloupů.

Spoje šikmé plátované jsou vhodné k opravě krokví nebo prvků, které jsou namáhány na ohyb.



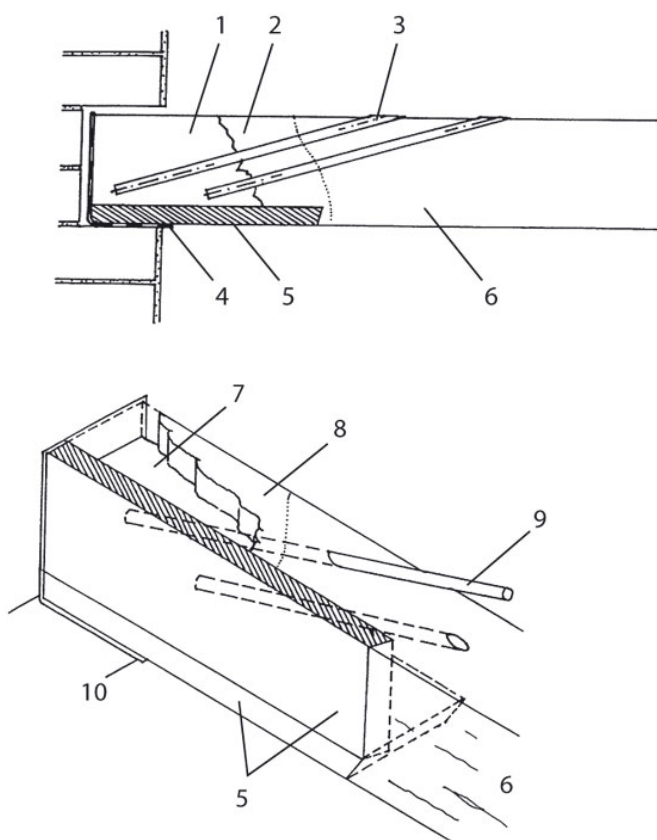
Obr. 21: Plátované spoje, zleva rovný, nůžkový, křížový (Převzato z [http://static.asb-portal.cz/buxus/images/cache/650xXXX/fotogaleria/fotogalerie/stavebnictvi/rekonstrukce\\_drevenych\\_prvku\\_protezovanim\\_prilozkovanim\\_a\\_ukotvenim\\_do\\_ocelovych\\_kozol\\_fotoalbum/b-big-image.jpg](http://static.asb-portal.cz/buxus/images/cache/650xXXX/fotogaleria/fotogalerie/stavebnictvi/rekonstrukce_drevenych_prvku_protezovanim_prilozkovanim_a_ukotvenim_do_ocelovych_kozol_fotoalbum/b-big-image.jpg))

Pokud se tesařský spoj vhodně zvolí, může se sanace vyrovnat tuhostí a pevností původnímu nepoškozenému prvku. Toho lze také dosáhnout pomocí zvolených spojovacích prostředků, které mohou být doplněny o epoxidové nebo jiné vhodné lepidlo.

#### 5.4.2. Beta-metoda protézování

Tento typ sanace se uplatňuje při opravách zhlaví nosných prvků s vysokou památkovou hodnotou, například stropní malované trámy, trámy s řežbou a další. Poškozený prvek se sanuje pomocí tzv. polymerbetonu, který je kombinován s výztužnými pruty z betonářské oceli, uhlíku nebo sklolaminátu. Směs polymerbetonu je složena ze syntetického polymeru (polyesterová nebo epoxidová pryskyřice) a vhodného plniva (dřevěné částice, křemičitý písek a další). Optimální poměr polymeru a plniva je závislý na mnoha faktorech, například poměr epoxidového polymeru s křemičitým plnivem je 1:3 až 1:7 [1].

Princip této metody se zakládá na spojování dřeva výztužnými prvky se syntetickým polymerem. Výztužné prvky zachycují ohybová a tahová napětí. Délku, počet a průměr prutů určí statik z výpočtu. Před započítím sanace musíme prvek staticky zajistit. Poté se odstraní napadené a poškozené dřevo zhlaví a dle potřeby osadíme dřevěnou plombu (zbohu, nebo zespodu), které nám vytvoří bednění [obr. 22]. V místech, kde dochází ke kontaktu se zdivem, použijeme polyethylenovou folii. V horní části zdravého trámu ve směru do dutiny zhlaví navrtáme šikmo otvory. Ty vyplníme epoxidovým lepidlem a vložíme pruty.



Obr. 22: Beta-metoda protézování, 1-dutina, 2-oslabené dřevo, 3-prut, 4-PE folie, 5-příložky, 6-zdravé dřevo, 7-vyplnění polymerbetonem, 8-impregnace epoxidem, 9-uložení prutů, 10-uložení na zdivo (Převzato z [http://static.asb-portal.cz/buxus/images/cache/650xXXX/fotogalerie/fotogalerie/stavebnictvi/rekonstrukce\\_drevenych\\_prvku\\_protézovanim\\_prilozkovanim\\_a\\_ukotvenim\\_do\\_ocelovych\\_konzol\\_fotoalbum/2a-big-image.jpg](http://static.asb-portal.cz/buxus/images/cache/650xXXX/fotogalerie/fotogalerie/stavebnictvi/rekonstrukce_drevenych_prvku_protézovanim_prilozkovanim_a_ukotvenim_do_ocelovych_konzol_fotoalbum/2a-big-image.jpg))

Zóna mezi dutinou a zdravím dřevem se zpevní epoxidem. Poté se dutina vyplní polymerbetonem. Poté necháme vytvrdnout a můžeme



odstranit separační folii, bednění a statické zajištění. Nakonec zhlaví prvku povrchově upravíme do původního stavu.

## **5.5. Nahrazení kopií**

Pokud je prvek napaden celý a nelze použít předchozí metody, je nutné jej nahradit kopií. Ne vždy se musí jednat o nahrazení, při průzkumu může být zjištěno, že nějaký prvek zcela chybí a musí být pro správnou funkci krovu doplněn. Níže si popíšeme postup vytváření ručně tesaného trámu a tesařské řemeslo.

### **5.5.1. Ručně tesaný trám**

Tradičně se u krovů nahrazují nebo doplňují kopie z dřeva řezaného, nicméně u historických památek a krovů tomu tak být nemusí, pokud to památkáři vyžadují ve svém stanovisku, měla by být kopie autentická z dřeva tesaného.

#### **5.5.1.1. Tesařské řemeslo**

Tesařský mistr musí umět připravit a vyrobit dřevěný prvek. K práci tesaře na stavbě patří zhotovení krovu, stropu, roubených příček, dřevěných kleneb, zárubní, podlah a další. Kromě znalosti řemesla je nutné, aby tesař ovládal znalosti rýsování a geometrie (euklidovská, deskriptivní). Středověký tesařský mistr uměl pomocí kružítko, pravítka, měřicího provazce, vodních trubic a jiných pomůcek narýsovat plány a zároveň výškově a půdorysně vytýčit stavbu. V dnešní době je nutná pro toto řemeslo znalost středoškolské geometrie a matematiky. Tesař, který je vyučený, by měl umět vynést profil střechy a pomocí trigonometrie a sklopených řezů zjistit průběh úžlabí a nároží [13].

#### **5.5.1.2. Příprava dřeva**

Na základě stop na povrchu prvku je možné zjistit, jak bylo dřevo opracováno, nízkou a vysokou prací, jakou sekyrou a zda byl tesař pravák, či levák. K tomuto účelu slouží metoda experimentální trasologie. Nízká práce je velice archaická, jedná se o opracování kulatiny položené na zemi, naproti tomu vysoká práce spočívá v umístění kulatiny na nízké kozy.

Dřevo vhodné pro tesané trámy je z takzvané zimní těžby, to je těžba v období vegetačního klidu dřevin. Po pečlivém výběru dřeva se na jeho čelo obkreslí průřez budoucího tesaného trámu pomocí šablony. Šablonu je nezbytné umístit podle vodováhy, aby nedošlo k tomu, že trám bude takzvaně do vrtule. Poté na příslušné obkreslené budoucí hrany trámů napneme provázek pomocí hřebíků. Jako první obkreslovaná rovina se volí ta, která je nejméně otesávaná, obvykle je to kratší strana průřezu tesaného trámu. Provázek poté obkreslíme inkoustovou tužkou nebo křídou [3].

### 5.5.1.3. Proces tesání

Když je kulatina připravena můžeme zahájit proces vrubování. Tento proces se provádí pomocí sekery s dlouhým topůrkem a symetrickým ostřím, například pomocí hlavatky [obr. 23] (těžší sekera s užší čepelí). Tesaná rovina je otočena vodorovně a vrubování je probíhá padající sekerou po 40 cm. Tak si tesař rozdělí kulatinu na kratší úseky. Takto se opracují všechny strany trámu. Smyslem je usnadnění dalšího procesu.



Obr. 23: Hlavatka (Převzato <http://www.naradistubai.cz/pictures/velke/S674701.jpg>)

Dalším procesem při tesání je hrubování. K této operaci je možné použít sekeru bradatici [obr. 24]. Hrubování spočívá v odsekání přebytečného dřeva na hrubo. Když je tento proces dokončen, přichází na řadu takzvané lícování, které lze chápat jako začištění. Provádí se pomocí sekery širočiny [obr. 25]. Pokud je budoucí trám menšího průřezu, tak je možné vynechat proces hrubování a lze ihned po vrubování lícovat. Poté lze trám začistit pomocí pořízu, který povrch uhladí.

### 5.5.1.4. Uložení trámu

Pokud je trám hotový, zbývá jej osadit do konstrukce. Před osazením do konstrukce je nutné staticky podepřít všechny prvky, které jsou na novém prvku závislé, jinak by mohlo dojít k dalšímu porušení konstrukce, nebo



dokonce ke ztrátě stability a zhroucení konstrukce krovu. Zajištění lze provést pomocí stojek stropního bednění, nicméně pokud je v dokumentaci navržen jiný způsob, tak se jím řídíme.



Obr. 24: Bradatice (Převzato z [http://www.madhammers.com/images/254\\_1.jpg](http://www.madhammers.com/images/254_1.jpg))

Pokud je konstrukce dostatečně podepřená, můžeme odstranit nahrazovaný prvek vyřezáním. Poté je nezbytné místo vyčistit od pilin, v těch můžou být larvy dřevokazných škůdců, nebo zbytky hub a plísní.



Obr. 25: Tesařská širočina (Převzato z <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/Bredbile.jpg/1280px-Bredbile.jpg>)

Na připravené místo usadíme nový tesaný prvek a zajistíme všechny spoje. Nový prvek by se měl preventivně chemicky ošetřit, to je nutné konzultovat s památkáři a projektantem.

## **Závěr**

Úkolem mé bakalářské práce bylo navržení způsobu oprav historických krovů, tyto způsoby jsou výše popsány a zároveň je ke každému způsobu sanace vypracován technologický postup, který je přílohou této práce.

Během získávání informací a podkladů jsem došel k tomu, že neexistuje jednotná legislativa, jak při navrhování způsobu sanace postupovat. Pro zpracování projektové dokumentace lze využít metodické pokyny od Národního památkového ústavu. Při samotném návrhu sanace je třeba spolupráce projektanta, tesaře a památkáře. Pokud tato spolupráce neproběhne, může být sanace provedena neodborně.

Nelze říci, že určitý typ poruchy konstrukce lze sanovat pouze určitou metodou. Výše uvedené metody jsou nejrozšířenější, nicméně jsou pouze doporučující a nezávazné.

Tato bakalářská práce by mohla být vhodným průvodcem pro začínající projektanty v oboru historických krovů.

## Seznam obrázků

Obr. 1: Plochá střecha užívaná jako terasa .....	14
Obr. 2: Tavernola, Itálie .....	14
Obr. 3: Vlevo sedlová střecha, vpravo pultová střecha .....	15
Obr. 4: Kombinace pultové a sedlové střechy .....	15
Obr. 5: Schéma příhradového vazníku .....	16
Obr. 6: Vlašská soustava .....	16
Obr. 7: Typy vazníkových krovů .....	17
Obr. 8: Krokevní soustava prostá .....	18
Obr. 9: Krokevní soustava se vzpěrami .....	18
Obr. 10: Vlevo krokevní soustava s vrcholovou vaznicí, vpravo krokevní soustava s vaznicemi .....	19
Obr. 11: Hambalková soustava .....	19
Obr. 12: Stojatá stolice .....	20
Obr. 13: Ležatá stolice .....	20
Obr. 14: Jednoduché vzpěradlo .....	21
Obr. 15: Jednoduché věšadlo .....	22
Obr. 16: Věžová střecha .....	23
Obr. 17: Injektážní sada .....	32
Obr. 18: Mobilní horkovzdušný agregát .....	33
Obr. 19: Dřevěné příložky shora a zespodu, aplikované lokálně .....	34
Obr. 20: Ocelové příložky stropních trámů .....	35
Obr. 21: Plátované spoje .....	37
Obr. 22: Beta-metoda protézování .....	38
Obr. 23: Hlavatka .....	40
Obr. 24: Bradatice .....	41
Obr. 25: Tesařská širčina .....	41

## Použitá literatura a elektronické zdroje

- [1] ABS Portal: Rekonstrukce dřevěných prvků protézováním, příložkováním a ukotvením do ocelových konzol, online: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/rekonstrukce-drevenych-prvku-protezovanim-prilozkovanim-a-ukotvenim-do-ocelovych-konzol>, (1. 5. 2016)
- [2] Coleman: Jaké jsou typy šikmých střech, online: <http://www.coleman.cz/typy-sikmych-strech/>, (18. 3. 2016)
- [3] Dřevo a stavby: Dřevěné ručně tesané trámy, online: <http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/konstrukce-drevostaveb/1631-drevene-rucne-tesane-tramy-n-tradice-zije>, (1. 5. 2016)
- [4] Gerner, Manfred: Tesařské spoje, Grada Publishing a.s., Praha 2003, ISBN 80-247-0076-X
- [5] Girsá, V., Holeček, J. a kol.: Projektování obnovy stavebních památek, Národní památkový ústav, Praha 2008, ISBN 978-80-87104-34-7
- [6] Kufner, V., Vinař, J.: Historické krovy, konstrukce a statika, Grada Publishing a.s., Praha 2004, ISBN 80-7169-575-0
- [7] MW Servis: Injektážní sada Wagner, online: <http://www.mw-shop.cz/mw-shop/eshop/5-1-Injektazni-sada-Wagner-drevo>, (25. 4. 2016)
- [8] Pozemní stavitelství IV.: Krovy, online: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>, (13. 4. 2016)
- [9] Profesionální nástroje a nářadí Stubai: Tesařské sekery, online: <http://www.naradistubai.cz/detail.aspx?kategorie=601>, (1. 5. 2016)
- [10] TZB-info: Tepelné metody sanace dřevěných prvků konstrukcí při biotickém napadení, online: <http://www.tzb-info.cz/13628-tepelne-metody-sanace-drevenych-prvku-konstrukci-pri-biotickem-napadeni>, (19. 4. 2016)
- [11] Učíme se v prostoru: Krovy – rozdělení, konstrukce, navrhování a montáž, online: [http://uvp3d.cz/dum/?page\\_id=2416](http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2416), (20. 3. 2016)

- [12] Vašek, Milan: Havárie, poruchy a rekonstrukce dřevěné a ocelové konstrukce, Grada Publishing a.s., Praha 2011, ISBN 978-80-247-3526-9
- [13] Vinař, Jan a kol.: Historické krovy – typologie, průzkum a opravy, Grada Publishing a.s., Praha 2009, ISBN 978-80-247-3038-7
- [14] Wasserbauer, Richard: Biologické znehodnocení staveb, ABF, Praha 2000, ISBN 978-80-861-6530-1
- [15] Wikipedia: Krov, online: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Krov>, (3. 3. 2016)