

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUT OF FORENSIC ENGINEERING

ANALÝZA RIZIK NAPADENÍ DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ ŠKŮDCI

RISK ANALYSIS OF PEST INFESTATION OF WOODEN STRUCTURES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. Stanislav Brada

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Petr Šebesta

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Stanislav Brada

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Řízení rizik stavebních konstrukcí (3901T044)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza rizik napadení dřevěných konstrukcí škůdci

v anglickém jazyce:

Risk analysis of pest infestation of wooden structures

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce se bude zabývat anlyzou rizik napadení dřevěných konstrukcí dřevokaznými hmyzem a houbami. V práci bude zpracován přehled možných rizik, jejich příčin a návrhy na opatření k zabránění vzniku těchto rizik. Student bude vycházet z rozboru vad vybrané dřevěné konstrukce vzniklých dřevokaznými škůdci.

Cíle diplomové práce:

Cílem úkolu bude zpracovat přehled rizik vzniku vady dřevěné konstrukce napadené škůdci a návrh opatření pro jejich eliminaci.

Seznam odborné literatury:

PŘÍHODA, Antonín. LESNICKÁ KNIHOVNA. Houby a bakterie poškozující dřevo. Praha: SZN Praha, 1953.

ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK. Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba. 2. čes. vyd. Překlad Zlatuše Braunšteinová. Bratislava: Jaga, 2009, 196 s. ISBN 978-80-8076-080-92009.

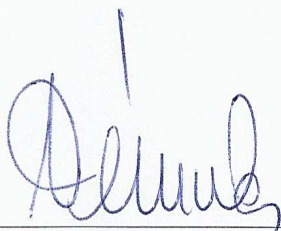
JEŘÁBEK, Jiří. Dřevěné konstrukce. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955.

VINAŘ, Jan. Historické krovy: typologie, průzkum, opravy. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 448 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3038-7

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Šebesta

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 24. 10. 2014



doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel vysokoškolského ústavu



Abstrakt

V diplomové práci je pojednáno o vzniku rizika dřevěných konstrukcí. Na konstrukce a jejich části působí spousta negativních činitelů, ti ovlivňují životnost konstrukce. Cílem práce je stanovit přehled rizik vzniku vady dřevěné konstrukce napadené škůdci a návrh opatření pro jejich eliminaci. Tyto kroky jsou blíže popsány v dílčích částech a příslušných procesech. Součástí práce je analýza FMEA, která zohledňuje vhodnou chemickou ochranu prvku, faktor před zabudováním do konstrukce. Analýza je užita z důvodu zlepšení životnosti konstrukce.

Abstract

The thesis deals with risks of defect occurrences in a wood construction. Wood constructions and their parts are exposed to a number of negative factors influencing their lifetime. The aim of the thesis is to give an outline of risks of defect occurrences in a wood construction attacked by pests and propose measures for their elimination.. These steps are closely described in the individual parts and processes. Part of the thesis is the FMEA analysis, resulting in appropriate chemical protection, a factor considered before incorporation into the construction. The analysis and its outcomes are important for improvement of the wood construction lifetime.

Klíčová slova

Dřevo, riziko, houba, plíseň, brouk, škůdce, konstrukce.

Keywords

Wood, risk, fungus, mold, beetle, pest, construction.

Bibliografická citace

BRADA, S. Analýza rizik napadení dřevěných konstrukcí škůdci. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2015. 69 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Šebesta

Prohlášení

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

V Brně dne.....

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Šebestovi, za trpělivost projevenou při zpracování práce. V neposlední řadě patří velký dík rodině, přítelkyni a přátelům, kteří přispívali zejména k uklidnění emocí při tvorbě.

Obsah

Úvod.....	10
1 Základní názvosloví	11
1.1 Části stromů.....	11
1.2 Skladba dřevin	12
2 Základní vlastnosti dřeva	15
2.1 Fyzikální vlastnosti dřeva.....	15
2.2 Mechanické vlastnosti dřeva	19
3 Typy dřevin s charakteristickými vlastnostmi	21
3.1 Měkké dřevo	21
3.2 Tvrdé dřevo.....	21
3.3 Druhy dřeva	22
4 Těžba, doprava a kontrola kvality dřeva	24
4.1 Těžba dřeva.....	24
4.2 Doprava	27
4.3 Kontrola kvality dřeva	29
5 Škůdci.....	32
5.1 Dřevokazné houby a plísně.....	33
5.2 Dřevokazný hmyz.....	40
5.3 Řád brouků	41
5.4 Řád blankokřídlí	46
6 Ochrana dřeva	49
6.1 Konstrukční ochrana dřeva.....	49
6.2 Chemická ochrana dřeva	51
7 Analýza pomocí metody FMEA	58
7.1 Základní údaje metody	58

7.2	Aplikace metody FMEA.....	59
7.3	Závěr analýzy	65
8	Závěr.....	66
9	Literatura	67
9.1	Publikace	67
9.2	Internetové odkazy	68
10	Seznamy	69
10.1	Seznam obrázků	69
10.2	Seznam tabulek	69

Úvod

Dřevo je jedním z nejstarších konstrukčních materiálů. Mezi jeho hlavní výhody patří snadná opracovatelnost, dobré stavebně mechanické vlastnosti a obnovitelnost jako zdroje materiálu pro stavební konstrukce. Dřevo patří mezi přírodní surovinu, která podléhá opotřebení a stárnutí. Životnost konstrukce ovlivňuje mnoho faktorů (skladba konstrukce, manipulace s prvkem před osazením do konstrukce i vitálnost lesa). Jedním z nejdůležitějších faktorů

je vlhkost. Následkem vlhkosti vzniká možnost napadání konstrukce dřevokazným hmyzem, houbami i plísněmi. Cílem práce je zpracování přehledu rizik vzniku vady dřevěné konstrukce napadené škůdci a návrh opatření pro jejich eliminaci

Díky návaznosti poznatků a rozšiřování informací máme k dispozici řadu staveb, které setrvávají již staletí. Mezi takové stavby řadíme například roubenky, hrázděné stavby, atd. V době, tehdejší výstavby nebyly chemické přípravky a i přes tuto neznalost konstrukce plnily svoji životnost řadu let. Konstrukční spoje vznikaly na základě dostupných možností, jako byly dřevěné čepy a ozuby. Následně bylo přikročeno ke kovovým spojům, jako jsou hřebíky a kramle. V minulosti se pro ochranu dřeva užívala nejčastěji volská krev, včelí vosk, opalování i kaseinové tempéry. Volská krev se nanášela samostatně nebo s dalšími přísadami (moč, sůl, saze, fermež). [1] Včelí vosk se užíval nejčastěji v interiéru a zajišťoval vyšší kvalitu povrchu. Sloužil tedy přednostně k povrchové úpravě. Opalování se užívalo nejčastěji u prvků vystavených nepříznivým vlivům – kůly zaražené do země, koryta pro transport vody. Po vydlabání koryta se vykutaná surovina vložila zpět a zapálila, tím byla ochrana dokončena. Kaseinová tempera je tvořena olejem, vodou a tvarohem (plnil funkci pojiva). [2]

Dřevo patří mezi obnovitelný zdroj stavebního materiálu a sledujeme množství přírůstků vůči těžbě. Aby byl cyklus v mezích udržitelného rozvoje, nesmí se vytěžit více než je les schopen obnovit. Od dob Marie Terezie došlo k nárůstu plochy lesů o dvojnásobek. V současné době nedochází k rapidním změnám zalesněné plochy. V roce 2011 došlo k vytěžení 15,4 milionu kubíků dřeva. V roce 1956 pouze 9 milionů. Pro udržitelný rozvoj je kapacita roční těžitelnosti České republiky na hranici 16 milionů kubíků. [3]

1 Základní názvosloví

- dřevo – organická hmota tvoří spolupůsobením kmen a větve,
- dřevina – jedná se o víceleté dřeviny, které se dělí do 3 kategorií – nahosemenné jehličnany, krytosemenné dvouděložní listnáče a jednoděložní bambusy a palmy,
- stromy – dřevina s vysokým vzrůstem a přímou osou, která se rozšiřuje v koruně,
- keře – nízká dřevina, z hlediska dřevařského bezvýznamná,
- polokeře – dřevnatí pouze kmenová část např. bylinky. [4, s. 4]

1.1 Části stromů

1.1.1 Koruna

Skládá se z větví, které slouží pro výrobu štěpky (štěpka slouží jako palivo pro energetiku), dřevovláknitých desek (tvorba překližek). [4, s. 4] Voda stoupá přes kmen do koruny stromu a živiny směřují opačným směrem. Zdrojem je slunce a oxid uhličitý s následnou fotosyntézou a tvorbou kyslíku. [5, s. 10]

Riziko

Při růstu stromu a vysokém větru je hlavním rizikem ulamování větví - vznik růstových vad, suků apod. V koruně dochází k soustředění větví a častějšímu vzniku suků. Suky ovlivňují mechanické vlastnosti a dle typu suku dochází i k jejich vypadávání.

1.1.2 Kmen

Využívá se pro dřevařské účely a je hlavním produktem při těžbě dřeva. Jedná se o ušlechtilý materiál. Délka, tvar a pevnost závisí na typu dřeviny, kvalitě půdy a způsobu údržby lesního porostu. [4, s. 4]

Riziko

Dřevo z polomů je oslabeno trhlinami, to má za následek snížení únosnosti. Polomové dřevo není vhodné využívat pro tvorbu konstrukcí (využití jako zdroj energie).

1.1.3 Kořenový systém

Zajišťuje stabilitu stromu a současně plní předávání výživy z půdy do ostatních částí. Průmyslové využití této části není možné. Kořeny zůstanou v lese a vlivem rozkládání znamenají přísun výživy pro další generaci stromů. [4, s. 4]

Riziko

Doprava dřeva v zalesněné části sebou nese značné riziko poškození kořenového systému okolních stromů. V ohledu na poničení okolních stromů provádíme dopravu dřeva v období sucha (zem vykazuje vyšší mechanické odolnosti). Dalším předpokladem snížení rizika volíme vhodnou velikost stroje s ohledem na druh dopravované hmoty (nedochází k předimenzování stroje). Vlivem poškození kořenového systému dochází k degradaci celého stromu a vyššímu riziku napadení dřevokaznými škůdci. [4, s. 4]

1.2 Skladba dřevin

1.2.1 Kůra

Kůra obklopuje dřevo po obvodu a chrání je před mechanickým poškozením a atmosférickými vlivy. Barva kůry je tmavší než dřevní hmota a vytváří prstenec. „*Kůra se skládá ze dvou základních vrstev – vnější (vlastní kůra) a vnitřní lýko.*“ [6, s. 6]

Vzhled kůry závisí na tom, kde strom roste a v jakém vitálním stavu se nachází. U mladých stromů je kůra hladká a postupem času odumírá, následně vznikají trhliny. Staré části se postupně odlupují, to je způsobeno odumíráním. Každý strom má svoji specifickou strukturu kůry a podle tohoto aspektu lze stromy rozeznávat. [4, s. 6-7]

V klimatických podmínkách České republiky se udává procentuální podíl kůry na celkové skladbě 6-25%. Množství kůry s věkem klesá. U starších porostů kůra obsahuje cca 10%. [4, s. 7]

Riziko

Kůra slouží jako ochranný plášť. Při narušení kůry vzniká oslabení stromu. V ráně lze očekávat sníženou odolnost vůči abiotickým a biotickým činitelům. [4, s. 6]

1.2.2 Kambium

Dělí od sebe lýko (vnitřní část kůry) a dřevo. Kambium lze spatřit například při odkorňování dřeva, kdy kmen je pokryt slizem. [4, s. 8]

Riziko

Kambium zajišťuje vyplnění řezných ran a při špatné funkci dochází ke vzniku suchých ploch. V suchých plochách dřevo vykazuje slabou rezistenci vůči okolnímu prostředí. Malé stromy chráníme přibližně do 5 let a právě v tomto intervalu dochází k porušení kambia lesní zvěří.

1.2.3 Dřeň

Dřeň je důležitá v počátku stadia růstu. Během prvního roku slouží k vedení vody. Po přibližně roce přebírá tuto funkci dřevo. Časové využití dřene závisí na typu stromu (u dubu plní svoji funkci i 10 let). Bývá uložena ve středu stromu, ale není to pravidlem. Jakmile přestane plnit svoji funkci, dojde k umírání této složky. [4, s. 8]

Riziko

Dřeň má velice špatné mechanické vlastnosti, to ovlivňuje negativně použití dřevní suroviny. V průběhu vysychání dochází ke tvorbě prasklin, to je u řeziva nepřijatelné. [4, s. 8]

1.2.4 Letokruhy

Letokruh nám udává přírůstek dřeva za jeden rok. V době vegetativního klidu dřevo nepřirůstá a díky tomu je z řezu patrný letokruh. V oblastech, kde jsou stromy stále zelené a mohou růst po celý rok, nejsou letokruhy patrné. Jedná se o území blízká tropickým oblastem. I v těchto oblastech mohou být letokruhy znatelné, ale nevypovídají o střídání ročních období. Anomálie je způsobena například dobou sucha. Průměrná tloušťka letokruhu činí 5 mm až 10 mm. za rok. Základním poznatkem z letokruhu (v našich klimatických podmínkách) je možnost stanovení věku stromu. Obor zabývající se zjištěním a stanovením stáří dřevin nese název Dendrochronologie. [4, s. 9]

Riziko

V České republice nemusí být letokruhy patrné. U slabých, silně zastíněných podúrovňových dřevin, poraněním kmene nebo koruny nemá strom dostatek energie k růstu a vzniku letokruhu. [4, s. 10]

1.2.5 Suky

Suky jsou součástí každého stromu. Směr suku je víceméně kolmý. Velikost, směr a počet suků závisí na různých aspektech. Sukovitost ovlivňuje stanoviště růstu a výška, v které části stromu se nachází. Největší počet suků je zastoupen v koruně stromů. Suky se vyskytují přirozeně v každé dřevině a narušují strukturu suroviny. [4, s. 19-20]

Riziko

U řeziva jsou suky nežádoucí a to z důvodu mechanických vlastností i estetické celistvosti. Narušují přímý průběh vláken a snižují jeho únosnost. V kvalitním řezivu jsou suky nežádoucí. [4, s. 19-20]

2 Základní vlastnosti dřeva

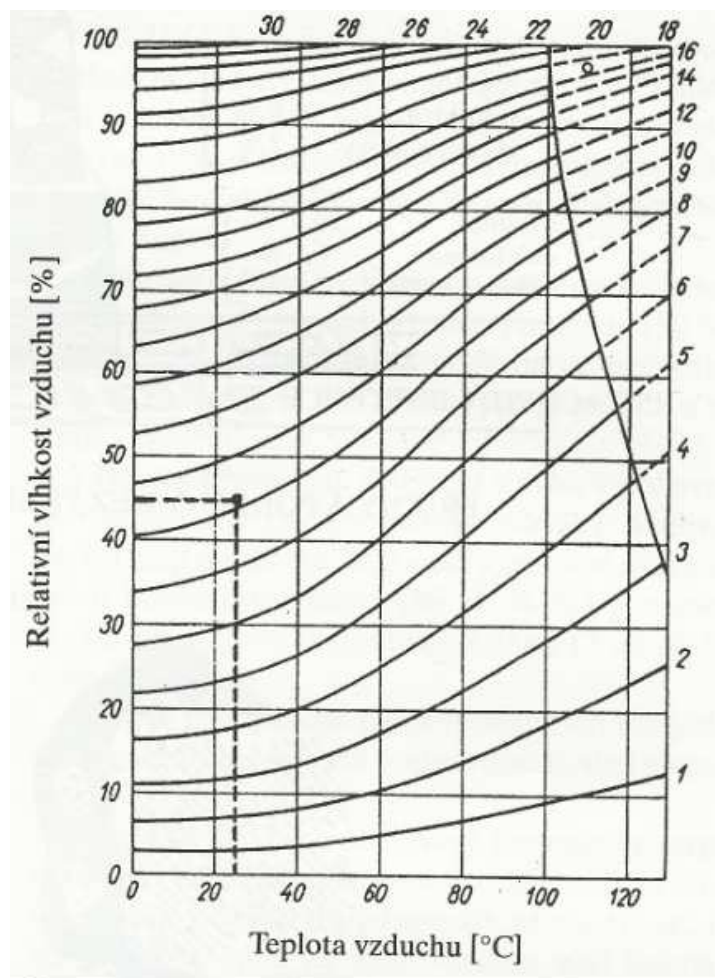
Dřevo je nehomogenní anizotropní materiál vykazující řadu anomálií ve struktuře. Na množství těchto nestejnorodostí se podílí spousta faktorů. Základní rozdělení vlastností lze stanovit podle daného druhu stromu. Stejný druh dřeviny nevykazuje stejné vlastnosti, neboť se na vlastnostech podílí mnoho okolních vlivů. Mezi základní vliv, určující kvalitu suroviny patří postavení stromu vůči ostatním. Počasí a délka jednotlivých vegetativních období ovlivňuje například rozměry přírůstku jarního a letního dřeva, kde letní vykazuje vyšší tvrdost, jelikož roste pomaleji. Jedním z ukazatelů kvality dřeva je bezesporu hustota. Vysoká hustota má za následek pomalejší přírůstek dřevní hmoty a delší dobu růstu. [7, s. 164]

2.1 Fyzikální vlastnosti dřeva

2.1.1 Vlhkost dřeva

Každé dřevo obsahuje vodu. Při růstu dřeva je nezbytná pro jeho existenci. Po těžbě dojde ke snížení případně i zvýšení jeho vlhkosti. Ke zvýšení může dojít například při zplavování dřeva nebo ponechání suroviny v lese. Zvýšení vlhkosti působí negativně na roztoče a považovalo se za jednu z ochran čerstvého dřeva (utopí se). Měření vlhkosti rozeznáváme dvojího typu a to relativní a absolutní. Pro konstrukce se doporučuje dřevo vysušit na úroveň 12% absolutní vlhkosti. Snížením vlhkosti eliminujeme riziko napadení houbami a plísněmi. Proč právě 12% vlhkosti? Odpověď na tuto otázku je jednoznačná a vychází z vlastností vnitřního prostředí budov. Mezi běžné klimatické podmínky interiéru patří teplota 20°C a relativní vlhkost vzduchu 65%. Za tohoto stavu dojde k rovnovážnému množství vody ve dřevě na již zmiňovanou hodnotu 12%. [7, s. 97]

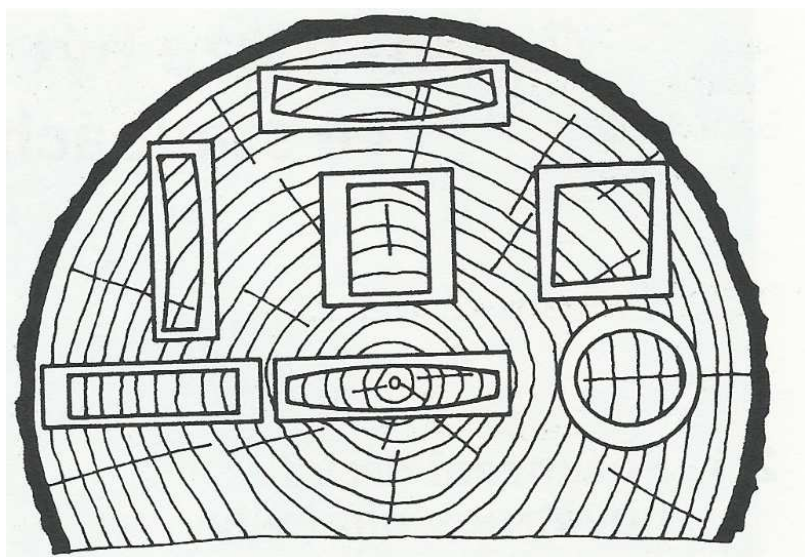
- **Absolutní** znamená podíl hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu, k podílu hmotnosti vody.
 - **Relativní** znamená podíl hmotnosti vody k hmotnosti mokrého dřeva.
- [7, s. 97]



Obrázek 1 Závislost vlhkosti vzduchu na vlhkosti dřeva [5, s. 12]

Rozdělení vody ve dřevě

- „**Chemicky vázaná voda** je součástí chemických sloučenin. Nelze ji ze dřeva odstranit sušením, ale pouze spálením. Zjišťuje se při chemických analýzách dřeva a její celkové množství představuje 1% až 2% sušiny dřeva. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností nemá žádný význam. [4, s. 99]
- **Voda vázaní–hydrokopická** se nachází v buněčných stěnách a je vázána vodíkovými můstky na hydroxidové skupiny OH amorfni části celulózy a hemicelulóz. Voda vázaná se ve dřevě v průměru vyskytuje při vlhkostech 0-30%.“ [4, s. 33] Při tvorbě charakteristiky fyzikálních vlastností má značný význam.
- **Voda volná – kapilární** vyplňuje i prostor mezi buňkami a vyskytuje se pouze s vodou vázanou (při vlhkostech nad 30%). Pro fyzikální a mechanické vlastnosti má menší význam než voda vázaná. [4, s. 99]



Obrázek 2 Změny tvaru dřeva na příčném řezu kmene v důsledku sesychání [5, s. 13]

Riziko

Voda ovlivňuje mechanické vlastnosti a z hlediska životnosti a únosnosti působí spíše negativně. Vlhké dřevo je náchylnější na hnilobu (houby a plísně). [4, s. 115-116] Změna vlhkosti sebou nese nežádoucí vlastnost dřeva a to změnu tvaru vlivem sesychání, případně bobtnání. Z obrázku je patrná deformace jednotlivých výřezů v závislosti na umístění v kmeni (středový, tangenciální). [5, s. 13]

2.1.2 Trhliny

Tvrdé dřevo praská častěji než dřevo měkké. Po odkornění vysychá materiál rychleji, to vede k možnosti vytvoření trhlin v celé ploše kulatiny. Při neodkornění dochází vlivem zapaření vzniku hub ovlivňujících barvu povrchu. Trhliny dělíme na povrchové a vnitřní. Vnitřní vznikají zpravidla v suškách, kde dojde k rychlejšímu vysychání středu dřeva. [8, s. 40-41]

Riziko

Rychlým vysycháním vznikají trhliny, které degradují surovinu. Bránit trhlinám můžeme pozvolným vysycháním a nevystavování dřeva přímému slunečnímu záření. Nutno snižovat vlhkost dřeva pod hodnotu 20%. [8, s. 40-41]

2.1.3 Hustota dřeva

Hustota dřeva patří ke klíčovým vlastnostem. Ovlivňuje ze všech vlastností nejvíce mechanickou odolnost suroviny. Nevýhodou porovnávání vlivem hustoty je zkreslení, které vzniká různou hodnotou vlhkosti dřeva. Tvrdé dřeviny vykazují vyšší hustotu a měkké nižší hustotu dřeva. Základní stanovisko pro kvalitní dřevinu – čím déle roste tím má z pravidla vyšší hustotu a lepší mechanické vlastnosti. [4, s. 117-120]

Riziko

Stanovené hustoty závisí na vlastnostech dřeva, ale hodnotu zkresluje obsah vody. Při správném stanovení hustoty je třeba přihlédnout k množství vody ve dřevě. [4, s. 16-20]

2.1.4 Tepelné vlastnosti dřeva

Mezi základní vlastnost dřeva řadíme jeho tepelnou vodivost. Závisí na typu dřeva a součinitel tepelné vodivosti značíme λ [W/mK]. Hodnota součinitele kolísá přibližně v rozsahu 0,17 až 0,339 [W/mK]. Vlivem teplotních změn dochází i k deformacím dřeva. Pro označení této fyzikální vlastnosti užíváme symbol α [K⁻¹], který udává informace, o jaký rozměr se těleso změní, změní-li se teplota o jeden Kelvin. Vliv roztažnosti závisí na směru ke struktuře dřeva. Nejvyšší deformace vykazuje ve směru kolmém na vlákna (šířka dřeva). [4, s. 121-124]

U teplotní roztažnosti hrozí vlivem sesychání a roztahování k deformacím. Tyto deformace vznikají například u obložených stěn v exteriéru. V letním období dřevo pracuje a zvýšením teploty dojde k jeho roztažnosti. Pro obklad těchto konstrukcí se nejčastěji užívají palubky. Palubky osazujeme do konstrukce tak, aby mezi nimi vznikla mezera, která tyto deformace přenesou. Tímto krokem dojde k odstranění deformací a zabránění poškození konstrukce. [4, s. 12-124]

Riziko

U dřevostaveb slouží surovina jako nosný prvek. Vlivem snížení tloušťky tepelné izolace v místě nosného dřevěného prvku vznikají tepelné mosty. Tento aspekt je nutno zohlednit při návrhu konstrukce a zabránit vzniku těmto mostům (užití předsazené vnější vrstvy tepelné izolace). [4, s. 121-128]

2.1.5 Akustické vlastnosti dřeva

Dřevo patří mezi materiál s dobrými akustickými vlastnostmi, vykazuje dobrou tlumící schopnost. Akustika závisí na vlhkosti, teplotě, hustotě a modulu pružnosti. Rychlost šíření zvuku je závislá na hustotě a modulu pružnosti (čím větší modul pružnosti a nižší hustota, tím vyšší šíření zvuku). Využívá se na výrobu hudebních nástrojů. [9, s. 113-116]

2.2 Mechanické vlastnosti dřeva

Dřevo je přírodním materiálem a v době růstu jej ovlivňuje sousta faktorů. Tyto faktory ovlivňují i mechanické vlastnosti. Nehomogenita má za následek různé vlastnosti v odlišných částech řezu prvku. [4, s. 134]

Mezi základními mechanickými vlastnostmi dřeva patří pružnost, pevnost, plasticita a houževnatost, ostatní vlastnosti odvozujeme (tvrdost, odolnost proti únavovému lomu). [4, s. 134]

Riziko

Z výše uvedeného vyplývá:

- Využíváme pouze materiál stejné kvality.
- Kontrolujeme celistvost a homogenitu prvků vstupujících do konstrukce. [4, s. 134]

2.2.1 Mechanické namáhání

Na těleso působí spousta vnějších vlivů v průběhu času. Mezi základní reakce patří vlivy mechanické, vlhkostní, tepelné a případně další. Vlivem těchto událostí těleso zaznamenává změny tvaru a to dočasné i trvalé. Nejvýznamnější vliv na těleso vykazuje mechanické zatížení spolu s vlhkostním zátěží. [4, s. 134-135]

2.2.2 Pružnost a pevnost dřeva

Při zatížení a následném uvolnění napětí se vrací prvek do původního stavu před zatížením, toto zatížení konstrukce probíhá v pružné oblasti pracovního diagramu. Zatížení dělíme dle způsobu působení na normálové (tah, tlak, ohyb) a smykové. Do statických výpočtů vstupují tyto hodnoty modulů pružnosti: [4, s. 140]

- ve smyku 100 až 2 000 MPa (dle typu dřeviny a směru vláken),

- v ohybu 13 900 MPa (dle typu dřeviny a směru vláken),
- v tlaku 10 000 – 15 000MPa (dle typu dřeviny a směru vláken). [4, s. 142]

Riziko

- Při mechanickém poškození dřeviny (například vlivem polomů) dojde k porušení vláken a jejich schopnosti vykazovat odpor vůči zatížení.
- Při překročení meze pevnosti dochází nejprve k porušení v tlačené části, neboť v tlaku vykazuje dřevo nižší schopnost odporu, následně dojde k prasknutí v tažené spodní části prvku.
- Se stoupající vlhkostí se snižuje modul pružnosti. [4, s. 145-146]

2.2.3 Ohýbatelnost dřeva

Z dřeva lze vytvářet oblé konstrukční prvky. Pro optimální ohýbací cyklus užíváme paření nebo vaření dřeva. Ohybatelnost znamená schopnost ohnout dřevo do požadovaného tvaru, bez poškození jeho struktury.

Riziko:

Při ohýbání může dojít k porušení vazby mezi buňkami. Z tohoto důvodu dodržujeme konstrukční postupy příslušných metod při ohýbání.

3 Typy dřevin s charakteristickými vlastnostmi

Dřeviny dělíme v první řadě dle mechanických vlastností. Od těchto vlastností se odvíjí vhodné konstrukční využití. S ohledem na mikroklima a polohu za zeměkouli lze stanovit nejčastější výskyty těchto dřevin. Jehličnaté stromy rostou častěji v severských zemích. Listnaté stromy a tudíž tvrdé dřevo naopak v mírnějších pásmech. [10, s. 39]

Riziko

Struktura materiálu ovlivňuje jeho vlastnosti a závisí na podmínkách růstu. Vlastnosti skutečného prvku se mohou lišit od těch typických následky počasí a podmínek růstu. Konečný produkt má své charakteristické vlastnosti, které je nutno ověřit měřením. [10, s. 34-37]

3.1 Měkké dřevo

Měkké dřevo produkují většinou jehličnaté stromy. Jedná se o stromy, které rostou rychleji a mají rovnější kmeny než dřeviny tvrdé, jsou tedy vhodnější pro rychlé zalesnění. Nižší tvrdost má za následek nižší objemovou hmotnost, která se pohybuje přibližně do 650 kg/m^3 . Při růstu dřeviny vznikají barevné odlišnosti mezi dřevem rostoucím na jaře a v létě (letní část má vyšší únosnost). Letní dřevina vykazuje vyšší tvrdost oproti jarní, neboť na jaře je z pravidla přírůstek dřevní hmoty vyšší. Jehličnaté stromy se vyskytují v severních částech zeměkoule. [10, s. 39]

Riziko

Měkké dřevo vykazuje menší pevnost, z tohoto důvodu jsou konstrukce větších průřezů. Vliv tvrdosti dřeva na degradaci není jednoznačný – tvrdé dřevo vykazuje i nižší životnost než měkké. [10, s. 40]

3.2 Tvrdé dřevo

Dřevo získáváme z listnatých stromů. Listí v zimním období opadá a na jaře vzniká nové. Roste oproti měkkému pomaleji a vyznačuje se vyšší hustotou většinou nad 650 kg/m^3 . Delší doba růstu má za následek vyšší cenu suroviny. Tento typ suroviny užíváme na konstrukce s nutností velké životnosti a únosnosti, případně pro zušlechťování měkkého dřeva (dýhy). [10, s. 40]

3.3 Druhy dřeva

Jsou známy velké počty dřevin po celé planetě. V našich klimatických podmínkách nemohou růst všechny, a proto budou uvedeny stromy, které se často vyskytují v našich oblastech. [10, s. 41-51]

Bříza

Jedná se o středně tvrdé dřevo, které se jako konstrukční často nepoužívá, neboť je náchylné na škůdce. Surovina je vhodná pro výrobu nábytku. Jako konstrukční prvek se užívá tento typ dřeviny spíše výjimečně. Bříza se užívá jako surovina sloužící k výrobě překližek. [10]

Jedle

Jedná se o měkké dřevo, které se vyznačuje dobrou odolností proti vodě. Odolnost proti střídání klimatickým podmínkám není vysoká (podléhá houbám a plísním). Mezi vhodnou vlastnost lze zařadit pružnost. Tento typ dřeviny se nejčastěji využívá pro výrobu nábytku, dříve se užívala k výrobě lodí. [10, s. 41]

Topol

Patří do kategorie měkkého dřeva. Jedná se o rychle rostoucí dřevinu, která rychle praská a není odolná vůči vodě. Užívá se spíše v interiéru na nábytek a výrobu překližek. [10, s. 41]

Modřín

Řadíme jej do kategorie tvrdého dřeva. Po vysušení patří mezi materiál dobře odolávající proti škůdcům a vlhkosti. Z tohoto důvodu užíváme dřevo modřínu na výrobu oken, lodí i mostů. [10, s. 47]

Borovice

Jedná se o středně tvrdé dřevo. Mezi nevýhodu toho to materiálu patří průběh vláken dřeva (obtížné zpracování rovných konstrukčních prvků). Využívá se k výrobě oken i nábytku. [10, s. 49]

Dub

Tento druh dřeviny řadíme do skupiny tvrdých. Jedná se o vysoce kvalitní dřevo užíváno na podlahy, schody i piloty. Dřevo u pilot trvale zavodněných vykazuje vysokou životnost. Mezi nevýhodu řadíme jeho černání vlivem ocelových prvků (například hřebíků).
[10, s. 50]

Buk

Řadíme jej do kategorie tvrdého dřeva. Jedná se o listnatý strom. Ve styku s vodou tmavne a černá – nevhodné do exteriéru. Snadno se ohýbá a je vhodný pro ohýbaný nábytek.
[10, s. 45]

4 Těžba, doprava a kontrola kvality dřeva

4.1 Těžba dřeva

Jedná se o proces, který patří mezi prvotní při získávání dříví. Z hlediska možnosti rozvoje škůdců z již vytěženého dříví je vhodné těžít surovinu v zimě. Nedojde k rozvoji škůdců například po přejímce, kdy dřevo nevykazuje napadení dřevokaznými houbami ani hmyzem. [7, s. 79]

Riziko

Z hlediska rizika napadení škůdci volíme podle typu dřeviny dobu těžby. Těžbu, kdy se škůdce nerozvíjí, volíme v zimě s ohledem na následné napadení v průběhu dopravy z lesa. Po pokácení dříví nedochází k napadení škůdci. V případě nezbytnosti těžby v letním období klademe důraz na rychlost dodávky. [7, s. 79]

4.1.1 Kácení

Kácením rozumíme oddělení spodní části stromu(kmene) od horní části. Kácení má být bezpečné a šetrné jak k okolnímu porostu, tak pro dané pracovníky. Při této činnosti je třeba dbát zvýšené bezpečnosti při práci. [7, s. 38]

Riziko

Při kácení vzniká nejvyšší riziko poškození okolního porostu i pracovníků. Kácet lze pouze za předpokladu dodržení technologického postupu a bezpečnosti práce na pracovišti. Dodržujeme technologické postupy v předem určeném pořadí. Kácení suroviny provádíme s ohledem na okolní porost a pád směřujeme do míst s nejnižší možností poškození jak káceného stromu, tak okolí. [7, s. 79-80]

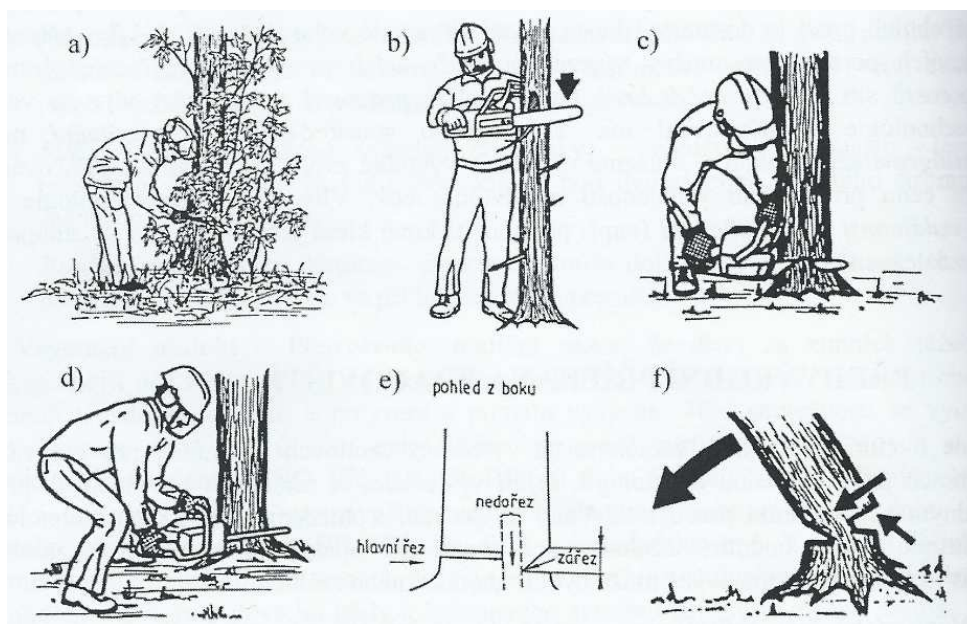
Pro kácení nejčastěji využíváme motorové pily případně harvestor. Tato mechanizace odděluje stromové části řezáním. Dalším možným způsobem kácení je pomocí stříhu, kdy na harvester osadíme hlavici pro stříh. [7, s. 38]

Motorová pila

Jedná se o benzínové motorové pily dvoutaktové. Na pile je osazena lišta s řetězem. Stroj volíme podle velikosti řezaného stromu. Pro malé stromy jsou vhodné lehčí pily s kratším řetězem a naopak. Při práci s motorovou pilou prochází těžař příslušným školením

a drží se stanovené bezpečnosti práce a užívá ochranné pomůcky. Mezi pomůcky patří pracovní oděv, obuv s protiskluzovou podrážkou, ochranné rukavice, ochranná přilba s chrániči sluchu a zraku, obvazový balíček a opasek se samonavíjecím pásmem, průměrka, křída. [7, s. 41-43]

V české republice bylo v roce 2005 pokáceno motorovou pilou 89% dříví. Tento podíl bude neustále snižován užíváním lepší technologie. Práce s motorovou pilou je v nevhodné poloze z hlediska výšky kmene. To má za následek nízkou produktivitu práce. [7, s. 41-43]



Obrázek 3 Postup kácení motorovou pilou: a - úprava okolí, b - odstranění větví, c - provedení záseku, d - provedení hlavního řezu, e - schéma provedení základního řezu, f - uvedení stromu do pádu [7, s. 38]

Riziko

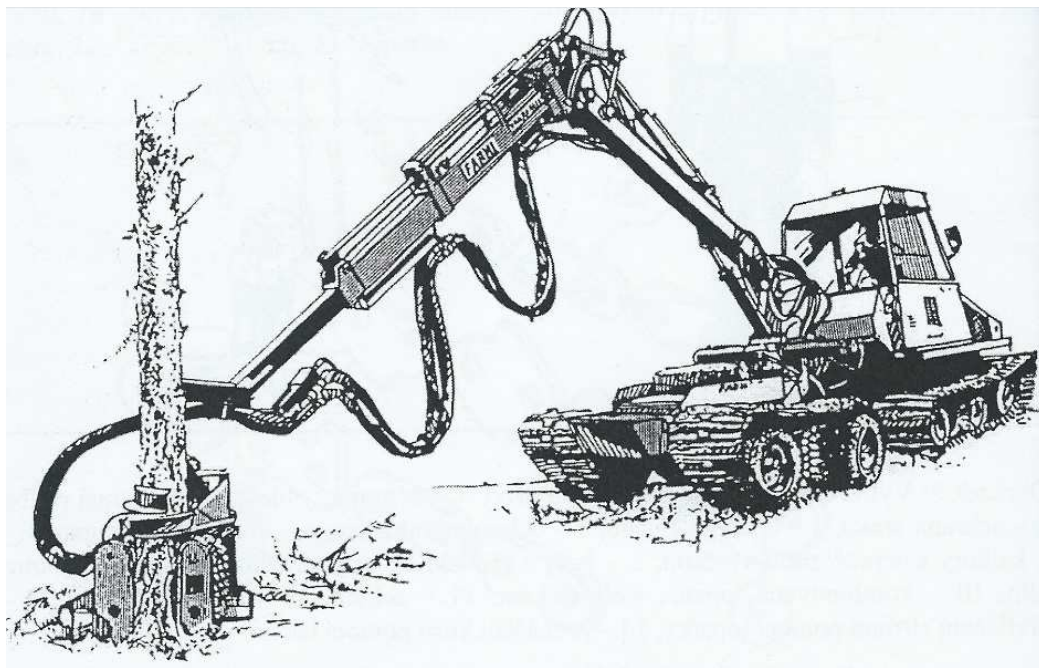
Hlavní riziko při kácení suroviny vzniká při pádu stromu a manipulaci s motorovou pilou. Obrázek 3 vyznačuje správný postup těžby. Z motorové pily nesmí unikát provozní kapaliny a to z důvodu znečištění životního prostředí. [7, s. 41-44]

Harvestor

Harvestor je těžební stroj velkých rozměrů. Jedná se o zařízení sloužící k vyšší bezpečnosti a efektivitě práce. Pracovník sedí v kabině stroje a nedochází k přímému kontaktu jako u motorové pily. Snahou do budoucna je těžít až 40% těmito stroji. V současné době se provádí kácení pomocí tohoto stroje jen v mýtinách a okrajových částech lesa (velké rozměry a možnost poškození okolního porostu). [7, s. 44-46]

Riziko

Nevýhody a možná rizika nesoucí pomocí této mechanizace je porušování okolního porostu, neboť zařízení vykazuje velké rozměry. Při nevhodných klimatických podmínkách dochází k vytváření kolejí a poškozování okolních rostlin. Využít tyto stroje lze pouze do určitého sklonu. Sklon se odvíjí dle jednotlivých výrobců zařízení, přibližně činní 10% v podélném směru a 35-45% v příčném směru. [7, s. 44-46]



Obrázek 4Harvestor [7]

4.1.2 Odkorňování

Odkorňování dříví se v místě těžby provádí pouze v odůvodněných případech. Mezi účelné se řadí za předpokladu nakažení podkorním škůdcem. Pro odkornění na místě užíváme ruční škrabky, případně nástavce na motorové pily. [7, s. 39]

Riziko

Odkorněné dřevo rychleji vysychá. Rychlé vysychání má za následek vznik trhlin. Z těchto důvodů chráníme odkorněné dřevo před přímým slunečním zářením. Dřevo neodkorněné vysychá rychle pouze v čelech – nepraská v celé části (kůra zpomaluje vysychání).

4.2 Doprava

Dopravou dřeva se rozumí převoz z místa růstu do místa zpracování dřeva. Odvětví dopravy lze rozdělit do dvou částí a to na dopravu v lese a silniční (po veřejné komunikaci). Při shromažďování dřeva v lesním porostu je nutno udržovat lesní komunikace, které tvoří nezpevněný terén. Porost je oddělen spojovacími linkami, které umožňují soustředění dřevní hmoty s ohledem na okolní stromy. Při dopravě v lese je nutno dbát zvýšené pozornosti na kvalitu terénu, neboť lesní komunikace bývá často narušena erozí případně vodou. Soustředění dřeva se doporučuje při vhodných klimatických podmínkách s ohledem na možnou destrukci těchto cest. Šířka komunikací musí umožňovat dopravu traktory, které surovinu shromažďují. [11]

Riziko

- U dopravy vzniká možnost mechanického poškození – nevhodná manipulace.
- Dřevo je účelné kotvit tak, aby byla zajištěna doprava bez pohybu hmoty na dopravním prostředku.
- Vlivem pohybu a nárazu dochází ke znehodnocení dřeva a nebezpečí pádu suroviny z dopravního prostředku.

Traktor

Stroje užívané v lesním porostu musí vykazovat dobrý technický stav bez úniku provozních kapalin (nafta, olej). Oproti koňskému spřežení vykazují vyšší nároky na přístupové cesty. Mechanizace má za následek časové zkrácení práce. Konstrukce prostředku umožňuje náhon na všechna kola. Nedílnou součástí stroje je naviják, případně sklopný drapák (umožňuje nakládání suroviny) a řetězy. [11, s. 30-35]

Riziko

- Při užití mechanizace dochází k narušování terénu. Užíváme stroje s optimálními rozměry pro danou činnost.
- Směr dopravy volíme s ohledem na možnosti porušení okolního porostu a terénu.
- Při špatných klimatických podmínkách je velice obtížné soustředění dřevní suroviny. Dbáme tedy na okolní krajinu.

- Při soustředění dříví v porostu vzniká vysoké riziko poškození kořenového systému okolních stromů. To má za následek snížení kvality budoucí dřeviny. [11, s. 30-35]

Ostatní způsoby odvozu dřeva z lesa

- doprava dřeva po vodě,
- lanové systémy.

Odvoz dřeva mimo les

- nákladní automobily,
- železniční doprava.

4.2.1 Škody na porostu způsobené dopravou

Riziko

Při soustřeďování dřeva v zalesněné oblasti vzniká riziko porušení okolního porostu. Vlivem užívání mechanizace dochází k poškození nejčastěji v místě těžby a dopravních linek. S ohledem na rozměr dřevní hmoty volíme optimální mechanizaci (na malé stromy malé stroje a naopak). Poraněné stromy trpí zejména v místě odkornění. Hniloba se nejlépe šíří v nadzemní části. V kořenech k této destrukci dochází pomaleji. Na poškození má velký vliv i doba těžby, kdy v letním období může být poškozena až 50% okolního porostu a v zimním období pouze 15%. [11, s. 115-121]

Další riziko, které musí být zohledněno při těžbě materiálu, jsou okolní plodiny. Plodiny mohou být porušeny vznikem hlubokých kolejí, který naruší kořenový systém a dojde k destrukci plodiny. K omezení destrukce je vhodné provádět svoz dříví v suchém období, případně v zimě, kdy je půda dostatečně promrzlá. [11, s. 115-121]

Typy škod, které odstraňujeme po těžbě:

- „sanace erozních rýh,
- desinfekce odřených stromů,
- likvidace příliš poškozených stromů,
- vyčištění skládek a jejich urovnání,

- *úprava lesních cest a jejich bezprostředního okolí (vyčištění propustí, příkopů aj).“*
[7, s. 59]

4.3 Kontrola kvality dřeva

Vady dřeva hodnotíme opticky a elektronicky. Dřevo je nehomogenní materiál a z tohoto důvodu nevykazuje stejné vlastnosti po celé délce, případně průřezu. Tyto základní znalosti jsou důležité při výběru vhodného řeziva. Hodnotíme tedy křivost i sbíhavost.
[7, s. 90]

- Vady dřeva se hodnotí podle normy ČSN EN 844.
- Metody měření vad ČSN EN 1311 – kulatina a řezivo (měření biotického poškození).

Křivost

„Křivost charakterizuje stupeň nerovnosti výřezu. Jednoduchá křivost je křivost probíhající v jedné rovině. Složená křivost je křivost, která probíhá ve více rovinách.“
[7, s. 90]

Měření probíhá ručně nebo elektronicky. Při ručním měření se průhyb měří jako největší výška oblouku mezi povrchem průřezu a přímkou spojující konečné body. Křivost kulatiny se stanovuje podle ČSN EN 1310 a udává odchylku od podélné osy v % středové tloušťky. [7, s. 90-91]

Riziko:

Křivost výrazně ovlivňuje použitelnost dřeva u konstrukcí, neboť vlivem odkloněných vláken dochází ke snížení pevnosti. [7, s. 91]

Sbíhavost

Sbíhavost udává míru změny tloušťky výřezu v příslušné délce. Jednotou sbíhavosti je stanoven poměr mezi délkou a zúžením cm/m. [7, s. 91]

Ruční měření

- Sbíhavost se stanovuje jako podíl rozdílu tloušťek měřených alespoň 5 cm od silného a slabého konce výřezu (u obdélníku se měří ve vzdálenosti 1 metru od okraje).
- Další možností je stanovení sbíhavosti jako podílu středové a čepové tloušťky a jejich vzájemných vlastností. [7, s. 91]

Elektronické měření

Při elektronickém stanovení sbíhavosti probíhá měření pomocí podílu středové a čepové tloušťky výřezu a poměru mezi vzdáleností. [7, s. 91]

Postupy stanovení kvality dřeva – přejímky

Ruční měření:

- Namátková přejímka – nejběžnější způsob přejímky. Užívá se u velkých zakázek, nízké ceně materiálu a u spolehlivých dodavatelů. Tento způsob vykazuje velké nedostatky ve zjištění vadných prvků.
- Kusová přejímka – jedná se o opak předešlého. Tento způsob provádíme u cenného materiálu, který je v menším počtu. Kontrolujeme každý kus samostatně a odhalíme jakékoli nedostatky v surovině. [7, s. 92-93]

Elektronické měření kvality

Elektronické měření kvality vykazuje přesnost takřka kusové přejímky. Tento způsob je považován za dostatečně rychlý a užívá se ve velkých závodech. Kontrola odhalí i cizí tělesa uvnitř dřeva, jako jsou například kusy kovu. [7, s. 94]



Obrázek 5 Pohled na detektor kovu a elektronický rám (2D měření) [7, s. 94]

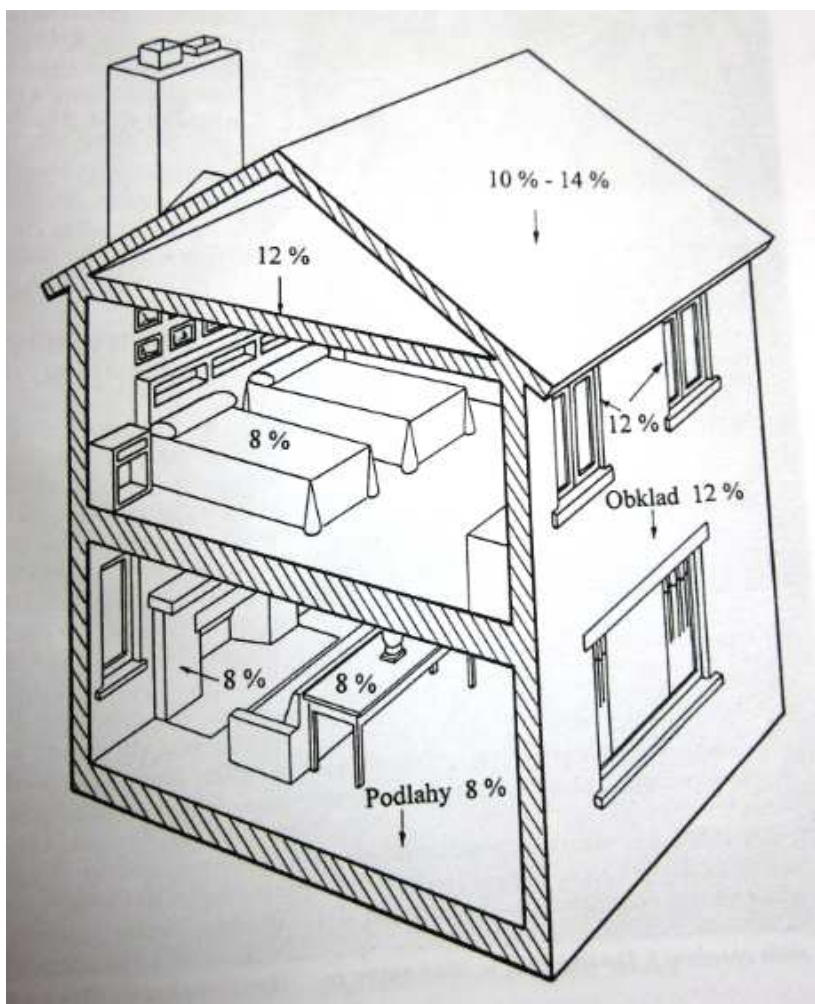
Riziko

Cílem správné přejímky je zajistit odhalení veškerých anomálií, způsobujících snížení kvality suroviny. V případě odhalení těchto nežádoucích kusů dojde k vytřídění těchto částí a užití pro zpracování, kde je požadována nižší kvalita suroviny. U nevhodných přejímek dochází k velkým finančním ztrátám. [7, s. 91]

5 Škůdci

Dřevo je přírodní materiál, který v průběhu roku mění své vlastnosti. Surovina vykazuje vyšší odolnost proti nepříznivým vlivům škůdců na podzim než v jarním období. V jarním období udává krajní vrstva nižší hustotu vlivem rychlého přírůstku oproti dřevu letnímu. [5, s. 10-11]

Pro napadení dřeva houbami je směrodatným měřítkem teplota a vlhkost dřeva. Optimální prostředí, které snižuje riziko poruchy konstrukce je zajištěno nízkou vlhkostí. Ve stavbách, které nevykazují stav poruchy, činí vlhkost vzduchu maximálně 65%, tomu odpovídá vlhkost dřeva 12%. [8, s. 40]



Obrázek 6 Vlhkost v konstrukci [5, s. 51]

5.1 Dřevokazné houby a plísně

Základním předpokladem pro ochranu dřeva činí vlhkost. Při vlhkosti nižší než 20% nehrozí napadení houbami ani plísněmi. Cílem je tedy udržovat konstrukci suchou a bez možnosti zatékání jak povrchové tak srážkové vody. Skladba obvodového pláště odděluje dvě prostředí o různých podmínkách teploty i vlhkosti. Z tohoto důvodu navrhujeme skladbu obvodového pláště od interiéru s velkým difuzním odporem (zabrání vlhkosti z interiéru prostup do konstrukce) a směrem od interiéru tento difuzní odpor klesá.

Riziko

V ideálním případě nedojde ke kontaktu vody a dřeva. V případě, kdy tomu není, je snahou navrhovat konstrukce s možností odparu této vody. Tímto opatřením eliminujeme zvýšení vlhkosti a odstraníme riziko vzniku hub i plísní.

5.1.1 Dřevokazné houby

Dřevokazné houby patří mezi nejčastější destruktory dřeva. Postup rozkladu závisí na typu houby, ty dělíme na celulózovorní a lignivorní. [6, s. 11]

- **Celulózovorní houby** rozkládají celulózu a hemicelulózy a způsobují hnědou hnilobu dřeva.
- **Lignivorní houby** rozkládají lignin a celulózu a hemicelulózy a způsobují bílou hnilobu dřeva.[5, s. 16]

Dřevomorka domácí

Nejnebezpečnější houba, která ohrožuje dřevo zabudované v konstrukci. Volně v přírodě se nevyskytuje. Původním kontinentem byla Asie, ze které se dostala transporty dřeva na lodích.

Kromě dřevomorky domácí známe další poddruhy této houby:

- **Dřevomorka borová** – výskyt pod prkny ležícími na zemině v exteriéru, případně ve sklepě.
- **Dřevomorka lesní** – roste na kmenech v lese a v plotních kůlech.
- **Dřevomorka rosolovitá** – roste na padlých kulatinách, případně v dolech.

- **Dřevomorka zlatá** – napadá odumřelé dříví jehličnanů v lese, vyskytuje se pouze vzácně. [8, s. 93-95]

Výskyt

Pro život potřebuje stálou teplotu, která nepřesáhne 30°C. Z hlediska vlhkostního se řadí mezi houby suché a to z důvodu nízké vlhkosti potřebné k životu 19 – 20%. Vyskytuje se pouze v objektech a to v podlaze, zhlaví trámů, pozednicích a tam kde proudí málo vzduchu a minimum světla. Ideální podmínky pro růst má v místech porušeného vodovodu, kanalizace, zatékání do konstrukce. Umí transportovat vodu pomocí speciálních „provazců“ na vzdálenost několika metrů. [5, s. 16-17]

Projevy

- bílý povrchový povlak,
- barva hnědá až čokoládově hnědá,
- odlupování po velkých rovných plochách,
- čokoládovitě hnědá moučka a vznik prachu. [5, s. 17]

Riziko

Houba rozkládá dřevo a postupem času vznikne z únosného materiálu prach. Základním předpokladem je dobrá skladba objektu s minimální vlhkostí. Již při 19% vlhkosti napadá dřevo. Šíří se z bot a oděvu (stačí drobný kontakt k šíření do okolí). Při zjištění dřevomorky nahrazujeme celé kusy dřeva až jeden metr od místa viditelného porušení. Druhou možností je odstranění znehodnoceného dřeva do vyšší hloubky, než sahá nákaza a provedeme chemickou úpravu. [8, s. 90] Dřevomorka dokáže upravovat vlhkost tak, aby měla optimální podmínky pro růst. [6, s. 12-16]



Obrázek 7 Dřevomorka domácí [12]

Koniofora sklepní

Další druhy této houby:

- **Koniofora suchá** – napadá dříví v lese,
- **Koniofora březová** – napadá dříví ve sklepech. [8, s. 70]

Výskyt

Napadá dřevo zdí, podlah, kde dochází ke kontaktu s vodou. Potřebuje vyšší vlhkost než dřevomorka cca 40%. Vyskytuje se ve stavbách i mimo ně. Při snížení vlhkosti vlivem růstu vytváří ideální podmínky pro dřevomorku (zastaví svůj růst a přenechá prostředí horšímu parazitu). Tento jev vykazuje obrovské nebezpečí. [5, s. 16]

Projevy

Vytváří typickou hnědou barvu a rozpadá se na menší části než dřevomorka. Obtížně se hledá místo vzniku houby neboť vlastní malé plodnice. „Plodnice bývají přisedlé těsně na dřevo 1mm silné, tuhé a bradavkovitě vrásněné, okrově zelené barvy se žlutou přírůstovou zónou po okrajích.“ [5, s. 17]

Riziko

Vykazuje nižší riziko oproti dřevomorce, neboť potřebuje vyšší vlhkost. Nedokáže si upravit mikroklima. Při zjištění Koniofory je třeba snížit vlhkost a zamezit možnosti vzniku dřevomorky. [8, s. 69-70]



Obrázek 8 Konioforma sklepní [12]

Trámovka plotní

Houba napadá dřevo v exteriéru a dobře snáší změny teplot. Při nakažení dřeva nevytváří na povrchu žádné stopy. Působí ve středu dřeva a povrch tvoří ochranný krunýř. Díky tomuto štítu odolává teplotě až 44 °C. [6, s. 19]

Výskyt

Nejčastěji napadá okenní rámy a konstrukce vystavené exteriéru jako např. ploty, které jsou vystavené přímému slunečnímu záření. [6, s. 18-19]

Projevy

„Napadené dřevo je z počátku žluté, později červené až hnědé. Houba působí hnědou kostkovitou hnilobu. Dřevo křehne a snadno se láme, plocha lomu zůstává hladká a lesklá.“
[6, s. 19]

Riziko

Napadá dřevo ochráněno povrchově, neboť působí uvnitř. Nevýhodou lze označit snášenlivost střídání teplot i vlhka. [5, s. 18] Mezi hlavní nebezpečí lze zařadit dobu útlumu, ve kterém může tato houba setrvat i několik let. [6, s. 18]

Trámovka jedlová[8, s. 107]

Jedná se o obdobu trámovky plotové a však rozdíly jsou patrné i na pohled. Při kácení a odřezávání napadlých částí stromu čistíme pilu od nakaženého dřeva a tím zabráníme rozšíření na neinfikované dřevo. [8, s. 107]

Výskyt

Vyskytuje se méně než trámovka plotní. K životu potřebuje velkou vlhkost a vzniká v místech zatékání do konstrukce.

Projevy

Jedná se o stejný způsob jako u trámovky plotní s tím rozdílem, že vlastní podhoubí. Tyto dvě houby od sebe lze rozeznat zbarvením, neboť roste v barvě tmavě hnědé (trámovka plotní – žluté zbarvení). [8, s. 107]

Riziko

Napadá konstrukce, kde dochází k zatékání (velká vlhkost). Při vhodných podmínkách lze označit tuto houbu podobně destruktivní jako dřevomorku domácí. Při kácení a odřezávání napadených částí věnujeme zvýšenou pozornost čištění nářadí – snížení rizika přenosu na neinfikovaný prvek. [8, s. 108]

Trámovka trámová

Výskyt

Opět se vyskytuje na vlhkém dřevě a tam kde zatéká. Nejčastěji vzniká na půdách, kam vlivem špatného střešního pláště zatéká. Odolává vysokým teplotám. [8, s. 108]

Projevy

Opticky špatně odhalitelná houba, neboť roste ve dřevě. Trhliny ve dřevě bývají vyplněny bílými blankami. [8, s. 108]

Riziko

Není patrná při běžných kontrolách. Pracuje ve středu dřeva, z tohoto důvodu vykazuje velmi těžkou odhalitelnost. Impregnační přípravky při rekonstrukci nanášené na povrch neodstraní houbu působící ve středu dřevěného prvku. [8, s. 108-109]

Pornatka Vaillantova

Výskyt

Typickým prostředím výskytu značíme severní a střední Evropu. Vyskytuje se ve sklepení, pražcích, dolech. [6, s. 22]

Projevy

Jedná se o druh značně proměnlivý a lze jej obtížně rozpoznat. Snadno se odlupuje od dřeva rukou. U starších plodíček dojde ke změně barvy až na šedožlutou. Tvoří bílé mycelium nelámané a pružné, lze jej odloupnout. [6, s. 22]

Riziko

Při optimálních podmínkách je schopna odebrat dřevu za 4 měsíce polovinu hmotnosti. Nejvyšší riziko představuje v dolech, kde s velkou vlhkostí vykazuje vysoké riziko destrukce konstrukce. [8, s. 100]

Kornatka rozvitá

Výskyt

Napadá hlavně vlhké borové a jedlové dřevo. [6, s. 29]

Projevy

„Plodice vyrůstají na povrchu dřeva a v podobě tenkých kožovitých povlaků tlustých 0,2 až 0,45 mm. V mládí jsou okrouhlé, průměru 1 až 5 mm, později se slévají a pokrývají plochy asi 10 cm².“ [6, s. 28] Nejprve vzniká oranžově zbarvená běl, následně vzniká bílá hniloba.

Riziko

Poškozuje dřevo pouze povrchově, tudíž nevykazuje velké škody. [6, s. 28]

Modrání dřeva

Modrání způsobují houby například z rodu *Ceratocystis*. [6, s. 34]

Výskyt

Vzniká na dřevě, které je káceno v letním období (červen až září). Modrání ovlivňuje takzvané zapaření dřevní suroviny, kdy není odváděna vlhkost. Optimální teplota činí 22 až 25 °C. [8, s. 217-218]

Projevy

Zbarvuje dřevní surovinu a nahrazuje její pigmenty svými. Řadí se pouze k optickým vadám dřeva a nezpůsobuje destrukci (pouze zbarvení). [8, s. 217-219]

Riziko

Modrání lze předejít vysušením, nebo převlhčením– nepříznivé podmínky pro život hub způsobujících modrání dřeva. Modrání nezpůsobuje samo o sobě riziko destrukce, ale vytváří ideální prostředí pro život destruktivních škůdců. Dřeviny náchylné na modrání těžíme v zimním období (například borovice). [6, s. 34]

5.1.2 Dřevokazné plísně

„Jedná se o mikroskopické houby, které vytváří jemné vláknité povlaky na různých substrátech.“ [6, s. 35]

Výskyt

Dřevokazné plísně vznikají na vlhkém povrchu jako například: dřevo, tapety, lepidla, barvy, i pouhé znečištění omítek. K obživě potřebují vlhko a malé množství potravy. [6, s. 35]

Projevy

Vytváří mazlavé povlaky žluté, zelené, červené i černé barvy. Při příchodu do místnosti s obsahem plísně cítíme zatuchlý zápach. Plísně se uvolňují do ovzduší a ohrožují dýchací ústrojí (aspergilózy). [6, s. 35]

Riziko

Vznikají zpravidla na konstrukci s vysokou vlhkostí. Nevhodně navržené konstrukce způsobují snížení povrchové teploty stěny, to má za následek vznik kondenzace vzdušné vlhkosti a vytvoření ideálních podmínek vzniku plísní. Odstraňujeme ji snížením vlhkosti v místnosti, odstraněním tepelných mostů, intenzivním větráním, neporušenou hydroizolační vrstvou a užitím impregnačních přípravků. [6, s. 35]

5.2 Dřevokazný hmyz

Dřevokazný hmyz dělíme do dvou kategorií a to hmyz, který napadá čerstvé dřevo a zpracované dřevo. Druh napadající čerstvé dřevo potřebuje k životu vysokou vlhkost, která se u vytěženého dříví snížila pod jeho minimální hodnotu. Pro svůj růst dále potřebuje lýko i kůru. Hmyz napadající zpracované dřevo pro svůj život vyžaduje nižší vlhkost. Jako limitní je označována hodnota 10%, pod tuto hodnotu prakticky nevzniká nebezpečné napadení nejen hmyzem ale i plísněmi (ty se nejčastěji vyskytují nad hodnotu 20%). [5, s. 22]

Hmyz naklade nejčastěji do živého stromu larvy, které požírají strom. Požíráním dochází ke vzniku chodeb, které snižují mechanické vlastnosti průřezu.

Poškození dříví dělíme dle hloubky poškození:

- Povrchové – proniká do hloubky pouze 3 mm. (odstraníme při loupání kůry).
- Mělké – proniká do hloubky 2 až 15 mm. (již ovlivňuje mechanické vlastnosti dřeva).
- Hlubinné – proniká do hloubky nad 15 mm. [4, s. 93-94]

Hmyz klade vajíčka, z kterých se líhnou larvy do dřeva skrze výletové otvory. Larva vytváří ve hmotě cestičky, které zanášejí sypkou drtí. V průběhu rozšíření napadení mohou vznikat kaverny, které oslabí průřez dřeva. Oslabený průřez vykazuje špatné mechanické vlastnosti a degraduje. Na povrchu jsou viditelné pouze výletové otvory. Důkladná kontrola odhalí tyto otvory a identifikuje napadený prvek. V případě přehlédnutí těchto charakteristických znaků poškození dojde k užití napadeného dřeva, rozšíření škůdce a snížení mechanické odolnosti konstrukce. [6, s. 36]

V tropických oblastech patří mezi nejobávanější VŠEKAZI – termiti, kteří ničí celé budovy (u nás se nevyskytují). Z tohoto důvodu nebudou blíže specifikováni. [6, s. 36]

Dřevokazný hmyz dělíme na:

- Řád brouků – čeled' hrbohlavovití, korovníkovití, červotočovití, tesaříkovití a kůrovcovití.
- Řád blankokřídlých, čeled' pilořítkovití a mravenci.

5.3 Řád brouků

Dospělý brouk má přední pár křídel přeměněn na pevné krovky, hrud' krytou štítem a zadeček většinou chráněn krovkami. „*Zadní pár křídel je blanitý a vyvinutý, v klidu složený pod krovkami (všichni dřevokazní brouci dobře létají v denních i nočních hodinách. Na hlavě mají pár členitých tykadel, dva páry makadel a kusadel, pár očí a na hrudi tři páry nohou.*“ [6, s. 37]

Vývoj

Hmyz vnikne do stromu výletovými otvory, kde naklade oplozená vajíčka. Vajíčka se promění v larvy, které požírají dřevo. Jsou málo pohyblivé a vlastní 3 páry zakrnělých noh. Larva se zakuklí ve dřevě a následně se vylíhne dospělý brouk. Tento brouk vylétá výletovými otvory ven. Vývoj trvá nejčastěji rok a zimuje pouze larva. Například tesařík krovový hibernuje i po dobu 15 let. Brouk žije běžně 1 až 6 měsíců. [6, s. 37]

5.3.1 Čeled' hrbohlavi – škůdci dřeva tvrdých listnáčů

Napadají především dřevo s vysokým obsahem škrobu a bílkovin. Pro přežití potřebují nižší vlhkost než například červotoč i tesařík. Generace nemigrují na jiný prvek, ale opětovně se množí v tomtéž místě – vznikají velké škody. [12, s. 44]

Hrbohlav parketový

Výskyt

Do Evropy byl importován z tropů na světlém dřevě jako limbou apod. V našich klimatických podmínkách napadá dřevo dubů – nábytek, obložení i parkety. Dřevo jehličnanů brouk nenapadá. Vyvíjí se i v místnosti s ústředním vytápěním – tesařík ani červotoč se již vyvinout nedokáže. [5, s. 24]

Projevy

Vytváří spleť chodbiček pod povrchem. Výletové a výletové otvory činí rozměr 0,8 až 2mm. Napadené dřevo nevykazuje povrchové poškození krom výletových otvorů. [5, s. 24]

Riziko

Narušuje mechanické vlastnosti a nevykazuje velké porušení povrchu, neboť brouk požírá dřevo zevnitř. Napadá dřevo i tam, kde neoperuje tesařík a červotoč (nižší nároky na život). [5, s. 24]



Obrázek 9Hrbohlav parketový [13]

5.3.2 Čeled' korovníkovití

Korovník dubový

„Brouk o rozměrech 8 až 14 mm, černě zbarvený, s červeným břichem, podlouhlý s hrbolatým štítkem a klenutými krovkami, tykadla s paličkou.“ [6, s. 38]

Výskyt

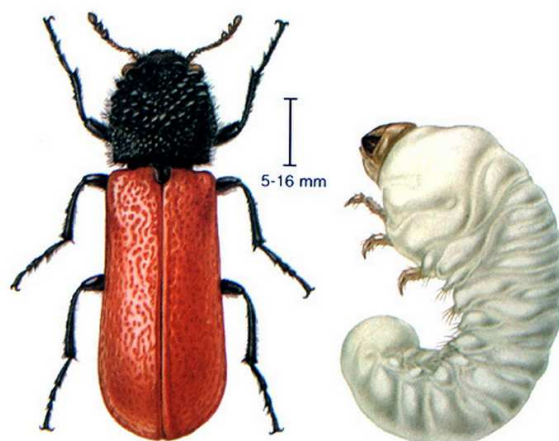
Napadá dřevo dubové a žije v běli. Pro vytvoření larev potřebuje zimní období, není schopen tvořit larvy v interiéru. [6, s. 38]

Projevy

Velikost činí 8 až 14 mm, krovky jsou zbarveny červeně až cihlově. [6, s. 38]

Riziko

Napadá dubové parkety s poměrně obtížnou odhalitelností, neboť horní vrstva parket nemusí vykazovat známky poškození. V budově přežije pouze jedna generace – nevzniká riziko tvorby nové generace.



Obrázek 10 Korovník dubový [14]

5.3.3 Čeled' červotočovití

Červotoče označujeme jako jednoho z největších škůdců opracovaného dřeva. V zimním období jsou aktivní pouze larvy. Následně larvy požírají dřevinu a dojde k vývinu brouka. Brouk klade vajíčka a cyklus se opakuje. Brouk létá v nočních hodinách a samička klade novou generaci do míst svého vzniku. Neustálým napadením vzniká destrukce dřeva. [6, s. 39]

Známé poddruhy:

- červotoč peřestý – napadá dřevo topolů a vrb,
- červotoč hnědý – napadá dřevo borové,
- červotoč kostkovaný – napadá dřevo habru, buku a jedle,
- červotoč umrlčí – napadá dřevo jehličnanů i listnáčů,
- červotoč proužkovaný – napadá dřevo jehličnatých stromů (jen vzácně lipové a březové),
- červotoč lesklý – napadá dub, olši habr i smrk. [6, s. 38-39]

Výskyt

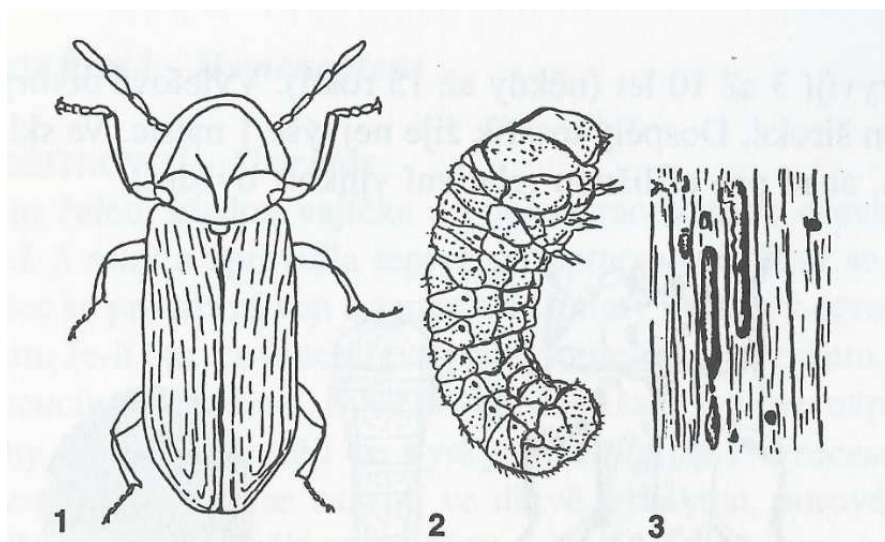
Napadá především dřevo opracované a nejčastěji ničí umělecké předměty. Pro vývoj larev potřebuje dostatečnou vlhkost, a proto napadá konce nábytku omývaných vodou (nohy stolů a podobně). V konstrukci krovu jej nehledejme, napadá spíše sklady, mlýny a budovy, kde se vyskytuje seno a sláma. Vývoj jedince trvá obvykle 3 až 6 let, ale někdy i 15 let. [5, s. 23-24]

Projevy

Brouk dosahuje rozměrů přibližně 2 až 4mm. Vytváří výletové otvory o průměru 1 až 3 mm. Těchto otvorů bývá mnoho u sebe. Požerkové chodby tvoří průřez o rozměru 1,5 až 2,5 mm. Chodby zanáší jemnými pilinami a jsou patrné i drobné výkaly. Život červotoče produkuje i hluk, který připomíná tikající hodiny. [6, s. 39]

Riziko

Vlivem požerkových chodbiček dochází k úbytku nosné hmoty a narušení mechanických vlastností prvku. Před zahájením impregnace provedeme zjištění hladiny vlhkosti. Při zjištění prvních otvorů užijeme nátěr nebo postřik vhodný pro červotoče. Následkem napadení dojde k rozpadání prvku, který již nelze zachránit – historické předměty.



Obrázek 11 Červotoč proužkovaný, 1) ivago, 2) larva, 3) požerek [6, s. 39]

5.3.4 Čeled' tesaříkovití

Tesařík napadá především dřevo opracované. Spolu s červotočem proužkovaným patří mezi nejnebezpečnější hmyz. Ve srovnání s ostatním hmyzem má krátká tykadla, tělo o rozměru 10 až 20 mm, smolné hnědé barvy se dvěma zřetelnými příčnými pruhy ve středu krovek. [6, s. 39]

Výskyt

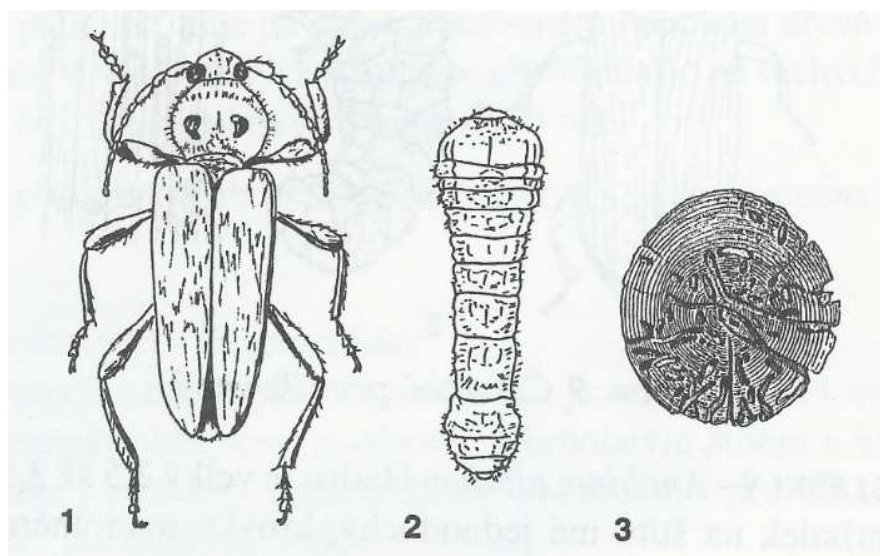
Napadá ploty, sloupy, trámy i krovy a patří mezi hmyz dobře snášející vysokou teplotu. Ve sklepech nebyl zaznamenán a to kvůli vysoké vlhkosti. Napadá jehličnaté dřevo jako je smrk borovice i modřín. [6, s. 39]

Projevy

V první fázi působí destruktivně v okrajích trámů, následně dojde k zavrtání do hloubky – to je doprovázeno vrzavým zvukem. Vytváří větší rozměr chodeb než červotoč a to o rozměru až 1 cm. Vyhlodání chodeb není rovné, ale vlnité. Výletové otvory činí rozměr 3 x 5 až 5x 8 mm. [5, s. 23]

Riziko

Napadá především část krovů, kde narušuje mechanické vlastnosti. Před osazením prvku do konstrukce provedeme preventivní nátěr příslušným chemickým přípravkem, tím snížíme možnost napadení konstrukce. [6, s. 40]



Obrázek 12 Tesařík krovový, 1) ivago, 2) larva, 3) požerek [6, s. 40]

5.4 Řád blankokřídlí

Pilořitky

Jsou známy poddruhy:

- pilořitka velká,
- pilořitka fialová,
- pilořitka smrková,
- pilořitka černá,
- pilořitka horská.

Výskyt

Kladení vajíček probíhá do poloopracovaného dřeva. Kuklení probíhá v rozmezí 2 až 3 let. Napadá nejčastěji dřevo listnatých stromů. Známe i druhy napadající smrkové dřevo jako pilořitka smrková. [6, s. 41] Po jedné generaci dojde k opuštění dřeviny na rozdíl od tesaříka a červotoče. Nepůsobí tedy tak závažné destrukce. [12, s. 102]

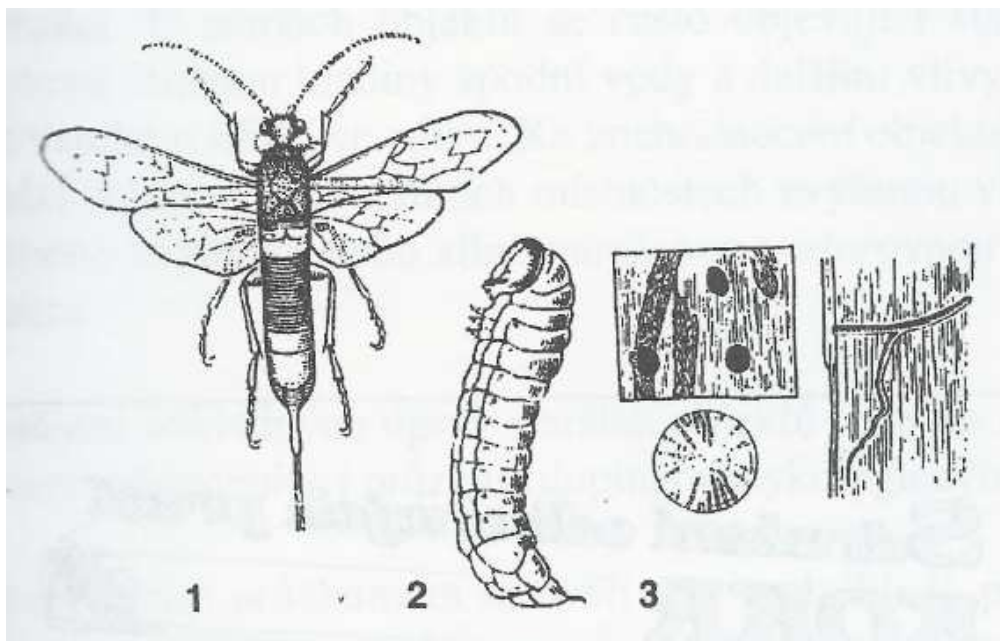
Projevy

Dospělé pilořitky měří 12 až 40 mm a vlastní pestré či kovové zbarvení. Při letu vydávají velký hluk. V období zvýšené aktivity hmyzu si jej lze splést se včelou i vosou, avšak lidem neškodí. [12, s. 94][6, s. 41]

Riziko

Za hlavní nebezpečí lze označit velkou dobu hibernace. Projevy napadení vznikají až po řadě let. U dřeva zabudovaného v konstrukci je schopna prokousat cestu ven i skrze koberce, tapety, knihy apod. Povrch je narušen pouze výletovými otvory (5 až 7 mm kruhový otvor)– v počáteční fázi vykazuje dřevo pouze malé povrchové poškození. [6, s. 41]

Riziko snižujeme již v etapě růstu a kácení. Pro omezení napadení odvážíme dřeviny v krátkém časovém intervalu po pokácení. V oblastech velkého výskytu lze osadit například stromové lapáky, naočkování parazitickou hlísticí způsobující sterilitu samic. [12, s. 103]



Obrázek 13 Pilořitka velká, 1) ivago, 2) larva, 3) požerek [6, s. 41]

Mravenci

- mravenec dřevokaz,
- mravenec černolesklý,
- mravenec obrovský. [12, s. 114-127]

Výskyt

Napadají části kmenů s trhlinami. Do zdravého dřeva mravenci donášejí zárodky hub i plísní, které způsobuje větší škody. Mravenci žijí v symbióze s červotoči i tesaříky. [6, s. 41]
Dřevo nepožírají, pouze si v něm tvoří hnízda. [12, s. 116]

Projevy

- měří 7 až 17 cm,
- vroubkovaná tykadla,
- černá barva.

Riziko

Při napadení dřeva mravenci dochází ke znehodnocení materiálu. Dodržujeme zvýšenou pozornost při růstu dřevin a mechanickému poškození. Dojde – li k poranění stromu,

provedeme vhodné ošetření, případně provedeme těžbu. Mravenec nepatří k velmi destruktivním škůdcům, ale zanáší do dřeva houby a plísně. [12, s. 114-127]



Obrázek 14 Mravenec dřevokaz [13]

6 Ochrana dřeva

Dřevo chráníme před nákazou vhodnou úpravou vlhkosti, teploty a povrchu. Základním předpokladem je dodržování správných technologických postupů. Dřevo nevystavujeme přímému slunečnímu záření a uskladňujeme jej ve větraném prostředí. Odvádíme z vytěženého dřeva vlhkost, která při těžbě činí 35%. Vlhkost snižujeme pozvolna z důvodu vzniku trhlin. Trhliny vznikají nerovnoměrným vysoušením, u dřeva neodkorněného v místě řezu a u dřeva odkorněného v celé ploše. Vlivem trhlin degraduje řezivo a následně vytváří vhodné prostory pro houby (při nedostatečném vysušení dřeva pod 20%). Dalším vlivem jsou dřevokazní škůdci, kteří napadají dřevo do vlhkosti 10%. Základním předpokladem je nízká vlhkost dřevě a preventivní ošetření. [8, s. 40]

6.1 Konstrukční ochrana dřeva

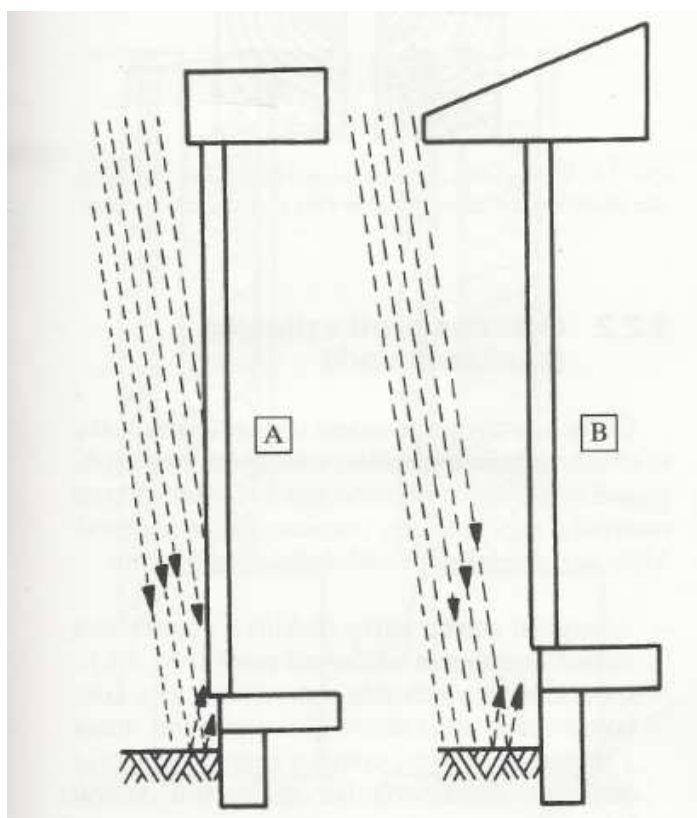
- Ochrana proti dešťové vodě – konstrukci chráníme například přesahem střechy, vhodnou hydroizolací, nátěrem.
- Ochrana proti vzlínající vlhkosti – hydroizolace oddělující základy a dřevěný prvek.
- Dřevěné prvky umístíme pokud možno co nejvýše nad zemí (alespoň 300 mm).
- Čelní plochy dřeva lépe vsakují vodu – vhodné zakrytí čelních ploch například plechem.
- Ochrana proti kondenzující vlhkosti – správný návrh konstrukčních detailů bez tepelných mostů.
- Hrany vykazují špatnou impregnovatelnost a z tohoto důvodu navrhujeme oblé tvary, na které nátěr lépe přilne. [5, s. 29-32]

Konstrukční chyby

U špatně navržené konstrukce může dojít k havárii během pár let (2 až 4 roky). Mezi nejčastější konstrukční prohřešky bez pochyby patří:

- Zazdění dřevěné konstrukce – stropnice, trámy.
- Uzavření dřevěné konstrukce v místě zvýšené vlhkosti – například na dřevěnou podlahu položené PVC (uzavře konstrukci bez možnosti odparu).

- Kontakt s chladnými částmi konstrukce – vodovod způsobuje zvýšenou vlhkost vlivem kondenzace vzdušné vlhkosti.
- Špatně vyřešené konstrukční detaily se vznikem tepelných mostů – vlivem nízké povrchové teploty dochází ke kondenzaci v konstrukci. S tímto problémem se nejčastěji setkáváme u zhlaví stropnic, osazených do obvodového zdiva.
- V případě užití mokrého procesu ve výstavbě a rychlého uzavření konstrukce vzniká vysoká vlhkost a degradace konstrukce.
- Umisťování suti za pozednici vytváří ideální hmotu akumulující vlhkost.
- U vlhkých objektů nejsou osazeny větrací kanálky v mezipodlaží pro odvod vlhkosti.
- U obložení stěny ve vlhkém prostředí neužijeme větrací kanálky.
- Užití kontaktního zateplení, obložení kabřincem – dojde k uzavření konstrukce a vlhkost se neodpařuje. [6, s. 46-47]



Obrázek 15 Konstrukční řešení obvodového pláště, A) špatně, B) správně [5, s. 29]

6.2 Chemická ochrana dřeva

Cílem vhodně navržené konstrukce je omezení případně minimalizace chemického ošetření. Impregnujeme tedy účelně a neplýtváme chemickými přípravky, neboť znečišťují životní prostředí a zvyšují cenu výsledného produktu. Pro představu s vhodně navrženou konstrukcí odolává dřevo okolním vlivům přibližně 100 let. V případě zvýšené vlhkosti a neprovedení chemického ošetření klesá životnost i na pár let. Z tohoto důvodu prvky impregnujeme chemickými přípravky. [6, s. 54] Houby přestávají napadat dřevo při vlhkosti přibližně 20%. Dřevokazný hmyz napadá i dřevo s vlhkostí do 10%. Konstrukci tedy impregnujeme s ohledem na zabudování, plánovanou a možnou relativní vlhkost. [6, s. 54-55]

Riziko

Při užití chemické ochrany dodržujeme informace od výrobce – nejčastěji uvedeny přímo na etiketě výrobku. Při nesprávné impregnaci dochází k výraznému snížení životnosti celé konstrukce. Z tohoto důvodu dbáme zvýšené pozornosti při tomto procesu. Při manipulaci s chemickými přípravky dodržujeme bezpečnostní pokyny výrobce na etiketě produktu.

Vhodné opatření

Jako preventivní opatření u chemické ochrany kontrolujeme, zda nedošlo k poškození povrchového ošetření. Při narušení vrstvy volíme dodatečné chemické ošetření právě v místě narušení. Před osazením provádíme kontrolu všech jednotlivých částí, po osazení opětovně kontrolujeme, zda při montáži nedošlo k narušení vrstvy.

6.2.1 Impregnace

Způsob impregnace volíme podle požadované hloubky ošetření a tvaru konstrukce.

Ochrana nátěrem

Jedná se o základní povrchovou úpravu na očištěné dřevo. Nátěry provádíme válečkem nebo štětcem. Natíráme konstrukci 2x až 3x. Následující nátěr provádíme po vsáknutí předchozího. Z množství spotřebovaného prostředku lze vypočítat spotřebu na metr čtvereční. [6, s. 56]

Riziko

Při špatném nanesení barvy dochází k vytvoření neimpregnovaných ploch a snížení účinnosti ochrany. Prostředek musí být naředěn v poměru optimálním k nanášení nátěrem.

Ochrana postřikem

Ochrana postřikem se užívá nejčastěji ve špatně přístupných místech u rekonstrukcí a členitých konstrukcí. V případě, kdy je to možné použijeme první vrstvu pomocí nátěru a následně postřikem. Oproti nanášené nátěrem nelze s dostatečnou přesností zjistit, jaké množství konstrukce absorbovala. [6, s. 57]

Riziko

Při ochraně postřikem dbáme zvýšené bezpečnosti a užíváme respirační pomůcky – zabráníme vdechnutí prostředku a kontaktu s okem.

Ochrana ponorem nebo namáčením

Provádíme nejčastěji preventivní impregnaci dřeva krovů. K užití této ochrany je zapotřebí velké množství impregnačního přípravku, který je umístěn ve „vaně“. Podmínkou správné impregnace je vlhkost dřeva a doba ponoru. Doba ponoru se odvíjí od potřebné hloubky impregnace a druhu přípravku (doba se pohybuje v rozmezí od 30 minut do 3 dnů). Po vyjmutí z vany přecházíme k procesu vysychání a to za přirozených podmínek pod přístřeškem. [6, s. 57]

Riziko

Tento způsob ochrany je téměř 100% jen v případě dobrého odkornění dřeva. Pro namáčení užíváme velké vany. Tyto vany vytváří velké riziko možnosti úniku zdraví škodlivých látek s následnou možností kontaminace okolí. Užíváme pouze nádoby k tomu určené.

Ochrana infuzí nebo tlakovou injektáží

Tímto způsobem ošetřujeme dřevo v konstrukci, kde není možnost provést předchozí způsoby ochrany. Provádíme nejčastěji u konstrukcí, kde byly zjištěny počátky napadení. Jedná se o způsob impregnace pomocí vývrtů o průměru 6 až 8 mm. Otvory volíme v dostatečné vzdálenosti od sebe v šachovém tvaru. Do vyvrtaných otvorů zavádíme ochranný

prostředek (impregnaci provádíme 3x) a pokud možno kontrolujeme, zda například prasklinou nevytéká ven. Tímto způsobem dochází i k ochraně například spodní části pozednice, kde jiná možnost impregnace není. [6, s. 57]

Riziko

Hlavní výhoda tohoto systému znamená i nevýhodu. Impregnujeme místa, o kterých máme velice špatnou zpětnou kontrolu ošetření.

Ochrana vysokotlakou injektáží

Jedná se o obdobu nízkotlaké injektáže. Hlavním rozdílem je tlak (několik barů) a velikost otvorů. V případě užití vysokotlaké injektáže vytvoříme otvory o rozměru cca 3,5 mm. Tyto vývrty jsou od sebe vzdáleny více než u nízkotlaké injektáže. [6, s. 57]

Riziko:

Obdobně jako u předchozího s rozdílem použitého tlaku. Doprava chemického prostředku ve dřevě je delší, neboť impregnační otvory jsou dále od sebe. Z tohoto důvodu dochází k většímu riziku při transportu do všech míst. [6, s. 57]

Bandážování

Jedná se o speciální způsob ochrany dřeva v extrémních podmínkách. Užíváme zejména k ochraně sloupů a dřevěných konstrukcí, kde dochází ke styku mezi vzduchem a zeminou. Princip je založen na dlouhodobém vsakování chemického prostředku. Tato metoda zajistí hloubkovou impregnaci. Proti povětrnostním vlivům chráníme bandáž krycí fólií. Jen výjimečně užíváme tuto metodu k ochraně dřevěných konstrukcí mírně napadených. [6, s. 58]

Riziko:

Jedná se o dlouhodobý proces, je tedy nutno dodržovat po dobu bandážování vhodné klimatické podmínky v místě užívání.

Účinné látky

- fungicidy – účinné látky vůči houbám a plísním,
- insekticidy – účinné látky vůči hmyzu. [5, s. 33]

Požární odolnost

Nevýhodou dřevěných konstrukcí je vysoká hořlavost dřeva. Z tohoto důvodu užíváme chemickou ochranu i proti požáru. Nátěrem zvýšíme odolnost o 3 až 30 minut. [6, s. 55]

Riziko:

Dřevěné konstrukce patří mezi hořlavé materiály, z tohoto důvodu se užívá chemické ochrany, která omezí nebo odstraní možnost vzplanutí konstrukce.

Teplota	Vliv na hoření dřeva
do 100 °C	Nepovažuje se za nebezpečnou.
do 130 °C	Dřevo se vysouší.
od 130 °C do 150 °C	Dřevo se začíná rozkládat.
od 180 °C do 200 °C	Začíná intenzivní rozklad dřeva.
kolem 200 °C	Tvoří se oxidy uhlíku.
od 230 °C do 280 °C	Pokračuje rozklad dřeva s tvorbou plynů.
nad 300 °C	Vznikají hořlavé zplodiny a dřevo hoří plamenem.
zvýšení na 450 °C	Zuhelnatění povrchu dřeva, a tím částečné zpomalení hoření. Nastává však žhnutí a následně povrchové šíření odhořívání dřevěných konstrukcí.

Obrázek 16 Postup hoření s ohledem na teplotu [6, s. 65]

Zvýšené odolnost vůči vodě

Jedná se o přípravek s použitím hydrofobizačních látek. Vzniká tenká vrstva na povrchu dřeva. Tato vrstva odpuzuje vodu a nedojde k přímému kontaktu se dřevem. Vrstva propouští vlhkost ze dřeva ven – nedojde tedy k jeho uzavření. [6, s. 54]

6.2.2 Chemické přípravky proti biotickým škůdcům

V případě, kdy jakákoli jiná ochrana konstrukce není účinná, přistupujeme k chemické ochraně dřeva. Chemický prostředek volíme účelně dle místa zabudování konstrukce, při sanaci dle druhu poškození. Množství impregnačního prostředku udává výrobce a dodržujeme jeho pokyny. Tyto pokyny jsou součástí každého balení chemického přípravku. [6][5]

V případě užití malého množství prostředku dochází ke snížení účinnosti a zvýšenému riziku napadení konstrukce nežádoucími činiteli. V případě užití neúčelně velkého množství

prostředku dochází k plýtvání, zvýšení ceny a zbytečnému znečištění životního prostředí. Klíčem pro rozpoznání vhodně ošetřeného tělesa je množství látky absorbované, tento údaj zjistíme ze spotřeby přípravku. [6][5]

Lignofix E – Profi (typové označení dle ČSN 490600-1 FB, P, B, IB, 1, 2, 3, S)

Jedná se o prostředek určen k preventivní ochraně nového dřeva. Prostředek je účinný proti dřevokaznému hmyzu (např. červotoč, tesařík), dřevokazným houbám (např. dřevomorka domácí), dřevozbarvujícím houbám a plísním. Přípravek je určen k užívání jak v interiéru tak exteriéru (tam kde nedochází k trvalému kontaktu s vodou). Impregnaci lze provést nátěrem, postřikem i namáčením. Přípravek nelze vymýt vodou, což je považováno za kladnou vlastnost. Doporučené informace od výrobce viz. Tabulka 1 Doporučené ošetření

Tabulka 1 Doporučené ošetření [13]

Koncentrace aplikačních roztoků (ředění vodou)					
ochrana	dřevo				zdivo a omítky
Lignofix E-Profi	nátěr, postřik, ponořování		máčení		nátěr, postřik
	interiér	exteriér	interiér	exteriér	interiér, exteriér
Ředění (vodou)	1 : 9	1 : 9	1 : 9	1 : 9	neředí se
Min. příjem koncentrátu (g/m ²)	20	20	20	20	60
Doporučený počet ošetření (dle povrchu a vlhkosti dřeva)	2 x	2 - 3 x	min. 30 minut ***	min. 8 - 24 hod.****	1 - 3 x
Doba ochrany	*	**	*	**	
V exteriéru je nutné překrytí vhodným nátěrem zabraňujícím tvorbě trhlin. Před aplikací dalších nátěrů (laky, lazury) doporučena doba zasychání 3 dny.					
* až po dobu životnosti stavby ** doporučená kontrola po 10 letech *** vlhkost dřeva cca 20 % **** podle vlhkosti dřeva					

* až po dobu životnosti stavby ** doporučena kontrola po 10 letech *** vlhkost dřeva cca 20 % **** podle vlhkosti dřeva

Další chemické přípravky od výrobce Lignofix:

- Lignofix Efekt – přípravek určen k ochraně dřeva v interiéru i exteriéru. Má preventivní účinek proti dřevokazným houbám, plísním a dřevokaznému hmyzu.
 - Lignofix I – Profiapl. – přípravek určen pro likvidaci dřevokazného hmyzu.
 - Lignofix I – Profi koncentrát bezbarvý – profesionální likvidace dřevokazného hmyzu.
 - Lignofix I – Profi OH – preventivní ochrana již napadeného dřeva a historických předmětů dřevokazným hmyzem včetně jeho likvidace.
 - Lignofix Super bezbarvý – přípravek pro preventivní ochranu dřeva proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním, včetně likvidace hmyzu.
 - Lignofix TOP bezbarvý – preventivní ochrana proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám, dřevozbarvujícím houbám a plísněmi včetně likvidace hmyzu.
- Lignofix napouštědlo – prevence proti dřevokaznému hmyzu, houbám, plísním a dřevozbarvujícím houbám. [13]

Bochemit QB Hobby (typové označení dle ČSN 490600-1 FB, P, IP, 1, 2, 3, D,S)

Jedná se o chemický přípravek určen k chemickému ošetření nátěrem i nástřikem, pro preventivní ošetření i pro rekonstrukce. Chrání dřevo před dřevokaznými houbami i dřevokaznému hmyzu. Účinné látky tohoto přípravku jsou kyselina boritá a albenzoldimethylamonium chlorid o min množství 5,3%. [14]

Tabulka 2 Doporučené koncentrace a minimální příjmy[14]

Třída použití ČSN EN 335-1	Ředění přípravku Bochemit : voda	Min. příjem koncentrátu (g/m ²)	Metoda aplikace
Interiér (1-2)	1:2	80	nátěr, postřik (1-2x)
Exteriér (3)	1:2	160*	nátěr, postřik (2x)

Další chemické přípravky od výrobce Bochemit:

- Bochemit forte – nevýmývatelný.
- Bochemit optimal – přípravek s vyšší odolností vůči vymývatelnosti k preventivnímu opatření, fungicidní i insekticidní.
- Bochemit optimal + přípravek s vyšší odolností vůči vymývatelnosti k preventivnímu opatření, fungicidní i insekticidní.
- Bochemit plus – vhodný pro konstrukce již napadené (likviduje škůdce).

6.2.3 Bezpečnost při práci s chemickými přípravky

Chemické přípravky se skládají z různých účinných látek. Tyto látky dělíme na fungicidní, insekticidní a retardéry hoření. Látky vykazují negativní vlastnosti na lidský organismus. Z tohoto důvodu je nutno dbát zvýšené bezpečnosti, při užívání přípravků s těmito látkami. Výrobci osazují na každý produkt etiketu, která informuje o škodlivých látkách a technologickém postupu k užívání. V průběhu impregnace dodržujeme tyto pokyny:

- zásady hygieny,
- zásady první pomoci,
- větrání místností,

- z impregnovaného předmětu nesmí odkapávat chemický přípravek,
- zajištění optimálního množství impregnačního přípravku – nesmí být překročeno maximální množství napuštění. [5, s. 77]

Riziko:

Vyšší bezpečnost dodržujeme u přípravků, kde nosnou složku tvoří organické látky, nicméně dodržujeme tyto postupy i u přípravků vodou ředitelných. Pro snížení rizika při práci s chemickými přípravky dodržujeme pokyny výrobců.

7 Analýza pomocí metody FMEA

7.1 Základní údaje metody

Jedná se o nejrozšířenější expertní analýzu (Failure Mode and Effect Analysis). Metoda představuje týmovou analýzu k odhalování vzniku vad u posuzovaného návrhu, ohodnocení rizika, návrh a realizaci opatření vedoucích ke zlepšení kvality původního návrhu.

Historie

Metoda FMEA byla poprvé použita v roce 1949 v americkém vojenském předpisu. Následně upadla v zapomnění a čtenější užití datujeme do 60 let, kdy americká armáda užívala metodu pro NASA v rámci programu Apollo. Následně došlo k rozšíření do strojírenského průmyslu v 70 letech (nejčastěji automobilového). [15, s. 195]

Postup

FMEA je založena na kvantifikaci opakování poruch, závažnosti a snadnosti jejich odhalitelnosti.

Potřebné údaje:

- určujeme následky těchto poruch,
- určujeme příčiny těchto poruch,
- určujeme kontrolní mechanismy jak poruše zabránit. [16]

Z těchto parametrů a vzájemným vynásobením vzniká tzv. koeficient rizika (RPN). Po seřazení dle hodnoty dojde k seřazení nejzávažnějších problémů k nejméně závažným. Po stanovení maximálního koeficientu rizika přejdeme k dalšímu kroku a to je návrh opatření s následkem snížení selhání. Po užití příslušných opatření provedeme opětovné hodnocení RPN a uvedeme, jakým způsobem daná změna ovlivnila výsledek. [16]

Příprava

- stanovíme, co chceme analyzovat,
- stanovíme požadavky na analyzovaný produkt,
- sestavíme expertní tým,
- průběh metody. [16]

Průběh metody

- Sepíšeme všechny problémy, které mohou nastat – ideálně do FMEA formulář.
- Ke každému problému uvedeme jeho následek.
- Následně provedeme soupis možných příčin, které problém způsobí.
- Ke každému problému uvedeme opatření, tak aby problém nejlépe nenastal.
- Po soupisu těchto identifikátorů provedeme hodnocení a to nejčastěji stupnicí 1 až 10, kdy 1 vykazuje nejbezpečnější hodnotu a 10 nejnepríznivější hodnotu. Nulu z pravidla nevolíme, neboť dochází k násobení jednotlivých hodnot.
- Po ohodnocení jednotlivými experty dojde k výpočtu hodnoty RPN násobením uvedeného hodnocení. Kritickou hodnotu RPN stanovuje buďto zákazník nebo výrobce s ohledem na kvalitu výrobku.
- Po stanovení nejnebezpečnějších problémů dojde k návrhu opatření a opětovnému ohodnocení.
- V případě užití nedostatečných opatření lze tento krok opakovat tak dlouho, až dojde k dostatečnému opatření. [15, s. 196]

7.2 Aplikace metody FMEA

Metoda je aplikována na problém impregnace dřeva. Cílem této analýzy je stanovit jednotlivá rizika, která ovlivňují životnost výsledného produktu. Problém spočívá v nevhodných technologických procesech, lidské chybě, výkyvech počasí, lidského činitele a dalších možných vadách. Výsledkem této metody bude soupis vhodných opatření, která povedou k nezávadnosti výrobku s nejvyšší možnou životností díla.

Cílem analýzy je životnost konstrukce a odolnost vůči dřevokazným škůdcům. Výsledný produkt by měl vykazovat vysokou životnost, s tím je úzce spojeno provádění chemického ošetření a následná manipulace s produktem.

Tabulka 3 FMEA formulář - bez opatření

	Problémy	Následky	Příčiny	Řešení	Pravd. vzniku	Dopad	Odhalitelnost	RPN číslo
1	Malé množství příjmu chemické ochrany	Snížená životnost konstrukce	Nekvalitně provedená technologie nanášení, vlhké dřevo	Dodržovat technologické postupy a kontrolovat vlhkost dřeva	4	6	3	71
2	Není zajištěna celistvost impregnace	V místě bez impregnace snížená životnost	Nedbalost pracovníka, tlaková injekce – obtížná kontrolovatelnost	Dodržovat osové vzdálenosti při tlakové injekci, kontrolovat celistvost impregnační vrstvy	6	7	2	74
3	Vysoká vlhkost	Snížená životnost konstrukce	Nízký příjem ochranné látky	Dřevo před impregnací vysušit na požadovanou vlhkost	8	6	3	146

	Problémy	Následky	Příčiny	Řešení	Pravd. vzniku	Dopad	Odhalitelnost	RPN číslo
4	Špatně zvolená impregnační metoda	Snížená životnost konstrukce	Lidský faktor	Číst návody pro příslušné přípravky	2	4	5	46
5	Nevhodně zvolený chemický přípravek	Snížená životnost konstrukce	Lidský faktor, záměna prvku (interiér/exteriér)	Dodržovat návody výrobce, nezaměňovat prvky pro interiér a ext.	3	6	6	100
6	Mechanické poškození impregnované vrstvy	Snížená životnost konstrukce	Nevhodné zacházení s impregnovaným tělesem	S impregnovaným tělesem zacházet opatrně	7	6	3	103
7	Užití již napadeného materiálu	Snížená životnost konstrukce	Snaha šetřit, lidský faktor (nezpozorování)	Kontrolovat materiál, případně užít vhodný chemický prostředek	3	7	5	89

Tabulka 4 Hodnocení FMEA

Pravděpodobnost							
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	průměr	Výsledná hodnota
1	4	5	3	6	4	4,4	4
2	6	7	5	4	6	5,6	6
3	7	8	6	8	9	7,6	8
4	2	3	2	1	4	2,4	2
5	2	4	3	2	2	2,6	3
6	8	7	5	6	7	6,6	7
7	3	3	4	2	1	2,6	3

Tabulka 5 Hodnocení FMEA

Dopad							
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	průměr	Výsledná hodnota
1	5	6	6	7	5	5,8	6
2	6	7	6	8	6	6,6	7
3	6	5	8	7	6	6,4	6
4	3	5	6	4	3	4,2	4
5	7	8	5	6	5	6,2	6
6	6	7	8	4	5	6	6
7	8	7	5	6	7	6,6	7

Tabulka 6 Hodnocení FMEA

Odhalitelnost							
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	průměr	Výsledná hodnota
1	3	2	3	4	2	2,8	3
2	2	1	2	3	2	2	2
3	4	3	3	2	3	3	3
4	5	6	4	3	5	4,6	5
5	6	7	5	6	7	6,2	6
6	2	3	2	4	2	2,6	3
7	5	6	5	4	6	5,2	5

Tabulka 7 Vyhodnocení RPN

	Pravděpo- dobnost	Dopad	Odhalitel- nost	Hodnota RPN
1	4	6	3	71
2	6	7	2	74
3	8	6	3	146
4	2	4	5	46
5	3	6	6	100
6	7	6	3	103
7	3	7	5	89

Pro správný návrh a snížení rizika byla stanovena maximální hodnota RPN, která činí 100. V případě této hodnoty navrhujeme opatření, které sníží výslednou hodnotu RPN a nedojde ke snížení životnosti konstrukce v přijatelných mezích.

RPN bylo překročeno ve 3 bodech a to:

- 3 – Vysoká vlhkost 146
- 5 – Nevhodně zvolený chemický prostředek 100
- 6 – Mechanické poškození impregnované vrstvy. 103

Pro tyto činnosti je nutno stanovit opatření:

- 3 – Před impregnováním měřit aktuální stav vlhkosti a v případě vyšší než požadované, neprovádíme impregnaci.
- 5 – Před impregnací nastudujeme vlastnosti chemického přípravku a dodržujeme informace, které uvádí výrobce, dále dbáme zvýšené opatrnosti u užití prvku v interiéru, případně exteriéru.
- 6 – Zkoumáme, zda dřevo není již napadeno a v případě napadení užijeme chemické přípravky k tomu určené, v lepším případě dřevo neužijeme. Zkoumáme jakoukoli povrchovou změnu, která má za následek napadení celé konstrukce.

Tabulka 8 Hodnocení FMEA - po opatření

Pravděpodobnost							
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	průměr	Výsledná hodnota
1	4	5	3	6	4	4,4	4
2	6	7	5	4	6	5,6	6
3	4	5	4	5	4	4,4	4
4	2	3	2	1	4	2,4	2
5	1	3	2	2	1	1,8	2
6	5	4	3	4	7	4,6	5
7	3	3	4	2	1	2,6	3

Tabulka 9 Hodnocení FMEA - po opatření

Dopad							
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	průměr	Výsledná hodnota
1	5	6	6	7	5	5,8	6
2	6	7	6	8	6	6,6	7
3	6	5	8	7	6	6,4	6
4	3	5	6	4	3	4,2	4
5	7	8	5	6	5	6,2	6
6	6	7	8	4	5	6	6
7	8	7	5	6	7	6,6	7

Tabulka 10 Hodnocení FMEA - po opatření

Odhalitelnost							
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	průměr	Výsledná hodnota
1	3	2	3	4	2	2,8	3
2	2	1	2	3	2	2	2
3	4	3	3	2	3	3	3
4	5	6	4	3	5	4,6	5
5	6	7	5	6	7	6,2	6
6	2	3	2	4	2	2,6	3
7	5	6	5	4	6	5,2	5

Tabulka 11 Vyhodnocení RPN po opatření

	Pravděpo- dobnost	Dopad	Odhalitel- nost	Hodnota RPN
1	4	6	3	71
2	6	7	2	74
3	4	6	3	84
4	2	4	5	46
5	2	6	6	69
6	5	6	3	72
7	3	7	5	89

7.3 Závěr analýzy

Analýza byla užita z důvodu odhalení slabých míst s ohledem na životnost. V prvním kroku byla stanovena nejčastější rizika, která ovlivňují životnost konstrukce. Následně bylo provedeno ohodnocení pěti experty, kteří se vyjádřili do příslušného formuláře. Po ohodnocení jednotlivých situací bylo překročeno k opatřením s následkem snížení nejčastějších příčin. Jako nejčastější příčiny byly shledány: vysoká vlhkost, nevhodně zvolený chemický prostředek a mechanické poškození impregnované vrstvy. Po návrhu opatření byly formuláře opět experty vyhodnoceny a výpočtem hodnoty RPN bylo zjištěno snížení hodnoty pod danou hranici.

8 Závěr

V práci jsou popsány jednotlivé procesy a ty jsou rozčleněny do jednotlivých kroků. K jednotlivým krokům je uvedeno příslušné riziko, které ovlivňuje výslednou životnost konstrukce. Práce je zaměřena na aspekty, ovlivňující konstrukci již od růstu dřeva až po zabudování do konstrukce spojené s užíváním konstrukce. Dřevo je potravou škůdců, kteří negativně ovlivňují mechanické vlastnosti jednotlivých prvků.

V práci bylo pojednáno o jednotlivých škůdcích s vhodnou volbou opatření, které snižuje riziko destrukce výsledné konstrukce. Jedním z nejdůležitějších činitelů je vlhkost. Vlivem snížení vlhkosti dojde ke vzniku prostředí, které není vhodné pro tyto organizmy, neboť houby ke svému životu potřebují velkou vlhkost. Dalším závažným škůdcem je dřevokazný hmyz, který napadá konstrukci i o nižších vlhkostech. Z těchto důvodů užíváme chemické přípravky, které snižují riziko napadení těchto prvků. V práci je uveden postup, jak správně provádět dílčí kontroly, tak aby bylo zajištěno užití dostatečné kvality dřeva a kvality chemického ošetření. Nedílnou součástí vhodné konstrukce je navržení skladby. Cílem vhodné skladby je odvádění vlhkosti a udržování dřevěného prvku v suchém a větraném prostředí. V práci je pojednáno i o jednotlivých procesech, které výrazně ovlivňují kvalitu použitého řeziva – vhodné procesy těžby, sušení, přejímky, kontroly, volby druhu dřeva, napadení dřeva škůdcem a další monitoring.

9 Literatura

9.1 Publikace

- [4] LIBUŠE GANDELOVÁ, Petr Horáček. *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 978-807-3753-122.
- [5] ŽÁK, Jaroslav. *Ochrana dřeva ve stavbě: odborná příručka pro stavebníky, investory, projektanty a architekty*. Vyd. 1. Praha: ARCH, 1998, 93 s. ISBN 80-861-6500-0.
- [6] BAIER, Jiří. *Ochrana dřeva*. Vyd. 3., přeprac. a dopl., v Gradě vyd. 1. Praha: Grada, 1996, 92 s. ISBN 80-716-9275-1.
- [7] ONDRÁČEK, Karel a Karel JANÁK. *Produkce dřevní suroviny*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. ISBN 978-807-3751-425.
- [8] PŘÍHODA, Antonín. *Houby a bakterie poškozující dřevo*. 1. vyd. Praha: Stát. zem. nakl., 1953, 267 s.
- [9] HORÁČEK, Petr. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. 2008. Brno: Editační středisko MZLU, 2008. ISBN 978-80-7375-169-2.
- [10] BLANC, Gord. *Praktická kniha o dřevě*. 2. vyd. Čestlice: Rebo, 2009, 427 s. ISBN 978-80-255-0205-1.
- [11] BUMERL, milan a Eugen RÓNAY. *Doprava dřeva*. Bratislava, 1982. ISBN 508-23-85.
- [13] URBAN, Jaroslav. *Ochrana dřeva I: hlavní hmyzí dřevokazní škůdci*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997, 131 s. ISBN 80-715-7254-3.
- [14] *Atlas škůdců - Korovník dubový* [online]. 2014 [cit. 2015-05-18]. Dostupné také z: <http://www.desinsekta.cz/cs/atlas-kdc/atlas-kdc/47-korovnik-dubovy>

9.2 Internetové odkazy

- [1] HOUŠKA, Petr. Držme se tradičních nátěrů!. *Držme se tradičních nátěrů!* [online]. 2012 [cit. 2015-04-08]. Dostupné také z: <http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba/ochrana-dreva/1894-drzme-se-tradicnich-nateru>
- [2] Povrchová úprava v tradičním truhlářství a naše pokusy. Povrchová úprava v tradičním truhlářství a naše pokusy [online]. 2014 [cit. 2015-04-08]. Dostupné také z: <http://www.truhlarstvi-postaru.cz/index.php/postupy-a-navody/52-povrchova-uprava-v-tradicnim-truhlarstvi-a-nase-pokusy>
- [3] VÁLKOVÁ, Hana. Česko je nejlesnatější od dob Marie Terezie, ukázaly statistiky. Česko je nejlesnatější od dob Marie Terezie, ukázaly statistiky [online]. 2015 [cit. 2015-04-08]. Dostupné také z: http://zpravy.idnes.cz/historie-lesniho-a-vodniho-hospodarstvi-ffv-/domaci.aspx?c=A121009_114533_domaci_hv
- [12] Červoděš [online]. 2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné také z: <http://www.cervodes.eu/>
- [15] JOSEF DVOŘÁK, Josef Dvořák. Sbírka, zoologická / botanická zahrada [online]. 2009 [cit. 2015-05-18]. Dostupné také z: <http://www.biolib.cz/>
- [16] <http://www.lignofix.cz/> [online]. 2015 [cit. 2015-04-14]. Dostupné také z: <http://www.lignofix.cz/>
- [17] Bochemie a.s.: Ochrana dřeva. <http://www.bochemie.cz/> [online]. 2015 [cit. 2015-04-14]. Dostupné také z: <http://www.bochemie.cz/>
- [18] TICHÝ, Milík. Ovládání rizika: analýza a management [online]. Vyd. 1. Praha: C.H. Beck, 2006, xxvi, 396 s. [cit. 2015-04-23]. ISBN 80-717-9415-5.
- [19] KOCŮREK, Jaromír. FMEA. In: FMEA [online]. 2012 [cit. 2015-04-23]. Dostupné také z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/fmea/>

10 Seznamy

10.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Závislost vlhkosti vzduchu na vlhkosti dřeva [5, s. 12]	16
Obrázek 2 Změny tvaru dřeva na příčném řezu kmene v důsledku sesychání [5, s. 13]	17
Obrázek 3 Postup kácení motorovou pilou [7, s. 38]	25
Obrázek 4 Harvestor [7]	26
Obrázek 5 Pohled na detektor kovu a elektronický rám (2D měření) [7, s. 94]	31
Obrázek 6 Vlhkost v konstrukci [5, s. 51]	32
Obrázek 7 Dřevomorka domácí [12]	35
Obrázek 8 Konifora sklepní [12]	36
Obrázek 9 Hrbohlav parketový [13]	42
Obrázek 10 Korovník dubový [14]	43
Obrázek 11 Červotoč proužkovaný [6, s. 39]	44
Obrázek 12 Tesařík krovový [6, s. 40]	45
Obrázek 13 Pilořitka velká [6, s. 41]	47
Obrázek 14 Mravenec dřevokaz [13]	48
Obrázek 15 Konstrukční řešení obvodového pláště [5, s. 29]	50
Obrázek 16 Postup hoření s ohledem na teplotu [6, s. 65]	54

10.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Doporučené ošetření [13]	55
Tabulka 2 Doporučené koncentrace a minimální příjmy [14]	56
Tabulka 3 FMEA formulář - bez opatření	60
Tabulka 4 Hodnocení FMEA	62
Tabulka 5 Hodnocení FMEA	62
Tabulka 6 Hodnocení FMEA	62
Tabulka 7 Vyhodnocení RPN	63
Tabulka 8 Hodnocení FMEA - po opatření	64
Tabulka 9 Hodnocení FMEA - po opatření	64
Tabulka 10 Hodnocení FMEA - po opatření	64
Tabulka 11 Vyhodnocení RPN po opatření	65