

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

DIAGNOSTICKÉ METODY PRO HODNOCENÍ STAVU DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

DIAGNOSTIC METHODS FOR THE EVALUATION OF THE STATE OF A TIMBER STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB ŠTĚPÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. VĚRA HEŘMÁNKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Jakub Štěpánek

Název Diagnostické metody pro hodnocení stavu dřevěných konstrukcí

Vedoucí bakalářské práce Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2014

Datum odevzdání bakalářské práce 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- HOBST, L. a kol.: Diagnostika stavebních konstrukcí, knihovnicka.cz, 2005
- SVOBODA, L. a kol.: Stavební hmoty 3. vydání (elektronická kniha - plný text: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/>)
- Kolektiv autorů: Stavební látky – cvičebnice, CERM Brno, 2013
- KUKLÍK P.: Dřevěné konstrukce, ČKAIT 2005
- ČSN EN 408 Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo - Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností
- Další příslušné platné normy

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Úvod - stručný úvod do problematiky bakalářské práce.

Cíl práce – vypracovat metodiku průzkumu dřevěných konstrukcí krovu a přehled diagnostických metod pro hodnocení stavu dřevěné konstrukce in situ. Provést zjištění míry poškození a ověření materiálových charakteristik u konkrétního prvku dřevěné konstrukce.

Teoretická část – rešerše doporučené literatury a vypracování podkladů pro řešení bakalářské práce se zaměřením na:

- materiálové charakteristiky a vlastnosti dřeva,
- diagnostické metody zkoušení dřevěných konstrukcí,
- metodiku průzkumu dřevěných konstrukcí krovu.

Experimentální část – provést zjištění míry poškození a ověření materiálových charakteristik u dřevěného prvku konstrukce. Zpracovat a zhodnotit výsledky experimentu se zaměřením na porovnání výsledků metody měření rychlosti šíření ultrazvukových vln a vybraných fyzikálních a mechanických vlastností dřeva z konstrukce.

Závěr - provést krátké shrnutí a jasně a přehledně deklarovat výsledky bakalářské práce.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

DIAGNOSTICKÉ METODY PRO HODNOCENÍ STAVU DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Abstrakt

Tato práce se zabývá diagnostickými metodami a metodikou průzkumu dřevěných konstrukcí. Teoretická část je zaměřena na dřevo jako konstrukční materiál, jeho vady, fyzikální a mechanické vlastnosti, přehled používaných diagnostických metod a jejich vhodnost použití. V praktické části popisují provedenou diagnostiku prvku dřevěné konstrukce se zaměřením na porovnání výsledků metody měření rychlosti šíření ultrazvukových vln a vybraných fyzikálních a mechanických vlastností dřeva.

Klíčová slova

Dřevo, diagnostické metody, metodika průzkumu, ultrazvuk, mechanické vlastnosti, fyzikální vlastnosti.

Abstract

This thesis is dealing with diagnostic methods and methodics of research of timber constructions. Theoretical part is focusing on timber as material for constructions, it's defects, physical and mechanical properties, overview of diagnostic methods and their appropriateness of use. In practical part I am describing performed diagnosis of element of timber construction with focusing on comparing transfer speed of the ultrasonic waves to selected mechanical and physical properties.

Keywords

Timber, diagnostic methods, methodics of research, ultrasound, mechanical properties, physical properties.

Bibliografická citace VŠKP

Štěpánek, Jakub. *Diagnostické metody pro hodnocení stavu dřevěných konstrukcí*. Brno, 2015. 57 s., 10 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis autora

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2015

.....
titul, jméno a příjmení studenta

Poděkování

Děkuji své vedoucí bakalářské práce Ing. Věře Heřmánkové, Ph.D. za trpělivost, rady a odborné vedení. Dále bych rád poděkoval ostatním členům Ústavu stavebního zkušebnictví Vysokého učení technického v Brně za ochotu a pomoc při tvorbě této práce. V neposlední řadě děkuji také své rodině a přátelům za podporu v celém průběhu studia. Tato bakalářská práce byla zpracována s využitím infrastruktury Centra AdMaS.

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Cíl práce	13
3	Historie dřevěných konstrukcí.....	14
3.1	Obytné stavby.....	14
3.2	Halové stavby	15
4	Dřevo jako konstrukční materiál.....	16
4.1	Jehličnaté dřeviny.....	16
4.2	Listnaté dřeviny	17
4.3	Růstové vady a struktura ovlivňující kvalitu dřeva.....	17
4.3.1	Suky	17
4.3.2	Točivost.....	18
4.3.3	Juvenilní dřevo	18
4.3.4	Reakční dřevo.....	18
4.4	Biotické poškození dřeva.....	19
4.4.1	Dřevokazné houby.....	19
4.4.2	Dřevokazný hmyz	19
4.5	Fyzikální vlastnosti dřeva.....	21
4.5.1	Hustota.....	21
4.5.2	Vlhkost	21
4.6	Mechanické vlastnosti dřeva.....	23
5	Diagnostické metody pro hodnocení stavu dřevěných konstrukcí.....	25
5.1	Nedestruktivní diagnostické metody.....	25
5.1.1	Vizuální hodnocení.....	25
5.1.2	Měření rychlosti šíření ultrazvuku.....	25
5.1.3	Radiační metody.....	28

5.2	Semi-destruktivní diagnostické metody	29
5.2.1	Odporové zarážení trnu.....	29
5.2.2	Odporové vrtání	30
5.2.3	Zkoušení radiálních vývrtů	30
5.2.4	Hodnocení stavu podle pilin.....	32
5.2.5	Zkoušení tahových mikrovzorků	33
5.2.6	Endoskopie.....	34
5.3	Destruktivní diagnostické metody.....	34
5.3.1	Zkouška pevnosti dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny.....	34
5.3.2	Zkouška pevnosti dřeva v ohybu	35
6	Diagnostika dřevěného trámu	36
6.1	Vizuální hodnocení prvku	36
6.1.1	Určení druh dřeviny.....	36
6.1.2	Abiotické poškození.....	37
6.1.3	Biotické poškození.....	37
6.2	Měření rychlosti prostupu ultrazvuku prvkem	38
6.3	Hodnocení stavu prvku pomocí pilin.....	38
6.4	Endoskopické hodnocení prvku	39
6.5	Stanovení vlhkosti prvku váhovou metodou	40
6.6	Příprava vzorků na destruktivní zkoušení	40
6.6.1	Ověření hloubky napadení prvku dřevokazným hmyzem.....	41
6.6.2	Určení druhů dřevokazného hmyzu	41
6.6.3	Značení zkušebních vzorků dle polohy na trámu.....	42
6.6.4	Určení stupně poškození vzorků dřevokazným hmyzem	43
6.6.5	Unikátní označení jednotlivých zkušebních vzorků.....	44
6.6.6	Zjištění vlhkosti zkušebních vzorků váhovou metodou	45
6.7	Zkouška vzorků na pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	45

6.8	Stanovení pevnosti dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny	46
6.9	Závislost hustoty na pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny.....	47
6.10	Závislost pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny na vadách a poškození vzorků.....	48
7	Závěr	51

1 Úvod

Dřevo je jako jediný konstrukční materiál běžně používán od pravěku až do současnosti. Důvodů je hned několik. Má výborné mechanické vlastnosti, nízkou hustotu, dobré tepelně i akusticky izolační vlastnosti a v neposlední řadě působí velmi dobře esteticky. I v dnešní době průmyslově vyrobených stavebních materiálů s vlastnostmi, o kterých se člověku před desítkami let ani nesnilo, má dřevo svou pevnou pozici, o kterou ještě dlouho nepřijde.

Abychom mohli dřevo správně využít, je nutné si uvědomit jeho nedostatky. Výrazná anizotropie, která způsobuje diametrální rozdíly v pevnosti, nebo velká závislost mechanických vlastností na vlhkosti jsou jen některé z nich.

Velké množství historicky významných staveb je právě ze dřeva. Pro zjištění jejich stavu slouží množství diagnostických metod, které v této práci popisují. Nejčastěji kombinací několika diagnostických metod lze získat přehled o stavu konstrukce při relativně malém poškození konstrukce.

2 Cíl práce

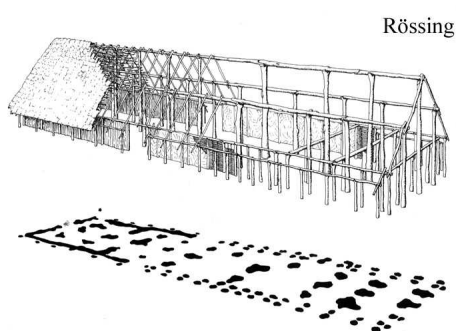
Cílem mé práce je vypracovat metodiku průzkumu dřevěných konstrukcí krovu a přehled diagnostických metod pro hodnocení stavu dřevěné konstrukce in-situ. Stanovit míru poškození a ověřit materiálové charakteristiky u konkrétního prvku dřevěné konstrukce. Zpracovat a zhodnotit výsledky experimentu se zaměřením na porovnání výsledků metody měření rychlosti šíření ultrazvukových vln a vybraných fyzikálních a mechanických vlastností dřeva z konstrukce.

3 Historie dřevěných konstrukcí

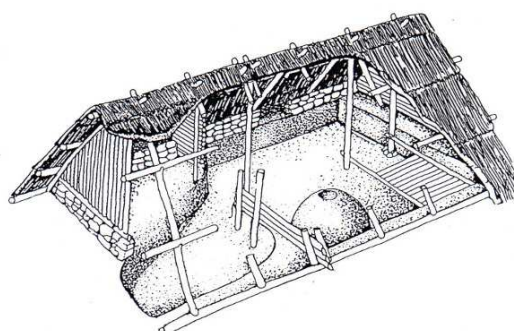
3.1 Obytné stavby

Dřevo je společně s kamenem nejstarším stavebním materiálem. Stavitelství a tudíž i první dřevěné konstrukce vznikly v době neolitu (8000 – 5000 př. n. l.). Šířka těchto staveb se z konstrukčních důvodů pohybovala kolo 5,5 – 7 m, délka v rozmezí 20 – 40 m. Kvůli převládajícímu rozměru se takové stavbě říká dlouhý dům.

Kolem roku 400 př. n. l. přicházejí na území Čech a Moravy Keltové, kteří staví dřevěné domy se sedlovou střechou na nízké kamenné podezdívce. Tento typ obydlí převzali Slované a udržel se v této oblasti velmi dlouho (především na venkově).



Obr. 1 Dlouhý dům [11]



Obr. 2 Keltský dům [11]

V době okolo 14. století vzniká vesnická (lidová) architektura, která se udržela až do 19. století. Tato architektura se rozlišuje podle oblasti z důvodu dostupnosti materiálů, typů a provedení konstrukce.

Základní typy domů lidové architektury ve střední Evropě:

- a) Roubený dům (Východ a severovýchod)
- b) Hrázděný dům (Severozápad)
- d) Kamenný a hliněný dům (Jihozápad a jihovýchod)



Obr. 4 Hrázděný dům [20]



Obr. 3 Roubený dům [20]

V současné době se setkáváme především s domy z materiálu na bázi dřeva, které jsou schopny splnit náročné uživatelské požadavky. [1]

3.2 Halové stavby

K zastřešení halových konstrukcí používali dřevěné prvky již staří Řekové a Egypťané. Nejprve se používaly trámy s rozpětím do 15 m, později se začaly používat trojúhelníková věšadla do rozpětí 30 m. V době středověku se zvýšily nároky především na výšku konstrukce zastřešení (kostely, kláštery).

S rozvojem strojní výroby, opracování dřeva a zdokonalení spojů se začaly vyrábět příhradové nosníky a rámy. Na přelomu 18. a 19. století se začínají objevovat nové konstrukční systémy halových objektů, např. oblouková soustava.

V dnešní době se pro dřevěnou halovou konstrukci používá především lepené lamelové dřevo (vyvinuto v průběhu II. světové války). Používají se hlavně z estetických důvodů (Aquapark Brno – Kohoutovice, Zimní stadion Rožnov pod Radhoštěm), z průmyslových staveb byly vytlačeny kovovými konstrukcemi. [1]



Obr. 5 Stavba zimního stadionu v Rožnově pod Radhoštěm [25]

4 Dřevo jako konstrukční materiál

Dřevo je přírodní, anizotropní (různé vlastnosti v různých směrech), nehomogenní a hygroskopický materiál. Chemické složení se u jednotlivých druhů dřevin liší jen málo. Procentuálně lze složení dřeva vyjádřit takto: uhlík 49,5 %, kyslík 44,2 %, vodík 6,1 %, dusík 0,2 %. Anizotropie je způsobena tvarem a orientací buněk, jejich rozdílným růstem v závislosti na ročním období a orientovanou stranou buněčných stěn.

Dřeviny dělíme buď na listnaté a jehličnaté, nebo na tvrdé a měkké. Pro stavební konstrukce se nejčastěji používá smrk (měkké dřevo), na spoje nebo speciální části konstrukce se však používá i dřevo tvrdých listnatých dřevin (dub).

4.1 Jehličnaté dřeviny

Smrkové dřevo se pro konstrukce používá nejčastěji. Je měkké, lehce štípatelné a zpracovatelné, pružné a má nízkou objemovou hmotnost. Barvu má bílou až světle žlutou, je mírně smolnaté s pevnými zarostlými suký. Za sucha trvanlivé, ve vlhku rychle hnije.

Jedlové dřevo je oproti smrkovému náročnější na opracování. Je měkké, velmi lehce štípatelné a pružné. Je šedobílé, časem však ztmavne až do černé barvy. Obsah pryskyřice je malý, trvanlivost horší než u smrkového nebo borového dřeva.

Borové dřevo je méně pružné než jedlové a smrkové dřevo. Z důvodu velkého obsahu pryskyřice má načervenalou barvu. Obsahuje velké množství suků, které časem vypadávají. Díky pryskyřici však borové dřevo velmi dobře odolává vlhkosti. Není vhodné pro ohýbané prvky.

Modřínové dřevo je velmi pružné a polotvrdé. Má velký obsah pryskyřice a velmi dobře odolává střídání vlhkosti. Má světle žlutou barvu, časem však tmavne.

4.2 Listnaté dřeviny

Dubové dřevo je velmi tvrdé, pevné, houževnaté a trvanlivé (především pod vodou). Má vysokou objemovou hmotnost, díky vysoké pevnosti v tlaku a v tahu je vhodné pro spojovací prvky. Je velmi odolné proti ohni. Má žlutohnědou barvu.

Bukové dřevo má obecně horší vlastnosti než dubové dřevo. Je měkčí, méně houževnaté a hůře opracovatelné. Bez impregnace špatně odolává vlhkosti. Často se používá na výrobu materiálů na bázi dřeva.

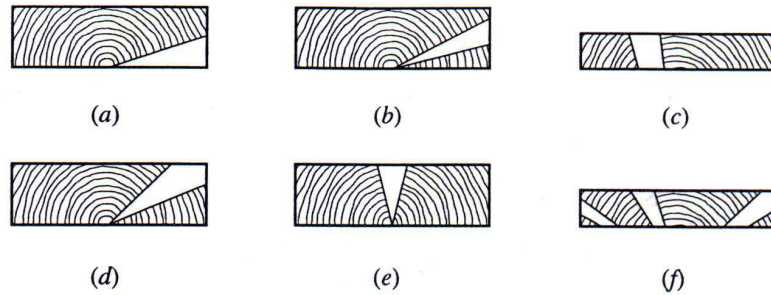
Strukturu dřeva lze rozdělit na submikroskopická (zkoumá stavbu buněčných stěn), mikroskopická (zkoumá uspořádání buněk) a makroskopická (zkoumá růstové vady dřeva, které přímo ovlivňují jeho kvalitu a možnost použití v konstrukci).

4.3 Růstové vady a struktura ovlivňující kvalitu dřeva

4.3.1 Suky

Suky jsou části větve obrostlé dřevem a podstatně snižují pevnost řeziva (odklon vláken kolem suku).

Suky lze rozdělit:	dle viditelnosti:	– otevřené
		– zarostlé
	dle zdravotního stavu:	– zdravé
		– nahnilé (hniloba < 1/3 plochy průřezu)
		– shnilé (hniloba > 1/3 plochy průřezu)
	dle polohy:	– na ploše
		– boční
		– hranové
	dle seskupení:	– jednotlivé
		– skupinové



Obr. 6 Suk (a) křídlový; (b) boční; (c) procházející; (d) hranový; (e) plošný; (f) skupinový [1]

4.3.2 Točivost

Jedná se o odklon vláken od osy kmene. S odklonem vláken od osy zatížení výrazně (nelineárně) klesá pevnost dřeva. Z tohoto důvodu je doporučeno používat prvky s maximálním odklonem vláken 1:10.

4.3.3 Juvenilní dřevo

Nejmladší dřevo stromu (5-10 letokruhů) ve střední oblasti kmene. Má horší vlastnosti, jako menší pevnost a tuhost a větší objemové změny.

4.3.4 Reakční dřevo

Reakční dřevo vzniká dlouhodobým mechanickým namáháním kmene stromu (např. namáhání větrem).

Reakční dřevo u jehličnanů se vyskytuje v tlačené oblasti (tlakové dřevo) a projevuje se větším podílem letního dřeva v letokruzích. Na příčném řezu lze poznat tlakové dřevo podle tmavších půlměsíců. Tlakové dřevo je pro použití v konstrukci nepříznivé.

Reakční dřevo u listnáčů se vyskytuje v tažené oblasti (tahové dřevo). Na příčném řezu lze poznat tahové dřevo podle lesklé bílé plochy, na podélném jako světlý drsný pás. Tahové dřevo je pro použití v konstrukci příznivé.

4.4 Biotické poškození dřeva

4.4.1 Dřevokazné houby

Napadení dřeva dřevokaznými houbami (hnilobou) hrozí při vlhkosti dřeva vyšší než 20 %. Nejjednodušším opatřením před napadením hnilobou je tedy vysušení dřeva.

Dřevokazné houby lze rozdělit do dvou skupin - celulózovorní a lignivorní:

Celulózovorní dřevokazné houby způsobují tzv. hnědou nebo červenou hnilobu. Houby této skupiny se živí celulózou, způsobují ztmavnutí a "kostkovitý" rozpad dřeva.

Lignivorní dřevokazné houby způsobují tzv. bílou hnilobu. Tyto houby se živí jak celulózou, tak ligninem. Způsobují světlé zbarvení, změknutí a nakonec "drobivý" rozpad dřeva. [7]



Obr. 8 Celulózovorní hniloba [13]



Obr. 7 Lignivorní hniloba [13]

4.4.2 Dřevokazný hmyz

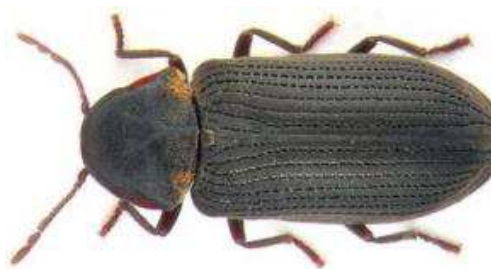
Napadení dřeva dřevokazným hmyzem hrozí již při vlhkosti kolem 10%, tedy méně, než u dřevokazných hub. Poškození dřeva způsobují larvy, dospělí brouci pak napadají další stromy nebo prvky. Nejvýznamnějším dřevokazným hmyzem jsou červotoči a tesaříci.

Červotoč proužkovaný je 4 mm dlouhý, vytváří chodby o průměru asi 2 mm. Napadá dřevěné prvky z vnitřní strany objektu. Pro výskyt je nutná vlhkost dřeva minimálně 12 %, ideální teplota je 22 °C, hraniční pak -17 °C a 46 °C. Červotoč proužkovaný napadá pouze jehličnaté dřevo.

Červotoč umrlčí je větší než červotoč proužkovaný, dosahuje délky 5 mm a vytváří chodby o průměru asi 3 mm. K výskytu potřebuje vlhkost minimálně 19 % a teplotu pod bodem mrazu. K úhynu dochází při teplotě 48 °C. Napadá jehličnaté i listnaté dřevo.



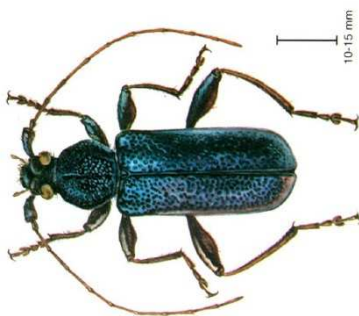
Obr. 9 Červotoč proužkovaný [22]



Obr. 10 Červotoč umrlčí [17]

Tesařík krovový vytváří otvory o průměru 6 – 10 mm, které jsou zaplněny drtí a výkaly. Samec dosahuje délky 7 – 17 mm, samička 12 – 22 mm. Napadá jen zabudované dřevěné konstrukční prvky nejčastěji větších rozměrů.

Tesařík fialový vytváří oválné otvory o rozměrech 3 x 4 mm. Dospělý hmyz dosahuje délky 10 – 15 mm. Pro tento druh tesaříka je typické plošné vyžírání podkorního dřeva a poté hluboké zavrtávání. Napadá rostoucí, čerstvě pokácené i zabudované dřevo. [7]



Obr. 11 Tesařík fialový [24]



Obr. 12 Tesařík krovový [23]

4.5 Fyzikální vlastnosti dřeva

4.5.1 Hustota

Hustota dřeva závisí na vlhkosti. Orientační hodnoty hustoty pro různé dřeviny při různých vlhkostech jsou uvedeny v *Tab. 1*.

Tab. 1 Orientační hodnoty hustoty dřeva [1]

	Hustota dřeva [kg/m ³]		
	Čerstvě vytěžené	Při vlhkosti 15 %	Při vlhkosti 0 %
Smrk	850	470	430
Jedle	850	450	410
Borovice	900	520	490
Modřín	800	590	550
Dub	920 – 1300	690	650
Buk	900 – 1240	720	680

4.5.2 Vlhkost

Vlhkost w je hmotnostní poměr vody obsažené ve vzorku ku vysušenému vzorku:

$$w = \frac{m_w - m_0}{m_0} [\%]$$

kde: m_w je hmotnost vzorku před vysušením

m_0 hmotnost vzorku po vysušení

Vlhkost ve dřevě se dá rozdělit na hygroskopicky vázanou vodu a volnou vodu.

Hygroskopicky vázaná voda je voda ve dřevě při vlhkosti do bodu nasycení (25% – 35%). Tato voda se nachází v buněčných stěnách a způsobuje objemové změny (bobtnání a sesychání).

Volná voda je voda ve dřevě při vlhkosti vyšší než bod nasycení. Tato voda se nachází mimo buněčné stěny a nezpůsobuje objemové změny.

Z důvodu anizotropní struktury dřeva dochází při sesychání k výrazným deformacím prvku, použití nevysušených nebo nedostatečně vysušených prvků tak může vést k nežádoucím jevům (Obr. 14).



Obr. 13 Různé druhy deformací řeziva při sesychání [1]

Změnu délky prvku při změně vlhkosti lze určit dle vzorce

$$\Delta b = b \cdot \Delta w \cdot \frac{\alpha}{100}$$

kde: Δb je změna délky

b původní délka

Δw změna vlhkosti

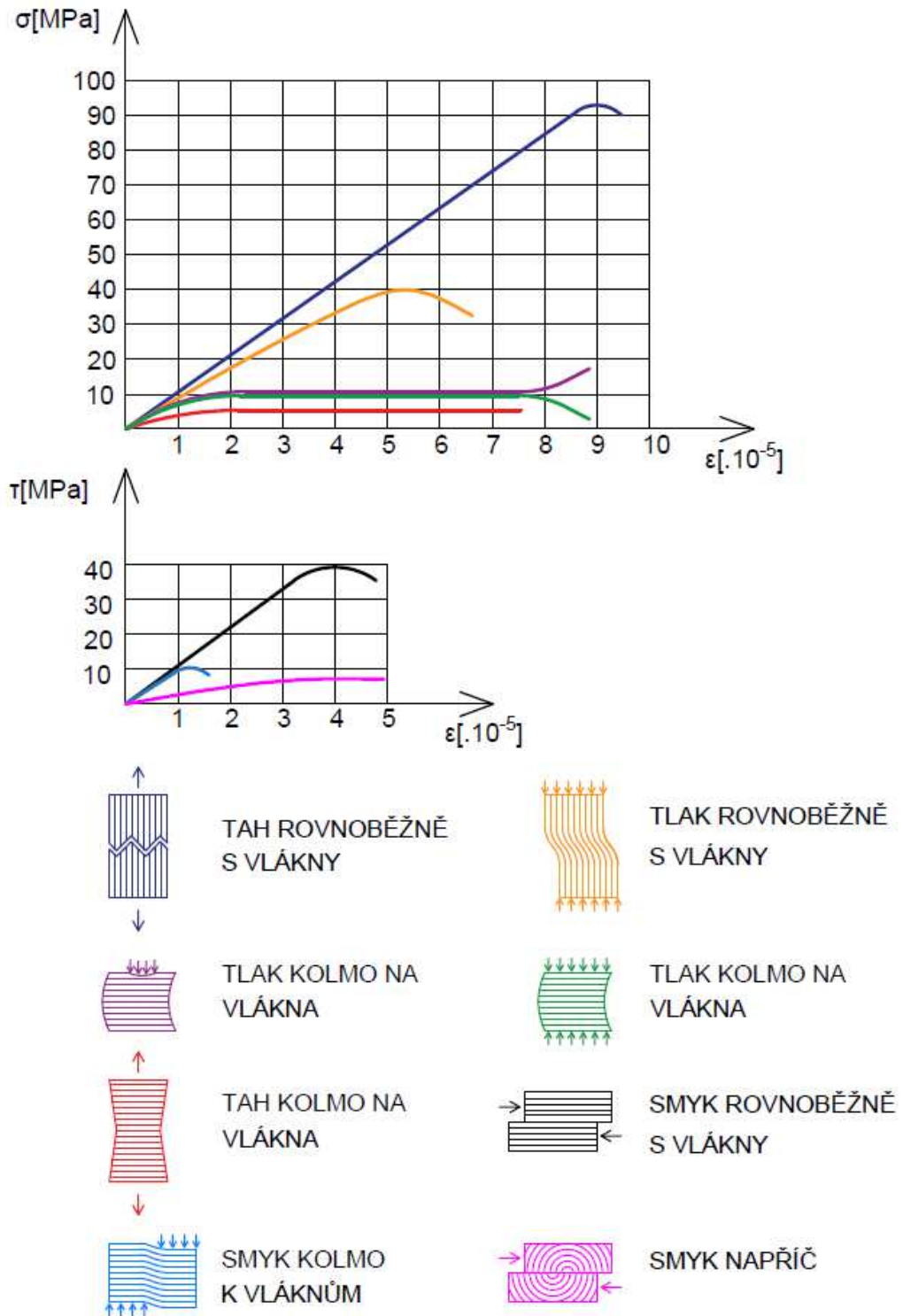
α součinitel deformace (Tab. 2)

Tab. 2 Průměrné hodnoty součinitele deformace α [1]

	Součinitel deformace α		
	Kolmo na vlákna		Rovnoběžně s vlákny
	Tangenciálně	Radiálně	
Jehličnany	0,24	0,12	0,01
Listnáče	0,40	0,20	0,00

4.6 Mechanické vlastnosti dřeva

Dřevo má rozdílné mechanické vlastnosti v různých směrech a při různém typu namáhání (Obr. 14).



Obr. 14 Ukázka rozdílných mechanických vlastností v závislosti na typu namáhání

Mechanické vlastnosti dále ovlivňují:

Vlhkost dřeva – Se zvyšující se vlhkostí až do bodu nasycení se zhoršují mechanické vlastnosti. Další nárůst vlhkosti již nemá podstatný vliv (*Tab. 3*).

Teplota dřeva – Se zvyšující se teplotou se zhoršují mechanické vlastnosti (*Tab. 3*).

Vady dřeva – Růstové vady, vady vzniklé při zpracování (výsušné trhliny) nebo biologické napadení dřeva (hniloba, napadení hmyzem) způsobují zhoršení mechanických vlastností.

Objemová hmotnost – Čím vyšší objemová hmotnost, tím lepší mechanické vlastnosti.

Konstrukční rozměr – Zvětšováním konstrukčních prvků se zhoršují mechanické vlastnosti.

Rychlost zatížení – Rychlejší zatížení konstrukce zvyšuje pevnost.

Délka zatížení – Dlouhodobé zatížení sníží pevnost dřeva až o 40 % krátkodobé pevnosti.

Tab. 3 Pevnost v tlaku dubového dřeva vyjádřena v procentech pevnosti při 0 °C a 0 % vlhkosti [11]

Teplota [°C]	Vlhkost [%]					
	0	10	15	30	45	60
25	92	60	47	31	31	31
45	85	50	39	25	24	24
60	79	43	32	19	20	19
80	73	33	24	13	13	12
100	66	24	15	7	6	6

5 Diagnostické metody pro hodnocení stavu dřevěných konstrukcí

5.1 Nedestruktivní diagnostické metody

Nedestruktivní zjišťování stavu konstrukcí je nejčastějším typem diagnostiky. Velkou výhodou je neinvazivní průběh zkoušek a z toho vyplývající jejich teoreticky neomezený počet. Významné je jejich použití především u historických dřevěných konstrukcí, kde je invazivní zkoušení velmi nežádoucí. Další výhodou je také cena, která je obvykle mnohonásobně nižší než u ostatních zkoušek. Přístroje používané pro nedestruktivní diagnostiku jsou obvykle malé a snadno transportovatelné, jejich použití je snadné a rychlé. Jejich výsledky bývají méně přesné, proto je vhodné tyto metody doplnit semi-destruktivními nebo destruktivními zkouškami. Mezi nedestruktivní metody řadíme *vizuální hodnocení, měření rychlosti šíření ultrazvukových vln a radiační metody*. [10]

5.1.1 Vizuelní hodnocení

Tato metoda je nejrozšířenějším typem hodnocení konstrukcí. Vizuelně lze zjistit typ konstrukce, druh použitého materiálu, vady a poruchy či případné předchozí opravy a zásahy do konstrukce. Slouží také k určení kritických míst, které je potřeba podrobněji diagnostikovat. Vizuelní hodnocení je závislé na odborném vzdělání a zkušenostech hodnotícího.

5.1.2 Měření rychlosti šíření ultrazvuku

Měření rychlosti šíření ultrazvuku je velmi rozšířenou metodou. Velkou výhodou této metody je jednoduchost měření a okamžité získání výsledků. Problém představují prvky větších rozměrů. Při velké vzdálenosti mezi sondami se z důvodu dosahu signálu používá nižších frekvencí, což má za následek méně přesné měření.

Principem této metody je měření rychlosti šíření ultrazvuku dřevěným prvkem. Nejčastěji se provádí měření pomocí dvou sond – budič a přijímač. Budič vydává ultrazvuk o frekvenci 20 – 500 kHz v závislosti na typu přístroje (např. Arborsonic Decay Detector, Sylvatest, Pundit, TICO).



Obr. 15 Příklad přístroje TICO

Rychlost průchodu ultrazvuku prvkem lze vypočítat podle vzorce:

$$v = \frac{l}{t}$$

kde v je rychlost průchodu ultrazvuku prvkem [m/s]

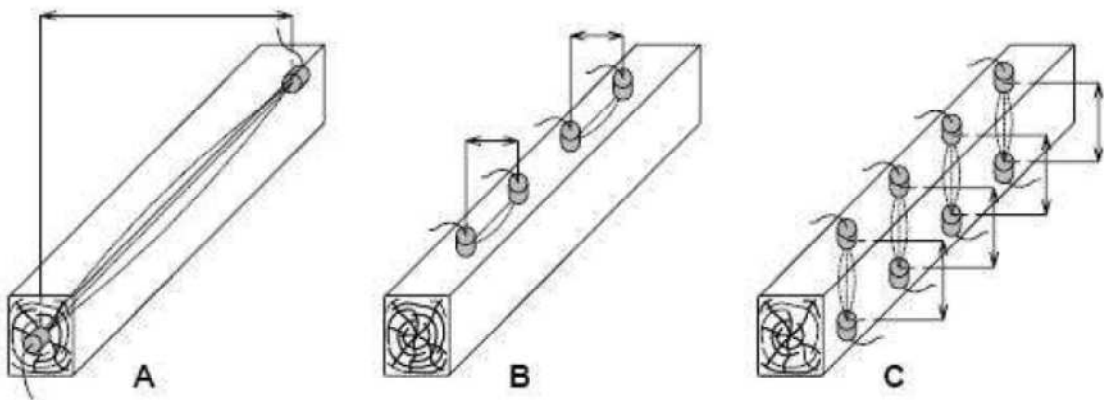
l délka prvku (vzdálenost sond) [m]

t čas průchodu ultrazvuku prvkem [s]

Pokud známe hustotu dřeva, lze získat hodnotu dynamického modulu pružnosti podle vzorce:

$$E_{dyn} = v^2 \cdot \rho$$

V závislosti na umístění sond rozlišujeme měření přímé a nepřímé (Obr. 16).



Obr. 16 Typy měření ultrazvukem: A – přímé měření podél vláken; B – nepřímé měření podél vláken; C – přímé měření kolmo na vlákna [6]

Rychlost ultrazvuku v dřevěném prvku ovlivňuje řada faktorů. Jedním z nejdůležitějších je orientace vláken. Rychlost ultrazvuku ve směru podél vláken se pohybuje v rozmezí 3500 – 5000 m/s, rychlost kolmo na vlákna 1000 – 1500 m/s. Při diagnostice in-situ je však měření ve směru vláken vzhledem k uspořádání prvků často nemožné.

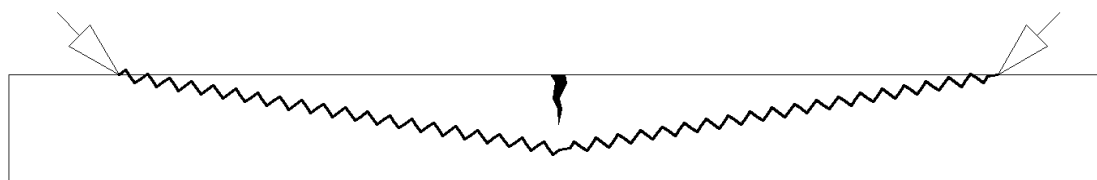
Dalším faktorem ovlivňující výsledek zkoušky je napadení hmyzem a hniloba, který snižuje rychlost prostupu ultrazvuku. Podle *Tab. 4* lze orientačně určit stupeň poškození dřevěného prvku při měření ultrazvukem kolmo na vlákna:

1 – slabé poškození; 2 – střední poškození; 3 – silné poškození; 4 – havarijní stav

Tab. 4 Orientační určení stupně poškození konstrukce při vlhkosti 12 % – 16 % [19]

Průměrná rychlost kolmo na vlákna [m/s]			
Stupeň poškození	Druh dřeva		
	smrk, jedle	borovice	dub
1	1260-1800	1160-1750	1640-2100
2	920-1260	840-1160	1180-1640
3	750-920	680-840	850-1180
4	500-750	500-680	600-850

Výskyt trhlin ve dřevě také významně ovlivňuje výsledek zkoušky. Vlnění buď trhlinou projde, což způsobí zpomalení, nebo trhlinu "obejde" v delší dráze. [19][20]



Obr. 17 Příklad průchodu ultrazvukové vlny prvkem s trhlinou nepřímým měřením

5.1.3 Radiační metody

Tyto metody fungují na principu ionizujícího záření. Nabízejí zcela nedestruktivní zjišťování některých vlastností materiálu, ovšem za cenu náročnějších bezpečnostních opatření. Mezi radiační metody patří radiometrie a radiografie.

Radiometrie

Radiometrie funguje na principu *zeslabení* nebo *rozptylu gama záření* během průchodu zkoušeným materiálem. Jako zářič se používá např. Cesium 137. Pomocí radiometrické metody lze zjistit objemovou hmotnost a vlhkost zkoušeného vzorku. Radiometrie je využíváno v případech, kdy jsou tradiční metody méně výhodné, nebo dokonce nemožné. Především má tedy využití u historických konstrukcí, kde je výhodnější zajistit přísnější bezpečnostní podmínky a případně vyšší cenu, než poničení historicky cenného prvku. Pro vyhodnocení zkoušky je zapotřebí kalibrační křivky, která slouží k převedení údajů z přístroje (počet impulsů za čas) na objemovou hmotnost. U moderních přístrojů je možnost naprogramování kalibrační křivky a tudíž přímé hodnoty objemové hmotnosti.

Metoda zeslabení gama záření funguje na principu zeslabení záření při průchodu materiálem v závislosti na objemové hmotnosti materiálu. Podmínkou je umístění zářiče přesně v protilehlé poloze proti přijímači.

Metoda rozptylu gama záření zaznamenává pouze rozptyl záření (tzv. Comptonový efekt). Zářič i přijímač je umístěn na stejné straně prvku, vzájemně jsou odděleny stínícím materiálem s velmi vysokou hustotou. [10]

Radiografie

Radiografie funguje na podobném principu jako radiometrie (zeslabení a rozptyl záření v závislosti na objemové hmotnosti) s tím rozdílem, že výsledek je plošně graficky zaznamenáván na radiografickém filmu, nebo moderněji na záznamové fólie (vícenásobné použití). V závislosti na intenzitě záření dochází ke zčernání filmu. Zdravé dřevo s vyšší objemovou hmotností pohltí a rozptýlí větší množství záření a způsobí menší zčernání filmu, u poškozeného dřeva je efekt opačný. Výsledkem je tedy snímek, na kterém je zřetelně vidět struktura, vady a poruchy prvku. [10]

5.2 Semi-destruktivní diagnostické metody

Za semi-destruktivní metody považujeme zkoušky, při kterých dojde k velmi malému a konstrukčně nezávadnému poškození prvku. Řadíme mezi ně *Odporové zarážení trnu*, *Odporové vrtání*, *Zkoušení radiálních vývrtů*, *Zkoušení tahových mikrovzorků* a *Endoskopie*.

5.2.1 Odporové zarážení trnu

Nejpoužívanějším přístrojem na principu zarážení trnu je Pilodyn 6J Forest, kterým při konstantní práci 6 J zarážíme trn s průměrem 2,5 mm do dřeva. Podle hloubky zaražení trnu (konstrukcí přístroje omezeno na 40 mm) lze určit hustotu dřeva a odhadnout rozklad a biotické poškození. Tato zkouška často doplňuje ultrazvukové měření objemové hmotnosti. Je důležité si uvědomit, že vzhledem k hloubce zaražení se jedná v podstatě o povrchové měření. Při měření Pilodynem je velmi důležité, aby penetrace probíhala v radiálním směru z důvodu střídání letokruhů. Při nedodržení této podmínky mohou být výsledky značně zkresleny. Výsledky významně ovlivňuje vlhkost, proto je před každým měřením nutné dělat korelaci vlhkosti. [10]



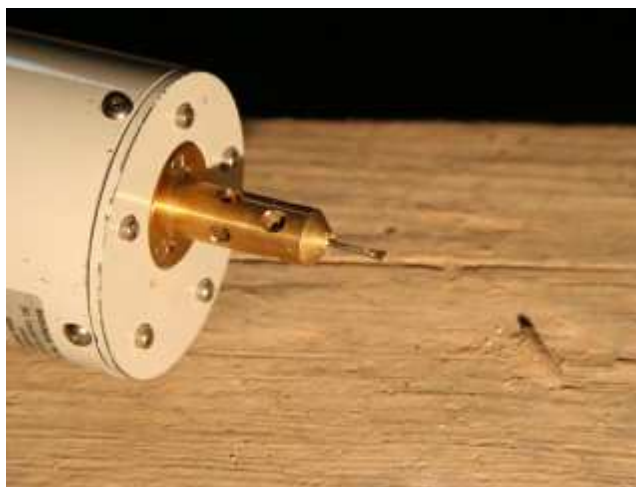
Obr. 18 Pilodyn 6J



Obr. 19 Provádění zkoušky odporového zarážení trnu

5.2.2 Odporové vrtání

Metoda odporového vrtání funguje na principu měření spotřebované energie při konstantní rychlosti vrtání dřevem. Často používaná je mikrovrtáčka Resistograph, která má dřík vrtáku o průměru 1,5 mm a špičku o průměru 3,0 mm. Vzhledem k principu zkoušky má vrtáčka dva motory, jeden zajišťující konstantní posun a druhý zajišťující konstantní otáčky. Spotřebovaná energie závisí na kvalitě (hustotě) materiálu, kterým prochází. Změny tedy nastávají nejen při průchodu poškozeným materiálem, ale také při změně letokruhů. Výstupem zkoušky je grafický záznam udávající odpor dřeva v průběhu vrtání, tzv. dendogram. Zatím co odporové zarážení trnu vypovídá pouze o povrchových vlastnostech prvku, odporové vrtání vypovídá o stavu prvku v celé své tloušťce. Vzhledem k lokální povaze zkoušky je vhodné provést více vrtů, nebo zkoušku doplnit jiným druhem diagnostiky. [10][20]



Obr. 20 Vrták Resistographu [20]

5.2.3 Zkoušení radiálních vývrtů

Tato metoda se řadí mezi semi-destruktivní metody z důvodu odběru velmi malých vzorků. Průměr takového vývrtu je 4,8 mm (vzniklý otvor o průměru 10mm). Je velmi důležité při odběru dodržet přesně radiální směr. Vzorek by měl být odebrán ze zdravé části prvku a z důvodu střídání letokruhů (různé vlastnosti dřeva) by měl mít délku minimálně 20 mm. K odebírání vzorku se používá speciální vrták upevněný do elektrické nebo ruční vrtáčky. Vrták by měl být před odběrem vzorku čistý a ostrý, jinak může dojít k deformaci vzorku a vizuálně se může vzorek jevit jako shnilý nebo jinak poškozený.

Vzorky se zkoušejí destruktivně v laboratoři na pevnost v tlaku ve směru vláken. K tomu slouží zařízení, které se skládá ze dvou čelistí, jenž v sobě mají drážku pro zkoušený vývrt. Po vložení vzorku mezi čelisti je mezi čelistmi mezera, dochází k

zatěžování rovnoběžně s vlákny a deformaci vzorku. K monitorování deformací se používají dva lineárně proměnné snímače. Výsledkem je diagram závislosti působící síly a deformace. Výslednou pevnost vzorku lze určit podle vzorce:

$$f_c = \frac{F_{max}}{l \cdot d}$$

kde: f_c je tlaková pevnost [MPa]

F_{max} maximální působící tlaková síla (zlomový bod na křivce diagramu)

l délka vzorku [mm]

d průměr vzorku

Z radiálních vývrtů lze také zjistit vlhkost nebo objemovou hmotnost. V kombinaci s ultrazvukovým měřením lze tedy určit dynamický model pružnosti a to za cenu minimálního poškození. Otvor vzniklý po odebrání vzorku by měl být zazátkován z důvodu ochrany proti vniku vlhkosti, škůdců, tvorby hniloby nebo z estetických důvodů. [20]



Obr. 21 Odebírání radiálního vývrtu [20]



Obr. 22 Zatěžovací zkouška radiálního vývrtu [20]

5.2.4 Hodnocení stavu podle pilin

Při semi-destruktivních zkouškách, u kterých dochází k vrtání (radiální vývrty, endoskopie), je vhodné během vrtání pozorovat barvu pilin. Na základě změny barvy a struktury pilin v průběhu vrtání lze určit míru i hloubku poškození zejména hnilobou.



Obr. 23 Vrty s různou kvalitou pilin [5]

Stav prvku podle pilin lze určit pomocí následujícího hodnocení:

- A** – Piliny kolem vývrty jsou celistvé, odpovídají barvě zdravé dřeviny, je na nich zřetelně čitelná struktura dřeva a nenesou žádné znaky napadení biotickými škůdci. Takovéto prvky lze považovat za zcela zdravé.
- B** – Piliny kolem vývrty jsou kratší, avšak celistvé, barva odpovídá zdravé dřevině s čitelnou texturou dřeva. Jen v malém množství lze pozorovat změny barvy nebo otvory dřevokazného hmyzu. Takovéto prvky jsou v dobrém stavu s malým biotickým poškozením.
- C** – Piliny kolem vrtu jsou malé a barva neodpovídá zdravému dřevu. Takovéto prvky jsou výrazněji poškozeny biotickými vlivy.
- D** – Piliny kolem vrtu jsou drobné až prachovité a zbarvení oproti zdravému dřevu je velmi výrazné. Takovéto prvky jsou velmi výrazně poškozeny biotickými vlivy, jejich mechanické vlastnosti jsou výrazně sníženy a jejich stav lze označit za havarijní. [5]

5.2.5 Zkoušení tahových mikrovzorků

Vzorky pro zkoušení se získávají pomocí dvou řezů okružní pilky pod úhlem 45°. Vzniklé vzorky jsou tedy trojúhelníkového průřezu, přičemž vzájemně kolmé strany by měly být délky 5 – 8 mm a neměly by obsahovat žádné růstové vady (např. suky). Před samotnou zkouškou se vzorek upraví tak, aby měl ve středové části průřezovou plochu 8 – 12 mm². Pro snadné uchycení vzorku do zatěžovacího stroje se na oba konce přilepí dřevěné bloky. Zkouška se provádí v klasickém "trhacím" stroji až do porušení vzorku. Při zkoušce se zjišťuje modul pružnosti a pevnost v tahu. Tahovou pevnost lze vypočítat podle vztahu:

$$f_c = \frac{F_{max}}{\frac{1}{2} \cdot b \cdot h^2}$$

kde: f_c je tahová pevnost [MPa]

F_{max} maximální působící tahová síla [N]

b přepona trojúhelníkové lišty [mm]

h výška trojúhelníkové lišty [mm]



Obr. 24 Tahové mikrovzorky [10]



Obr. 25 Příprava tahových mikrovzorků [10]

Pevnost v tahu a pevnost v ohybu je u dřeva velmi podobná a lze ji zjednodušeně považovat za stejnou, proto je výsledek této zkoušky vhodný pro posouzení prvků namáhaných ohybem. Realizace této zkoušky může představovat problém u historických konstrukcí, protože zanechává poměrně značnou rýhu na povrchu konstrukce. [10]

5.2.6 Endoskopie

V podstatě se jedná o typ vizuálního hodnocení. U klasické vizuální diagnostiky jsme limitováni dostupností ke konstrukci (obložená konstrukce, pohledy atd.). V takových případech lze využít endoskopii. Do nepřístupné oblasti je zasouván bovden s kamerou a na displeji je možné sledovat typ a stav konstrukce. Dnešní endoskopy jsou vybaveny osvětlením a často i zařízením pro odběr vzorků. Mezi semi-destruktivní metody se endoskopie řadí proto, že je často nutné připravit otvor o průměru 10–12 mm pro zasunutí endoskopu. [10]

5.3 Destruktivní diagnostické metody

Destruktivní zkoušení se provádí na vzorcích bez vad (suky, praskliny atd.) a s příčnými rozměry 150mm. Značný vliv na výsledky destruktivních zkoušek má vlhkost. Pomocí destruktivních zkoušek zjišťujeme především fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. [4]

5.3.1 Zkouška pevnosti dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

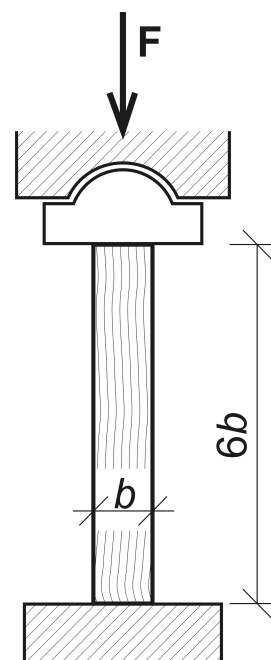
Zkušební tělesa pro zkoušku pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny se připravují tak, aby výška prvku byla 6-ti násobkem menší šířky podstavy. Tělesa jsou klimatizována do konstantní hmotnosti v prostředí s teplotou $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ a relativní vlhkostí $(65 \pm 5) \%$. Zkouška se provádí v lise opatřeném kulovým kloubem. Těleso zatěžíme konstantní rychlostí až do porušení. [3]

Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny $f_{c,0}$ lze určit dle vzorce:

$$f_{c,0} = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{a \cdot b}$$

kde: F_{max} je maximální působící síla [N]

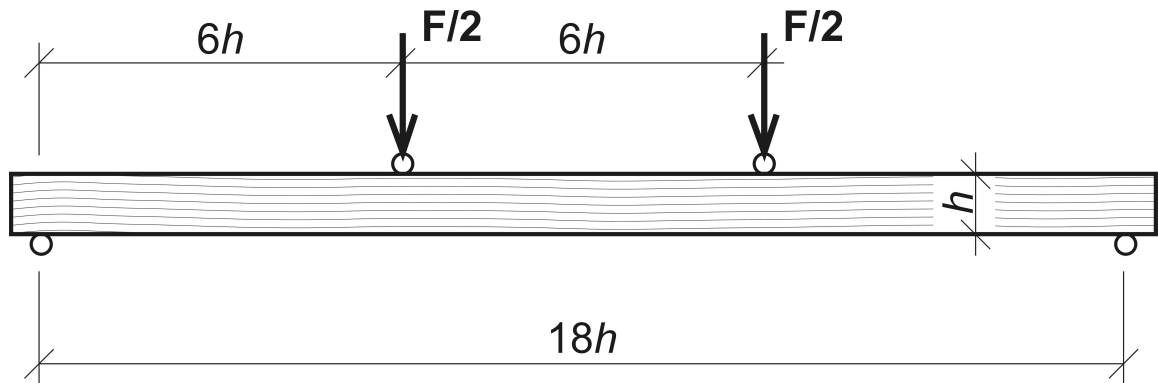
a, b příčné rozměry tělesa [mm]



Obr. 26 Schéma zkoušky pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny [3]

5.3.2 Zkouška pevnosti dřeva v ohybu

Zkoušený prvek je namáhán čtyřbodovým ohybem. Podpory jsou umístěny ve vzdálenosti 18-ti výšek prvku. Břemena jsou umístěna symetricky ve třetinách rozpětí podpor a zatěžují prvek konstantní rychlostí až do porušení. [3]



Obr. 27 Schéma zkoušky pevnosti v ohybu [3]

Pevnost v ohybu f_m lze určit dle vzorce:

$$f_m = \frac{M}{W} = \frac{\frac{F_{max}}{2} \cdot a}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2}$$

- kde: M je působící ohybový moment [Nmm]
W průřezový modul zkoušeného prvku [mm³]
 F_{max} maximální působící síla [N]
 h, b příčné rozměry tělesa [mm]
 $a = 6 \cdot h$ vzdálenost mezi břemenem a bližší podporou [mm]

Nedestruktivní zkoušení je pouze orientační a mělo by být vždy doplněno průkaznou destruktivní zkouškou dle ČSN EN 384 „Konstrukční dřevo – Stanovení charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty“ a ČSN EN 408 „Dřevěné konstrukce – Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností“. [6]

6 Diagnostika dřevěného trámu

Praktická část mé bakalářské práce je zaměřena na zjištění míry poškození a ověření mechanických vlastností zkoumaného dřevěného prvku.

Prvek byl odebrán ze stodoly v obci Huslenky, okres Vsetín. Konstruktivně se jedná o roubenou stavbu z roku 1914. Zkoušení mělo probíhat in-situ, ale vzhledem k faktu, že je objekt určen k demolici, byl prvek převezen do laboratoře Ústavu stavebního zkušebnictví Vysokého učení technického v Brně.

Trám měl délku 960 mm, příčné rozměry 180 mm a 220 mm a byl jen částečně hrubě opracován.



Obr. 28 Místo odebrání prvku v konstrukci

6.1 Vizualní hodnocení prvku

6.1.1 Určení druh dřeviny

Jelikož byl trám zabudován více než 100 let, byl jeho povrch znečištěn a zbarven. Z tohoto důvodu by bylo velmi obtížné určit druh dřeviny prvku zabudovaného v konstrukci pouze vizuálně. V mém případě byl však na prvku čerstvý řez. Velmi světlé dřevo, zřetelné přechody mezi letokruhy a kůra, která na některých částech prvku stále byla, značí, že se s největší pravděpodobností jedná o smrkové dřevo.



Obr. 29 Čerstvý řez na prvku

6.1.2 Abiotické poškození

Nejvýraznějším abiotickým poškozením jsou rozsáhlé podélné trhliny, které se nacházejí po celé délce prvku. V prvku se nacházelo velké množství zdravých suků různých velikostí.



Obr. 30 Viditelné abiotické poškození prvku

6.1.3 Biotické poškození

Na povrchu prvku bylo viditelné výrazné poškození hmyzem. Podle výletových otvorů se jednalo o nejméně dva druhy, a to pravděpodobně tesařík a červotoč. Poškození hnilobou vizuálním hodnocením zjištěno nebylo.



Obr. 31 Viditelné poškození prvku hmyzem

6.2 Měření rychlosti prostupu ultrazvuku prvkem

Pro měření ultrazvukem byly na trám vyneseny body měření. Podélně byly vyneseny body po 100 mm a příčně osy A-A' a B-B'. Celkově bylo naplánováno 16 měření, aby byl zjištěn stav prvku po celé délce v obou osách.



Obr. 32 Podélné rozdělení prvku



Obr. 33 Příčné rozdělení prvku

K měření byl použit přístroj TICO a sondy o frekvencích 54 kHz, 84 kHz a 150 kHz. Byla provedena měření ve čtyřech bodech, ani jedno však nepřineslo výsledek. Postupně byly použity sondy o všech dostupných frekvencích, vždy byl však ultrazvuk utlumen a rychlost prostupu ultrazvuku tedy nemohla být změřena.

Z důvodu neúspěšného měření hlavní diagnostické metody mé bakalářské práce byly zvoleny alternativní metody.

6.3 Hodnocení stavu prvku pomocí pilin

Pro určení stavu dřeva uvnitř prvku byla použita semi-destruktivní metodu hodnocení podle pilin. Byly provedeny čtyři vrty po 200 mm do hloubky 120 mm. Hloubka byla zvolena tak, aby vrt zasahoval nejméně do poloviny tloušťky prvku.



Obr. 34 Vrty provedené na prvku



Obr. 36 Detail vrtu



Obr. 35 Provádění vrtů

Barva pilin byla ve všech vrtech světlá, piliny měly zřetelnou strukturu dřeva a během vrtání se jejich kvalita neměnila. Některé piliny nesly známky napadení hmyzem, toto poškození však bylo určeno již při vizuálním hodnocení. Ze systému hodnocení v kapitole 5.2.4 *Hodnocení stavu podle pilin* lze prvek zařadit do kategorie *B – prvky v dobrém stavu s malým biotickým poškozením*.

Pomocí této metody nebylo možno určit hloubku napadení prvku hmyzem.

6.4 Endoskopické hodnocení prvku

Otvory po vrtání v předchozí zkoušce byly využity pro endoskopii. Byl použit endoskop Everest VIT s osvětlením bez záznamového zařízení. Po prohlídce všech čtyř otvorů bylo zjištěno poškození hmyzem do hloubky asi 30 – 40 mm. Žádné jiné vady nebyly endoskopem zjištěny.



Obr. 37 Endoskop Everest VIT



Obr. 38 Endoskopické hodnocení prvku

6.5 Stanovení vlhkosti prvku váhovou metodou

Prvek byl za rovnovážné vlhkosti zvážen ($m_w=13,101$ kg) a vysušen při teplotě $(103\pm 2)^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti. Po vysušení byl prvek opět zvážen ($m_0=12,051$ kg) a podle níže uvedeného vzorce byla vypočtena vlhkost w .

$$w = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100 = \frac{13,101 - 12,051}{12,051} \cdot 100 = 8,71 \%$$

Vlhkost prvku před vysušením byla 8,71 %.

6.6 Příprava vzorků na destruktivní zkoušení

Abychom dosáhli dostatečného počtu vzorků, rozhodli jsme se vzhledem k poškození trámu připravit prvky o rozměrech podstavy 18 mm x 18 mm a výšce 100mm. Vzhledem k velikosti prvku jsme byli nuceni pro řezání použít kotoučovou i pásovou pilu, vzniklý povrch byl nerovný a musel být ohoblován.



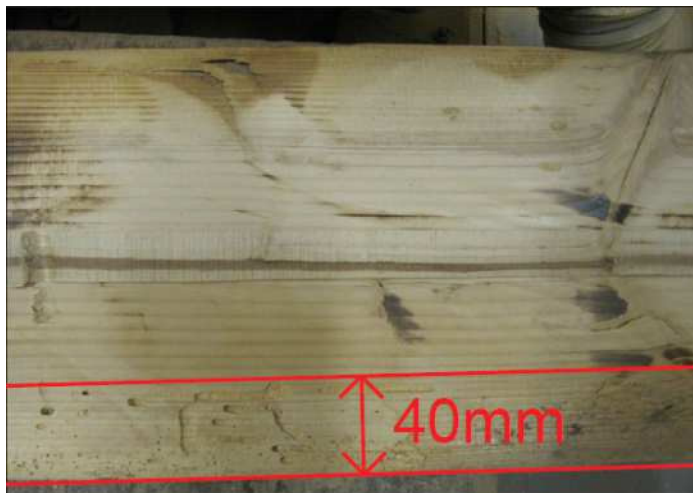
Obr. 40 Řezání na kotoučové pile



Obr. 39 Řezání na pásové pile

6.6.1 Ověření hloubky napadení prvku dřevokazným hmyzem

Po podélném rozříznutí prvku byla ověřena hloubka napadení hmyzem. Přímou změřená hloubka napadení byla 40 mm, což odpovídá hloubce zjištěné pomocí endoskopického hodnocení.



Obr. 41 Znárodná hloubka napadení hmyzem

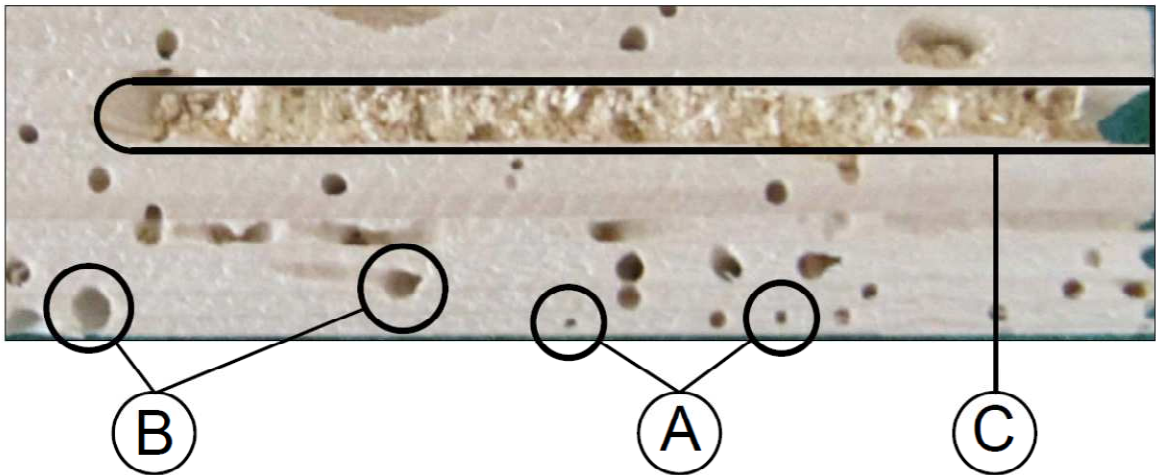
6.6.2 Určení druhů dřevokazného hmyzu

Hrubý odhad druhů dřevokazného hmyzu proběhl již při vizuálním hodnocení. Během přípravy zkušebních vzorků nebyly nalezeny žádné larvy ani dospělý hmyz, není tedy možné určit druh hmyzu s naprostou jistotou. Jednotlivé druhy hmyzu lze tak alespoň odhadnout na základě velikosti a tvaru otvorů ve dřevě (Obr. 43).

A – Otvory o průměru 1,5 mm – 2 mm odpovídají otvorům, které vytvářejí larvy červotoče proužkovaného.

B – Otvory o průměru 3 mm – 3,5 mm odpovídají otvorům, které vytvářejí larvy červotoče umrlčího.

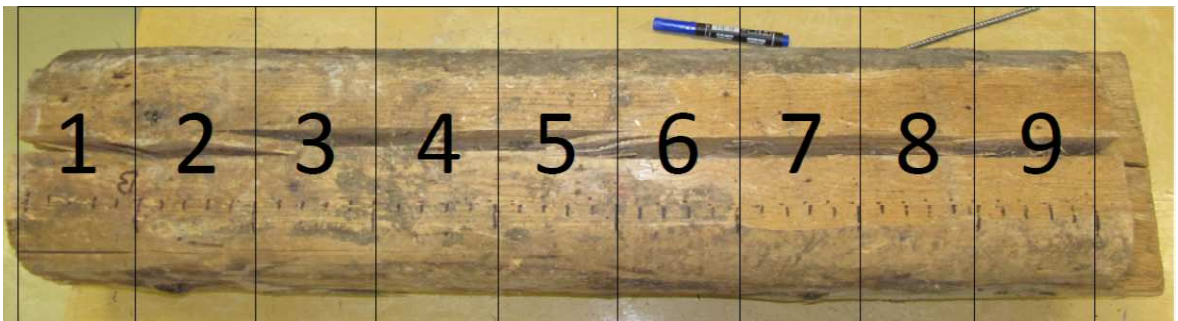
C – Otvory o průměru 8 mm – 9 mm vyplněné drtí odpovídají otvorům, které vytvářejí larvy tesaříka krovového.



Obr. 42 Vyznačení různých typů otvorů ve vzorku s přiřazením k druhu dřevokazného hmyzu

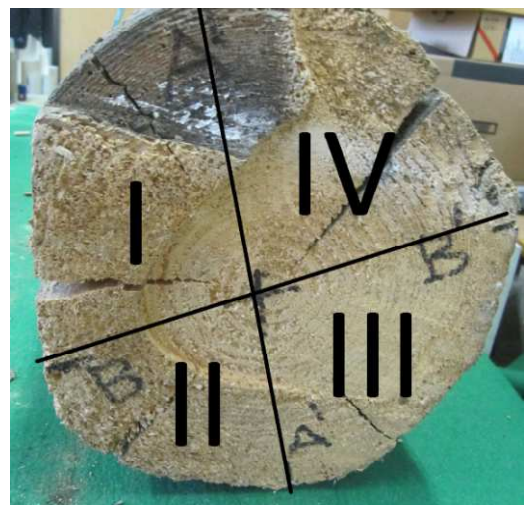
6.6.3 Značení zkušebních vzorků dle polohy na trámu

Podélně byl trám rozdělen po 100 mm a jednotlivé vzorky byly označeny podle polohy čísly 1 – 9 (Obr. 44).



Obr. 43 Podélné rozdělení prvku

K příčnému rozdělení prvku byly využity osy pro měření rychlosti průchodu ultrazvukových vln. Trám byl pomocí těchto os rozdělen na kvadranty I – IV (Obr. 45).



Obr. 44 Příčné rozdělení prvku

6.6.4 Určení stupně poškození vzorků dřevokazným hmyzem

Pro zohlednění míry poškození dřevokazným hmyzem jsme zvolili následující hodnotící systém, který obsahuje čtyři stupně:

0 – vzorek není poškozen dřevokazným hmyzem

1 – vzorek je lehce poškozen dřevokazným hmyzem

2 – vzorek je významně poškozen dřevokazným hmyzem

3 – vzorek je velmi výrazně poškozen dřevokazným hmyzem

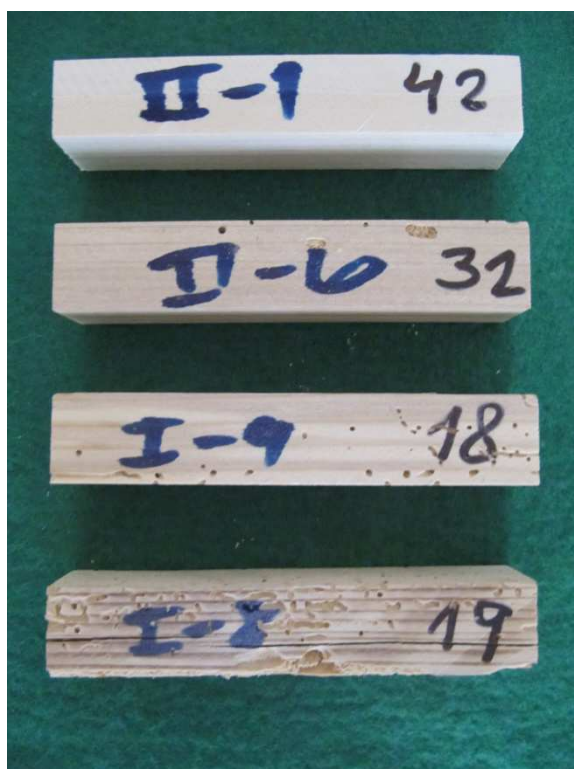
Každý vzorek byl vizuálně ohodnocen výše uvedeným systémem. Na *Obr. 45* jsou pro ukázkou čtyři zkušební vzorky s různými stupni poškození:

Vzorek 42 – stupeň poškození 0

Vzorek 32 – stupeň poškození 1

Vzorek 18 – stupeň poškození 2

Vzorek 19 – stupeň poškození 3



Obr. 45 Příklad vzorků s různými stupni poškození dřevokazným hmyzem

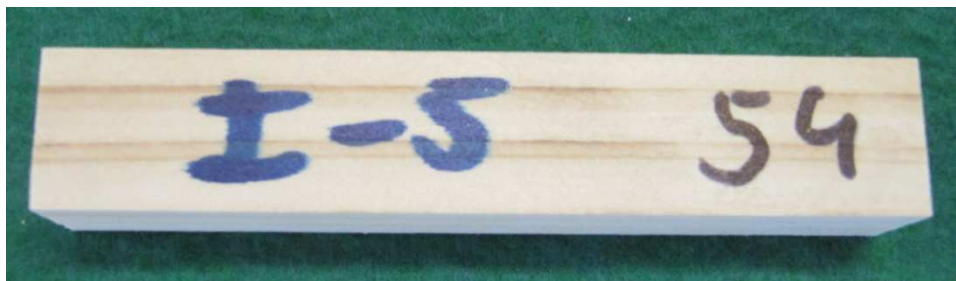
6.6.5 Unikátní označení jednotlivých zkušebních vzorků

Celkově bylo vytvořeno 349 vzorků (Obr. 47). Každý vzorek dostal v rámci svého kvadrantu své unikátní číslo. Číslování probíhalo náhodně od 0 do n , kde n je počet zkušebních vzorků z daného kvadrantu. Na Obr. 46 je ukázka celkového značení zkušebního vzorku. Význam značení:

I – prvek pochází z kvadrantu I

5 – vzorek byl 5. v podélném řazení trámu

54 – vzorek byl označen unikátním číslem 54 v kvadrantu I



Obr. 46 Příklad značení zkušebních vzorků



Obr. 47 Přehled zkušebních vzorků získaných z trámu

6.6.6 Zjištění vlhkosti zkušebních vzorků váhovou metodou

Zkušební vzorky byly vysušeny při teplotě $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ do konstantní hmotnosti a následně změřeny posuvným měřidlem a zváženy. Poté byly vzorky uloženy v laboratoři v prostředí s přirozenou vlhkostí a teplotou. Po ustálení hmotnosti zkušebních vzorků opět proběhlo měření a vážení. Z důvodu vypadávání drtě ze vzorků během manipulace probíhalo druhé měření a vážení pouze na vzorcích nepoškozených dřevokazným hmyzem. Pokud bychom vážili všechny vzorky, hrozilo by zkreslení výsledků.

Vlhkost byla zjištěna váhovou metodou na vzorcích nepoškozených dřevokazným hmyzem jako průměr vlhkostí prvků v jednotlivých kvadrantech:

$$w = \frac{w_I + w_{II} + w_{III} + w_{IV}}{4} = \frac{3,02 + 3,26 + 3,69 + 3,53}{4} = 3,38 \%$$

kde: w je průměrná vlhkost všech zkušebních vzorků

w_I průměrná vlhkost vzorků v kvadrantu I

w_{II} průměrná vlhkost vzorků v kvadrantu II

w_{III} průměrná vlhkost vzorků v kvadrantu III

w_{IV} průměrná vlhkost vzorků v kvadrantu IV

Průměrná vlhkost vzorků byla stanovena na 3,38 %.

6.7 Zkouška vzorků na pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

Zkoušení probíhalo v lisu s kulovým kloubem (*Obr. 48*) dle postupu uvedeného v kapitole 5.3.1 *Zkouška pevnosti dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny*. Při zkoušení byly zaznamenány maximální hodnoty působící síly. Rozsah stupnice musel být pro naše potřeby upraven, odečtená hodnota tedy neodpovídala skutečné působící síle. Tu lze získat přepočtem dle vztahu:

$$F_{skut.} = 2 \cdot F_{odeč.}$$

kde: $F_{skut.}$ je skutečná maximální síla

$F_{odeč.}$ odečtená maximální síla



Obr. 48 Zkoušení vzorku na pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

6.8 Stanovení pevnosti dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny byla vypočtena dle vzorce:

$$f_{c,0} = \frac{F_{skut.}}{A}$$

kde: f_c je vypočtená pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
 $F_{skut.}$ skutečná maximální síla
 A plocha podstavy vzorku

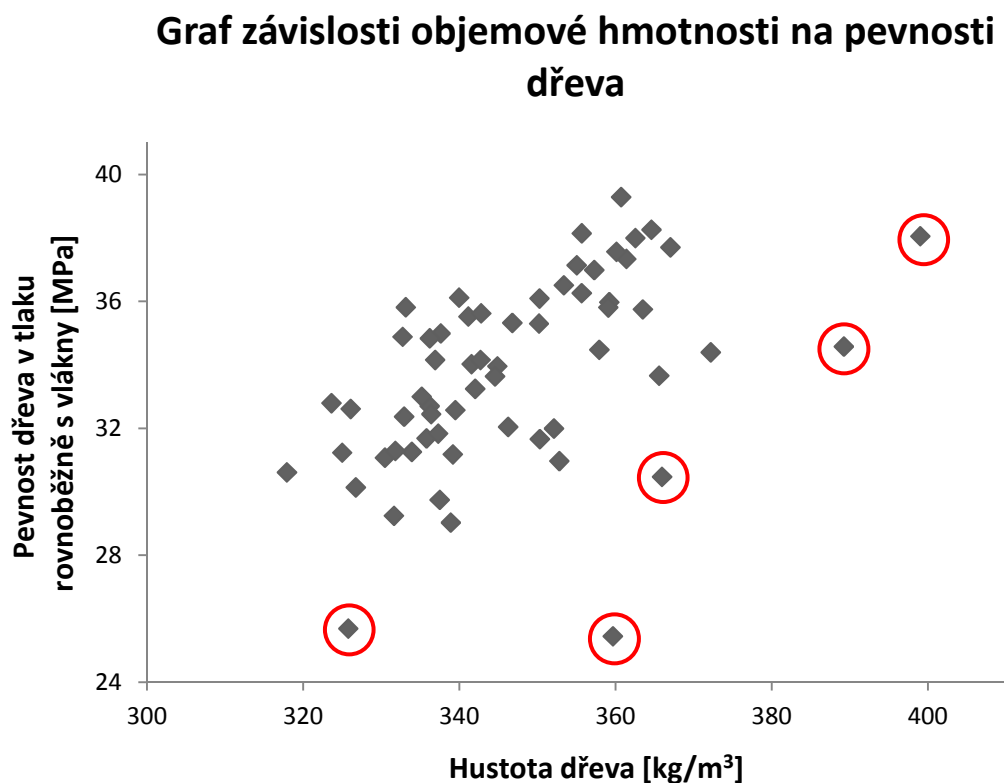
Jelikož vzorky nebyly klimatizovány ve standardním prostředí s teplotou $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ a relativní vlhkostí $(65 \pm 5) \%$, je nutné vypočtenou pevnost přepočítat dle vztahu:

$$f_{c,0,12} = f_{c,0}[1 + \alpha \cdot (w - 12)]$$

kde: $f_{c,0,12}$ je pevnost v tlaku přepočítaná pro vlhkost 12 %
 $f_{c,0}$ vypočtená pevnost v tlaku pro vlhkost při zkoušce
 α opravný vlhkovostní koeficient = 0,04 (ČSN 49 0110)
 w vlhkost vzorku při zkoušce

6.9 Závislost hustoty na pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny

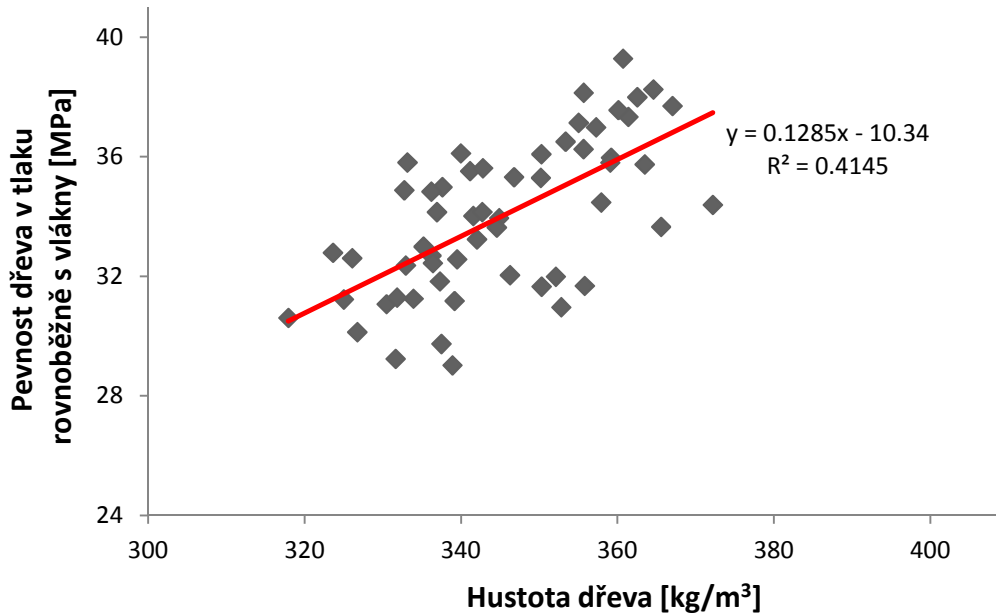
Pro vyjádření této závislosti se počítalo pouze s bezvadnými vzorky. Suk ve vzorku nesnižuje jeho hustotu a přitom výrazně zhoršuje jeho pevnost z důvodu odklonu vláken, což by mohlo zásadně ovlivnit tento výstup. Závislost hustoty vzorků na jejich pevnosti je patrná z *Grafu 1*.



Graf 1 Závislost hustoty na pevnosti dřeva s vyznačenými odlehlými body měření

Pokud z *Grafu 1* odstraníme odlehlé body, je mezi hustotou a pevností patrná lineární závislost (*Graf 2*).

Graf závislosti objemové hmotnosti na pevnosti dřeva (bez odlehlých bodů měření)



Graf 2 Závislost hustoty na pevnosti dřeva s lineární regresí

Hodnota koeficientu determinace provedené lineární regrese $R^2=0,4145$ značí nižší až střední stupeň lineární závislosti. Vyzkoušeny byly také jiné závislosti (exponenciální, logaritmická, mocninná), bylo však prokázáno, že body je nejvhodnější proložit přímkou.

6.10 Závislost pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny na vadách a poškození vzorků

Jelikož jsme během přípravy vzorků hodnotili přítomnost suků a míru poškození dřevokazným hmyzem, lze vyjádřit jejich vliv na pevnost vzorku. Měření a vážení těsně před zkouškou proběhlo jen u prvků bez napadení hmyzem, nelze tedy určit správnou hodnotu pevnosti dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,12}$. Za předpokladu stejné vlhkosti a bobtnání u všech prvků ji lze však poměrově vyjádřit.

Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny byla vypočtena dle vzorce:

$$f_{c,0} = \frac{F_{skut.}}{A'}$$

kde: $f_{c,0}$ je vypočtená pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$F_{skut.}$ skutečná maximální síla

A' plocha podstavy vysušeného vzorku

Vzorky byly podle výskytu suků a poškození hmyzem do čtyř skupin:

1 – vzorky bez suků s minimálním poškozením hmyzem (stupně 0; 1)

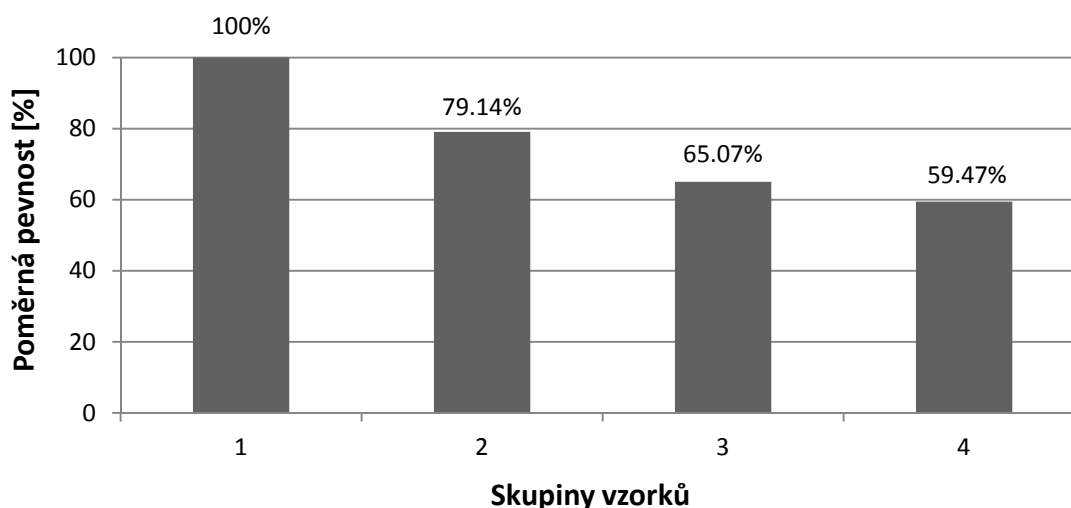
2 – vzorky se suků s minimálním poškozením hmyzem (stupně 0; 1)

3 – vzorky bez suků s výrazným poškozením hmyzem (stupně 2; 3)

4 – vzorky se suků s výrazným poškozením hmyzem (stupně 2; 3)

Vypočtená pevnost prvků neodpovídá skutečné pevnosti. Z tohoto důvodu bylo zvoleno poměrové vyjádření této závislosti. Sto procent pevnosti vyjadřuje průměrná pevnost kvalitních prvků s minimálním poškozením hmyzem a bez suků. Na *Grafu 3* je patrné procentuální snížení pevnosti podle míry a druhu poškození.

Závislost vad a poškození na pevnosti



Graf 3 Závislost vad a poškození na pevnosti

Suky ve vzorcích snížily jejich pevnost zhruba o 21 % a výrazné poškozením hmyzem o 35 %. Kombinace obou faktorů pak dokonce o více než 40 %. Ačkoliv otvory po napadení dřevokazným hmyzem nezpůsobují odklon vláken, při silném napadení oslabí prvek natolik, že sníží pevnost více, než suky.

7 Závěr

Cílem teoretické části této práce bylo vypracovat metodiku průzkumu dřevěných konstrukcí krovu a přehled diagnostických metod pro hodnocení stavu dřevěné konstrukce in-situ. Teoretická část mé bakalářské práce sloužila jako podklad pro zpracování části praktické.

Cílem praktické části bylo stanovit míru poškození a ověřit materiálové charakteristiky u konkrétního prvku dřevěné konstrukce. Dále zpracovat a zhodnotit výsledky experimentu se zaměřením na porovnání výsledků metody měření rychlosti šíření ultrazvukových vln a vybraných fyzikálních a mechanických vlastností dřeva z konstrukce. Vizuelní hodnocení odhalilo nemalé biotické i nebiotické poškození. Při zkoušce měření rychlosti průchodu ultrazvukových vln se kombinací trhlin, otvorů dřevokazného hmyzu a nerovného povrchu nepodařilo naměřit žádné hodnoty. Jako alternativa byly zvoleny semi-destruktivní metody hodnocení stavu podle pilin a endoskopie. Míra napadení biotickými škůdci, zjištěna předešlými zkouškami, byla potvrzena při přípravě zkušebních vzorků. Během přípravy vzorků byly také určeny pravděpodobné druhy dřevokazného hmyzu v prvku.

Po odzkoušení vzorků byla vypočtena jejich pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny. Výsledek musel být upraven z důvodu nestandardní vlhkosti. Byla vytvořena závislost pevnosti bezvadných zkušebních vzorků na jejich hustotě. Tato závislost vyšla podle předpokladu lineární. Na závěr byl zhodnocen vliv suků a poškození hmyzem na pevnost dřeva. Podle tohoto hodnocení snižuje výrazné poškození dřevokazným hmyzem pevnost více, než přítomnost suků. Podle předpokladu vyšla nejhůře kombinace obou těchto faktorů.

Seznam obrázků

Obr. 1 Dlouhý dům.....	14
Obr. 2 Keltský dům	14
Obr. 3 Hrázděný dům.....	15
Obr. 4 Roubený dům	15
Obr. 5 Stavba zimního stadionu v Rožnově pod Radhoštěm.....	15
Obr. 6 Suk (a) křídlový; (b) boční; (c) procházející; (d) hranový; (e) plošný; (f) skupinový	18
Obr. 7 Celulózovorní hniloba	19
Obr. 8 Lignivorní hniloba	19
Obr. 9 Červotoč proužkovaný.....	20
Obr. 10 Červotoč umrlčí.....	20
Obr. 11 Tesařík fialový	20
Obr. 12 Tesařík krovový.....	20
Obr. 13 Různé druhy deformací řeziva při sesychání	22
Obr. 14 Ukázka rozdílných mechanických vlastností v závislosti na typu namáhání ..	23
Obr. 15 Přístroj TICO	26
Obr. 16 Typy měření ultrazvukem: A – přímé měření podél vláken; B – nepřímé měření podél vláken; C – přímé měření kolmo na vlákna.....	26
Obr. 17 Příklad průchodu ultrazvukové vlny prvkem s trhlinou nepřímým měřením	27
Obr. 18 Pilodyn 6J	29
Obr. 19 Provádění zkoušky odporového zarážení trnu	29
Obr. 20 Vrták Resistographu	30
Obr. 21 Odebírání radiálního vývrtnu	31
Obr. 22 Zatěžovací zkouška radiálního vývrtnu	31
Obr. 23 Vrty s různou kvalitou pilin.....	32
Obr. 24 Tahové mikrovzorky.....	33
Obr. 25 Příprava tahových mikrovzorků	33
Obr. 26 Schéma zkoušky pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny	34
Obr. 27 Schéma zkoušky pevnosti v ohybu.....	35
Obr. 28 Místo odebrání prvku v konstrukci.....	36
Obr. 29 Čerstvý řez na prvku	36

Obr. 30 Viditelné abiotické poškození prvku	37
Obr. 31 Viditelné poškození prvku hmyzem	37
Obr. 32 Podélné rozdělení prvku	38
Obr. 33 Příčné rozdělení prvku.....	38
Obr. 34 Vrty provedené na prvku	38
Obr. 36 Provádění vrtů.....	39
Obr. 35 Detail vrtu	39
Obr. 37 Endoskop Everest VIT	40
Obr. 38 Endoskopické hodnocení prvku	40
Obr. 40 Řezání na pásové pile	40
Obr. 39 Řezání na kotoučové pile	40
Obr. 41 Znázorněná hloubka napadení hmyzem	41
Obr. 42 Vyznačení různých typů otvorů ve vzorku s přiřazením k druhu dřevokazného hmyzu	42
Obr. 43 Podélné rozdělení prvku	42
Obr. 44 Příčné rozdělení prvku.....	42
Obr. 45 Příklad vzorků s různými stupni poškození dřevokazným hmyzem.....	43
Obr. 46 Příklad značení zkušebních vzorků	44
Obr. 47 Přehled zkušebních vzorků získaných z trámu	44
Obr. 48 Zkoušení vzorku na pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	46

Seznam tabulek

Tab. 1 Orientační hodnoty hustoty dřeva	21
Tab. 2 Průměrné hodnoty součinitele deformace α	22
Tab. 3 Pevnost v tlaku dubového dřeva vyjádřena v procentech pevnosti při 0 °C a 0 % vlhkosti.....	24
Tab. 4 Orientační určení stupně poškození konstrukce při vlhkosti 12 % – 16 %.....	27

Seznam grafů

Graf 1 Závislost hustoty na pevnosti dřeva s vyznačenými odlehlými body měření....	47
Graf 2 Závislost hustoty na pevnosti dřeva s lineární regresí	48
Graf 3 Závislost vad a poškození na pevnosti	49

Seznam příloh

Příloha 1 – Tabulka vzorků nepoškozených hmyzem z kvadrantu I	I
Příloha 2 – Tabulka vzorků nepoškozených hmyzem z kvadrantu II	II
Příloha 3 – Tabulka vzorků nepoškozených hmyzem z kvadrantu III	III
Příloha 4 – Tabulka vzorků nepoškozených hmyzem z kvadrantu IV	IV
Příloha 5 – Tabulka všech vysušených vzorků z kvadrantu I	V
Příloha 6 – Tabulka všech vysušených vzorků z kvadrantu II	VI
Příloha 7 – Tabulka všech vysušených vzorků z kvadrantu III	VIII
Příloha 5 – Tabulka všech vysušených vzorků z kvadrantu IV	IX

Seznam použité literatury

- [1] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*, 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005, 171 s. ISBN 80-867-6972-0.
- [2] VAŠEK, Milan. *Havárie, poruchy a rekonstrukce: dřevěné a ocelové konstrukce*, 1. vyd. Praha: Garda, 2011, 191 s. ISBN 978-80-247-3526-9.
- [3] Kolektiv autorů. *Stavební látky - cvičebnice*, 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 122 S. ISBN 978-80-7204-828-1.
- [4] SUCHÁNKOVÁ, Zuzana. *Metodika průzkumu a diagnostické metody pro hodnocení stavu dřevěné konstrukce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, 2014. 57 s., 7 s. příl. Vedoucí bakalářské práce byla Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
- [5] KŘIVÁNKOVÁ, Soňa. *Diagnostické metody pro ověření míry poškození a materiálových charakteristik dřevěných prvků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, 2011. 65 s. Vedoucí bakalářské práce byla Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
- [6] BALAS, Ondřej. *Diagnostické metody pro hodnocení stavu dřevěné konstrukce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, 2013. 66 s., 8 s. příl. Vedoucí práce Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
- [7] ČERVENÝ, Radek. *Vady a poruchy stávajících dřevěných konstrukcí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, 2010. 62 s. Vedoucí práce Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
- [8] ČSN EN 408. *Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo: Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností*. Praha: Český normalizační institut, březen 2011.
- [9] ČSN 49 0110. *Dřevo. Medza pevnosti v tlaku v smere vliaken*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1980.
- [10] HEŘMÁNKOVÁ, Věra, KLOIBER, Michal, TIPPNER, Jan, ANTON, Ondřej, *Diagnostické metody pro hodnocení konstrukčního dřeva*. Brno: FAST VUT v Brně, Konference zkoušení a jakost ve stavebnictví, 4. – 5. října 2011.
- [11] HEŘMÁNKOVÁ, Věra. *Diagnostické metody pro hodnocení konstrukčního dřeva*. Prezentace pro předmět BI03. 2014.

- [12] VELMÍNSKÝ, Tomáš. *Neolit ve střední Evropě*. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Pedagogická fakulta [online]. Neuveďeno [využ. 18.2.2015]. Dostupné z: <<http://pf.ujep.cz/~velimskyt/pravek/03neolit/031neolit.htm>>
- [13] ZEIDLER, Aleš. *Lexikon vad dřeva – suky*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská [online]. 2010, poslední revize 30.1.2011 [využ. 19.2.2015]. Dostupné z: <http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/suky.htm>
- [14] ZEIDLER, Aleš. *Lexikon vad dřeva – hniloba*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská [online]. 2010, poslední revize 30.1.2011 [využ. 19.2.2015]. Dostupné z: <http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/hniloba.htm>
- [15] ZEIDLER, Aleš. *Lexikon vad dřeva – křemenitost*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská [online]. 2010, poslední revize 30.1.2011 [využ. 19.2.2015]. Dostupné z: <http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/kremenitost.htm>
- [16] HOFRIČTER, Pavel. *Aquapark Brno Kohoutovice*. Aquainfo [online]. Neuveďeno [využ. 25.4.2015]. Dostupné z: <<http://www.aquainfo.cz/katalog/aquapark-brno-kohoutovice/>>
- [17] Autor neuveďen. *Červotoč umrlčí*. Škůdci [online]. Neuveďeno [využ. 25.4.2015]. Dostupné z: <<http://www.skudci.com/cervotoc-umrlci>>
- [18] Autor neuveďen. *Makroskopická stavba dřeva*. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta [online]. 2002 [využ. 20.3.2015]. Dostupné z: <http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/multimedia/stavba_dreva/vyuka/makro/povrchove_a_vzhledove_vlastnosti.htm>
- [19] KUKLÍK, Petr, HASNÍKOVÁ, Hana. *Nedestruktivní metody při vyšetřování dřeva historických konstrukcí*. Tzb-info [online]. 8.4.2013 [využ. 12.2.2015]. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/drevene-a-ocelove-konstrukce/9740-nedestruktivni-metody-pri-vysetrovani-dreva-historickykh-konstrukci>>
- [20] KLOIBER, Michal, KOTLÍNOVÁ, Mária. *Nedestruktivní defektoskopické přístroje používané při provádění stavebně technických průzkumů historických dřevěných konstrukcí*. Tzb-info [online]. 8.3.2010 [využ. 12.2.2015]. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6295-nedestruktivni-defektoskopicke-pristroje-pouzivane-pri-provadeni-stavebne-technickykh-pruzkumu-historickykh-drevenych-konstrukci>>

- [21] ČERŇANSKÝ, Martin. *ČEJKOVICE - panorama obce, hrázděný dům*. Lidová architektura [online]. 29.1.2013 [využ. 23.4.2015]. Dostupné z: <<http://www.lidova-architektura.cz/cr-regiony/severozapadni-cechy/20040716-cejkovice.htm>>
- [22] Autor neveden. *Červotoč proužkováný (Anobium striatum Olivier)*. Drevo.naseskola [online]. 2011, poslední revize 11.4.2012 [využ. 25.4.2015]. Dostupné z: <<http://www.drevo.naseskola.net/drevo/refreraty-2011-12/87-nauka-o-materialu/399-cervotoc-prouzkovany-anobium-striatum-olivier.html>>
- [23] Autor neveden. *Tesařík krovový*. Asana [online]. 2015 [využ. 25.4.2015]. Dostupné z: <<http://www.asanahk.cz/polozka-tesarik-krovovy-detail-26>>
- [24] Autor neveden. *Atlas škůdců – Tesařík fialový*. Desinsekta [online]. 2015 [využ. 25.4.2015]. Dostupné z: <<http://www.desinsekta.cz/cs/atlas-kdc/atlas-kdc/77-tesarik-fialovy>>
- [25] Autor neveden. *Zimní stadion Rožnov pod Radhoštěm*. Komerční domy [online]. 2011 [využ. 25.4.2015]. Dostupné z: <http://www.komercnidomy.cz/zimni_stadion_roznov.php>

Příloha 1 – Tabulka vzorků nepoškozených hmyzem z kvadrantu I

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{odeč.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]	f _{c,0.12} [MPa]
		Suky (0-ne;1-ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]									
5	1	1	0	18.75	18.78	18.91	18.81	353.91	101.93	13.92	4.11	385.88	10.20	20.40	57.64	39.46
9	8	0	0	18.86	18.92	18.70	18.96	355.70	101.99	13.03	3.58	359.17	9.65	19.30	54.26	35.98
13	6	0	0	18.80	18.88	18.37	18.69	349.11	101.62	12.82	3.97	361.37	9.60	19.20	55.00	37.34
16	6	0	0	18.55	18.73	19.07	18.67	351.74	101.60	12.06	3.88	337.47	7.75	15.50	44.07	29.75
21	7	0	0	18.65	18.47	18.87	18.98	351.25	101.75	14.26	3.71	399.00	10.00	20.00	56.94	38.06
22	1	0	0	18.44	19.21	18.84	18.47	351.18	101.61	12.97	3.26	363.47	9.65	19.30	54.96	35.75
23	1	1	0	18.92	18.45	18.08	18.79	344.46	101.63	13.75	3.38	392.78	6.95	13.90	40.35	26.45
29	5	0	0	18.61	18.91	19.08	18.72	354.56	101.72	12.00	3.72	332.72	9.25	18.50	52.18	34.89
31	4	0	0	18.97	19.13	18.99	18.81	360.05	101.61	12.48	3.57	341.13	9.65	19.30	53.60	35.53
37	1	1	0	18.94	18.84	18.76	18.79	354.66	101.55	17.09	3.26	474.52	5.30	10.60	29.89	19.44
51	5	0	0	18.75	18.86	18.82	19.00	355.60	101.70	12.92	3.53	357.25	9.95	19.90	55.96	36.99
52	7	0	0	18.51	18.97	19.00	19.18	357.75	101.77	13.55	3.28	372.17	9.45	18.90	52.83	34.40
53	2	1	0	18.95	18.80	18.83	18.43	351.64	101.58	13.49	3.37	377.66	9.20	18.40	52.33	34.27
54	5	0	0	18.93	19.07	19.17	18.62	359.01	101.65	12.32	3.53	337.60	9.50	19.00	52.92	34.99
56	7	1	0	18.84	18.78	18.41	18.62	348.27	101.56	16.10	3.21	455.19	5.00	10.00	28.71	18.61
57	8	0	0	18.71	18.73	18.77	18.91	352.68	101.67	13.16	3.38	367.01	10.15	20.30	57.56	37.71
59	2	1	0	18.96	18.90	19.18	18.52	356.83	101.65	13.91	3.27	383.49	6.00	12.00	33.63	21.88
64	4	0	0	19.00	18.61	18.69	18.97	354.10	101.68	12.09	3.60	335.79	8.45	16.90	47.73	31.69

Příloha 2 – Tabulka vzorků nepoškozených hmyzem z kvadrantu II

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{odeč.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]	f _{c,0.12} [MPa]
		Suky (0–ne;1–ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]									
1	5	1	0	18.09	18.91	18.81	18.04	340.86	101.61	12.24	2.09	353.40	7.65	15.30	44.89	27.08
4	5	0	0	18.54	18.77	18.85	18.41	347.54	101.60	11.79	4.61	333.90	7.71	15.42	44.37	31.26
8	4	0	0	18.62	18.40	18.43	18.70	343.64	101.56	11.92	4.20	341.55	8.50	17.00	49.47	34.03
10	9	1	0	18.94	18.24	18.36	18.88	346.15	100.00	12.54	3.98	362.28	7.10	14.20	41.02	27.86
19	6	0	0	18.76	17.85	17.91	18.89	336.81	101.52	10.87	4.42	317.90	7.40	14.80	43.94	30.62
27	5	0	0	18.62	18.60	18.87	18.81	350.61	101.70	12.84	3.72	360.09	9.85	19.70	56.19	37.57
36	8	1	0	18.17	18.70	18.67	18.80	345.38	101.67	14.69	3.45	418.34	8.20	16.40	47.48	31.25
40	7	1	0	18.94	18.87	18.36	18.32	346.72	101.56	16.10	3.40	457.22	3.75	7.50	21.63	14.19
42	1	0	0	17.94	19.03	18.87	18.27	343.27	101.50	11.94	3.38	342.69	8.95	17.90	52.15	34.16
43	1	0	0	18.36	18.77	18.84	18.79	349.30	101.62	11.73	3.35	330.46	8.30	16.60	47.52	31.08
48	1	0	0	17.59	18.91	19.04	18.20	339.82	101.54	11.73	5.49	339.95	8.30	16.60	48.85	36.12
52	7	0	0	18.79	18.60	18.80	18.53	348.94	101.61	13.80	3.76	389.21	9.00	18.00	51.58	34.58
53	6	0	0	18.26	18.30	18.63	18.60	340.28	101.69	11.52	3.69	332.92	8.25	16.50	48.49	32.37
56	8	1	0	18.72	17.92	17.88	18.64	334.52	101.54	12.30	3.62	362.11	6.90	13.80	41.25	27.43
58	8	1	0	18.86	18.66	18.70	18.87	352.41	101.55	15.70	3.56	438.71	10.00	20.00	56.75	37.60
74	4	1	0	18.88	18.11	17.89	18.96	340.77	101.59	11.35	3.28	327.86	7.95	15.90	46.66	30.38
75	4	1	0	18.77	18.56	18.14	18.72	344.00	101.60	12.64	3.27	361.66	6.25	12.50	36.34	23.65
77	3	0	0	18.35	18.61	18.91	18.14	342.34	101.66	12.05	3.52	346.24	8.30	16.60	48.49	32.05
89	5	1	0	18.74	18.32	18.24	18.53	340.67	101.62	11.73	3.35	338.83	8.50	17.00	49.90	32.63

Příloha 3 – Tabulka vzorků nepoškozených hmyzem z kvadrantu III

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{odeč.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]	f _{c,0.12} [MPa]
		Suky (0–ne;1–ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]									
1	6	1	0	18.85	18.69	18.85	18.69	352.31	101.44	13.44	4.35	376.06	9.90	19.80	56.20	39.00
2	1	0	0	18.66	18.76	18.66	18.61	348.66	101.48	11.92	4.01	336.89	8.75	17.50	50.19	34.16
4	9	0	0	18.80	18.97	19.09	18.92	358.91	99.37	11.99	3.99	336.19	9.20	18.40	51.27	34.84
5	9	0	0	18.45	19.04	19.12	18.79	355.31	99.88	12.54	3.98	353.35	9.55	19.10	53.76	36.51
8	3	0	0	18.95	18.98	18.88	18.84	357.68	101.30	12.07	4.50	333.12	9.15	18.30	51.16	35.82
11	6	1	0	18.60	18.74	18.70	18.71	349.22	101.56	13.39	3.88	377.53	5.50	11.00	31.50	21.27
13	2	1	0	18.88	18.73	18.73	19.22	356.82	101.45	13.78	3.84	380.66	7.40	14.80	41.48	27.94
14	4	0	0	18.56	18.67	18.63	18.81	348.47	101.37	11.48	3.80	324.99	8.10	16.20	46.49	31.24
16	8	0	0	18.47	19.00	18.60	18.20	344.72	101.45	12.75	4.00	364.57	9.70	19.40	56.28	38.26
20	5	0	0	18.90	18.66	19.00	18.89	355.79	99.82	11.58	3.58	326.06	8.75	17.50	49.19	32.62
23	9	0	0	18.36	18.69	19.00	18.82	350.31	99.84	12.25	3.73	350.25	9.45	18.90	53.95	36.10
26	4	1	0	18.06	18.64	18.50	19.10	344.98	101.11	11.83	3.59	339.15	7.90	15.80	45.80	30.39
27	7	1	0	18.53	18.87	18.21	18.53	343.52	101.38	16.18	3.39	464.60	4.50	9.00	26.20	17.17
32	3	0	0	18.51	18.32	18.18	18.65	339.11	101.36	12.04	1.43	350.28	9.30	18.60	54.85	31.66
37	7	1	0	18.63	18.65	18.72	18.60	347.82	101.42	14.17	1.36	401.69	7.90	15.80	45.43	26.09
39	8	0	0	18.57	18.83	18.74	18.93	352.21	101.59	12.53	2.62	350.18	9.95	19.90	56.50	35.30
40	5	0	0	18.15	19.03	18.48	18.80	346.52	101.37	12.67	3.77	360.70	10.15	20.30	58.58	39.29
41	8	0	0	18.81	18.62	18.79	18.86	352.31	101.40	12.01	2.91	336.19	9.05	18.10	51.38	32.70
43	4	0	0	18.53	18.41	19.06	18.34	345.39	101.29	12.42	2.64	355.01	10.25	20.50	59.35	37.14
44	4	0	0	19.09	18.74	18.77	18.64	353.81	101.40	12.84	2.88	357.90	9.60	19.20	54.27	34.48
45	5	0	0	18.72	18.64	18.67	18.59	348.01	101.41	12.07	2.64	342.01	9.25	18.50	53.16	33.25
52	1	0	0	18.71	19.13	18.87	18.91	357.40	101.41	12.89	3.12	355.65	10.05	20.10	56.24	36.26
53	2	1	0	18.86	18.30	18.27	18.83	344.66	101.55	14.97	1.84	427.71	6.30	12.60	36.56	21.70
54	2	0	0	18.64	18.91	18.84	18.76	352.97	101.50	13.11	2.02	365.93	8.95	17.90	50.71	30.47
57	5	0	0	18.64	18.77	18.88	19.01	354.37	101.48	12.79	3.73	355.66	10.10	20.20	57.00	38.15

Příloha 4 – Tabulka vzorků nepoškozených hmyzem z kvadrantu IV

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{odeř.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]	f _{c,0.12} [MPa]
		Suky (0-ne;1-ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]									
5	6	1	0	18.60	18.01	17.81	18.42	331.60	101.46	12.07	3.43	358.76	5.40	10.80	32.57	21.40
9	9	0	0	18.30	17.20	17.69	18.46	320.83	101.75	11.32	3.38	346.77	8.65	17.30	53.92	35.33
14	2	1	0	18.66	18.14	18.14	18.29	335.16	101.52	13.30	3.34	390.89	8.70	17.40	51.92	33.93
16	8	0	0	18.20	18.27	18.42	18.42	335.89	101.36	11.29	3.48	331.61	7.45	14.90	44.36	29.25
20	6	1	0	18.29	18.04	17.67	18.24	326.15	101.58	13.14	3.55	396.61	5.70	11.40	34.95	23.13
22	9	0	0	18.43	18.34	18.33	18.55	339.02	101.17	11.38	3.17	331.79	8.20	16.40	48.37	31.29
23	7	0	0	17.63	18.27	18.48	17.50	322.92	101.57	11.99	3.27	365.56	8.35	16.70	51.72	33.66
27	4	1	0	18.20	18.28	18.17	18.23	331.97	101.57	11.65	3.19	345.51	8.00	16.00	48.20	31.21
28	7	1	0	18.39	17.73	18.15	18.39	329.96	101.48	11.21	3.13	334.79	7.05	14.10	42.73	27.57
29	6	0	0	18.17	17.36	16.91	18.09	310.89	101.59	11.34	3.00	359.05	8.70	17.40	55.97	35.81
31	7	0	0	17.97	17.40	17.00	18.07	310.11	101.41	11.31	2.91	359.64	6.20	12.40	39.99	25.45
36	7	1	0	18.21	18.58	18.09	17.94	331.39	99.70	13.66	3.09	413.45	5.10	10.20	30.78	19.82
37	8	0	0	18.38	17.95	18.59	18.22	334.33	99.62	11.75	2.98	352.79	8.10	16.20	48.46	30.97
40	1	0	0	18.61	18.35	17.22	18.32	328.39	101.61	10.87	2.74	325.76	6.70	13.40	40.81	25.69
41	2	0	0	18.36	18.66	18.53	18.27	340.58	101.55	11.73	2.80	339.15	8.40	16.80	49.33	31.18
46	3	1	0	18.39	17.75	18.15	18.37	329.96	101.56	12.40	2.99	370.03	7.55	15.10	45.76	29.27
47	4	1	0	18.23	18.20	17.77	18.39	329.33	101.50	14.15	2.91	423.31	4.80	9.60	29.15	18.55
53	5	0	0	18.18	18.37	18.00	18.52	333.70	101.40	10.95	3.89	323.61	8.10	16.20	48.55	32.80
60	1	0	0	18.57	18.25	17.65	17.55	324.02	99.64	10.86	3.43	336.38	8.00	16.00	49.38	32.45
63	5	0	0	18.12	18.12	18.30	17.95	328.43	101.62	11.44	3.81	342.78	8.70	17.40	52.98	35.63
66	3	0	0	18.30	18.48	18.27	18.34	336.63	101.57	11.46	2.78	335.17	8.80	17.60	52.28	33.00
67	1	0	0	17.40	18.33	18.55	18.16	327.91	101.51	11.72	2.90	352.10	8.25	16.50	50.32	32.00
71	9	0	0	18.42	17.93	18.64	17.96	332.60	99.11	10.77	2.38	326.72	8.15	16.30	49.01	30.14
82	5	0	0	18.20	18.57	18.35	18.37	337.55	99.52	11.33	2.44	337.27	8.70	17.40	51.55	31.84
86	8	0	0	18.02	17.18	18.14	17.09	310.02	101.56	10.67	2.20	338.88	7.40	14.80	47.74	29.03
89	9	0	0	17.79	18.17	18.27	17.76	323.91	99.64	11.70	2.54	362.52	9.90	19.80	61.13	38.00
92	8	0	0	18.32	18.41	18.50	18.23	337.27	99.82	11.61	2.56	344.85	9.20	18.40	54.56	33.96
96	8	0	0	17.39	18.46	17.36	18.33	319.87	101.67	11.04	2.51	339.47	8.40	16.80	52.52	32.58
99	6	0	0	18.03	18.18	18.06	18.45	330.51	99.67	11.35	2.53	344.55	8.95	17.90	54.16	33.64
104	6	1	0	18.05	17.89	17.96	17.51	318.70	101.56	11.37	3.36	351.28	8.00	16.00	50.20	32.86

Příloha 5 – Tabulka všech vysušených vzorků z kvadrantu I

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{odět.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c0} [MPa]
		Suky (0-ne;1-ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]								
1	8	0	1	18.87	18.80	18.98	19.04	358.05	101.76	13.36	0.00	366.68	9.55	19.10	53.34
2	4	0	1	18.89	18.71	18.83	18.70	352.78	101.59	12.38	0.00	345.43	10.15	20.30	57.54
3	6	0	1	18.97	19.01	18.53	19.12	357.49	101.73	12.98	0.00	356.92	9.00	18.00	50.35
4	9	0	3	18.66	18.47	18.32	18.49	341.69	100.92	10.56	0.00	306.24	5.20	10.40	30.44
5	1	1	0	18.65	18.73	18.59	18.80	349.41	101.94	13.37	0.00	375.36	10.20	20.40	58.38
6	5	0	1	18.79	19.01	18.60	19.17	356.93	101.83	12.88	0.00	354.37	10.35	20.70	58.00
7	3	0	2	18.90	18.75	18.80	18.88	354.66	101.66	11.85	0.00	328.66	7.15	14.30	40.32
8	8	0	3	18.50	18.22	18.35	18.30	336.45	101.65	10.92	0.00	319.30	5.15	10.30	30.61
9	8	0	0	18.87	18.77	18.97	18.67	354.19	102.11	12.58	0.00	347.83	9.65	19.30	54.49
10	3	0	2	18.66	18.72	18.63	18.85	350.25	101.76	11.35	0.00	318.45	5.40	10.80	30.84
11	5	0	2	18.59	18.38	18.47	18.26	339.48	101.76	10.96	0.00	317.27	6.65	13.30	39.18
12	1	0	1	18.76	18.49	18.60	18.79	348.19	101.81	13.30	0.00	375.18	7.65	15.30	43.94
13	6	0	0	18.52	18.28	18.84	18.63	344.72	101.58	12.33	0.00	352.11	9.60	19.20	55.70
14	2	0	1	18.66	18.82	18.87	18.45	349.69	101.75	13.18	0.00	370.42	9.85	19.70	56.34
15	3	0	2	18.72	18.37	18.26	18.26	338.63	101.68	11.48	0.00	333.41	6.05	12.10	35.73
16	6	0	0	18.43	18.73	18.59	19.00	349.21	101.66	11.61	0.00	327.03	7.75	15.50	44.39
17	6	0	1	18.55	18.42	18.55	18.90	346.13	101.92	12.41	0.00	351.78	10.10	20.20	58.36
18	9	0	2	18.80	18.83	18.73	18.79	352.97	101.91	11.69	0.00	324.98	6.55	13.10	37.11
19	8	0	3	18.79	18.58	18.84	18.20	346.05	101.66	11.99	0.00	340.83	5.60	11.20	32.37
20	6	0	3	18.58	18.53	18.89	18.47	346.61	101.65	11.87	0.00	336.90	4.80	9.60	27.70
21	7	0	0	18.30	18.49	18.83	18.82	346.29	101.98	13.75	0.00	389.36	10.00	20.00	57.76
22	1	0	0	18.23	19.04	18.37	18.75	345.87	101.58	12.56	0.00	357.50	9.65	19.30	55.80
23	1	1	0	18.39	18.77	17.96	18.67	340.29	101.67	13.30	0.00	384.42	6.95	13.90	40.85
24	5	0	2	18.64	18.88	18.59	18.97	352.31	101.58	11.65	0.00	325.53	7.35	14.70	41.72
25	8	1	1	19.03	18.70	18.91	19.16	359.10	101.60	13.88	0.00	380.44	9.05	18.10	50.40
26	5	0	2	18.10	18.57	17.90	18.63	334.89	101.66	11.06	0.00	324.87	7.75	15.50	46.28
27	2	1	2	18.83	18.82	18.32	18.73	348.73	101.90	13.80	0.00	388.34	7.10	14.20	40.72
28	5	0	1	18.65	18.81	18.57	18.93	351.19	101.81	12.51	0.00	349.89	9.15	18.30	52.11
29	5	0	0	18.42	18.84	18.60	19.00	350.24	101.75	11.57	0.00	324.66	9.25	18.50	52.82
30	6	0	1	19.01	18.40	18.88	18.38	348.47	101.64	11.80	0.00	333.16	8.05	16.10	46.20
31	4	0	0	18.87	19.09	18.73	18.87	356.82	101.61	12.05	0.00	332.35	9.65	19.30	54.09
32	7	1	1	18.89	18.68	18.37	18.75	348.65	101.80	15.10	0.00	425.44	5.15	10.30	29.54
33	9	0	2	18.85	18.58	18.53	18.70	348.38	101.81	11.55	0.00	325.64	6.10	12.20	35.02
34	9	0	3	18.93	18.69	18.62	18.74	351.37	101.62	12.28	0.00	343.92	5.20	10.40	29.60
35	4	0	2	18.78	18.85	18.73	18.89	353.91	101.73	11.93	0.00	331.36	6.70	13.40	37.86
36	1	1	1	18.86	18.84	18.87	18.79	354.95	101.57	16.42	0.00	455.46	4.55	9.10	25.64
37	1	1	0	18.71	18.90	18.65	18.72	351.37	101.61	16.55	0.00	463.55	5.30	10.60	30.17
38	1	0	2	18.92	18.86	18.85	18.80	355.60	101.68	12.36	0.00	341.83	5.70	11.40	32.06
39	9	0	2	18.73	18.45	18.59	18.36	343.45	101.57	11.10	0.00	318.20	6.45	12.90	37.56
40	1	0	3	18.96	19.08	18.82	18.47	354.63	101.65	12.08	0.00	335.11	4.35	8.70	24.53
41	8	0	1	18.69	18.45	18.63	17.89	339.09	101.58	11.89	0.00	345.19	7.65	15.30	45.12
42	7	0	3	18.31	18.81	18.39	18.75	344.66	101.59	12.05	0.00	344.15	5.25	10.50	30.46
43	8	0	2	18.77	18.88	18.75	18.45	350.15	101.58	11.90	0.00	334.57	7.55	15.10	43.12
44	2	0	2	18.78	18.63	18.91	18.90	353.62	101.52	11.97	0.00	333.43	6.90	13.80	39.03
45	4	0	3	18.57	18.65	18.40	18.57	344.01	101.50	11.89	0.00	340.53	4.15	8.30	24.13
46	3	0	1	18.64	18.79	18.71	18.79	350.91	101.66	13.02	0.00	364.98	10.30	20.60	58.71
47	2	0	2	18.40	18.72	18.71	18.98	349.76	101.65	11.94	0.00	335.83	7.00	14.00	40.03
48	2	1	3	18.64	18.78	19.06	18.82	354.37	101.60	13.23	0.00	367.46	5.40	10.80	30.48
49	4	0	2	18.49	18.13	18.25	18.05	332.33	101.64	10.90	0.00	322.70	6.15	12.30	37.01
50	7	1	1	18.31	18.45	18.04	17.89	330.20	101.49	13.24	0.00	395.09	4.05	8.10	24.53
51	5	0	0	18.61	18.74	18.65	18.89	350.53	101.58	12.48	0.00	350.49	9.95	19.90	56.77
52	7	0	0	18.41	18.79	18.96	18.89	352.01	101.70	13.12	0.00	366.49	9.45	18.90	53.69
53	2	1	0	18.82	18.62	18.37	18.77	347.63	101.56	13.05	0.00	369.63	9.20	18.40	52.93
54	5	0	0	18.83	18.97	18.46	19.00	354.00	101.58	11.90	0.00	330.93	9.50	19.00	53.67
55	6	0	1	18.04	18.47	17.65	18.04	325.76	101.54	10.87	0.00	328.62	5.60	11.20	34.38
56	7	1	0	18.69	18.67	18.48	18.31	343.62	101.56	15.60	0.00	447.02	5.00	10.00	29.10
57	8	0	0	18.54	18.64	18.70	18.67	347.35	101.67	12.73	0.00	360.46	10.15	20.30	58.44
58	7	0	1	18.76	19.02	18.89	19.01	357.97	101.51	13.54	0.00	372.62	9.95	19.90	55.59
59	2	1	0	18.87	18.78	19.04	18.33	351.75	101.60	13.47	0.00	376.92	6.00	12.00	34.12
60	3	1	1	18.82	18.69	18.81	18.70	351.75	101.60	13.31	0.00	372.43	8.80	17.60	50.04
61	3	0	1	18.90	18.67	18.85	18.55	351.28	101.39	12.03	0.00	337.77	7.25	14.50	41.28
62	3	0	1	18.80	18.73	18.71	18.80	351.94	101.61	12.09	0.00	338.08	7.80	15.60	44.33
63	3	0	1	18.64	18.80	18.73	18.82	351.47	101.68	12.79	0.00	357.89	8.65	17.30	49.22
64	4	0	0	18.92	18.41	18.88	18.52	349.04	101.68	11.67	0.00	328.83	8.45	16.90	48.42
65	7	0	1	18.73	18.60	18.37	18.89	347.73	101.76	11.69	0.00	330.37	7.50	15.00	43.14
66	7	0	2	18.60	17.92	18.47	18.27	335.44	101.68	10.96	0.00	321.34	5.65	11.30	33.69
67	8	0	1	18.81	18.78	18.82	18.85	354.00	101.79	13.66	0.00	379.09	8.15	16.30	46.04
68	4	0	1	18.60	18.74	18.72	18.79	350.16	101.61	12.62	0.00	354.70	8.95	17.90	51.12
69	1	1	2	18.57	18.98	18.36	18.70	347.90	101.72	14.53	0.00	410.59	4.30	8.60	24.72
70	3	1	3	18.85	18.36	18.70	18.65	347.45	101.83	12.05	0.00	340.58	4.75	9.50	27.34
71	4	0	1	18.98	18.73	18.73	18.80	353.81	101.54	12.99	0.00	361.57	10.00	20.00	56.53
72	9	0	1	18.82	18.55	18.61	18.66	348.19	100.66	12.35	0.00	352.36	9.00	18.00	51.70

Příloha 6 – Tabulka všech vysušených vzorků z kvadrantu II

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{oděc.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]
		Suky (0-ne;1-ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]								
1	5	1	0	18.77	17.99	18.90	17.99	339.02	101.61	11.99	0.00	348.06	7.65	15.30	45.13
2	5	0	1	18.86	18.19	18.73	18.24	342.43	102.19	10.79	0.00	308.34	9.25	18.50	54.02
3	4	0	3	18.77	18.20	18.27	18.54	340.22	101.75	10.55	0.00	304.76	2.50	5.00	14.70
4	5	0	0	18.85	18.35	18.80	18.50	346.89	101.57	11.27	0.00	319.86	7.71	15.42	44.45
5	6	0	1	18.81	18.55	18.87	18.20	346.23	101.54	11.95	0.00	339.91	8.85	17.70	51.12
6	8	1	2	18.72	18.46	18.71	18.35	344.47	102.19	15.28	0.00	434.07	7.45	14.90	43.25
7	4	0	1	18.83	18.12	18.87	18.27	343.08	101.72	12.15	0.00	348.16	8.20	16.40	47.80
8	4	0	0	18.59	18.31	18.68	18.38	341.88	101.64	11.44	0.00	329.22	8.50	17.00	49.73
9	1	0	2	18.84	18.97	18.80	18.84	355.79	101.61	12.97	0.00	358.76	6.90	13.80	38.79
10	9	1	0	18.90	18.34	18.88	18.26	345.77	100.02	12.06	0.00	348.71	7.10	14.20	41.07
11	2	1	2	18.35	18.81	18.48	19.02	348.38	101.53	15.46	0.00	437.09	3.85	7.70	22.10
12	3	0	3	17.78	18.66	18.24	18.96	338.89	101.85	10.68	0.00	309.42	4.40	8.80	25.97
13	2	1	1	18.80	18.54	18.84	18.78	351.18	102.20	13.66	0.00	380.60	6.80	13.60	38.73
14	7	1	3	18.29	18.34	18.71	18.41	339.93	102.07	12.37	0.00	356.52	5.45	10.90	32.07
15	7	0	1	18.79	18.63	18.75	18.56	349.04	101.71	13.74	0.00	387.04	9.30	18.60	53.29
16	7	0	3	18.43	18.02	18.62	18.07	334.34	102.11	12.22	0.00	357.95	3.50	7.00	20.94
17	1	0	3	18.81	18.57	18.13	18.72	344.36	101.74	11.82	0.00	337.37	3.15	6.30	18.29
18	2	1	3	18.05	18.90	18.68	18.62	344.56	101.99	16.69	0.00	474.94	3.25	6.50	18.86
19	6	0	0	18.74	17.81	18.84	17.95	336.17	101.46	10.41	0.00	305.21	7.40	14.80	44.03
20	5	0	3	18.61	17.80	18.33	17.97	330.42	101.58	11.23	0.00	334.58	2.90	5.80	17.55
21	8	0	3	18.80	18.69	18.48	18.38	345.47	101.79	12.59	0.00	358.02	5.50	11.00	31.84
22	9	0	3	18.79	18.66	18.71	18.97	352.78	98.18	13.00	0.00	375.33	6.25	12.50	35.43
23	4	0	3	18.82	17.65	18.50	17.73	330.33	101.60	11.37	0.00	338.78	3.25	6.50	19.68
24	2	1	2	18.21	18.69	18.68	18.66	344.46	101.61	13.68	0.00	390.85	5.00	10.00	29.03
25	6	0	1	18.69	18.67	18.60	18.88	350.06	101.60	12.32	0.00	346.39	6.75	13.50	38.56
26	3	0	1	18.86	18.21	18.86	18.44	345.68	101.72	11.95	0.00	339.85	7.60	15.20	43.97
27	5	0	0	18.52	18.42	18.70	18.68	345.20	101.66	12.38	0.00	352.77	9.85	19.70	57.07
28	7	0	1	18.45	17.88	18.55	18.13	333.15	101.80	13.21	0.00	389.51	8.15	16.30	48.93
29	2	1	3	18.73	17.15	18.86	17.87	329.47	101.58	15.04	0.00	449.39	2.10	4.20	12.75
30	8	1	1	18.42	18.75	18.30	18.74	344.19	101.69	18.83	0.00	537.98	4.15	8.30	24.11
31	1	1	1	18.40	18.13	18.70	18.67	341.28	101.71	12.71	0.00	366.16	7.75	15.50	45.42
32	6	0	1	18.67	18.38	18.83	18.07	341.79	101.71	12.67	0.00	364.47	7.95	15.90	46.52
33	7	1	1	18.30	18.60	18.44	18.77	343.26	101.54	13.14	0.00	376.99	7.10	14.20	41.37
34	5	1	3	18.57	17.83	18.53	17.90	331.51	101.46	11.66	0.00	346.66	4.80	9.60	28.96
35	6	0	3	18.57	17.88	18.40	17.98	331.51	101.77	11.12	0.00	329.60	2.80	5.60	16.89
36	8	1	0	18.73	18.58	19.04	18.62	351.27	101.89	14.20	0.00	396.74	8.20	16.40	46.69
37	3	0	2	18.39	18.04	18.33	18.42	334.70	101.59	11.50	0.00	338.21	6.25	12.50	37.35
38	4	1	2	18.42	17.80	18.30	17.94	328.15	101.61	12.97	0.00	388.98	7.35	14.70	44.80
39	3	0	3	18.41	17.80	18.76	18.31	335.58	101.61	11.52	0.00	337.85	4.85	9.70	28.91
40	7	1	0	18.86	18.21	18.69	18.18	341.69	101.56	15.57	0.00	448.67	3.75	7.50	21.95
41	7	1	3	18.32	18.63	18.49	18.50	341.70	101.85	12.97	0.00	372.68	4.55	9.10	26.63
42	1	0	0	18.18	18.82	17.87	18.95	340.59	101.77	11.55	0.00	333.22	8.95	17.90	52.56
43	1	0	0	18.66	18.78	18.68	18.29	346.04	101.64	11.35	0.00	322.71	8.30	16.60	47.97
44	6	0	3	18.52	18.59	18.67	18.27	342.71	101.61	10.91	0.00	313.30	3.90	7.80	22.76
45	7	0	1	18.46	18.60	18.55	18.89	346.88	101.60	14.26	0.00	404.62	8.10	16.20	46.70
46	3	0	3	18.65	18.38	18.63	18.51	343.82	101.61	11.79	0.00	337.48	5.65	11.30	32.87
47	4	0	1	18.53	17.86	18.40	18.24	333.33	101.79	11.61	0.00	342.18	7.15	14.30	42.90
48	1	0	0	18.97	18.07	17.58	18.82	337.06	101.66	11.12	0.00	324.52	8.30	16.60	49.25
49	1	0	1	18.78	18.78	18.64	18.97	353.16	101.66	12.39	0.00	345.11	4.90	9.80	27.75
50	3	1	1	18.68	18.16	18.77	18.28	341.23	101.46	13.71	0.00	396.00	4.75	9.50	27.84
51	1	0	3	18.48	18.67	18.43	18.39	341.97	101.51	11.11	0.00	320.05	2.20	4.40	12.87
52	7	0	0	18.45	18.55	18.66	18.51	343.82	101.42	13.30	0.00	381.41	9.00	18.00	52.35
53	6	0	0	18.47	18.51	18.17	18.17	335.96	101.59	11.11	0.00	325.52	8.25	16.50	49.11
54	8	0	3	18.68	18.60	18.52	18.33	343.44	101.43	11.81	0.00	339.02	4.80	9.60	27.95
55	8	1	1	18.82	18.24	18.75	18.48	344.94	101.53	12.86	0.00	367.20	6.70	13.40	38.85
56	8	1	0	18.64	18.86	18.52	18.79	349.78	101.53	11.87	0.00	334.24	6.90	13.80	39.45
57	8	0	3	18.53	18.46	18.50	18.22	339.57	101.74	12.69	0.00	367.32	4.75	9.50	27.98
58	8	1	0	18.87	18.56	18.88	18.57	350.44	101.50	15.16	0.00	426.21	10.00	20.00	57.07
59	2	0	3	18.46	18.28	18.78	18.36	341.13	101.68	12.37	0.00	356.63	6.45	12.90	37.82
60	2	0	3	18.41	18.27	18.44	18.40	337.82	101.65	11.38	0.00	331.39	4.20	8.40	24.87
61	6	0	1	18.85	18.29	18.79	18.24	343.82	101.58	11.39	0.00	326.12	8.90	17.80	51.77
62	5	0	3	18.50	18.11	18.28	18.42	335.90	101.72	10.64	0.00	311.41	3.40	6.80	20.24
63	6	0	0	18.42	18.18	18.37	18.76	339.74	101.64	12.10	0.00	350.41	10.00	20.00	58.87
64	3	0	1	17.85	18.55	18.86	18.24	337.61	101.89	12.33	0.00	358.44	8.85	17.70	52.43
65	2	1	1	18.81	17.93	18.91	17.66	335.90	101.68	17.60	0.00	515.32	5.45	10.90	32.45
66	9	1	1	18.53	17.96	18.49	17.71	330.23	100.43	10.81	0.00	325.94	7.75	15.50	46.94
67	9	0	2	18.66	18.48	18.64	18.75	347.17	98.01	14.84	0.00	436.14	10.55	21.10	60.78
68	8	0	1	18.90	18.60	18.91	18.50	350.72	101.62	14.55	0.00	408.25	9.15	18.30	52.18
69	1	0	3	18.45	18.91	18.62	18.67	348.29	101.86	11.64	0.00	328.10	4.50	9.00	25.84
70	6	0	3	18.44	17.96	18.49	18.09	332.88	101.61	11.87	0.00	350.94	5.00	10.00	30.04
71	7	1	1	18.61	17.68	18.58	17.92	331.15	101.45	12.30	0.00	366.13	7.05	14.10	42.58
72	5	0	2	18.45	17.95	18.49	18.03	332.33	101.55	11.52	0.00	341.35	3.90	7.80	23.47
73	9	0	1	18.84	18.40	18.88	18.51	348.10	97.92	13.76	0.00	403.68	9.15	18.30	52.57
74	4	1	0	18.77	17.92	18.84	17.73	335.44	101.50	10.99	0.00	322.79	7.95	15.90	47.40
75	4	1	0	18.69	18.46	18.58	18.00	339.74	101.74	12.24	0.00	354.12	6.25	12.50	36.79
76	6	0	3	18.58	18.03	18.31	17.58	328.48	101.75	11.13	0.00	333.00	3.95	7.90	24.05
77	3	0	0	18.27	18.64	17.96	18.79	339.11	101.59	11.64	0.00	337.88	8.30	16.60	48.95
78	5	1	1	18.50	18.07	18.21	18.02	331.23	101.67	12.29	0.00	364.94	8.90	17.80	53.74
79	9	0	1	18.87	18.42	18.73	18.56	347.64	97.54	13.55	0.00	399.61	10.60	21.20	60.98
80	8	1	2	18.42	18.70	18.43	18.58	343.4							

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{odeč.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]
		Suky (0-ne;1-ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]								
86	2	0	1	18.78	18.10	18.69	18.36	341.60	101.71	11.88	0.00	341.93	8.80	17.60	51.52
87	2	1	1	18.83	17.46	18.92	17.64	331.69	101.65	14.09	0.00	417.90	3.10	6.20	18.69
88	4	1	2	18.92	18.12	18.69	18.09	340.58	101.49	12.25	0.00	354.40	8.80	17.60	51.68
89	5	1	0	18.27	18.15	18.59	18.42	336.98	101.61	11.35	0.00	331.48	8.50	17.00	50.45
90	6	0	3	18.83	18.25	18.69	18.25	342.43	101.50	11.57	0.00	332.88	3.85	7.70	22.49
91	7	0	3	18.40	17.61	18.43	18.06	328.50	101.66	11.11	0.00	332.68	4.15	8.30	25.27
92	4	0	3	18.51	17.82	18.35	17.68	327.24	101.57	10.85	0.00	326.43	4.60	9.20	28.11
93	3	0	3	17.85	18.47	17.66	18.60	329.24	101.81	10.77	0.00	321.30	4.45	8.90	27.03
94	7	0	1	18.86	18.04	18.80	18.34	342.62	101.67	13.66	0.00	392.15	10.35	20.70	60.42
95	2	0	1	18.40	18.86	18.90	18.72	350.43	101.55	13.29	0.00	373.46	9.65	19.30	55.08
96	2	1	3	17.75	18.68	18.21	18.71	336.25	101.65	12.33	0.00	360.74	3.50	7.00	20.82
97	3	0	1	18.51	18.50	18.53	18.55	343.08	101.47	14.05	0.00	403.59	9.00	18.00	52.47
98	1	0	3	18.85	18.75	18.76	17.81	343.76	101.56	11.79	0.00	337.71	2.75	5.50	16.00
99	4	0	1	18.54	18.60	18.59	18.71	346.33	101.66	12.37	0.00	351.34	9.00	18.00	51.97
100	6	0	1	18.70	18.20	18.84	17.97	339.57	101.60	12.03	0.00	348.69	9.30	18.60	54.77
101	9	0	3	18.55	18.51	18.78	18.81	348.27	98.08	13.45	0.00	393.75	4.05	8.10	23.26
102	9	0	3	18.50	18.26	18.47	18.67	341.32	99.18	12.81	0.00	378.41	6.65	13.30	38.97
103	7	0	3	18.78	18.70	18.22	18.83	347.16	101.53	12.62	0.00	358.04	3.60	7.20	20.74
104	2	0	2	18.91	18.50	18.80	18.70	350.72	101.63	12.64	0.00	354.62	8.45	16.90	48.19
105	9	0	1	18.83	18.88	18.33	18.48	347.03	99.38	15.30	0.00	443.64	11.05	22.10	63.68
106	1	0	2	17.93	18.69	18.44	18.93	342.12	101.52	11.61	0.00	334.27	6.80	13.60	39.75
107	5	0	3	18.80	17.20	18.66	17.77	327.87	101.35	11.22	0.00	337.65	3.80	7.60	23.18
108	3	0	3	17.69	18.68	17.65	18.70	330.51	101.62	11.87	0.00	353.41	3.75	7.50	22.69
109	6	1	3	18.65	17.85	18.41	17.78	330.23	101.59	11.38	0.00	339.21	3.45	6.90	20.89
110	8	0	1	18.72	18.47	18.33	18.48	342.24	101.43	15.40	0.00	443.63	10.15	20.30	59.31
111	3	0	1	18.80	17.76	18.90	17.53	332.97	101.45	11.29	0.00	334.22	7.10	14.20	42.65
112	7	1	3	18.68	18.55	18.23	18.63	343.07	101.50	13.45	0.00	386.25	5.25	10.50	30.61
113	9	1	3	18.81	18.78	18.59	18.60	349.49	97.47	12.35	0.00	362.54	4.45	8.90	25.47
114	5	0	1	18.80	18.14	18.56	17.86	336.34	101.69	12.43	0.00	363.43	8.65	17.30	51.44
115	5	0	3	18.69	18.42	18.81	18.47	345.87	101.44	10.30	0.00	293.58	3.10	6.20	17.93
116	4	0	3	18.45	18.68	18.30	18.68	343.27	101.58	11.74	0.00	336.69	5.20	10.40	30.30

Příloha 7 – Tabulka všech vysušených vzorků z kvadrantu III

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{oděc.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]
		Suky (0-ne;1-ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]								
1	6	1	0	18.86	18.69	18.72	18.66	350.90	101.58	12.88	0.00	361.34	9.90	19.80	56.43
2	1	0	0	18.47	18.65	18.50	18.58	344.10	101.61	11.46	0.00	327.76	8.75	17.50	50.86
3	6	0	1	18.37	18.67	18.62	17.97	338.82	101.79	12.11	0.00	351.13	6.95	13.90	41.02
4	9	0	0	18.61	18.80	18.98	18.76	352.96	99.56	11.53	0.00	328.11	9.20	18.40	52.13
5	9	0	0	18.38	18.95	18.61	18.97	350.72	99.85	12.06	0.00	344.39	9.55	19.10	54.46
6	3	0	3	18.45	18.50	18.35	18.42	339.66	101.51	11.91	0.00	345.43	5.60	11.20	32.97
7	5	0	2	17.51	16.36	17.02	16.55	284.25	101.59	9.68	0.00	335.21	6.60	13.20	46.44
8	3	0	0	18.90	18.94	18.57	18.76	353.14	101.53	11.55	0.00	322.14	9.15	18.30	51.82
9	8	0	2	17.99	18.33	18.22	18.70	335.23	101.58	11.43	0.00	335.65	6.60	13.20	39.38
10	7	1	2	17.95	18.18	17.99	18.42	328.87	101.57	12.81	0.00	383.49	5.75	11.50	34.97
11	6	1	0	18.53	18.61	18.60	18.57	345.12	101.58	12.89	0.00	367.68	5.50	11.00	31.87
12	6	0	2	17.38	16.20	17.35	16.45	283.75	101.10	9.72	0.00	338.83	6.05	12.10	42.64
13	2	1	0	18.77	18.60	19.00	18.66	351.84	101.46	13.27	0.00	371.73	7.40	14.80	42.06
14	4	0	0	18.43	18.43	18.57	18.47	341.32	101.63	11.06	0.00	318.84	8.10	16.20	47.46
15	7	0	1	17.91	18.53	18.61	18.48	337.89	101.86	12.00	0.00	348.66	8.90	17.80	52.68
16	8	0	0	18.75	18.80	18.00	18.39	341.61	101.56	12.26	0.00	353.37	9.70	19.40	56.79
17	2	0	3	18.27	18.07	18.33	18.41	333.78	101.61	11.61	0.00	342.32	5.00	10.00	29.96
18	9	0	2	15.53	18.34	15.75	18.34	288.66	101.44	9.35	0.00	319.32	6.30	12.60	43.65
19	9	0	3	15.39	18.00	15.77	17.85	280.64	100.47	9.10	0.00	322.74	3.25	6.50	23.16
20	5	0	0	18.80	18.59	18.73	18.90	351.75	100.24	11.18	0.00	317.08	8.75	17.50	49.75
21	3	0	2	17.35	16.43	17.51	16.38	286.20	101.41	10.11	0.00	348.34	5.55	11.10	38.78
22	9	0	1	18.87	18.88	18.88	18.78	355.42	98.98	11.86	0.00	337.13	8.00	16.00	45.02
23	9	0	0	18.46	18.63	18.94	18.93	351.15	99.91	11.81	0.00	336.63	9.45	18.90	53.82
24	5	0	2	18.12	18.20	17.96	18.41	330.24	101.45	11.37	0.00	339.37	6.95	13.90	42.09
25	3	0	3	18.84	18.69	18.38	18.79	348.75	101.66	11.01	0.00	310.55	6.35	12.70	36.42
26	4	1	0	18.94	18.51	18.73	18.32	346.88	101.33	11.42	0.00	324.90	7.90	15.80	45.55
27	7	1	0	18.47	18.81	18.14	18.40	340.55	101.45	15.65	0.00	452.98	4.50	9.00	26.43
28	1	0	1	18.18	17.25	16.59	17.87	305.23	101.58	10.67	0.00	344.14	5.25	10.50	34.70
29	1	1	1	18.71	18.54	18.73	18.62	347.82	101.43	12.46	0.00	353.18	8.65	17.30	49.44
30	1	0	1	18.58	18.75	18.63	18.48	346.33	101.52	12.01	0.00	341.59	7.50	15.00	43.31
31	4	1	1	18.26	18.65	18.72	18.54	343.82	101.66	13.27	0.00	379.66	6.80	13.60	39.56
32	3	0	0	18.47	18.27	18.16	18.62	337.82	101.44	11.87	0.00	346.38	9.30	18.60	55.06
33	3	0	1	18.39	18.68	18.44	18.32	340.67	101.63	12.44	0.00	359.30	7.95	15.90	46.67
34	5	0	2	18.61	18.57	18.68	18.32	343.92	101.55	11.20	0.00	320.69	8.40	16.80	48.85
35	2	1	1	17.65	16.51	17.84	16.95	297.11	101.65	11.25	0.00	372.51	5.20	10.40	35.00
36	4	1	1	16.35	17.78	17.39	16.42	288.48	101.74	11.38	0.00	387.73	3.95	7.90	27.38
37	7	1	0	18.62	18.61	18.66	18.54	346.24	101.51	13.98	0.00	397.76	7.90	15.80	45.63
38	7	0	1	18.45	18.11	18.43	18.26	335.35	101.45	11.77	0.00	345.96	6.55	13.10	39.06
39	8	0	0	18.54	18.75	18.69	18.88	350.25	101.62	12.21	0.00	343.05	9.95	19.90	56.82
40	5	0	0	18.11	18.92	18.36	18.72	343.27	101.49	12.21	0.00	350.48	10.15	20.30	59.14
41	8	0	0	18.66	18.50	18.68	18.78	348.00	101.51	11.67	0.00	330.35	9.05	18.10	52.01
42	8	0	1	18.45	18.34	18.36	18.53	339.30	101.48	11.63	0.00	337.77	8.05	16.10	47.45
43	4	0	0	18.40	18.30	18.95	18.15	340.39	101.41	12.10	0.00	350.53	10.25	20.50	60.22
44	4	0	0	19.00	18.63	18.68	18.54	350.15	101.41	12.48	0.00	351.47	9.60	19.20	54.83
45	5	0	0	18.63	18.57	18.62	18.50	345.22	101.51	11.76	0.00	335.59	9.25	18.50	53.59
46	1	0	2	18.20	18.66	18.64	18.45	341.78	101.60	11.57	0.00	333.19	5.25	10.50	30.72
47	4	0	2	18.43	18.23	18.16	17.94	330.86	101.93	11.89	0.00	352.57	5.45	10.90	32.94
48	3	0	1	18.93	18.69	19.05	18.67	354.76	101.64	12.28	0.00	340.57	8.25	16.50	46.51
49	5	0	1	18.86	18.79	18.87	18.90	355.51	100.28	11.50	0.00	322.58	8.40	16.80	47.26
50	3	0	1	18.62	18.80	18.64	18.32	345.76	101.64	11.88	0.00	338.05	9.20	18.40	53.22
51	6	0	2	17.83	17.91	18.18	17.68	320.41	101.20	11.20	0.00	345.41	6.50	13.00	40.57
52	1	0	0	18.62	19.00	18.80	18.83	353.91	101.57	12.50	0.00	347.74	10.05	20.10	56.79
53	2	1	0	18.75	18.17	18.17	18.79	341.14	101.58	14.70	0.00	424.20	6.30	12.60	36.93
54	2	0	0	18.53	18.84	18.72	18.68	349.41	101.53	12.85	0.00	362.22	8.95	17.90	51.23
55	2	1	1	18.80	18.56	18.78	18.61	349.22	101.69	13.63	0.00	383.81	7.10	14.20	40.66
56	6	1	1	18.68	18.52	18.18	18.50	341.12	101.31	12.36	0.00	357.65	6.15	12.30	36.06
57	5	0	0	18.56	18.71	18.79	18.89	351.08	101.67	12.33	0.00	345.43	10.10	20.20	57.54

Příloha 8 – Tabulka všech vysušených vzorků z kvadrantu IV

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{oděc.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]
		Suky (0-ne;1-ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]								
1	1	0	1	18.14	18.42	18.51	18.44	337.72	101.51	12.27	0.00	357.91	8.60	17.20	50.93
2	2	0	2	17.40	18.00	18.23	16.40	306.48	99.34	10.14	0.00	333.06	4.45	8.90	29.04
3	1	0	2	18.13	18.45	18.60	17.88	333.61	101.93	11.39	0.00	334.95	7.30	14.60	43.76
4	2	1	1	18.10	18.41	18.25	17.73	328.41	101.60	14.14	0.00	423.78	7.70	15.40	46.89
5	6	1	0	18.61	17.93	17.80	18.34	330.14	101.45	11.67	0.00	348.44	5.40	10.80	32.71
6	4	1	2	17.84	18.00	17.80	18.08	321.48	101.46	13.25	0.00	406.22	6.20	12.40	38.57
7	8	0	2	17.86	17.54	18.07	17.61	315.77	99.63	10.57	0.00	335.98	7.95	15.90	50.35
8	3	0	2	17.98	17.82	17.75	17.65	316.83	101.62	10.24	0.00	318.05	5.95	11.90	37.56
9	9	0	0	18.10	17.17	17.67	18.33	317.43	101.76	10.95	0.00	338.99	8.65	17.30	54.50
10	9	0	1	18.21	17.46	18.01	18.24	323.26	101.77	10.73	0.00	326.16	7.35	14.70	45.47
11	6	0	2	18.20	17.86	18.01	18.11	325.62	101.83	10.99	0.00	331.44	5.65	11.30	34.70
12	3	0	1	18.00	17.96	18.45	18.14	328.94	101.57	11.45	0.00	342.70	8.20	16.40	49.86
13	8	0	1	17.58	18.25	17.96	18.31	324.89	101.89	11.44	0.00	345.59	7.65	15.30	47.09
14	2	1	0	18.42	18.11	18.24	18.08	331.69	101.85	12.87	0.00	380.96	8.70	17.40	52.46
15	2	0	2	18.00	18.04	17.84	16.57	310.03	102.03	11.29	0.00	356.91	6.35	12.70	40.96
16	8	0	0	18.14	18.27	18.36	18.33	333.97	101.47	10.91	0.00	321.94	7.45	14.90	44.61
17	7	0	1	17.63	18.33	17.99	16.86	313.30	101.65	12.12	0.00	380.57	5.50	11.00	35.11
18	4	0	2	17.53	17.80	18.15	17.93	318.68	101.45	11.63	0.00	359.73	7.40	14.80	46.44
19	3	0	1	17.74	17.65	18.26	17.47	316.12	101.70	12.19	0.00	379.17	8.40	16.80	53.14
20	6	1	0	18.19	17.89	17.66	18.17	323.19	101.53	12.69	0.00	386.74	5.70	11.40	35.27
21	2	1	2	17.84	18.02	18.01	17.67	319.87	101.46	14.19	0.00	437.23	3.50	7.00	21.88
22	9	0	0	18.34	18.27	18.44	18.33	336.54	100.35	11.03	0.00	326.61	8.20	16.40	48.73
23	7	0	0	17.58	18.23	17.42	18.22	319.07	101.67	11.61	0.00	357.90	8.35	16.70	52.34
24	9	0	2	17.97	18.37	18.44	18.07	331.69	100.61	11.12	0.00	333.22	5.30	10.60	31.96
25	8	0	2	18.26	17.60	18.41	18.24	328.57	101.53	10.73	0.00	321.65	5.45	10.90	33.17
26	5	0	1	17.63	18.12	17.29	17.70	312.72	101.45	10.93	0.00	344.51	6.50	13.00	41.57
27	4	1	0	18.16	18.47	18.14	18.20	332.78	101.54	11.29	0.00	334.11	8.00	16.00	48.08
28	7	1	0	17.68	18.35	18.09	18.22	327.06	101.44	10.87	0.00	327.63	7.05	14.10	43.11
29	6	0	0	18.04	17.24	16.78	17.97	306.50	101.64	11.01	0.00	353.43	8.70	17.40	56.77
30	4	0	1	18.22	18.16	18.83	17.76	332.79	101.50	11.66	0.00	345.20	7.40	14.80	44.47
31	7	0	0	17.84	17.31	17.90	16.97	306.42	101.53	10.99	0.00	353.25	6.20	12.40	40.47
32	9	0	1	18.10	17.87	18.26	18.43	329.93	99.93	11.30	0.00	342.73	7.10	14.20	43.04
33	4	1	3	17.93	17.51	18.34	17.92	321.26	101.60	12.42	0.00	380.51	4.25	8.50	26.46
34	2	0	3	18.67	18.83	18.63	18.99	352.69	101.63	12.36	0.00	344.83	4.40	8.80	24.95
35	9	0	2	17.99	17.56	18.29	18.11	323.51	99.34	10.71	0.00	333.26	6.35	12.70	39.26
36	7	1	0	18.15	18.50	17.83	18.00	328.29	99.66	13.25	0.00	404.98	5.10	10.20	31.07
37	8	0	0	18.38	17.88	18.16	18.40	331.42	99.58	11.41	0.00	345.73	8.10	16.20	48.88
38	3	0	2	18.23	17.88	18.19	18.10	327.61	101.68	10.78	0.00	323.62	5.95	11.90	36.32
39	7	0	2	18.11	17.87	17.76	18.22	323.64	101.62	11.24	0.00	341.76	3.25	6.50	20.08
40	1	0	0	18.29	18.57	17.16	18.48	328.42	101.72	10.58	0.00	316.70	6.70	13.40	40.80
41	2	0	0	18.29	18.58	18.27	18.41	338.10	101.51	11.41	0.00	332.46	8.40	16.80	49.69
42	4	0	3	17.68	18.01	18.20	17.90	322.10	101.64	10.05	0.00	306.98	3.25	6.50	20.18
43	7	0	1	18.59	18.29	18.22	18.31	336.81	99.61	12.91	0.00	384.81	7.65	15.30	45.43
44	6	0	1	18.02	18.18	18.08	18.26	328.88	99.58	11.63	0.00	355.12	9.25	18.50	56.25
45	6	0	2	17.75	17.97	17.74	18.01	319.25	99.43	10.19	0.00	321.02	6.30	12.60	39.47
46	3	1	0	18.30	17.68	18.08	18.31	327.33	101.53	12.04	0.00	362.28	7.55	15.10	46.13
47	4	1	0	18.15	18.15	17.78	18.32	327.61	101.51	13.75	0.00	413.47	4.80	9.60	29.30
48	2	1	1	18.19	18.13	18.41	18.44	334.60	101.63	11.87	0.00	349.06	8.10	16.20	48.42
49	1	0	3	17.08	15.90	18.33	18.24	301.52	99.76	10.76	0.00	357.72	4.80	9.60	31.84
50	5	0	3	18.26	17.82	18.30	18.14	328.69	101.66	11.11	0.00	332.49	5.70	11.40	34.68
51	3	0	2	17.90	17.69	18.00	17.48	315.68	101.53	11.06	0.00	345.07	5.60	11.20	35.48
52	5	0	1	17.45	18.46	18.32	17.75	323.82	99.61	11.08	0.00	343.51	6.45	12.90	39.84
53	5	0	0	18.13	18.16	18.45	17.95	330.24	101.39	10.54	0.00	314.79	8.10	16.20	49.06
54	5	0	1	18.26	18.22	18.04	18.19	330.42	101.54	11.59	0.00	345.45	8.20	16.40	49.63
55	9	1	1	18.30	18.25	18.14	18.16	331.69	99.81	11.03	0.00	333.17	5.50	11.00	33.16
56	3	0	1	17.37	18.05	17.51	18.25	316.65	99.57	10.26	0.00	325.41	5.30	10.60	33.47
57	2	0	1	18.37	18.48	18.39	18.43	339.20	99.55	11.84	0.00	350.63	8.15	16.30	48.05
58	3	0	1	18.39	18	18.46	18.37	335.06	99.54	11.11	0.00	333.11	7.40	14.80	44.17
59	2	0	1	17.86	18.42	18.09	18.08	328.06	101.51	10.92	0.00	327.91	5.10	10.20	31.09
60	1	0	0	18.45	18.21	17.68	17.61	323.43	99.57	10.50	0.00	326.04	8.00	16.00	49.47
61	4	0	1	18.39	18.02	18.31	18.23	332.61	99.47	10.84	0.00	327.65	8.55	17.10	51.41
62	5	0	2	18.04	17.65	17.8	18.22	321.39	99.49	10.15	0.00	317.44	6.80	13.60	42.32
63	5	0	0	18.11	18.03	17.85	18.01	324.00	101.55	11.02	0.00	334.94	8.70	17.40	53.70
64	2	0	2	17.52	18.55	18.5	17.55	325.08	99.69	11.16	0.00	344.37	3.55	7.10	21.84
65	5	1	1	18.41	17.87	18.03	18.36	330.06	99.47	12.22	0.00	372.21	7.35	14.70	44.54
66	3	0	0	18.24	18.44	18.26	18.13	333.70	101.57	11.15	0.00	328.97	8.80	17.60	52.74
67	1	0	0	18.56	18.09	18.33	17.9	331.96	101.60	11.39	0.00	337.71	8.25	16.50	49.71
68	2	1	1	17.76	18.24	18.24	18.04	326.52	99.60	12.17	0.00	374.22	7.85	15.70	48.08
69	1	0	2	17.98	18.54	17.72	18.54	331.05	99.58	11.11	0.00	337.01	8.30	16.60	50.14
70	4	0	3	17.63	17.4	17.66	18.16	313.69	99.71	10.01	0.00	320.03	5.15	10.30	32.83
71	9	0	0	18.39	17.88	17.97	18.54	331.05	99.16	10.52	0.00	320.46	8.15	16.30	49.24
72	5	0	3	18.06	17.69	17.49	18.35	320.32	101.53	10.56	0.00	324.70	5.80	11.60	36.21
73	7	1	1	18.47	18.42	18.35	17.96	334.87	99.54	17.42	0.00	522.61	2.55	5.10	15.23
74	5	0	2	18.18	18.21	17.2	17.74	317.87	101.61	12.06	0.00	373.39	6.85	13.70	43.10
75	4	1	1	17.3	18.31	18.09	17.55	317.29	101.71	14.28	0.00	442.50	4.75	9.50	29.94
76	3	0	2	18.16	18	18.04	18.21	327.70	101.56	11.92	0.00	358.16	6.20	12.40	37.84
77	4	0	1	18.09	18.59	18.45	18.09	335.07	99.91	11.74	0.00	350.69	8.20	16.40	48.94
78	7	0	2	17.71	17.78	18.01	17.87	318.35	101.49	10.65	0.00	329.63	4.35	8.70	27.33
79	6	1	1	17.79	17.43	17.47	18.17	313.81	101.64	11.90	0.00	373.09	5.95	11.90	37.92
80	1	0	2	17.31	18.3	18.43	18.5	328.77	99.77	10.					

Pořadové číslo	Pořadí na trámu	Vady		Podstava 1		Podstava 2		A [mm ²]	h [mm]	m [g]	w [%]	ρ [kg/m ³]	F _{odez.} [kN]	F _{skut.} [kN]	f _{c,0} [MPa]
		Suky (0-ne;1-ano)	Poškození hmyzem	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]								
86	8	0	0	17.89	16.94	17.09	18.13	306.68	101.58	10.44	0.00	335.13	7.40	14.80	48.26
87	8	0	2	18.21	18.29	18.35	18.21	333.61	99.51	11.10	0.00	334.36	4.10	8.20	24.58
88	6	0	2	17.88	18.24	18.3	17.97	327.52	99.52	10.89	0.00	334.10	6.00	12.00	36.64
89	9	0	0	17.75	18.36	18.36	18.17	329.77	99.64	11.41	0.00	347.24	9.90	19.80	60.04
90	3	0	2	18.58	17.7	17.9	18.51	330.24	99.66	11.43	0.00	347.29	4.55	9.10	27.56
91	9	0	1	18.24	18.41	17.77	18.31	330.58	99.21	11.05	0.00	336.92	7.35	14.70	44.47
92	8	0	0	18.44	18.31	18.18	18.39	335.99	99.86	11.32	0.00	337.39	9.20	18.40	54.76
93	7	0	2	18.03	17.46	17.84	17.44	313.02	101.46	10.66	0.00	335.65	3.95	7.90	25.24
94	8	0	2	18.32	17.78	17.96	18.18	326.16	101.70	10.38	0.00	312.93	4.25	8.50	26.06
95	1	0	1	18.1	18.16	18.31	17.73	326.70	101.52	11.32	0.00	341.30	7.10	14.20	43.46
96	8	0	0	17.33	18.62	18.28	17.31	319.87	101.53	10.77	0.00	331.63	8.40	16.80	52.52
97	7	1	2	18.06	17.63	17.76	17.95	318.62	99.79	11.39	0.00	358.23	6.85	13.70	43.00
98	6	1	1	17.3	17.66	17.77	17.26	306.16	101.64	11.29	0.00	362.81	6.85	13.70	44.75
99	6	0	0	17.98	18.25	18.49	18.08	331.23	99.43	11.07	0.00	336.12	8.95	17.90	54.04
100	7	0	1	17.83	18.16	17.96	17.18	316.17	101.50	11.19	0.00	348.69	8.35	16.70	52.82
101	8	0	1	17.8	18.2	18.12	17.88	324.00	101.25	11.22	0.00	342.02	8.85	17.70	54.63
102	1	0	3	18.03	17.71	18.25	18.29	326.48	101.62	11.28	0.00	339.99	5.35	10.70	32.77
103	8	0	3	18.21	17.8	18.04	18.06	324.99	101.61	10.95	0.00	331.59	5.10	10.20	31.39
104	6	1	0	17.99	17.79	17.44	17.89	316.03	101.57	11.00	0.00	342.69	8.00	16.00	50.63