

1. Úvod a cíl práce.....	3
2. Dřevokazní činitelé.....	4
2.1 Biotičtí dřevokazní činitelé	5
2.1.1 Bakterie:	5
2.1.2 Plísně:.....	5
2.1.3 Houby dřevozbarvující.....	6
2.1.4 Houby dřevorozkládající.....	6
2.1.5 Parazitické semenné rostliny:	10
2.1.6 Změny mechanických, fyzikálních a chemických vlastností	11
dřeva vlivem působení dřevorozkládajících hub.....	11
2.1.7 Dřevokazný hmyz	12
2.1.8 Ostatní škůdci	14
2.2 Abiotičtí dřevokazní činitelé	14
2.2.1 Působení vody a tepla:	14
2.2.2 Působení slunečního záření:	14
3. Ochrana dřeva	15
3.1 Konstrukční ochrana dřeva	15
3.2 Fyzikální ochrana dřeva	17
3.2.1 Mokrý ochrana dřeva:	18
3.2.2 Ochrana dřeva sušením:	18
3.2.3 Ostatní způsoby fyzikální ochrany	19
3.3 Chemická ochrana dřeva.....	20
3.3.1 Faktory ovlivňující proimpregnování dřeva.....	20
3.3.2 Technologie impregnace dřeva.....	21
3.3.3 Požadavky na dřevo před aplikací ochranných prostředků.....	22
3.3.4 Chemické ochranné prostředky	23
3.3.5 Přehled fungicidních složek chemických prostředků na ochranu dřeva	28
4. Dodatečná ochrana dřeva.....	34
5. Zkoumaná dřevina:.....	34
6. Metodika měření a materiál	37
6.1 Příprava zkušebních těles.....	37
6.2 Použitý ochranný prostředek.....	38

6.2.1 Kontrolní analýza koncentrátu:.....	38
6.2.2 Kontrolní analýza impregnačního roztoku:.....	38
6.2.3 Účinnost ochranného prostředku:.....	39
6.3 Použité přístroje:.....	40
6.4 Zjišťování vlhkosti zkušebních těles	40
6.5 Metodika máčení zkušebních těles	41
6.6 Zjišťování hloubky průniku impregnačního roztoku.....	42
6.6.1 Použité chemikálie:.....	42
6.6.2 Vyvolání a měření hloubky průniku:	42
7. Statistické zpracování výsledků	44
8. Interpretace výsledků a diskuze	45
8.1 Vlhkosti vzorků	45
8.2 Příjem zkoušeného prostředku	45
8.3 Hloubka průniku roztoku	47
8.4 Účinnost provedené ochrany	49
9. Závěr	51
10. Seznam použité literatury	52
11. Přílohy.....	54

1. Úvod a cíl práce

Dřevo je přírodní materiál již od pradávna využívaný člověkem, v mnohých uplatněních nenahraditelný pro své nezaměnitelné vlastnosti. Nepříjemná a poměrně i limitující vlastností dřeva jako biologického materiálu však je, že jako takový materiál také podléhá poměrně rychlé zkáze, pokud není dostatečně chráněn. V takovém případě je dřevo napadáno biotickými, ale i abiotickými destruenty a velmi rychle ztrácí své užité vlastnosti, především mechanické a estetické. Z tohoto důvodu je snahou člověka degračním procesům zabránit a prodloužit tak životnost a užitkovost dřeva v konstrukcích na co možná nejdelší dobu.

Ochrana dřeva je nauka vycházející z několika vědních disciplín, a to především z Nauky o dřevě, Entomologie, Mykologie a Chemie, jejichž znalost je základem pro efektivní ochranu dřeva. Obzvláště při navrhování a výrobě moderních dřevostaveb a dřevěných konstrukcí nachází tato nauka své široké uplatnění. Nejstarším a velmi účinným způsobem je ochrana konstrukční, avšak ani ta nemusí být vždy dostačující.

Tam, kde je konstrukční ochrana nedostatečná, nebo ji nelze realizovat technicky schůdným způsobem, spoléháme na ochranu chemickou. Chemickou cestou lze dřevo chránit nejen proti biotickým dřevokazným činitelům, ale také abiotickým, jako jsou například oheň, sluneční záření a agresivní chemikálie. Avšak tato ochrana dřeva má účinek především preventivní, neboť sanace napadeného dřeva je velmi složitá a nákladná.

Cílem této diplomové práce je experimentální ověření závislosti příjmu ochranného prostředku s obsahem boritých solí a kvartérních amoniových sloučenin a jeho průniku na vlhkosti chráněného dřeva a době jeho máčení v impregnačním roztoku. Tyto hodnoty jsou důležité pro zhodnocení efektivity a účinnosti výsledné chemické ochrany. Technologie máčení dřeva je jedním z nejjednodušších způsobů ochrany nevyžadující velké investice a proto i velmi rozšířený, obzvláště pro ochranu prvků dřevěných konstrukcí. Správně provedená ochrana je zárukou dlouhé životnosti dřevěných prvků i celých konstrukcí, což může napomoci posílení důvěry české populace v dřevostavby obdobně jako v severských státech.

2. Dřevokazní činitelé

Biotičtí – mikroorganismy – bakterie
 - houby - plísně
 - houby dřevozbarvující
 - houby dřevorozkládající
 - rostliny - parazitické semenné rostliny
 - živočichové - dřevokazný hmyz

Abiotičtí - atmosférické vlivy
 - termické vlivy
 - chemické vlivy - agresivní chemikálie

Poškození dřeva biotickými činiteli závisí na jeho expozici a charakterizuje ho pět tříd použití dle ČSN EN 335-1,2. (viz. Tabulka 1)

Tabulka 1: Výskyt biotických činitelů napadajících dřevo v jednotlivých třídách použití

Třída použití	Expozice dřeva	Vlhkost dřeva	Výskyt biologických činitelů				
			Dřevokazné houby		Dřevozbarvující houby		Hmyz
			Basidiomycetes	Houby způsobující měkkou hnilobu	Houby způsobující modráni	Plísně	Brouci
1	dřevo v interieru staveb, pod střechou, bez styku se zemí, trvale suché	max. 20%	ne	ne	ne	ne	ano ¹⁾
2	dřevo bez styku se zemí, zcela chráněné před povětrností, možné je přechodné navlhnutí	občasně > 20 %	ano	ne	ano	ano	ano
3	dřevo vystavené vlivu povětrnosti ale bez přímého a trvalého styku se zemí	často > 20 %	ano	ne	ano	ano	ano
4	dřevo ve styku se zemí a/nebo sladkou vodou	trvale > 20 %	ano	ano	ano	ano	ano
5	dřevo v trvalém a přímém styku se slanou vodou ²⁾	trvale > 20 %	ano	ano	ano	ano	ano

¹⁾ Ochrana není nutná:

- je-li dřevo zabudováno v prostorách s běžným klimatem tak, že ho možno pravidelně kontrolovat;
- použijí-li se dřeviny s jádrovým dřevem, mající podíl bělového dřeva menší než 10%.

²⁾ Toto riziko se v ČR nevyskytuje.

2.1 Biotičtí dřevokazní činitelé

2.1.1 Bakterie:

Bakterie patří mezi nejjednodušší nižší rostlinné mikroorganismy, které je možné najít ve dřevě rostoucích stromů i ve dřevě skladovaném a zpracovaném. Bakterie se rozlišují na **aerobní** působící na dřevo uložené na zemi a nad zemí a na **anaerobní** působící na dřevo uložené pod zemí nebo ve vodě. Bakterie se většinou skládají pouze z jedné buňky a nazývají se dle svého tvaru (koky, bacily, spirochety). Pohyb bacilů je ve valné většině umožněn bičíkem.

Hniloba čistě bakteriálního charakteru dosud nebyla zjištěna, bakterie se jako degradační činitelé uplatňují jako součást působení ostatních biotických a abiotických činitelů. Bakteriální proces degradace se lokalizuje především do jednotlivých vrstev sekundární stěny v různých typech dřevních buněk.

Vzájemné ovlivňování mezi některými bakteriemi a houbami zvyšuje intenzitu biodegradace dřeva. Bakterie dokáží syntetizovat i vitaminy nebo specifické látky, které podporují růst dřevokazných hub, některé dokáží i vázat vzdušný dusík a transformovat jej do organických látek, což má do jisté míry pozitivní vliv na růst a degradační kapacitu dřevokazných hub.

2.1.2 Plísně:

Plísně jsou mikroskopické vláknité houby rozmnožující se pouze nepohlavní cestou. Jejich růst je omezen pouze na povrch substrátu. Mohou růst na všech druzích organických i anorganických materiálů (dřevo, barvy, zdi atd.). Projevují se žlutými, bílými, zelenými, hnědými nebo černými povlaky s nejrůznějšími odstíny. Tyto povlaky způsobují vysporulovaná mycelia plísní, což jsou mycelia s vyzrálými sporami.

Plísně nemění mechanické ani fyzikální vlastnosti dřeva, pouze v povrchových vrstvách dochází ke změně barvy vlivem vylučovaných pigmentů nebo různobarevných plísníových pokrývek v závislosti na druhu plísně. Negativní vliv plísní, kromě estetické stránky, je především v bránění přirozenému vysoušení dřeva. Častý výskyt plísní je ve středech hrání, ale i v prostředí hydrotermické úpravy dřeva.

Ochranou proti růstu plísní je vysoušení substrátu, jeho vzdušné uložení nebo specifické fungicidy, např: IPBC. Většina běžně používaných fungicidů proti dřevokazným

houbám je proti plísním neúčinná. V mikroflóře povrchu dřeva působí zpravidla více druhů plísní najednou.

2.1.3 Houby dřevozbarvující

Samostatná skupina dřevokazných hub, které však nepůsobí podstatné snížení mechanických vlastností dřeva a ani po delším působení jej nenarušují. Způsobují však barevné změny ve formě skvrn, pruhů apod., což jsou vzhledové vady a snižují tak estetickou hodnotu dřeva (typickým příkladem je zamodránání borovice).

Tyto houby patří k houbám vřeckatým, neboli nedokonalým. Jsou schopné prorůstat hluboko do dřeva, ale velmi často napadají pouze bělové části, kde asimilují rezervní látky uložené ve dřevě a plazmatické zbytky po živých buňkách, ke kterým se dostávají svými hyfami přes tečky a dvojtečky v buněčných stěnách. Tento jev má za následek lepší prostupnost dřeva pro impregnační látku.

Valná většina těchto hub se specializuje pouze na úzký okruh dřevin, které napadá. Výtrusy těchto hub mají krátkou dobu klíčivosti, ale za příznivých podmínek se rozrůstají velmi rychle, dokonce několikrát rychleji než houby dřevorozkládající. Pro jejich růst je nutná vysoká vlhkost dřeva a přístup vzduchu.

Ochrana proti dřevozbarvujícím houbám spočívá v časném svozu vytěženého dřeva na zpracující závody a ošetření postřikem, nebo rychlým prosušením. Možná je i ochrana fungicidní látkou.

2.1.4 Houby dřevorozkládající

Dělení dřevokazných hub:

- Dle způsobu tvorby výtrusů: 1) stopkovýtrusné – *Basidiomycetes*
2) vřeckaté – *Ascomycetes*

- Dle složky dřeva, kterou rozkládají: 1) ligninovorní
2) celulozovorní

Dřevorozkládající houby rozkládají dřevní hmotu, mění její chemické složení narušují celou její vnitřní strukturu a stavbu a mění fyzikální vlastnosti dřeva. Z místa infekce prorůstají do další dřevní hmoty často dřevňovými paprsky. Celulozovorní houby vnikají do buněk dřeva z dřevňových paprsků obvykle jednotlivými hyfami, oproti tomu ligninovorní celým svazkem hyf. Pronikání hyf může postupovat buďto přes lumen buňky, nebo pektinovými vrstvami mezi buňkami.

Vrchol hyfy přichází nejprve do kontaktu s buněčnou blanou. Současně s dotykem se začíná enzymatickou činností houby tvořit otvor, kterým hyfa prorůstá. Tento otvor se rozšiřuje tak, aby byl vždy širší než houbová hyfa. Pronikání se děje v libovolném místě buněčné blány. Oproti tomu houby dřevozbarvující hmotu dřeva nenarušují, jejich pronikání do dřeva se uskutečňuje přes ztenčeniny, u jehličnanů přes dvojtečky.

Celulozovorní dřevokazné houby mohou rozkládat pouze celulozovou složku dřevní hmoty. Při destrukci začíná rozklad buněčné blány ve střední vrstvě sekundární stěny. Tvoří se zde dutiny, vzniklé rozpuštěním svazků celulozových fibril. Rozklad postupuje dál, až se buněčná stěna změní v hnědou hmotu ze zbytků ligninu – tak zvaná hnědá (popřípadě červená) hniloba dřeva. Zachovaná zůstává pouze silně lignifikovaná primární stěna a střední lamela.

Ligninovorní dřevokazné houby způsobují korozivní rozklad dřeva – tzv. „bílou hnilobu“. Rozklad je různý a dělí se do dvou základních typů:

- a) v buněčných stěnách vznikají kanálky prorůstáním hyf, ty se rozšiřují a spojují, až jsou rozloženy celé soubory buněčných stěn, často pozorovatelné pouhým okem.
- b) Buněčné blány jsou postupně delignifikovány, a to od vnitřních vrstev sekundární stěny buňky. Uvolní se střední lamely jež jsou také rozloženy. Tyto houby rozrušují nejprve lignin a v pozdějších etapách rozkladu stravují polysacharidickou složku dřeva. Nerozložená celuloza zůstává ve formě bílých chumáčků – proto tzv. „bílá hniloba“.

Nejvýznamnější dřevorozkládající houby:

Dřevomorka domácí – *Serpula lacrimans*

Celuzovorní houba, je nejškodlivější dřevokaznou houbou v budovách ve střední a severní Evropě a v Asii. Jižněji její význam slábne. Patří do čeledi Coniophoraceae, třídy Basidiomycetes. Ve skladech se objevuje pouze výjimečně, nesnáší otevřené prostranství, ale zhruba polovina všech škod způsobených houbami ve stavbách je způsobena touto houbou.

Její původ zůstával dlouhou dobu nejasný. Podle současné teorie je její původ v Himaláji v nadmořské výšce okolo 3000 m a do Evropy byla zavlečena obchodem se dřevem. U nás se ve volné přírodě téměř nevyskytuje.

Dřevomorka vytváří velmi bohaté podhoubí v podobě blanitých útvarů i v substrátu na dřevě i na zdech – Syrocia. Tvoří se i typické provazcovité podhoubí – Rhyzomorfy, které mohou prorůstat zdivem (i betonem) rychlostí cca. 2 m za rok a zajišťovat tak houbě vodu ze vzdálených míst. Tato houba tvoří značné množství výtrusů, které ke svému vyklíčení potřebují jen málo vlhkosti a svou klíčivost si ponechávají po řadu let (3-5 let).Podhoubí je neobyčejně ničivé a málo náročné na vlhkost a teplo.

Ideální vlhkost pro dřevomorku je 30 – 40 %, při vlhkosti pod 20 % se vývoj podhoubí značně zpomaluje a při dalším poklesu ustává úplně. V pokročilejším stádiu ke snížení vlhkosti prakticky nedochází, jelikož podhoubí dřevomorky si dokáže samo zadržet vlhkost vzniklou štěpením celulózy na oxid uhličitý a vodu. Optimální tepelné rozpětí pro rozvoj houby je 18 – 25 °C, životní tepelné rozpětí je 3 – 40°C.

Dřevomorka napadá všechny dřeviny, nejodolnější proti ní jsou takové, které obsahují více tříslovin (DB, OR, AK). Dále napadá materiály obsahující celulózu (lepenka, papír, sláma, aglomerované materiály). Ke svému vývoji nepotřebuje světlo. Je citlivá téměř na všechny druhy ochranných látek.

Popraška sklepní – *Coniophora puteana*

Celulozovorní houba, vyskytuje se v budovách, kde se třeba jen dočasně zvýšila vlhkost, na skladech dřeva, na konstrukcích i v lese. Napadá veškeré mrtvé dřevo, ale přednost dává jehličnatým dřevinám. Po rozložení celulózy začne napadat i lignin. Je rozšířena po celé Evropě a je druhou nejnebezpečnější houbou u nás.

Tato houba je velmi odolná vůči nízkým teplotám, ale málo odolná vůči nedostatku vody. Vytváří tenčí bohaté povrchové podhoubí v podobě provazců zpočátku bílých posléze až tmavě hnědých. Optimální vlhkost pro rozvoj $w = 50\%$, optimální teplota 23°C , teplotní maximum je kolem 35°C . Po vysušení dřeva se její vývoj okamžitě zastavuje a houba postupně odumírá, neboť si neumí udržet vlhkost vznikající rozkladem celulózy.

Rozklad dřeva probíhá formou tmavé destruktivní hniloby, dřevo za velmi krátký čas ztrácí své technické vlastnosti. Ve vysokém stádiu rozkladu je dřevo hnědé až černé rozpadající se na hranolky $0,5 - 1,5$ cm. Tato houba je velmi odolná vůči účinkům anorganických solí, oproti tomu proti organickým fungicidním látkám je velmi citlivá.

Pórnatka Valiantova – *Poria vailantii*

Celulozovorní houba, napadá pouze jehličnaté dřeviny. Její častý výskyt je na skladech dřeva, na dřevěných konstrukcích, v lese ale hlavně v budovách. Její spory mají velmi dlouhou životnost, ale je závislá na přívodu vlhkosti z okolí.

Povrchové podhoubí této houby je hojné ve formě nafouklých vatovitých výrůstků, nebo visících střepečů. Stále bílé provazce jsou tlusté několik mm výrazně kratší než u dřevomorky a i po vysušení jsou pružné. Optimálním teplotní rozpětí $25 - 27^{\circ}\text{C}$.

Rozklad dřeva je tmavého destruktivního typu. V počátku hniloby je dřevo okrově žlutohnědé, později je hnědé, hranolovitě se rozpadající. V trhlinách bývají nezřídka blanky jemného podhoubí. Tato houba značně odolává fungicidním přípravkům založených na sloučeninách mědi. Vzhledem k tomu, že houba není schopna růstu bez přívodu vlhkosti z okolí, je nejlepší ochranou vysušení.

Trámovka trámová – *Gloephyllum trabeum*

Trámovky obvykle napadají silné staré dřevo v místech se zvýšenou vlhkostí, tedy v případech zanedbání péče o objekt, typické jsou napadené stropní nebo krovové konstrukce se zateklou vodou. Působení této houby může být pouze lokální.

Nebezpečnost této houby spočívá ve skrytém postupu hniloby, neboť mycelium nevystupuje na povrch napadené konstrukce, dlouhodobě rozkládá skrytou formou zevnitř a dřevo se na první pohled může jevit jako zdravé. Až v pokročilém stádiu prozradí tuto houbu plodnice vystupující za příznivých podmínek z trhlín na povrch dřeva. Přímé denní světlo působí na její růst retardačně. Z našich domácích hub nejlépe odolává nepříznivým

podmínkám jako jsou silné mrazy a dlouhodobé vyschnutí. Vysušením substrátu přechází houba do latentního stavu, ve kterém může setrvat cca. 3 roky, po návratu příznivých podmínek se opět začne rozrůstat. Zevnitř rozkládané dřevo křehne a snadno se kostkovitě láme.

Outkovka pestrá – *Trametes versicolor*

Vyskytuje se na všech tuzemských listnatých dřevinách v pokáceném nebo zpracovaném stavu především v otevřeném prostranství a na skladech.

Podhoubí této houby upřednostňuje bělovou část, plodnice jsou malé, kožovité, vyskytují se hromadně jako tenké platničky bokem přirostlé ke dřevu a střechovitě uložené. Povrch plodnic je různobarevný s hedvábným leskem, jakoby chlupatý.

Je velmi odolná vůči nedostatku vlhkosti. Stejně odolná je i proti teplotě vysoké i nízké.

Rozklad dřeva patří do světlé hniloby – ligninovorní houba. Napadené dřevo je zpočátku okrově bílé, tvrdé a křehké. V pozdějším stádiu je dřevo bílé, měkké, rozpadající se podél dřeňových paprsků. Kultura voní slabě po terpentýnu.

2.1.5 Parazitické semenné rostliny:

Vyvíjejí se na úkor vyšších rostlin. Většina z nich má téměř běžnou stavbu (lodyhu, listy, květy) ale liší se morfologickou stavbou, která je jednodušší. Živné látky dostávají již v hotovém stavu, ale jsou rovněž schopny asimilace listy. Poškozují pouze rostoucí stromy svým kořenovým systémem zasahujícím do dřeva. Do řeziva se takto poškozené dřevo dostává jen zřídka.

2.1.6 Změny mechanických, fyzikálních a chemických vlastností dřeva vlivem působení dřevorozkládajících hub

Změny fyzikálních vlastností dřeva:

Tyto změny jsou dobrým indikátorem změn ve vnitřní struktuře dřeva následkem působení dřevorozkládajících hub, neboť průběh vnitřních změn je závislý na mnoha faktorech (dřevině, druhu houby, rychlosti rozkladu apod.).

Hustota dřeva se s postupujícím rozkladem zmenšuje, na intenzitu má vliv druh houby, druh a vlastnosti dřeva a podmínky růstu houby (teplota, relativní vlhkost vzduchu a vlhkost dřeva). Hustota se výrazněji mění u korozivního rozkladu (napadení ligninovorní houbou), u destruktivního rozkladu jsou změny mnohem menší.

Změny objemu způsobené rozkladem dřevní hmoty neodpovídají úbytku hmotnosti. Objemový úbytek se projevuje hlavně u hub celulozovorních, dřevo praská a kostkovitě se rozpadá. U ligninovorních hub dřevo většinou nepraská a jeho objem se nijak výrazně nezmenšuje.

Nasákavost dřeva se s postupující hnilobou zvyšuje a to více u destruktivní hniloby. Svého maxima dosahuje u 45% úbytku hmotnosti a po té prudce klesá. U ligninovorné hniloby nasákavost dřeva od začátku klesá.

Změny mechanických vlastností dřeva:

Tyto změny jsou závislé na dřevokazné houbě způsobující rozklad. Celulozovorní houby ovlivňují mechanické vlastnosti mnohem více nežli houby ligninovorní. Vyplývá to z celoobjemového narušení celulózy.

Rázová pevnost se ze všech mechanických vlastností snižuje nejrychleji a to již při 3% úbytku hmotnosti vlivem celulozovorní hniloby je rázová pevnost již pouhých 50% z původní hodnoty této pevnosti.

Tlaková pevnost ubývá obdobně jako pevnost rázová, a sice při úbytku hmotnosti 4% u napadení dřevomorkou domácí klesá tlaková pevnost o 28%.

Tvrdość dřeva se snižuje poměrně rovnoměrně se stupněm napadení dřeva, proto je spolu s rázovou pevností dobrým indikátorem změn ve vnitřní struktuře dřeva.

Změny chemických vlastností dřeva:

Chemické změny u napadení celulozovorními houbami se velmi podobají hydrolyze dřeva slabými kyselinami. Nejprve klesá objem hemiceluloz a objem celulózy se nemění, poté jsou stravovány polysacharidy s kratšími molekulovými řetězci a v poslední fázi se štěpí celulóza a ostatní polysacharidické složky. Obsah ligninu zůstává téměř beze změny.

Oproti tomu ligninovorní houby mají širší enzymový komplex a mohou rozkládat kromě celulózy i lignin. Působení těchto hub je obdobné s působením kyselých alkoholických roztoků, enzymy oxidují lignin na látky kyselé povahy a složení dřeva se mění různých stupních rozkladu podle typu houby.

2.1.7 Dřevokazný hmyz

Dřevokazným hmyzem rozumíme hmyz, který svojí činností v některém ze svých vývojových stádií škodí dřevu mrtvému, nebo i rostoucím dřevinám. Většina druhů dřevokazného hmyzu patří k obyvatelům lesa, kde napadají stromy zdravé, stromy oslabené i dřevo již skácené.

Menší počet druhů hmyzu napadá i výrobky ze dřeva již zabudované. Někteří, obzvláště pak tesařici a červotoči, jsou pokládáni z hlediska rozsáhlého technického a estetického poškození, za škůdce velmi nebezpečné.

Nejvýznamnější hmyzí dřevokazní škůdci napadající zpracované dřevo:

Tesařík krovový – *Hylotrupes bajulus*

Nejzávažnější hmyzí škůdce zpracovaného jehličnatého dřeva. Tento zástupce čeledi tesaříkovitých (Cerambycidae) má své rozšíření na velké části zeměkoule a v mnoha zemích včetně České republiky patří k obávaným škůdcům. (Urban, 1997)

Brouk je 7-25mm dlouhý žlutohnědý až černý. Jeho larvy s velkou oblibou napadají dřevěné části obytných domů, chat a chalup. Velmi intenzivně je napadáno dřevo jedlové a běl borovic, méně pak dřevo smrkové a modřínové. Listnaté dřeviny jsou zcela imunní, neboť obsahují lignitové deriváty, jež jsou pro larvy toxické. Vývoj larev trvá obvykle 2-4 roky, za nepříznivých podmínek však může trvat až 15 let. Jejich vývoj probíhá optimálně při vlhkosti dřeva kolem 30% a teplotě vzduchu 28-30°C. Při vlhkostech pod 10% larvy hynou. (Cymorek, 1981) Poklesnou-li teploty pod +5°C, přerušují larvy aktivní činnost a přecházejí do „zimního spánku“. Při poklesu teplot pod -40°C larvy hynou. Technicky důležitější však je teplota +50°C, při které hynou larvy i dospělci (včetně vajíček) v důsledku koagulace bílkovin. Této teploty se využívá pro sterilizaci dřeva (min. 30min. při min. teplotě 56°C dle směrnice FAO z r.2002). (Reinprecht, 1997)

Jediným trvalým způsobem ochrany byla v minulosti hloubková tlaková impregnace. Poměrně dobrých výsledků lze dosáhnout i některými beztlakovými metodami s impregnační hloubkou větší než 10 mm. (Urban, 1997) V současné době jsou preferovány především syntetické pyretroidy a hormonální insekticidy aplikované i povrchově.

Červotoč proužkovaný – *Amobium punctatum*

Spolu s tesaříkem krovovým je nejvážnějším škůdcem dřevěných budov, nábytku a výrobků z jehličnatého i listnatého dřeva. Tento druh škůdce je široce rozšířen v Evropě, severní Asii, severní Africe, severní Americe a Austrálii.

Brouk je 2,5 – 5,0 mm dlouhý světlehnědě až tmavohnědě zbarvený, larvy jsou 5–6 mm dlouhé a krátce ochlupené. Optimální vývoj larev je při 22-23°C a relativní vlhkosti vzduchu 80%, což při pokojové teplotě odpovídá zhruba 18% vlhkosti dřeva. Při poklesu vlhkosti pod 10% larvy hynou. Larvy taktéž nesnáší mráz a hynou již při -13°C ani vysoké teploty nad 30°C.

Červotoč proužkovaný je našim nejhojnějším červotočem, napadá skoro všechny domácí a řadu introdukovaných jehličnatých i listnatých dřevin. Požerek se však soustřeďuje pouze na bělové oblasti dřeva, přičemž jádro je opomíjeno. Vzhledem k malé toleranci k extrémním teplotám se jen málokdy vyskytuje v krovových konstrukcích, avšak pro nábytek a drobné předměty je nebezpečnější než tesařík krovový.

Nebezpečí napadení lze snížit na minimum kvalitní povrchovou úpravou, případně používáním jádrového dřeva. Nezanedbatelný význam má též vytápění místnosti a její řádné větrání. K dlouhodobé chemické ochraně proti červotoči se úspěšně používá přípravků na bázi boru a kvartérních amoniových solí (QAS). (Urban, 1997) V současné době se stejně jako u tesařika preferují syntetické pyretroidy a hormonální insekticidy.

2.1.8 Ostatní škůdci

Mořští škůdci :

Do této skupiny patří především měkkýši a mořští raci, jejichž larvy velikosti špendlíkové hlavičky se přisají na dřevo, zavrtávají se a tvoří si ve dřevě chodbičky.

Vyšší živočichové.

Jedná se o obratlovce (ptáci, savci) mají význam především v lesnictví.

2.2 Abiotičtí dřevokazní činitelé

2.2.1 Působení vody a tepla:

Voda je polární anorganická látka dobře smáčející povrch dřeva a lehce pronikající i do vnitřní struktury dřeva ve skupenství plynném nebo kapalném, čímž dochází k bobtnání nebo sesychání dřeva. Tyto změny jsou často provázeny vznikem vlhkostních napětí a tvorbou makro nebo mikrotrhlin. Často pozorujeme i tvarové deformace. Tvorba napětí a trhlin je často spojena i s přechodem vody do skupenství pevného při zamrznání v buňkách dřeva.

2.2.2 Působení slunečního záření:

Sluneční záření patří spolu s vodou k nejagresivnějším činitelům atmosférické koroze dřeva. Dřevo záření absorbuje do molekul a makromolekul ve spojení s jejich přechodem do energeticky bohatšího (excitovaného) stavu, který je ovšem značně nestabilní. Vznikají volné radikály působící degradačně na složky ligninu a jako důsledek dřevo mění svou barvu (žloutnutí až šedivění dřeva) a klesá jeho pevnost.

3. Ochrana dřeva

- 1) Konstrukční ochrana dřeva
- 2) Fyzikální ochrana dřeva
- 3) Chemická ochrana dřeva
- 4) Dodatečná ochrana dřeva

3.1 Konstrukční ochrana dřeva

Tato ochrana patří k nejzákladnějším, nejzásadnějším a nejstarším způsobům. Jedná se v podstatě o souhrn konstrukčních zásad a hledisek, která vedou k minimalizaci vytváření podmínek vhodných pro degradaci dřeva. Chemická ochrana zatěžuje životní prostředí a měla by být chápána spíše jako doplňkové opatření, avšak má významnou roli tam, kde je konstrukční ochrana nedostatečná nebo kde není možné ji zrealizovat technicky schůdným způsobem. Stavebně - konstrukční opatření musí být zahrnuto již v projektové dokumentaci.

V historii i v současnosti se uplatňuje zvláště výběr materiálu, eliminace vad a eliminace sorbčních vlastností dřeva. V řešené konstrukci je nutné vedle funkčních a estetických hledisek zohlednit očekávané namáhání použitého dřeva a nejčastěji řešit konstrukci odolnou proti zavlhání, neboť zvýšením vlhkosti ve dřevě se vytvářejí vhodné podmínky pro růst dřevokazných hub. Přítomnost výtrusů hub ve vzduchu je stálá, proto musejí být dřevěné konstrukce uloženy způsobem zajišťujícím volné proudění a výměnu vzduchu kolem nich. U dřevěných prvků vystavených povětrnostním vlivům, musí být řešena konstrukce tak, aby mohla srážková voda snadno odtékat. U prvků uložených v zemi však není toto možné a proto je zde správně provedená chemická ochrana velmi důležitá, obzvláště proti houbám Ascomycetes vyskytujícím se hlavně na rozhraní půdy a vzduchu a sladké vody a vzduchu.

Při jednotlivých způsobech konstrukční ochrany dřeva se soustředíme především na:

- 1) **Výběr materiálu** dle způsobu použití. Prvky situované do exteriéru se snažíme vyrábět ze dřevin s vysokou přirozenou trvanlivostí (AK, DB).
- 2) Soustředíme se na **vyřazení některých vad**: v konstrukcích nepoužijeme dřevo s hnilobou, dřevo jehož směr vláken (přítomnost suků, vidlák a pod.) neodpovídá předpokládanému namáhání, vyřadíme. Je zde nebezpečí vzniku trhlin, zatékání vody a kladení hmyzích vajíček. Pokud je to možné, snažíme se vymanipulovat ze dřeva dřev.
- 3) Navlhavost dřeva se řeší celou řadou konstrukčních úprav s jediným cílem, **udržet dřevo co nejsušší**. Prvky situované do exteriéru se chrání proti přímému vystavení povětrnostním vlivům a před trvalým zvlhčováním. Přitom ani tak nezáleží na krátkodobém přímém působení vody, jako na stálém a průběžném navlhání a vysychání. Konstrukce se tedy musí vyvarovat nechat dřevo ve vlhkém prostředí – nejnebezpečnější je styk vodní hladiny a vzduchu, dřevo zabudované do země, okolí vodovodní instalace a místa s vyšší relativní vlhkostí vzduchu.
- 4) Prvky do interieru je nutné **situovat s vlhkostí na úrovni rovnovážné vlhkosti** v daném prostředí s cílem zabránit dodatečným tvarovým deformacím částí konstrukce (podlahy, obklady apod.). Vlhkost prvků při zabudování nesmí být nad kritickou hodnotou a obvykle platí $8 \% \leq w \leq 20 \%$. Zároveň platí, že prvky nesmí být ani výrazně přesušené, aby nedošlo při bobtnání dřeva k porušení statiky konstrukce (přibíjení prken).
- 5) Prvky v interiérech se musí **izolovat od zdrojů vlhkosti** spolehlivým svodem dešťové vody, důkladnou izolací proti spodní vodě, dobrou vodovodní instalací v objektu, dokonalou tepelnou izolací a cirkulací vzduchu s cílem vyloučit tvorbu kondenzační vody a izolace dřeva od betonu, zdiva, ocelových a hydrofilních hmot s vysokým koeficientem vodivosti tepla. Dřevěné prvky nesmějí být těsně zazděné,

což u starších objektů zapříčiňuje destrukce zhlaví stropních trámů a krokví. Pro zabezpečení volného proudění vzduchu stačí dvou- až třicentimetrová mezera.

- 6) U dřevěných konstrukcí vystavených přímému dešti je nutné zabránit zatékání, zadržování vody a umožnit její odtok. Velmi důležité je též pravidelně kontrolovat a udržovat ve funkčním stavu okapy a svodnice, střešní krytinu a omítky a zabránit tak zatékání do objektu, případně nežádoucímu vlhnutí dřeva, které je v přímém kontaktu se zdivem.
- 7) V speciálních případech základových prvků uložených v zemi a vodních konstrukcí je podmínkou zachování vlhkosti dřeva nad maximální kritickou vlhkostí.
- 8) Dřevěné prvky v interiérech i exteriérech se musí situovat s ohledem na **požární bezpečnost**. Dřevěné prvky se musejí dimenzovat s bezpečnostním faktorem při upřednostňování čtvercových průřezů, povrch prvků se vyhlazuje, popřípadě se upravuje nehořlavým materiálem, nosné i nenosné prvky se mají umísťovat na základě zohlednění požárního zatížení, vyjádřeným množstvím dřeva na jednotku plochy objektu [kg/m^2].

3.2 Fyzikální ochrana dřeva

Fyzikální ochrana dřeva zahrnuje souhrn principů změn prostředí ve dřevě i v bezprostředním okolí dřeva (pomocí fyzikálních veličin), vedoucích k vytvoření krátkodobých či dlouhodobých nepříznivých, až úplně nevhodných, podmínek pro aktivitu biotických škůdců dřeva. Ve svých principech se fyzikální ochrana často může překrývat s ochranou konstrukční. Tato ochrana se používá nejčastěji pro ochranu vytěžené dřevní suroviny a pro uchování jakosti dřeva při jeho skladování. Dřevo za svého růstu je chráněno přirozeně, vysokým obsahem vody zvláště v bělové oblasti. Po těžbě nastává úbytek vody a místo ní se ve dřevě zvyšuje procento vzduchu. Tyto podmínky začínají vyhovovat předně největší skupině destruentů dřeva a to houbám. Rovněž někteří hmyzí škůdci považují těžené dřevo za oslabené stromy a tyto jsou cílem jejich náletu. Obojí

poškození dřeva se týká ovšem i splnění další podmínky života destruentů, a to příčné teploty prostředí. V zimním období je dřevo z tohoto titulu chráněno.

Proti všem škůdcům dřeva není možné použít univerzálního způsobu ochrany a rovněž není možné mít proti každému škůdci samostatný systém. Je tedy nutné soustředit se při ochraně na nejnebezpečnější škůdce (s přihlédnutím na dřevinu, sortiment, polohu skladu a možnosti použití ochrany).

3.2.1 Mokrá ochrana dřeva:

Způsoby mokré ochrany jsou založeny na vytěsnění vzduchu vodou a tím přípravě podmínek, které nejsou přijatelné pro dřevokazné houby, pro hmyz a ani pro abiotické činitele. Jedná se o zvýšení a udržování vlhkosti dřeva nad hranicí maximální kritické vlhkosti a snížení objemového podílu vzduchu ve dřevě pod hranici 20 až 5 %.

Způsoby mokré ochrany:

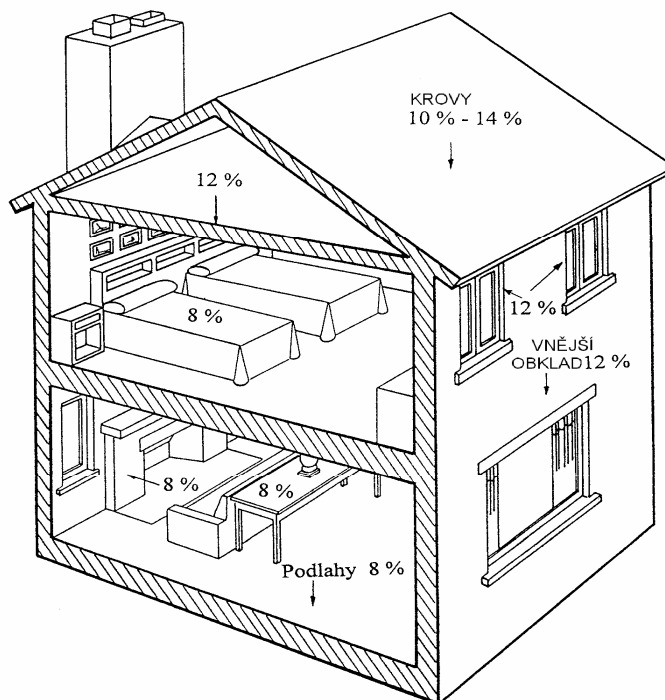
- a) ochrana kulatiny pod vodou
- b) ochrana kulatiny postřikem
- c) ostatní způsoby mokré ochrany (zmrazení, prosyp zelenou štěpkou)

3.2.2 Ochrana dřeva sušením:

Při vysušení dřeva se biotickým dřevokazným činitelům odebrává jedna ze základních životních podmínek – voda. Tímto způsobem je možné omezit, zastavit nebo znemožnit aktivitu dřevokazných škůdců. Minimální kritická hranice vlhkosti dřeva pro zastavení aktivity dřevokazných hub je zhruba $w < 20 \%$, u dřevokazného hmyzu je tato hranice nižší a to $w < 10 \%$.

Suché dřevo uložené v suchém prostředí si uchovává svoji trvanlivost a použitelnost po velmi dlouhé období. Sušení dřeva je tedy jeden z nejdůležitějších způsobů ochrany dřevní hmoty. Základní zásadou je, že dřevo má být vysušené na takovou konečnou vlhkost, která odpovídá prostředí, ve kterém bude jako výrobek situované. Většinou se tato vlhkost nachází pod hranicí alespoň jedné kritické vlhkosti. (Viz obr.1)

Obr. 1: Ukázka požadovaných vlhkostí dřeva před jeho zabudováním v obytném domě



3.2.3 Ostatní způsoby fyzikální ochrany

Opalování dřeva:

Patří mezi nejstarší druhy ochrany. Dochází zde ke zuhelnatění povrchu a destilační zplodiny (dehet, kyselina octová) chrání dřevo svými fungicidními účinky – prostupují hlouběji do dřeva. Zuhelnatělý povrch neobsahuje živiny potřebné pro biotické destruenty.

Obalování dřeva:

Způsob brání v přístupu ke dřevu houbám a hmyzu mechanickými prostředky. Používanými materiály jsou plech, beton, cement, asfalt atd.

3.3 Chemická ochrana dřeva

3.3.1 Faktory ovlivňující proimpregnování dřeva

Impregnace dřeva je fyzikálně-chemický proces, při kterém se ochranná látka vnáší do kapilárního systému dřeva, aby se toto stalo odolné vůči účinkům biologických škůdců, biotických činitelů nebo aby změnilo některé své vlastnosti.

Ochranný účinek závisí na:

- 1) vlastnostech a stavbě dřeva
- 2) druhu použité látky
- 3) podmínkách provedení impregnace

Vlastnosti a stavba dřeva

Dřevo je tvořeno buňkami jejichž tvar, rozměry a funkce jsou různé. Na dřevě pozorujeme část vnitřní – jádro, vyzrálé dřevo a část vnější – bělovou. Jádra obsahují jaderné látky (pryskyřice, gumy, alkaloidy, minerální látky, uhlohydráty, třísloviny, barviva atd.) a u listnáčů bývají často ucpány *thylami*. Thyly jsou velkou překážkou pro pronikání ochranných látek do dřeva. Jádrové látky do jisté míry chrání dřevo a bělová část, která se po skácení vysušuje, podléhá zkáze dřívě. Proto je nutné při impregnaci proimpregnovat pokud možno celou bělovou část.

Hlavní kapilární cesty pro ochranné látky jsou orientovány podél osy kmene – bývalé cesty proudění živin do koruny. V příčném směru to jsou buňky dřeňových paprsků. Dalšími důležitými místy průniku ochranné látky v příčném směru jsou ztenčeniny. Tyto jsou dvojího druhu: tečky a dvojtečky. Dvojtečky se svým torusem jsou při impregnaci určitou překážkou. Při poklesu vlhkosti pod mez hygroscopicity dochází ve dřevě k uzavření dvojteček a tím i ke zneprůchodnění vodivých cest. Voda a ochranné prostředky nejlépe vnikají do dřeva ve směru vláken, z čelní plochy, a to 10-20 krát rychleji než ve směru kolmo na vlákna.

Vliv použité ochranné látky

Kvalitu impregnace ovlivňují především fyzikálně-chemické vlastnosti impregnačních látek zvláště viskozitou, mezipovrchovým napětím (mezi impregnační látkou a zdřevnatělou buněčnou blanou), disperzním stavem impregnační látky apod.

Ve většině případů se na ochranu dřeva používají vícesložkové kapalné přípravky, které představují směs více chemických látek:

- 1) homogenní roztoky (voda + anorganické soli, organické rozpouštědlo + organická látka, impregnační olej)
- 2) dvoufázové systémy
 - a) emulze (dvě vzájemně smíšené kapaliny)
 - b) suspenze (kapalina s nerozpustnou tuhou látkou)

Při transportu kapalných látek do dřeva je významná především jejich dynamická viskozita. Dynamická viskozita vyjadřuje vnitřní tření částic v kapalině (molekuly, disperzní elementy), které se navenek projevuje odporem částic proti pohybu i odporem kapaliny jako celku proti hybným silám toku. Například impregnační oleje je nutné ohřát na teplotu 80-140 °C. Povrchové napětí kapalných přípravků ovlivňuje jejich schopnost smáčet povrchy buněk v lupenech a tím též ovlivňuje intenzitu průniku těchto přípravků do dřeva. Povrchové napětí a smáčení se upravuje přidáváním povrchově aktivních látek.

Podmínky provedení impregnace

Podmínky provedení impregnace mají vliv na množství přijaté impregnační látky jsou tlak, podtlak, jejich střídání, doba trvání impregnace, použití teploty, úprava dřeva atd. Ve většině případů zvýšením parametrů podmínek impregnace se zvětšuje příjem ochranné látky a zvětšuje se její průnik do dřeva. Hranice tohoto zvyšování parametrů je možno spatřovat ve vlastnostech dřeva, vlastnostech impregnační látky a v ekonomice. (Svatoň, 2000)

3.3.2 Technologie impregnace dřeva

Chemická ochrana dřeva se navrhuje až po vyčerpání všech možných konstrukčních opatření. Dřevo nebo výrobky ze dřeva se chrání před nebo po zpracování. Dřevo se může chránit preventivně nebo dodatečně. Chemická ochrana dřeva se dělí podle trvání ochranného účinku na krátkodobou a dlouhodobou.

Podle hloubky průniku ochranného prostředku do dřeva v radiálním a tangenciálním směru se rozlišuje impregnace:

- a) povrchová - průnik do 3 mm od povrchu dřeva;
- b) polohluboká - průnik od 3 mm do 6 mm od povrchu dřeva;
- c) hluboká - průnik více než 6 mm od povrchu dřeva.

K ochraně dřeva chemickými ochrannými prostředky je možno použít těchto způsobů:

- a) impregnace postřikem a nátěrem;
- b) impregnace máčením;
- c) impregnace nanášením, ponořováním a poléváním;
- d) impregnace teplo-studenou koupelí;
- e) vakuotlaková impregnace;
- f) vakuová impregnace;
- g) impregnace tlakově-difusním způsobem.

Způsob chemické ochrany dřeva se určuje podle:

- a) příslušné třídy ohrožení;
- b) druhu dřeva;
- c) sortimentu dřeva (surovina, polotovar, výrobek);
- d) požadované trvanlivosti chráněného dřeva v konkrétních podmínkách;
- e) požadavků na ochranu zdraví lidí a životního prostředí.

3.3.3 Požadavky na dřevo před aplikací ochranných prostředků

Příprava dřeva

Před vlastní ochranou je nutné z dřeva zcela odstranit kůru, lýko a všechny nečistoty a zbytky starých nánosů, které zhoršují průnik prostředků do dřeva.

Dřevo je potřebné ošetřit teprve po posledním opracování (hoblování, frézování, řezání, otesání apod.). Není-li to možné je nutné opracované plochy dodatečně ošetřit. Ošetřené piliny, případně odřezky je potřebné speciálně likvidovat tak, aby vznikající odpad byl minimálně hygienicky a ekologicky závadný.

V případě potřeby je možné zlepšit proimpregnování obtížně impregnovatelných dřevin, případně jádra dřeva mechanickou přípravou dřeva před impregnací (napichování, předvrtávání, případně jiné perforace). Hloubka, průměr a plošná hustota vpichů nesmí ovlivnit mechanické vlastnosti dřeva, které se požadují pro danou expozici.

Před aplikací ochranného prostředku do dřeva se zjišťuje: vlhkost dřeva, objem dřeva, případně plocha povrchu, vhodný ochranný prostředek, koncentrace prostředku, způsob jeho aplikace do dřeva v závislosti na třídě ohrožení apod.

Vlhkost dřeva

Vlhkost dřeva musí mít hodnotu vhodnou pro ochranný prostředek na dřevo a použitý způsob ochrany. Vlhkost dřeva se zjišťuje podle ČSN 49 0103.

Olejovitě prostředky se používají na ochranu suchého dřeva (vlhkost do 20 %), případně pokud dovolují vlastnosti prostředku a technologie ochrany, může být vlhkost dřeva max. 30 %.

Vodou ředitelné ochranné prostředky jsou vhodné na ochranu suchého a polosuchého dřeva s vlhkostí do 30 %, případně při použití vhodného způsobu aplikace a koncentrace ochranného prostředku mohou být použity i při vyšších vlhkostech.

3.3.4 Chemické ochranné prostředky

Vlastnosti ochranných prostředků

Chemické ochranné prostředky se používají pouze tam, kde je nevyhnutelná ochrana dřeva, a kde reálně uskutečnitelné způsoby fyzikální nebo konstrukční ochrany jsou málo účinné nebo je nelze použít. Na ochranu dřeva se mohou použít pouze chemické prostředky, které byly certifikovány příslušnou AO podle zákona č. 71/2000 Sb., mající typové označení a které jsou registrovány SZÚ podle zákona č. 120/2002 Sb. zákona o biocidech.

Chemické ochranné prostředky na dřevo musí splňovat tyto základní vlastnosti:

- a) ochranné vlastnosti, a to fungicidní, insekticidní nebo jejich kombinace; v případě potřeby i vlastnosti zabezpečující odolnost proti povětrnostním vlivům;
- b) schopnost rychle a rovnoměrně vnikat do dřeva při beztlakových metodách napouštění za atmosférického tlaku i při vakuotlakových impregnacích;
- c) nesmí zhoršovat mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva;
- d) vyhovovat toxickým a ekologickým požadavkům, především:
 - přijatelnou toxicitou pro savce;
 - relativní neškodností chráněného dřeva pro člověka i životní prostředí;
 - chráněné dřevo nesmí ohrožovat životní prostředí po celou dobu služby;
 - možnosti bezpečné likvidace chráněného dřeva po době jeho služby;
- e) vykazovat potřebný rozsah použitelnosti:
 - v širokém pásmu teplot;
 - v různých typech technologických zařízeních.

Chemické ochranné prostředky se definují formou typového označení, ve kterém je vyjádřena základní charakteristika ochranného prostředku:

- spektrum účinnosti prostředku (viz. Tab. 2);
- použitelnost pro třídy ohrožení (viz. Tab. 2);
- způsoby aplikace (viz. Tab. 3);

Tabulka 2: Požadovaný účinek chemických ochranných prostředků na dřevo v závislosti na třídě ohrožení

<i>Třída použití</i>	<i>Požadovaný účinek</i>	<i>Typové označení ochranných vlastností prostředku</i>
1	ochrana proti hmyzu	I _P
2	ochrana proti hmyzu, houbám třídy Basidiomycetes a dřevozbarvujícím houbám	I _P , F _B (B, P) ¹⁾
3	ochrana proti hmyzu, houbám třídy Basidiomycetes a dřevozbarvujícím houbám; přípravek musí být stálý v povětrnostních podmínkách	I _P , F _B (B, P) ¹⁾ , D
4	ochrana proti hmyzu, houbám třídy Basidiomycetes, houbám způsobujícím měkkou hnilobu a dřevozbarvujícím houbám; přípravek musí být stálý v povětrnostních podmínkách i v kontaktu se zemí	I _P , F _A , F _B (B, P) ¹⁾ , E
¹⁾ Dřevozbarvující houby znehodnocují především estetický vzhled dřeva, na závadu jsou jen u dřeva, u něhož je napadení plísněmi (P) nebo houbami způsobujícími modráň (B) nežádoucí nebo nepřijatelné (např. dřevo použité na dekorativní účely, v obytných místnostech apod.)		

Symbyoly používané v typovém označení prostředku charakterizující jeho jednotlivé ochranné vlastnosti, které jsou stanovené zkouškami podle příslušných norem ČSN 49 0600-1, značí:

I_P preventivní účinnost proti hmyzu;

F_Búčinnost proti houbám třídy Basidiomycetes;

F_Aúčinnost proti houbám třídy Ascomycetes (způsobujícím měkkou hnilobu);

B účinnost proti houbám způsobujícím modráň;

P účinnost proti plísním;

D ošetřené dřevo může být vystavené vlivu povětrnosti (bylo ověřeno polní zkouškou);

E ošetřené dřevo může být zabudované v extrémních podmínkách v kontaktu se zemí nebo sladkou vodou (bylo ověřeno polní zkouškou).

Tabulka 3: Symboly značení způsobů aplikace ochranných prostředků

<i>Způsob aplikace ochranného prostředku do dřeva</i>	<i>Symbol označení</i>
povrchový	S
hluboký	P
oba způsoby	SP

Příjem ochranného prostředku

Požadovaný příjem ochranného prostředku závisí na třídě ohrožení, na použitém způsobu aplikace prostředku do dřeva, typu ochranného prostředku a rozměrech impregnovaného dřeva.

Odvozuje se z biologickými zkouškami zjištěných hranic účinnosti (m.t.v.) požadovaných ČSN EN 599-1 dvěma způsoby:

A) V dosavadní technické praxi (ČSN 490600-1, DIN 68800-3 aj.) jako „průměrný příjem“ - vztažený:

- a) u povrchových způsobů aplikace na celý povrch chráněného výrobku a vyjadřuje se v g/m^2 povrchu dřeva;
- b) u hlubkových technologií impregnace na celý objem impregnovaného dřeva (včetně neproimpregnovaných vnitřních partií) a vyjadřuje se v kg/m^3 dřeva.

V závislosti na konkrétních rozměrech výrobků se požadovaný minimální příjem ochranného prostředku upravuje podle ČSN 490600-1 vynásobením těmito koeficienty (platí pouze pro hlubkovou impregnaci). (viz. Tabulka 4)

Tabulka 4.:

Tloušťka řeziva [cm]	Průměr kulatiny [cm]	Koeficient
< 4	< 7	1,50
4 až 8	7 až 10	1,25
> 8	> 10	1,00

B) Nově jsou požadavky na příjem formulovány v ČSN EN 351 – 1 jako „příjem prostředku v proimpregnované (chráněné) zóně“, který musí být minimálně stejný a/nebo vyšší než je hranice účinnosti (m.t.v.) použitého prostředku, přičemž platí:

- a) u povrchových způsobů aplikace (kdy nejsou požadavky na hloubku průniku vyšší než 3 mm) je „proimpregnovanou zónou“: povrch výrobku x 3 mm;
- b) u hloubkových technologií impregnace (když jsou konkrétní požadavky na hloubku impregnace vyšší než 3 mm) je „proimpregnovanou zónou“: povrch výrobku x požadovaná impregnační hloubka.

Příjem se u obou způsobů impregnace vyjadřuje v kg/m^3 proimpregnovaného dřeva. Zjišťování a ověřování příjmu ochranného prostředku se provádí a vyhodnocuje podle ČSN 49 0609.

Průnik

Požadavky na hloubku průniku

Požadovaný průnik ochranného prostředku do dřeva závisí na třídě ohrožení, použitém způsobu aplikace prostředku a druhu dřeva. Průnik prostředku do dřeva se udává v [mm] v závislosti na třídě ohrožení. Jestliže se jedná o bělové dřevo, udává se buď celá běl, nebo rovněž pouze hloubka v [mm]. Dosud existují dva rozdílné systémy požadavků na hloubku průniku:

- a) Podle stávajících (dosud platných národních technických norem. ČSN 49 0600-1, DIN 68800-3) jsou obvykle tyto:

V třídách použití 1 a 2 nejsou žádné požadavky na hloubku průniku.

V třídě použití 3 se požaduje průnik ochranného prostředku do hloubky minimálně 3 mm v radiálním a tangenciálním směru, u borovice je požadováno proimpregnování celé běle. Při ochraně obtížně impregnovatelných dřevin (smrk) je k dosažení požadované hloubky průniku (min. 3 mm) nutné provést před impregnační přípravou dřeva.

V třídě použití 4 se požaduje:

- u kulatinových sortimentů z lehce impregnovatelných dřevin: plné proimpregnování celé běli, přičemž její tloušťka musí být minimálně 20 mm,

- u kulatinových sortimentů z těžce impregnovatelných dřevin (smrk, jedle): provést před impregnací mechanickou předpřípravu (napichování) po celém obvodu v oblasti zóny země (voda)-vzduch, přičemž hloubka perforace musí být minimálně 30 mm.

-u prvků z řeziva lehce impregnovatelných dřevin (borovice) plné proimpregnování celé běli,

-u prvků z řeziva těžce impregnovatelných dřevin provést před impregnací mechanickou předpřípravu, přičemž hloubka perforace v zóně země (voda) – vzduch musí být minimálně:

5 mm.....u tloušťky řeziva do 25 mm,

8 mm pro řezivo o tloušťce 25 – 30 mm,

10 mm.....u tloušťky řeziva nad 30 mm.

b) Nově jsou požadavky na průnik ochranných prostředků na dřevo definovány v ČSN EN 351 – 1

3.3.5 Přehled fungicidních složek chemických prostředků na ochranu dřeva

Z množství anorganických solí se v tuzemsku pro ochranu dřeva stále používají:

- borité soli – samotné nebo v kombinacích;
- směsi měďnatých solí (Cu^{2+}) a chromanů (Cr^{6+}) – jen pro průmyslovou impregnaci.

Borité soli mají vysokou účinnost proti dřevokazným houbám Basidiomycetes (včetně dřevomorky domácí) a dostatečnou i proti dřevokaznému hmyzu (jsou požerkovým insekticidem). Hranice účinnosti proti houbám Basidiomycetes cca $1000\text{g H}_3\text{BO}_3/\text{m}^3$ dřeva. Dalšími výhodami jsou přijatelná toxicita pro vyšší živočichy, dobrý průnik do dřeva, nekorodují kovy ani dřevo a snižují hořlavost dřeva.

Významnými nevýhodami boritých solí jsou:

- vyluhovatelnost z chráněného dřeva;
- úzké spektrum účinnosti (nejsou účinné proti plísním, dřevozbarvujícím houbám a půdním mikroorganismům).

Obvykle se proto kombinují s dalšími fungicidy jak anorganickými (CCB – soli), tak organickými (Q-soli). Komerčními přípravky na bázi samotných boritých solí jsou např. Boronit, Katrit Beta, Bochemit Basic, Merulin A apod.

Směsi měďnatých solí a chromanů (CK-soli) obsahují v dodávaných koncentrátech obvykle cca 10 % Cu^{2+} a 15 % až 25 % Cr^{6+} a v některých variantách až 4 % boru (B). Mají dobrou účinnost proti všem biotickým škůdcům a proto jsou stále používaným a nepřekonaným impregnačním prostředkem pro ochranu dřeva do nejexponovanějších podmínek (3., 4. a 5. třída ohrožení) – do země a vody. Jsou použitelné výhradně pro průmyslovou impregnaci ve speciálních zařízeních umožňujících tzv. rychlofixaci (umělou redukci solí Cr^{6+} na Cr^{3+}). Samotné CK-soli jsou vysoce toxické a karcinogenní; impregnované dřevo (po redukci chromanů) je toxikologicky i ekologicky přijatelné. Problémem zůstává likvidace impregnovaného dřeva po skončení služby. Komerčními přípravky CK-solí jsou Korasit CK, Katrit CK-13, aj.

Organických sloučenin využitelných jako fungicidy na ochranu dřeva je již velké množství a stále jich přibývá. V Evropě (a i v tuzemsku) se používají:

- komplexní sloučeniny mědi (Cu) Cu-HDO
- kvartérní amonné sloučeniny Q-soli
- sulfonamidy dichlofluanid
- triazoly propiconazol
- karbamáty IPBC

Komplexní organokovová sloučenina mědi (Cu-HDO, případně niklu, kobaltu, zinku, hliníku a jiných kovů) typu bis-[N-cyklohexyldiazeniumdioxy]-Cu je perspektivním fungicidem na ochranu dřeva se širokým spektrem účinnosti, který postupně nahrazuje CK-soli. V dodávaných koncentrátech (směsích s pomocnými látkami) obsahuje až 10 %

Cu²⁺, která se po impregnaci rychle fixuje na dřevní hmotu. Cu-HDO se používá výhradně pro průmyslové technologie ochrany dřeva, tj. tlakové způsoby a dlouhodobé máčení, určeného především do exponovaných podmínek (3. a 4. třída ohrožení). Komerčními impregnačními látkami typu Cu-HDO jsou např. Wolmanit CX-10, Adolit TA 100 aj.

Kvartérní amonné sloučeniny (Q-soli) typu [(C10-C16) alkyl-benzyl-dimethyl]amonium-chlorid jsou fungicidy účinné především proti plísním a dřevozbarvujícím houbám. Účinnost proti dřevokazným houbám Basidiomycetes je průměrná (2 – 5 kg/m³), půdní mikroorganismy je odbourávají. Samovolně se rychle a úplně fixují na dřevní hmotu. Na ochranu dřeva se používají především v kombinaci s boritými solemi (rozšíření účinnosti na dřevokazný hmyz, snížení korozivnosti). V současné době jsou jejich kombinace s boritými solemi nejrozšířenějšími tuzemskými přípravky na preventivní nebo dodatečnou ochranu stavebních konstrukcí. Komerčními přípravky tohoto typu jsou především Bochemit QB, Katrit BAQ, Lignofix-E-profi a další. Koncentráty samotných Q-solí dostupnými na trhu jsou např. Altosan MB, Amguad 50 MCB aj.

Sulfonamidy (dichlofluanid nebo tolylfluanid) jsou fungicidy specificky účinné proti dřevozbarvujícím houbám (zamodráním dřeva); jejich účinnost proti dřevokazným houbám i plísním je nízká (cca 10 kg/m³). Používají se především v kombinaci s triazolami do fungicidních napouštědel na rozpouštědlové bázi a nátěrových hmot. Komerčními přípravky tohoto typu jsou např. Luxolin S 1033, Bochemit Lasur (dříve Pregnotit D), AIDOL Tauchlasur apod. Koncentráty dostupnými na trhu jsou např. Preventol A4S, Preventol A5 aj.

Deriváty 1, 2, 4-triazolu jsou známé svojí vysokou fungicidní účinností od 80. let minulého století, ale na ochranu dřeva se využívají až v posledních cca 10 letech. Nejznámějšími jsou tebuconazol, propiconazol. Jedná se o fungicidy vysoce účinné proti dřevokazným houbám Basidiomycetes, navíc ve směsi prokázaly silný synergický účinek, což dokazují publikované údaje o jejich hranicích účinnosti.

- samotný tebuconazol 0,15 – 0,30 kg/m³
- samotný propiconazol 0,50 – 0,60 kg/m³
- směs (1 : 1) propiconazolu a tebuconazolu 0,05 – 0,10 kg/m³

Proti dřevozbarvujícím houbám a/nebo plísním jsou bohužel prakticky neúčinné a proto jsou kombinovány:

v napouštědlech na organické bázi se sulfonamidy;

ve vodných formulacích obvykle s Q-solemi.

Výhodou triazolových derivátů je především těžká vyluhovatelnost vodou ze dřeva; jejich tepelná, chemická i světelná stabilita a velmi nízká toxicita pro teplokrevní organismy (LD₅₀ je větší 2000 mg/kg).

Komerčními přípravky jsou např.:

- na vodní bázi: Lignofix Super, Deron Plus, Katrit Delta aj.
- napouštědla: Luxolin S 1033, Bochemit Lasur aj.

Koncentráty uváděnými na trh jsou např.:

- tebuconazol Preventol A8.
- propiconazol Wocosen Tech.

Derivát kyseliny karbaminové, který v posledních letech našel uplatnění v ochraně dřeva je její ester 3-jod-2-propynyl-butylykarbamát (IPBC). Jedná se o fungicid s velmi dobrou účinností proti dřevokazným houbám Basidiomycetes (cca 0,50 kg/m³), plísním i dřevozbarvujícím houbám. Byl pozorován rovněž synergický efekt při jeho kombinaci s propiconazolem. Používá se především (samotný nebo v kombinaci s propiconazolem) do napouštědel – syntetických i na vodní bázi.

Komerčními přípravky jsou např. napouštědla Telurin S 1033, Belinka Impregniergrund aj., nebo vodouředitelné koncentráty, např. Deron Plus.

Koncentráty uváděnými na trh jsou např.:

- samotný IPBC Troysan Polyphase 100, Preventol OC 3067
- kombinace IPBC + propiconazol Wocosen 200 EC/IP
- kombinace IPBC + propiconazol + tebuconazol Deron Plus

Přehled a základní vlastnosti insekticidních složek chemických prostředků na ochranu dřeva.

Insekticidy využitelné v ochraně dřeva se obvykle třídí a rozdělují podle těchto hledisek:

a) podle toxické účinnosti na dřevokazný hmyz:

- preventivní chrání zdravé dřevo před napadením;
- sanační (likvidační) hubí larvy hmyzu ve dřevě;

b) podle způsobu průniku do organismu:

- kontaktní průnik celým povrchem těla
- požerkové průnik přes zažívací trakt
- dýchací průnik dýchacím ústrojím

c) podle fyziologického účinku:

- respirační blokují dýchací systém
- protoplasmové způsobují rozpad živých buněk
- nervové blokují činnost CNS
- hormonální ovlivňují vývoj, rozmnožování, růst a chování hmyzu.

V oboru anorganických solí se v tuzemsku pro ochranu dřeva stále používají **borité soli**. Jsou požerkovým, protoplasmovým insekticidem vhodným výlučně pro preventivní ochranu. Hranice účinnosti proti *Hylotrupes bajulus* je cca 1000 g H_3BO_3/m^3 .

Organických sloučenin využitelných jako insekticidy je velké množství, ale pro ochranu dřeva se v poslední době preferují:

- syntetické pyretroidy permetrin, cypermetrin, deltametrin
- hormony flurox, farox

Syntetické pyretroidy jsou strukturální analogy přírodních pyretrinů získávaných extrakcí z květů plantážnický pěstované teplomilné chrysanémy (*Chrysanthemum cinerariaefolium*). Jsou kontaktními, nervovými insekticidy použitelnými jak pro preventivní, tak i sanační ochranu.

Pro ochranu dřeva se doporučují:

- permetrin hranice účinnosti 10 g/m³
- cypermetrin hranice účinnosti 2 g/m³
- deltametrin hranice účinnosti 0,2 g/m³
- cyflutrin hranice účinnosti 0,5 g/m³

Přednostmi pyretroidů jsou široké spektrum účinnosti proti hmyzu, malá toxicita pro teplokrevné živočichy a značná expoziční stabilita, která je však časově omezená. Všeobecně platí, že se ochrana dřeva pyretroidy musí pravidelně obnovovat v 5 – 10 letých intervalech. Syntetické pyretroidy jsou součástí většiny přípravků na ochranu dřeva jak na vodní bázi, tak i napouštědel.

Hormonální insekticidy jsou látky, které cíleně narušují určité stadium vývoje hmyzu. Vývoj hmyzu je synchronizovaný hormony od vajíčka až po imago, přičemž růst a přeměny forem hmyzu kontrolují především dva typy specifických hormonů:

- a) „Svlékačím hormon“ – kontroluje a umožňuje u larev v průběhu jejich růstu několikrát svléknutí staré (zchitinizované) kutikuly a nárůst vždy nové (a větší) – až po kuklu.
- b) „Juvenilní hormony“ – kontrolují a řídí líhnutí vajíček, přeměnu larvy na kuklu a líhnutí hmyzu.

Derivát močoviny Flufenoxuron je kontaktním, hormonálním insekticidem blokujícím činnost „svlékačím hormonu“ (inhibuje tvorbu chitinu) a tím znemožňuje růst larev dřevokazného hmyzu. Je použitelný pro preventivní i sanační ochranu dřeva. Je vysoce účinný (hranice účinnosti 1,0 g/m³) a prakticky netoxický pro ostatní živočichy (netvořící chitin). V současné době jsou uváděny první přípravky na ochranu dřeva obsahující flufenoxuron (Flurox) do praktického používání, např. Lignofix I-profi aj.

Derivát kyseliny karbaminové Fenoxycarb je kontaktním hormonálním insekticidem blokujícím činnost „juvenilních hormonů“ (inhibuje líhnutí vajíček a/nebo přeměnu larvy na kuklu). Je doporučován výhradně pro preventivní ochranu zdravého dřeva před napadením dřevokazným hmyzem. Je vysoce účinný (hranice účinnosti 1,0 g/m³) a netoxický pro ostatní živočichy. V současné době jsou formulovány první přípravky na ochranu dřeva – napouštědla obsahující fenoxycarb (Farox), např. Telurin KOD S 1033; nebo i vodouředitelné koncentráty jako Deron Plus a další. (přednášky OD)

4. Dodatečná ochrana dřeva

Jedná se především o dodatečné chránění nejvíce ohrožených míst. Jednotlivé postupy doznávají neustálého vývoje a zdokonalování a často jsou předmětem patentů jednotlivých firem zabývajících se ochranou dřeva. Jako dodatečná ochrana se často používá navrtávání a vkládání patron s fungicidní látkou, vpichování tekuté ochranné látky a bandážování ochrannou látkou ve formě obvazu.

5. Zkoumaná dřevina:

Smrk ztepilý – *Picea abies*

Celkově nejdůležitější hospodářská dřevina střední a severní Evropy, opora dřevařského průmyslu. Pěstovaná i mimo areál svého přirozeného rozšíření. Současné zastoupení smrku v lesích ČR činí 54%, přirozené by tvořilo pouze 11%. Dosahuje výšky 20 – 50 metrů a stáří 300 – 400 let.

Koruna

Do vysokého věku má špičatou, pyramidální korunu, pravidelně přeslenitou. Větvení bývá velmi variabilní. Jehlice na svislých výhonech a větévkách jsou radiálně uspořádány; na svrchní straně vodorovných prýtů směřují téměř kupředu, na spodní straně těchž prýtů jsou rozčísnuté. Na stromě jehlice vydrží 6-9 let, při imisním zatížení přiměřeně méně.

Kmen

Štíhlý až válcovitý, často s výraznými kořenovými náběhy. Kůra z počátku světle hnědá, tenká a šupinatá, později šedá podélně rozpraskaná odlučující se v plochých tenkých šupinách.

Kořenový systém

Obecně je smrk považován za dřevinu s plochým kořenovým systémem nedostatečně zakotveným v půdě, nejsnadněji z našich dřevin podléhající bořivým větrům. Nejlabilnější jsou smrkové monokultury na podmáčených půdách. Největší vliv na tvorbu kořenového

systemu mají půdní podmínky, především obsah kyslíku v půdním vzduchu, s tím související vodní poměry a obsah živin v půdě. (Musil, 2003)

Makroskopické znaky

Dřevo bez zřetelně odlišeného jádra. Barva dřeva bledě nažloutlá nebo světle hnědá, bělejší než u dřeva jedlového. Letokruhy ostře ohraničené, vrstva pozdního dřeva v nich přechází poznenáhla do dřeva jarního. Oloupaný, vyschlý smrkový kmen je žlutobílý, na rozdíl od červenějšího kmene borovice. Suky jsou drobné, četné, vybíhající šikmo (v ostrém úhlu) směrem k vršku, jsou barvy žlutavé (u borovice červenohnědé). Dřeň je úzká, nanejvýše 0,5 cm v průměru, dřeňové paprsky jsou patrné jen pod lupou. Pryskyřičné kanálky jsou drobné, pouhým okem nezřetelné; lupou jsou patrné na příčném řezu jako řídké rozseté póry na rozhraní jarního a letního dřeva a na podélných řezech jako uzounké trhlínky, vyplněné žlutou pryskyřicí. Příčný řez nemá vůbec lesku, podélné řezy jsou slabě lesklé. Dřevo čerstvě řezané i vyschlé příjemně voní pryskyřicí.

Mikroskopické znaky

Smrkové dřevo se vyznačuje pryskyřičnými kanálky, které jsou velmi dobře patrné na řezu transverzálním a tangenciálním. Epiteliální buňky jsou drobné, tlustostěnné v počtunejčastěji 10-12. Dřeňové paprsky jsou většinou jednovrstevné, pouze vyjímečně vícevrstevné. Parenchymatické buňky dřeňového paprsku mají drobnější dvojtečky se šikmým, štěrbinovým pórkem. Vícevrstevné dřeňové paprsky mají téměř vždy uprostřed různě velký pryskyřičný kanálek.

Radiální průměr jarních tracheid se pohybuje v rozmezí 0,020 – 0,040 mm. Délka tracheid 1,7 – 3,7 mm, a jejich podíl ve dřevě činí 94,5 – 96,5 %. Obsažené dřeňové paprsky jsou 7 – 11 buněk vysoké, po 25 až 35 na 1mm². Podíl dřeňových paprsků 4,4 – 5,5 % a podíl pryskyřičných kanálků 0,1 – 5,8 %. (Balabán, 1955)

Základní fyzikální vlastnosti

Hustota dřeva je hmotnost 1m³ dřeva při dané vlhkosti, udaná v kg. Hustota vlivem vlhkosti velmi značně kolísá. Hustota dřeva smrku je při vlhkosti 0% udávána 430 kg/m³ a při vlhkosti 15% již 470 kg/m³.

Měrná tepelná vodivost dřeva λ udává množství tepla, které projde za jednotku času dřevěnou krychlí o délce hrany 1m mezi dvěma protilehlými stěnami, mezi nimiž je teplotní rozdíl 1°C, jsou-li ostatní stěny krychle dokonale tepelně izolovány. Hlavní jednotkou vodivosti je $1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}$. U smrku je tato hodnota udávána pro vlhkost 12% jako hodnota $0,121 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}$.

Základní mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti se vyjadřují jako odolnost vůči vnějším silám. Proti nim působí vnitřní soudržné síly mezi molekulami dřeva, zvané napětí. Toto mechanické napětí je poměr síly F a plochy A , na kterou síla působí.

Pevnost dřeva je hodnota napětí, při jehož překročení dochází k jeho porušení. Podle druhu namáhání se rozlišuje pevnost v tlaku, tahu, ohybu, smyku a krutu. Jednotlivé pevnosti se pro smrkové dřevo udávají následovně: pevnost v tlaku = 50 MPa, v tahu = 90 MPa, v ohybu = 78 MPa, ve smyku = 6,7 MPa a v krutu = 90 MPa.

Těleso se vlivem namáhání přetváří. Přetvoření se skládá z části pružné a z části nepružné – plastické, která zůstává i po odstranění zatížení. Tuhá tělesa lze považovat za dokonale pružná jen za nízkých napětí, nepřesahujících tzv. mez pružnosti vyjádřená modulem pružnosti. Ten je mírou odporu, který materiál klade zatížení, čím je jeho hodnota větší, tím je dřevo tužší a naopak. Pro smrk se udává hodnota 11 000 MPa.

(Kafka a kol., 1989)

Přirozená trvanlivost

Tato vlastnost dřeva je uvedena v normě ČSN EN 350-2, která ovšem neudává přímo životnost dřeva, ale udává pouze jejich hodnocení na základě jejich srovnání. Trvanlivost dřevin se hodnotí jako schopnost odolávat napadení biotickými škůdci. Pro smrkové dřevo střední Evropy je udávána trvanlivost proti:

dřevokazným houbám	- 4	– slabě trvanlivé
Hylotrupes bajulus	- SH	- bělové i vyztřalé dřevo je náchylné k napadení
Anobium punctatum	- SH	- bělové i vyztřalé dřevo je náchylné k napadení
Termites	- S	- dřevo je náchylné k napadení

Impregnovatelnost

Jedná se o schopnost umožňující kapalině pronikat dřevem. Dle ČSN EN 350-2 je dřevo smrku hodnoceno jako obtížně až extrémně obtížně impregnovatelné, ovšem s velkým stupněm proměnlivosti této vlastnosti.

6. Metodika měření a materiál

6.1 Příprava zkušebních těles

Jako materiál pro výrobu zkušebních těles bylo použito 20 kusů smrkových fošen (vzorníků) tloušťky 50mm ostře řezaných o délce 4 metry. Tyto fošny pocházely ze dvou různých zdrojů a to 10 kusů od jihočeské firmy Dřevo-Palety-Vlk s.r.o. a 10 kusů od středočeské firmy Ligmat WIMMER a.s. Základním předpokladem pro vhodnost materiálu byla co nejkratší doba mezi termínem skácení a pořezem a jeho kvalita na úrovni dřeva pro konstrukční použití S13 vizuálně tříděné dle ČSN 73 2824.

Jednotlivá zkušební tělesa byla vyrobena dělením fošen příčně podélnou metodou v souladu s požadavky normy ČSN EN 351-2 upravující způsob výroby vzorků a zkušebních těles. Podélné řezy jsme volili tak, aby první řez odstranil oblinu a následující řezy odřezávali jednotlivá zkušební tělesa. Poloha každého tělesa byla volena tak, aby zasahovala do jinak vlhké části kmene. Vnější vzorky obsahovali především bělovou vrstvu dřeva, vnitřní vzorky především vyvrálé dřevo, střední vzorky zasahovaly do obou těchto vrstev. Vlhkost každé vrstvy jsme zjistili váhovou metodou odebráním vlhkostních vzorků o rozměrech 25 x 50 x 50 mm. Postup výroby a značení je znázorněn na obrázku číslo 2 (viz přílohy). Zařízením pro tento účel byla formátovací pila firmy Rojek s.r.o. typ industry serie PF 300 L a použita pila s SK plátky k dosažení kvalitní řezné plochy. Rozměry těchto vzorků byly zvoleny 900 x 50 x 25 mm. Systém značení jednotlivých zkušebních těles byl volen tak, aby se na první pohled dal určit jejich původ, což značně zjednodušilo další práci s tělesy. Všechna tělesa byla hned po jejich výrobě zvážena.

Pro tři jednotlivé části zkoušky byly potřeba tři různé kategorie vlhkosti zkušebních těles a to:

A – máčené do maximálně tří dnů po výrobě = surové řezivo,

B – máčení po čtyřtýdenní klimatizaci v proloženém stavu ($t = +10 \div 20^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 40\% \div 60\%$) = řezivo přirozeně vysušené,

C – máčení po umělém sušení (24h, $t = 70^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 15\%$) a třítýdenní klimatizaci ($t = +10 \div 20^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 40\% \div 60\%$) = řezivo uměle sušené.

Zkušební tělesa byly následně protříděna aby se vyřadily kusy s velkým výskytem vad (suky, smolníky). Vyřazena byla tělesa se sukou většími než 0,5 cm v počtu větším než dva v jednom máčeném tělese. Velký výskyt vad by v pozdějších měřeních zkresloval jejich průběh i jejich výsledky.

6.2 Použitý ochranný prostředek

Název prostředku: CQ (QAS + H_3BO_3)

Účinné látky: min. 20 % QAS (352)

min. 20 % H_3BO_3

6.2.1 Kontrolní analýza koncentráту:

Analýzu zkoušeného koncentráту i analýzu impregnačního roztoku provedl Výzkumný a vývojový ústav dřevařský (VVÚD) Březnice.

Výsledek analýzy koncentráту: 21,0 % QAS (352)

22,3 % $\text{H}_3\text{BO}_3 = 3,9\%$ Boru

6.2.2 Kontrolní analýza impregnačního roztoku:

Impregnační roztok byl připraven naředěním zkoušeného koncentráту v poměru 1:9 s vodou.

Hodnota pH: před máčením (I)..... 8,80

po máčení (II)..... 8,76

Obsah H_3BO_3 zjišťovaný potenciometrickou acidobasickou titrací 1M roztokem NaOH a přídatku D-manitu (metoda dle TP VVÚD 2.62.007) 1ml = 10,82 mg B

	Navášky (g)	1M NaOH (ml)	mg B/n	% B
Roztok I	20,1685	7,90	85,48	0,424
Roztok II	20,2580	8,15	88,18	0,435

Průměrný procentní obsah boru odpovídá 11,03 % obsahu CQ koncentrátu v impregnačním roztoku.

Obsah QAS zjištěný dvoufázovou titrací 0,004 M roztokem laurylsíranu sodného podle TP VVÚD 2.62.004. 1ml = 1,408 mg QAS

	Navášky (g)	spotřeba (ml)	mg QAS/n	% QAS
Roztok I	0,6338	10,4	14,64	2,31
Roztok II	0,5655	9,2	12,95	2,29

Průměrný procentní obsah QAS (352) odpovídá 10,95 % obsahu CQ koncentrátu v impregnačním roztoku. Průměrná koncentrace přípravku CQ v impregnačním roztoku je tedy **11,0 %**.

6.2.3 Účinnost ochranného prostředku:

Údaje o účinnosti ochranného prostředku CQ jsou odvozeny z výsledků mykologických zkoušek provedených VVÚD Březnice (dle zkušebních protokolů):

Pro interiér byla dle zkušební metody EN 113 + EN 73 stanovena hranice účinnosti $2,8 \text{ kg/m}^3$. Pro exteriér byla dle zkušební metody EN 113 + EN 84 stanovena hranice účinnosti $10,5 \text{ kg/m}^3$.

6.3 Použité přístroje:

- Váhy: SARTORIUS, typ 2254 - váživost 2200g
- přesnost $\pm 0,01\text{g}$
- Sušárna (pro váhovou metodu zjištění vlhkosti vzorků): MEMMERT s nuceným prouděním vzduchu, typ UFE 400 - proudění vzduchu 1m/s
- sušící teplota $105 \pm 2^\circ\text{C}$
- Sušárna (pro sušení vzorků vlhkostní třídy C): použit byl jednoúčelový přístroj pro zkoušky delaminace lepidel s elektronickou regulací teploty, vlhkostí vzduchu a prouděním vzduchu:
- sušící teplota $70 \pm 1^\circ\text{C}$
- proudění vzduchu $2,0 \pm 0,1\text{ m/s}$
- relativní vlhkost (při teplotě 70°C) $15 \pm 5\%$
- Digitální posuvné měřítko LOBSTER

6.4 Zjišťování vlhkosti zkušebních těles

Vlhkostní vzorky byly odebrány ihned při řezání zkušebních těles z každé fošny, z každé vlhkostní vrstvy. Vlhkost byla stanovena v souladu s normou ČSN 49 0103. Vlhkostní vzorky byly ihned po vyrobení stejně jako zkušební tělesa zváženy, následně vysušeny až na nulovou vlhkost a znovu zváženy. Z takto získaných hodnot byla spočtena počáteční vlhkost vlhkostních vzorků dle vzorce:

$$W = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad [\%]$$

w – výsledná vlhkost vzorku [%]

m_w – hmotnost vlhkého vzorku [g]

m_0 - hmotnost absolutně suchého vzorku [g]

Takto byla zjištěna vlhkost zkušebních těles ihned po jejich vyrobení. Pro zjištění jejich skutečné vlhkosti před máčením v impregnačním roztoku bylo nutné zkušební tělesa znovu zvážit a vlhkost přepočítat dle vzorců:

$$m_0 = \frac{m_{w1}}{1 + \frac{w}{100}} \text{ [g]} \quad w_2 = \frac{m_{w2} - m_0}{m_0} \cdot 100 \text{ [%]}$$

m_0 – hmotnost zkušebního tělesa při nulové vlhkosti [g]

m_{w1} – hmotnost zkušebního tělesa při původní vlhkosti [g]

w - vlhkost zjištěná váhovou metodou z vlhkostních vzorků [%]

w_2 - vlhkost zkušebního tělesa před máčením [%]

m_{w2} - hmotnost zkušebního tělesa před máčením [g]

6.5 Metodika máčení zkušebních těles

Máčení zkušebních těles probíhalo v kovových nádobách obdélníkového půdorysu o rozměrech 1200 x 210 x 180 mm. Zkušební tělesa byla po zvážení vyskládána ve vrstvách po pěti až šesti kusech, s mezerami minimálně dva milimetry a proloženy proklady o čtvercovém průřezu 3 x 3 mm. Tělesa byla následně zatížena olověným závažím a zalita dostatečným množstvím impregnačního roztoku tak aby byla všechna úplně ponořena.

Série zkušebních těles byla máčena po dobu 10, 60, 360 a 1380 minut. Po uplynutí máčecí doby byly vzorky vyjmuty z impregnačního roztoku, krátce vyskládány pro okapání a poté znovu zváženy pro zjištění příjmu roztoku zkušebními tělesy. Tento příjem byl spočítán dle vzorce:

$$P_R = \frac{m_3 - m_2}{P} \text{ [g/m}^3\text{]}$$

P_R - příjem roztoku do zkušebního tělesa [g/m²]

P - povrch zkušebního tělesa [m²]

m_2 - hmotnost zkušebního tělesa před máčením [g]

m_3 - hmotnost zkušebního tělesa po máčení [g]

Z takto zjištěné hodnoty příjmu impregnačního roztoku lze spočítat příjem zkoušeného přípravku dle vzorce:

$$P_{CQ} = P_R \cdot \frac{C}{100} \text{ [g/m}^2\text{]}$$

P_{CQ} - příjem zkoušeného přípravku do zkušební tělesa [g/m²]

P_R - příjem roztoku do zkušební tělesa [g/m²]

C - koncentrace přípravku v impregnačním roztoku [%]

6.6 Zjišťování hloubky průniku impregnačního roztoku

Hloubka průniku zkoušeného přípravku do zkušebních těles byla zjišťována chemickou analytickou metodou dle ČSN 49 0609 a to maximálně do dvou dnů po aplikaci impregnačního roztoku a po měsíčním skladování zkušebních těles v proloženém stavu v klimatizované hale.

6.6.1 Použité chemikálie:

Kyselina salicylová, nasycený roztok ve směsi 80% obj. etanolu ($d = 0,805$) a 20% obj. kyseliny chlorovodíkové ($d = 1,18$).

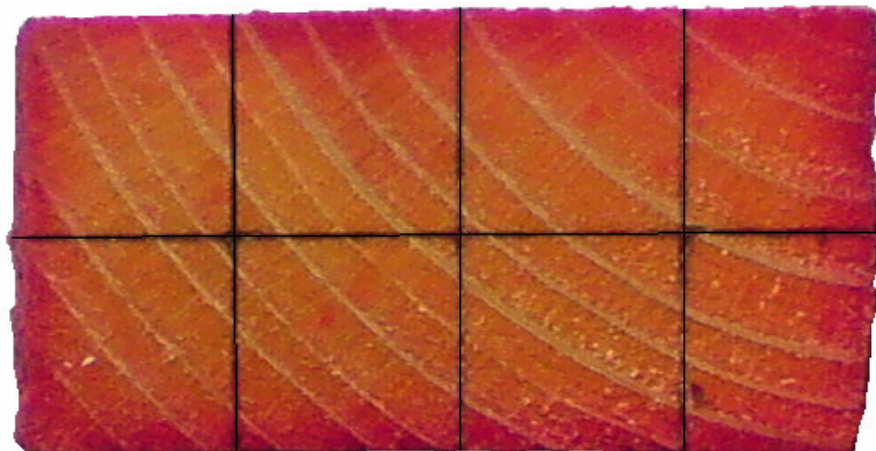
Kurkumový roztok (extrakt), 100g kurkumového prášku extrahovaného 1 000 ml etanolu 6 až 8 hodin.

6.6.2 Vyvolání a měření hloubky průniku:

Řezná plocha vzorků pro zjištění hloubky průniku, odebraných z máčených zkušebních těles byla nejprve potřena roztokem kyseliny salicylové a po jejím zaschnutí kurkumovým extraktem. Přítomnost sloučenin boru ve vzorku se projeví do 30 minut červeným zabarvením, ostatní nechráněné dřevo se zabarví žlutooranžově. Protože důkaz není možné vyvolávat na dřevě nad 20% vlhkosti, bylo potřeba vzorky vlhkostní třídy A (surové řezivo) vysušit v sušárně pod tuto vlhkost. Průnik taktéž nelze vyvolávat za přítomnosti fluoru a oxidačních látek. Hranice citlivosti tohoto testu je minimálně 0,1 kg H₃BO₃ v m³ dřeva nebo 0,1g H₃BO₃ na m² dřeva.

Měření hloubky průniku probíhalo v osmi bodech po obvodu řezné plochy vzorku, hloubka byla měřena s přesností na jeden milimetr. (viz. Obr. č.2)

Obrázek č. 2 : Způsob měření hloubky průniku impregnačního roztoku



7. Statistické zpracování výsledků

Přírodní jevy, ale také znaky vlastností materiálů a konstrukcí podléhají statistickým zákonům, protože prakticky neexistuje vlastnost, která by byla třeba i na jediném vzorku absolutně stejná, to je taková, aby vykazovala i při opakovaném měření stále stejnou hodnotu. A protože i v samotných měřících postupech se nelze vyhnout chybám v měřidle či v odečítání hodnot, nemůžeme nikdy prohlásit, že naměřená hodnota je hodnota přesná ale pouze a jedině správně můžeme tuto hodnotu prohlásit za hodnotu průměrnou, to znamená takovou, jaká byla naměřena při řadě měření. Jednotlivé hodnoty se navzájem od sebe liší a jsou okolo průměrné hodnoty více či méně rozptýleny.

Průměr souboru

Je hodnota charakterizující polohu souboru, tedy průměrnou hodnotu vlastnosti společné pro všechny měřené vzorky v souboru.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Rozptyl souboru

Je průměr druhých mocnin odchylek změřených hodnot od hodnoty průměrné.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

Směrodatná odchylka

Je druhou odmocninou z rozptylu souboru, neboli průměrná hodnota jednotlivých odchylek změřených hodnot od hodnoty průměrné.

$$S = \sqrt{S^2}$$

8. Interpretace výsledků a diskuze

8.1 Vlhkosti vzorků

Vlhkosti jednotlivých zkušebních těles byly zjišťovány váhovou metodou v souladu s normou ČSN EN 13183-1 s výsledkem znázorněným v tabulce č. 5.

Tabulka č.5: Vlhkost máčených vzorků jednotlivých vlhkostních tříd

vlhkostní třída	průměrná vlhkost [%]
A	139.52±37
B	27.51±2.2
C	12.58±0.9

Vlhkost máčených vzorků u třídy B a C odpovídá v zadání doporučeným vlhkostem a díky dlouhé klimatizaci jsou tyto vlhkosti poměrně vyrovnané. Třída C odpovídá vlhkosti dřeva dlouhodobě skladovaného pro konstrukční účely, tj. $12 \pm 2\%$; vlhkostní třída B odpovídá vlhkosti těsně pod bodem nasycení buněčných stěn, čili řeziva přirozeně vysušeného.

Vlhkost zkušebních těles vlhkostní třídy A je mnohem vyšší než vlhkost doporučená, jelikož pro jejich výrobu bylo použito většinou čerstvé velmi vlhké řezivo. Zároveň tato vlhkostní třída vzorků vykazuje velmi vysokou směrodatnou odchylku hodnot, což je zapříčiněno především dvěma různými zdroji použitých vzorníků.

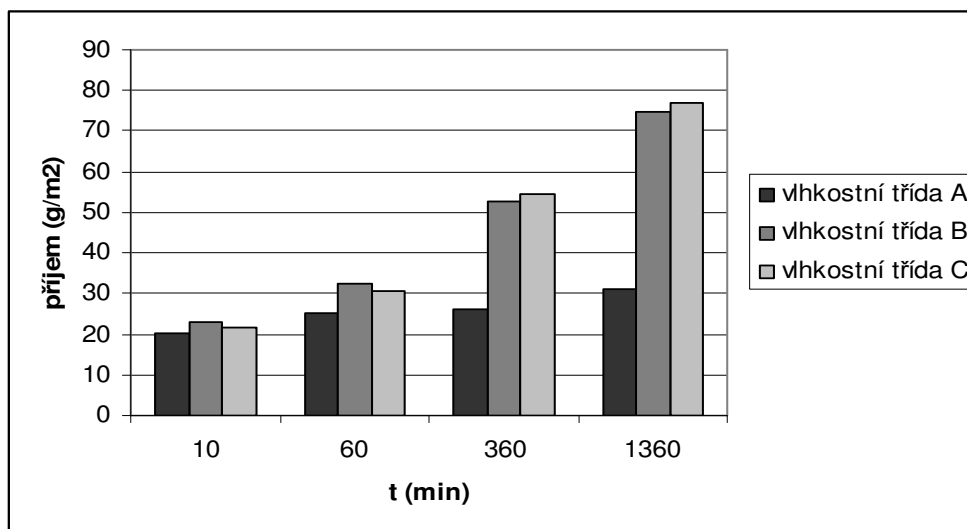
8.2 Příjem zkoušeného prostředku

Příjem zkoušeného přípravku CQ je spočten z rozdílu hmotností zkušebních těles před jejich máčením, po jejich máčení a koncentrace přípravku v impregnačním roztoku. Výsledky měření jsou obsaženy v tabulce č.6. a graficky znázorněny v grafu č.1.

Tabulka č.6: Příjem zkoušeného přípravku CQ

vlhkostní třída	příjem CQ [g/m ²]			
	10 min	60min	360min	1360min
A	20.44 ± 3.0	25.09 ± 5.1	25.96 ± 5.3	31.17 ± 6.1
B	23.11 ± 3.7	32.41 ± 3.9	52.71 ± 5.3	74.79 ± 5.4
C	21.68 ± 2.5	30.72 ± 5.3	54.39 ± 5.5	76.91 ± 3.9

Graf č.1: Závislost příjmu zkoušeného přípravku CQ na době máčení



Z hodnot příjmu zkoušeného přípravku zobrazených v grafu č.1 je patrné, že při máčení po dobu 10 minut není v jednotlivých vlhkostních stupních téměř rozdíl. Ten se začíná projevovat až při delším máčení, obzvláště pak po šesti a třidvaceti hodinách. Vlhkostní stupně B a C vykazují při delším máčení výrazně vyšší příjem koncentráту než vlhkostní třída máčených těles A, a to při časech máčení šest a třidvacet hodin více než dvojnásobně.

Rozhodující význam pro tento výsledek má obsah vody volné ve dřevě, která brání výraznému vnikání impregnačního roztoku do zkušebních těles. Při absenci této vody, to znamená při vlhkosti pod bodem nasycení vláken, je příjem jak impregnačního roztoku, tak koncentráту CQ bez výrazných rozdílů.

8.3 Hloubka průniku roztoku

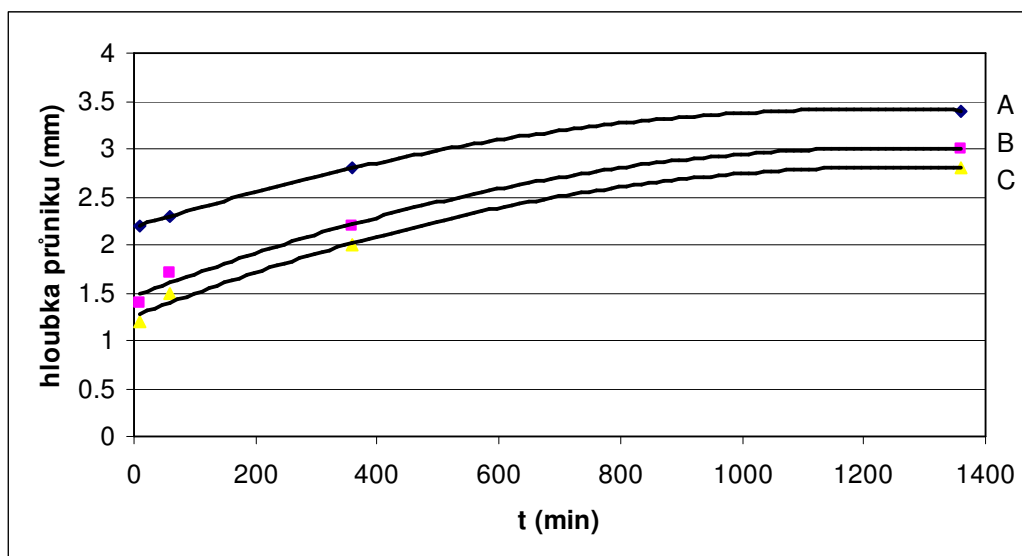
Jedná se o zjištění, do jaké hloubky je máčené těleso chráněno zkoušeným koncentrátem. Vyvolání hloubky průniku koncentrátu CQ do máčených těles proběhlo dle normy ČSN 49 0609 a výsledky byly zpracovány v tabulce č.6.

Tabulka č.7: hloubka průniku zkoušeného přípravku do zkušebních těles

vlhkostní třída	dva dny po máčení				po měsíci klimatizace			
	10min	60min	360min	1360min	10min	60min	360min	1360min
A	2.2	2.3	2.8	3.4	4.2	5.1	6.2	10.02
B	1.4	1.7	2.2	3.0	2.1	2.6	3.1	3.9
C	1.2	1.5	2.0	2.8	1.9	2.3	2.6	3.2

Pro lepší názornost byly výsledky průniků zkoušeného přípravku do zkušebních těles z tabulky zpracovány do grafické podoby, a to jako graf č.2 a graf č3.

Graf č.2: Hloubka průniku zkoušeného přípravku do zkušebních těles v závislosti na době máčení zkušebních těles měřené po dvou dnech od máčení.

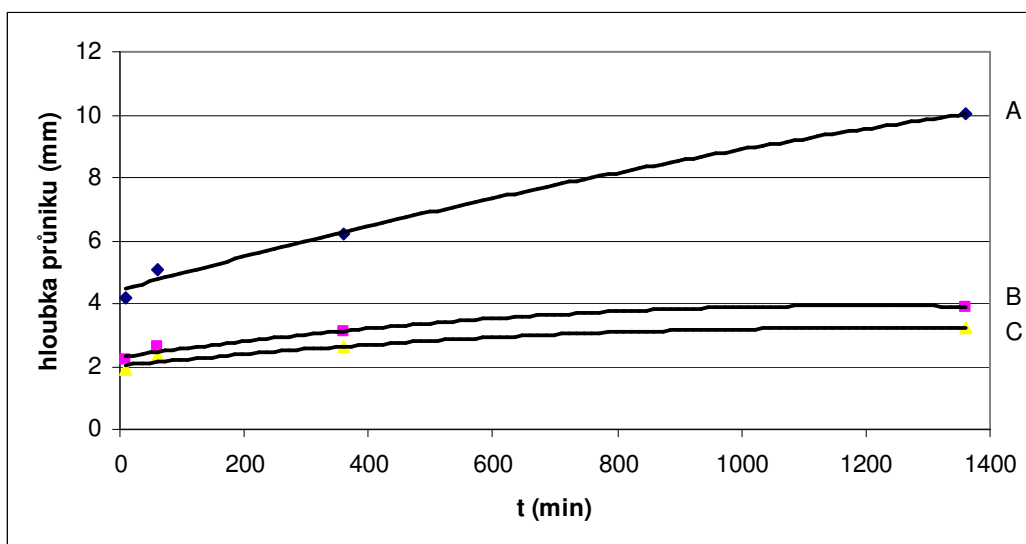


Z tabulky č.6 i z grafu č.2 je patrné, že dva dny po máčení zkušebních těles jsou křivky příjmu zkoušeného koncentrátu téměř totožné, pouze vertikálně vůči sobě posunuté.

Největší hloubku průniku vykazují zkušební tělesa vlhkostní třídy A, což jsou tělesa s průměrnou vlhkostí 141%. Tato skutečnost je pravděpodobně založena na vnikání roztoku do máčených těles nasáknutím a současně působením difúze koncentráту do volné vody v takto vlhkém dřevě obsažené.

Vzorky vlhkostních tříd B a C mají průnik zkoušeného přípravku oproti vlhkostní třídě A značně nižší, což je způsobeno absencí volné vody ve dřevě. Tyto dvě vlhkostní třídy mezi sebou jasně vykazují rozdíl ve všech zkoušených časech pouze 0.2 mm Tato minimální diference je pravděpodobně způsobena postupným uzavíráním torusů dvojteček při vlhkosti pod bodem nasycení buněčných stěn.

Graf č.3: Hloubka průniku zkoušeného přípravku do zkušebních těles v závislosti na době máčení zkušebních těles po měsíci klimatizace.



Hloubka průniku přípravku znázorněná v grafu č.3 znázorňuje stav po měsíci klimatizace zkušebních těles v proloženém stavu. Z tohoto grafu je poměrně dobře patrný posun hloubky průniku vlivem dodatečné difúze.

Oproti vlhkostním třídám B a C, u kterých se hloubka průniku zvýšila zhruba o pouhých 0,5 – 0,9 mm, je u vlhkostní třídy A na první pohled patrné, jaký vliv má vysoká vlhkost a tudíž i přítomnost vody volné ve dřevě na difúzní pochody po máčení. Hloubka průniku přípravku se totiž zvýšila u těles máčených deset a šedesát minut zhruba na dvojnásobek (z 3,4 mm na 10,0 mm).

Klasifikace průniku ochranného prostředku se řídí normou ČSN EN 351-1, ze které vyplývá, že potřebný průnik pro třídy ohrožení biologickým napadením 1, 2 a 3 je doporučený do hloubky 3 mm, což odpovídá třídě průniku P1. Z takto postavených požadavků vyplývá, že všechna máčená tělesa tuto normu splnila.

8.4 Účinnost provedené ochrany

Účinnost provedené ochrany je porovnávána jednak pro použití chráněného dřeva v interiéru (třídy ohrožení 1 a 2) a pro použití v exteriérových podmínkách bez přímého kontaktu se zemí (třída ohrožení 3). Hranice účinností zkoušeného přípravku jsou stanoveny na základě zkoušek provedených VVÚD Březnice (viz. Kapitola 4.2). Požadovaná tolerance vyjádřená v procentech je 90% těles ve skupině splňujících podmínky požadované pro příjem. Výsledné hodnoty jsou obsažené v tabulce č.7 (podrobnější tabulka výsledků je obsažena v přílohách).

Tabulka č.8: Průměrný příjem zkoušeného přípravku v proimpregnované vrstvě.

čas (min)	vlhkost A		vlhkost B		vlhkost C	
	po máčení	po měsíci	po máčení	po měsíci	po máčení	po měsíci
	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
10	9.47	5.17	17.1	10.7	17.7	11.5
60	10.89	4.95	19.0	12.7	20.4	13.1
360	9.42	4.26	24.4	17.5	27.1	21.0
1360	9.25	3.42	25.2	19.8	27.4	24.5

Z požadavků na příjem zkoušeného přípravku a požadavků na procento splňujících máčených těles vyplývá, že pro použití v interiéru, tzn. třída ohrožení 1 a 2, hranice účinnosti 2,8 kg/m³, vyhovují všechna tělesa, kromě těles vlhkostní třídy A máčených třiatdvacet hodin a měřených po měsíci klimatizace, u kterých nevyhovělo požadavkům více než 10% těles, přestože průměrná hodnota je dostatečná. U těchto těles se přijatá ochranná látka rozptýlila vlivem difúze do příliš velkého objemu dřeva a v takto nízké koncentraci přestává být ochrana účinná.

Pro použití v exteriérových podmínkách, to znamená třída ohrožení 3, hranice účinnosti $10,5 \text{ kg/m}^3$, máčená tělesa vlhkostní třídy A vůbec nevyhovují. Tělesa vlhkostních tříd B a C máčená deset a šedesát minut vyhovují průměrnou hodnotou příjmu ochranné látky, avšak po měsíci klimatizace klesá u více jak 10% máčených těles koncentrace ochranné látky pod požadovanou hranici účinnosti. Ostatní máčená tělesa vyhovují požadavkům na hranici účinnosti bez výhrad.

9. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo experimentálně ověřit závislost příjmu ochranného prostředku a hloubky jeho průniku na době máčení i vlhkosti chráněného dřeva. Jako ochranný prostředek byl zvolen roztok s obsahem boritých solí a kvartérních amonných sloučenin (QAS) použitelný v třídách ohrožení dřeva 1,2 a 3. Pro výrobu zkušebních těles byla použita naše nejrozšířenější a hospodářsky i stavebně nejvýznamnější dřevina – smrk. Výsledné hodnoty průniku i příjmu ochranného prostředku vycházely dle mých předpokladů, i když lehce vyšší, než udává VVÚD v doporučených technologických předpisech pro obdobné přípravky (Lignofix E profi, Bochemit QB, DERON Plus aj.). Tuto skutečnost připisuji velké variabilitě impregnovatelnosti smrku, kterou udává i norma.

Z výsledků měření vyplývá, že dřevo ihned po skácení není vůbec vhodné k impregnaci. Ani při máčení po dobu třidvaceti hodin nevyhověl příjem ochranné látky požadavkům pro použití v exteriérových podmínkách. Dřevo s vlhkostí těsně pod bodem nasycení buněčných stěn a dřevo dlouhodobě skladované vyhovuje požadované hranici účinnosti již po máčení trvajícím deset minut. Po měsíci klimatizace se u deset minut máčených těles vlhkostní třídy C a u deset a šedesát minut máčených těles vlhkostní třídy B ochranná látka dostává vlivem difúze příliš hluboko do dřeva a ztrácí tak svou účinnou koncentraci. Pro dosažení optimální ochrany považuji za optimální pro použitou koncentraci ochranného roztoku dobu máčení šest hodin (u řeziva dlouhodobě skladovaného je i kratší čas dostačující) z hlediska hloubky průniku i spotřeby impregnačního roztoku. Delší máčení nijak výrazně ochranu dřeva nezlepší, naopak je náročnější na spotřebu impregnační látky i času a tudíž nákladnější.

Ochrana dřeva proti degeneračním vlivům je obor, který je s rozvojem dřevěných konstrukcí stále aktuálnější a stále se vyvíjí. Vznikají stále nové ochranné látky, které je třeba uvést do praxe. Stále větší tlak je také vyvíjen na snížení toxicity ochranných látek nejen pro člověka, ale i pro užitečný hmyz a rostliny. Cílem této snahy je používání cílených ochranných látek ve kterých je určitě budoucnost ochranných prostředků.

10. Seznam použité literatury

ČSN EN 335 – 1 Definice tříd ohrožení biologickým napadením, část 1: Všeobecné zásady, 1994

ČSN EN 335 – 2 Definice tříd ohrožení biologickým napadením, část 2: Aplikace na rostlé dřevo, 1995

ČSN EN 350 – 2 Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi . Přirozená trvanlivost rostlého dřeva, část 2: Přirozená trvanlivost a impregnovatelnost vybraných dřevin důležitých v Evropě, 1996

ČSN EN 351 – 1 Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva – rostlé dřevo ošetřené ochrannými prostředky, část 1: Klasifikace průniku a příjmu ochranných prostředků, 1995

ČSN EN 351 – 2 Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva – rostlé dřevo ošetřené ochrannými prostředky, část 2: Návod na odběr vzorků pro analýzu dřeva ošetřeného ochrannými prostředky, 1997

ČSN EN 599 – 1 Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva – Preventivní účinnost ochranných prostředků na dřevo stanovená biologickými zkouškami, část 1: Specifikace podle tříd ohrožení, 1998

ČSN EN 844 – 4 Kulatina a řezivo – Terminologie, část 4: Termíny pro vlhkost

ČSN 49 0609 Skúšanie akosti ochrany dreva, 1993

BALABÁN K. Nauka o dřevě. Praha SZN, 1955. 216 s.

DOLEŽAL J. Matematicko statistické metody v dřevařském průmyslu. Praha SNTL, 1973. 204 s.

KAFKA a kol. Dřevařská technická příručka. Praha SNTL, 1970. 748 s.

Kolektiv. Ochrana dřeva – soubor přednášek. VVÚD Praha - VZL Březnice, 2006

MUSIL I. , HAMERNÍK J., Lesnická dendrologie 1. Jehličnaté dřeviny. ČZU Praha, 2003.
177 s.

REINPRECHT L. Ochrana dřeva a kompozitov. TU Zvolen, 1997

SVATOŇ J. Ochrana dřeva. MZLU Brno, 2000. 203 s.

Technologické postupy impregnace dřeva máčením, VVÚD Praha Březnice, 1996 – 2005

URBAN J. Ochrana dřeva 1. Hlavní hmyzí škůdci, MZLU Brno, 1997. 131 s.

11. Přílohy

Tabulky

tabulka č. 9: Vlhkosti vzorků zjištěné váhovou metodou.

tabulky č. 10 – 12: Vlhkosti zkušebních těles před máčením.

tabulky č. 13 – 15: Příjmy impregnační látky a koncentráту CQ.

tabulky č. 16 – 18: Hloubky průniku ochranné látky po máčení.

tabulky č. 19 – 21: Hloubky průniku zkoušeného přípravku.

tabulka č. 22: Koncentrace zkoušeného přípravku v proimpregnované vrstvě.

Obrázky

obrázek č. 3: Schéma výroby zkušebních těles.

Grafy

grafy č. 4 – 6: Rozdíly hloubek průniku zkoušeného přípravku.