

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Lesnická a dřevařská fakulta**

**Ústav nauky o dřevě**

**Stavebně-technický průzkum vodního mlýna v Leskovci  
u Březové a návrh sanačního opatření**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vedoucí diplomové práce:  
Ing. Jan Baar, Ph.D.

Vypracoval:  
Bc. Jakub Orlík

Brno 2015

### ***Prohlášení***

*Prohlašuji, že jsem práci: Stavebně technický průzkum vodního mlýna v Leskovci u Březové a návrh sanačního opatření zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

*Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školní díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.*

*Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.*

*V Brně, dne: .....*

*podpis studenta .....*

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu doktorovi Ing. Janu Baarovi, Ph.D. za jeho čas, ochotu, podněty a cenné rady při řešení této práce. Zároveň bych chtěl poděkovat celé své rodině za podporu při studiu.

## **Abstrakt**

**Autor:** Bc. Jakub Orlík

**Název práce:** Stavebně-technický průzkum vodního mlýna v Leskovci u Březové a návrh sanačního opatření.

Diplomová práce se zabývá vyhodnocením technického stavu dřevěných nosných konstrukcí vodního mlýna v Leskovci u Březové (okres Opava). Snahou tohoto průzkumu bylo odhalit rozsah abiotického a biotického poškození jednotlivých nosných dřevěných prvků u konstrukcí stropů a krovu. Rozsah poškození byl zjišťován smyslovými a přístrojovými metodami (Arborsonic Decay Detector a Resistograph 4453). Získané výsledky z měření byly zaznamenány a porovnány s hodnotami udávanými v literárních zdrojích. Kompletací vyhodnocených dat se podařilo vytvořit přehled o technickém stavu vodního mlýna, který vedl k sestavení návrhu sanačního opatření. Na základě tohoto sanačního opatření a jeho uskutečnění se podaří ve stavbě zachovat konstrukční dřevěné prvky ve vyhovujícím stavu.

**Klíčová slova:** dřevokazní škůdci, dřevěné konstrukce, sanační opatření, stavebně-technický průzkum, stavba dřeva, vodní mlýn.

## **Abstract**

**Autor:** Bc. Jakub Orlík

**Title:** Constructional and technical survey of the water mill in Leskovec near Březová and suggestion of remediation measures.

This thesis deals with the evaluation of the technical state of wooden support structures of water mill in Leskovec near Březová (Opava district). The purpose of this research was to determine the range of the abiotic and biotic damage to each of the major elements of a timber floors and roof structures. The scope of damage was determined by sensual and instrumental methods (Arborsonic Decay Detector and Resistograph 4453). The measurement results were recorded and compared with values indicated in literature sources. It was enabled to create overall technical condition report of the mill by evaluating gathered data. The report led afterwards to suggestion of remediation measures. Structural wood elements of the water mill will be preserved in a satisfactory condition by implementing these remediation measures

**Key words:** wood-destroying pests, wooden construction, remediation measures, construction and technical research, wood structure, water mill.

# Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Cíl práce.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Literární přehled .....</b>	<b>12</b>
3.1 Mlýnská stavení .....	12
3.2 Využití dřeva .....	12
3.2.1 Konstrukce dřevěných stropů.....	13
3.2.1.1 Základní typy konstrukcí dřevěných stropů.....	14
3.2.2 Konstrukce dřevěných krovů .....	17
3.2.2.1 Krokevní soustava.....	18
3.2.2.2 Hambalková soustava.....	19
3.2.2.3 Vaznicová soustava.....	19
3.3 Tesařské spoje .....	20
3.3.1 Spoje na sraz.....	20
3.3.2 Čepové spoje .....	21
3.3.3 Plátové spoje .....	21
3.3.4 Kampové spoje.....	22
3.3.5 Dráповé (sedlové) spoje.....	23
3.4 Životnost dřeva ve stavbách.....	23
3.4.1 Poruchy dřevěných konstrukcí .....	24
3.4.1.1 Poruchy biotického poškození .....	25
3.4.1.2 Poruchy abiotického poškození.....	30
3.5 Stavebně-technický průzkum .....	31
3.5.1 Diagnostiky poruch dřevěných konstrukcí.....	31
3.5.1.1 Základní členění diagnostických metod.....	31
3.5.2 Měření rychlosti šíření ultrazvukových vln .....	33
3.5.3 Měření na bázi odporového mikrovrtání.....	35
3.6 Sanace dřevěných konstrukcí.....	36
3.6.1 Zásady likvidace biotických škůdců v dřevěných konstrukcích .....	37
3.6.1.1 Sterilizace poškozeného dřeva .....	38
3.6.2 Konstrukční opravy degradovaných prvků .....	39
3.6.2.1 Příložkování .....	39
3.6.2.2 Protézování.....	39

<b>4. Materiál a metodika .....</b>	<b>41</b>
4.1 Obec Leskovec .....	41
4.2 Mlýn v Leskovci u Březové .....	42
4.2.1 Stavební historie mlýnu.....	43
4.3 Stavebně - technický průzkum .....	43
4.3.1 Metodika průzkumu .....	43
4.3.2 Tvorba výkresové dokumentace.....	44
4.3.3 Terminologie dřevěných prvků .....	45
4.4 Průzkum dřevěných konstrukčních prvků.....	46
4.4.1 Identifikace druhu dřeva.....	46
4.4.2 Průzkum smyslovými metodami .....	47
4.4.3 Průzkum přístrojovými metodami.....	47
4.4.3.1 Měření vlhkosti dřeva .....	47
4.4.3.2 Měření přístrojem Arborsonic Decay Detector .....	49
4.4.3.3 Měření dřeva Resistographem 4453.....	50
4.4.4 Postup vyhodnocení průzkumu .....	51
<b>5. Výsledky práce .....</b>	<b>52</b>
5.1 Popis konstrukce stropů .....	52
5.2 Popis střechy a konstrukce krovu.....	53
5.3 Identifikace druhu dřeva .....	53
5.3.1 Dub ( <i>Quercus</i> spp.) .....	53
5.3.2 Smrk ( <i>Picea abies</i> ).....	54
5.4 Výsledky hodnocení smyslovými metodami .....	55
5.5 Výsledky hodnocení přístrojovými metodami .....	56
5.5.1 Měření rychlosti ultrazvukových vln – Arborsonic Decay Detector .....	57
5.5.2 Měření odporovým mikrovrtákem – Resistograph 4453 Rinntech.....	66
5.6 Vyhodnocení stavu dřevěných konstrukčních prvků .....	69
5.7 Návrh sanačního a preventivního opatření.....	70
<b>6. Diskuze.....</b>	<b>73</b>
<b>7. Závěr .....</b>	<b>76</b>
<b>8. Summary .....</b>	<b>77</b>
<b>9. Seznam obrázků a tabulek.....</b>	<b>78</b>
<b>10. Použitá literatura .....</b>	<b>81</b>

<b>11. Použité internetové zdroje .....</b>	<b>85</b>
<b>12. Přílohy.....</b>	<b>87</b>
12.1 Výsledky měření Arborsonic Decay Detector .....	87
12.2 Výsledky měření Resistograph 4453 .....	97
<b>13. Fotodokumentace.....</b>	<b>99</b>



# 1. Úvod

Dřevo patří už od nepaměti k nepoužívanějším materiálům. Jako jeden z mála si udržel svůj nezastupitelný význam po celou dobu existence člověka. Rozsah jeho využití se rozpíná od zdroje tepla až po náročné využití ve složitých konstrukčních systémech mostů či budov. Důkazy uplatnění dřevěných materiálů jsou dosud dochovány v nejrůznějších historických budovách, jako jsou hrady, zámky, kostely a technické budovy, ke kterým patří bezesporu mlýny. Nezastupitelné uplatnění má dřevo také ve zpracovatelském průmyslu a to konkrétně ve stavebně truhlářském či nábytkářském výrobním odvětví.

Ve stavebnictví získalo dřevo význam díky skvělým fyzikálním a mechanickým vlastnostem, mezi které patří hlavně vysoká pevnost, nízká hmotnost, nízká tepelná vodivost a dobrá neprůzvučnost. Dřevo získalo svojí oblibu také díky dobré opracovatelnosti a estetice. Za určitých podmínek dosahuje (správným zacházením a ošetřením) i poměrně dlouhé životnosti. Při nesprávném zacházení dochází ke značnému zkracování životnosti dřevěných prvků. Tato skutečnost bývá vyvozována abiotickými vlivy a biotickým poškozením, které způsobují degradaci dřevěných prvků. Rozsah takto způsobeného poškození může vést až k celkové destrukci celého objektu. Proto je důležité se věnovat problematice ochrany dřeva podrobněji.

Existuje řada opatření jak chránit dřevěné materiály před negativními činiteli ovlivňujícími jejich mechanické vlastnosti. Je však nedílnou součástí zvolit tu správnou metodu ochrany k dosažení nejefektivnějšího výsledku. Proto je potřebné provést na zkoumaném objektu příčinný průzkum.

Pro zjišťování stavu různých staveb se provádí stavebně-technický průzkum, který odhalí celkové nedostatky zkoumaného objektu. Při tomto průzkumu se převážně zaměřuje na nosné prvky konstrukce, které plní podpůrnou a ztužující funkci stavby. Zpravidla to bývá hodnocení konstrukcí dřevěných stropů a krovů. Výsledkem stavebně-technického průzkumu bývá návrh sanace či sanačního opatření, který slouží k zachování objektu ve vyhovujícím stavu a také k zachování, co nejvíce původních dřevěných prvků.

Důvodů proč zachránit nejvíce původních dřevěných prvků ve stavbě je mnoho. Avšak jeden hlavní, který převyšuje vše, spočívá v zachování historické hodnoty stavby a ukázky umění starých tesařských mistrů i dalším generacím.

## **2. Cíl práce**

Cílem této diplomové práce je provést stavebně-technický průzkum vodního mlýna v obci Leskovec u Březové nedaleko města Opavy. Na zkoumaném objektu bylo provedeno hodnocení stavu dřevěných nosných konstrukcí a vyhotovení nápravných opatření. Cílem průzkumu stavby bylo odhalit biotické a abiotické poškození v dřevěných nosných prvcích, které by mohlo mít negativní dopad na mechanické vlastnosti instalovaných prvků a ovlivnit tak statiku celého objektu. Odhalování těchto poškození bylo provedeno smyslovými a přístrojovými metodami.

Nadále bylo cílem práce vytvořit výkresovou dokumentaci zkoumaného objektu, která slouží pro zaznačení zjištěného rozsahu poškození. Na základě výsledků stavebně-technického průzkumu bude provedeno sanační opatření. Pomocí tohoto opatření se podaří ve stavbě vodního mlýna zachovat zabudované prvky ve vyhovujícím stavu pro budoucí užívání objektu.

### 3. Literární přehled

#### 3.1 Mlýnská stavení

Mlýnská stavení patří mezi nejvýznamnější technické stavby. Vznik těchto staveb vedl ke zjednodušení zpracování obilného zrna a zvýšení efektivnosti výroby pro obživu našich předků (Škabrada 1999).

Proces výroby mouky prošel historickým vývojem, ten spadá až do období raného neolitu (7 000 – 6 000 př. n. l.), kdy se mouka vyráběla pomocí zrnotěrek a žernov. Výroba mouky (drcení zrna) se postupně vylepšovala až do dnešní podoby mlýnů. Podrobnější informace o tomto historickém vývoji jsou obsaženy v bakalářské práci Orlík (2013).

Jako hlavní pohon pro zpracování obilného zrna se používala lidská a zvířecí síla. Postupným zdokonalováním zařízení pro výrobu mouky se docílilo sestavení mechanismů, které k pohonu mlecího zařízení využívaly energii získanou z přírody (voda, vítr) (Štěpán, Křivanová 2000). Omezené čerpání přírodní energie v daných ročních obdobích, zapříčinilo vznik dalších zařízení, která k pohonu využívala například vodní páru, elektřinu či plyn ([vetrnemlyny.unas.cz](http://vetrnemlyny.unas.cz)).

Odborné zpracování obilného zrna se provádělo v mlecích zařízeních. Celek, ve kterém se nachází soustava komplexního vybavení, se nazývá mlýnice (Škabrada 1999). Srdcem mlecí soustavy byly původně otáčivé mlýnské kameny. Jejich soukolí bylo nejčastěji poháněno vodou či větrem. Vodní mlýny se oproti větrným mlýnům vyskytovaly na území České republiky častěji. Bylo to zapříčiněno četnějším výskytem vodních toků na našem území (Škabrada 2003).

#### 3.2 Využití dřeva

Dřevo patří už od pradávna mezi nejznámější stavební materiály, kdy se člověk snažil o vytvoření svého přístřeší (Havířová 2005). Je to dáno jeho fyzikálními a mechanickými vlastnostmi převážně vysokou pevností, nízkou hmotností, nízkou tepelnou vodivostí a dobrou neprůzvučností (Barnett, Jeronimidis 2009). Navíc při správném zacházení dřevo dosahuje poměrně dlouhé životnosti. Důkazy dlouhé životnosti dřevěných materiálů jsou doposud dochovány v nejrůznějších historických budovách jako jsou zámky, hrady, kostely a bezesporu technické stavby mlýnů. Dřevo našlo z nosného hlediska využití hlavně u konstrukcí *stropů a krovů*.

Po dlouhá staletí se také z dřevěných materiálů vyrábí nábytek, různé dekorativní předměty vedené ke zkrášlení interiéru a prostředky, které jsou nedílnou součástí běžného života (nádoby, nástroje, kuchyňské doplňky, ramínka a jiné). Dřevo jako materiál našlo také uplatnění ve výrobě hudebních nástrojů, plavidel či dětských hraček (Vigué 2009).

Dřevo je přírodní materiál, který má navíc všestranné využití. Je to dáno převážně díky estetickému vzhledu a přirozené kresbě. V posledních letech je velmi žádaným prvkem vytvářející pozitivní životní prostředí člověka. Navíc nelze opomenout fakt, že se jedná o trvale obnovitelný materiál, který má příznivý dopad na naše životní prostředí, v porovnání s ostatními umělými konstrukčními materiály (Vaverka a kol. 2008).

### **3.2.1 Konstrukce dřevěných stropů**

Jak již bylo zmiňováno v předešlé kapitole, dřevo patří mezi nejznámější stavební materiály. U staveb našlo z velké části uplatnění při řešení stropních konstrukcí, a proto bude tato kapitola věnována dané problematice.

Hlavní úlohou stropních konstrukcí je vznik užitných prostor ve vyšších podlažích. Důvodem je získání větší užité plochy na minimální zastavěné ploše. Dřevěné nosné prvky, které se vyskytují u stropních konstrukcí, slouží k přenášení svislých zatížení, mezi které patří například zatížení vyvolané vlastní hmotností konstrukce, instalovaným zařízením, osobami a nenosnými příčkami. Konstrukce by měly splňovat požadavky týkající se požární odolnosti i akustické a tepelné izolace. V historických budovách se těchto požadavků dosahovalo například násypy na záklopech, podbitím s vrstvou omítky či celkovým zvětšením dimenzí stropních prvků (Reinprecht, Štefko 2000).

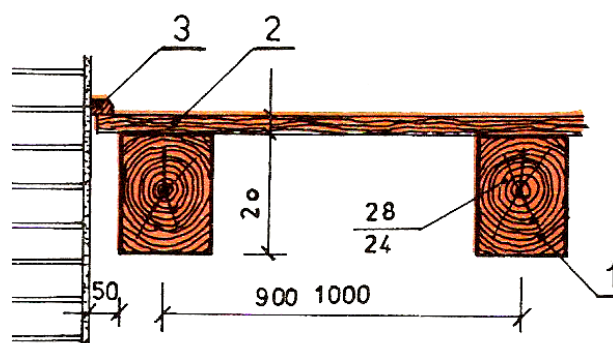
Postupem času se vývoj konstrukcí stropů vylepšoval. Díky tomuto vývoji, vzniklo mnoho konstrukcí, které měly specifický funkční charakter. Volba typu konstrukce stropu se odvíjela například od rozměrů místnosti, tepelných požadavků či nároků na zatížení. Stropní části se dělí z hlediska konstrukčních prvků na nosné a výplňové. Mezi nosné prvky se zařazují například trámy a mezi výplňové prvky (někdy přezdívané i krycí) patří desky a fošny. Orientace trámů ve stavbách je vždy kolmá k hřebenu střechy a orientace krycích prvků (fošny, prkna) je kolmá k ose stropních trámů (Škabrada 2003).

U starších stropů se nejčastěji vyskytovaly jednoduché konstrukce, které jsou typické svými viditelnými stropními trámy zaklopenými prkennými výplněmi. Osová vzdálenost stropních trámů se nejčastěji pohybovala do jednoho metru a výplně byly do těchto prvků připojovány pomocí spojovacích hřebíků. Jednotlivá prkna se navzájem k sobě napojovala pomocí spoje na polodrážku (Hájek 1997).

### 3.2.1.1 Základní typy konstrukcí dřevěných stropů

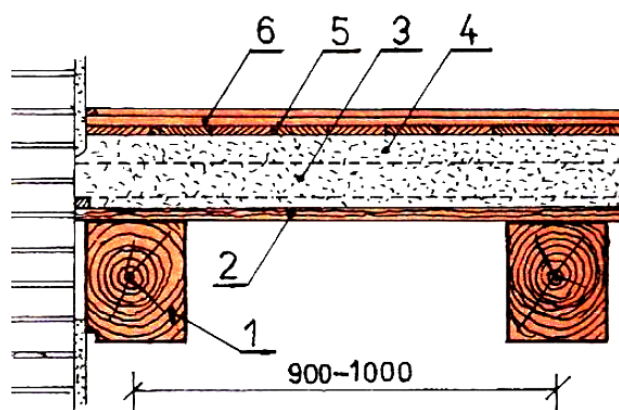
#### Trámové

Jednoduché konstrukce stropu (Obr. 1) jsou tvořeny stropními trámy (stropnicemi) a záklopem z prken či fošen. Osová vzdálenost stropnic se pohybuje v rozmezí 0,6 až 1,0 metru. Stropní trámy se nejčastěji ukládají do kapes ve zdivu na podložky, které jsou povrchově impregnované. Dimenze trámů se volí dle rozpětí stropu a působivého zatížení. Konstrukce těchto stropů se považuje za hořlavou, poněvadž dřevěné prvky nejsou chráněny zvláštními úpravami proti ohni (Havířová 2005).



**Obr. 1** Trámový strop jednoduchý: 1 – stropní trám, 2 – záklop z prken, 3 – obvodová lišta  
(Hájek 1997)

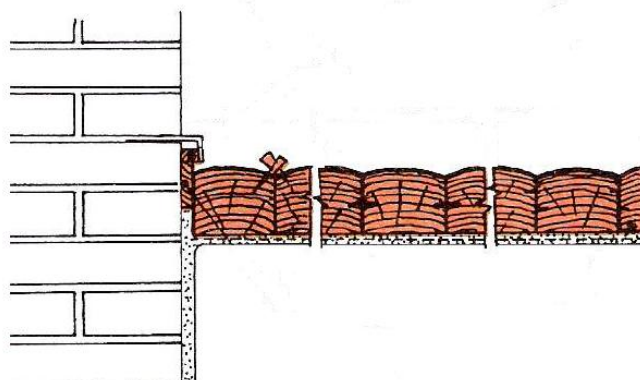
Za stropy trámové se zvětšenou požární bezpečností a neprůzvučností se považují takové, které mají na záklopu položenou vrstvu násypu o tloušťce 80 až 160 mm (Hájek 1997). Na Obr. 2 je graficky znázorněn systém zmiňované podlahy s požární ochranou.



**Obr. 2** Trámový strop se záklopem a násypem: 1 – stropní trám, 2 – záklop z prken, 3 – násyp, 4 – polštář, 5 – hrubá podlaha, 6 – čistá podlaha (Hájek 1997)

### Povalové

Stropy povalové (Obr. 3) patří mezi nejstarší dřevěné stropy (Havířová 2005). Byly sestavovány z polohraněných trámů či přitesané kulatiny o průměru 100–150 mm. Charakteristickými rysy této konstrukce je kladení stropních trámů těsně vedle sebe do drážky o velikosti 80–150 mm. Nejčastěji se tyto stropy vyskytují u starých chalup s místnostmi s malým rozpětím do 5 m (Hájek 1997). Nevýhodou tohoto stropu je jeho značná spotřeba dřeva (Havířová 2005).

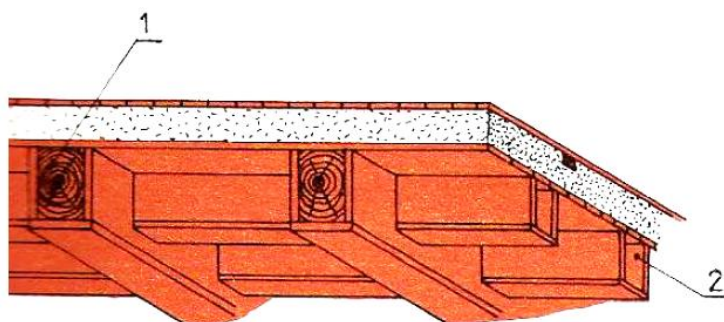


**Obr. 3** Povalový strop (Hájek 1997)

### Kazetové

Stropy kazetové (Obr. 4) jsou charakteristické vloženými výměnami (příčné trámky) mezi stropními trámy. Rozměry výměn jsou obvykle poloviční ve srovnání se stropnicemi (Reinprecht, Štefko 2000). Jak uvádí Hájek (1997) kazetové stropy bývají obměnou trámových stropů s viditelnými trámy se záklopem a násypem. Vložením

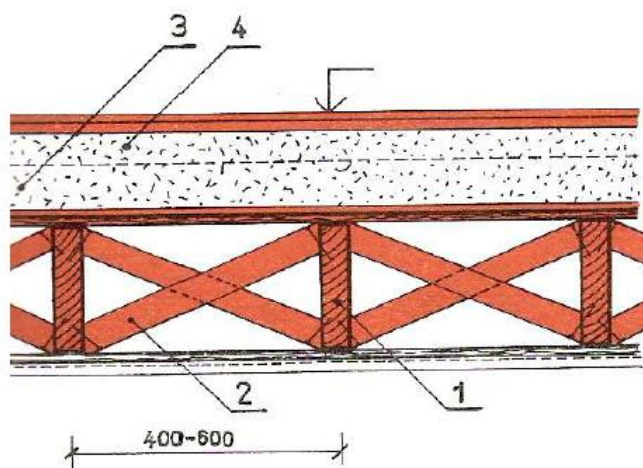
výměn mezi stropní trámy se vytváří pravidelné čtvercové či obdélníkové obrazce, které dopomáhají lepším estetickým tvarům stropních konstrukcí.



**Obr. 4** Kazetové stropy s truhlíky: 1 – trám obložený prkny, 2 – truhlíky z prken (Hájek 1997)

### Fošnové

Stropy fošnového typu jsou typické svou nenáročností na spotřebu dřeva. Konstrukce jsou vyrobeny z fošen o tloušťce 50 až 60 mm a šířce 200 až 260 mm. Fošny jsou orientovány ve svislé poloze a kladeny ve vzdálenosti 0,5 m od sebe. Pro zamezení vybočení jsou fošny vyztuženy křížovými rozpěrami z latí, popřípadě prkny ve vzdálenosti max. 1,5 m (Hájek 1997). Na Obr. 5 je tato konstrukce graficky znázorněna.



**Obr. 5** Fošnový strop: 1 – fošna, 2 – prkenné vzpěry, 3 – násyp, 4 – polštář (Hájek 1997)

### 3.2.2 Konstrukce dřevěných krovů

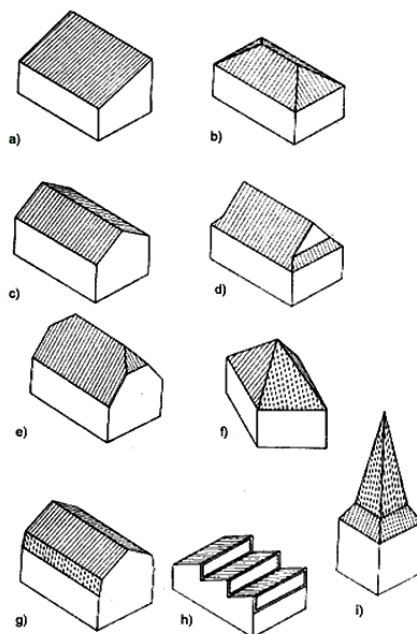
Nedílnou součástí každé stavby je zastřešení. Dřevo se používá na nosné konstrukce střech již po mnohá staletí. Za jedny z prvních konstrukcí pro zastřešení se považují přístřešky stanových objektů, které se vyskytovaly v severských oblastech (Vlček a kol. 2003). Vývoj a tendence zdokonalování těchto konstrukcí dopomohl ke vzniku mnoha dalších typů střech a konstrukčního uspořádání dřevěných prvků (Reinprecht, Štefko 2000).

U konstrukcí krovů se nejčastěji na území České republiky využívalo dřevo smrku a jedle. Na ojedinělých místech se používalo dřevo z borovice a dubu. Dubové dřevo se používalo převážně v oblastech, kde nebyl výskyt žádných jehličnatých dřevin. Tvrdé listnaté dřevo z dubu se využívalo u konstrukcí zvonových stolic, překladů, sloupů a významně také u spojovacích prostředků (Vinař a kol. 2005).

Střecha má funkci ochrannou před srážkovou vodou a sněhem. Její konstrukce musí přenášet kromě vlastní hmotnosti také zatížení sněhem, větrem, náhodným břemenem, popřípadě užitná zatížení. Dále musí splňovat u obytných podkroví nároky na tepelnou ochranu a vlhkostní režim. Důvodem je zamezení vzniku kondenzace vodních par, které jsou příčinou vzniku poruch v konstrukci střešního pláště (Natterer a kol. 1991).

Tvary střech se klasifikují do mnoha skupin. Rozdělují se například dle sklonu na ploché, šikmé a strmé. Dále se střechy rozdělují dle tvaru na sedlové, valbové, polovalbové, stanové, mansardové, pultové, pilové a věžové (Obr. 6). Všechny uvedené tvary střech se rozlišují vnitřním uspořádáním konstrukčních prvků. Výjimkou jsou střechy rovné a s malým spádem (ploché), které mají konstrukční uspořádání krovu téměř totožné jako u konstrukcí stropů. U střech tvaru pultových a sedlových jsou konstrukce krovu děleny na soustavy vazníkové, krokevní, hambálkové a vaznicové (Vinař 2010).

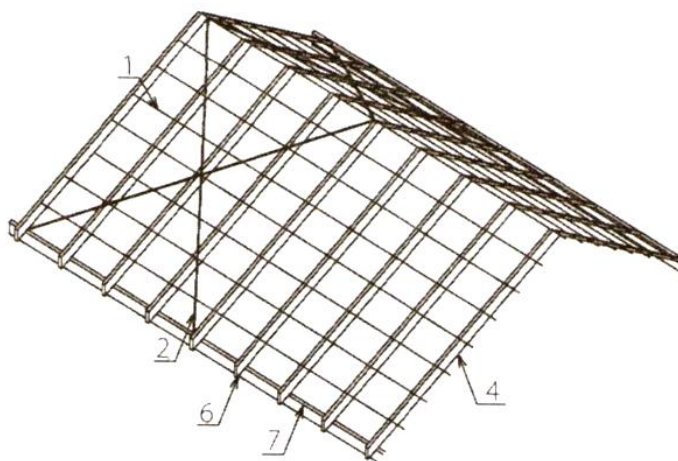




**Obr. 6** Typy střech: a) pultová, b) valbová, c) sedlová, d), e) polovalbová, f) stanová, g) mansardová, h) pilová, i) věžová (www.stavebnikomunita.cz)

### 3.2.2.1 Krokevní soustava

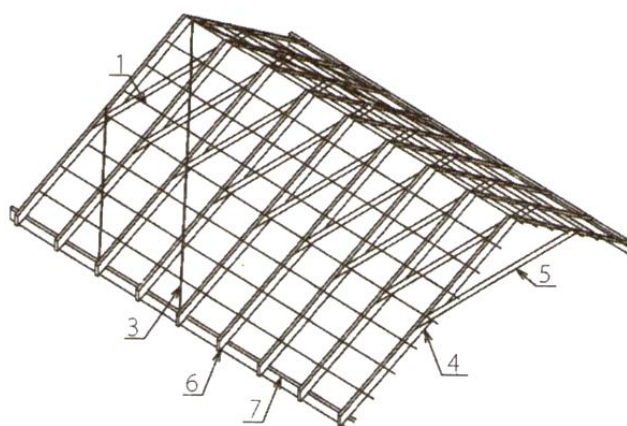
Prosté krokevní soustavy jsou nejčastěji tvořeny dvojicemi vzájemně zapřených krokví. Podepírají se buď na pozednicích, nebo na vazném trámu. V podélném směru se tuhost střešní soustavy zabezpečuje ztužidly (zavětrováním). Nejčastěji se tyto soustavy používají u střech s malým rozpětím (6 až 7 metrů). Délka rozpětí velmi záleží na intenzitě zatížení a průřezů krokví (Vinař, Kufner 2004). Na Obr. 7 je zobrazena prostá krokevní soustava.



**Obr. 7** Prostá krokevní soustava: 1 – střešní latě, 2 – diagonály ztužidel (zavětrování), 4 – krokve, 6 – kotvení krokví a pozednic, 7 – pozednice (Straka 2013)

### 3.2.2.2 Hambalková soustava

U hambalkových soustav (Obr. 8) je příčná vazba tvořena rovněž párem zapřených krokví do sebe. Navíc je mezi nimi vložen rozpěrný vodorovný prvek (hambalek). Pomocí této soustavy lze z praktického hlediska využívat podkrovní prostory a to v případě, pokud je soustava navržena s mezistropem uloženým na hambálcích, které současně plní i funkci stropních nosníků (Straka 2013). Hambalkové krovy se používají při sklonech střech větších než  $50^\circ$ , což způsobuje příznivější namáhání tlakem u krokví (Vinař 2010).

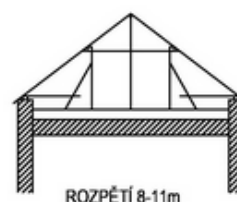
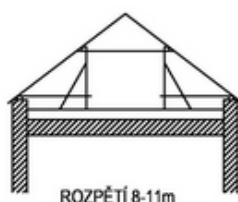
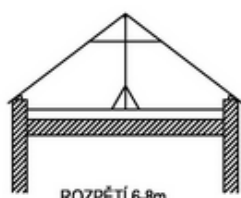


**Obr. 8** Hambalková soustava: 1 – střešní lať, 3 – ztužidla, 4 – krokve, 5 – hambalky, 6 – kotvení krokví a pozednic, 7 – pozednice (Straka 2013)

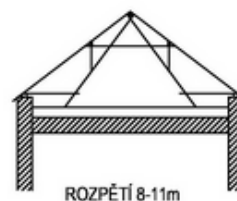
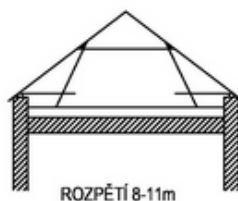
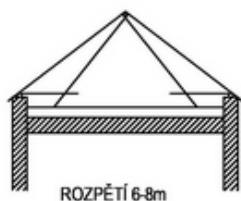
### 3.2.2.3 Vaznicová soustava

Název této soustavy je odvozen dle přidávaných podélných nosníků (vaznic) v hlavní nosné soustavě prvků střech. Vaznice jsou orientovány ve vodorovné poloze a jsou podepírány na plných vazbách krovu sloupy. Hlavní nosnou částí vaznicových soustav střech jsou plné vazby. Jedná se o rovinné systémy, které se odlišují různým uspořádáním prutů. Jedná se o dílčí nosné prvky, mezi které patří například sloupky, vzpěry, rozpěry a kleštiny. Specifický název soustav je odvozen dle charakteristického uspořádání zmíněných prvků hlavně podle pozice sloupků a způsobu podepírání vaznic (Vinař, Kufner 2004). Základní schémata vaznicových soustav jsou na Obr. 9.

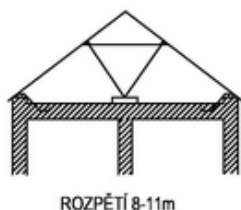
#### STOJATÉ STOLICE



#### LEŽATÉ STOLICE



#### KOZOVÁ STOLICE S BAČKOROU



#### PLNÁ VAZBA VAZNICOVÉ SOUSTAVY



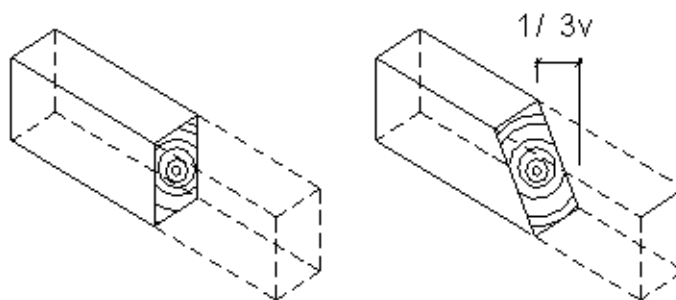
Obr. 9 Schémata plných vazeb vaznicových soustav (www.dk.spsopava.cz)

### 3.3 Tesařské spoje

Znalost tesařských spojů je základem při řešení dřevěných konstrukcí stropů a krovů. Jejich využití spočívá při napojování jednotlivých dřevěných prvků. Sloučením jednotlivých napojovaných prvků se vytvoří konstrukce, která zpravidla tvoří základní kostru celku (stavebního objektu). Spoje musí být zvoleny a provedeny přesně, protože se od nich odvíjí pevnost a trvanlivost celé konstrukce (Hájek 1997).

#### 3.3.1 Spoje na sraz

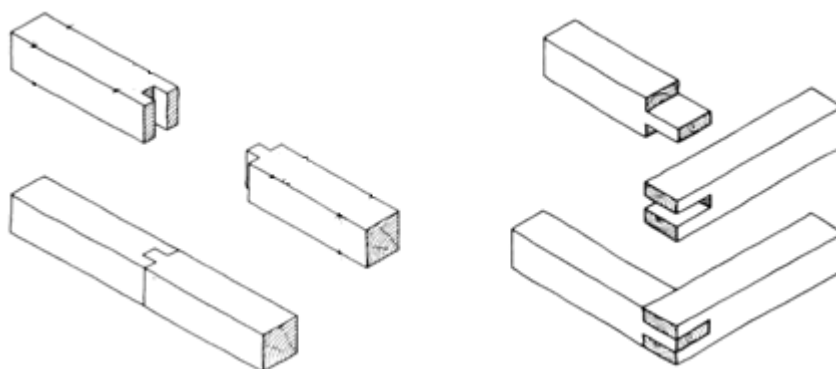
Spoj na sraz patří mezi nejjednodušší tesařské spoje. Převážně slouží k podélnému napojování dvou kusů dřev ve vodorovné poloze. Ve stavbách se často vyskytuje při napojování průvlaků a pozednic. Spoj se může vyskytovat i v poloze stojící, kdy dochází k „nasazování“ dvou kusů dřev. Nejčastěji se na stavbách vyskytují srazy tupé a šikmé (Obr. 10). Srazy tupé se také nazývají jako rovné. U těchto spojů se spojují dřeva na koncích pouze uříznou do pravého úhlu a přirazí k sobě. U šikmých spojů se konce dřev seříznou pod jiným úhlem než 90° (Gerner 2003).



**Obr. 10** Tupý a šikmý spoj na sraz (www.fast10.vsb.cz/)

### 3.3.2 Čepové spoje

Čepové spoje (Obr. 11) patří k nejrozšířenějším způsobům napojování dřevěných prvků. Jedná se také o druh spojování, který má nejvíce variant. Mezi neznámější varianty patří *podélný spoj* na čepový sraz (někdy nazývaný drážkový čep) a *rohový spoj* na ostřih (někdy také uváděný jako spoj na čep a rozpor). Čepový sraz se často používá u napojování prahových vaznic. Díky tomuto spoji je zabráněno bočnímu posuvu i otočením vázaných dřev vůči sobě. Spoje na ostřihový čep, jsou už po celá staletí nejpoužívanějšími spoji u krokevního a hambalkového krovu. Převážně se používají pro vázání krokví na hřebenu (Gerner 2003).

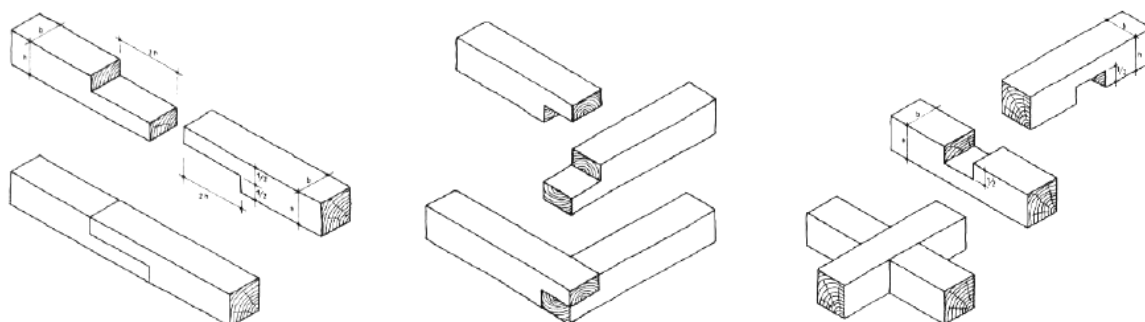


**Obr. 11** Zleva - podélný spoj na čep a sraz, rohový spoj na ostřih (Gerner 2003)

### 3.3.3 Plátové spoje

Plátové tesařské spoje (Obr. 12) slouží jako u ostatních spojů k podélnému, rohovému, křížovému a šikmému spojování. Často se ve stavbách používá při vzájemném napojování krokví. U těchto spojů mají spojovaná dřeva protilehlý zářez a mohou být umístěny proti sobě v libovolném úhlu. Oba spojované dřevěné prvky mají po vzájemném dosednutí výšku odpovídající jednomu kusu dřeva. Dochází k prořezání do poloviny tloušťky dřeva u každého protilehlého prvku. Nevýhodou těchto spojů je

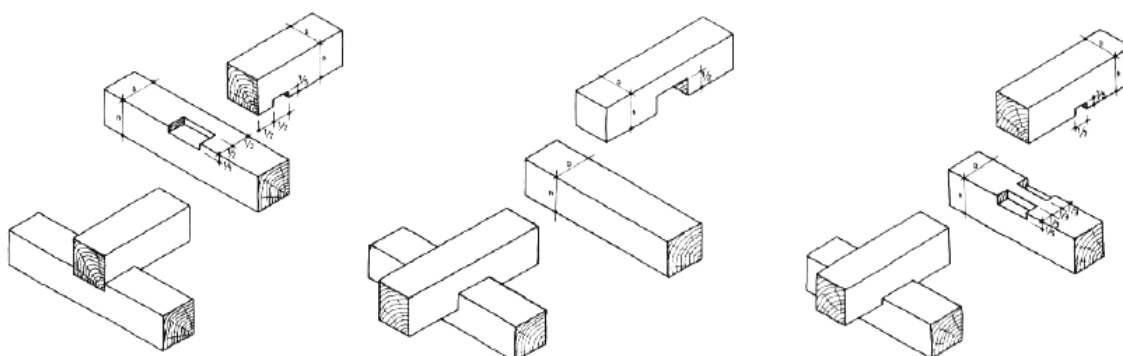
značné oslabení dřevěných materiálů. Bezpečné zajištění těchto spojů se provádí za pomoci dřevěných kolíků a klínů nebo železnými kramlemi (Gerner 2003).



**Obr. 12** Plátové spoje, Zleva - rovný, rohový a křížový (Gerner 2003)

### 3.3.4 Kampové spoje

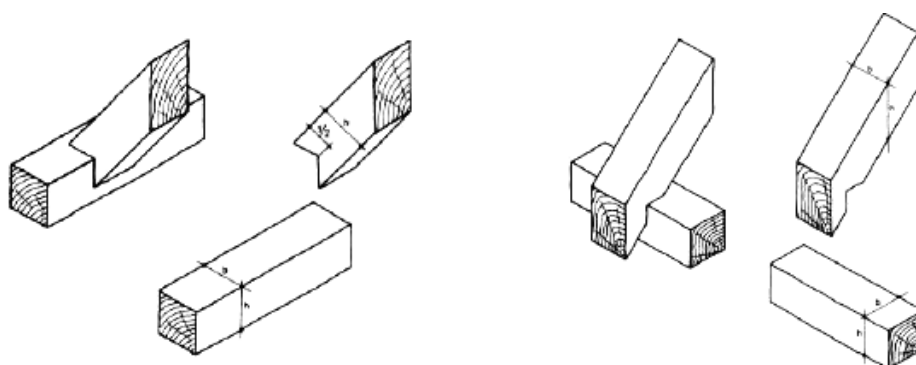
Kampované spoje (Obr. 13) se používají u rohových, příčných a překřížených spojů. Převážně se jedná o druh spoje, který je velmi podobný spoji na přeplátování. Principem vzniku těchto spojů bylo dosáhnout co nejmenšího oslabení dřevěného prvku v místě spoje. Kampované spoje vznikají při částečném opracování jednoho či obou dřevěných spojovaných prvků. Rovné kampování rohové se používá nejčastěji při napojování stropních trámů na rám hrázděných staveb. Mezi příčné spoje patří například plátový a rovný kamp. U těchto spojů bývá z pravidla hloubka přeplátování rovna jedné pětině výšky kampového hranolu. Rovný kamp je v porovnání s plátovým podstatně užitečnější, poněvadž podchycuje tahové síly vzniklé na dřevěný prvek. Mezi kampované spoje překřížené patří například spoje tzv. proříznuté a dojitý (Gerner 2003).



**Obr. 13** Zleva - kamp příčný rovný, křížový proříznutý a dojitý kamp (Gerner 2003)

### 3.3.5 Drápové (sedlové) spoje

Drápové (neboli sedlové) spoje (Obr. 14) se nejčastěji používají pro spojování prvků nacházející se v různých rovinách (horizontálních a vertikálních) a jejich uplatnění je velmi rozšířené. Typickým příkladem je spojování střešních krokví s pozednicemi (popřípadě vaznicemi). Pro zajištění polohy se často přidávají spojovací prostředky, mezi které patří například hřebíky a tesařské skoby (Hájek 1997). Základní terminologie sedlových spojů se rozděluje dle napojení šikmého prvku do příčného. Pokud dochází k napojení šikmého prvku do příčného plným koncem, označuje se tento spoj jako *zadrápnutí do*. Pokud se spojované prvky částečně míjejí, označuje se tento spoj jako *zadrápnutí přes* (Gerner 2003).



**Obr. 14** Zleva – Zadrápnutí s čelním zářezem v krokvi, zadrápnutí přes zásek na krokvi  
(Gerner 2003)

### 3.4 Životnost dřeva ve stavbách

Jak je známo, dřevo má už dlouhodobou tradici při užívání jako stavební materiál. Je to dáno jeho přednostmi vůči ostatním materiálům (kámen, hlína, cihla, beton a kovy), mezi které patří například trvalá obnovitelnost, dobrá opracovatelnost, skvělá pevnost, nízká hmotnost, nízká tepelná vodivost a pozitivní působení na člověka (Reinprecht, Štefko 2000). Dřevo jako materiál, má také své záporné vlastnosti, které mají značný dopad na jeho životnost. Jsou to například biodegradovatelnost (poškození hmyzem a houbami), hořlavost, korodovatelnost (vlivem povětrnostních činitelů a agresivních chemikálií) a tvarové deformace působením klimatu (Svatoň 2000).

Dřevěné konstrukce se v čase opotřebovávají *fyzicky a morálně*. K fyzickému opotřebování dochází při postupné ztrátě užitné hodnoty za působení specifických poruch (viz. kapitola 3.5.1). Vzniklé poruchy lze redukovat správnou ochranou, údržbou

a potřebnými sanačními zásahy. Morální opotřebení má souvislost s rozvojem lidské společnosti, ve spojení s rostoucími nároky na funkčnost konstrukce a jejich estetické stránky. Morální opotřebení se rozhodně netýká kulturních památek z důvodu autentických a historických hodnot staveb. U konstrukcí staveb bez památkové hodnoty se problémy morálního opotřebení řeší převážně metodami modernizace (Reinprecht, Štefko 2000).

### **3.4.1 Poruchy dřevěných konstrukcí**

Dřevo zabudované ve stavbách má za příznivých podmínek poměrně dlouhou trvanlivost. Za nepříznivých podmínek, kdy dochází ke vzniku poruch, se životnost dřeva pochopitelně velmi rychle zkracuje (Šefců a kol. 2000). Poruchy u dřevěných staveb jsou způsobeny mnoha vlivy, mezi které patří dle Štefka a kol. (2006):

- poškození střešního pláště s následným dopadem vnikání dešťové vody,
- biotické poškození dřeva houbami a hmyzem,
- přirozené stárnutí dřeva,
- požár,
- nadměrné zatížení konstrukce a jejích prvků,
- objemové změny dřevěných prvků (při změnách vlhkosti prostředí).

Nadále se poruchy dřeva třídí podle původu dřevokazných činitelů na (Svatoň 2000):

#### **Biotické poškození**

- mikroorganismy - bakterie
- z říše rostlinné - plísně, houby dřevozbarvující a dřevokazné
- z říše živočišné – dřevokazný hmyz, mořští živočichové, ptáci a savci

#### **Abiotické poškození**

- atmosférické – sluneční záření, voda, změny teploty a vlhkosti, proudění kapalin a plynů a mechanické vlivy
- chemické - agresivní chemikálie (zásady, kyseliny, oxidační činidla resp. ve specifických situacích i některá aditiva přítomná v nevhodně použitých ochranných prostředcích a lepidlech)
- termické - vysoké teploty (sálavé a plamenné energetické zdroje)

### 3.4.1.1 Poruchy biotického poškození

Prvotní příčinou vzniku biotického poškození u dřevěných konstrukcí je voda. Při vyšší koncentraci ve dřevě vytváří přijatelné podmínky, jak pro život nejnebezpečnějších škůdců dřeva (dřevokazné houby a dřevokazný hmyz), tak pro život méně závažných škůdců (plísně, dřevozbarvující houby a bakterie), které nepředstavují pro dřevěné prvky tak výrazné ohrožení. Za méně specifickou, ale za to velmi častou formu biologického poškození, se také považují ptačí výkaly (převážně holubí), které mají chemicky agresivní účinky (Reinprecht, Štefko 2000).

#### Dřevokazné houby

Dřevokazné houby patří mezi největší nebezpečí pro dřevo zabudované ve stavbách. Jejich výskyt způsobuje rozklad dřeva, který má dopad na snižování pevnostních charakteristik a tím vážně ohrožuje celou konstrukci objektu (Ptáček 2009).

Riziko napadení houbami se zvyšuje při dlouhodobé vlhkosti dřeva vyšší než 20 %. Suché dřevo (pod 20 %) nevyhovuje růstu dřevokazných hub. Rovněž potřebují k existenci 5 – 20 % objemu vzduchu v objemu dřeva (Reinprecht 2008).

Rozklad dřeva dřevokaznými houbami probíhá dvěma základními způsoby a to hnědým a bílým tlením. Houby hnědého tlení rozkládají především celulózní složku dřeva (celulózu a hemicelulózu), lignin je rozkládán minimálně. Takto napadené dřevo ztrácí na objemu i hmotnosti ztrátou celulózy. Zároveň tmavne oxidací uvolňovaného ligninu. Houby hnědého tlení způsobují tzv. destrukční rozklad, kdy se dřevo stává křehkým, lehce lámavým až drobivým. Nejznámější houby způsobující hnědé tlení jsou z rodu *Serpula* a *Coniophora* (Obr. 15). Houby bílého tlení způsobují tzv. bílou hnilobu. Houby odbourávají současně lignin a polysacharidy (celulózu a hemicelulózu). Napadení výrazně způsobuje snížení pevnostních vlastností, avšak ne tolik v porovnání s napadením houby hnědého tlení (Voroncov, Červinková 1986). Nejznámějším představitelem hub bílého tlení se považuje outkovka pestrá (*Trametes versicolor*) (Obr. 16).





**Obr. 15** Zleva - dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*), koniofora sklepní (*Coniophora puteana*) ([www.biolib.cz](http://www.biolib.cz))



**Obr. 16** Outkovka pestrá (*Trametes versicolor*) ([www.biolib.cz](http://www.biolib.cz))

Počáteční růst houby začíná klíčením spor (výtrusů) za optimální vlhkosti, která se u jednotlivých hub může odlišovat. Následně ze spor vyrůstají hyfy, které začínají tvořit mycelium (pletivo). Konečným stádiem vývoje jsou plodnice. Plodnicemi se vytvářejí spory, které jsou pomocí proudícího vzduchu roznášeny na vedlejší dřevěné prvky, kde se rozrostou v další podhoubí (Vlček a kol. 2001).

Růst dřevokazných hub je ovlivněn převážně teplotou a vlhkostí dřeva. Konkrétní životní podmínky jednotlivých dřevokazných hub jsou zaznačeny v následující tabulce.

**Tab. 1** Existenční podmínky významných druhů dřevokazných hub (Reinprecht, Štefko 2000)

Dřevokazné houby	Napadené dřevo		Životní podmínky	
	listnaté	jehličnaté	optimální teplota [°C]	optimální vlhkost [%]
Dřevomorka domácí	ANO	ANO	18 - 22	30 - 40
Koniofora sklepní	ANO	ANO	23	40 - 50
Pornatka vaillantova	NĚKDY	ANO	27	30 - 50
Trámovka plotní	NE	ANO	35	40 - 60
Trámovka jedlová	NE	ANO	20	50 - 60
Outkovka pestrá	ANO	NE	28	60 - 100

### Dřevozbarvující houby a plísně

Dřevozbarvující houby kolonizují parenchymatické buňky dřevných paprsků a způsobují pouze povrchové či vnitřní skvrny ve dřevě. Nemají žádný dopad na snižování mechanických vlastností dřeva. Ve dřevěných konstrukcích způsobují estetické vady a vyskytují se spíše výjimečně. Z převážné části napadají zejména mokré dřevo (čerstvě pokácenou kulatinu) (Ptáček 2009).

Plísně rovněž nemají vliv na snižování mechanických vlastností dřeva. Jejich výskyt je pouze na povrchu materiálu a mohou se vyskytovat i u nedřevěných povrchů jako jsou: omítky, barvy, laky, papír aj. Jejich tvorba vzniká při teplotě 27–37 °C a relativní vzdušní vlhkosti 85–99 %. Jejich výskytem hrozí nebezpečí dalšího poškození dřevokaznými houbami (Žák, Reinprecht 1998).

### Dřevokazný hmyz

Výskyt dřevokazného hmyzu ve dřevě způsobuje značné poruchy, ale zpravidla ne takového rozsahu jako v případě dřevokazných hub. Dřevokazný hmyz způsobuje ve dřevě oslabování profilu v povrchových a v některých případech i v hloubkových vrstvách (Šefců a kol. 2000). Velikost poruch je závislá na velikosti, množství a lokalizaci požerků v jednotlivých dřevěných prvcích konstrukce. Zároveň požerky a výletové otvory snižují estetickou hodnotu poškozených částí. Vznik těchto otvorů (požerek) pochází z larválního stádia, kdy larvám slouží dřevo jako zdroj potravy (Vysoký 1995).

V našich klimatických podmínkách patří hmyz mezi hlavní dřevokazné škůdce. K jejich vývoji a existenci potřebují minimální vlhkost dřeva okolo 10 %. Pod touto hranicí nebývá dřevo hmyzem napadáno. S přibývajícím vlhkostí ve dřevě dochází k vyššímu riziku jeho napadení. Vliv na rozvoj a existenci larev má také teplotní rozmezí (Tab. 2). Dosažením teploty nad 55 °C dochází k usmrcení larev ve dřevě. Vysoké teploty se tudíž používají k likvidaci napadeného dřeva hmyzem (Vlček a kol. 2001).

**Tab. 2** Existenční podmínky významných druhů dřevokazného hmyzu (Reinprecht, Štefko 2000)

Dřevokazné houby	Napadené dřevo		Životní podmínky	
	listnaté	jehličnaté	optimální teplota [°C]	optimální vlhkost [%]
tesařík krovový	NE	ANO	29	30–35
tesařík fialový	NĚKDY	ANO	25	30
červotoč proužkovaný	ANO	ANO	22	26
červotoč umrčlí	ZŘÍDKA	ANO	25	MIN (20–22)
hrbohlav parketový	BĚL DUBU	NE	30	12

#### **Tesařík krovový** (*Hylotrupes bajulus*)

Ve střeoevropském klimatickém pásmu se považuje za nejnebezpečnějšího hmyzího škůdce napadajícího konstrukce krovů u jehličnatého dřeva (převážně smrku a jedle) tesařík krovový (Obr. 17) (Urban 1997). Jeho larvy způsobují oválné požerky až do velikosti 7 × 12 mm. Lokalizace těchto požerek je typická těsně pod povrchem dřevěných prvků. Pouze ojediněle je jimi poškozen i celý průřez (Reinprecht, Štefko 2000). Samičky dospělých jedinců dosahují délky až 25 mm a samečci jsou v porovnání s nimi mnohem menší (Ridout 2000). Výskyt brouků se nejčastěji objevuje v teplých obdobích a to konkrétně mezi červnem až srpem. V tomto období dochází k opakovanému páření a kladení vajíček. Samičky kladou vajíčka v období dvou až čtyř týdnů do štěrbin či trhlin. Během tohoto období nakladou v průměru 200 vajíček (max. 420) do 3 až 7 hromádek po 30 až 160 kusech (Schwenke a kol. 1974).



**Obr. 17** Dospělý jedinec tesaříka krovového (*Hylotrupes bajulus*) ([www.garten.cz](http://www.garten.cz))

### **Červotoč proužkovaný** (*Anobium punctatum*)

Tento dřevokazný škůdce je spolu s tesaříkem krovovým považován za nejdůležitějšího škůdce dřevěných budov, nábytku a dalších výrobků z jehličnatého a listnatého dřeva. Červotoč proužkovaný se často vyskytuje v málo větraných, nevytápěných a vlhkých objektech (sklepech, pivnicích, mlýnech apod.). Ve zmíněných objektech napadá jak konstrukční prvky, tak všechny dřevěné prvky jako jsou podlahy, obložení, schodiště, okenní rámy, obrazové rámy a mnoho dalších vybavení (Urban 1997). Škůdci způsobují ve dřevě požerky o průměru 1 až 2 mm (Reinprecht, Štefko 2000). Podle Voroncova a Červínkové (1986) se brouci objevují v objektech od března a k rojení dochází v květnu a červnu. Ojedinele se můžou v objektech objevit brouci do podzimu. Dospělý jedinec dorůstá délky 3 – 4 mm a šířky 1,2 – 2 mm (Vysoký 1995). Podle Urbana (1997) můžou červotoči proužkovaní dorůstat až 5 mm. Brouci žijí pouze krátkou dobu a to 6 až 28 dnů, po které nepřijímají žádnou potravu a jejich aktivita je převážně v noci (Vysoký 1995).



**Obr. 18** Červotoč proužkovaný (*Anobium punctatum*) ([www.zin.ru](http://www.zin.ru))

### **Červotoč umrlčí (*Hadrobregmus pertinax*)**

Dalším dřevokazným škůdcem vyskytujícím se v zabudovaných dřevěných prvcích (krovech, stropních trámech aj.) je červotoč umrlčí (Obr. 19). Převážně napadá dřevo jehličnatých dřevin. Listnaté dřeviny napadá pouze zřídka. Způsobuje požerky menšího kruhového tvaru do průměru 3 mm. Nejčastěji napadá stropní trámy, které jsou vetknuté do obvodových stěn a krovové konstrukce v místech, kde dochází k zatékání vodních srážek. Jeho ideální osídlování je ve vlhkém a chladném prostředí a to konkrétně v kostelech, kaplích, mlýnech a mnoha dalších historických budovách (Urban 1997).

Rojení červotoče umrlčího je od začátku května do konce června (Vysoký 1995). Nejčastější aktivita brouků je v noci (Urban 1997), i když ve starších literaturách je uváděno, že pohyb brouků je převážně přes den (Vysoký 1995). Podle Voroncova a Červínkové (1986) samičky těchto dřevokazných škůdců kladou vajíčka buď jednotlivě, nebo po 5 – 6 vajíčcích do skulin či starých chodeb. Uvádějí také, že jedna samička naklade v průměru mezi 30 – 35 vajíček. Délka těla dospělého jedince se pohybuje v rozmezí 4,5 až 6 mm.



**Obr. 19** Červotoč umrlčí (*Hadrobregmus pertinax*) ([en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org))

#### **3.4.1.2 Poruchy abiotického poškození**

Poruchy vzniklé „*přirozeným stárnutím dřeva*“. Jsou vyvolané atmosférickou korozi, účinkem slunečního záření, vody, kyslíku, extrémních nebo cyklických se měnících teplot, větru, písku, prachu, emisí apod. Jsou typické pro venkovní expozice (Reinprecht 1996).

U dřevěných krovů a stropů jsou abiotické poruchy často způsobovány nedodržováním konstrukčních zásad ochrany. Nedodržením konstrukčních ochranných opatření mohou vznikat ve dřevě vlhkostní a teplotní napětí, která se postupem času za určitých situací projeví změnami geometrie. Převážně vznikají ve dřevě trhliny a tvarové



deformace. Vznik těchto vad má za následek pokles únosnosti dřevěných prvků, porušení konstrukčních spojů a dokonce změny funkčnosti celé konstrukce. Mechanické vlastnosti dřeva se výrazně zhoršují nárůstem vlhkosti do hodnoty nasycení vláken (okolo 30 %). Dřevěné prvky promočené vodou mají výrazně nižší nosnost. V mokřem stavu tedy vzniká i větší riziko jejich nevratného poškození vlivem nahodilých i trvalých poškození (Reinprecht, Štefko 2000).

### **3.5 Stavebně-technický průzkum**

Jedná se o specializovanou odbornou činnost, jejichž úkolem je zjistit, shromáždit, utřídit a zpracovat maximum informací o konkrétní zkoumané stavbě. Získané výsledky této činnosti slouží jak pro potřeby památkové péče, tak pro rozšíření a doplnění obecného poznání v rámci základního výzkumu o stavbě. Význam stavebně-technického průzkumu samozřejmě dopadá i na vědecké zaměření, kde se podílí na obohacování dosavadních znalostí v mnoha oborech. Výsledky průzkumu z určitého hlediska mohou nápomoci osvětové a popularizační činnosti (Macek 2001).

#### **3.5.1 Diagnostiky poruch dřevěných konstrukcí**

Zjišťování stavu dřevěných prvků v tradičních objektech může být provedeno několika způsoby. Nejčastěji se analýza objektů provádí vizuálním hodnocením. Ta patří mezi nejstarší nedestruktivní metody u stavebně-technických průzkumů. Za pomoci této analýzy je možné odhalit povrchové biotické a zároveň viditelné mechanické poškození dřeva. Zjišťování rozsahu poškození pro návrhy sanačního opatření vizuálním hodnocením však nestačí. Je třeba zapojit další způsoby hodnocení dřeva a to za pomoci přístrojových nedestruktivních či semi-destruktivních metod (Kloiber 2007).

##### **3.5.1.1 Základní členění diagnostických metod**

###### **Smyslové metody**

U těchto metod měření se používají základní smysly člověka a také základní pracovní pomůcky (např. metr, kladívko, baterka, nůž, fotoaparát a jiné.). Za použití pomůcek se získávají pouze obecné a bezrozměrné výsledky. Smyslové metody patří k nedestruktivním měřením a slouží jako předběžné výsledky k následnému přístrojovému hodnocení. Podle Reinprechta a Štefka (2000) se smyslové metody dělí následovně:

➤ **Vizuální (zrakové)**

- poškození dřeva dřevokaznými houbami,
- poškození dřeva dřevozbarvujícími houbami a plísněmi,
- poškození dřeva dřevokazným hmyzem,
- povrchové poškození dřeva povětrnostními vlivy,
- poškození dřeva požárem,
- trhliny ve dřevě,
- deformace dřevěných prvků či konstrukčních celků,
- uvolnění nebo poškození konstrukčních spojů,
- kvalitu dřeva z odebraných sond.

➤ **Čichové metody**

- přítomnost hub a plísní,
- přítomnost požáru nebo následky požáru,
- zvýšenou vlhkost dřeva.

➤ **Hmatové metody**

- povrchové poškození dřeva,
- vyšší stupeň poškození dřeva, na základě změny tvrdosti dřeva,
- zjevnější zvýšení vlhkosti dřeva.

➤ **Sluchové metody**

- zjištění přítomnosti larev a imag dřevokazného hmyzu,
- zjištění poruch v dřevěných prvcích na základě jeho odezvy na poklep,
- poruchy v krovových konstrukcích na základě různých zvukových, anomálií během jejího dynamického namáhání větrem či jinými vlivy.

**Přístrojové metody**

Za pomoci přístrojových metod lze dosáhnout důkladnějšího průzkumu pro zjištění poškození dřeva a poruch konstrukce. Výstupem jsou převážně číselné údaje, které pomohou při porovnání snadněji vyhodnotit stav konstrukce. Podle Kloiber (2007) a Bodig (2000) se přístrojové metody rozdělují na:

**a) Nedestruktivní**

- měření vlhkosti
- zvukové
- ultrazvukové
- akustické emise
- radiografie
- termografie

**b) Semi-destruktivní**

- odporové zarážení trnu
- odporové vrtání
- zkoušení radiálních vývrtů
- zkoušení tahových mikrotělísek
- měření tvrdosti
- měření ondoskopem

**c) Destruktivní**

- standardní destruktivní stroje
- mikroskopické určování druhu dřeva

### 3.5.2 Měření rychlosti šíření ultrazvukových vln

Ultrazvukové měření je nejčastěji používaná metoda u stavebně-technického průzkumů. Je to dáno díky vyhovujícím podmínkám nedestruktivnosti ve dřevěných materiálech zabudovaných v historických stavbách (Kloiber 2007).

Ultrazvuk je mechanické vlnění zpravidla větší než 16 kHz (Škvor 2001). Mechanické vlnění je děj, při kterém se kmitání přenáší přes látkové prostředí a šíření vln není spojeno s přenosem látky, nýbrž s přenosem energie. Následující vzorec popisuje vztah mezi rychlosti šíření ultrazvuku, vlnovou délkou a frekvencí (Požgaj 1993):

$$v = \lambda \cdot f \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

Kde:  $v$  – rychlost šíření ultrazvuku [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$\lambda$  – vlnová délka [mm],

$f$  – frekvence [Hz].



Arborsonic Decay Detector se považuje za jeden z nejčastěji používaných ultrazvukových přístrojů pro měření dřeva. Měření se provádí za pomoci dvou snímačů. Rychlost šíření ultrazvuku mezi těmito snímači závisí na druhu zkoumané dřeviny, jeho vlastnostech, hustotě a vnějších podmínkách. Průměrné hodnoty rychlosti šíření zvuku u jednotlivých dřevin jsou zaznamenány v Tab. 3. V místě zkoumaného dřeva s určitým rozsahem degradace jsou hodnoty rychlosti šíření zvuku nižší (Kloiber 2007). Podle Feio (2005) prochází vlny přes kvalitnější zóny dřeva a obchází zóny s defekty (např. suky, trhliny a hnilobu). Obcházení vln kolem defektů má značný dopad na měřený čas u přístroje. Zjištění technického stavu dřevěných prvků se může určit buď porovnáním měřených hodnot s průměrnými hodnotami podle Kollmann a Côte (1968) nebo podle hodnotící tabulky, kde jsou zaznamenány odhadové stupně poškození (Tab. 4).

Rychlost šíření zvuku ve dřevě je značně ovlivněna anatomii dřeva. Bylo zjištěno, že ultrazvukové vlny se šíří u smrkového dřeva v podélném směru až pětkrát rychleji než ve směru příčném. Zároveň byly v rovině příčného směru zjištěny rozdíly mezi radiálním a tangenciálním směrem v poměru 5:3,95 (Kloiber, Kotlínová 2005).

Rychlost šíření ultrazvukové vlny se vypočítá z následujícího vztahu (vzorec 2):

$$v = \frac{h}{t} \quad [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (2)$$

Kde:  $v$  – rychlost přenosu vlny  $[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$ ,

$h$  – délka měřeného úseku  $[\text{m}]$ ,

$t$  – čas přenosu ultrazvukových vln  $[\text{s}]$ .

**Tab. 3** Hodnoty průměrných rychlostí šíření zvuku ve zdravém dřevě (Kollmann a Côte 1968)

Druh dřeva	$\rho$ [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	rychlost zvuku $c$ [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	
		s vlákny	$\perp$ na vlákna
smrk	470	4 790	1 072
jedle	460	4 890	1 033
javor	630	3 826	1 194
buk	730	4 638	1 420
dub	690	4 304	1 193

**Tab. 4** Odhadové stupně poškození dřeva na základě průměrné rychlosti šíření ultrazvukového vlnění napříč vláken při vlhkosti 12 – 16 % (www.stavba.tzb-info.cz)

<b>Průměrná rychlost šíření ultrazvuku kolmo na vlákna [<math>\text{m}\cdot\text{s}^{-1}</math>]</b>			
<b>Stupeň poškození</b>	<b>Druh dřeva</b>		
	<b>smrk a jedle</b>	<b>borovice</b>	<b>dub</b>
1 - slabě poškozený prvek	1260 - 1800	1160 - 1750	1640 - 2100
2 - středně poškozený prvek	920 - 1260	840 - 1160	1180 - 1640
3 - silně poškozený prvek	750 - 920	680 - 840	850 - 1180
4 - totální destrukce prvku	500 - 750	500 - 680	600 - 850

### 3.5.3 Měření na bázi odporového mikrovrtání

Resistograph je přístroj, který slouží pro zjišťování technického stavu dřeva po celém průřezu zkoumaného dřevěného prvku. Diagnostika tohoto přístroje se zařazuje díky minimálnímu poškození dřeva do semi-destruktivní skupiny. Resistograph pracuje na principu odporového vrtání. V průběhu měření se zaznamenává kladený odpor při vrtání do grafického záznamu. V podstatě přístroj měří energii, která je nutná k udržení konstantní rychlosti vrtáku při vrtání dřevěným materiálem (Kloiber 2007). Vrtání se provádí flexibilními wolframovými vrtáky o průměru 1,5 až 3,0 mm. Hroty vrtáků mají speciální úhlovou geometrii, která eliminuje vznik tření vřetene (Rinn a kol 1996).

Řezný odpor vrtání je definován dle vztahu (Horáček 2007):

$$RD = \frac{T\omega}{\omega} \quad (3)$$

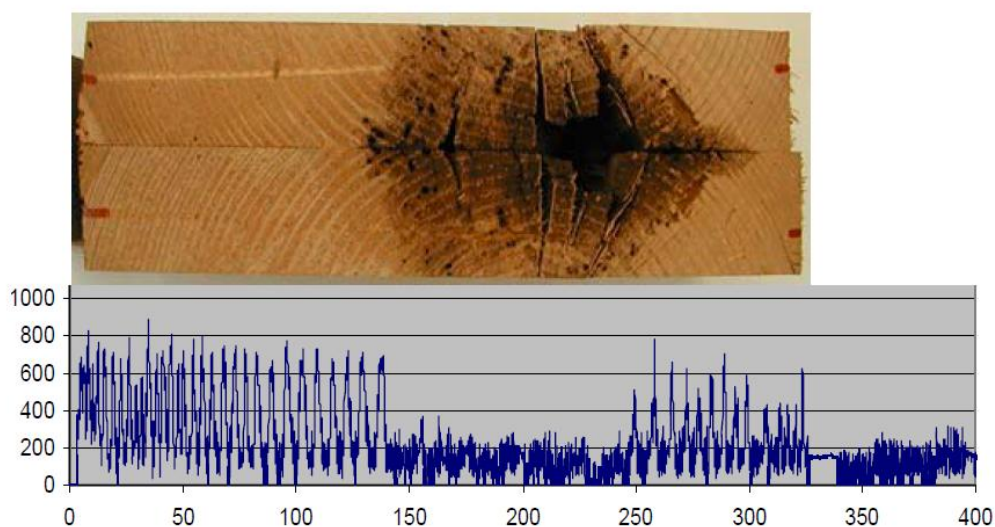
Kde: RD – odpor vrtání [ $\text{Nm}\cdot\text{s}\cdot\text{rad}^{-1}$ ],

$T\omega$  – točivý moment [ $\text{Nm}$ ],

$\omega$  – uhlová rychlost [ $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ].

Jak už bylo zmiňováno, výstupem měření je grafický záznam (dendrogram), ve kterém vrcholy v horní části křivky vystihují místo o vyšším odporu (vyšší hustotě dřeva) a vrcholy ve spodní části křivky nižší odpor (nižší hustotě dřeva). Na Obr. 20 je znázorněn průběh grafu při sníženém odporu dřeva postiženého hnilobou

(Kloiber 2007). Každé poškození dřeva (abiotické či biotické) má svůj typický průběh (Rinn 1994).



**Obr. 20** Průběh měření při napadení dřeva hnilobou (Kloiber 2007)

### 3.6 Sanace dřevěných konstrukcí

Sanační zásahy likvidují napadení biotickými škůdci. Nutnost těchto zásahů je při aktivním napadením dřeva u konstrukcí stropů a krovů. Likvidace napadení a preventivní ošetření se obvykle kombinuje nahrazením, zpevněním nebo odstraněním narušeného dřevěného prvku. Snahou sanačního opatření je zachovat co nejvíce původních dřevěných prvků ve stavbě. Návrh sanace biotického poškození musí podle Šefců a kol. (2010) obsahovat:

- Zjištění druhu, rozsahu napadení a jeho ohnisek; rozlišit, zda se jedná o aktivní či staré napadení.
- Zjištění příčin napadení (příčiny zvýšené vlhkosti).
- Návrh odstranění příčin vlhkosti.
- Návrh rozsahu a způsobu odstranění nebo výměny napadeného dřeva, který musí současně řešit zachování nebo obnovení všech funkcí dřevěné konstrukce.
- Návrh rozsahu a způsobu ošetření dřeva, které bude ve stavbě ponecháno.
- Návrh preventivního ošetření nového dřeva.
- Návrh rozsahu a způsobu ošetření ostatních konstrukcí.

- Návrh prevence napadení (opakování nátěrů ochrannými prostředky, režim kontroly dřevěných konstrukcí, zvýšená kontrola a údržba míst, která mohou být zdrojem vlhkosti).
- U památkových objektů je třeba uvést, jakým způsobem se sanace dotkne historických konstrukcí a návrh řešení odůvodnit. Navržený způsob sanace musí odpovídat požadavkům památkové péče.

### 3.6.1 Zásady likvidace biotických škůdců v dřevěných konstrukcích

V případě odhalení aktivity biotických škůdců dřeva je nezbytné poskytnout konstrukcím odpovídající opatření. V prvotním kroku je nutné provést okamžitě nebo co nejdříve provizorní zásah. Následně je potřeba vyřešit opatření vyhovující pro dlouhodobá hlediska. V případě neuskutečnění jmenovaných opatření důsledně a včas, hrozí nebezpečí havárie objektu (Reinprecht, Štefko 2000).

#### a) Provizorní zásahy

- Odstranění lokálního zdroje vzniku vlhkosti (např. provizorní oprava střechy).
- Odstranění výrazně poškozených dřevěných prvků a to tak, aby nebyla narušena statika objektu. U památkových objektů v souladu s konzultací odbornými pracovníky památkového ústavu.
- Lokálními aplikacemi vhodných biocidů.

#### b) Dlouhodobé zásahy

- Podrobný průzkum konstrukcí s vyhodnocením poruch.
- Stavebně – konstrukční opatření specializující se na minimalizaci rizik dalšího vlhnutí konstrukce. Cílem je trvale minimalizovat riziko aktivity biotických škůdců.
- Přerušování aktivity a likvidace biotických škůdců v dřevě i v jeho okolí za použití vhodných **sterilizačních metod** (viz. kapitola 3.4.1.4).
- Rekonstrukční práce zaznamenané v projektové dokumentaci (např. výměna či oprava poškozených dřevěných prvků a konstrukčních celků).
- Chemická ochrana jak zachovaného, tak nově zabudovaného dřeva. Pro zamezení opětovného poškození objektu biotickým poškozením.

### 3.6.1.1 Sterilizace poškozeného dřeva

Pro likvidaci biotických škůdců dřeva u dřevěných prvků v konstrukcích stropů a krovů, je možné podle specifické situace použít jednu či více z následujících sterilizačních metod (Svatoň 1997):

- *Zvýšením teploty dřeva* – využívá se zdroj sálavého, kontaktního, mikrovlnného nebo dielektrického zdroje tepla.
- *Opalováním dřeva plamenem* – vede k ohřevu dřeva nad kritickou teplotu života škůdců a zároveň tvoří dehtové látky toxické vůči houbám a hmyzu.
- *Zmrazování dřeva* – ochlazení dřeva na teplotu, při které hynou škůdci.
- *Ultrazvukem* – převážně k likvidaci larev.
- *Toxickými nebo inertními plyny* – zahubení živých larev i hmyzu vlivem toxicity a snížením obsahu kyslíku.
- *Mikrovlnným zářením.*
- *Elektromagnetické vlny.*
- *Vysokofrekvenční ohřev.*

### Sterilizace dřeva za zvýšené teploty

Principem této metody je dosáhnout takové teploty, která je hraniční pro život biologických škůdců dřeva. Každý škůdce má rozdílnou hraniční teplotu. Je proto nejprve nutné zjistit, kteří škůdci se nacházejí ve sterilizovaném objektu. Podle toho následně navrhnout aplikační kritickou teplotu účinnou vůči nejodolnějšímu škůdci (Ondruch 2010).

Pro usmrcení dřevokazného hmyzu je třeba ohřát dřevo na teplotu 55 °C po dobu alespoň 1 hodiny. Dřevokazné houby se likvidují vyššími teplotami a to v rozmezí 80 až 100 °C. Doba ohřevu dřeva je až několik hodin. Výjimkou je houba dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*), které pro likvidaci stačí poměrně nižší sálavá teplota (37 až 40 °C) pod dobu 3 až 6 hodin (Mirič, Willeitner 1984).

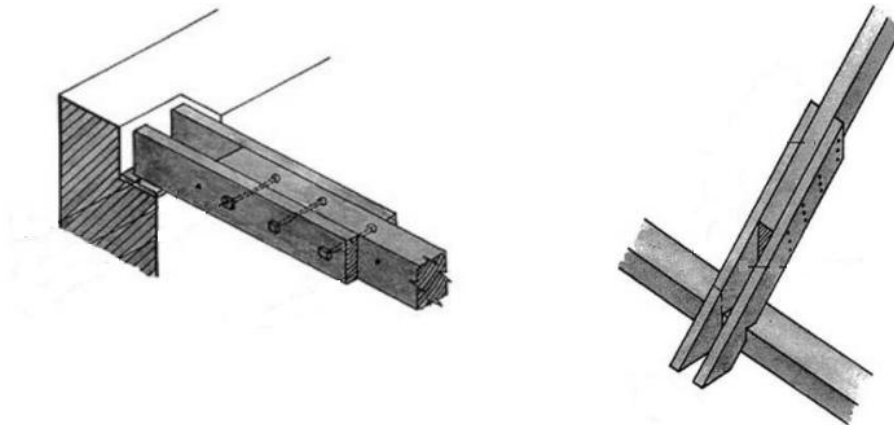
Nejčastěji se sálavým ohřevem sterilizují stropy a krovky. Ohřev je méně vhodný pro takové části dřevěných konstrukcí, ke kterým se teplý vzduch hůře dostává. Jsou to například místa zazděných záhlaví vazných či stropních trámů. Nebezpečím této metody je možnost vzniku tvarových změn dřevěných prvků, tvorba trhlin, vytékání pryskyřice, poškození lepených spojů či nátěrů uměleckých povrchových úprav (Ondruch 2010).

### 3.6.2 Konstrukční opravy degradovaných prvků

Nedílnou součástí u oslabených dřevěných konstrukčních prvků vznikem abiotického či biotického poškození je ztužování degradovaných míst. Při ztužování se klade hlavně důraz na obnovení mechanických vlastností a dále na estetickou stránku opravovaného prvku. Před samotným zahájením zpevňování poškozených míst je důležité si uvědomit, jakou funkci jednotlivý prvek vykonává z pohledu silového namáhání (nejčastěji v tlaku, tahu, ohybu a smyku). Nejčastější způsoby oprav se provádí příložkováním a protézováním (Pendl, Štrop 1990).

#### 3.6.2.1 Příložkování

Oprava pomocí příložek se často využívá u oslabených míst stropních trámů (zhlavích) či krokví (na koncích dřevěných prvků). Nejčastěji se volí na opravy materiál ze dřeva, pouze zřídka z oceli. Příložky je možno k poškozenému dřevěnému trámu přikládat z jedné či dvou stran. Oprava poškozených prvků může být touto metodou provedena buď lokálně, nebo i po celé délce prvku. Upevnění dřevěných příložek k opravovanému prvku se provádí pomocí hřebíků, vrutů či šroubů (Hájek 1997). V Obr. 21 je znázorněno typické napojení příložek u stropních trámů a krokví.

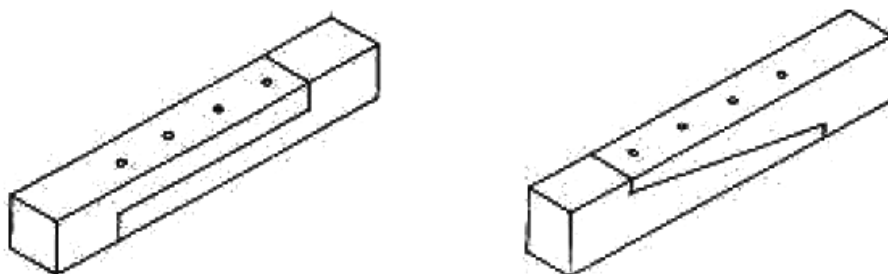


**Obr. 21** Zleva: Příložkování u stropních trámů a krokví (Pendl, Štrop 1990)

#### 3.6.2.2 Protézování

Oprava protézováním (Obr. 22) se provádí u dřevěných konstrukčních prvků za účelem nahrazení nebo doplnění poškozené části prvku. Nahrazený prvek se nazývá protéza, jejíž cílem je obnovit mechanické vlastnosti původního prvku. Protézování bývá zpravidla napojováno pomocí tesařských spojů, kdy dochází k napojení staré části dřevěného prvku s novou. Tesařské spoje plní kromě funkčnosti také významnou

vlastnost a to estetickou, která je důležitá u požadavků od památkářů. K opravám se často používají rovné a šikmé plátové spoje zajištěné svorníky. Rovné plátové spoje se užívají u prvků, které jsou namáhány na tlak (např. sloupky). Plátové spoje šikmé se především používají na opravu krokví. Dále se používá u konstrukčních prvků, které jsou namáhány na ohyb (Reinprecht, Štefko 2000).



**Obr. 22** Zleva: Protézový spoj rovný, protézový spoj šikmý (Reinprecht, Štefko 2000)

## 4. Materiál a metodika

### 4.1 Obec Leskovec



Obr. 23 Poloha obce Leskovec (cs.wikipedia.org)

Leskovec se nachází v Moravskoslezském kraji v předhůří Nízkého Jeseníku ve výšce 500 metrů nad mořskou hladinou. Obec je z převážné části rozložena podél silnice, která se nachází mezi městy Březová a Bílovec. První písemné zmínky o této obci se nacházejí v kronice z roku 1412. V té době obec nesla název Moravský Leskovec. Do roku 1949 Leskovec spadal pod správní okres Opava. V tomto roce byl okres Opava rozdělen na několik částí. Leskovec se tak stal součástí okresního města Vítkov, ke kterému byly přiřčeny i okolní vesnice. Jednalo se o obce Březová, Lesní Albrechtice, Jelenice, Jančí, Větrkovice a další obce Gručovice, Vrchy a město Fulnek, které původně náležely k okresu Nový Jičín. Po reorganizaci státní správy roku 1960 byl Leskovec znovu přiřazen k okresu Opava (Slípek 2012). V současné době Leskovec spadá pod obec Březová, která je tvořena z pěti místních částí Březová, Leskovec, Lesní Albrechtice, Gručovice a Jančí ([www.obec-brezova.cz](http://www.obec-brezova.cz)).

K obci také připadá mnoho známých stavebních památek, jako jsou například dvě kapličky. První kapličku vystavěli Němci na okraji obce. Původně byla tato stavba dřevěná. V roce 1936 byly provedeny stavební úpravy a kaple byla vyzděna. Druhou kapli postavili Češi v roce 1900 za učitele Johna, faráře Stodůlky a kaplana Plesníka. Další významnou stavební památkou jsou zbytky nedobudované železniční trati, která měla spojit město Fulnek s Opavou, Novým Jičínem a Valašským Meziříčím. Jako nejvýznamnější stavební památkou této obce je vodní mlýn (Slípek 2012).



## 4.2 Mlýn v Leskovci u Březové

Zkoumaný vodní mlýn (Obr. 24) se skládá ze čtyř podlaží. Nachází se v údolí potoka Gručovka pod dvěma rybníky. První zmínky o této stavbě pochází z roku 1720. V tomto roce došlo k prvnímu prodeji Jakubovi Šturmovi, kdy vlastník odkoupil mlýnskou stavbu o jednom složení a olejnou (Solnický 2006). Do současnosti se na stavbě vystřídala spousta majitelů. Mezi nejznámější majitele této stavby patří rodina Cihlářova, která se postarala stavebními úpravami o vznik dnešní podoby mlýnského stavení. V současné době slouží mlýn pouze jako historická památka a mlynářské řemeslo se zde neprovozuje. Ve stavbě je zachována spousta strojních technologií, která sloužila pro provoz mlýnu (Orlík 2013).

Nadále stojí ve dvoře budova, která sloužila pro výrobu oleje. V dnešní době se výroba oleje rovněž neprovozuje. Tato stavba nazývaná olejna je patrně poslední stavbou svého druhu, která se na Opavsku nachází. Areálu dodává svůj historický půvab ([www.technicke-pamatky.cz](http://www.technicke-pamatky.cz)).



**Obr. 24** Současná podoba mlýnu v Leskovci u Březové

### **4.2.1 Stavební historie mlýnu**

První zmínky o mlýnu v Leskovci u Březové jsou psány v gruntovních knihách od roku 1720 (Solnický 2006). Bohužel nikde nejsou zaznamenány informace o původní stavbě. Kronika byla údajně ztracena. Do dnešní doby se však podařilo dochovat jeden literární pramen o historickém vývoji této památky. Je to německy psaná kronika rodiny Cihlářových, která je přeložena do českého jazyka (Cihlár 2012).

V této kronice se píše o několika provedených stavebních změnách, přičemž hlavní dvě přestavby měly za následek změnu historického původu stavby. K první stavební úpravě došlo po roce 1885. Podle dochovaných stavebních plánů mohla být tato přestavba pravděpodobně uskutečněna v roce 1898. V těchto letech byl objekt rozšířen o 5 metrů z důvodu přiblížení vodního kola k náhonu. Té doby měl mlýn pouze jedno podlaží (Cihlár 2012).

Další a to nejvýznamnější stavební úprava mlýnu se týkala navýšení objektu o tři podlaží. Přesné období této přestavby se opět nepodařilo v žádných spisech ani kronice dohledat. V kronice je však psáno, že do roku 1918 se ve mlýně mlela mouka pomocí mlýnských kamenů. Tento rok vystihuje, kdy se s rekonstrukcí objektu pravděpodobně začalo. Nelze však určit, jak dlouho se na přestavbě mlýnu pracovalo a tedy zjistit rok, kdy byla rekonstrukce dokončena. Využitím vědního oboru dendrochronologie bylo zjištěno, že dřevěné konstrukční prvky instalované ve druhém podlaží pochází z roku 1917/1918. Prvky obsahovaly i podkorní letokruh, kterými prokazují přesné období smýcení stromu a jeho pravděpodobné zabudování do stavby. Je tedy patrné, že zkoumaný mlýn získal dnešní podobu už v roce 1918. Informace o podrobné stavební historii tohoto mlýnu jsou dostupné v bakalářské práci Orlík (2013).

## **4.3 Stavebně - technický průzkum**

### **4.3.1 Metodika průzkumu**

V prvotní fázi stavebně-technického průzkumu bylo snahou dohledat historické prameny a veškeré výkresové dokumentace týkající se samotného objektu. Jelikož se nepodařilo nalézt výkresovou dokumentaci současného stavu objektu, bylo nutné provést jeho zaměření a zakreslení (viz. kapitola 4.3.2).

Následně byla provedena venkovní a vnitřní prohlídka (smyslovými a přístrojovými metodami) celého objektu. Venkovní prohlídkou byl převážně pozorován stav obvodových zdí (vznik trhlin) a stav střešního pláště (odkrytí střešní krytiny).

Vnitřní prohlídkou byla podrobena kontrola stavu dřevěných konstrukcí. Prohlídkou byl předběžně odhadnut druh a rozsah poškození jednotlivých částí objektu. Na základě tohoto předběžného průzkumu bylo navrženo podrobnější prozkoumání dřevěných nosných prvků přístrojovými zařízeními.

Zjištěné hodnoty přístrojového měření dřevěných prvků byly následně zaznamenány do vytvořených tabulek a porovnány s hodnotami udávanými v literárních zdrojích. Zjištěný stav těchto prvků byl následně zaznačen do výkresové dokumentace. Na základě zjištění vzniku a rozsahu poškození jednotlivých prvků bylo provedeno sanační opatření zkoumané stavby.

#### **4.3.2 Tvorba výkresové dokumentace**

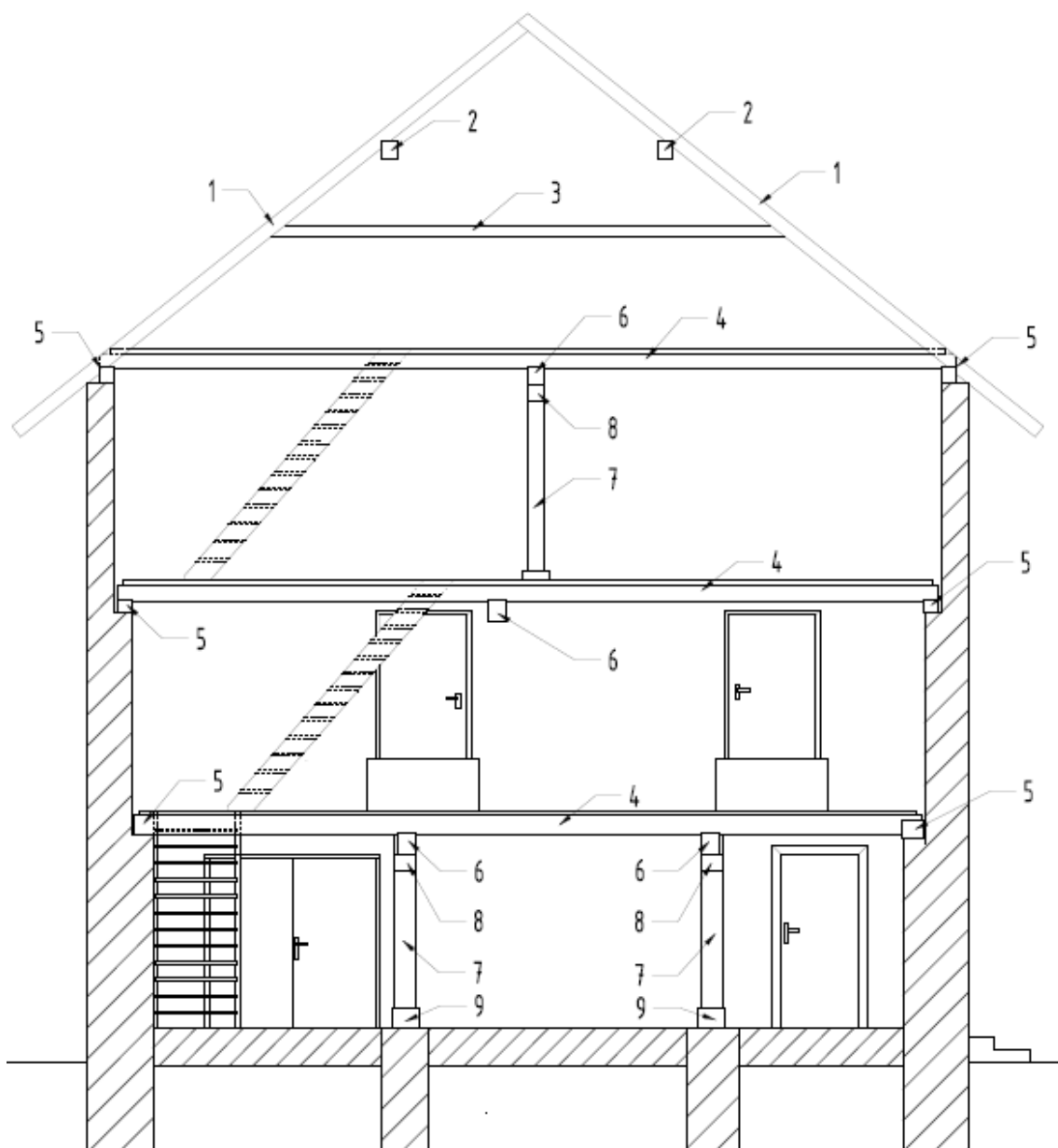
Při tvorbě výkresové dokumentace byly nejprve vytvořeny náčrty s přesnými prostorovými rozměry místností. Rozměry místností byly měřeny pomocí laserového měřicího zařízení (Obr. 25). Následně byly do těchto místností zaznačeny veškeré dřevěné nosné prvky konstrukcí stropů a krovu. Délka jednotlivých dřevěných konstrukčních prvků byla taktéž měřena laserovým zařízením a dimenze prvků posuvným měřidlem. Vzniklé náčrty zkoumaného objektu byly přerýsovány do elektronické podoby v měřítku 1:1 v programu AutoCad 2012. Odměřením a zakreslením se podařilo vytvořit výkresovou dokumentaci vodního mlýnu, která obsahuje půdorysné a bokorysné řezy jednotlivých podlaží.



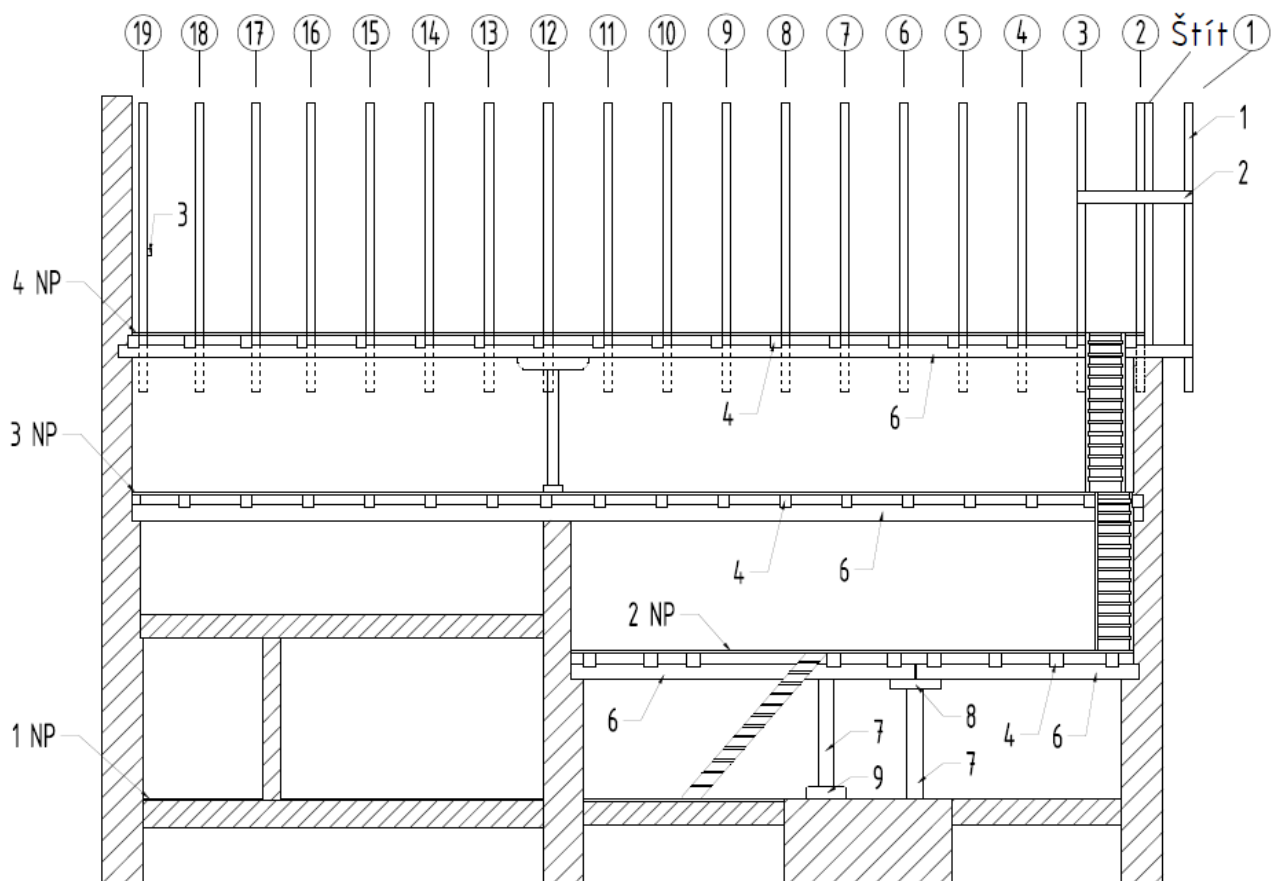
**Obr. 25** Laserové měřicí zařízení Stabila LE 100

### 4.3.3 Terminologie dřevěných prvků

Jak už bylo zmiňováno v předešlých kapitolách, pro přehledné zobrazení stavby musí být vytvořena výkresová dokumentace, která slouží pro zaznamenání měřených výsledků stavebně-technického průzkumu. Na Obr. 26 a Obr. 27 je graficky znázorněn popis zkoumaných dřevěných prvků v bokorysném a nárysném řezu stavby. V nárysném řezu (Obr. 27) jsou číselně označeny jednotlivé vazby střešní konstrukce.



**Obr. 26** Popis dřevěných konstrukčních prvků v bokorysném řezu: 1 – krokev, 2 – částečná vaznicová podpora, 3 – kleština, 4 – stropní trám, 5 – pozednice, 6 – průvlak, 7 – sloupová podpora, 8 – sedlo, 9 – betonová patka.



**Obr. 27** Schéma stropní konstrukce (NP – nadzemní podlaží) s popisem dřevěných prvků a vazeb v nárysném řezu: 1 – krokev, 2 – částečná vaznicová podpora, 3 – kleština, 4 – stropní trám, 6 – průvlak, 7 – sloupová podpora, 8 – sedlo, 9 – betonová patka.

## 4.4 Průzkum dřevěných konstrukčních prvků

### 4.4.1 Identifikace druhu dřeva

Pro porovnání rychlosti šíření zvuku s tabulkovými hodnotami a pro stanovení vlhkosti dřeva bylo zapotřebí určit, jaký druh dřeva je ve stavbě zabudován. Identifikace druhu dřeva byla provedena makroskopickým a mikroskopickým pozorováním. Makroskopické pozorování bylo provedeno během průzkumu na zabudovaných prvcích. Mikroskopické pozorování bylo provedeno na 30 odebraných vzorcích (nahodilým způsobem) mikroskopem. Odebrané vzorky byly následně pro změkčení máčeny ve vodě. Po odmočení byly pomocí žiletky odděleny tenké řezy, které se uložily na podložní sklíčko a přikryly sklíčkem krycím. Následně bylo provedeno pozorování anatomických znaků pod mikroskopem.

#### **4.4.2 Průzkum smyslovými metodami**

Průzkum dřevěných konstrukčních prvků byl proveden vizuálním, hmatovým, sluchovým i čichovým hodnocením. Převážně bylo využito vizuální hodnocení, pomocí něhož byl zjišťován stav z venkovního pohledu na střešní plášť (např. uvolnění střešní krytiny, porušení nároží, oplechování při napojení střešní krytiny se zdivem apod.) a z vnitřního pohledu byly vyhledávány jakékoliv změny oproti zdravému dřevu (barevné změny od dřevokazných hub, výletové otvory od dřevokazného hmyzu, trhliny ve dřevě, uvolnění konstrukčních spojů). Při zjištění poruch u dřevěných prvků je vhodné dále prozkoumat místa pomocí přístrojových metod.

Hmatovými metodami byla zjišťována celistvost jednotlivých prvků při výskytu vyššího stupně poškození dřeva. Sluchovými metodami byla zjišťována přítomnost larev u dospělých jedinců a čichovými metodami byla posuzována pocitová vzdušná vlhkost.

#### **4.4.3 Průzkum přístrojovými metodami**

##### **4.4.3.1 Měření vlhkosti dřeva**

Měření vlhkosti bylo provedeno dielektrickým vlhkoměrem Wagner L601-3 (Obr. 28), který slouží k jednoduchému nedestruktivnímu měření. Podmínkou pro stanovení přesné vlhkosti měřeného prvku, bylo nutno přiřadit k vlhkosti správnou korekční hodnotu (Tab. 5). Touto metodou měření se získají poměrně rychle hodnoty vlhkosti dřeva, ale ne naprosto přesné. Důvodem je měření pouze povrchových vrstev. Ve vnitřních částech dřevěných prvků se může vyskytovat vlhkost jiná.

Měření bylo provedeno na každém dřevěném prvku ve stavbě pravidelně po dvou metrech délky popřípadě podle nutné potřeby. Jednalo se o prvky: krokve, pozednice, stropní trámy, průvlaky, sloupové podpory a sedla.



**Tab. 5** Korekční hodnoty pro zjištění skutečné vlhkosti určité dřeviny (Wagener L601-3)

Druh dřeva	Při vlhkosti	
	10%	20%
BO	+1	+5
VJ	+3	+3
MD	0	-1
SM/JD	+2,5	+2,5
AK	-5	-7
BK	-3	-5
DB	-3	-4
HB	-4	-6
JS	-2,5	-4
JV	-1,5	-2,5
JL	0	-1
LP	+1,5	+1
OL	+1	+1
TP	+3	+3



**Obr. 28** Měření vlhkosti přístrojem Wagener L601-3

#### 4.4.3.2 Měření přístrojem Arborsonic Decay Detector

Statika u dřevěných nosných konstrukcí má nejvýznamnější roli. Může být narušena, pokud je některý prvek napadený biotickými škůdci (hmyzem, houbami). Jelikož bylo při vizuálním hodnocení zjištěno napadení dřevokazným hmyzem ve všech dřevěných nosných prvcích, bylo nezbytně nutné provést měření u každého prvku. Bohužel ne vždy byly prvky ideálně přístupné. Důvodem bylo zabudování technického zařízení a zazdívání prvků. Měření u stropních trámů a průvlaků bylo provedeno vždy, co nejblíže od zhlaví a následně pravidelně po dvou metrech délky prvku, popřípadě podle nutné potřeby. Sloupové podpory a sedla byly změřeny na obou koncích a poté dle uvážení. Krokve byly měřeny dle dostupnosti v pravidelných délkách. U pozednic se nepodařilo vyhodnotit výsledky měření z důvodu zazdění protějších stran.

Postup měření byl následovný. Po zapnutí přístroje se přiložily sondy k prvku tak, aby směřovaly vždy kolmo proti sobě (umístěné v jedné rovině). Samotné spuštění měření bylo provedeno souměrným přitlačením sond proti měřenému prvku. Tímto stlačením se vyslal signál mezi sondami a počítač změřil čas délky odezvy mezi vyslaným a přijatým signálem. Měřené časy byly postupně zapisovány a ukládány v počítači. Výpočet rychlosti šíření zvuku ve dřevě byl vypočítán dle vzorce 2.

Vyhodnocení probíhalo dle Tab. 4 (kapitola 3.5.2), kde je pro smrk únosná hodnota rychlosti šíření zvuku vyšší než 920 m/s (středně poškozených prvků). V případě, že hodnota rychlosti šíření zvuku klesne pod tuto hranici, dá se očekávat, že prvek je výrazně narušen.



**Obr. 29** Arborsonic Decay Detector (ldf.mendelu.cz)

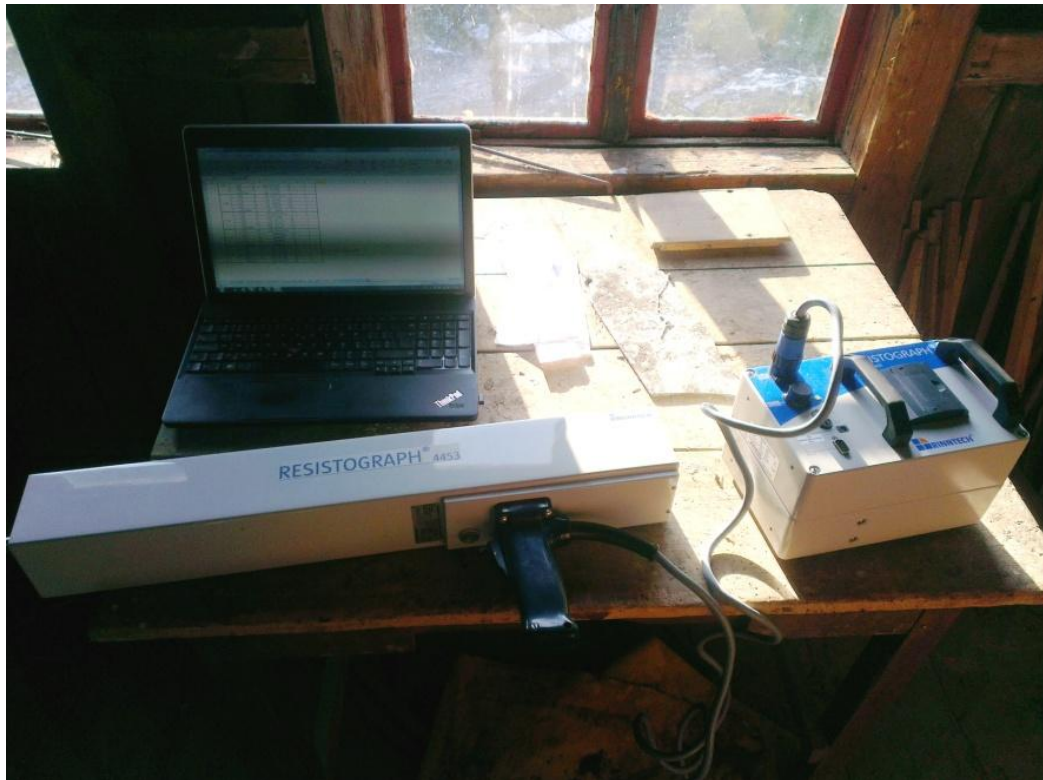


#### 4.4.3.3 Měření dřeva Resistographem 4453

Měření přístrojem Resistograph 4453 slouží pro zjišťování stavu dřevěných prvků v celém průřezu. Během měření zaznamenává kladený odpor při vrtání. Respektive měří energii, která je potřebná pro dosažení konstantní rychlosti vrtáku. Výsledky se zapisují do grafického záznamu. Podle získaného grafu lze následně zjistit, jaký druh a rozsah poškození se ve zkoumané lokaci nachází.

Měření tímto přístrojem nebylo tak časté jak u předešlé metody (Arborsonic Decay Detector). Příklad byl použit pouze u prvků, kde byly zjištěny převážně nízké hodnoty šíření zvuku, popřípadě i v místech, kde se hodnoty rychlosti šíření zvuku nepodařilo ani opakovaným způsobem vyhodnotit. Konkrétně bylo přístrojem provedeno měření v posledním podlaží u konstrukce krovu (vazba číslo 3, 15 a 17).

Postup měření byl následovný. Příklad se přiložil kolmo na plochu zkoumaného prvku a následným stisknutím spínače a jeho držetím se spustil proces vrtání a zaznamenávání měřených výsledků. Odměřená data se následně podle potřeb upravila v programu DECOM<sup>®</sup>.



**Obr. 30** Zařízení Resistograph 4453 firmy Rinntech

#### **4.4.4 Postup vyhodnocení průzkumu**

Postup vyhodnocení stavebně technického-průzkumu vodního mlýna v Leskovci u Březové byl proveden v následujících bodech:

- popis konstrukcí stropů jednotlivých podlaží a krovu,
- identifikace druhu dřeva,
- hodnocení nosných prvků smyslovými metodami,
- hodnocení nosných prvků přístrojovými metodami,
- zakreslení stavu nosných prvků do výkresové dokumentace,
- navržení sanačního a preventivního opatření.

## 5. Výsledky práce

### 5.1 Popis konstrukce stropů

V prvním nadzemním podlaží je konstrukce stropu tvořena stropními trámy s dvěma průvlaky a čtyřmi sloupovými podporami. Ve druhém podlaží je konstrukce stropu tvořena stropními trámy a průvlaky bez sloupových podpor. Podpornou funkci plní zděná příčka, která je vedena od prvního podlaží. U třetího podlaží je konstrukce stropu tvořena stropními trámy, průvlakem a sloupovou podporou. Pro představu je uspořádání dřevěných prvků zaznamenáno v kapitole 4.3.3 na Obr. 26 a Obr. 27.

Stropy mlýnu jsou jednoduché konstrukce. Tvoří je viditelné trámy s fošnovým záklopem o tloušťce 50 mm. Vzájemné napojování fošnového záklopu je provedeno na pero a drážku. V každém podlaží jsou stropní trámy připevněny na pozednicích. Zhlaví stropních trámů (místo napojení stropního trámu s pozednicí) je v prvním podlaží uzavřené. Výjimku tvoří 5 trámů, kde je zhlaví otevřené. V ostatních nadzemních podlažích je napojení stropních trámů s pozednicemi viditelné (otevřené).

Jelikož jsou konstrukce stropů u mlýnských stavení velmi zatěžována instalovanými zařízeními, dochází k podepírání stropních trámů podélnými průvlaky a sloupovými podporami. Průvlaky se vždy orientují kolmo k ose stropních trámů.

Ve stavbě mlýnu je nejvíce zatěžován strop v prvním podlaží. Z tohoto důvodu byly stropnice podepřeny dvěma průvlaky a navíc každý průvlak dvěma sloupovými podporami, které jsou položeny na betonových patkách.

Strop druhého nadzemního podlaží je tvořen rovněž stropními trámy, ale pouze s jedním průvlakem, který není podepřen sloupovou podporou. U této konstrukce stropu je zabudovaný průvlak mnohem větších dimenzí k porovnání s ostatními podlažími a místnost je rozdělena zděnou příčkou, která plní podpornou funkci průvlaku. Navíc nejsou stropní konstrukce tolik zatěžovány instalovanými zařízeními.

Třetí nadzemní podlaží je rozlohou největší, protože zde nedochází k přerozdělení patra zděnou příčkou jako u předešlého podlaží. Konstrukce stropu je tedy tvořena jak stropními trámy, tak průvlakem se sloupovou podporou pro zabránění vzniku průhybu stropní konstrukce.

Z převážné většiny byly u dřevěných prvků provedeny klasické tesařské úpravy (zkosení hran) pro zvýšení estetického dojmu. Některé prvky jsou navíc opatřeny tesařskými značkami a u jednoho průvlaku je dodnes dochován podpis tesařského mistra.

## 5.2 Popis střechy a konstrukce krovu

Střecha objektu má šikmý sklon ( $51^\circ$ ) a zakrývá stavbu obdélníkového půdorysu. Tvar střechy je sedlového typu a uspořádání konstrukčních prvků spadá do prosté krokevní soustavy (Obr. 31). Páry krokví jsou u hřebenu proti sobě vzájemně zapřené plátovým spojem a navíc pojištěné dřevěným kolíkem. Krokve jsou ukotvené na pozednicích posledního podlaží pomocí sedlového spoje a pojištěné hřebíkem. Osová vzdálenost mezi krokvemi činí 85 cm. Jednotlivé krokve jsou opatřeny tesařskými značkami (římskými číslicemi).



Obr. 31 Pohled na konstrukci krovu

## 5.3 Identifikace druhu dřeva

Identifikace druhu dřeva byla provedena makroskopickým a mikroskopickým pozorováním. Na základě těchto metod bylo určeno, že se v objektu vodního mlýnu vyskytují dva druhy dřevin (dřevo dubu a smrku). Konstrukční prvky listnatého dřeva dubu, byly díky jednoznačným makroskopickým znakům určeny makroskopickým pozorováním. Konstrukční prvky z jehličnatého dřeva nešly jednoznačně určit, z tohoto důvodu bylo provedeno pro určení druhu dřeva mikroskopické pozorování.

### 5.3.1 Dub (*Quercus* spp.)

Makroskopickým pozorováním bylo zjištěno, že v prvním podlaží jsou sloupové podpory (jižní strany) z dubového dřeva. Přesněji to jsou prvky s číselným označením 1.21 a 1.23 (viz. příloha). Určení bylo stanoveno podle následujících pozorovacích

znaků. Dřevěné prvky mají barvu bělové části nažloutlou až světle hnědou a jádrovou část tmavohnědou. Hranice mezi letokruhy je zřetelná a zároveň je výrazná hranice mezi jarní a letní dřevem v rámci letokruhu. V jarní části má dřevo široké cévy (makropóry), které se v příčném řezu projevují jako vpichy a v podélném směru jako rýhy. V letní části dřeva je viditelné seskupení letních cév do tzv. radiálního žíhání („V“). Dalším pozorovacím znakem jsou značně viditelné dřevné paprsky. Na tangenciálních plochách jsou až několik centimetrů vysoké v podobě tmavších pásů a na radiálních plochách se jeví jako křivolaká lesklá zrcadla.

### 5.3.2 Smrk (*Picea abies*)

Jelikož dřevo jehličnatých dřevin není v určitých situacích jednoznačně rozpoznatelné, muselo být zjišťováno za pomoci mikroskopických znaků. Z celkového počtu 30 odebraných vzorků (prvků stropních trámů, průvlaků a pozednic jednotlivých podlaží) se podařilo mikroskopickým pozorováním u 20 potvrdit, že se jedná o dřevo smrku. Hlavní pozorovací znaky, které dopomohly určit druh dřeva, jsou následující. V řezu příčném byl při pozorování pozvolný přechod mezi jarním a letním dřevem v rámci jednoho letokruhu. V řezu radiálním byly rozpoznány u dřevných paprsků pryskyřičné kanálky s více jak osmi epitelovými buňkami (Obr. 32). Dále měly dřevné paprsky na radiálních plochách heterocelulární seskupení, hladké zvlnění příčných tracheid, piceoidní tečky a jednořadé rozmístění dvojteček v křížovém poli.



**Obr. 32** Pryskyřičný kanálek typu smrk

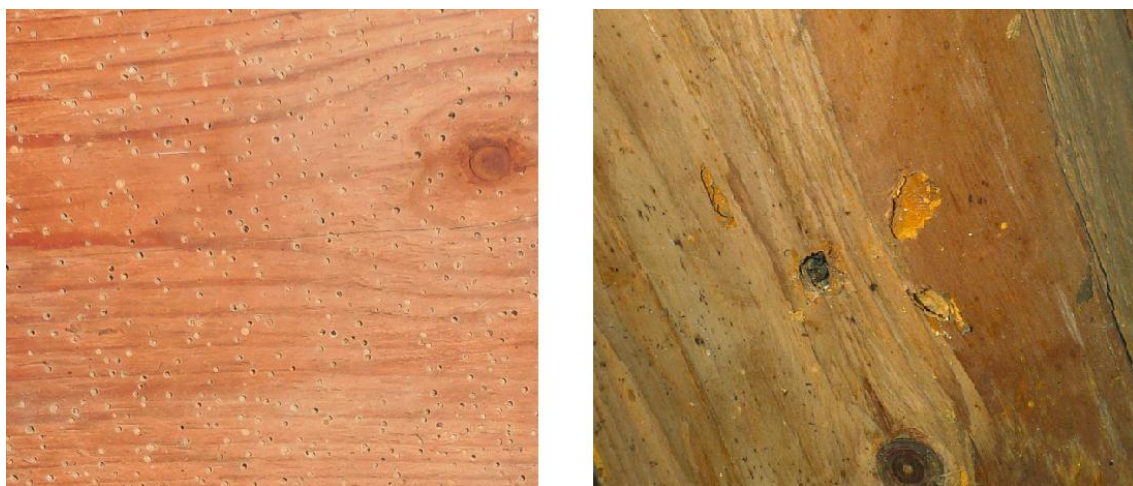


## 5.4 Výsledky hodnocení smyslovými metodami

V prvotní fázi průzkumu bylo provedeno smyslovými metodami prohlédnutí stavby z venkovního pohledu. Objekt nejevil žádné zřetelné poškození. Bylo nalezeno pouze částečně poškození střešního pláště, kde došlo k porušení střešní krytiny (odkrytí dvou eternitových tašek). Toto poškození je nepatrné, avšak v konstrukci krovu způsobilo značnou škodu z důvodu zatékání dešťových srážek.

Průzkum smyslovými metodami byl následně proveden z vnitřní části stavby. Jelikož se mlýn skládá ze čtyř podlaží a v každém podlaží je konstrukce stropu tvořena dřevěnými prvky, bylo zapotřebí projít stavbu v určité návaznosti. Průzkum byl zahájen v podlaží prvním a směřoval po jednotlivých patrech až ke konstrukci krovu.

V rámci smyslových metod bylo vizuálním hodnocením zjištěno poměrně rozsáhlé napadení biotickými škůdci a to konkrétně dřevokazným hmyzem. V období průzkumu (listopad 2014 – březen 2015) se sice nepodařilo nalézt aktivního jedince, avšak v prvcích jsou pozorovány v celku čerstvě vytvořené výletové otvory a jejich drtinky. Podle pozorovacích znaků se u prvních třech podlaží vyskytují brouci čeledi *Anobiidae* a v podlaží čtvrtém kde se nachází konstrukce krovu je výskyt brouků čeledi *Cerambycidae*. U prvních třech podlaží se výletové otvory pohybují v průměru 1 - 2 milimetrů. Ve čtvrtém podlaží je průměr výletových otvorů mnohonásobně vyšší a to 8 - 12 mm. Na Obr. 33 jsou zobrazeny zmiňované výletové otvory. Obrázek na levé straně je pořízen z prvku stropního trámu druhého podlaží a obrázek na pravé straně je z prvku krokve.



**Obr. 33** Zleva: Výletové otvory čeledi *Anobiidae* a *Cerambycidae*

Hodnocením smyslovými metodami byla při vstupu do mlýna (první podlaží) zjištěna pocitově zvýšená vzdušná vlhkost. V této části stavby byl také kladen vyšší důraz na kontrolu prvků v místech, kde docházelo k jejich zadržování. Jednalo se převážně o prvky u záhlaví stropních trámů, průvlaků a pozednice. Kontrolou nebyla nalezena žádná zásadní poškození. Avšak u prvku stropního trámu s označením 1.1 (viz. kapitola 5.3.1.1) bylo hmatově zjištěno povrchové poškození dřeva. Při této kontrole byl povrch prvku „měkký“ a při zarytí docházelo k částečnému uvolňování dřevní hmoty.

Vizuálním hodnocením byla také zjištěna částečná degradace dřevěných prvků působením hniloby. Degradace se projevila v místech, kde docházelo k zatékání dešťových srážek přes poškozenou střešní krytinu. Takto postižené prvky se vyskytovaly nejčastěji u prvků v krovové části (Obr. 34).



**Obr. 34** Degradace dřeva hnilobou (nahore: poškození krokve vazby č. 19, dole: poškození při napojení stropního trámu s pozednicí)

## 5.5 Výsledky hodnocení přístrojovými metodami

V této kapitole jsou zaznamenány v tabulkách a obrázcích výsledky přístrojového měření. V kapitole 5.3.1 jsou obsaženy výsledky přístroje Arborsonic Decay Detector a 5.3.2 výsledky přístroje Resistograph 4453.

### 5.5.1 Měření rychlosti ultrazvukových vln – Arborsonic Decay Detector

Z důvodu obsáhlého množství dat bylo v této kapitole rozhodnuto uvádět pouze výsledky, které mají negativní dopad na statickou funkci stavby. Dále byly do tabulek zahrnuty i prvky, které se nepodařily naměřit. Důvodem byla instalace technického zařízení a zazdění protějších stran u prvků. Tabulky obsahují vzdálenost mezi sondami, měřenou vzdálenost od čela prvku, rychlost šíření zvuku, vlhkost dřevěného prvku a druh poškození. Kompletní přehled výsledků z měření na bázi ultrazvukových vln je obsažen v příloze této diplomové práce.

Zároveň byly výsledky porovnány s tabulkovými hodnotami (tab. 3 a 4), které stanovují průměrnou rychlost šíření zvuku ve dřevě a určitý stupeň poškození. Při zjištění určitého stupně poškození byly výsledky v tabulkách barevně odlišeny a graficky znázorněny. V místech, kde docházelo k šíření zvuku v rozsahu 1000 až 900 m/s (2. stupeň poškození) byly hodnoty vykresleny žlutou barvou a hodnoty pod 900 m/s (3. stupeň poškození) barvou červenou. Prvky, které se nepodařilo vyhodnotit z důvodu nepřístupnosti, byly ve všech podlažích vykresleny zelenou barvou.

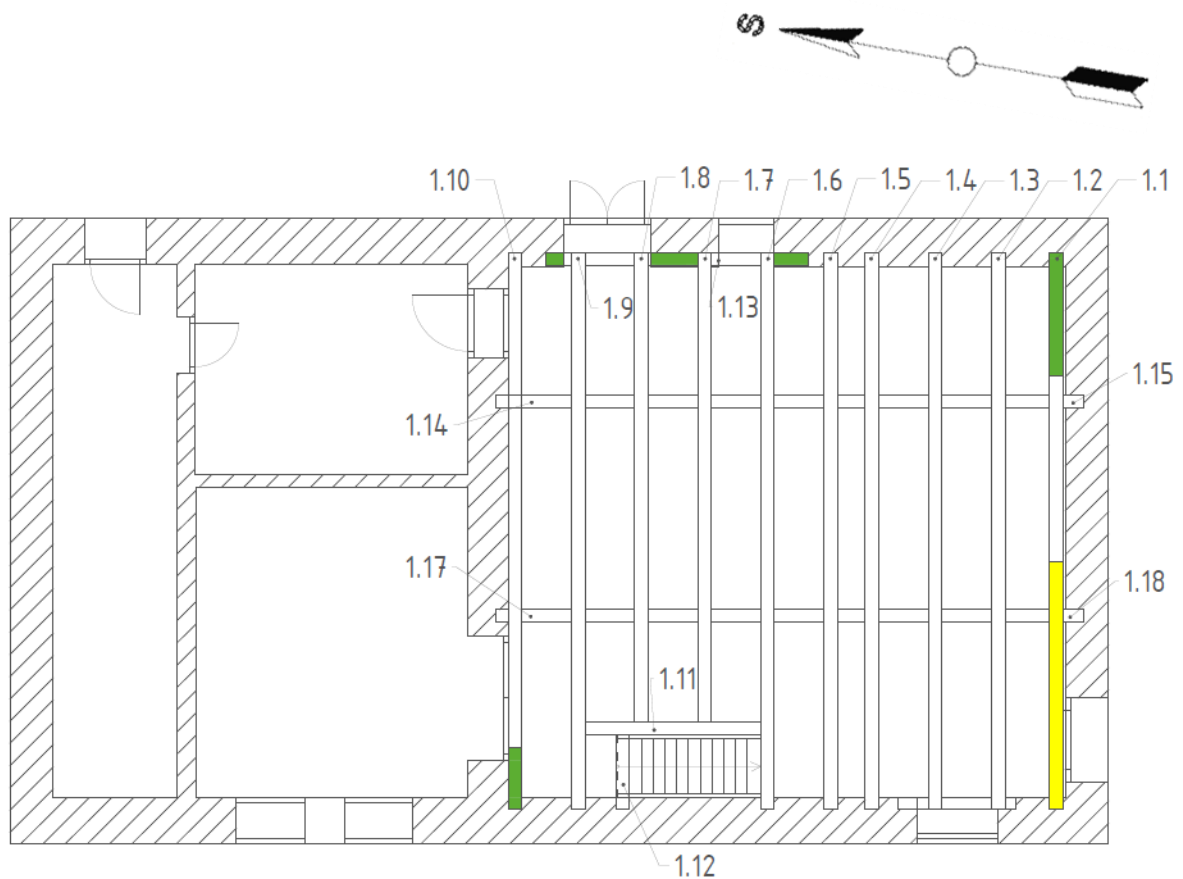
#### Měření konstrukce stropu prvního podlaží

Tab. 6 Výsledky měření stropu prvního podlaží

Označení prvku	Vzdálenost mezi sondami [mm]	Vzdálenost od čela prvku [m]	Rychlost [m·s <sup>-1</sup> ]	Vlhkost prvku [%]	Poškození
1.1	230	0	Nedostupné	23	Červotoč
	215	2,5	1 091	22,5	
	200	5	943	23	
	185	7,5	974	23,5	
	170	9	971	23,5	
1.10	175	0	1 296	21,5	Červotoč
	170	2,5	1 250	21,5	
	165	5	1 138	21	
	160	7,5	1 250	21	
	x	9	Nedostupné	21,5	
1.13	190	1,1	1 310	22,5	Červotoč
	195	2,2	1 258	22,5	
	195	3,5	1 211	22,5	
	190	4,2	1 152	22,5	
	190	-	Nedostupné	22,5	



## Půdorys stropu prvního podlaží



**Obr. 35** Zakreslení rizikových míst stropu prvního podlaží

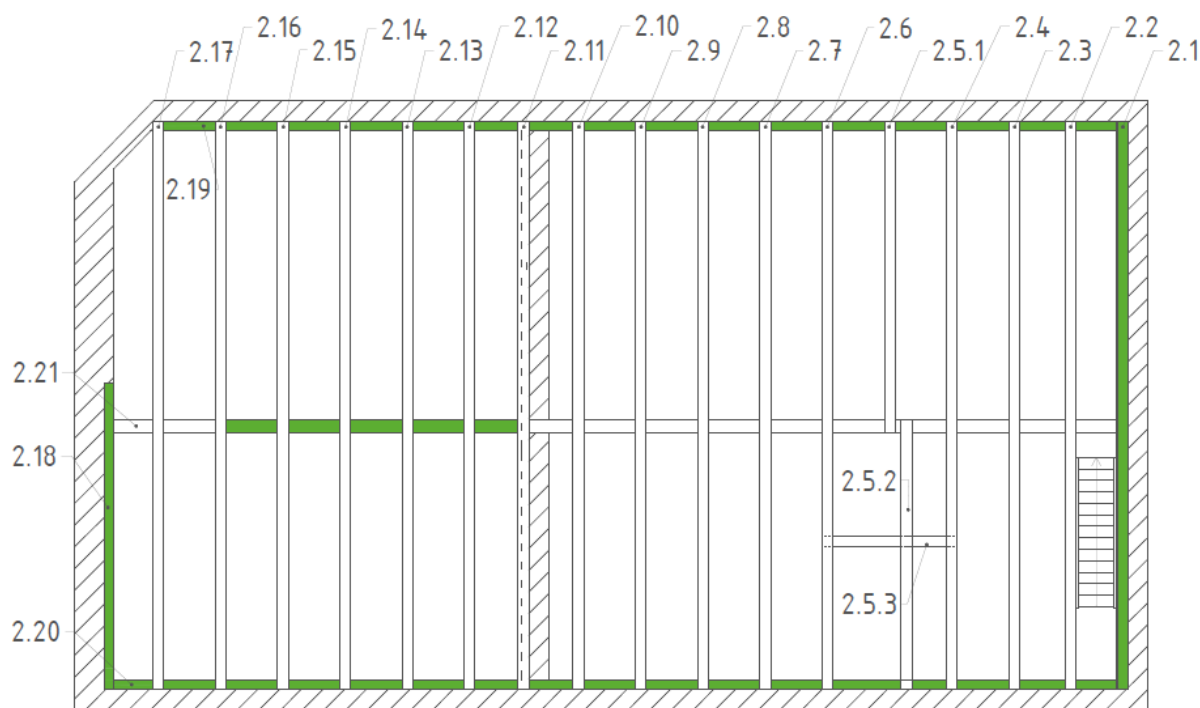
Dle naměřených výsledků přístrojem Arborsonic Decay Detector (Tab. 6 a příloha) lze konstatovat, že se v konstrukci stropu prvního podlaží nenachází žádné znatelné poškození, které by mohlo ovlivnit statickou funkci stavby. A však u stropního trámu s označením 1.1 byly naměřeny hodnoty v rozmezí od 943 do 974 m/s, které vystihují poškození druhého stupně. Nápravné opatření poškozeného prvku 1.1 je zahrnuto v kapitole 5.4. V tabulce jsou rovněž zaznamenány prvky, které se z důvodu nepřístupnosti nepodařilo naměřit.

## Měření konstrukce stropu druhého podlaží

Tab. 7 Výsledky měření u stropu druhého podlaží

Označení prvku	Vzdálenost mezi sondami [mm]	Vzdálenost od čela prvku [m]	Rychlost šířené zvuku [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	Vlhkost prvku [%]	Poškození
2.1	x	0 – 9,2	Nedostupné	17	Červotoč
2.18	150	0 - 9,2	Nedostupné	16	Červotoč
2.19	x	0 - 9,2	Nedostupné	16	Červotoč
2.20	x	0 - 9,2	Nedostupné	14	Červotoč
2.21	215	0	1 070	15	Červotoč
	220	2	1 068	15	
	225	4	1 178	16	
	230	7	1 100	16	
	x	8	Nedostupné	16	Červotoč
	x	10	Nedostupné	15	
	x	12	Nedostupné	14	
	x	14	Nedostupné	15	
	240	16,5	1 326	16	

## Půdorys stropu druhého podlaží



Obr. 36 Zakreslení stropu druhého podlaží

I když u vizuálního hodnocení bylo patrné částečné poškození dřevokazným hmyzem, výsledky měření přístrojem Arborsonic Decay Detector vyhodnotilo rychlost šíření zvuku u všech prvků nad 1 000 m/s. Jediným nedostatkem tohoto podlaží je chybějící část stropního trámu s označením 2.18. Rozsah chybějící části prvku lze spatřit na Obr. 36.

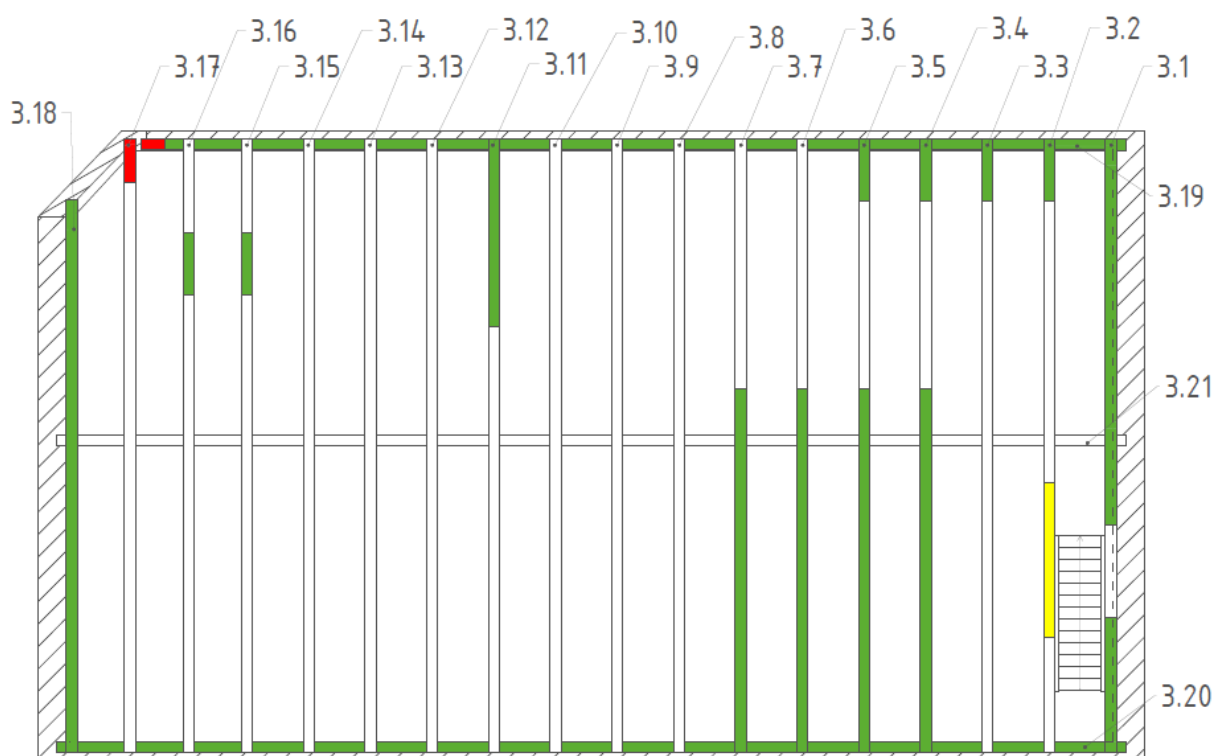
### Měření konstrukce stropu třetího podlaží

Tab. 8 Výsledky měření u stropu třetího podlaží

Označení prvku	Vzdálenost mezi sondami [mm]	Vzdálenost od čela prvku [m]	Rychlost šíření zvuku [m·s <sup>-1</sup> ]	Vlhkost prvku [%]	Poškození
3.1	200	0	Nedostupné	16	Červotoč
	200	2	Nedostupné	15	
	200	4	Nedostupné	15	
	200	6	1156	16	
	200	9,6	Nedostupné	17	
3.2	160	0	Nedostupné	15	Červotoč, tesařík
	160	2	1404	14	
	160	4	1322	14	
	160	6	914	15	
	160	9,6	1311	15,5	
3.3	165	0	Nedostupné	15	Červotoč
	165	2	1279	14	
	165	4	1331	14	
	165	6	1260	15,5	
	165	9,6	1204	16	
3.4	165	0	Nedostupné	15	Červotoč
	165	2	1460	14	
	165	4	Nedostupné	14,5	
	165	6	Nedostupné	15	
	165	9,6	Nedostupné	15	
3.5	160	0	Nedostupné	16	Červotoč
	160	2	1322	15	
	160	4	Nedostupné	15	
	160	6	Nedostupné	15	
	160	9,6	Nedostupné	16	
3.6	150	0	1230	15	Červotoč
	150	2	1442	14	
	150	4	Nedostupné	15	
	150	6	Nedostupné	15	
	150	9,6	Nedostupné	15	
3.7	150	0	1079	14	Červotoč
	150	2	1500	15	

3.7	150	4	Nedostupné	15	Červotoč
	150	6	Nedostupné	15	
	150	9,6	Nedostupné	15	
3.11	170	0	Nedostupné	15	Červotoč
	170	2	Nedostupné	15	
	170	4	1382	14	
	170	6	1259	14	
	170	9,6	1278	15	
3.15	160	0	1127	16	Červotoč
	160	2	Nedostupné	16	
	160	4	1212	15	Červotoč
	160	6	1250	15	
	165	9,6	1269	15	
3.16	160	0	1151	15	Červotoč
	155	2	Nedostupné	13	
	150	4	1200	14	
	150	6	1172	15	
	150	9,6	1240	16	
3.17	180	0	Neměřitelné	17	Červotoč, hniloba
	180	1	1132	15	
	180	4	1374	15	
	180	6	1343	16	
	180	9,6	1295	16	
3.18	170	0 - 9,6	Nedostupné	15	Červotoč
3.19	180*180	0 - 16,5	Nedostupné	15	Červotoč, hniloba
3.20	180*180	0 - 16,5	Nedostupné	16	Červotoč

### Půdorys stropu třetího podlaží



**Obr. 37** Zakreslení rizikových míst u stropu třetího podlaží

Dle uvedených výsledků lze usoudit, že se ve stropu třetího podlaží vyskytla dvě lokální místa se značným rozsahem poškození. U stropního trámu s označením 3.2 byla naměřena rychlost šíření zvuku ve dřevě 914 m/s, což zařazuje prvek do druhé třídy stupně poškození. U tohoto prvku byl spatřen četnější výskyt napadení tesaříkem krovovým (*Hylotrupes bajulus*), což mohlo vést ke značnému poklesu šíření ultrazvukové vlny ve dřevě. Místo s mnohem vážnějším poškozením se nachází při napojení stropního trámu (3.17) s pozednicí (3.19) viz. Obr. 37 a Obr. 34 ve spodní části. Rozsah degradace prvků byl patrný již při provedení vizuálního hodnocení. Navíc při měření poškozeného zhlaví u trámu (3.17), se přístrojem Arborsonic nepodařilo ani opakovaným hodnocením zjistit rychlost šíření zvuku ve dřevě. Postup nápravného opatření poškozených prvků 3.2, 3.17 a 3.19 je zahrnut v kapitole 5.4.

## Měření konstrukce krovu čtvrtého podlaží

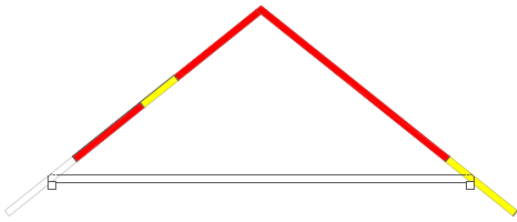
Tab. 9 Výsledky měření ve čtvrtém podlaží (krov)

Označení prvku	Vzdálenost od čela prvku [m]	Rychlost šířené zvuku [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	Poškození	Označení prvku	Vzdálenost od čela prvku [m]	Rychlost šířené zvuku [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	Poškození
4.1V	0 - 7,4	Nedostupné	Tesařík	4.1Z	0 - 7,4	Nedostupné	Tesařík
4.2V	0,1	1008	Tesařík	4.2Z	0,1	1034	Tesařík
	1 - 7,4	Nedostupné			1 - 7,4	Nedostupné	
4.3V	0	977	Tesařík	4.3Z	0	1176	Tesařík
	2	688			2	833	
	4	615			4	915	
	6	597			6	814	
	7,4	622			7,4	828	
4.4V	0	1066	Tesařík	4.4Z	0	1102	Tesařík
	2	1092			2	Nedostupné	
	4	269			4	1016	
	6	1204			6	1102	
	7,4	963			7,4	1074	
4.6V	0	1182	Tesařík	4.5Z	0	1121	Tesařík
	2	1193			2	Nedostupné	
	4	1287			4	1057	
	6	699			6	1074	
	7,4	1226			7,4	1092	
4.7V	0	985	Tesařík	4.8Z	0	916	Tesařík
	2	1008			2	938	
	4	524			4	916	
	6	349			6	960	
	7,4	417			7,4	1008	
4.8V	0	985	Tesařík	4.11Z	0	1034	Tesařík
	2	935			2	1081	
	4	963			4	1111	
	6	583			6	1165	
	7,4	1040			7,4	Nedostupné	
4.9V	0	1057	Tesařík	4.12Z	0	927	Tesařík
	2	436			2	952	
	4	1226			4	892	
	6	788			6	870	
	7,4	Nedostupné			7,4	972	
4.10V	0	970	Tesařík	4.13Z	0	734	Tesařík
	2	436			2	850	
	4	1102			4	878	
	6	1193			6	861	
	7,4	Nedostupné			7,4	833	
4.11V	0	1262	Tesařík	4.14Z	0	1062	Tesařík
	2	1193			2	833	
	4	1368			4	896	
	6	Nedostupné			6	569	
	7,4	1215			7,4	870	
4.12V	0	769	Tesařík	4.15Z	0	1074	Tesařík

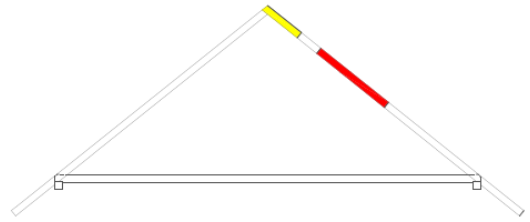
4.12V	2	<b>807</b>	Tesařík	4.15Z	2	<b>942</b>	Tesařík
	4	1354			4	<b>977</b>	
	6	Nedostupné			6	<b>833</b>	
	7,4	Nedostupné			7,4	<b>935</b>	
4.13V	0	<b>872</b>	Tesařík	4.16Z	0	1078	Tesařík
	2	<b>942</b>			2	<b>957</b>	
	4	<b>855</b>			4	1019	
	6	<b>915</b>			6	<b>948</b>	
	7,4	<b>867</b>			7,4	<b>840</b>	
4.14V	0	1048	Tesařík	4.17Z	0	<b>942</b>	Tesařík
	2	1016			2	<b>605</b>	
	4	<b>949</b>			4	<b>546</b>	
	6	<b>872</b>			6	<b>Neměřitelné</b>	
	7,4	<b>992</b>			7,4	<b>718</b>	
4.15V	0	1043	Tesařík	4.18Z	0	<b>929</b>	Tesařík, hniloba
	2	<b>828</b>			2	<b>793</b>	
	4	<b>Neměřitelné</b>			4	1287	
	6	<b>632</b>			6	<b>558</b>	
	7,4	<b>472</b>			7,4	<b>663</b>	
4.16V	0	1040	Tesařík	4.19Z	0	<b>719</b>	Tesařík, hniloba
	2	<b>818</b>			2	<b>344</b>	
	4	1000			4	<b>219</b>	
	6	<b>522</b>			6	<b>286</b>	
	7,4	<b>684</b>			7,4	<b>331</b>	
4.17V	0	<b>889</b>	Tesařík	4.20 (Kleština)	0,2	<b>714</b>	Tesařík
	2	<b>769</b>			2	<b>649</b>	
	4	<b>839</b>			3	<b>916</b>	
	6	<b>Neměřitelné</b>			5	<b>845</b>	
	7,4	<b>702</b>			6	<b>822</b>	
4.19V	0	<b>542</b>	Tesařík, hniloba				
	2	<b>660</b>					
	4	<b>586</b>					
	6	<b>622</b>					
	7,4	<b>537</b>					

### Zakreslení stupně poškození do jednotlivých vazeb střešní konstrukce

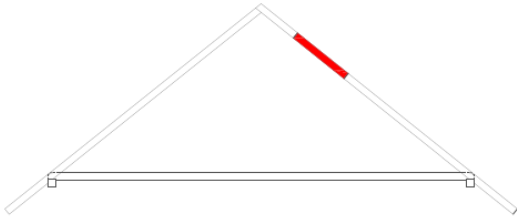
3



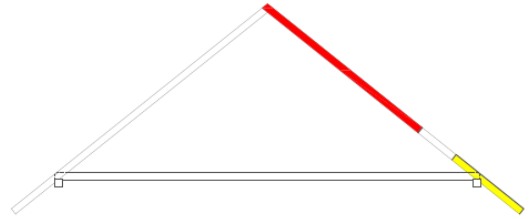
4



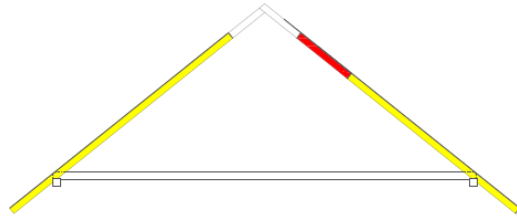
6



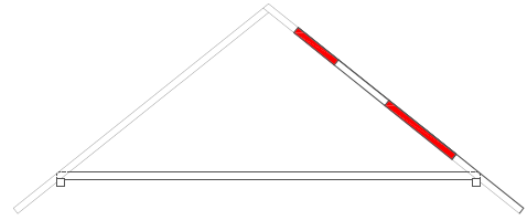
7



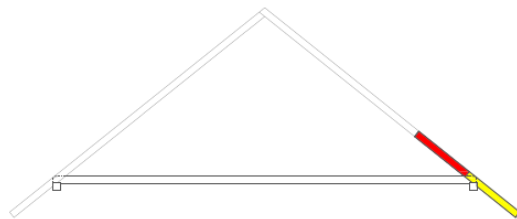
8



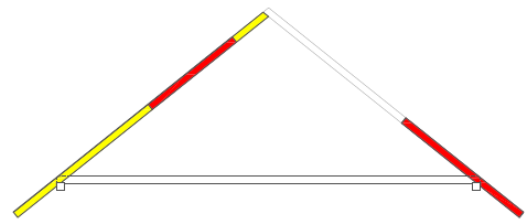
9



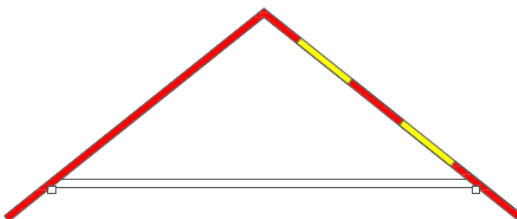
10



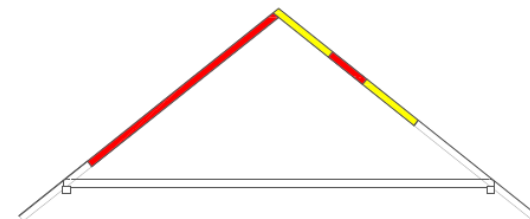
12



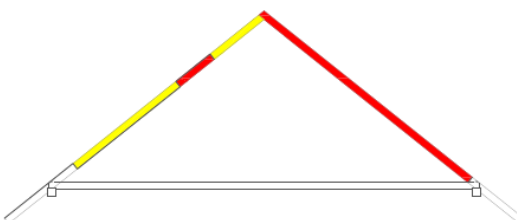
13



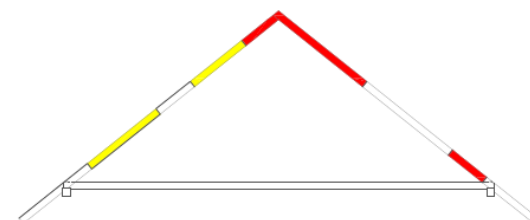
14



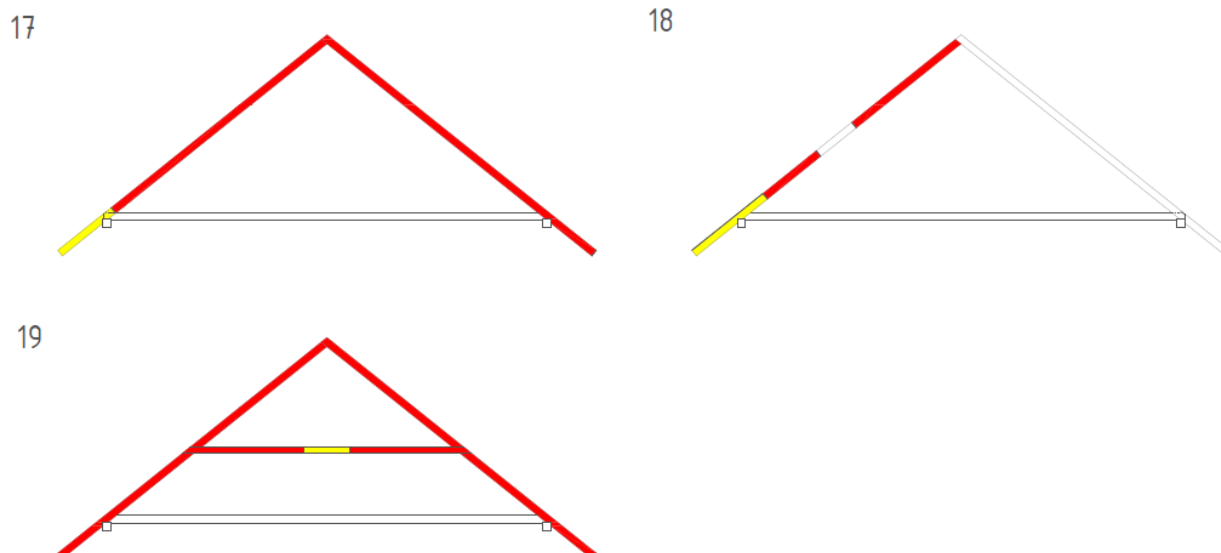
15



16







**Obr. 38** Zakreslení stupně poškození v jednotlivých vazbách střešní konstrukce

Zaznamenané výsledky přístroje Arborsonic Decay Detector v tabulce Tab. 9 a Obr. 38 jednoznačně prokazují, jak vážný je stav této části budovy. Celkem konstrukce krovu obsahuje 19 vazeb. Měření se podařilo kvůli dostupnosti u 17 vazeb. Z toho byly u 15 vazeb naměřeny značně snížené hodnoty rychlosti šíření zvuku.

### 5.5.2 Měření odporovým mikrovrtákem – Resistograph 4453 Rinntech

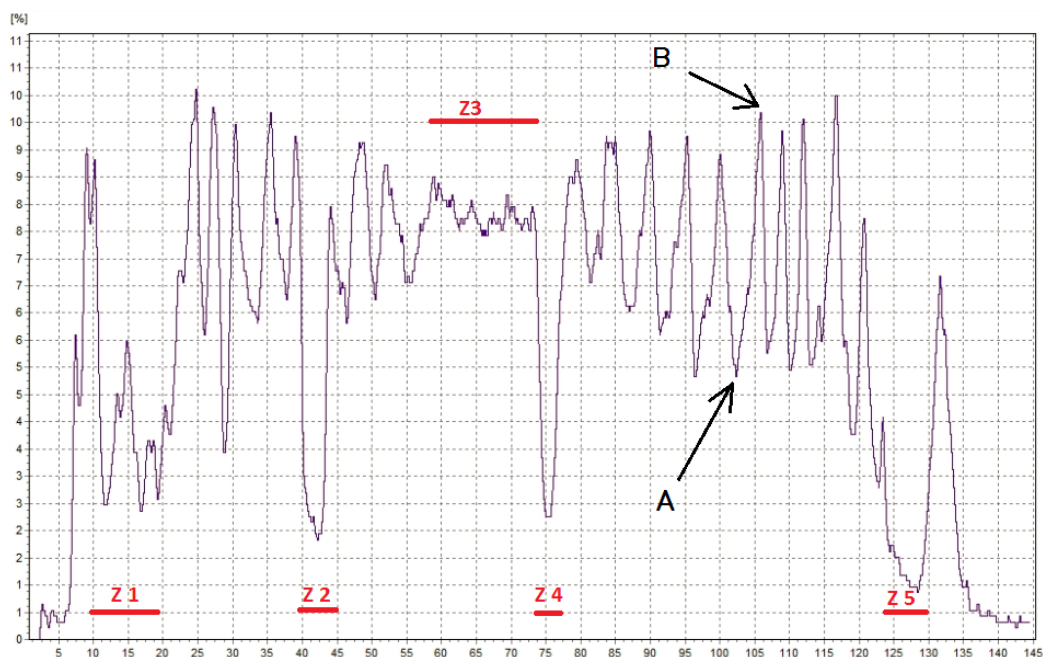
Přístrojem Resistograph 4453 firmy Rinntech bylo provedeno měření na 6 prvcích ve střešní konstrukci (vazba č. 3, 15 a 17). Jednalo se o krokve, u kterých bylo naměřeno šíření zvuku ve dřevě pod hranicí 840 m/s a současně na povrchu vykazovalo značné poškození dřevokazným hmyzem (*Hylotrupes bajulus*). Zároveň bylo provedeno i v místech, kde se nepodařilo ultrazvukovou metodou ani opakovaným měřením vyhodnotit rychlost šíření zvuku. Přehled měřených míst je zaznamenán v Tab. 10.

Použitím této přístrojové metody bylo snahou zjistit, zda se jedná u měřených prvků o poškození povrchové či hloubkové a také určit stav v místě nevyhodnocených prvků ultrazvukovou metodou.

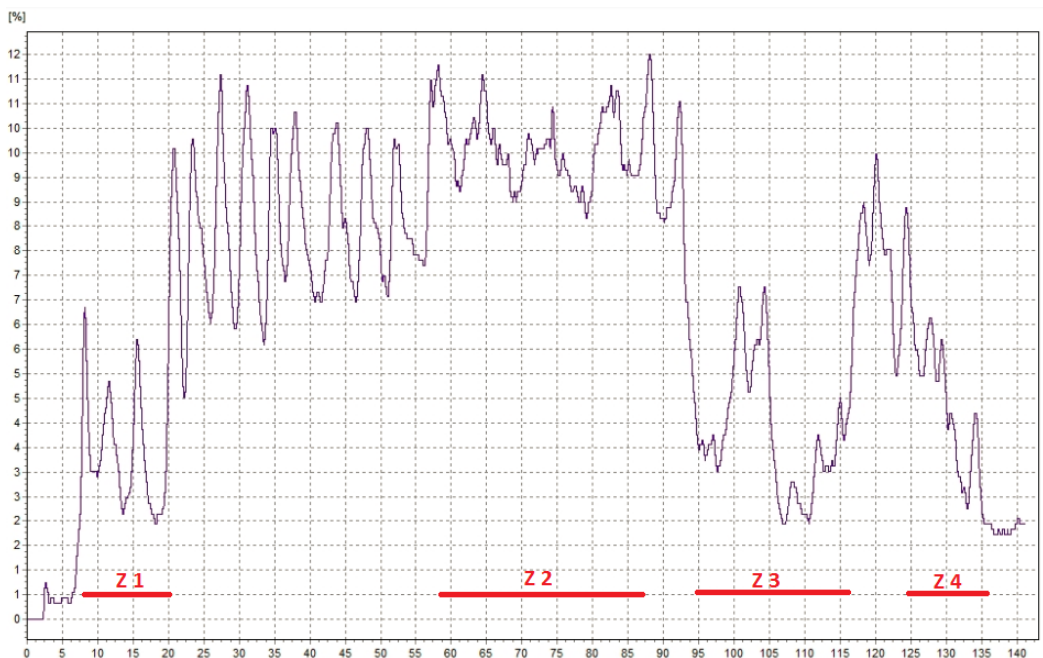
**Tab. 10** Měření přístrojem Resistograph 4453

Označení prvku	Rozměr prvku [mm]	Vzdálenost od čela prvku [m]	Měřený čas [μs]	Rychlost šířené zvuku [m·s <sup>-1</sup> ]	Vlhkost prvku [%]	Výsledky Resistographu
4.3V	130	0	133	977	> 30	
	130	2	189	688	15	
	130	4	195	615	15	Měření č. 1, obr. 38
	120	6	201	597	15	
	120	7,4	193	622	16	
4.3Z	140	0	119	1176	> 30	
	140	2	168	833	15	
	140	4	153	915	15	
	140	6	172	814	15	Měření č. 2, obr. 40 (příloha)
	140	7,4	169	828	16	
4.15V	120	0	115	1043	> 30	
	120	2	145	828	15	
	120	4	182	Neměřitelné	14	Měření č. 3, obr. 41 (příloha)
	120	6	190	632	15	
	120	7,4	254	472	16	
4.15Z	130	0	121	1074	> 30	
	130	2	138	942	15	
	130	4	133	977	15	
	130	6	156	833	14	Měření č. 4, obr. 42 (příloha)
	130	7,4	139	935	17	
4.17V	120	0	135	889	> 30	
	120	2	156	769	15	
	120	4	143	839	15	
	120	6	150	Neměřitelné	15	Měření č. 5, obr. 43 (příloha)
	120	7,4	171	702	15	
4.17Z	130	0	138	942	> 30	
	130	2	215	605	15	
	130	4	238	546	15	
	130	6	177	Neměřitelné	16	Měření č. 6, obr. 39
	130	7,4	181	718	17	

## Výsledky měření přístroje Resistograph 4453



**Obr. 39** Měření Resistographem č. 1 v prvku 4.3 V (A - jarní část letokruhu, B - letní část letokruhu)



**Obr. 40** Měření Resistographem č. 6 v prvku 4.17 Z

Na Obr. 39 a Obr. 40 je zaznamenán průběh křivek měřených kroků (4.3 V a 4.17 Z). V obrázcích jsou označeny zóny (Z 1-5), které stanovují místo výskytu a rozsahu poškození zkoumaných prvků. V Obr. 39 se v zóně Z1 a Z5

nejpravděpodobněji jedná o napadení dřeva tesaříkem krovovým, v zóně Z3 může být dřevo napadeno hnilobou a v zóně Z2 a Z4 je možný výskyt trhlín, které nebyly na povrchu viditelné. U Obr. 40 je zajímavý pokles křivek v povrchových vrstvách (Z1 a Z4). Tento pokles křivky je pravděpodobně způsoben abiotickým poškozením (atmosférickou korozí), v zóně Z2 je možné napadení hnilobou a Z3 napadení tesaříkem krovovým.

## 5.6 Vyhodnocení stavu dřevěných konstrukčních prvků

Dle výsledků smyslového a přístrojového hodnocení se podařilo zjistit stav dřevěných konstrukčních prvků. V Tab. 11 je zaznamenán souhrn pouze poškozených prvků s označením stupně poškození a navrhaným sanačním opatřením. Ostatní údaje měření jsou obsaženy v kapitole příloh.

**Tab. 11** Výsledky průzkumu jednotlivých prvků stavby

Označení prvku	Rozměry prvku [mm]			Poškození	Stupeň poškození	Návrh sanace
	Šířka	Výška	Délka			
1.1	230	250	9 000	Č	2	N
2.18	150	170	9 400	Č	3	P
3.2	160	180	9 840	Č, T	2	R
3.17	180	200	9 840	Č, H	3	P
3.19	180	180	7 900	Č, H	3	P
4.3 V	130	150	7 580	Č	3	C
4.3 Z	140	160	7 580	Č	3	C
4.4 V	130	150	7 580	Č	3	P
4.6 V	130	150	7 580	Č	3	P
4.7 V	130	150	7 580	Č	3	P
4.8 V	130	150	7 580	Č	2 – 3	P
4.8 Z	120	140	7 580	Č	3	N
4.9 V	130	150	7 580	Č	3	C
4.10 V	130	150	7 580	Č	3	P
4.12 V	130	150	7 580	Č	2 – 3	P
4.12 Z	140	160	7 580	Č	2 – 3	P
4.13 V	130	150	7 580	Č	2 – 3	C
4.13 Z	130	150	7 580	Č	2 – 3	C
4.14 V	130	140	7 580	Č	2 – 3	P
4.14 Z	120	140	7 580	Č	3	C
4.15 V	120	140	7 580	Č	3	C
4.15 Z	130	150	7 580	Č	2 - 3	P

4.16 V	130	150	7 580	Č	3	C
4.16 Z	110	130	7 580	Č	2 – 3	P
4.17 V	120	140	7 580	Č	3	C
4.17 Z	130	150	7 580	Č	3	C
4.18 V	120	140	7 580	Č	3	C
4.19 V	130	150	7 580	Č, H	3 – 4	C
4.19 Z	120	140	7 580	Č, H	3 – 4	C
4.20 (Kleština)	120	140	6 320	Č	3	C

### Vysvětlivky k tabulkám:

**Umístění prvku** – označení prvku podle orientace světové strany

V – východní část,

Z – západní část.

**Poškození** – druh poškození prvku uvedený ve zkratce,

Č – červotoč,

T – tesařík,

H – hniloba.

**Stupeň poškození** – stupnice poškození prvků v rozsahu 1 až 4,

1 – žádné poškození, popřípadě povrchové,

2 – malé poškození, není potřeba sanovat,

3 – značné poškození, potřebné sanovat,

4 – destrukce prvku, nutná sanace.

**Návrh sanace** – návrh konstrukčních opatření,

N – není potřeba sanovat,

R – oprava prvku příložkováním,

P – oprava prvku protézováním,

C – celková výměna prvku.

## 5.7 Návrh sanačního a preventivního opatření

V předešlé kapitole bylo provedeno sanační opatření u jednotlivých poškozených dřevěných prvků formou konstrukční sanace. Důvodem opatření bylo odstranit poškozené prvky a zanechat maximální podíl původního dřeva. V této kapitole jsou navrženy další sanační opatření, která jsou nezbytně nutná pro zamezení šíření

možného poškození. Prodloužení životnosti celkové stavby se docílí provedením následujících opatření:

### **Vyklizení vnitřních prostor**

Prostory ve všech podlažích zkoumaného objektu, by měly být vyklizeny od přebytečných věcí. Jedná se převážně o skladovanou potravu (pečivo pro dobytek) ve druhém podlaží a dřevěné desky ve čtvrtém podlaží. Vhodné je pouze zanechat technické prostředky, které slouží jako ukázka mlynářského řemesla. Nadále by mělo být provedeno zpřístupnění ke všem dřevěným nosným prvkům. Důvodem je bezproblémové provedení následných konstrukčních úprav u jednotlivých prvků.

### **Očištění prvků**

Zároveň je vhodné před započítím konstrukční sanace mechanicky očistit všechny prvky od zbytků biotického napadení a jiných nečistot. Jedná se to převážně o nečistoty pavučin, prachu z drtinek dřevokazného hmyzu, sutě, výkalů od ptáků a zbytkové mouky. Na čištění je vhodné použít prostředky, které mají měkčí povrch než je povrch dřeva (smeták popřípadě rýžový kartáč) z důvodu nepoškození dřevěných prvků.

### **Konstrukční sanace**

U všech prvků (viz. kapitola 5.6) musí být provedena konstrukční sanace podle zjištěného rozsahu poškození. Jedná se o nahrazení poškozeného prvku buď opravou příložkováním, protézováním, popřípadě celkové výměny prvku.

### **Oprava střešní krytiny**

Důležitou součástí nápravného opatření je zabránit dalšímu vnikání dešťových srážek pod střešní krytinu. Z důvodu rozsáhlosti konstrukční sanace doporučuji provést celkovou výměnu střešní krytiny.

### **Termosanace**

Pro likvidaci aktuálního napadání nosných prvků dřevokazným hmyzem, je nutné provést v celé stavbě termosanaci. Ta by měla být provedena po jednotlivých podlažích. Principem termosanace je ohřátí dřevěných prvků tak, aby teplota dosahovala v celém průřezu 55 °C po dobu minimálně jedné hodiny. Díky této metody je dosaženo usmrcení hmyzu ve všech stádiích růstu.

### **Chemická sanace**

Preventivní opatření chemickými látkami u nosných prvků, kde byla provedena konstrukční sanace. Důvodem je zabránění opětovného napadení biotickými škůdci. Vhodným způsobem aplikace nanášení ochranné vrstvy bude pomocí štětce. Počet nátěrů a koncentrace ředění je nutné dodržet dle výrobce nátěrové hmoty.

### **Preventivní opatření**

V konečné fázi sanačního opatření dřevěných konstrukcí je důležité zajistit dostatečné větrání vnitřních prostor objektu. Tímto opatřením dojde ke zkrácení doby sušení nově zabudovaných dřevěných prvků. Zároveň je důležité zabránit vniknutí ptactva do vnitřních prostor přes větrací otvory. Další součástí preventivního opatření je stanovit harmonogram prohlídek objektu, které by dopomohly včas odhalit případné problémy.

## 6. Diskuze

Ve čtyřpodlažní stavbě vodního mlýna jsou konstrukce stropu tvořeny dřevěnými prvky ze smrkového a dubového dřeva. Prvky dubového dřeva (typové označení 1.21 a 1.23) jsou zabudovány u stropu prvního podlaží a plní podpůrnou funkci. Ostatní prvky (stropní trámy, průvlaky, pozednice, sedla a krokve) jsou ze dřeva smrku. Snahou této práce bylo zjistit technický stav zmíněných prvků a zároveň celé stavby.

Určení stavu dřevěných nosných prvků bylo provedeno smyslovými a přístrojovými metodami. Smyslovými metodami (vizuálním hodnocením) bylo zjištěno značné napadení ve všech podlažích stavby dřevokazným hmyzem. Podle průměru výletových otvorů se v prvcích objevují dva druhy škůdců. Konkrétně se jedná o čeled' *Anobiidae* (červotočovití) a *Cerambycidae* (tesaříkovití). V prvních třech podlažích (s výjimkou jednoho prvku) se nachází výletové otvory o průměru 1 - 2 mm, což podle literatury vystihuje napadení červotočem proužkovaným (Vysoký 1995). V posledním čtvrtém podlaží se vyskytují oválné výletové otvory o průměru 8 – 12 mm, které jsou typické tesaříku krovovému (Reinprecht, Štefko 2000). Během průzkumu a pozorování se nepodařilo spatřit aktivního škůdce, avšak při pravidelných návštěvách mlýnu se v prvcích objevují v celku čerstvě vytvořené výletové otvory a jejich drtinky. I když nebyl nalezen žádný živý dospělec, podle nových výletových otvorů lze usoudit jejich stálý výskyt v objektu. Zajímavostí napadení dřeva těmito škůdci je, že se vyskytlo pouze jedno lokální místo výskytu obou škůdců najednou. Konkrétně se jedná o stropní trám u schodiště třetího podlaží (3.2). Tento fakt může být pravděpodobně způsoben rozdílnou vzdušnou vlhkostí a teplotou mezi jednotlivými podlažími. Ve čtvrtém podlaží byla pocitově odhadnuta nižší vzdušná vlhkost a vyšší teplota v porovnání se spodními podlažími. Dle mého názoru je tento fakt ovlivněn slunečním zářením, které se opírá do střešní krytiny. To má za následek prohřívání posledního podlaží. U nižších podlaží dochází k značnému snížení prostupu slunečního záření a navíc zde dochází k ochlazení vnitřních prostor zděnými obvodovými stěnami. Vizuelním průzkumem byla také zjištěna degradace dřeva hnilobou. Poškození se vyskytovalo u konstrukce krovu, kdy docházelo k zatékání dešťových srážek přes poškozenou střešní krytinu. Převážně byly hnilobou poškozeny prvky krokví a pozednice.



Jelikož bylo zjištěno poškození dřevokaznými škůdci ve všech podlažích, bylo důležité provést průzkum přístrojovými metodami. Smyslovými metodami se podařilo určit stav dřevěných prvků pouze na jeho povrchu. K určení stavu v celém průřezu bylo nutné použít přístrojové zařízení. V rámci této práce byly prvky vyhodnoceny dvěma přístroji a to Arborsonicem Decay Detectorem a Resistographem 4453. Měření přístrojem Arborsonic bylo provedeno na všech dostupných nosných prvcích po pravidelných vzdálenostech popřípadě dle potřeby (viz. kapitola 5.5 a příloha). Získané výsledky byly následně porovnány s hodnotami zdravého dřeva uváděnými v literárních zdrojích Kollmann a Côte (1968) a dle tabulky odhadových stupňů poškození uváděných na internetové stránce [www.stavba.tzb-info.cz](http://www.stavba.tzb-info.cz).

Měření prvního podlaží bylo zjištěno částečné poškození a to druhého stupně u prvku stropního trámu s typovým označením 1.1. U tohoto prvku byly naměřeny hodnoty šíření zvuku v rozmezí 974 až 943 m/s. Ve druhém podlaží vykazovaly všechny prvky hodnoty zdravého dřeva. Měření bylo zjištěno znatelné poškození ovlivňující statiku objektu u stropu třetího podlaží a v konstrukci krovu. Ve třetím podlaží u stropního trámu s označením 3.2 byla naměřená rychlost šíření zvuku 914 m/s, které spadá do stupně poškození č. 2. Nadále bylo v tomto podlaží provedeno měření u prvku stropního trámu s typovým označením 3.17, ale nepodařilo se přístrojem vyhodnotit měřený čas přenosu signálu. Nezdařené měření mohlo být způsobeno hnilobou, která je viditelná na zhlaví měřeného prvku (dole na Obr. 34). Je možné, že se toto poškození vyskytuje i ve středové části měřeného prvku. Poškození hnilobou se u tohoto podlaží také nachází v prvku pozednice s typovým označením 3.19. Bohužel z důvodu nepřístupnosti (zazdění protějších stran) se nepodařilo provést měření na zkoumaném prvku. Nejzávažnější rozsah poškození byl zjištěn ve čtvrtém podlaží u konstrukce krovu. V této části objektu byly u prvků z převážné části naměřeny hodnoty rychlosti šíření zvuku pod hranicí 920 m/s, které vystihují stupeň poškození č. 3. V této části budovy bylo vizuálním průzkumem spatřeno rozsáhlé napadení tesaříkem krovovým. Snížené hodnoty šíření zvuku byly nejpravděpodobněji způsobeny pozerky tohoto škůdce. Kompletní výsledky měření přístrojem Arborsonic Decay Detector jsou zaznamenány v příloze této práce.

Přístrojem Arborsonic lze určit stav dřevěných prvků, avšak ne v určitém místě v rámci celého průřezu. Pro toto zjištění byl zvolen přístroj Resistograph 4453. Principem využití přístroje bylo zjistit, zda se jedná o poškození pouze povrchové,

popřípadě hloubkové. Celkem bylo provedeno měření na 6 prvcích v konstrukci krovu. Jednalo se o vazby číslo 3, 15 a 17. U zmíněných vazeb byla naměřena rychlost šíření zvuku pod hranicí 840 m/s a zároveň prvek vykazoval velmi značné poškození na povrchu tesaříkem krovovým. Měření bylo provedeno i v místech, kde se nepodařilo vyhodnotit rychlost šíření zvuku (vazba č. 15 a 17). Tímto měřením bylo stanoveno značené poškození jak v povrchových, tak i v hloubkových vrstvách. Poškození je znázorněno v grafech na Obr. 39 až Obr. 44. Určit přesné příčiny vzniku poškození v těchto měřených prvcích se nepodařilo stanovit. Ovšem podle průběhu křivek se lze domnívat, že se jedná o napadení dřeva hnilobou a již zmiňovaným tesaříkem krovovým. Vzájemným porovnáním jmenovaných obrázku je patrné, že u krokví (4.15 V, 4.17 Z a 4.17 V), které se nepodařilo vyhodnotit ultrazvukovou metodou je poškození rozsáhlejší než u prvků, které se přístrojem Arborsonic vyhodnotit podařilo. Vyhodnocení stavu jednotlivých nosných dřevěných prvků (stupeň poškození a návrh konstrukční sanace) je zaznamenáno v Tab. 1.

V rámci stavebně-technického průzkumu byl rovněž posuzován stav obvodových stěn, podlah a schodišť. Obvodové stěny nejevily žádné poškození. U posuzování podlah a schodišť bylo zjištěno, že je vhodné provést pouze lokální opravy. Konkrétně se jedná o výměnu části podlahového záklopu ve druhém a třetím podlaží a výměny jednotlivých stupnic u schodišť všech podlaží.

Jelikož bylo zjištěno poměrně rozsáhlé napadení dřevokaznými škůdci, bylo navrhuto provést sterilizační opatření termosanací ve všech podlažích objektu. Touto metodou (působením sálavého tepla) se podaří efektivně zlikvidovat aktivní napadení dřevokazného hmyzu ve všech dřevěných prvcích. Dále je doporučeno provést preventivní chemické ošetření u prvků, ve kterých byla provedena konstrukční sanace (viz. kapitola 5.6).

## 7. Závěr

Diplomová práce se zabývá posuzováním technického stavu vodního mlýna v obci Leskovec u Březové. Převážně byla tato práce věnována vyhodnocení stavu dřevěných nosných konstrukčních prvků, které se ve stavbě nachází ve všech čtyřech podlažích v konstrukci stropu. Pomocí stavebně-technického průzkumu byl zjištěn rozsah poškození nosných prvků, které ohrožují statiku objektu. U těchto prvků bylo zjišťováno poškození abiotickými a biotickými činiteli, jejich rozsah a příčiny vzniku. Zároveň byly v této práci navrženy případné opravy poškozených prvků a sanační opatření z důvodu prodloužení životnosti celé stavby.

Vizuálním hodnocením bylo zjištěno značné napadení nosných prvků dřevokazným hmyzem. Podle průměru výletových otvorů se v našem případě jedná o napadení červotočem proužkovaným (1 až 3 podlaží) a tesaříkem krovovým (4 podlaží). Dále bylo vizuálním hodnocením zjištěno značné poškození dřevěných prvků hnilobou. Výskyt tohoto poškození byl pouze v části střešní konstrukce, kde byl zapříčiněn zatékáním dešťových srážek přes uvolněnou střešní krytinu. Rozsah a závažnost poškození dřevokazným hmyzem a hnilobou byl detailněji zkoumán přístrojovým zařízením. Pomocí přístrojů bylo zjištěno nejzávažnější poškození ve čtvrtém podlaží (konstrukce krovu). Zkoumané prvky vykazovaly při měření Arborsonicem značně snížené hodnoty rychlosti šíření zvuku v porovnání s hodnotami (z literatury) zdravého dřeva. Navíc bylo přístrojem Resistograph odhaleno značné poškození v povrchových i hloubkových vrstvách. U zkoumaných prvků s určitým stupněm poškození, byla navržena konstrukční sanace (viz. Tab. 11).

Z důvodu poměrně rozsáhlého aktivního napadení dřevokazným hmyzem v dřevěných prvcích je doporučeno provést ve všech podlažích zkoumané stavby sterilizační opatření působením zvýšené teploty (termosanaci). Realizací tohoto sterilizačního opatření se podaří zlikvidovat aktivní dřevokazné škůdce (červotoče proužkovaného a tesaříka krovového). Pro zabránění dalšího napadení dřevokazným hmyzem je doporučeno provést u nově zabudovaných prvků chemické ošetření.

Stavba zkoumaného vodního mlýna patří v současné době mezi nejhezčí dochované technické objekty v Moravskoslezském kraji. Pro zachování půvabu této stavby je však nutné provést nápravná opatření, která zabrání postupné degradaci všech dřevěných (jak nosných tak i technických) prvků. Provedená opatření dopomůžou stavbě prodloužit její životnost a zachovat historickou hodnotu.

## 8. Summary

This thesis deals with the assessment of the technical condition of the water mill in the village of Leskovec near Březová. This work deals mainly with the evaluation of the condition of wooden structural elements, which are located in the building at all four floors of ceiling construction. By constructional and technical survey was found the scope of damage of supporting elements, that threaten the static. By these supporting elements, the damage caused by abiotic and biotic factors, its' scope and cause was investigated. At the same time in this work optional repairs of damaged elements and remediation measures to prolong the lifetime of the whole building were suggested.

Considerable attacks of supporting elements by wood-destroying insects was found by visual evaluation. According to diameter of emergence holes, the wood destroying insects is a anobium beetle (1-3 floors) and longhorn beetle (4 floors) in our case. By further visual evaluation a significant damage of the wood element by rot was found. The occurrence of this damage was only found at the part of the roof structure, which was caused by the leaking rainfall through a loose roofing. The range and relevance of damage of the wood-destroying insects and rot was examined thoroughly by instrumental equipment. Using the instrumental equipment, the major damage was found on the 4th floor. Examined elements showed in the results of the Arborsonic measurements significantly lower values of the sound velocity in comparison with the values (literary source) of healthy wood. In addition, Resistograph detected considerable damage in the surface as well as in the deep layers. Elements with some degree of damage were suggested to structural remediation (Fig. 11).

Due to a relatively large active attack by wood decaying insects in the wood elements, using the sterilization measures by the elevated temperature is recommended to all floors of inspected building. The decaying active pests (anobium beetle and longhorn beetle) will be eliminated by using this sterilization measures. To prevent further attacks of decaying insects, it is recommended to perform chemical treatment at the newly built elements.

Construction of the examined water mill is currently one of the most beautiful preserved technical objects in the Region. To preserve the charm of this building, it is necessary to take corrective measures to prevent the gradual degradation of wood as well as supporting technical elements. The performed measures will help the building prolong its life and preserve its historical value.

## 9. Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obr. 1 Trámový strop jednoduchý .....	14
Obr. 2 Trámový strop se záklopem a násypem.....	15
Obr. 3 Povalový strop .....	15
Obr. 4 Kazetové stropy s truhlíky .....	16
Obr. 5 Fošnový strop .....	16
Obr. 6 Typy střech .....	18
Obr. 7 Prostá krokevní soustava .....	18
Obr. 8 Hambalková soustava .....	19
Obr. 9 Schémata plných vazeb vaznicových soustav .....	20
Obr. 10 Spoje na sraz .....	21
Obr. 11 Podélný spoj na čep a sraz, rohový spoj na ostřih .....	21
Obr. 12 Plátové spoje.....	22
Obr. 13 Kampové spoje .....	22
Obr. 14 Zadrápnutí s čelním zářezem v krokvi, zadrápnutí přes zásek na krokvi.....	23
Obr. 15 Dřevomorka domácí, koniofora sklepní .....	26
Obr. 16 Outkovka pestrá .....	26
Obr. 17 Dospělý jedinec tesaříka krovového .....	29
Obr. 18 Červotoč proužkovaný.....	29
Obr. 19 Červotoč umrlčí .....	30
Obr. 20 Průběh měření při napadení dřeva hnilobou.....	36
Obr. 21 Příložkování u stropních trámů a krokví .....	39
Obr. 22 Protézový spoj rovný, protézový spoj šikmý.....	40
Obr. 23 Poloha obce Leskovec .....	41
Obr. 24 Současná podoba mlýnu v Leskovci u Březové .....	42
Obr. 25 Laserové měřicí zařízení Stabila LE 100.....	44
Obr. 26 Popis dřevěných konstrukčních prvků v bokorysném řezu .....	45
Obr. 27 Schéma stropní konstrukce .....	46
Obr. 28 Měření vlhkosti přístrojem Wagener L601-3 .....	48
Obr. 29 Arborsonic Decay Detector .....	49
Obr. 30 Zařízení Resistograph 4453 firmy Rinntech.....	50
Obr. 31 Pohled na konstrukci krovu .....	53

Obr. 32 Pryskařičný kanálek typu smrk .....	54
Obr. 33 Výletové otvory čeledi Anobiidae a Cerambycidae .....	55
Obr. 34 Degradace dřeva hnilobou .....	56
Obr. 35 Zakreslení rizikových míst stropu prvního podlaží .....	58
Obr. 36 Zakreslení stropu druhého podlaží .....	59
Obr. 37 Zakreslení rizikových míst u stropu třetího podlaží .....	62
Obr. 38 Zakreslení stupně poškození v jednotlivých vazbách střešní konstrukce.....	66
Obr. 39 Měření Resistographem č. 1 v prvku 4.3 V .....	68
Obr. 40 Měření Resistographem č. 6 v prvku 4.17 Z .....	68
Obr. 41 Měření resistographem č. 2 v prvku 4.3 Z.....	97
Obr. 42 Měření resistographem č. 3 v prvku 4.15 V .....	97
Obr. 43 Měření resistographem č. 4 v prvku 4.15 Z.....	98
Obr. 44 Měření resistographem č. 5 v prvku 4.17 V .....	98
Obr. 45 Pohled na zatékání po ostění. ....	99
Obr. 46 Napadení krokve tesaříkem krovovým .....	99
Obr. 47 Napadení kleštiny tesaříkem krovovým .....	99
Obr. 48 Zachycení drtinek červotoče proužkovaného v pavučině.....	100
Obr. 49 Destrukce podlahové krytiny .....	100
Obr. 50 Hniloba způsobená zatékající dešťovou vodou .....	100
Obr. 51 Zatékání dešťové vody přes hřeben střechy .....	101
Obr. 52 Poškození povrchu prvků od ptactva .....	101

## **Seznam tabulek**

Tab. 1 Existenční podmínky významných druhů dřevokazných hub.....	27
Tab. 2 Existenční podmínky významných druhů dřevokazného hmyzu .....	28
Tab. 3 Hodnoty průměrných rychlostí šíření zvuku ve zdravém dřevě.....	34
Tab. 4 Odhadové stupně poškození dřeva .....	35
Tab. 5 Korekční hodnoty pro zjištění skutečné vlhkosti určité dřeviny .....	48
Tab. 6 Výsledky měření stropu prvního podlaží.....	57
Tab. 7 Výsledky měření u stropu druhého podlaží .....	59
Tab. 8 Výsledky měření u stropu třetího podlaží.....	60
Tab. 9 Výsledky měření ve čtvrtém podlaží (krov) .....	63
Tab. 10 Měření přístrojem Resistograph 4453 .....	67
Tab. 11 Výsledky průzkumu jednotlivých prvků stavby .....	69

Tab. 12 Výsledky stropu prvního podlaží.....	87
Tab. 13 Výsledky stropu druhého podlaží.....	89
Tab. 14 Výsledky stropu třetího podlaží.....	91
Tab. 15 Výsledky krovu čtvrtého podlaží.....	93

## 10. Použitá literatura

BARNETT, J., R., JERONIMIDIS G., 2009. *Wood Quality and its Biological Basis*. Wiley-Blackwell, 240 stran. ISBN 978-1-4051-4781-1.

BODIG, J., 2000. The process of NDE Research for Wood and Wood Composite. In: *Proceeding of 12<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, NDT Test – March 2001, Vol.6No.03*.

CIHLÁŘ, J., 2012. *Kronika mlýnu v Leskovci, 1885 – 2012*, 12 s.

FEIO, A., O., 2005. *Inspection and Diagnosis of Historical Timber Structures: NDT Correlations and Structural Behaviour*. Ph.D. thesis – Universidade do Minho, Guimaraes, 208 pp.

GERNER, M., 2003. *Tesařské spoje*. Grada Publishing a.s., 220s. ISBN 80-247-0076-X

HÁJEK, V., 1997. *Stavíme ze dřeva*. Praha, Sobotáles, 153 s. ISBN 80-85920-44-1.

HAVÍŘOVÁ, Z., 2005. *Dům ze dřeva.*, Brno, ERA group, spol. s r. o., 99 s. ISBN 80-7366-008-3.

KLOIBER, M., KOTLÍNOVÁ, M., 2005. *Vliv orientace a šířky letokruhů na šíření ultrazvuku ve struktuře dřeva*. In *Workshop NDT 2005, Non-destructive Testing in Engineering Practice*. Brno: VUT Brno, s. 53-59. ISBN 80-7204-420-6.

KLOIBER, M., HORÁČEK, P., 2007. *Nedestruktivní zjišťování dřeva*. Disertační práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 208 s.

KOLLMANN, F., CÔTÉ, A., 1968. *Principles of Wood Science and Technology*. I. Solid Wood. Springer – Verlag, 592 s.

MACEK, P., 2001. *Standardní nedestruktivní stavebně–historický průzkum*. Státní ústav památkové péče v Praze, 48 s. ISBN 80-86234-22-3.

MIRIČ, M., WILLEITNER H., 1984. Lethal temperature for some wood-destroying fungi with respect to eradication by heat treatment. IRG/WP/84-1229.



NATERER, J., HERZOG, T., VOLZ, M., 1991. *Holzbau Atlas Zwei*. Institut für internationale Architektur - Dokumentation München, 348s.

ONDRUCH, I., 2010. *Horkovzdušná sterilizace dřeva – předpoklady, zkušenosti, provádění*: seminář konaný ve dnech 7. a 8. června 2010 v areálu Fojtství 1, Kozlovice, okres. Frýdek – Místek. Vyd. 1. Ostrava: Šmíra – Print, c2010, 84 s. ISBN 978-80-87427-02-6.

ORLÍK, J., 2013. *Dendrochronologické datování a stavebně historický průzkum vodního mlýna v Leskovci u Březové*. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. 57 s.

PENDL, K., ŠTROP, J., 1990. *Příručka pro zedníka*. Praha, Nakladatelství technické literatury, n. p. ISBN 80-03-00404-7.

POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO D., BABIAK, M., 1993. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Príroda, Bratislava, 485 s. ISBN 80-07-00600-1.

PTÁČEK, P., 2009. *Ochrana dřeva*. Vydala Grada Publishing,a.s. Praha, 96s. ISBN 978-80-547-2326-6.

REINPRECHT, L., 2008. *Ochrana dreva*, Vydala Technická univerzita ve Zvolenu, 453s. ISBN 978-80-228-1863-6.

REINPRECHT, L., ŠTEFKO, J., 2000. *Dřevěné stropy a krovy. Typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce*. Praha: ABF, a.s. Nakladatelství ARCH, 252 s. ISBN 80-86165-29-9.

REINPRECHT, L., 1996. *Procesy degradácie dreva*. Technická univerzita Zvolen, 150 s. ISBN 80-228-0662-5.

RIDOUT, B., 2000. *Timber decay in buildings: the conservation approach to treatment*. Abingdon: Spon, 232 s. ISBN 978-0-419-18820-9.

RINN, F. 1994. *Catalogue of relative density profiles of trees, poles and timber derived from Resistograph® microdrillings*. 9th International Symposium on Nondestructive Testing. Madison, USA.

SCHWENKE, W., 1974. Die Forstschädlinge Europas II. Bd. Käfer. 550 pp. Verlage P., Parey, Hamburg und Berlin.

SOLNICKÝ P., 2006. Vodní mlýny na Opavsku. Praha, Libri. ISBN 978-80-7277-244-5.

STRAKA, B., 2013. *Konstrukce šikmých střech. 1.* Praha: Grada, 230 s. ISBN 978-80-247-4205-2.

SVATONĚ, J., 2000. *Ochrana dřeva.* Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 203 s., ISBN 80-7157-435-X.

ŠEFCŮ, O., VINAŘ, J., PACÁKOVÁ, M., 2000. *Metodika ochrany dřeva.* Vydal Státní ústav památkové péče v Praze, 67 s., ISBN 80-86234-14-2.

ŠKABRADA, J., 2003. *Konstrukce historických staveb.* Praha, Argo, 395 s. ISBN 80-7203-548.

ŠKABRADA, J., 1999. *Lidové stavby: architektura českého venkova 1.,* Praha, Argo, 248 s. ISBN 80-7203-082-5.

ŠKVOR, Z., 2001. *Akustika a elektroakustika.* 1.vyd. Praha: Academia, 527 s. ISBN 80-200-0461-0.

ŠTEFKO, J., REINPRECHT, L., KUKLÍK, P., 2006. *Dřevěné stavby - konstrukce, ochrana, údržba.* Jaga group, spol. s.r.o., 204 s. ISBN 80-8076-043-8.

ŠTĚPÁN, L., KŘIVANOVÁ, M., 2000. *Dílo a život mlynářů a sekerníků v Čechách.* Praha, Agro, 307 s., ISBN 80-7203-254-2.

URBAN, J., 1997. *Ochrana dřeva I: hlavní hmyzí dřevokazní škůdci.* 1.vyd. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 131 s. ISBN 80-7157-254-3.

VAVERKA, J., HAVÍŘOVÁ, Z., JINDRÁK, M., 2008. *Dřevostavby pro bydlení.* Grada Publishing a.s., 380 s. ISBN 978-80-247-2205-4.

VIGUÉ, J., 2009. *Praktická kniha o dřevě.* Čestlice Rebo, 427 s. ISBN 978-80-255-0205-1.

VINAŘ, J., 2010 *Historické krovy: Typologie, průzkum, opravy*. Grada Publishing a.s., 448 s. ISBN 978-80-247-3038-7.

VINAŘ, J., KYNCL, J., RŮŽIČKA, P., ŽÁK, J., 2005. *Historické krovy II. Průzkumy a opravy*. Praha, Grada Publishing a.s., 304 s., ISBN 80-247-1111-7.

VINAŘ, J., KUFNER, V., 2004. *Historické krovy – Konstrukce a statika*. Praha, Grada Publishing a.s., 272 s., ISBN 80-7169-575-0.

VLČEK, M., FAJKOŠ, A., a kol., 2003. *Střešní konstrukce od A do Z*. Praha, Verlag Dashöfer, 937 s. ISBN 80-86229-28-9.

VLČEK, M., MOUDRÝ, I., NOVOTNÝ, M., BENEŠ, P., MACEKOVÁ, V., 2001. *Poruchy a rekonstrukce staveb*. ERA Group spol. s.r.o., 220 s. ISBN 80-86517-10-1.

VORONCOV, A., ČERVINKOVÁ, H., 1986. *Škůdci dřeva*. 1.vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 168 s.

VYSOKÝ, V. *Přehled technicky škodícího hmyzu na dříví: Stručný souhrn znalostí z dostupné literatury*. Ústí nad Labem: Albis international, 1995, 296 s. ISBN 80-901761-1-9.

ŽÁK, J., REINPRECHT, L., 1998. *Ochrana dřeva ve stavbě*. ABF, s.r.o., 108 s. ISBN 80-86165-00-0.

## 11. Použité internetové zdroje

*Anobium punctatum* [online]. Citováno 29. 1. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/eng/anopunkm.htm>>

*Arborsonic Decay Detector* [online]. Citováno 4. 2. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://ldf.mendelu.cz/und/?q=node/52>>

*Bílá hniloba, outkovka pestrá* [online]. Citováno 29. 1. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id17878/?taxonid=59943>>

*Hadrobregmus pertinax* [online]. Citováno 29. 1. 2015, dostupné na World Wide Web: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Hadrobregmus\\_pertinax](http://en.wikipedia.org/wiki/Hadrobregmus_pertinax)>

*Hnědá hniloba, dřevomorka domácí* [online]. Citováno 29. 1. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id18136/?taxonid=60230>>

*Hnědá hniloba, koniofora sklepní* [online]. Citováno 29. 1. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id228280/?taxonid=60228>>

*Hylotrupes bajulus* [online]. Citováno 29. 1. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://www.garten.cz/a/cz/4662-bioticti-skudci-dreva-1/>>

*Leskovec* [online]. Citováno 24. 2. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://www.obec-brezova.cz/>>

*Olejna* [online]. Citováno 20. 2. 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.technicke-pamatky.cz/sekce/79/mlny>>.

*Pohonná zařízení mlýnů* [online]. Citováno 24. 1. 2015 Dostupné na World Wide Web: <<http://vetrnemlyny.unas.cz/index2.htm>>

*Poloha obce Leskovec* [online]. Citováno 20. 2. 2015 Dostupné na World Wide Web: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Leskovec\\_%28Březová%29](http://cs.wikipedia.org/wiki/Leskovec_%28Březová%29)>

*Resistograph® 4453* [online]. Citováno 11. 3. 2015 Dostupné na World Wide Web: <<http://www.rinntech.de/content/view/8/34/lang,english/index.html>>

*Schémata vaznicových soustav* [online]. Citováno 7. 3. 2015, dostupné na World Wide Web: <[http://dk.spsopava.cz:8080/fotogalzobraz.php?adr=kOiKw4\\_2015022\\_164742](http://dk.spsopava.cz:8080/fotogalzobraz.php?adr=kOiKw4_2015022_164742)>

*Stupnice poškození dřeva* [online]. Citováno 11. 3. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6295-nedestruktivni-pristroje>>

*Tesařské spoje* [online]. Citováno 20. 1. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>>

*Typy střech* [online]. Citováno 7. 3. 2015, dostupné na World Wide Web: <<http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/rozdeleni-stresnich-konstrukci>>

## 12. Přílohy

### 12.1 Výsledky měření Arborsonic Decay Detector

Tab. 12 Výsledky stropu prvního podlaží

Název prvku	Označení prvku	Vzdálenost mezi sondami [mm]	Vzdálenost od čela prvku [m]	Měřený čas [μs]	Rychlost [m·s <sup>-1</sup> ]	Vlhkost prvku [%]	Poškození	Stupeň poškození
Stropní trám	1.1	230	0	x	Nedostupné	23	č	2
		215	2,5	197	1091	22,5		
		200	5	212	943	23		
		185	7,5	190	974	23,5		
		170	9	175	971	23,5		
	1.2	230	0,1	191	1204	22,5	č	1
		220	2,5	186	1183	22,5		
		210	5	172	1221	22,5		
		200	7,5	168	1190	22,5		
		190	9	134	1418	22,5		
	1.3	260	0	189	1376	21	č	1
		250	2,5	179	1397	21		
		240	5	183	1311	21,5		
		230	7,5	186	1237	22		
		220	9	168	1310	22		
	1.4	235	0	190	1237	23	č	1
		225	2,5	192	1172	22		
		215	5	160	1344	22		
		210	7,5	167	1257	22		
		200	9	149	1342	24		
	1.5	195	0	154	1266	24	č	1
		195	2,5	146	1336	21		
		200	5	172	1163	22		
		200	7,5	158	1266	22		
		200	9	165	1212	24		
	1.6	190	0	129	1473	22,5	č	1
		195	2,5	145	1345	22		
		195	5	144	1354	20		
		200	7,5	152	1316	20		
		205	9	137	1496	22		
	1.7	170	0	123	1382	23	č	1
		170	2,5	122	1393	23		
		175	5	130	1346	20		
		175	7,5	145	1207	20		
		175	9	156	1122	20		
	1.8	170	0	125	1360	22	č	1
		170	2,5	135	1259	21		
		175	5	122	1434	21		
		175	7,5	139	1259	21		
		175	9	142	1232	21		
	1.9	175	0	119	1471	21	č	1
		170	2,5	122	1393	19		
		165	5	108	1528	20		
		165	7,5	135	1222	20		
		160	9	129	1240	20,5		

Stropní trám	1.10	175	0	135	1296	21,5	č	1
		170	2,5	136	1250	21,5		
		165	5	145	1138	21		
		160	7,5	128	1250	21		
		160	9	x	Nedostupné	21,5		
Výměna podélná	1.11	180	0	169	1065	26,5	č	1
		180	1,9	175	1029	27		
		180	2,8	176	1023	28,5		
Výměna příčná	1.12	205	0	160	1281	25,5	č	1
		205	1	164	1250	24		
Pozednice	1.13	190	1,1	145	1310	22,5	č	1
		195	2,2	155	1258	22,5		
		195	3,5	161	1211	22,5		
		190	4,2	165	1152	22,5		
		190	Zazdění	x	Nedostupné	22,5		
Průvlak SV	1.14	195	0	155	1258	22,5	č	1
		195	1,5	172	1134	22,5		
		195	3,5	167	1168	22		
		195	5,5	165	1182	22		
Průvlak JV	1.15	170	0	158	1076	21	č	1
		170	2	151	1126	21,5		
		170	3,8	153	1111	21		
Sedlo V	1.16	210	0,1	190	1105	22	č	1
		210	0,75	186	1129	22		
Průvlak SZ	1.17	190	0	144	1319	22,5	č	1
		190	1,5	142	1338	22		
		190	3,5	185	1027	22		
		190	5,5	179	1061	22,5		
Průvlak JZ	1.18	195	0	142	1373	21	č	1
		195	2	160	1219	21		
		195	3,8	158	1234	22		
Sedlo Z	1.19	210	0,1	189	1111	22	č	1
		210	0,75	186	1129	22,5		
Sloup. podpora V (SM)	1.20	245	0	183	1339	23,5	č	1
		245	0,5	179	1369	25		
		245	1	186	1317	26,5		
		245	1,7	193	1269	27,5		
Sloup. podpora V (DB)	1.21	265	0	166	1596	25	č	1
		265	0,5	176	1506	26		
		265	1	187	1417	26		
		265	1,8	189	1402	27,5		
Sloup. podpora Z (SM)	1.22	250	0	189	1323	26,5	č	1
		250	0,5	199	1256	26,5		
		250	1	195	1282	27,5		
		250	1,7	191	1309	28,5		
Sloup. podpora Z (DB)	1.23	280	0	199	1407	25	č	1
		280	0,5	220	1273	25,5		
		275	1	216	1273	26		
		270	1,8	208	1298	27		

**Tab. 13** Výsledky stropu druhého podlaží

Název prvku	Označení prvku	Vzdálenost mezi sondami [mm]	Vzdálenost od čela prvku [m]	Měřený čas [ $\mu$ s]	Rychlost šířené zvuku [ $m \cdot s^{-1}$ ]	Vlhkost prvku [%]	Poškození	Stupeň poškození
Stropní trámy	2.1	x	0 – 9,2	zazdění	Nedostupné	15	č	1
	2.2	145	0	121	1 198	15	č	1
		145	2	119	1 218	15		
		145	4	135	1 074	15		
		150	6	112	1 339	14		
		150	9,2	126	1 190	13		
	2.3	150	0	117	1 282	16	č	1
		150	2	127	1 181	16		
		150	4	126	1 190	15		
		150	6	116	1 293	16		
		150	9,2	115	1 304	16		
	2.4	150	0	118	1 271	15	č	1
		150	2	115	1 304	15		
		145	4	122	1 189	15		
		145	6	119	1 218	15		
		140	9,2	138	1 014	15		
	2.5.1	145	0	113	1 283	16	č	1
		145	2	128	1 133	15		
		145	4	119	1 218	15		
	2.5.2	145	0	108	1 343	15	č	1
		145	1	121	1 198	15		
		145	2	118	1 229	15		
	2.5.3	120	0	107	1 121	16	č	1
		120	2	99	1 212	15		
	2.6	140	0	114	1 228	18	č	1
		150	2	119	1 261	16		
		155	4	111	1 396	17		
		165	6	136	1 213	17		
		170	9,2	142	1 197	17		
	2.7	155	0	113	1 372	16	č	1
		155	2	124	1 250	15		
		150	4	122	1 230	14		
		145	6	115	1 261	14		
		145	9,2	119	1 218	15		
	2.8	150	0	114	1 316	16	č	1
		150	2	121	1 240	15		
		150	4	119	1 261	14		
		150	6	134	1 119	14		
		150	9,2	131	1 145	16		
	2.9	145	0	118	1 229	17	č	1
		145	2	112	1 295	15		
		150	4	109	1 376	15		
		150	6	119	1 261	15		
		150	9,2	113	1 327	15		
	2.10	145	0	119	1 218	16	č	1
		150	2	115	1 304	16		
		155	4	124	1 250	15		
160		6	131	1 221	14			
160		9,2	122	1 311	15			
2.11	140	0	116	1 207	15	č	1	



Stropní trámy	2.11	140	2	105	1 333	14	č	1
		140	4	109	1 284	14		
		140	6	120	1 167	15		
		140	9,2	118	1 186	15		
	2.12	150	0	120	1 250	14	č	1
		150	2	115	1 304	14		
		155	4	116	1 336	14		
		155	6	110	1 409	15		
		155	9,2	122	1 270	15		
	2.13	155	0	121	1 281	15	č	1
		155	2	128	1 211	14		
		160	4	122	1 311	15		
		160	6	129	1 240	15		
		160	9,2	124	1 290	15		
	2.14	150	0	119	1 261	15	č	1
		150	2	109	1 376	15		
		150	4	118	1 271	15		
		155	6	123	1 260	14		
		155	9,2	127	1 220	15		
	2.15	155	0	126	1 230	15	č	1
		155	2	127	1 220	15		
		150	4	119	1 261	15		
		150	6	121	1 240	14		
		150	9,2	117	1 282	15		
	2.16	150	0	120	1 250	15	č	1
		150	2	118	1 271	15		
		150	4	123	1 220	15		
		155	6	137	1 131	15		
155		9,2	132	1 174	15			
2.17	160	0	115	1 391	16	č	1	
	155	2	125	1 240	15			
	150	4	124	1 210	15			
	150	6	119	1 261	15			
	145	9,2	116	1 250	15			
2.18	150	0 – 9,2	zazdění	Nedostupné	16	č	3	
Pozednice V	2.19	-	0 – 16,5	zazdění	Nedostupné	16	č	1
Pozednice Z	2.20	-	0 – 16,5	zazdění	Nedostupné	14	č	1
Průvlak (z jednoho kusu)	2.21	215	0	201	1 070	15	č	1
		220	2	206	1 068	15		
		225	4	191	1 178	16		
		230	7	209	1 100	16		
		230	8	x	Nedostupné	16		
		240	10	x	Nedostupné	15		
		240	12	x	Nedostupné	14		
		240	14	x	Nedostupné	15		
240	16,5	181	1 326	16				
Podpora stropního trámu	2.22	140	0	109	1 284	16	č	1
		140	1	112	1 250	15		
		140	2	108	1 296	16		

Tab. 14 Výsledky stropu třetího podlaží

Název prvku	Označení prvku	Rozměr prvku [mm]	Vzdálenost od čela prvku [m]	Měřený čas [μs]	Rychlost šíření zvuku [m·s <sup>-1</sup> ]	Vlhkost prvku [%]	Poškození	Stupeň poškození
Stropní trámy	3.1	200	0	x	Nedostupné	16	č	1
		200	2	x	Nedostupné	15		
		200	4	x	Nedostupné	15		
		200	6	173	1156	16		
		200	9,6	x	Nedostupné	17		
	3.2	160	0	x	Nedostupné	15	červotoč, tesařík	2
		160	2	114	1404	14		
		160	4	121	1322	14		
		160	6	175	914	15		
		160	9,6	122	1311	15,5		
	3.3	165	0	x	Nedostupné	15	č	1
		165	2	129	1279	14		
		165	4	124	1331	14		
		165	6	131	1260	15,5		
		165	9,6	137	1204	16		
	3.4	165	0	x	Nedostupné	15	č	1
		165	2	113	1460	14		
		165	4	x	Nedostupné	14,5		
		165	6	x	Nedostupné	15		
		165	9,6	x	Nedostupné	15		
	3.5	160	0	x	Nedostupné	16	č	1
		160	2	121	1322	15		
		160	4	x	Nedostupné	15		
		160	6	x	Nedostupné	15		
		160	9,6	x	Nedostupné	16		
	3.6	150	0	122	1230	15	č	1
		150	2	104	1442	14		
		150	4	x	Nedostupné	15		
		150	6	x	Nedostupné	15		
		150	9,6	x	Nedostupné	15		
	3.7	150	0	139	1079	14	č	1
		150	2	100	1500	15		
		150	4	x	Nedostupné	15		
		150	6	x	Nedostupné	15		
		150	9,6	x	Nedostupné	15		
	3.8	150	0	113	1327	16	č	1
		150	2	89	1685	16		
		150	4	121	1240	15		
		150	6	118	1271	16		
		150	9,6	124	1210	16		
	3.9	160	0	126	1270	15	č	1
		160	2	122	1311	15		
		160	4	129	1240	14		
		160	6	134	1194	16		
		160	9,6	140	1143	15		
	3.10	155	0	104	1490	15	č	1
		155	2	110	1409	15		
150		4	108	1389	15			
145		6	113	1283	15			
140		9,6	108	1296	16			
3.11	170	0	x	Nedostupné	15	č	1	

Stropní trámy	3.11	170	2	x	Nedostupné	15	č	1
		170	4	123	1382	14		
		170	6	135	1259	14		
		170	9,6	133	1278	15		
	3.12	165	0	101	1634	16	č	1
		160	2	105	1524	15		
		155	4	131	1183	14		
		140	6	120	1167	15		
		135	9,6	134	1007	16		
	3.13	160	0	155	1032	17	č	1
		160	2	146	1096	15		
		165	4	159	1038	14		
		165	6	136	1213	16		
		165	9,6	128	1289	16		
	3.14	150	0	125	1200	15	č	1
		150	2	134	1119	15		
		160	4	128	1250	14		
		160	6	115	1391	15		
		160	9,6	132	1212	15		
	3.15	160	0	142	1127	16	č	1
		160	2	x	Nedostupné	16		
		160	4	132	1212	15		
		160	6	128	1250	15		
		165	9,6	130	1269	15		
	3.16	160	0	139	1151	15	č	1
		155	2	x	Nedostupné	13		
		150	4	125	1200	14		
		150	6	128	1172	15		
		150	9,6	121	1240	16		
	3.17	180	0	x	<b>Neměřitelné</b>	17	č, t	3
		180	1	159	1132	15		
		180	4	131	1374	15		
180		6	134	1343	16			
180		9,6	139	1295	16			
3.18	180	0	x	Nedostupné	15	č	1	
	180	1	x	Nedostupné	14			
	180	4	x	Nedostupné	15			
	180	6	x	Nedostupné	15			
	180	9,6	x	Nedostupné	16			
Pozednice V	3.19	180x180	0	x	<b>Nedostupné</b>	15	č, h	3
			2	x	Nedostupné	15		
			4	x	Nedostupné	15		
			6	x	Nedostupné	16		
			8	x	Nedostupné	16		
			10	x	Nedostupné	16		
			12	x	Nedostupné	15		
			14	x	Nedostupné	15		
16,5	x	Nedostupné	16					
Pozednice Z	3.20	180x180	0	x	Nedostupné	16	č	1
			2	x	Nedostupné	17		
			4	x	Nedostupné	17		
			6	x	Nedostupné	15		
			8	x	Nedostupné	16		
			10	x	Nedostupné	16		
			12	x	Nedostupné	16	č	1

Pozednice Z	3.20	180x180	14	x	Nedostupné	16	č	1
			16,5	x	Nedostupné	16		
Průvlak	3.21	190	0	161	1180	15	č	1
		190	2	151	1258	14		
		190	4	149	1275	14		
		185	6	155	1194	14		
		185	8	157	1178	14		
		180	10	160	1125	15		
		165	12	143	1154	15		
		150	14	124	1210	15		
Sloupová podpora	3.22	175	0	128	1367	14	č	1
		175	1	140	1250	15		
		175	2	136	1287	15		
Sedlo	3.23	175	0	132	1326	13	č	1
		175	1	131	1336	14		

**Tab. 15** Výsledky krovu čtvrtého podlaží

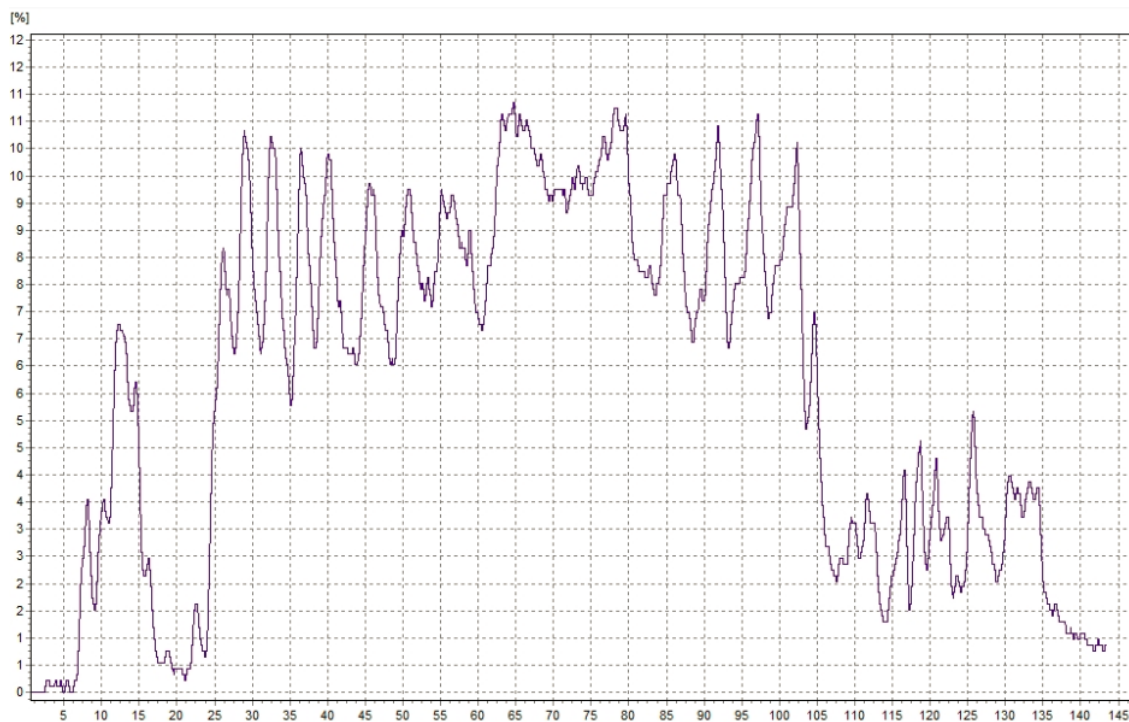
Název prvku	Označení prvku	Rozměr prvku [mm]	Vzdálenost od čela prvku [m]	Měřený čas [μs]	Rychlost šířené zvuku [m·s <sup>-1</sup> ]	Vlhkost prvku [%]	Poškození	Sanace
Střešní krokve	4.1V	100	0 – 7,4	x	Nedostupné	x	-	-
	4.1Z	100	0 – 7,4	x	Nedostupné	x	-	-
	4.2V	120	0,1	119	1008	> 30	t	1
		120	1 – 7,4	x	Nedostupné	17		
	4.2Z	120	0,1	116	1034	> 30	t	1
		120	1 – 7,4	x	Nedostupné	17		
	4.3V	130	0	133	977	> 30	t	3
		130	2	189	688	15		
		130	4	195	615	15		
		120	6	201	597	15		
		120	7,4	193	622	16		
	4.3Z	140	0	119	1176	> 30	t	3
		140	2	168	833	15		
		140	4	153	915	15		
		140	6	172	814	15		
		140	7,4	169	828	16		
	4.4V	130	0	122	1066	> 30	t	3
		130	2	119	1092	15		
		130	4	484	269	16		
		130	6	108	1204	15		
		130	7,4	135	963	16		
	4.4Z	130	0	118	1102	> 30	t	1
		130	2	x	Nedostupné	15		
130		4	128	1016	15			
130		6	118	1102	16			
130		7,4	121	1074	15			
4.5V	130	0	129	1008	> 30	t	1	
	130	2	126	1032	15			
	130	4	95	1368	16			
	130	6	94	1383	16			
	135	7,4	104	1298	16			
4.5Z	130	0	116	1121	> 30	t	1	

Střešní krokve	4.5Z	130	2	x	Nedostupné	16	t	1
		130	4	123	1057	16		
		130	6	121	1074	16		
		130	7,4	119	1092	15		
	4.6V	130	0	110	1182	> 30	t	3
		130	2	109	1193	16		
		130	4	101	1287	15		
		130	6	186	<b>699</b>	15		
		130	7,4	106	1226	16		
	4.6Z	130	0	122	1066	> 30	t	1
		130	2	111	1171	16		
		130	4	114	1140	15		
		130	6	123	1057	15		
		130	7,4	119	1092	15		
	4.7V	130	0	132	<b>985</b>	> 30	t	3
		130	2	129	1008	16		
		130	4	248	<b>524</b>	16		
		130	6	372	<b>349</b>	15		
		130	7,4	312	<b>417</b>	16		
	4.7Z	130	0	118	1102	> 30	t	1
		130	2	99	1313	15		
		130	4	93	1398	16		
		130	6	101	1287	16		
		130	7,4	113	1150	15		
	4.8V	130	0	132	<b>985</b>	> 30	t	2 - 3
		130	2	139	<b>935</b>	15		
		130	4	135	<b>963</b>	16		
		130	6	223	<b>583</b>	16		
		130	7,4	125	1040	15		
	4.8Z	120	0	131	<b>916</b>	> 30	t	2
		120	2	128	<b>938</b>	16		
		120	4	131	<b>916</b>	16		
		120	6	125	<b>960</b>	15		
		120	7,4	119	1008	16		
	4.9V	130	0	123	1057	> 30	t	3
		130	2	298	<b>436</b>	15		
		130	4	106	1226	14		
		130	6	165	<b>788</b>	15		
		130	7,4	x	Nedostupné	16		
	4.9Z	130	0	126	1032	> 30	t	1
		130	2	116	1121	15		
		130	4	125	1040	15		
		130	6	120	1083	16		
		130	7,4	122	1066	15		
4.10V	130	0	134	<b>970</b>	> 30	t	3	
	130	2	298	<b>436</b>	15			
	130	4	118	1102	16			
	130	6	109	1193	15			
	130	7,4	x	Nedostupné	16			
4.10Z	125	0	121	1033	> 30	t	1	
	125	2	105	1190	15			
	125	4	102	1225	15			
	125	6	101	1238	16			
	125	7,4	110	1136	16			

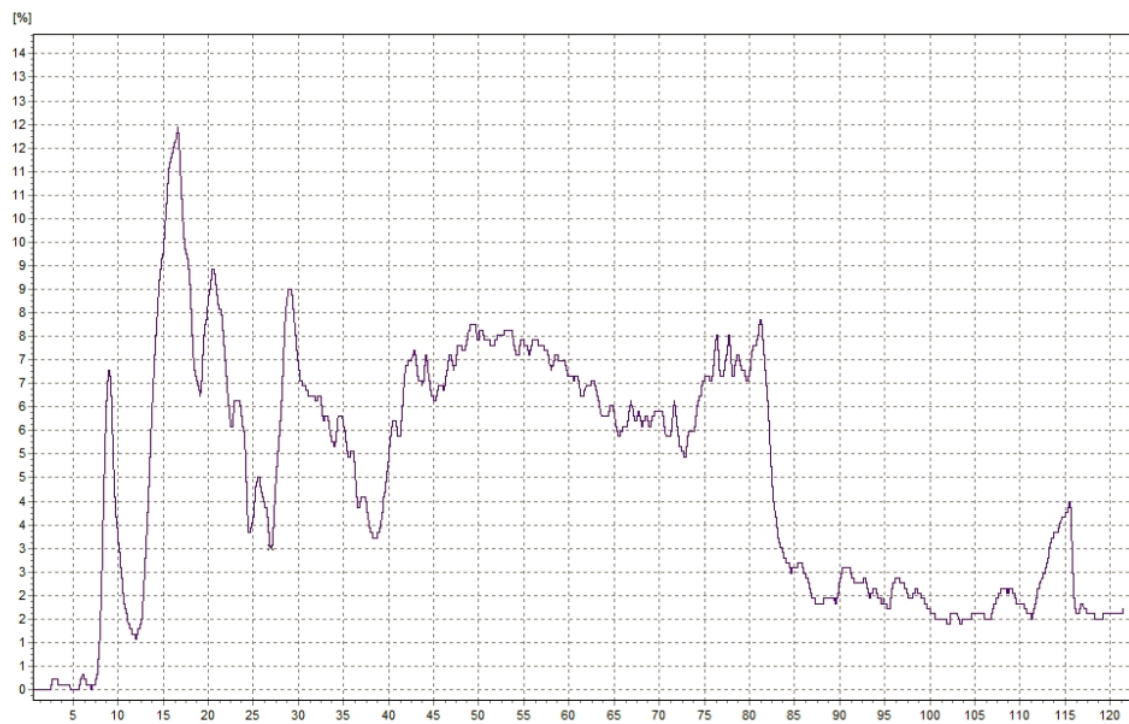
Střešní krokve	4.11V	130	0	103	1262	> 30	t	1
		130	2	109	1193	14		
		130	4	95	1368	15		
		130	6	x	Nedostupné	16		
		130	7,4	107	1215	16		
	4.11Z	120	0	116	1034	> 30	t	1
		120	2	111	1081	15		
		120	4	108	1111	16		
		120	6	103	1165	15		
		120	7,4	x	Nedostupné	15		
	4.12V	130	0	169	<b>769</b>	> 30	t	2 – 3
		130	2	161	<b>807</b>	14		
		130	4	96	1354	14		
		130	6	x	Nedostupné	15		
		130	7,4	x	Nedostupné	17		
	4.12Z	140	0	151	<b>927</b>	> 30	t	2 – 3
		140	2	147	<b>952</b>	14		
		140	4	157	<b>892</b>	16		
		140	6	161	<b>870</b>	16		
		140	7,4	144	<b>972</b>	18		
4.13V	130	0	149	<b>872</b>	> 30	t	2 – 3	
	130	2	138	<b>942</b>	15			
	130	4	152	<b>855</b>	16			
	130	6	142	<b>915</b>	16			
	130	7,4	150	<b>867</b>	15			
4.13Z	130	0	177	<b>734</b>	> 30	t	2 – 3	
	130	2	153	<b>850</b>	13			
	130	4	148	<b>878</b>	14			
	130	6	151	<b>861</b>	15			
	130	7,4	156	<b>833</b>	15			
4.14V	130	0	124	1048	> 30	t	2 – 3	
	130	2	128	1016	15			
	130	4	137	<b>949</b>	15			
	130	6	149	<b>872</b>	15			
	130	7,4	131	<b>992</b>	16			
4.14Z	120	0	113	1062	> 30	t	3	
	120	2	144	<b>833</b>	14			
	120	4	134	<b>896</b>	15			
	120	6	211	<b>569</b>	15			
	120	7,4	138	<b>870</b>	16			
4.15V	120	0	115	1043	> 30	t	3	
	120	2	145	<b>828</b>	15			
	120	4	182	<b>Neměřitelné</b>	14			
	120	6	190	<b>632</b>	15			
	120	7,4	254	<b>472</b>	16			
4.15Z	130	0	121	1074	> 30	t	2 – 3	
	130	2	138	<b>942</b>	15			
	130	4	133	<b>977</b>	15			
	130	6	156	<b>833</b>	14			
	130	7,4	139	<b>935</b>	17			
4.16V	130	0	125	1040	> 30	t	3	
	130	2	159	<b>818</b>	14			
	130	4	130	1000	15			
	130	6	249	<b>522</b>	15			

Střešní krokve	4.16V	130	7,4	190	<b>684</b>	16	t	3
	4.16Z	110	0	102	1078	> 30	t	2 – 3
		110	2	122	<b>957</b>	15		
		110	4	108	1019	15		
		110	6	116	<b>948</b>	16		
		110	7,4	131	<b>840</b>	17		
	4.17V	120	0	135	<b>889</b>	> 30	t	3
		120	2	156	<b>769</b>	15		
		120	4	143	<b>839</b>	15		
		120	6	150	<b>Neměřitelné</b>	15		
		120	7,4	171	<b>702</b>	15		
	4.17 Z	130	0	138	<b>942</b>	> 30	t	3
		130	2	215	<b>605</b>	15		
		130	4	238	<b>546</b>	15		
		130	6	177	<b>Neměřitelné</b>	16		
		130	7,4	181	<b>718</b>	17		
	4.18V	120	0	130	1017	> 30	t	1
		120	2	116	1034	15		
		120	4	110	1091	15		
		120	6	84	1429	16		
		120	7,4	96	1250	16		
	4.18Z	130	0	140	<b>929</b>	> 30	t, h	3
		130	2	164	<b>793</b>	15		
		130	4	101	1287	15		
		130	6	233	<b>558</b>	15		
		130	7,4	196	<b>663</b>	15		
	4.19V	130	0	240	<b>542</b>	> 30	t, h	3 – 4
130		2	197	<b>660</b>	14			
130		4	222	<b>586</b>	14			
130		6	209	<b>622</b>	15			
130		7,4	242	<b>537</b>	15			
4.19Z	120	0	167	<b>719</b>	> 30	t, h	3 – 4	
	120	2	349	<b>344</b>	15			
	120	4	549	<b>219</b>	15			
	120	6	420	<b>286</b>	16			
	120	7,4	362	<b>331</b>	16			
Kleština	4.20	120	0,2	168	<b>714</b>	18	t	3
		120	2	185	<b>649</b>	15		
		120	3	131	<b>916</b>	16		
		120	5	142	<b>845</b>	17		
		120	6	146	<b>822</b>	19		

## 12.2 Výsledky měření Resistograph 4453

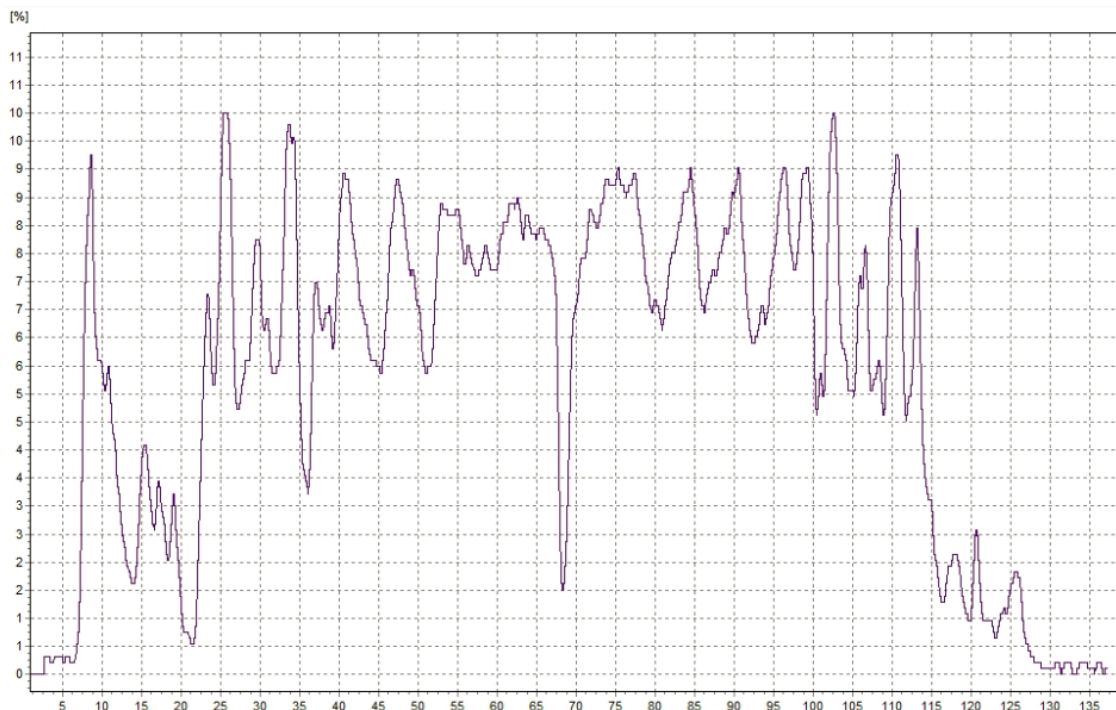


Obr. 41 Měření resistographelem č. 2 v prvku 4.3 Z

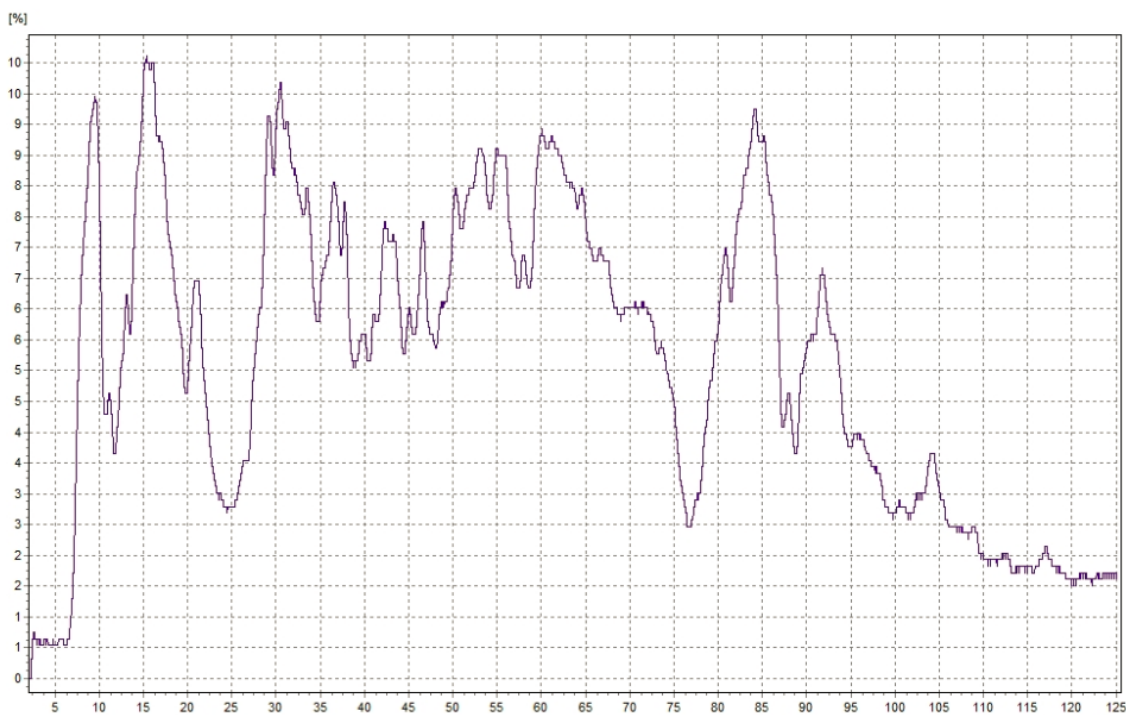


Obr. 42 Měření resistographelem č. 3 v prvku 4.15 V





**Obr. 43** Měření resistographelem č. 4 v prvku 4.15 Z



**Obr. 44** Měření resistographelem č. 5 v prvku 4.17 V

### 13. Fotodokumentace



**Obr. 45** Pohled na zatékání po ostění.



**Obr. 46** Napadení krokve tesaříkem krovovým



**Obr. 47** Napadení kleštiny tesaříkem krovovým



**Obr. 48** Zachycení drtinek červotoče proužkovaného v pavučině



**Obr. 49** Destrukce podlahové krytiny



**Obr. 50** Hniloba způsobená zatékající dešťovou vodou





**Obr. 51** Zatékání dešťové vody přes hřeben střechy



**Obr. 52** Poškození povrchu prvků od ptactva