

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě



Návrh skladby materiálu na bázi dřeva s protipožárními
vlastnostmi

Diplomová práce

Zadání

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: Návrh skladby materiálu na bázi dřeva s protipožárními vlastnostmi vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Práce je neveřejná a nesouhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

V Brně dne: 8. 4. 2016

.....

podpis

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat panu doc. Dr. Ing. Pavlu Královi za vedení a usměrňování během zpracování této diplomové práce, jeho konzultace a vedení bylo velmi nadstandardní a za to mu patří velký dík. Velké poděkování patří dále panu Antonínu Rovenskému z firmy R.T. kování a.s. za spolupráci a umožnění studia. Dále bych chtěl poděkovat svým dětem za toleranci a podporu během mého studia.

Abstrakt

Jméno :

Vladimír Linhart

Název práce :

Návrh skladby materiálu na bázi dřeva s protipožárními vlastnostmi

Abstrakt :

Předmětem práce bylo navrhnout optimální skladbu materiálu na bázi dřeva s protipožárními vlastnostmi. Navržený materiál bude uplatnitelný na dveřní vchodová křídla. Byly zkoumány různé druhy vhodných lepidel. Lepidla byla testována na kvalitu lepeného spoje a pevnost lepení kompozitního materiálu na bázi dřeva podle platných standardů. Na základě testů bylo použito vhodné lepidlo. Dále byly zkoumány kompozitní materiály na bázi dřeva, ostatní kompozitní a izolační materiály. Posouzena byla jejich vhodnost pro použití do skladby stavebnic protipožárních sendvičových vchodových dveří. Byla provedena zkouška navržených výrobků na požární odolnost dle ČSN EN 1634-1 a následná certifikace tohoto výrobku. Dále byla provedena certifikace dle ČSN EN ISO 6946 s využitím ČSN EN ISO 10077-1 a ČSN EN ISO 10077-2 a součinitel prostupu tepla vchodových dveří s hladkým dveřním křídlem dle ČSN EN ISO 10077. Následně byl celý produkt uveden do praxe a zaveden do výroby.

Klíčová slova :

materiál na bázi dřeva, stavebnice sendvičových dveří, protipožární dveře, lami dýha, překližka, pevnost lepení

Annotation

Name:

Vladimír Linhart

Name of the thesis:

Designing of wood-base fire-resistant material.

Annotation:

The topic of my thesis was to create the optimal composition of wood-based material with fire-resistant ability. Proposed material will be mainly applied on the front doors. There was a research done on different kinds of adhesive. The glue was tested for its quality of the glued joints and bonding strength of the composite wood-based material according to the required valid standards. Based on the test results suitable glue was chosen. There was also a research done on wood-based and non-wood-based composing materials along with insulating materials. The research was focused on the material suitability and ability to be applied on constructions of fire-resistant sandwich front door kits. Test for fire resistance according to ČSN EN 1634-1 was conducted on chosen product, followed up by certification of this product. Furthermore, the certification according to ČSN EN ISO 6946 using ČSN EN ISO 10077-1, ČSN EN ISO 10077-2 and thermal transmittance of the front doors with plain door wings according to ČSN EN ISO 10077 was carried out. Subsequently the new product was put into practice and was included in new production list.

Key words:

wood-based material, door sandwich constructions, the fire-resistant door, laminate veneer, plywood, glue strength

OBSAH

1)	Úvod	8
2)	Cíl a zaměření práce	10
3)	Literární přehled	11
4)	Materiál a metodika	27
4.1)	Materiál použitý na konstrukci	27
4.2)	Metodika testování vlastností	34
4.2.1)	Stanovení kvality lepení smykovou zkouškou zkušebních vzorků	34
4.2.2)	Zjišťování pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu	36
4.2.3)	Zjišťování vlhkosti	38
4.2.4)	Zkouška odolnosti proti padající kuličce	39
4.2.5)	Požární bezpečnost staveb-požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí dle ČSN EN 730810	40
4.2.6)	Zkoušení požární odolnosti a kouřetěsnosti sestav dveří, vrat, Uzávěrů, otevíravých oken a prvků stavebního kování dle ČSN EN 1634 – 1	41
4.3)	Použitá zařízení	52
5)	Výsledky a diskuse	54
5.1)	Výsledky a diskuse kvality lepení	60
5.1.1)	Kvalita lepení smykovou zkouškou podle EN 205	60
5.1.2)	Pevnost lepení dlátkovou zkouškou	64
5.2)	Stanovení modulu pružnosti a pevnosti v ohybu lepeného materiálu	65
5.3)	Zkouška odolnosti povrchu proti padající kuličce	69
5.4)	Zkouška požární odolnosti dle ČSN EN 1634-1	70
5.5)	Ekonomické vyhodnocení	81
6)	Závěr	83
	Summary	84
	Použitá literatura	85
	Přílohy	88
	Přílohy-fotodokumentace z průběhu zkoušky	91

1 Úvod

Dřevo je tradiční materiál, charakteristický problémem s obtížnou predikcí technicky důležitých charakteristik, zejména pevnostních. Přes mnoho pozitivních vlastností má dřevo i negativní vlastnosti, jako např. nízkou požární odolnost. Významný je ovšem fakt, že se jedná o obnovitelnou surovinu s nízkou uhlíkovou stopou a bezkonfliktní likvidací. O stabilizaci mechanických a fyzikálních vlastností pro použití ve stavebnictví se snaží mnoho výzkumných pracovišť a výrobních firem, které usilují především o zlepšení vlastností.

Nedílnou součástí stavebních otvorových výplní jsou vchodové dveře, i když v literatuře najdeme časové, respektive slohové dělení pouze u oken. U dveří v minulosti rozeznáváme jen několik konstrukčních variant a jejich použití je velmi dlouhé a závislé i na sociální příslušnosti staveb.

Dveře jsou konstrukce, které uzavírají průchodní (komunikační) otvor. Skládají se z pohyblivého křídla a pevné nosné nebo vodící konstrukce. Slouží k přístupu do budovy, jednotlivých místností a k jejich uzavření. Kromě toho musí zajišťovat bezpečí, izolaci a ochranu před povětrnostními vlivy, anebo i odděluje jednotlivé protipožární úseky. Jsou součástí celkového vzhledu budovy či místnosti, proto jim musí být přizpůsobeny. (HÁJEK, V. 1997)

Vchodové dveře, které nazýváme také domovní, uzavírají budovu, chrání ji před povětrnostními vlivy (deštěm, větrem), před vloupáním a musí být trvale funkční. Podle dveřních křídel rozlišujeme hladké dveře s rámovou konstrukcí opláštěvanou konstrukční deskou, rámové dveře s dřevěnou nebo skleněnou výplní, dveře z konstrukčních desek a zdvojené dveře. Hladké dveře mají vnitřní prostor rámu mezi pláští vyplněn izolačním materiálem. Dveře mohou být pravé nebo levé, jednokřídlé nebo dvoukřídlé. Jednokřídlé mohou být bez pevných bočních dílů (světlíků), nebo s jedním či více bočními díly, zpravidla zasklenými. Ostění tvoří zárubeň obvykle rámové konstrukce nebo osazovací rám. (HÁJEK, V. 1997).

Dveře jsou neoddělitelnou součástí každého domu nebo bytu a vytvářejí prvotní dojem o interiéru. Umožňují vstup do jednotlivých pokojů nebo prostorů, ale také sjednocují design celého interiéru. Na kvalitní interiérové dveře jsou v dnešní době kladeny vysoké nároky. Nejen, že musí dobře vypadat, pohodlně se zavírat a otevírat, těsně přiléhat k zárubním,

odolávat mechanickému poškození, ale také musí být bezpečné a zdravotně nezávadné. To znamená, že při výrobě vzniká minimum látek zatěžujících životní prostředí, a dále že budou dveře ekologicky nezávadné při používání v domácnosti. Dalšími důležitými vlastnostmi je tepelná a zvuková izolace, případně jiné specifické požadavky, například požární odolnost. Výrobci dveří se neustále snaží o inovace designů, materiálů křidel, zárubní i dveřního kování. Využívají nejen podněty uživatelů, ale také sledují zahraniční trendy ve vývoji dveří. Moderní dveře existují v mnoha typech provedení, dekorů, povrchů; doplněné širokou škálou závěsů, dveřního kování a doplňků, jako jsou větrací mřížky nebo různé bezpečnostní prvky. U vnitřních (interiérových) dveří se jejich kvalita často odvíjí od druhu materiálu, který byl použitý na jejich konstrukční prvky a výplň.

Jednoduché a levné interiérové dveře mohou mít výplň z dřevěných latěk nebo papírové voštiny, kvalitnější jsou pak vyplněny výtlačně lisovanou vylehčenou dřevotřískovou deskou, pásy z desek MDF nebo HDF. O to zajímavější bylo hledání návrhu vhodné jednoduché konstrukce dveří, které by mohly být využity v rámci modernizace interiérů.

2 Cíl a zaměření práce

Cílem práce je návrh optimální sklady materiálu na bázi dřeva s protipožárními vlastnostmi. Navržený materiál bude uplatnitelný na dveřní křídla, případně ve stavbách na bázi dřeva. Budou hodnoceny vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti s ohledem na druh použitého lepidla ve vztahu na pevnost lepeného spoje, odolnost proti mechanickému namáhání. Součástí práce bude provedení experimentu, jenž bude zaměřen na posouzení uvedených parametrů. Budou porovnávány alespoň dva typy vchodových dveří za účelem dosažení co možná nejlepších výsledků pro konečného uživatele.

Základní snahou bude docílit co nejlepších vlastností vchodových dveří z pohledu protipožárních vlastností, ale přitom, aby nebyly tyto dveře nijak zásadně degradovány z pohledu tepelně izolačních a akustických vlastností. Každá tato zmiňovaná problematika má vlastní požadavky na konstrukci samotných dveří, ale mojí snahou bylo co nejvíce se přiblížit standardnímu vyráběnému produktu.

Konečný zkoušený produkt bude stavebnice vchodových dveří s protipožárními vlastnostmi. Stavebnicí vchodových dveří se rozumí kompletně opracované dveřní křídlo a zárubeň (opracované, vyfrézované, vydlabané apod.) s kompletním osazením kování (závěsy, tříbodový zámek, protikusy, nízký hliníkový práh, těsnění apod.). Vše je připraveno tak, aby tento produkt, stavebnice vchodových dveří s protipožárními vlastnostmi, byl schopen dokončit koncový zákazník, aniž by musel být nějak zásadně technologicky vybavený.

3 Literární přehled

Dveře jsou stejně jako okna předělem mezi naším domovem a vnějším prostředím. Chrání nás před zimou i horkem, před zloději i okolním světem. Ještě víc než od oken požadujeme od nich, aby nám zaručily určité bezpečí proti nezvaným návštěvníkům. V zásadě můžeme dveře rozdělit na vchodové (domovní nebo též vstupní) a vnitřní, tedy interiérové. Vchodové dveře jsou obvykle masivnější, kompaktnější, ale měly by být vždy v souladu s velikostí a celkovým řešením domu. Požadavek úměrnosti a harmonizace s okolím platí i pro interiérové dveře.

Nejnáročnější a většinou i nejdražší bývají vchodové dveře, protože na ně klademe řadu náročných požadavků – musí vykazovat výborné tepelně-izolační vlastnosti, odolávat povětrnostním vlivům a vykazovat zvýšenou bezpečnost proti násilnému vniknutí. Bývají proto vybaveny ocelovou výplní, pevnými trny na straně závěsů, tří- nebo vícebodovým bezpečnostním zámkem, bezpečnostním kováním a hmotami zajišťujícími požární odolnost. Pokud takové dveře požadujeme, je třeba pečlivě vybrat dodavatelskou firmu, která nám je vyrobí podle našich požadavků a v potřebných rozměrech a zajistí i jejich odbornou montáž (NUTSCH, W 2006).

Dveře kromě základní funkce spojování a rozdělování různých prostředí musí plnit i vedlejší funkce. Jsou součástí architektury vnitřního prostoru. Povrchové řešení může být dominantní nebo nenápadné. Vnitřní dveře spoluvytváří interiér a jsou součástí plochy stěny. Důležitou roli hraje také tvar dveří, který může opticky zvýšit světlou výšku místnosti. Umístění musí odpovídat estetickým požadavkům na členění stěny. Plocha dveří vychází z ověřených estetických zásad. Výška úzkých dveří by se měla rovnat přibližně dvojnásobku šířky dveří. U dvoukřídlových dveří by měla výška dveří odpovídat úhlopříčce ve čtverci nad šířkou dveří. Dveře zakončené obloukem ve výšce 2 m opticky snižují světlou výšku místnosti a netvoří esteticky vhodnou plochu. Takové dveře by měly být vyšší minimálně o $\frac{1}{4}$ šířky dveří.

Typologické požadavky určuje základní funkce dveří, kterou je vzájemné spojování prostorů. Umístění dveří v půdorysu, jejich rozměry a způsob otvírání, závisí na:

- Funkci, provozu a typologickém řešení prostorů, které dveře spojují
- Frekvenci komunikace
- Specifických požadavcích kladených na dveře

- Řešení interiéru a zařízení prostorů
- Požární bezpečnosti

U dveří má být volná komunikační plocha, která umožňuje otvírání dveří a volný pohyb osob. Musejí se otvírat z menšího prostoru do většího. Rozměr dveří závisí na funkci uzavíraného prostoru, počtu procházejících osob, velikosti přepravovaných předmětů a způsobu evakuace osob před požárem. Rozměry jsou uvedeny v normách, které jsou rozděleny podle typů budov. Základní rozměrovou jednotkou na určení šířky dveří je šířka 600 mm, která odpovídá minimální světlé šířce dveří a navrhuje se do malých skladovacích prostorů bytu nebo do prostorů WC. Světlá šířka dveří 800 mm je vhodná do obytných prostorů, kanceláří, sociálních zařízení v občanských budovách. Dveře se světlou šířkou 900 mm se navrhuje jako vstupní dveře do rodinného domu, učeben, únikových cest a prostorů, kde se zdržuje méně než 20 osob. V nemocnicích jsou dveře se světlou šířkou 1 100 mm. Nejmenší dvoukřídlové dveře mají světlou šířku 1 200 mm. Světlá výška vnitřních dveří je 1 970 mm, vchodových 2 150 mm a celo zasklených 2 050 mm. Koordinační rozměry a základní rozměry otvoru pro dveře ovlivňuje použitý materiál, z něhož je stěna postavena. V současné době jsou na našem trhu prvky na zdění s koordinačními rozměry v násobku 100 a 125 mm. Při navrhování otvoru na osazení zárubně v rámci dokončovacích prací je třeba zvážit koordinační rozměry a druh zárubně. Koordinační rozměry zdiva a zárubně mají být v jedné rovině. Při vytvoření otvoru na osazení zárubně je nutné vzít do úvahy požadavky na kotvení zárubně.

Konstrukce dveří musí zachovat svou rozměrovou a tvarovou stálost i po klimatickém namáhání. Kombinace požadavků na vlastnosti dveří umožňuje vytvoření sortimentu dveří buď na širší použití dveří, nebo na konkrétní účel. Základní požadavky na dveře zásadně ovlivňují konstrukční a mechanické vlastnosti dveří. Jsou to zejména požadavky statické, mechanické, akustické, tepelně izolační, bezpečnostní a protipožární. Sekundární požadavky obvykle vyžadují vlastnosti související s povrchovou úpravou dveří. Na dveře speciálních konstrukcí jako jsou dveře protipožární, akustické, bezpečnostní apod., se kladou vyšší požadavky. (FUČILA, J.. 2003)

Dveře patří mezi základní konstrukční prvky budov, uzavírají průchodný otvor. Tvoří je pevná nosná nebo vodící konstrukce zárubně, pohyblivé křídlo, práh, kování, těsnění a různé prvky závislé na funkci dveří. Základní funkcí dveří jako otvorové výplně budov je:

- Komunikační, případně i vizuální spojení dvou prostorů
- Zároveň vzájemné oddělení prostorů se stejným nebo různým klimatem, s různými požadavky na prostředí v závislosti na využití prostorů

Z rozdílnosti požadavků a vlastností prostorů vyplývá různorodost a variabilnost konstrukčního řešení dveří. Dveře jsou ohraničené podlahou nebo prahem, ostěním nebo nadpražím. Přední strana dveří je ta strana, na kterou se otvírá křídlo dveří, zadní strana je strana, na kterou se křídlo dovírá. Dveře se skládají z různých prvků. Hlavními prvky dveří je pevná část – lemování dveří, zárubeň, dveřní křídlo, dveřní kování. Aby dveře mohly plnit rozličné funkce, mohou mít i doplňkové prvky, jako je práh, držadlo, vhoz na dopisy, poštovní schránku, větrací prvky, signalizační zařízení podle specifických požadavků kladených na dveře, atd. (FUČILA, J.. 2003)

Výplň se u starších křídel vytvářela z horizontálních nebo vertikálních latěk, které se umísťovaly ve vzdálenosti 40 – 80 cm, vyztužovaly plášť křídla dveří a zabraňovaly prohýbání křídla. V současné době se na výplň rámového křídla používají materiály, které umožňují vytvořit odlehčenou konstrukci, jako je voštinová výplň, tvrzený papír, tvrzená dřevovláknitá vylehčená hmota, sololitové voštinové jádro, výtlačně lisované vylehčené třískové desky, hmota z vytvrzeného polyuretanu, desky z minerálních vláken. Tyto materiály vyztužují dveřní křídlo v celé rovině a zvyšují jeho odolnost proti proražení. (FUČILA J.. 2003)

Dřevo a jeho chování při požáru

Obecná představa o chování dřeva při požáru bývá často zkreslená. Dřevo lze zapálit, může vyživovat oheň a dále ho šířit pomocí prchavých plynů vznikajících při vysoké teplotě. Proces zuhelnatění dřeva je ale dobře předvídatelný a šíření plamene lze omezit impregnací nebo povrchovou úpravou. U průřezů s nejmenším rozměrem 35 mm povrch dřeva vystavený požáru zuhelnatí a odhořívá stálou rychlostí. Uvnitř průřezu zůstávají mechanické vlastnosti dřeva bez podstatných změn a požární odolnost konstrukčního prvku lze určit na základě zbytkového průřezu. Přitom platí, že velké průřezy z lepeného lamelového dřeva se při požáru

chovají příznivě, zatímco menší průřezy, např. prvky příhradových vazníků, je třeba přiměřeně chránit.

Chování prvků ze dřeva a materiálů na bázi dřeva při požáru lze podrobněji popsat následovně. Odlišuje se chování při rozhořívání a při plně rozvinutém požáru. Při rozhořívání se uplatní hořlavost materiálu, stupeň jeho zápalnosti, rychlost šíření ohně/plamene na jeho povrchu a míra předávání tepla. Plně rozvinutý požár představuje fázi po vzplanutí, kdy jsou všechny hořlavé materiály zachváceny ohněm. Požadavky na materiály během této fáze jsou zaměřeny na jejich schopnost zachovat si své mechanické vlastnosti a omezovat oheň na oblast jeho vzniku, aby nedocházelo k šíření ohně nebo kouře a působení příliš vysokých teplot na straně odvrácené ohni, které by mohly vést k nepřímému přenosu požáru na sousední části konstrukce. Schopnost odolávat plnému požáru je obecně označována jako požární odolnost. Tato schopnost může být přiřazena konstrukčnímu prvku a nikoliv pouze materiálu. Požaduje-li se u konstrukcí požární odolnost z hlediska stavební mechaniky, musí být konstrukce navrženy a provedeny takovým způsobem, aby si zachovaly svou nosnou funkci během příslušného požárního namáhání, tj. musí být splněno kritérium únosnosti R. Požadavky na přetvoření se uplatňují pouze tam, kde technické podmínky pro požárně dělicí prvky nebo pro ochranné prostředky vyžadují uvážit přetvoření nosné konstrukce.

Při rozdělení objektu dřevěnou konstrukcí na požární úseky musí být odpovídající prvky navrženy a provedeny takovým způsobem, aby si zachovaly svou požárně dělicí funkci během příslušného požárního namáhání:

a) Nesmí dojít k porušení celistvosti následkem trhlin, děr nebo jiných otvorů, dostatečně velkých na to, aby způsobily pronikání požáru prostřednictvím horkých plynů nebo plamenů (kritérium celistvosti E).

b) Nesmí dojít k porušení izolace následkem teplot ohni nevystaveného povrchu, přesahujících přípustné meze (kritérium tepelné izolace I)

c) Přípustný vzestup průměrných teplot ohni nevystaveného povrchu je omezen na 140 K a maximální vzestup teploty v kterémkoliv bodě je omezen na 180 K. Prvky musí vyhovovat kritériím R, E a I. Rozlišují se prvky s funkcí pouze požárně dělicí (splňující E a I), pouze nosnou (splňující R) a požárně dělicí a nosnou (splňující R, E a I). (KUKLÍK P. 2010)

Požární odolnost stavebních konstrukcí – zkoušení všeobecně

Požární odolnost stavebních konstrukcí je doba, během níž konstrukce zachovává při požáru svou funkci. Doby požární odolnosti používané v ČR jsou 15, 30, 45, 60, 90, 120 a 180 minut. V evropských normách se vyskytují i hodnoty 10, 20, 240 a 360 minut. Funkce konstrukce se udává níže uvedenými mezními stavy:

a) Mezní stavy požární odolnosti stavebních konstrukcí

Nosnost	R
Celistvost	E
Tepelná izolace	I
Radiace (hustota tepelného toku)	W
Kouřotěsnost	S
Mechanická odolnost	M
Samouzavírací zařízení	C

b) Třídy požární odolnosti

Jsou dány mezním stavem, popř. jejich kombinací a dobou požární odolnosti (např. R15, REI 60, EW 30 atd.)

c) Ověřování požární odolnosti stavebních konstrukcí – požárních uzávěrů

Ověřování požární odolnosti stavebních konstrukcí probíhá v souladu se zkušebními normami platnými pro jednotlivé druhy stavebních konstrukcí. Požární uzávěry se zkouší dle ČSN EN 1634-1: Zkoušení požární odolnosti dveřních a uzávěrových soustav – Část 1: Požární dveře a uzávěry otvorů, která nahradila zrušenou ČN 73 0852.

Při zkouškách požární odolnosti uzávěrů jsou hodnocena kritéria celistvosti (E), tepelně izolační schopnosti (I) resp. kritérium hustoty tepelného toku z neohřívaného povrchu (W). Tepelné namáhání probíhá podle křivky normového požáru, která je specifikovaná v ČSN EN 1363-1.

d) Ověřování kouřotěsnosti uzávěrů

Ověřování kouřotěsnosti uzávěrů probíhá v souladu se zkušební normou ČSN EN 1634-3: Zkoušení požární odolnosti dveřních a uzávěrových soustav – Část 1: Kouřotěsné dveře a uzávěry otvorů, která nahradila zrušený zkušební předpis. Při zkouškách kouřotěsnosti

se stanovuje průnik studeného a teplého kouře z jedné strany dveřní sestavy na stranu druhou. Zkouška je prováděna teplotě okolí (20°C) a při střední teplotě (200 °C).

V ČSN 73 0810: 2005 již není požadavek, aby u uzávěrů kouřotěsně požárních byla provedena zkouška kouřotěsnosti a následně požární odolnosti na jednom vzorku. Tento požadavek byl na straně bezpečnosti, ale nevystihoval zcela přesně tepelné zatížení uzávěru při požáru, neboť po zkoušce kouřotěsnosti zkušební vzorek vychladl, byl osazen na jiné zkušební zařízení a znovu byl ohříván v souladu se zkušebními podmínkami. Při reálném požáru dochází k postupnému ohřívání uzávěru. V první fázi uzávěr zabraňuje prostupu studeného a teplého kouře a ve druhé fázi brání prostupu ohně do jiného požárního úseku.

Při zkouškách kouřotěsnosti a požární odolnosti prováděných na jednom zkušebním vzorku docházelo k negativnímu ovlivnění výsledků zkoušek u uzávěrů s prosklením požárním čirým sklem s jednou gelovou vrstvou. Nebyly dosahovány hodnoty celistvosti E30, jinak pro toto prosklení běžné, ale k porušení celistvosti v ploše skla docházelo cca ve 26. až 28. minutě zkoušky.

Požární odolnost stavebních konstrukcí – klasifikace

Klasifikace požární odolnosti stavebních konstrukcí je prováděna v souladu s ČSN EN 13501-2: Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb-Část 2: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti kromě vzduchotechnických zařízení.

V ČSN EN 13501-2 jsou pro požární uzávěry definovány následující třídy:

E	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI₁	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI₂	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EW		20	30		60				

Požadavky na vlastnosti pro klasifikaci samozavírání C0 až C5 jsou definované v normě EN 14600. Jsou závislé na typu zamýšleného užití dveří. Klasifikace samozavírání musí být provedena nezávisle na klasifikaci E, EI a EW. Dveře vybavené zavíracím zařízením, které vyhovuje kritériu samozavírání, se klasifikují jako E-C....., EI₁-C....., EI₂-C.... nebo EW-C..... Např. EI₂30-C5. V ČSN EN 13501-2 jsou pro kouřotěsné uzávěry definovány následující třídy: **Sm, Sa**. Kouřotěsné dveře vybavené zavíracím zařízením, které vyhovuje kritériu samozavírání, se klasifikují jako Sa-C0 (až C5), Sm-C0 (až C5). (STARÁ, Z 2012)

Dveře se zvýšenou požární odolností

Vchodové dveře s protipožární odolností jsou takové dveře, které po určitou dobu jsou schopny svojí konstrukcí odolávat plamenům a vysokým teplotám. Ověření požární odolnosti se provádí zkouškou a nebo na základě výpočtu. Požární odolnost se uvádí v minutách v základní hodnotové stupnici. Stanovení požární odolnosti u požárních uzávěrů řeší norma ČSN 730810, dle této normy dělíme požární uzávěry na:

EW – omezující požár, u kterých je sledováno množství sálavého tepla vyzařující z povrchu na straně odvrácené od požáru (původně značeno PO)

EI – bránící požáru, u kterých se na straně odvrácené od požáru sleduje přímo povrchová teplota (původně PB). Tyto prvky splňují přísnější požadavky na požární bezpečnost a proto mohou být použity i tam, kde jsou požadovány uzávěry EW. Instalují se zpravidla u vstupů do chráněných únikových cest.

S – utěsněné proti průniku kouře (původní značení K)

Dveře, které slouží jako požární uzávěry budov, musí z hlediska požární bezpečnosti budovy splňovat tyto požadavky:

- Zachování nosnosti a stability na dobu určenou technickou specifikací
- Omezení šíření ohně a kouře v budově
- Omezení šíření požáru na jiné budovy
- Umožnění úniku lidem a zvířatům z budovy
- Zajištění bezpečnosti záchranných jednotek

Požární odolnost požárních uzávěrů se zařazením podle schopnosti odolávat požáru podle určených kritérií dosažených při zkouškách zařazuje požární uzávěry do stupnice požární odolnosti 12, 30, 45, 60, 90, 120, 180 a 240 min.

Požární odolnost požárních uzávěrů (dveří) musí být vyznačena ve výkresech projektu stavby i s uvedením časového úseku:

- Dveře bránící šíření tepla EI – C
- Dveře omezující šíření tepla EW – C

- Dveře utěsněné proti průniku plynu S – C, kde C označuje samouzavírací schopnost dveří (požárního uzávěru) jako funkční kritérium.

Udává se i typ stavební konstrukce podle množství a způsobu zabudování hořlavých hmot (D1, D2, D3):

- D1 – nezvyšuje intenzitu požáru, obsahují nehořlavé hmoty nebo hořlavé hmoty použité tak, že na nich není závislá stabilita a únosnost konstrukce. Tyto hořlavé hmoty musejí být uvnitř konstrukce a nesmí dojít k jejich vzplanutí
- D2 – nezvyšuje intenzitu požáru, obsahují nehořlavé látky konstrukčně použité tak, že je na nich závislá stabilita a únosnost konstrukce
- D3 – zvyšují intenzitu požáru a nesplňují požadavky konstrukcí D1 a D2

Materiál vchodových dveří, stejně jako u oken, můžeme volit z několika variant. Na výběr jsou opět dveře dřevěné, plastové nebo kovové. Mohou být plné, částečně prosklené, nebo celé prosklené. Citlivě je třeba volit i zárubně. Těm ocelovým, které se hojně používaly při panelové výstavbě rodinných domků, již snad konečně odzvonilo, ale ocelové jádro z bezpečnostních důvodů bývá zachováno. Naproti tomu zárubně hliníkové, které mají transparentní ochranný lak a barevný nátěr, jsou skutečnou ozdobou, často se používají dokonce i do nejhonosnějších interiérů. Rozhodně ale nic nelze pokazit tím, zvolíme-li jak zárubně, tak i dveře dřevěné. Tento klasický materiál vždy byl, je a bude i nadále krásnou ozdobou našich domovů. Pro výrobu dřevěných dveří se používá ponejvíce smrk, borovice, dub a exotické meranti, ale lze použít i jiné ne zcela tradiční dřeviny pro stavební výplně.

Design vchodových dveří v podobě hladkých ploch nebo profilovaných kazet lze kombinovat se skleněnou výplní. Ta je realizována izolačním bezpečnostním dvojsklem nebo trojsklem, případně dvojsklem s termoizolační fólií. Velmi často zákazníci využívají nabídky výrobců, kteří jsou schopni skleněné výplně realizovat s ornamentálním sklem, profilovaným sklem, s pískovanými motivy, gravírami, vitrážemi nebo fusingem (zapečeným barevným nebo čirým sklem).

Opomenout nesmíme ani kování na dveřích. Zvláště klika je poměrně výrazným prvkem, ať už je kovová – železná, hliníková, mosazní či chromová – nebo v kombinaci se vzácnými dřevinami, sklem, plastem či s moderním akrylátem. Měla by nejen ladit se dveřmi, ale měla by nám být i maximálně sympatická, protože se jí budeme často dotýkat. V současné

době se většina moderních vchodových dveří osazuje například madlem, jehož délka je mnohdy rovna délce dveřního křídla.

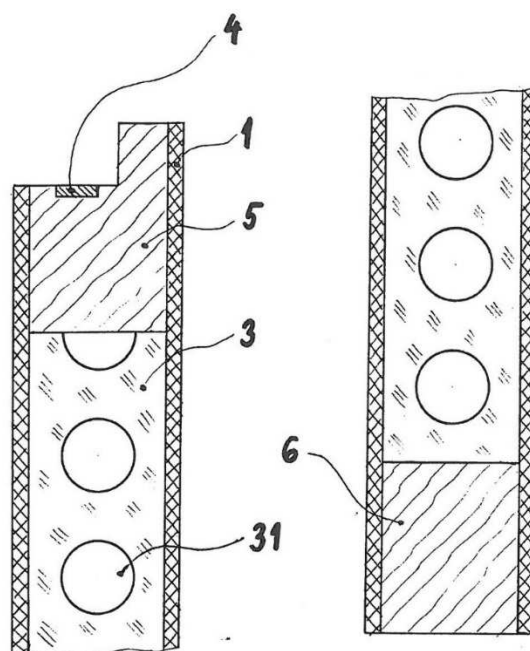
Většina dveří si zachovává pravouhlý formát, ale technologie výroby umožňuje aplikovat u vchodových dveří i jakékoliv jiné tvary – oblouky, vícehrany či diagonály, doplněné o římsy, lišty a profilované kazety. Vhodně vybrané a řemeslně vyvedené vstupní vchodové dveře proto často tvoří pověstnou třešničku na dortu – bývají elegantním výrazovým architektonickým prostředkem.

V současné době se pro výrobu sendvičových vchodových dveří s výhodou používají kromě masivního dřeva kompozitní materiály na bázi dřeva. Díky těmto materiálům jsme schopni vyrobit vchodové dveře s celistvou krycí vrstvou, která je velmi odolná a pokud jsou tyto materiály vyráběny dle platných ČSN EN, např. ČSN EN 312 Dřevotřískové desky, ČSN EN 635 Překližované desky apod. a je používána vhodná povrchová úprava, pak jsou kompozitní materiály na bázi dřeva výrazně odolnější než rostlé masivní dřevo. Kompozitní materiál na bázi dřeva má pro tento účel převážně povrch z okrasné dýhy a to buď krájenou sesazenku a nebo dýhu s reprodukovatelnou texturou. U těchto materiálů jsou potlačené přirozené chyby masivního rostlého dřeva a přitom designově jsou totožné.

Na rámy moderních dveří se velmi často používá masivní dřevo určitých pevnostních a vizuálně identifikovatelných charakteristik. Vizuálním posuzováním se jakost dřeva určuje prostřednictvím vizuálně poznatelných charakteristik dřeva, především suků a šířky letokruhů. V současné době existuje v Evropě velký počet různých pravidel pro vizuální třídění řeziva podle pevnosti. Odlišují se jak počtem jakostních tříd a jejich hranicemi, tak i postupem měření posuzovaných vlastností dřeva. Zejména postupy pro vyjádření a výpočet podílu suků se někdy odlišují velmi výrazně. Jsou pro to rozhodující tyto důvody. Suky se mohou u řeziva projevat podle jeho rozměrů a způsobu pořezu v různých tvarech, které lze vizuálně jen obtížně vyjádřit a klasifikovat. Příčinou redukce pevnosti v podstatě není samotný suk, ale jím způsobený výrazný odklon vláken v okolním dřevu. To je patrné i z toho, že porušení dřeva obvykle nevychází ze samotného suku, ale z míst extrémního lokálního odklonu vláken. Protože struktura dřeva může být narušena zvláště výrazně suký, které jsou blízko sebe, parametr sukovitosti se běžně stanovuje nejenom se zřetelem k největšímu suku, ale také na základě součtu suků, které se vyskytují v určité oblasti. Suky na okrajích a v tažené části prvku dřeva se projevují nepříznivěji než suký uvnitř průřezu nebo v jeho tlačené části. Proto se při třídění často přihlíží i k poloze suku v průřezu (KUKLÍK, P. 2013).

V současné době většina průmyslově používaných strojů na třídění jsou tzv. ohybové stroje, kterými se určuje průměrný modul pružnosti na krátkém rozpětí. Řezivo souběžně prochází třídícím strojem. Přitom je při rozpětí asi 0,5 až 1,2 m namáháno na ohyb v poloze kolmo na rovinu desky. Zde se měří buď zpětná síla při předem nastaveném průhybu, nebo průhyb při určitém předem nastaveném zatížení. Z těchto hodnot je vypočten lokální modul pružnosti při uvážení rozměrů dřevěného prvku a jeho křivosti. Od zavedení strojního třídění podle pevnosti cca před 30 lety byly a jsou prováděny výzkumné práce, které se snaží o další zlepšení těchto postupů. Předmětem výzkumu též je, jak určit parametr třídění (modul pružnosti) jiným způsobem, například měřením kmitání nebo ultrazvukovou technikou. Výhodou těchto postupů je, že dřevo mechanicky nenamáhají a tedy ho nemohou poškodit. Také tloušťka dřeva přitom není omezena jako u současných ohybových strojů (asi na 80 mm). Novější výzkumy ukázaly, že účinnost strojního třídění dřeva může být dále zvýšena zlepšením techniky měření, jakož i přibráním dalších parametrů třídění. Mezi výhody patří rychlost a nevýhodou je, že dovedou třídít jen deskové řezivo a prkna. (KUKLÍK, P. 2013)

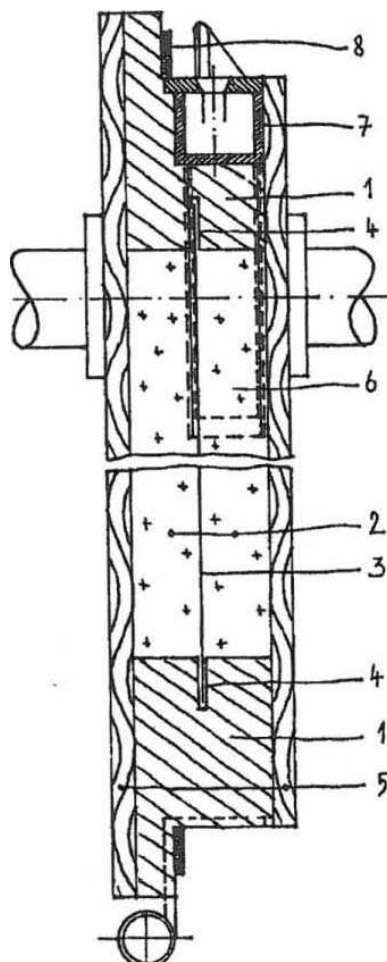
Příkladem provedení technického řešení je užitný vzor (APPL, J. 1997) na protipožární dveře (obr. 1), které sestávají z dřevěného obvodového rámu složeného z bočních lišt (2), vrchní lišty (5) a spodní lišty (6), přičemž boční lišty (2) a vrchní lišta (5) mají na vnější straně uloženu v drážce protipožární zpěnitelnou pásku (4). Mezi boční lišty (2), vrchní lištu (5) a spodní lištu (6) je těsně uložena deska (3) z nehořlavého materiálu, která má uvnitř průběžné otvory (31) a celé dveře mají z obou stran plášť (1), který je upevněn lepením a sponkovaním. Deska (3) z nehořlavého materiálu může mít rovný okraj nebo má po celém obvodu vytvořenu drážku (32), kterou zapadá do pera vytvořeném na bočních lištách (2), vrchní liště (5) a spodní liště (6). Tato varianta se vyznačuje pevnější konstrukcí a vytvořený vnitřní labyrint má větší protipožární utěsnění při případném prohoření.



Obr. 1: Protipožární dveře s výplní vylehčenou DTD (APPL, J. 1997)

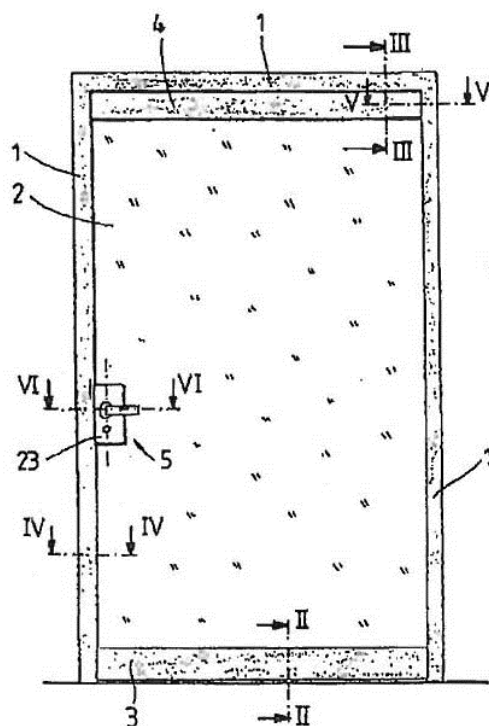
Nároky na ochranu jsou u těchto protipožárních dveří určeny zejména tam, kde je předepsána zvýšená protipožární odolnost, sestávající z dřevěného obvodového rámu s obvodovou protipožární zpěnitelnou páskou, který má na obou stranách pevně uchycený plášť a mezi oploštěním a rámem je vložena deska z nehořlavého materiálu, vyznačující se tím, že deska z nehořlavého materiálu má uvnitř průběžné otvory (výtláčně lisovaná dřevotřísková deska), přičemž v dřevěném obvodovém rámu je uchycena těsně na rovnou plochu svého okraje, nebo boční drážkou na pero, vytvořeném na dřevěném obvodovém rámu (APPL, J. 1997).

Dalším řešením konstrukce protipožárních dveří je patent (BLAHUŠ, J. 1995). Jeho návrh (obr. 2) vychází z toho, že dřevěný obvodový rám (1) je opatřen pláštěm (5), tvořeným dvěma deskami (2) z minerálních vláken, mezi nimiž je umístěn plech (3), který je jednak připevněn k deskám (2) a jednak je osazen v drážkách (4), vytvořených v dřevěném obvodovém rámu (1), v němž je na jedné jeho boční straně vytvořena polodrážka pro osazení zámku (6), který je z vnější strany překryt tenkostěnným ocelovým uzavřeným profilem (7). Po obvodu dřevěného obvodového rámu (1) je nalepena protipožární zpěnitelná páska (8).



Obr. 2: Konstrukce protipožárních dveří s výplní s plechem (BLAHUŠ, J. 1995),

Prosklenou variantu protipožárních dveří patentoval (WIEDEMANN G. 2004). Skleněné dveře pro protipožární účely (jeho konstrukce obr. 3) jsou provedeny s protipožární tabulí (2), obsahující účinnou látku, která vypění účinkem tepla, a s nosnou konstrukcí ze dřeva, zachycující váhu protipožární tabule (2) a přenášející ji prostřednictvím kloubových závěsů na dvevní zárubeň (I). Nosná konstrukce sestává z celkem dvou nosných profilů (3, 4), z nichž jeden nosný profil (3) je uspořádán podél dolního vodorovného okraje a druhý nosný profil (4) podél horního vodorovného okraje protipožární tabule (2). Nosné profily (3, 4) jsou navzájem spojeny svislými profily, jejichž průřez je podstatně menší, než průřez nosných profilů (3, 4). Svislé profily zakrývají svislé okraje protipožární tabule (2) a na jednom z obou svislých profilů je upevněno těleso zámku (5).

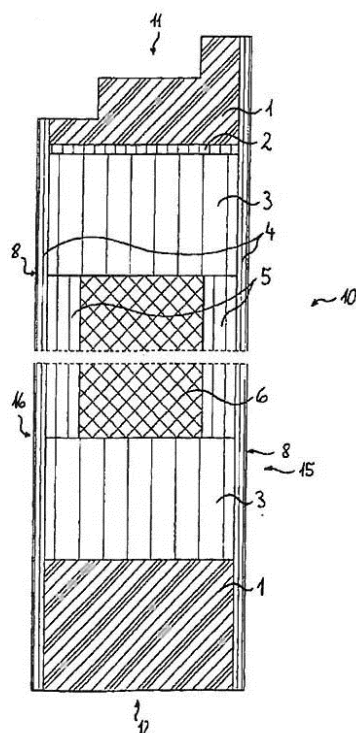


Obr. 3: Skleněné dveře pro protipožární účely (WIEDEMANN, G. 2004)

Další příkladem z rozsáhlé patentové rešerše je Akustické, protipožární a/nebo bezpečnostní dvevní křídlo (LESSER 2000). Křídlo je použitelné jako vchodové dveře.

Dvevní křídlo tvoří (pbr. 4):

- hlavní díl (střed) jádrová deska (6) z nehořlavého, voděodolného minerálního materiálu
- krycí vrstva (5) z překližky, s volitelnou kovovou vložkou, na obou stranách (15, 16) a jádrové desky (6);
- jádrová deska (6) a zejména také krycí vrstvy (5) z přední strany zakrývající rám (3) z vrstveného dřeva s vrstvami z volitelných druhů dřeva se směrem dřevních vláken napříč sousední vrstvě;



Obr. 4: Akustické, protipožární a/nebo bezpečnostní dveřní křídlo (LESSER 2000).

- vnější olemování (1) z masivního dřeva, spojené na rohové konstrukční spoje. Uzavírá čelní strany (11, 14) dveřního křídla (10, 20)
- krycí vrstva (4) pro uzavření obou ploch (15, 16) dveřního křídla (10, 20), z materiálu na bázi dřeva, volitelně s kovovou vrstvou, nebo s povrchovou voděodolnou úpravou (8),
- Konstrukce zahrnuje také vrstvy (2), nebo pásy zpěnitelného materiálu v případě požáru na vnějších stranách rámu (3)

Polyuretanová lepidla (PUR)

Lepidla na polyuretanové bázi patří mezi lepidla vytvrzující polyadiční reakcí. Konkrétně se jedná o adiční polymeraci polyizokyanátových skupin s vícevaznými alkoholy nebo polyestery s dostatkem hydroxylových skupin. Jde o exotermickou reakci s velmi rychlým průběhem. Lepidla vytvrzují v široké škále teplot, problémy jim nečiní ani vytvrzování okolo 0 °C. V případě polyizokyanátu se jako rozpouštědla nesmí používat alkoholy nebo sloučeniny obsahující alkoholové skupiny, jelikož ty reagují s izokyanáty za vzniku derivátů močoviny. Podobný problém nastává v případě některých typů polyuretanových lepidel, pokud je v rozpouštědle obsažena voda. Naopak u lepidel na bázi

polyester-polyizokyanátu se citlivosti na vodu využívá k vytvrzení spoje. (SEDLIAČIK M. A SEDLIAČIK J., 1998)

Polyuretanová lepidla si v dřevařském průmyslu našla své uplatnění hlavně v produktech, které jsou určeny do exteriéru, kde se plně uplatní jejich dobré vlastnosti. V interiéru jsou opět využívána tam, kde dochází k namáhání (vlhkost, teplota atd.). Také jsou využívána pro lepení dvou různých materiálů, jako je dřevo a pryž, plast a kov nebo tepelně upravené dřevo a dřevo. (SEDLIAČIK M. A SEDLIAČIK J., 1998; BOONSTRA ET AL. 2008)

Jsou to lepidla, mezi jejichž kladné vlastnosti patří zejména pevné a pružné spojení, které velmi dobře snáší dynamické namáhání. Důležitým aspektem při používání tohoto lepidla je i výborná odolnost lepidla vůči studené či vroucí vodě a vůči vysokým teplotám okolo 200 °C. (KRÁL P. 2015)

Záporem tohoto typu lepidla, které odrazuje od používání mnoho potenciálních uživatelů, je poměrně vysoká cena, poměrně náročné čištění nanášecího a lisovacího zařízení a v některých případech složitější aplikace. Díky rychlé reakci lepidla s kůží může docházet k podráždění, či k jiným zdravotním problémům. (SEDLIAČIK M. A SEDLIAČIK J., 1998; LITTORIN ET AL. 2000)

Polyvinylacetátová lepidla (PVAc)

Polyvinylacetátová lepidla (PVAc) jsou připravována z acetylenu a kyseliny octové při spolupůsobení rtuťnaté soli. Mají polární charakter, díky kterému dochází k vytvoření pevných adhezních spojů. PVAc disperze vytvrzují fyzikálně při normální teplotě – voda z disperze přechází do dřeva, lepidlo se koncentruje a gelovává. Minimální filmotvorná teplota (MFT) je 13 °C a vyšší. MFT je teplota, při které se tvoří pevný a souvislý lepidlový film. Pokud lepidlo zasychá pod touto teplotou, nevytváří se pevný lepidlový spoj. Poskytují bezbarevné spoje, které jsou odolné proti mikroorganismům, ale málo odolné proti vodě. Nános se pohybuje mezi 100 a 400 g.m⁻² (KRÁL 2011).

Jejich využití je především ve výrobě nábytku při montáži kolíkových spojů, lepení spárovek, lepení dřevotřískových desek (DTD) na tupou spáru, výrobu hraček, lepení papíru na dřevo a polyuretanové (PUR) pěny na dřevo. Mezi hlavní výhody patří dobrá smyková pevnost spoje, lepený spoj je pevnější, než dřevo samotné. Mezi nevýhody patří nízká voděodolnost lepeného spoje a nízká odolnost proti zvýšené relativní vlhkosti vzduchu.

Vlastní autorovy zkušenosti s navrhováním konstrukce sendviče stavebnicových dveří

V roce 2009 jsem zavedl výrobu izolačních kompozitních materiálů na bázi dřeva. Jeden z těchto produktů byl i polotovar na výrobu vchodových dveří a to v tloušťkách 68, 78 a 92. později jsem tento produkt ještě zdokonalil a to do podoby stavebnice vchodových dveří, to znamená kompletně opracované dveřní křídlo, kompletně opracovaná zárubeň a zvýhodněná sada kování. Když jsem tuto výrobu zaváděl, tak jsem se snažil, abych v takto vyráběném polotovaru obsáhl veškeré požadavky trhu a i konkrétních zákazníků na produkt vchodových dveří.

Nebylo to jen o konečném designu vchodových dveří, ale i o jejich vlastnostech jako například součinitel prostupu tepla, zvuková neprůzvučnost, tuhost a stabilita a v neposlední řadě díky dobré volbě vhodného kování i vysoký uživatelský komfort jako je například vstup na otisk prstu, čtečku karet, bluetooth apod.

Na základě požadavku z trhu jsem dostal podnět k tomu, abych se pokusil tuto již námi vyráběnou stavebnici vchodových dveří doplnit vhodnými materiály a certifikovat i jako protipožární vchodové dveře. Po průzkumu trhu jsme došli k závěru, že se tento produkt pokusíme vyrobit dle platné legislativy, ale přitom, aby splňoval i požadavky zákazníků například co se týká tepelně izolačních vlastností.

4 Materiál a metodika

4.1 Materiál použitý na konstrukci

Varianta 1 – Plné sendvičové dveřní křídlo

Překližka – Jedná se o 9 mm překližku s okrasnou smrkovou dýhou s reprodukovatelnou texturou. Tato překližka o tloušťce 9 mm je pětivrstvá (obr. 5) s tím, že nosič je třívrstvý navzájem na sebe s kolmými vlákny a je tvořen z loupané dýhy z dřeviny Ayous – těžba v západní Africe. Má bělové dřevo nažloutle bílé od jádra sotva rozlišitelné. Textura – stejnoměrná, fládrovaná (tangenciální řez), často vlivem střídavé točitosti nepravidelně pruhovaná, velmi vzácně úzce pruhovaná. Případně může být nosič z Ceiba – těžba v západní Africe. Bělové a jádrové dřevo je stěží rozlišitelné, špinavě bílé a nažloutle šedé, později také šedohnědé. Vrchní okrasná dýha je v tomto případě, jak jsem již zmiňoval, smrková s reprodukovatelnou texturou a jako protitah je použita většinou krájená sesazenka horší kvality a to z buku. Tato použitá překližka je vodovzdorná.



Obr. 5: Překližka s okrasnou smrkovou dýhou s reprodukovatelnou texturou

Nosný smrkový hranol – pro vchodové dveře o tloušťce 68 mm se v případě použití 9 mm překližky používá nosný hranol o tloušťce 50 mm (obr. 6) a šíři 140 mm, délka jednotlivých hranolů (vodorovné a svislé vlysy), vychází z požadované délky a šířky podle jednotlivé zakázky. Použitý hranol byl smrkový o vlhkosti 10 ± 2 %. Z důvodu co největší stability je hranol šířkově a i délkově napojovaný s tím, že z naší strany je požadováno, aby prvních 60 mm hranolu bylo pohledových a zbytek, tedy 80 mm, může být v defektní zóně. Používaný hranol je lepen lepidlem Rakool GXL 4 – jednosložkové D – 4 lepidlo s vynikající

voděodolností. Smrkové dřevo má velice široké použití, je nejdůležitější stavební, a konstrukční dřevo a to jak v podobě masivního dřeva, tak v podobě lepených lamel, používají ho tesaři, truhláři, ve vybavení interiérů, jako bednění, na obklady, na výrobu oken a dveří, na výrobu beden a palet, na výrobu nábytku a na výrobu hudebních nástrojů. Smrkové dřevo je základní surovinou pro výrobu celulózy a ve formě štěpky se používá pro výrobu dřevěných desek. Velmi je rozšířené jeho použití pro energetické účely. Piliny a hobliny se zpracovávají na brikety nebo pelety určené také pro energetické účely.



Obr. 6: Nosný smrkový hranol

Grenamat AL - je nehořlavá deska vyrobená z expandovaného vermikulitu a anorganického pojiva (obr.7). Neobsahuje žádná minerální či skleněná vlákna nebo azbest. Je ekologicky nezávadná a odolává vysokým teplotám až do 1200 °C. Desky vykazují velmi dobré zvukové a tepelně izolační vlastnosti. Reakce na oheň samotné desky bez povrchové úpravy dle ČSN EN 13501-1, třída A1. Reakce na oheň Grenamat AL s povrchem CPL nebo dýhou dle ČSN EN 13501-1, třída A2 - s1,d0 Výhodou vermikulitové desky je její jednoduchá opracovatelnost běžnými dřevoobráběcími nástroji a možnost snadné povrchové úpravy.

Nehořlavá deska Grenamat AL se používá k ochraně stavebních konstrukcí před požárem - protipožární příčky, předsazené stěny, ochrana ocelových konstrukcí, vzduchotechnického potrubí, potrubí pro odvod kouře a tepla, kouřové zástěny, ochrana karbonových lamel, obklady stěn v únikových prostorách, požární obklady výtahových a instalačních šachet, zvyšování požárních odolností stávajících konstrukcí...

Na speciální konstrukce: výplně ocelových požárních uzávěrů, výplně stěn trezorů a trezorových skříní. Deska Grenamat AL je zároveň odzkoušena spolu s povrchovými úpravami folií CPL a přírodní dýhou.



Obr. 7: Deska Grenamat AL

Rockwool Steprock HD - polotuhá deska z kamenné vlny (minerální plsti) pojené organickou pryskyřicí, v celém objemu hydrofobizovaná (obr. 8). Vlastnosti kamenné vlny Rockwool - Tepelně izolační schopnosti. Nehořlavost – ochrana proti šíření plamene a požáru. Zvuková pohltivost. Vodoodpudivost a odolnost proti vlhkosti – deska je v celém objemu hydrofobizovaná. Paropropustnost. Rozměrová stálost. Ve zkoušeném vzorku byla izolace Steprock HD o síle 30 mm.



Obr. 8: Rockwool steprock HD

Lepidlo – vzhledem k tomu, že je výběr lepidla velmi důležitý, bylo nutno provést testy a porovnat kvalitu lepení lepidel:

RAKOLL® - ECO D3 – jedná se o jednosložkové PVAc lepidlo. Vhodná teplota pro zpracování je 20 ± 2 °C. Vhodná vlhkost dřeva pro vnitřní použití je 8 ± 2 %. Velikost nánosu je $150 - 200 \text{ g/m}^2$, lisovací tlak $0,15 - 0,3 \text{ N/mm}^2$, lisovací čas cca 20 minut.

KLEIBERIT 300 - průmyslové lepidlo na bázi PVAc disperze pro vodovzdorné spoje podle DIN EN 204, kvalita spoje D3. Mezi vlastnosti lepeného spoje patří vysoká pevnost, elastický a bezbarvý spoj, hustota cca $1,10 \text{ g/cm}^3$, otevřená doba 6 - 10 minut. Vhodná teplota pro zpracování je $18 - 20$ °C. Vhodná vlhkost dřeva pro vnitřní použití je 8 - 10 %, pro venkovní 10 - 14 %. Velikost nánosu je $100 - 130 \text{ g/m}^2$ při dýchování a $150 - 200 \text{ g/m}^2$ při lepení masivu. Dle DIN EN 204 je konečná odolnost dosažena po 7 dnech. Lepidlo je vhodné pro dýchování, lepení tvrdých a exotických dřevin, například ve schodišti, plošné lepení panelů a stěn, lepení dveří a oken.

NEOPUR 2238RR – je vlhkostí vytvrzující jednosložkové polyuretanové lepidlo bez plniv a rozpouštědel. Toto lepidlo se aplikuje pouze na jednu lepenou plochu a to v rovnoměrné vrstvě. Doba lisování a konečného vytvrzení závisí na vlhkosti materiálu a prostředí. Lepený povrch musí být suchý, bez prachu a mastnoty. Během vytvrzování musí být obě plochy v neustálém kontaktu. V případě potřeby lze některé lepené plochy i předem zdrsnit, případně použít speciální materiály, které zvýší adhezi lepidla.

Eurohranol – na výrobu zárubně byl použit standardně dostupný eurohranol a to smrkový délkově napojovaný. Zkoušky probíhaly na profilu stavební hloubky 68 mm, což znamená, že pro výrobu byl použit standardizovaný eurohranol v rozměru $72 \times 86 \times 6000 \text{ mm}$. I na tomto eurohranolu jde při jeho výrobě pracovat s defektní zónou. Tento hranol je lepen ze tří lamel o síle 24 mm lepidlem Rakollit 280+ Rakollit WS 1I. Jedná se o lepidlo na bázi disperze – isokyanát pro voděodolné lepení. Toto lepidlo je dvousložkové na bázi vodní umělopryskyřičné disperze ve spojení s izokyanátem jako zesíťovadlem. Z tohoto hranolu se kalibrací a následným obráběním docílí finální rozměr zárubně $68 \times 82 \text{ mm}$ x příslušná délka (obr. 10)



Obr. 10: Opracovaná zárubeň 68 x 82 mm

Kování - bylo použito dveřní kování Roto Door Safe, Tandeo C 600 ovládané cylindrickou vložkou. Tento zámkový systém dveře automaticky ve více bodech bez uzamčení zablokuje. Jedná se o komfortní řešení s automatickou bezpečností. Mechanický automat s řešením 2 v 1 zajistí, že pouhým zavřením dveří dochází k aktivaci systému uzamknutí. Roto Door Safe Tandeo je určeno pro vstupní dveře ze dřeva, plastu i hliníku, seřizovatelné uzávěry je možné přizpůsobit v rámci polohy uzamykacích prvků, přičemž hlavní zámek s otočnou střílkou lze použít jak pro levé, tak pro pravé dveřní křídlo. Roto Door Safe Tandeo se zcela novou mechanikou, bez nutnosti použití drahé elektroniky a nákladných montážních opatření je naprosto komfortní vícebodový dveřní zámek. Tento zámek byl použit ve standardním provedení, to znamená bez speciálních úprav pro protipožární dveře.

Dále byly použity tři rámové uzávěry a to jeden hlavní, který se podle polarizace dveří používá levý, nebo pravý. Tento hlavní rámový protikus je seřiditelný a byla u něj provedena speciální úprava a to taková, že jsme slitinovou misku nahradili ocelovou. Vedlejší rámové uzávěry jsou taktéž seřiditelné a byly použity standardní bez speciálních úprav pro protipožární dveře.

Všechny tyto prvky dveřního kování Roto Door Safe mají nadčasovou povrchovou úpravu Roto Sil Nano. Jedná se o povrchovou úpravu Nano technologií.

Dveřní závěsy – EASY 3D pro dřevěné vchodové dveře. Jedná se o seřiditelné zafrézovatelné závěsy EASY 3D pro dřevěné vchodové dveře vyhovující nejvyšším požadavkům na techniku, estetiku a komfort. Jsou testovány pro zatížení až 150 kg. Umožňují v uzavřeném

stavu jednoduché seřízení pouze jedním imbusovým klíčem. EASY 3D jsou díky speciálním pouzdrům bezúdržbové a zaručují trvale lehký chod, tím navíc odpadají náročné údržbářské práce. Na základě svojí symetrie se závěs může montovat na pravé i levé dveře s falcovým těsněním nebo bez něho. Čtyři různá vyhotovení dveří se tak dají uskutečnit s jedním jediným závěsem. Součástí závěsu je pojistka proti vysazení.

Samozavírač - Dveřní zavírač DC310 Meroni s nastavením velikosti zavírače regulačním šroubem

Zámková vložka ISEO GERA – F6 oboustranná bezpečnostní 6-ti stavítková vložka ve standardní povrchové úpravě nikl s překrytým profilem. ČSN P ENV 1627:2000 odolná proti vyhmátání, identifikační karta . Bezpečnostní třída 3.

Práh BKV Eifel T – tvoří spolu s doplňky ucelený systém komplexně řešící estetickou, technickou i montážní problematiku dveřních prahů.

- Bezbariérové provedení podle DIN 18025
- Odolné proti nárazovému dešti, zkoušeno v ift Rosenheim
- Průběh izotermy, ve shodě s DIN 4108-4
- Skryté šroubování
- Výška prahu 20 mm

Připojovací spára – připojovací spára byla taktéž součástí zkoušky a byla řešena ve smyslu normy ČSN 74 60 77. Kotvení bylo prováděno na turbošrouby. Na zpevnění povrchu ostění byla použita penetrace AT 140 Illbruck. Tato penetrace se provádí pouze pod silikon FS 703 Illbruck. Samotná připojovací spára byla řešena ve složení :

FS 703 protipožární silikon Illbruck	15x10 mm
FF 197 protipožární polyuretanová pěna Illbruck	15x48 mm
FS 703 protipožární silikon Illbruck	15x10 mm

Toto třístupňové utěsnění připojovací spáry je plně v souladu s principy a požadavky výše citované normy ČSN 74 60 77.

Varianta 2 – Prosklené sendvičové dveřní křídlo

V tomto druhém vzorku byly použity stejné druhy materiálů jako ve zkoušené variantě 1. Pouze zde byl nahrazen Grenamat AL jiným materiálem a to kompozitním materiálem na bázi dřeva v podobě topolové překližky.

Topolová překližka – jedná se o sedmivrstvou topolovou překližku o tloušťce 10 mm (obr. 11) s tím, že i vrchní okrasná dýha je z loupané topolové překližky. Hranice většinou širokých letokruhů jsou označeny tenkým proužkem letního dřeva. Počet a velikost pórů se v letokruhu téměř nemění a tak se jarní a letní dřevo v podstatě nedá rozlišit. Jedná se o velmi homogenní dřevo, které má slabou texturu. Na podélných řezech jsou póry zřetelné jako jemné vlasové trhliny. Topol je velmi lehká (410 kg/m^3) a velmi měkká (tvrdost podle Brinella 10-11 N/mm^2) dřevina. Nechá se dobře opracovávat, ale vzhledem k vysokému podílu reakčního dřeva vzniká při hoblování vlnitý povrch.



Obr. 11: Topolová loupaná sedmivrstvá překližka

Další změnou oproti variantě 1 plným sendvičovým dveřím bylo to, že jsme u prosklených sendvičových dveří použili jinou cylindrickou vložku Wilka.

Zámková vložka Wilka – bezpečnostní 6-ti stavítková vložka ve standardní povrchové úpravě nikl. První stavítko z tvrzené oceli s ochranou proti odvrtání. Pro použití v protipožárních dveřích. ČSN PENV 1627:2000 odolná proti vyhmatání. Bezpečnostní třída 3.

Protipožární sklo – Pyrobel 17 N EG – výrobce AGC, toto sklo je v celkové tloušťce 21,6 mm +/- 1,8 mm. Pyrobel je laminované sklo s čirými napěňujícími mezivrstvami, které splňuje kritéria celistvosti a omezení tepelného toku (EW) nebo plné izolace (EI). V případě požáru

mezivrstvy expandují a transformují se v pevný, neprůhledný a tepelně izolující protipožární štít.

4.2. Metodika testování vlastností

4.2.1 Stanovení kvality lepení smykovou zkouškou zkušebních vzorků

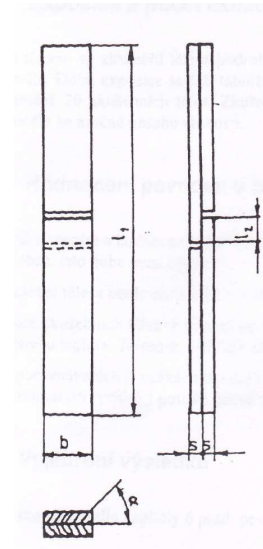
Pevnost lepených spojů byla testována podle ČSN EN 205. Metoda je vhodná pro lepidla pro nekonstrukční aplikace. Smyková pevnost lepení je stanovena působením podélné tahové síly na jednoduchý přeplátovaný spoj s tenkou, okolo 0,1 mm silnou vrstvou lepidla (nános $160 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$). Metoda není vhodná při výrobě dřevotřísek a vláknitých desek. Metody této zkoušky jsou vhodné k následujícímu použití:

- pro stanovení použitelnosti a kvality lepidel na dřevo a dřevité materiály,
- k zařazení těchto lepidel do tříd trvanlivosti D1 až D4 podle ČSN EN 204 (lepidla z termoplastů) a C1 až C4 dle ČSN EN 12765 (lepidla z reaktoplastů),
- k vyhodnocení vlivů na lepivost vyplývajících z výběru podmínek při lepení, z různého kondicionování a z manipulace se zkušebními tělesy před a po slepení (různé způsoby kondicionování, manipulace se vzorky atd.)
- ke zjištění pevnosti lepených spojů u tenkých nebo silných vrstev lepidla.

Zkouška měla následující průběh:

- 1) byl připraven materiál z bukového dřeva (*Fagus sylvatica* L.) s rovnými vlákny s hustotou $(700\pm 50) \text{ kg}/\text{m}^3$, ten se kondicionuje buď při $(23\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}; 50\pm 5 \text{ \%}$ relativní vlhkosti vzduchu) nebo při $(20\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}; 65\pm 5 \text{ \%}$ relativní vlhkosti vzduchu),
- 2) následovalo lepení přířezů – přitom se muselo dbát podmínek stanovených výrobcem lepidla a také musí být úhel mezi letokruhy a lepenou spáru v rozmezí od 30° do 90° ,
- 3) slepené panely následně poslouží jako materiál pro výrobu zkušebních vzorků (obr. 12) o délce $(150\pm 5) \text{ mm}$, šířce $(20\pm 0,2) \text{ mm}$ a tloušťce $(10\pm 0,2) \text{ mm}$; poté se na zkušebním tělese vytvoří zářezy o šířce $(2,5\pm 0,5) \text{ mm}$ kolmo ke směru vláken, tak aby přelep o délce $(10,0\pm 0,2) \text{ mm}$ byl umístěn ve střední oblasti; řezy mají oddělit

vrstvy dřeva a proříznout vrstvu lepidla; do druhé části spoje by měl zářez proniknout jen minimálně,



Obr. 12: Schéma zkušební vzorku pro stanovení podélné smykové pevnosti lepení podle ČSN EN 205

- 4) zkušební vzorky následně byly klimatizovány při teplotě (20 ± 2) °C a relativní vlhkosti $(65\pm 5)\%$. Zkušební tělesa byla zkoušena bezprostředně po ukončení klimatizace, aby už nedocházelo ke změně vlhkosti,
- 5) zkušební tělesa se po klimatizaci zkoušela na trhacím stroji při rychlosti 6-12 mm/min, dokud nedošlo k jejich porušení, přičemž byla zjišťována nejvyšší vynaložená síla F_{max} v (N),
- 6) posledním krokem bylo stanovení smykové pevnosti v N/mm^2 , vyhodnocení porušení povrchu dřeva, pokud je to požadováno zařazení lepidla do tříd trvanlivosti podle ČSN EN 204.

Po ukončení zkoušky je proveden výpočet maximální pevnosti lepeného spoje T v $N\cdot mm^{-2}$ podle vzorce:

$$T = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{l_2 \times b} \quad [N\cdot mm^{-2}],$$

F_{max} - nejvyšší síla [N],

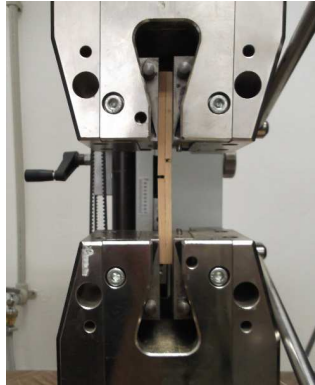
A - slepená zkušební plocha [mm^2],

l - délka slepené zkušební plochy [mm],

b - šířka slepené plochy [mm].

Měření vzorků dle ČSN EN 205 se provádělo na pracovišti Ústavu nauky o dřevě v Útěchově na univerzálním zkušebním stroji Zwick Z050 s mechanickým pohybem horního

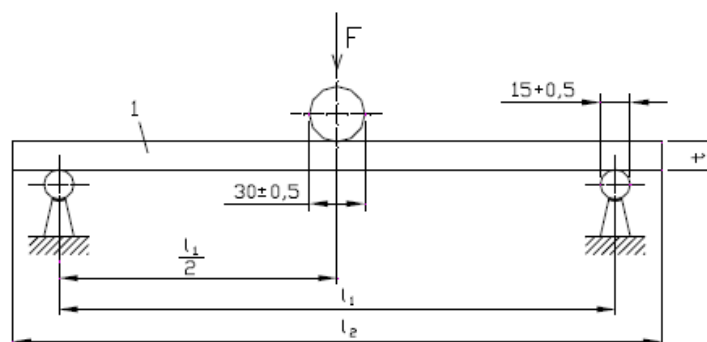
příčnicku. Tento stroj je určen k provádění zkoušek na tah, tlak, ohyb a smyk. Při zkoušce ČSN EN 205 se stroj opatřil čelistmi, do kterých se upínaly zkušební vzorky (obr. 13). K příslušenství zkušebního stroje patří počítač s ovládacím softwarem TestXpert V11.02 vyvinutý společností Zwick/Roell.



Obr.13: Upínání vzorků ve zkušebním stroji Zwick Z050

4.2.2 Zjišťování pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu

Zkouška měření ohybových vlastností byla provedena podle normy EN 310 - Desky ze dřeva, stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu. Metoda je založena na ohybové zkoušce zkušebních vzorků. Vzorek se umístí na 2 podpěry a uprostřed se zatíží osamělým břemenem (obr. 14). Vzdálenost podpěr je dána délkou vzorku. Pevnost v ohybu zkušebních vzorků je vypočtena jako podíl ohybového momentu M při největším zatížení zkušební vzorku F_{\max} k momentu celého průřezu.



Obr. 14: Schéma principu zkoušky ohybu podle ČSN EN 310
 1 - zkušební těleso, F - zatížení, t - tloušťka zkušební vzorku, $l_2 = l_1 = 50$

Získání zkušebních vzorků bylo znovu provedeno podle normy EN 326-1. Šířka b desky musí být 50 mm. Délka l musí být 20násobkem tloušťky desky zvětšeným o nadmíru 50 mm. Měření byla provedena na univerzálním zkušebním stroji Zwick Z050 v Útěchově (obr. 15). Každý vzorek byl před vložením do zkušebního stroje přeměřen posuvným měřítkem a zvážen.



Obr. 15: Univerzální zkušební stroj Zwick Z050

Postup zkoušky:

Zkušební těleso se položí na podpěry tak, aby jeho podélná osa byla kolmá na osu podpěr a jeho příčná osa ležela v rovině ohybové hlavy. Podélná osa každého vzorku musí být ve středu šířky podpěr. Zatížení se provádí při konstantní rychlosti posuvu. Změřený průhyb každého vzorku je zaznamenán v grafu. Zkoušky byly provedeny na dvou skupinách těles, přičemž polovina z nich byla lícovou stranou nahoru a druhá polovina lícovou stranou dolů. Pro každou skupinu těles bylo využito 15 zkušebních vzorků.

Výpočet pevnosti v ohybu je dán vzorcem:

$$\sigma_{max} = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l_1}{2 \cdot b \cdot l_2} \text{ [N.mm}^{-2}\text{]}$$

σ_{max} mez pevnosti v ohybu (N.mm⁻²)

F_{max} zatížení zkušebního vzorku v době porušení (N)

l_1 vzdálenost podpěr (mm)

b šířka zkušebního vzorku (mm)

t tloušťka zkušebního vzorku (mm)

Výpočet pružnosti v ohybu je dán vzorcem:

$$E_m = \frac{l_1^3 * (F_2 - F_1)}{4 * b * t^3 * (a_2 - a_1)} \text{ [N.mm}^{-2}\text{]},$$

E_m mez pružnosti v ohybu (N.mm⁻²)

l₁ vzdálenost středy podpěr (mm)

b šířka zkušebního tělesa (mm)

t tloušťka zkušebního tělesa (mm)

F₁, F₂ (mm) přírůstek zatížení v přímkové části grafu křivky

a₁, a₂ přírůstek průhybu zkušebního tělesa ve středu vzdálenosti podpěr (v působení zatížení)

Pevnost a pružnost v ohybu každé skupiny zkušebních vzorků odebraných ze vzorkové desky je aritmetickým průměrem pevnosti odpovídajících zkušebních těles.

4.2.3 Zjišťování vlhkosti

Vlhkost byla měřena v souladu s normou EN 322 - Desky ze dřeva - měření vlhkosti. Tato metoda je určena ke zjištění ztráty hmotnosti vlivem sušení v sušárně, vzorky bylo nutné opakovaně vážit. Rozřezání vzorků a jejich odběr byl proveden dle normy EN 326-1. Zkušební tělesa musí mít minimální počáteční hmotnost 20 g a musí být očištěna od třísek a pilin. K výpočtu vlhkosti zkušebních vzorků slouží tento vzorec:

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} * 100 \text{ [%]}$$

m_H hmotnost zkušebního vzorku při prvním vážení po odběru vzorků (g)

m₀ hmotnost zkušebních vzorků při posledním vážení po vysušení (g)

Po celou dobu od rozřezání desky po vložení do sušárny byly vzorky ve stejném prostředí v budově dílen. Před vložení do sušárny byly vzorky zváženy. Teplota sušárny byla nastavena na 103 °C. První vážení bylo provedeno po 24 hodinách, další po 18 hodinách a pak ještě dvě vážení po 6 hodinách, dokud nebylo dosaženo stejné hmotnosti s dovolenou odchylkou vážení 0,01 g. Konstantní hmotnost je totiž dosažena, když se výsledky dvou měření v intervalu 6 hodin od sebe vzájemně neliší o více než 0,1 % hmotnosti zkušebního vzorku. Nakonec jsem provedl výpočet podle normy EN 322, která obsahuje již zmíněný vzorec.

4.2.4 Zkouška odolnosti proti padající kuličce

Zkouška byla provedena podle BS 3962:část 6:1980. Princip je založen na tom, že kulička shazovaná z testované výšky dopadá na testovaný povrch. Hodnotí se poškození povrchu po dopadu kuličky. Pro testování nábytkových ploch se užívá ocelové kuličky o průměru 19,1 mm. Tomu odpovídá testovaná výška 2 m. K testování podlah se užívá ocelové kuličky o průměru 40 mm. Tentokrát činí dosahovaná výška 1 m.



Obr. 16: Zkušební ocelové kuličky o průměru 19,1 mm a 40 mm

Stupeň poškození povrchu pomocí dopadající kuličky ukazuje tab. 1:

Popis poškození	Číselný stupeň
Povrch nepopraskán a nepoškozen	5
Nepatrně popraskán, jeden nebo dva druhy na konci plochy vtlačení	4
Místa nebo několik prasklin umístěných v oblasti vtlačení	3
Popraskání sahající ven z měřené oblasti vtlačení anebo nepatrné odlupování nátěrového filmu	2
Více než 25 % nátěrového filmu je odstraněno z vyhodnocované oblasti	1

Tab. 1: Stupeň poškození povrchu pomocí dopadající kuličky

Odebral jsem 5 vzorků ze zkušební desky. Zkouška kuličkou o velkém průměru byla provedena na vzorcích o rozměrech 150 × 150 mm, zkouška kuličkou malého průměru se provedla na zbytku plochy povrchu vzorku.

4.2.5. Požární bezpečnost staveb - Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí dle ČSN EN 73 0810

Tato norma upřesňuje požadavky na stavební výrobky a stavební konstrukce, popřípadě na požárně bezpečnostní zařízení ve vztahu k ČSN 73 0802 (Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty), ČSN 73 0804 (Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty) a k navazujícím normám, podle nichž je navrhovaná požární bezpečnost stavebních a technologických objektů v ČR.

Požární odolnost konstrukcí – všeobecně. Požární odolností stavebních konstrukcí je souhrně vyjádřena schopnost konstrukcí odolávat účinkům požáru a zachovat svou nosnost, celistvost a izolační schopnost. Požadavky na požární odolnost konstrukcí ve vztahu k požárnímu riziku požárních úseků stanoví normy řady 73 08 ..

Požadavky na stavební výrobky a konstrukce staveb se stanovují podle norem ČSN 73 08.. . Doby požární odolnosti konstrukcí jsou určeny stupnicí 15, 30, 45, 60, 90, 120 a 180 minut.

Požární uzávěry – požární odolnost požárních uzávěrů ve stěnách a ve stropích s požárně dělící funkcí, ústících do chráněných únikových cest se hodnotí podle ČSN EN 13501 – 2:2008. Kritérium vlastnosti je celistvost a izolace (EI), dalším kritériem dle této citované normy je celistvost a radiace (EW).

Za požární uzávěry se považují otevíratelné plochy stěn či stropů s požárně dělící funkcí, bez ohledu na použitý materiál a druh konstrukce (za požární uzávěr se nepovažuje např. neotvíratelná zasklená plocha stěny, i když je stavebně označena jako neotvíratelné okno).

Požární uzávěry otvorů musí být při požáru uzavřeny. Jsou-li vybaveny samozavíracím zařízením, musí toto zařízení zajistit správné a funkční uzavření všech otevíratelných částí.

Požární uzávěry (jakož i dveře – uzávěry bez požární odolnosti) vyskytující se na únikových cestách musí mít ve směru úniku osob kování, které umožní po vyhlášení poplachu (nebo po jinak vzniklém ohrožení) otevření uzávěru ručně či samočinně (bez užití jakýchkoli nástrojů), ať již uzávěr je zamčený, zablokovaný, či jinak zajištěný proti vloupání.

Další požadavky na užití jednotlivých požárních uzávěrů stanoví ČSN 73 0802, ČSN 73 0804 a navazující požární normy. Požární uzávěry jsou součástí požárně dělících konstrukcí bránících šíření požáru mimo požární úsek, a proto v případě požáru nesmí být otevřené a vždy musí umožnit předpokládanou evakuaci osob. Za požárně nepřijatelná řešení se považují varianty, které nezaručují požadovanou funkční ovladatelnost požárních uzávěrů, např. krabička s klíčem u požárních dveří nebo uzavření požárních dveří pomocí řetízku, visacích zámků apod. K zajištění bezpečné evakuace musí být proto jakékoli dveře nacházející se na cestách, kterými unikají osoby z požárních úseků a z objektu, otevíratelné bez užití jakýchkoli nástrojů. Požární uzávěry, které nejsou používány při evakuaci osob (např. požární uzávěry otvorů instalačních šachet), mohou zůstat zamčené.

4.2.6 Zkoušení požární odolnosti a kouřetěsnosti sestav dveří, vrat, uzávěrů, otevíravých oken a prvků stavebního kování dle ČSN EN 1634-1

Tato evropská norma stanoví metodu pro určení požárních odolností dveří, vrat, uzávěrů a otevíravých oken určených k osazení do otvorů ve svislých dělících prvcích, jak jsou:

- a) otočné dveře se závěsy nebo čepy
- b) vodorovně a svisle posuvné dveře a vrata včetně kloubových posuvných dveří, vrat a sekčních dveří a vrat
- c) skládací, posuvné skládací dveře, vrata a uzávěry
- d) vyklápěcí dveře
- e) svinovací dveře
- f) otevíravá okna
- g) ovladatelné tkaninové závěsy

Po předchozí dohodě se zadavatelem zkoušky se mohou získat doplňující informace pro jednotlivé prvky stavebního kování za účelem splnění kritérií chování uvedených v EN

1634-2. Na základě pozorování zaznamenaných během zkoušky mohou být výsledky prezentovány v samostatném protokolu, který má být v souladu s požadavky EN 1634-2.

Dveřní nebo uzávěrová sestava, dveřní komplet – dveře nebo vrata včetně jakékoliv zárubně nebo vodících prvků, dveřního křídla nebo křídel, svinovací nebo skládací zástěny atd., která jsou určena pro uzavření trvalých otvorů v požárně dělících konstrukcích, zahrnuje jakýkoliv boční dílec (dílece), hladký nadedveřní dílec (dílece), příčník/poutec (příčníky) a nebo zasklení společně se stavebním kováním a jakýmkoliv těsněním (ať již je určeno pro účely požární odolnosti nebo kouřetěsnosti nebo pro jiné účely, jako je průvan nebo akustika).

Stavební kování – závěsy, kliky, zámky, panikové kování, výrobní štítky, adresní štítky, okopové plechy, posuvná zařízení, zavírací zařízení, elektrické součásti, vodiče atd., které jsou, nebo mohou být použité v dveřní sestavě.

Zkušební vzorek – dveřní sestava nebo otevíravé okno, které se má pro účely hodnocení osadit do normové nebo přidružené podpěrné konstrukce.

Velikost – zkušební vzorek a všechny jeho složky musí být ve skutečné velikosti, pokud nejsou omezeny rozměrem čelního otvoru v peci, který je obvykle 3 m x 3 m. Dveřní sestavy a otevíravá okna, které nemohou být zkoušeny ve skutečné velikosti, musí být zkoušeny v největší možné velikosti.

Ověření – objednatel zkoušky musí poskytnout dostatečně podrobnou specifikaci, aby zkušebna mohla vzorek před zkouškou detailně ověřit a vyslovit souhlas s přesností poskytnutých údajů (např. seznam částí a obrázky uvádějící materiály, dimenze, montážní a upevňovací postupy včetně prvků stavebního kování). EN 1363 – 1 uvádí podrobné pokyny k ověření zkušebního vzorku.

Jestliže způsob provedení vylučuje podrobné prověření vzorku bez jeho trvalého poškození, nebo jestliže se usoudí, že není následně možné zhodnotit konstrukční detaily z šetření po zkoušce, musí zkušebna zvolit jednu ze dvou následujících možností:

- a) zkušebna si vyžádá svou přítomnost při výrobě dveřní sestavy nebo otevíravého okna, která bude podrobena zkoušce, nebo
- b) objednatel zkoušky, podle uvážení zkušebny, se požádá o dodání dalšího zkušebního vzorku, nebo jeho části, kterou není možno ověřit (např. dveřního křídla) nad počet

požadovaný zkouškou. Zkušebna pak sama zvolí, která sestava bude podrobena zkoušce a která bude použita pro ověření konstrukce.

Instalace zkušebního vzorku – zkušební vzorek musí být instalován v co největší míře způsobem reprezentující praxi. Vzorek se osadí do podpěrné konstrukce, která odpovídá typu, v němž je předpoklad jeho používání. Konstrukce spoje mezi dveřní sestavou nebo otevíravým oknem a podpěrnou konstrukcí, včetně všech upevňovacích prostředků a materiálů vytvářejících spoj, musí odpovídat praxi a pokládá se za součást zkušebního vzorku. Zkušební vzorek se osadí do podpěrné konstrukce tak, aby lícoval s její ohřívanou stranou, pokud běžný montážní postup toto nevyklučuje. Zahřívání musí být vystavena celá plocha zkušebního vzorku včetně podpěrné konstrukce, která má alespoň minimální rozměry.

Podpěrná konstrukce musí být vestavěná do zkušebního rámu v souladu s EN 1363-1. Zkušební konstrukce může obsahovat více než jeden vzorek za předpokladu, že bude zajištěna minimální šířka 200 mm podpěrné konstrukce k vzájemnému oddělení zkušebních vzorků v tuhé podpěrné konstrukci, ale i v případě lehké nebo přidružené podpěrné konstrukce je minimální šířka 300 mm. Dále je požadováno minimální oddělení 200 mm mezi každým zkušebním vzorkem a stranami zkušebního rámu.

Je-li spodní okraj dveřní sestavy nebo otevíravého okna v praxi na úrovni podlahy, pak se v dolní části otvoru napodobí průběžnost podlahy pomocí celistvého nehořlavého tuhého materiálu, který má na každé straně sestavy šířku nejméně 200 mm od křídla nebo křídel na každou stranu zkušebního vzorku (tj. z ohřívané a neohřívané strany) a který má objemovou hmotnost alespoň 450 kg/m³. Podlahu pece lze pokládat za součást průběžnosti podlahy, pokud je v rovině se základnou zkušebního vzorku.

Termoelektrické články na neohřívané straně – obecně – nepožaduje-li se hodnocení dveřní sestavy nebo otevíravého okna nebo jakékoliv její části podle kritéria izolace, měření teploty se nepožaduje.

Požaduje-li se posouzení souladu s kritériem izolace, musí se připevnit na neohřívanou stranu dveřní sestavy termoelektrické články typu specifikovaného v EN 1363 – 1, aby bylo možno stanovit průměrné a maximální povrchové teploty. Pro křídla je

umístování vztaženo k části každého křídla viditelné z neohřívané strany. Musí se použít obecné zásady pro připevnění a vyloučení termoelektrických článků uvedené v EN 1363-1.

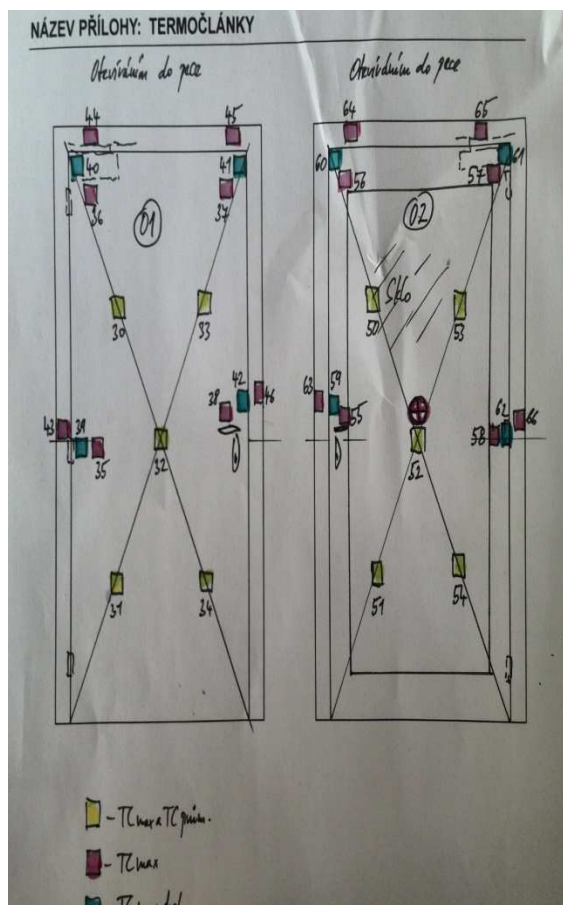
Teplota podpěrné konstrukce, v níž je osazen zkušební vzorek, se nemusí měřit, a proto se na ni nemusí připevňovat termoelektrické články. Žádný termoelektrický článek nesmí být umístěn blíže než 100 mm (nebo 50 mm pro hodnocení doplňkovým postupem) od středu kteréhokoliv prvku stavebního kování, které prochází dveřní sestavou nebo otevíravým oknem. Jestliže termoelektrický článek z důvodu těchto požadavků musí být umístěn jinde, potom ostatní omezení (např. vzdálenost od hrany křídla), musí být dodržena při stanovení nového umístění. Jestliže stejná situace nastane na zárubni, uplatní se obdobné řešení. To může vést k tomu, že některé termočlánky jsou umístěny na prvcích stavebního kování.

Rozmístí se pět termočlánků, jeden ve středu křídla a po jednom ve středu každé čtvrtiny. Nesmí být umístěny v žádném místě vyhrazeném pro měření maximální teploty (při normálním postupu) a nesmí být umístěny blíže než 50 mm od styku, výztuhy nebo průběžného prvku, ani blíže než 100 mm od kraje dveřního křídla nebo závěsu.

Teplota zárubně – termoelektrické články se připevňují :

- a) jeden do poloviny výšky každého svislého prvku
- b) jeden na horní příčel zárubně a na každou vodorovnou příčel (šířky > 12 mm), do poloviny její šířky (100 mm od spoje dveří u vícekřídlových dveří na straně základního křídla). Umístění termoelektrických článků ve svislém směru musí být symetrické k hranám
- c) jeden na horní příčel zárubně a na každou vodorovnou příčel (šířky > 12 mm), 50 mm od každého rohu zárubně, v místě okraje křídla. Umístění termoelektrických článků ve svislém směru musí být symetrické k hranám.

V každém místě musí být termoelektrické články připevněny co možná nejbližší k spoji zárubně a podpěrné konstrukce, tj. se středem kotoučku 20 mm od styku mezi zárubní a podpěrnou konstrukcí. Bez ohledu na to nesmí být vzdálenost těchto termoelektrických článků od vnitřní hrany zárubně větší než 100 mm. U zárubní jsou polohy vztaženy k části zárubně viditelné z neohřívané strany (obr. 17).



Obr. 17: Rozmístění termočlánků na obou zkoušených vzorcích

Deformace – musí se zajistit vhodné přístroje pro stanovení průběhu všech význačných posunů kolmých k ploše zkušební konstrukce během zkoušky. U následujících prvků jsou předpoklady, že u nich pravděpodobně dojde k význačným posunům:

- Dveřní křídlo nebo uzávěr otvoru vůči rámu (zárubni)
- Dvoukřídlová dveřní křídla nebo okenní sestava mezi aktivním a druhým křídlem
- Rám (zárubeň) vůči podpěrné konstrukci

Lehká a/ nebo přidružená podpěrná konstrukce. Principem měření je měření vůči výchozí srovnávací rovině. Interval mezi měřeními se volí tak, aby ukazoval průběh deformací během zkoušky. Vhodný způsob pro stanovení deformací zkušební konstrukce, včetně návrhů pro volbu vhodných intervalů mezi měřeními, je uveden v EN 1363-1. Měření deformací je povinný požadavek, i když s ním nejsou spojena žádná kritéria chování. Údaje vztahující se k relativní deformaci mezi prvky zkušebního vzorku, mezi zkušebním vzorkem a podpěrnou konstrukcí a k deformaci vlastní podpěrné konstrukce, mohou být důležité při stanovení oblasti rozšířené aplikace výsledků zkoušky.

Požární zkouška obecně – požární zkouška probíhá při užití zařízení a postupů podle EN 1363-1, v případě požadavků EN 1363-2

- Celistvost – sleduje-li se celistvost, nepoužívá se v úrovni podlahy měrka spár 6 mm tj. použije se pouze měrka spár 25 mm.
- Izolace – sleduje-li se izolace, nesmí se tam, kde nejsou dovoleny pevné termoelektrické články, používat ani mobilní termoelektrické články.
- Radiace – podrobnosti postupu pro hodnocení radiace jsou uvedeny v EN 1363 – 2

Vzrůst průměrné teploty – vzorek se hodnotí podle kritéria vzrůstu průměrné teploty specifikovaného v EN 1363-1. Posouzení se odvodí z teplot zaznamenaných na termoelektrických člancích.

Vzrůst maximální teploty (běžný postup – klasifikace I2 podle EN 13501-2). Vzorek se hodnotí podle kritéria vzrůstu maximální teploty specifikovaného v EN 1363-1 (180°C), s výjimkou případu, kdy limit pro vzrůst teploty na zárubni dveřní sestavy nebo otevíravého okna je 360°C. Posouzení se odvodí z teplot zaznamenaných na termoelektrických člancích a mobilním termoelektrickým článkem

Vzrůst maximální teploty (doplňkový postup – klasifikace I1 podle EN 13501-2) – vzorek se hodnotí podle kritéria vzrůstu maximální teploty specifikovaného v EN 1363-1. Posouzení se odvodí z teplot zaznamenaných na termoelektrických člancích a mobilním termoelektrickým článkem, s výhradou ustanovení sleduje-li se izolace = nesmí se tam, kde nejsou dovoleny pevné termoelektrické články, používat ani mobilní termoelektrické články.

Protokol o zkoušce – kromě bodů požadovaných EN 1363-1 musí být v portokolu o zkoušce obsaženo následující:

- a) prohlášení, že zkouška byla provedena v souladu s EN 1634-1,
- b) podrobnosti o tom, jak byl zkušební vzorek ověřen,
- c) případný odkaz na zvolenou normovou podpěrnou konstrukci,
- d) případný popis přidružené podpěrné konstrukce. Konstrukční detaily přidružené podpěrné konstrukce musí být ověřeny stejným způsobem a musí být stejně pečlivě popsány jako u zkušebního vzorku,
- e) údaje týkající se kondicionování podpěrné konstrukce s ohledem na možnosti, uvedené v příloze A ČSN EN 1634-1,

- f) případný popis podlahové krytiny, použité ve zkušební konstrukci,
- g) měření spár, velikost spár po obvodu a v rámci sestavy dveřního křídla,
- h) zavírací síly, včetně toho, zda byl zkušební vzorek během zkoušky zamčený, zaklapnutý nebo držený v uzavřené poloze uzavíracím zařízením,
- i) informace týkající se jakéhokoliv mechanického kondicionování zkušební vzorku,
- j) výsledky, vyjádřené dobou uběhlého času v celých minutách, mezi počátkem zkoušky a okamžikem porušení celistvosti. V případě požadavku časem porušení izolace při běžném, případně i doplňkovém postupu a v případě požadavku úplným průběhem radiace podle EN 1363-2, se výsledky uvedou u každého kritéria vlastností,
- k) v případech, kdy objednatel zkoušky požaduje, aby zkouška pokračovala i po prvním porušení, všechna ostatní porušení se rovněž zaznamenávají.

Oblast přímé aplikace výsledků zkoušek – oblast přímé aplikace stanovuje dovozené změny zkušební vzorku po úspěšné zkoušce požární odolnosti. Tyto varianty mohou být zavedeny automaticky bez toho, aby objednatel zkoušky musel žádat o další hodnocení, výpočet nebo schválení.

Materiály a konstrukce – pokud následující ustanovení nestanoví jinak, musí být materiály a konstrukce dveřní sestavy nebo otevíravého okna stejné jako byly odzkoušené. Počet křídel a způsob ovládání (např. posuvné, kyvné, jednostranně nebo oboustranně otevíravé) se nesmí měnit.

Dřevěné konstrukce – tloušťka dveřního křídla nebo křídel se nesmí zmenšit, ale může se zvětšit. Tloušťka a nebo objemová hmotnost dveřního panelu může být zvětšena za předpokladu, že celkové zvýšení hmotnosti není větší než 25%. U deskových výrobků na bázi dřeva (např. dřevotřískových desek, laťových desek atd.) se složení (tj. druh pryskyřičného pojiva) nesmí měnit oproti zkoušce. Objemová hmotnost se nesmí snížit, ale může se zvýšit. Průřezové rozměry a nebo objemová hmotnost dřevěných zárubní (včetně polodrážek) se nesmí snížit, ale mohou se zvýšit.

Zasklená konstrukce – typ zasklení a způsob upevnění okrajů včetně typu a počtu upevňovacích prostředků na metr obvodu se nesmí měnit oproti zkoušce. Počet zasklených otvorů a každý rozměr zasklení (šířka a výška) v každé tabuli, osazené ve zkušební vzorku, se může :

- Zmenšit úměrně se zmenšením rozměrů, nebo
- Zmenšit maximálně o 25%, avšak pouze u dveřních sestav, u kterých jsou splněny požadavky na celistvost a nebo u sestav splňujících požadavky radiace a u dveřních sestav splňujících kritérium izolace, přičemž teplota na neohřívaném povrchu na obou dveřních křídlech a zasklení musí vyhovovat po celou klasifikační dobu, nebo
- Redukovat s omezením, že celková plocha zkoušené tabule (tabulí) zasklení je menší než 15% dveřního křídla nebo plochy bočního/ nadpražního panelu.

Počet zasklených otvorů a každý rozměr zasklení v každé tabuli osazené ve zkušebním vzorku se nesmí zvětšit. Vzdálenost mezi okrajem zasklení a obvodem každého dveřního křídla nebo vzdálenost mezi zasklenými otvory se nesmí zmenšit oproti vzdálenostem ve zkušebním vzorku. Odlišné umístění zasklení ve dveřích může být upraveno pouze tehdy, jestliže to nemá za následek vyloučení nebo jinou polohu konstrukčních prvků vůči zasklení.

Stavební kování – počet závěsů a čepů může být zvýšen, avšak nesmí být snížen. Počet prostředků bránících pohybu, jako jsou zámky a střelky, není předmětem oblasti přímé aplikace. V případě, kdy dveřní sestava byla zkoušena s osazeným zavíracím zařízením, ale s uvolněnou zavírací silou, může být dveřní sestava provedena jak s, tak i bez tohoto zavíracího zařízení, tj. tam, kde je požadováno samozavírání.

Trvání zkoušky – dovolený rozsah rozměrových variant závisí na tom, zda požadovaná odolnost byla dosažena pouze v klasifikační době (kategorie A), nebo zda byla před ukončením zkoušky splněna požární odolnost v prodloužené klasifikační době (kategorie B) v souladu s hodnotami v tab 2.

Asymetrické sestavy – EN 1363-1 uvádí, že pro dělicí prvky, které mají být požárně odolné z obou stran, se zkouší dva vzorky (z každé strany jeden), pokud není prvek zcela symetrický, tj. konstrukce dveřní sestavy je stejná z obou stran při půdorysném pohledu (shora). V některých případech je však možno stanovit pravidla, podle nichž lze požární odolnost asymetrické dveřní sestavy zkoušené z jedné strany použít při požárním namáhání z druhé strany. Možnost tvorby takových pravidel se zvyšuje, je-li hodnocení omezeno na určité typy dveřních sestav a na aplikovatelná kritéria mezních stavů (např. pouze na celistvost dveří). Následující pravidla v tabulce 2 představují minimální úroveň obecné dohody, která se musí dodržet.

Klasifikační doba (min)	Všechna kritéria mezních stavů byla Splněna po dobu v minutách nejméně
15	18
20	24
30	36
45	52
60	68
90	100
120	132
180	196
240	260

Tab. 2: Kategorie B požadavky na prodlouženou klasifikační dobu

Specifická pravidla – pravidla, uvedená v tabulce 2, podle nichž se řídí aplikovatelnost zkoušek provedených v jednom směru na jiné směry, jsou založena na následujících předpokladech:

- Dvevní křídla jsou symetrické konstrukce s výjimkou okrajů (např. okraj na straně zámků, na straně závěsů, dveře s dvojitou polodrážkou).
- Veškeré omezující/podpěrné prvky stavebního kování byly předmětem zkoušky podle EN 1634-1 při expozici z obou stran při zachování jeho funkce při zkušebním tepelném namáhání.
- Nedochozí ke změně počtu křídel ani změně způsobu otevírání dveří (např. posuvné, kývavé, otočné, jednostranně nebo oboustranně otevíravé).
- Boční, nadpraží a nadsvětlíkové dílce jsou vyloučeny z tabulky 2, pokud nejsou zcela symetrické.

Tab. 3 uvádí typ dvevní sestavy, pro níž mohou být stanovena pravidla a určující směr, v kterém má být sestava zkoušena tak, aby zkouškou byl pokryt i opačný směr. Samostatné sloupce pro kritéria celistvosti a izolace vyjadřují různou způsobilost pro tvorbu pravidel vyhovujících pro dveře pouze s kritériem celistvosti, oproti těm, které vyhovují oběma kritériím. Značka „ANO“ znamená, že je možno určit směr zkoušky, který pokrývá i opačný směr. Značka „NE“ znamená, že není možno určit směr zkoušky, který pokrývá i opačný směr.

Dveřní sestava	Směr, ve kterém se má zkoušet Pro pokrytí i opačného směru	Celistvost	Izolace	Radiace
Otočné dveře se závěsy nebo čepy, dřevěné křídlo, dřevěná zárubeň	Otevírání do pece	ano	ano	ano
Otočné dveře se závěsy nebo čepy, dřevěné křídlo, kovová zárubeň (bez nadsvětlíku)	Otevírání do pece	ano	ne	ano
Otočné dveře se závěsy, kovové křídlo, kovová zárubeň (ne s čepy)	Otevírání ven z pece	ano	ne	ano
Svislé rolety	Válec a podpěrné komponenty na straně požáru	ano	ne	ne
Posuvné skládací dveře	Skládací/posuvné podpěrné prvky na straně požáru	ano	ne	ne
Ovladatelné tkaninové závěsy	Není možné definovat scénář			
Toto lze použít pouze pro dveře bez izolace v jádru a s omezením pohybu v místě přibližně v polovině výšky na straně závěsů				

Tab. 3: Typ dveřní sestavy a směr, ve kterém se má zkoušet pro pokrytí opačného směru

Požární odolnost dveřních sestav platí pouze pro dveřní sestavy osazené do přičky s požární odolností stejnou nebo větší, než má přička, v níž byly odzkoušeny. Požární odolnost přičky musí být určena samostatně dřívější zkouškou.

Specifická pravidla pro otočné dveřní sestavy se závěsy nebo čepy

- a) U dveřních křídel osazených v dřevěných zárubních lze výsledek zkoušky v tuhé normové podpěrné konstrukci aplikovat na tutéž dveřní sestavu osazenou v lehké montované konstrukci.
- b) U dřevěných dveřních křídel osazených v dřevěných zárubních lze výsledek zkoušky v lehké montované normové podpěrné konstrukci aplikovat na tutéž dveřní sestavu osazenou v tuhé konstrukci.
- c) U dřevěných dveřních křídel osazených v kovových zárubních lze výsledek zkoušky v lehké montované normové podpěrné konstrukci aplikovat na tutéž dveřní sestavu osazenou v tuhé konstrukci, nikoli však naopak.

d) U izolovaných kovových dveřních křídel zavěšených v kovových zárubních nelze výsledek zkoušky v tuhé normové podpěrné konstrukci aplikovat na lehké montované konstrukce nebo opačně. Pro možnost aplikace, jak v tuhých tak i lehkých montovaných konstrukcích, musí být zkoušky provedeny v každém typu normové podpěrné konstrukce

e) u neizolovaných kovových dveřních křídel lze výsledek zkoušky v tuhé normové podpěrné konstrukci aplikovat na dveřní sestavu osazenou v lehké montované konstrukci, nikoli však naopak.

Shora uvedená pravidla předpokládají, že způsob osazení použitý pro každý typ podpěrné konstrukce je pro tuto konstrukci vhodný. Například v případě a) musí být zkouška dřevěného dveřního křídla v dřevěné zárubni provedena s upevňovacími prostředky vhodnými pro dřevěné zárubně v tuhých konstrukcích. Výsledek lze aplikovat na dřevěné křídlo v dřevěné zárubni, osazené do lehké montované konstrukce s upevňovacími prostředky vhodnými pro dřevěné zárubně v lehkých montovaných konstrukcích.

Dřevěná křídla osazená v dřevěných zárubních – celistvost – vzájemné působení křídlo/zárubeň – protože dřevo se při hoření smršťuje, má strana křídla vystavená požáru snahu smršťovat se vůči opačné straně, v důsledku čehož se horní a dolní okraj dřevěného křídla přiklání směrem k požáru. Dveřní zárubeň se pokouší chovat podobně, ale protože je připevněna k podpěrné konstrukci, a protože je obecně z tlustšího a nebo většího dílu dřeva, a má proto vyšší tuhost, nemůže se zárubeň při zkoušce pohybovat tolik jako křídlo. Otevírají-li se dveře směrem k požáru, pak, jak je uvedeno výše, se horní a dolní okraj křídla pokouší prohnout směrem k požáru, a tedy od drážky zárubně. To umožňuje pronikání plamenů a horkých plynů z pece, podporované přetlakem v peci, čímž dochází k porušení celistvosti. Otevírají-li se dveře směrem od požáru, pak horní a dolní okraj se snaží prohnout směrem k požáru a směrem k drážce zárubně, což vede k lepšímu chování dveří.

Podpěrná konstrukce – tuhá podpěrná konstrukce, (jak je popsáno v EN 1363-1) má snahu zabránit jakémukoliv prohnutí dveřní zárubně, kdežto lehká montovaná podpěrná konstrukce (jak je uvedeno v EN 1363-1) se bude snažit prohnout dřevěnou zárubeň v opačném směru, než v jakém by se normálně prohýbala, jak je uvedeno výše. Protože však většina dřevěných sestav má zárubně s dostatečně velkým průřezem, aby se samy neprohýbaly, a jsou dostatečně pevné, aby odolávaly silám vyvolávaným lehkou montovanou podpěrnou

konstrukcí, je při posuzování slabší strany při zkoušce volba podpěrné konstrukce méně důležitá.

Izolační schopnost – převládajícím faktorem izolační schopnosti je skutečnost, že křídla a zárubně na bázi dřeva jsou přirozeně izolující, a proto se izolační schopnost nebude význačněji měnit se směrem otevírání křídla.

Shrnutí – při hodnocení dřevěného křídla osazeného v dřevěné zárubni je nejpřirozenější případ pro kritérium celistvosti zkouška s křídlem otevírajícím se směrem k požáru. Neexistuje zvlášť nepříznivý směr ve vztahu ke kritériu izolace. Vliv tuhé oproti montované podpěrné konstrukci není u tohoto typu dveřní sestavy nijak význačný. Z toho tedy vyplývá, že výsledek zkoušek v tuhých normových podpěrných konstrukcích lze aplikovat na lehké montované konstrukce a naopak.

4.3 Použitá zařízení

Univerzální zkušební stroj Zwick Z050 v Útěchově

Technické parametry:

Maximální zkušební síla: 50 kN

Rychlost příčnicku: 0,001 - 500 mm/min

Komunikační rozhraní: sériové

Základní vybavení stroje obsahuje dvě čelisti na tlak, tah a ohyb. Dále jsou součástí dva extenzometry a dvě měřidla na měření podél vláken.

Stroj je připojen k počítači a ovládaný pomocí softwaru Test Expert v 5.01.

Lze zde provádět zkoušky mechanických vlastností těmito způsoby namáhání:

tlak, tah, ohyb a smyk.

Digitální elektronická váha - Scaltec SBC 41

Technické parametry:

Třída přesnosti: II

Rozsah vážení: 410 g

Desetinná místa: 0,001 g

Průměr vážicí misky: 115 mm

Posuvné měřítko - Mitutoyo



Technické parametry:

Desetinná místa: 0,001 mm

Je to délkové měřidlo pro zjišťování rozměrů, které je připojeno k výpočetnímu zařízení.

Laboratorní sušárna Sanyo MOV

Technické parametry:

Vnitřní rozměry: 450 x 475 x 450 mm

Elektrický příkon: 1,1 kW

Teplota sušení: 5 - 250 °C.

Jedná se o horkovzdušný box, který se používá k sušení zkušebních vzorků.

5 Výsledky a diskuse

Základním cílem bylo vyrobit stavebnici dveřního křídla s protipožárními vlastnostmi pokud možno standardním způsobem výroby a standardní technologií. Další zásadní snahou bylo, aby se podařilo nijak zásadně nesnížit jiné vlastnosti tohoto produktu jako jsou například dobré tepelně izolační vlastnosti. O odborné stanovení tepelně izolačních vlastností této stavebnice protipožárních sendvičových dveří byla požádána autorizovaná osoba, a to Výzkumný a vývojový ústav dřevařský Praha, s.p.. Tyto výsledky uvedené v tab. 4 byly stanoveny dle výpočtu součinitele prostupu tepla protipožárních vchodových dveří ČSN EN ISO 6946 s využitím ČSN EN ISO 10077-1 a ČSN EN ISO 10077-2 a součinitel prostupu tepla vchodových dveří s hladkým dveřním křídlem dle ČSN EN ISO 10077 (viz tabulka)

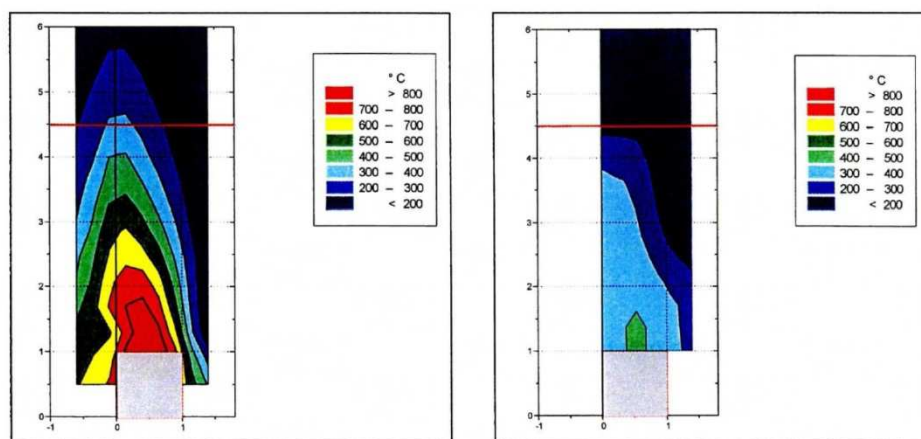
	Stavebnice protipožárních vchodových dveří EXCLUSIV IGNIS	Stavebnice standardních vchodových dveří EXCLUSIV
Tl. 68	UD = 1,18 W/(m² K)	UD = 1,03 W/(m² K)
Tl. 78	UD = 1,03 W/(m² K)	UD = 0,91 W/(m² K)
Tl. 92	UD = 0,88 W/(m² K)	UD = 0,80 W/(m² K)

Tab. 4: Stanovení tepelně izolačních vlastností protipožárních sendvičových dveří

Zároveň jsme si řekl, že se pokusíme tuto stavebnici osadit tříbodovým poloautomatickým zámkem Tandeo C 600 V02/03 tak, abychom zákazníkům dopřáli vysoký užitný komfort a zásadně se odlišili od konkurence, protože standardně se používají do vchodových protipožárních dveří pouze jednobodové uzavírací zámky. Na základě těchto kritérií jsem začal hledat a zkoušet vhodný materiál do jádra sendvičového dveřního křídla, abych nahradil běžně používaný PIR izolant a OSB desku.

Po prostudování vhodných materiálů jsem se rozhodl, že do jádra dveřního sendvičového křídla použiji tyto materiály: OSB deku jsem nahradil materiálem Grenamat AL. Jedná se vermikulitovou desku s výbornými vlastnostmi (viz technický list v příloze). PIR izolační jádro jsem nahradil materiálem Rockwool Steprock HD. Jedná se o polotuhou desku z kamenné vlny pojené organickou pryskyřicí (viz technický list v příloze). Standardně

jako izolant používáme PIR materiál s AL parozábranou, ale pro účel protipožárních sendvičových dveří jsem zvolil izolant Rockwool Steprock HD v síle 30 mm. Tato změna byla provedena na základě jednání s dodavatelem PIR materiálů PUREN GmbH. PIR materiál je zařazen mezi duroplastické materiály (opracovává se mechanicky) – dle norem je zařazen do pěnových plastů. Při vyšších teplotách není dobrá soudržnost těchto materiálů – dochází k destrukci. Standardně používaný PIR materiál má třídu reakce na oheň dle EN 13501 – 1 E – S2,d0, to znamená, že tento materiál (E) je normálně hořlavý, (S2) omezená výroba kouře a (d0) žádné kapičky = není skapávací. Jednoduše lze říct, že PIR materiál se během požáru chová podobně jako dřevo, ale z toho důvodu, že dochází k destrukci tohoto PIR materiálu jsem se rozhodl nahradit tento materiál izolantem Rockwool Steprock HD. Chování PIR materiálů je znázorněno na obr. 18.



Obr. 18: Chování PIR materiálů při požáru

V této fázi jsem měl již zvolený vhodný materiál do jádra sendvičových dveří a oslovil jsem našeho dodavatele lepidel, abychom našli a zvolili vhodné lepidlo, které prolepi všechny materiály, bude mít k těmto materiálům dobrou adhezi a vydrží vysoké teploty při samotné certifikaci výrobku. Lepení je proces, na kterém se nemůže nic ošidit, a proto jsme tomuto výběru věnovali poměrně velké úsilí a na základě provedených testů na pevnost lepení podle EN 205 jsme se nakonec rozhodli, že použijeme polyuretanové lepidlo Neopur 2238 RR (obr. 19 a viz technický list v příloze). Je to vlhkostí vytvrzující jednosložkové lepidlo na bázi polyuretanového prepolymeru bez plniv a rozpouštědel (obr. 19). Toto lepidlo se aplikuje pouze na jednu lepenou plochu a to v rovnoměrné vrstvě. Doba lisování a konečného vytvrzení závisí na vlhkosti materiálu a prostředí. Lepený povrch musí být suchý, bez prachu a mastnoty. Během vytvrzování musí být obě plochy v neustálém kontaktu. V případě potřeby

Ize některé lepené plochy i předem zdrsnit, případně použít speciální materiály, které zvýší adhezi lepidla.



Obr. 19: Polyuretanové lepidlo Neopur M 2238 RR

Pro výrobu nosného rámu těchto vhodových sendvičových dveří byl požit smrkový napojovaný (šířkové i délkově) hranol v tloušťce 50 mm a šířce 140 mm. Tento hranol používáme i pro standardní výrobu (obr. 20). Jedná se o čtyřstranně hoblovaný a stabilizovaný hranol, který vykrátíme na požadované délky a vyrobíme speciální zámek pro spojení svislých a vodorovných vlysů, dále zde vyrábíme větrací otvor, kterým při lisování celých dveří unikají plyny, které vznikají při zrání vysoce pěnlivého polyuretanového prepolymeru. Pokud by zde tyto větrací otvory nebyly, tak je poměrně velký předpoklad, že by sendvičové dveřní křídlo při otvírání lisu prasklo.

Nosný rám dveřního sendvičového křídla, který se spojí na speciální námi obroběný zámek se ještě následně kalibruje a to podle síly konkrétní překližky, která je k danému výrobku přidělena výrobním příkazem. Touto kalibrací docílíme toho, že jsme schopni vyrábět jednotlivé stavební hloubky (68, 78, 92 mm) v toleranci + 0, - 0,5 mm. Mínusová tolerance u tohoto výrobku je velmi důležitá, protože při následném obrábění, falcování takového dveřního křídla nedochází k podfrézování hrany překližky.

Takto kalibrovaný rám se položí na již vykrácenou překližku o síle 9 mm, na které bylo již nanášeno lepidlo Neopur 2238 RR. Do svislých hranolů se do vyprofilované drážky vloží statická výztuha a vyplní se jádro kompozitních dveří a to tak, že nejdříve se na překližku vloží Grenamat AL o síle 10 mm, aplikuje se Neopur 2238 RR, Rockwool Steprock HD o síle 30 mm, nanese se Neopur 2238 RR, Grenamat Al o síle 10 mm, aplikuje se Neopur 2238 RR a vše se zaklopí naformátovanou překližkou o síle 9 mm. Nános lepidla Neopur 2238 RR je 170gr/m² a dále pro kvalitní nános je potřeba docílit vhodné teploty a to ideálně

19 °C a relativní prostorové vlhkosti 40% - lepidlo pro své kvalitní vyzrání potřebuje vzdušnou vlhkost, tuto ještě můžeme zvyšovat dle potřeby vodní mlhou na každou lepenou spáru samostatně. Aplikace lepidla probíhá na CNC technologii a zde jsou jasně nastavená kritéria, která zabezpečí, že tento jednocelový stroj funguje pouze tehdy, pokud jsou splněny jasně nadefinované podmínky, jako je například již výše zmiňovaných 19 °C.

Takto vyskládaný polotovár se vloží do vyhřátého lisu po dobu 45 minut, lis je vyhřátý na 60 °C a lisovací tlak je 50 bar/m².



Obr. 20.: Profil smrkového napojovaného (šířkové i délkově) hranolu

Jako krycí vrstva sendvičového dveřního křídla byla zvolena 9 mm překližka (označení dveřních křidel Exclusiv) s okrasnou smrkovou dýhou s reprodukovatelnou texturou. Tato překližka o síle 9 mm je pětivrstvá s tím, že nosič je třívrstvý navzájem na sebe s kolmými vlákny a je tvořen z loupané dýhy z dřeviny Aious, případně Ceiba. Vrchní okrasná dýha je v tomto případě, jak jsem již zmiňoval, smrková s reprodukovatelnou texturou a jako protitah je použita většinou krájená sesazenka horší kvality. Tato použitá překližka je voděvzdorná. Překližka s touto okrasnou dýhou v podobě smrku s reprodukovatelnou texturou byla zvolena z toho důvodu, že je v současné době u nás nejprodávanější artikl a to celkem cca z 80%.

V návaznosti na ČSN EN 15269-3 o rozšířené aplikaci můžeme následně vyrábět tyto sestavy stavebnic protipožárních dveří i s jinými dřevinami, které mají vyšší objemovou

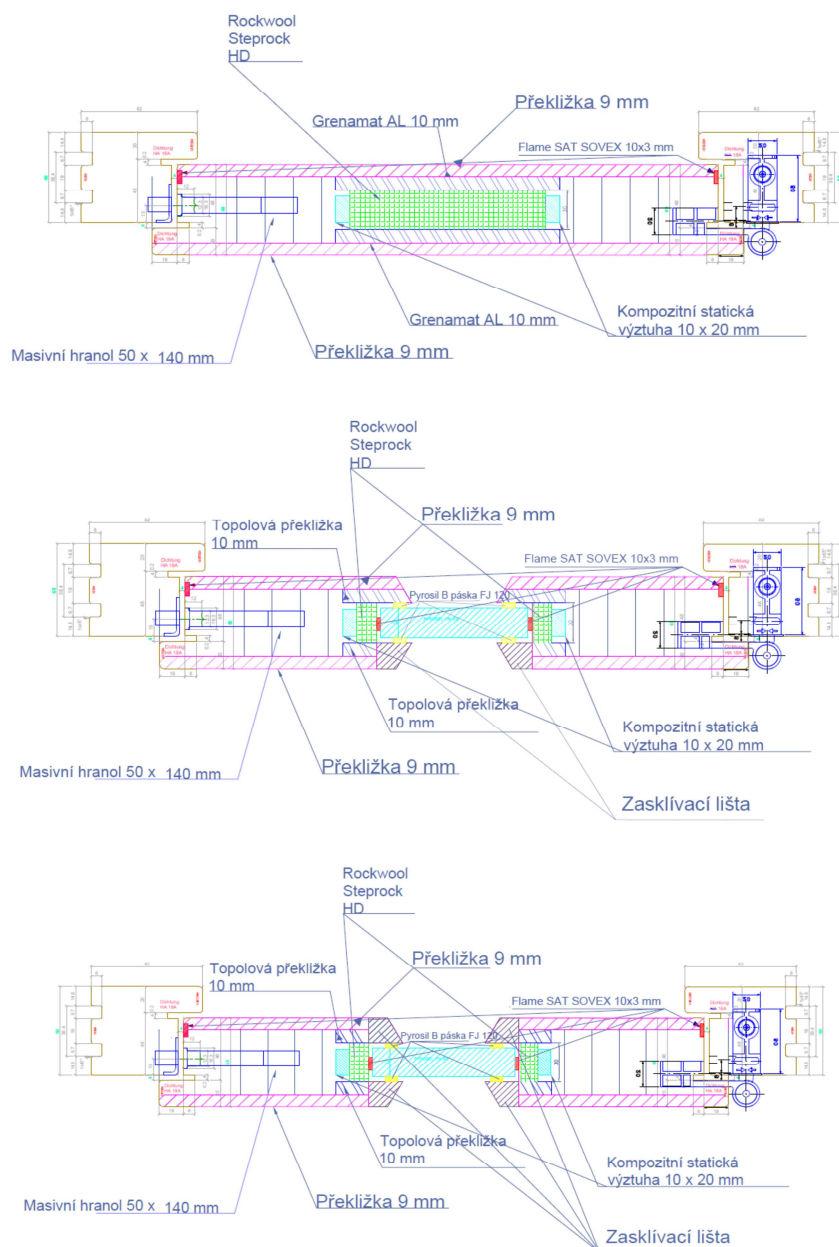
hmotnost. Hodnoty podle ČSN EN 1995-1-2 jsou uvedeny v tab. 5. Pro deskový prvek platí hodnoty b_0

Druh materiálu	b_0 mm/min	b_n mm/min
a) Dřevo jehličnatých dřevin a buk		
Lepené lamelové dřevo s charakteristickou hustotou 290 kg/m ³	0,65	0,7
Rostlé dřevo s charakteristickou hustotou 290 kg/m ³	0,65	0,8
b) Dřevo listnatých dřevin		
Rostlé nebo lepené lamelové dřevo listnatých dřevin s charakteristickou hustotou 290 kg/m ³	0,65	0,7
Rostlé nebo lepené lamelové dřevo listnatých dřevin s charakteristickou hustotou 450 kg/m ³	0,50	0,55
c) LVL s charakteristickou hustotou 480 kg/m ³	0,65	0,7
d) Desky		
Dřevěné obložení	0,9 ^a	–
Překližované desky	1,0 ^a	–
Desky na bázi dřeva jiné než překližované desky	0,9 ^a	–
^a Hodnoty platí pro charakteristickou hustotou 450 kg/m ³ a tloušťku desky 20 mm; pro ostatní tloušťky a hustoty - viz 3.4.2(9).		

Tab. 5: Návrhové rychlosti zuhelnatění b_0 a b_n pro dřevo, LVL, dřevěné obložení a desky na bázi dřeva

Při hodnocení skladby dveří lze konstatovat, že výsledek je na velmi dobré úrovni. Podařilo se docílit nejvyšších hodnot protipožární odolnosti dřevěných vchodových dveří, které příslušná norma zná, a přitom tepelně izolační vlastnosti nebyly nijak zásadně degradovány a díky použitému tříbodovému zámku je zajištěn i velmi slušný užitný komfort pro koncového zákazníka.

Uvádím zde řezy dveřních stavebnic (obr. 21), které byly testovány na požární odolnost ve zkušebně PAVUS a to v srpnu 2015.



Obr. 21: Řezy dveřních stavebnic

Jednalo se o jednu stavebnici vchodových dveří o stavební hloubce 68 mm, kde dveřní křídlo bylo plné a jednu stavebnici vchodových dveří o stavební hloubce, kde bylo dveřní křídlo prosklené a to systémem jednostranného zasklení, to znamená, že již z plochy byla při obrábění vytvořena nalehávka o síle 19 mm a hloubka zasklení byla 25 mm. Poslední řez je oboustranné zasklení, tato problematika se již řešila v rámci ČSN EN 15269-3 rozšířená aplikace. V rámci této normy na rozšířenou aplikaci lze například dveřní křídla zmenšovat a to libovolně, ale jejich zvětšení může být pouze o 25% od zkoušeného vzorku. To stejné platí

u stavební hloubky, tato se může zvětšovat (78, 92), ale pouze za předpokladu, že objemová hmotnost dveřního panelu bude vyšší, a to maximálně o 25% než zkoušený vzorek.

5.1 Výsledky a diskuse kvality lepení

5.1.1 Kvalita lepení smykovou zkouškou podle EN 205

Výsledky testování kvality lepení lepidel NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT 300 a RAKOLL ECO3 smykovou zkouškou podle EN 205 jsou uvedeny v tab. 6, 7 a 8.

Číslo vzorku	T _{SM}	Označení
	[N.mm ⁻²]	
1	11.59	NEO_1
2	15.77	NEO_2
3	11.73	NEO_3
4	15.14	NEO_4
5	14.34	NEO_5
6	14.4	NEO_6
7	14.07	NEO_7
8	14.05	NEO_8
9	14.25	NEO_9
10	14.25	NEO_10
11	13.38	NEO_11
12	13.77	NEO_12
13	11.64	NEO_13
14	12.2	NEO_14
15	5.58	NEO_15

Tab. 6: Výsledky testování kvality lepení lepidla NEOPUR 2238RR

Číslo vzorku	T _{SM}	Označení
	[N.mm ⁻²]	
16	13.18	K300_1
17	9.48	K300_2
18	14.87	4330_3
19	14	K300_4
20	11.57	K300_5
21	9.72	K300_6
22	16.85	K300_7
23	14.73	K300_8
24	15.57	K300_9
25	15.47	K300_10
26	14.4	K300_11
27	11.18	4330_12

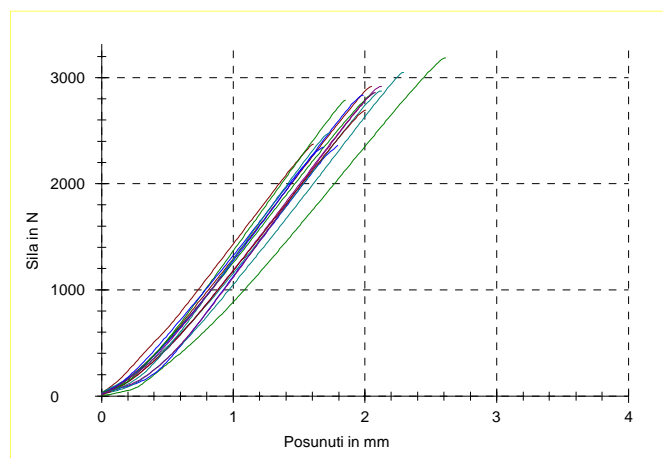
28	13.84	K300_13
29	8.45	K300_14
30	12.57	4330_15

Tab. 7: Výsledky testování kvality lepení lepidla KLEIBERIT 300

Číslo vzorku	T_{SM}	Označení
	$[N \cdot mm^{-2}]$	
31	13.55	ECO3_1
32	11.09	ECO3_2
33	11.79	ECO3_3
34	11.43	ECO3_4
35	11.49	ECO3_5
36	12.24	ECO3_6
37	12.67	ECO3_7
38	14.7	ECO3_8
39	12.86	ECO3_9
40	12.66	ECO3_10
41	9.76	ECO3_11
42	13.83	ECO3_12
43	8.43	ECO3_13
44	11.25	ECO3_14
45	12.38	ECO3_15

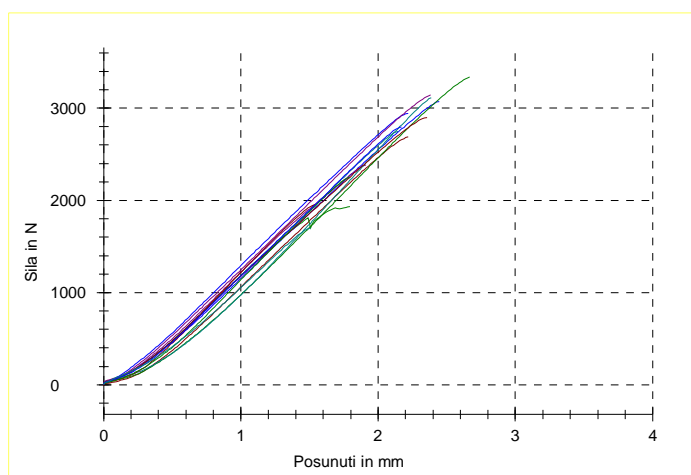
Tab. 8: Výsledky testování kvality lepení lepidla RAKOLL ECO3

Pracovní diagramy smykové zkoušky lepení dle ČSN EN 205 jsou uvedeny na obr. 22, 23 a 24.

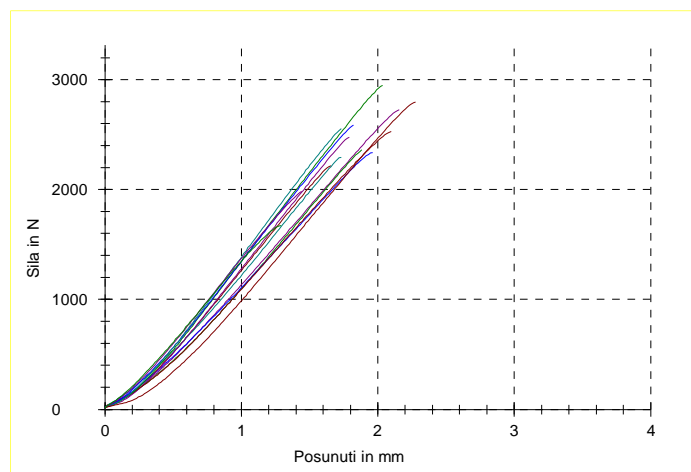


Obr. 22: Pracovní diagram smykové zkoušky lepení NEOPUR 2238RR

Popisná statistika pro tři soubory NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT300 a RAKOLL ECO3 je uvedena v tab. 9.



Obr. 23: Pracovní diagram smykové zkoušky lepení KLEIBERIT 300

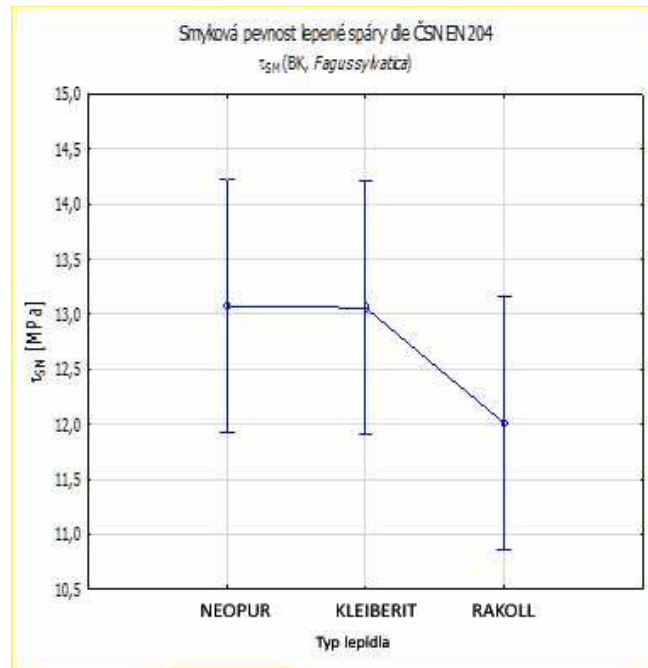


Obr. 24: Pracovní diagram smykové zkoušky lepení RAKOLL ECO3

	NEOPUR 2238RR	KLEIBERIT 300	RAKOLL ECO3
Počet platných	15	15	15
Průměr	13.077	13.059	12.009
Medián	14.05	13.84	12.24
Minimum	5.58	8.45	8.43
Maximum	15.77	16.85	14.7
Rozptyl	5.941	6.218	2.475
Sm.odch.	2.437	2.494	1.573
Var.koef.	18.639	19.096	13.100
Šikmost	-2.235	-0.490	-0.599
Špičatost	6.364	-0.757	0.911

Tab. 9: Popisná statistika pro tři soubory NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT300 a RAKOLL ECO3

Smyková pevnost lepené spáry formou analýzy rozptylu (ANOVA) je uvedena na obr. 25.



Obr. 25: Smyková pevnost lepené spáry (ANOVA)

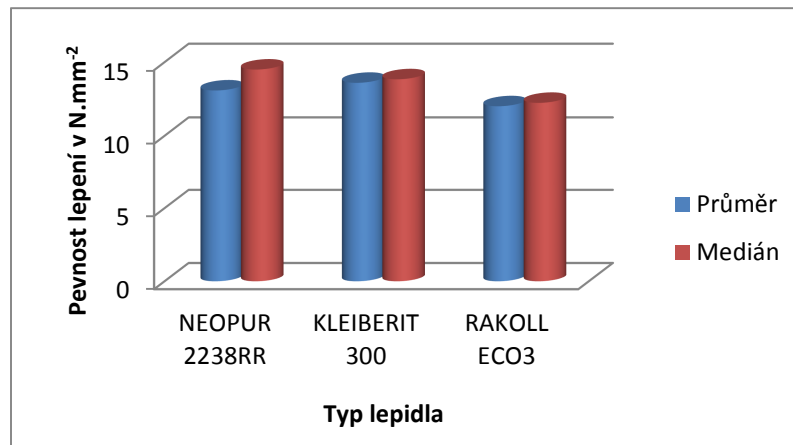
Smyková pevnost lepení lepidla NEOPUR 2238RR se pohybovala v rozmezí 5,58 až 15,77 N.mm⁻². Podmínce smykové pevnosti 10 N.mm⁻² dle normy nevyhověl jeden vzorek NEO_15 (5,58 N.mm⁻²).

Smyková pevnost lepení lepidla KLEIBERIT 300 se pohybovala v rozmezí 8,45 až 16,85 N.mm⁻². Podmínce smykové pevnosti 10 N.mm⁻² dle normy těsně nevyhověly vzorky: 4330_2 (9,48 N.mm⁻²) a K300_6 (9,72. N.mm⁻²) a výrazněji K300_14 (8,45 N.mm⁻²).

Smyková pevnost lepení lepidla RAKOLL ECO3 se pohybovala v rozmezí 8,43 až 14,70 N.mm⁻². Podmínce smykové pevnosti 10 N.mm⁻² dle normy těsně nevyhověl vzorek: ECO3_11 (9,76 N.mm⁻²) a výrazněji ECO3_13 (8,43 N.mm⁻²).

Smyková pevnost lepení lepidel NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT 300 a RAKOLL ECO3 vykazovala hodnoty mediánu v rozmezí 12,24 až 14,05 N.mm⁻². U všech typů lepidel z 99,5% všech vzorků docházelo k porušení ve dřevě.

Smyková pevnost lepené spáry průměrné hodnoty a medián je uvedena na obr. 26.



Obr. 26: Porovnání pevnosti lepení dle EN 205 (průměr a medián)

Z obr. 26 vyplývá, že nejmenší průměrná hodnota smykové pevnosti byla dosažena při lepení lepidlem RAKOLL ECO3, a to ve výši $12,009 \text{ N.mm}^{-2}$, která byla nižší o 8,2% oproti lepidlu NEOPUR 2238RR a o 8,04% oproti lepidlu KLEIBERIT 300. Podmínka smykové pevnosti byla dodržena u průměrné hodnoty i mediánu u všech typů lepidel.

Nejmenší hodnota mediánu smykové pevnosti byla dosažena při lepení lepidlem RAKOLL ECO3 a to ve výši $12,24 \text{ N.mm}^{-2}$, která byla nižší o 8,7% oproti lepidlu NEOPUR 2238RR a o 8,84% oproti lepidlu KLEIBERIT 300. Podmínka smykové pevnosti byla dodržena u průměrné hodnoty i mediánu u všech typů lepidel.

Při hodnocení všech tří druhů lepidel byla dodržena doba zpracovatelnosti 10 min (otevřená doba) a to je pro skládání souborů velmi krátká.

5.1.2 Pevnost lepení dlátovou zkouškou

Ve spolupráci s dodavatelem lepidla AGGLU SK, s.r.o. a ve spolupráci s Technickou univerzitou Zvolen, Prof. Ing. Ján Sedliačikem, PhD. jsme prováděli zkoušku dle STN 49 0173-3 Překližka a laťovky – zjišťování jakosti lepení dlátovou zkouškou u lepidla NEOPUR 2238RR. Tato norma určuje zkušební metodu na stanovení kvality lepení překližkových desek zjištěním odporu, který kladou spleené dýhy při jejich násilném odtrhávání dlátem a vizuálně se posuzuje vzhled porušené plochy podle výskytu vytrhnutých dřevěných vláken.

Zkouška se prováděla na výřezu ze zkoušených protipožárních prosklených dveří, prováděla se dlátovou zkouškou. Testovala se lepená spára mezi dvěma splenými překližkami, výsledek je na obr. 27.



Obr. 27: Pevnost lepené spáry dlátovou zkouškou

Závěrem lze konstatovat, že kvalita lepeného spoje je výborná, lepený spoj se ostrým dlátem nedá uvolnit, nastává porušení dřeva mimo lepený spoj, porušení venkovní vrstvy je o málo širší než dláto a mimo vpichy není uvolněná vrstva.

5.2 Stanovení modulu pružnosti a pevnosti v ohybu lepeného materiálu

Výsledky stanovení modulu pružnosti v ohybu lepeného materiálu pomocí lepidel NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT 300 a RAKOLL ECO3 jsou uvedeny v tab. 10, 11, 12.

Číslo vzorku	E_m	Označení vzorku
	$N.mm^{-2}$	
1	5208,78	NEO_P_01
2	5522,51	NEO_P_02
3	6919,84	NEO_P_03
4	3437,30	NEO_P_04
5	3730,92	NEO_P_05
6	3886,77	NEO_P_06
7	3522,59	NEO_P_07
8	6848,58	NEO_P_08
9	7193,09	NEO_P_09
10	4343,20	NEO_P_10
11	4092,50	NEO_P_11
12	3532,97	NEO_P_12
13	4522,66	NEO_P_13

Tab. 10: Stanovení modulu pružnosti v ohybu NEOPUR 2238RR

Číslo vzorku	E_m	Označení vzorku
	$N.mm^{-2}$	
14	9192,54	K300_P_01
15	7351,04	K300_P_02
16	4211,61	K300_P_03
17	3421,89	K300_P_04
18	4553,82	K300_P_05
19	5246,70	K300_P_06
20	2715,56	K300_P_07
21	4272,16	K300_P_08
22	3821,30	K300_P_09
23	4459,62	K300_P_10
24	7689,18	K300_P_11
25	4110,00	K300_P_12
26	4665,48	K300_P_13

Tab. 11: Stanovení modulu pružnosti v ohybu KLEIBERIT 300

Číslo vzorku	E_m	Označení vzorku
	$N.mm^{-2}$	
27	6182,34	ECO3_P_01
28	5690,13	ECO3_P_02
29	5726,92	ECO3_P_03
30	5003,58	ECO3_P_04
31	5855,49	ECO3_P_05
32	6956,34	ECO3_P_06
33	6019,42	ECO3_P_07
34	5341,23	ECO3_P_08
35	5660,16	ECO3_P_09
36	5773,27	ECO3_P_10
37	6001,75	ECO3_P_11
38	4787,63	ECO3_P_12
39	5940,31	ECO3_P_13

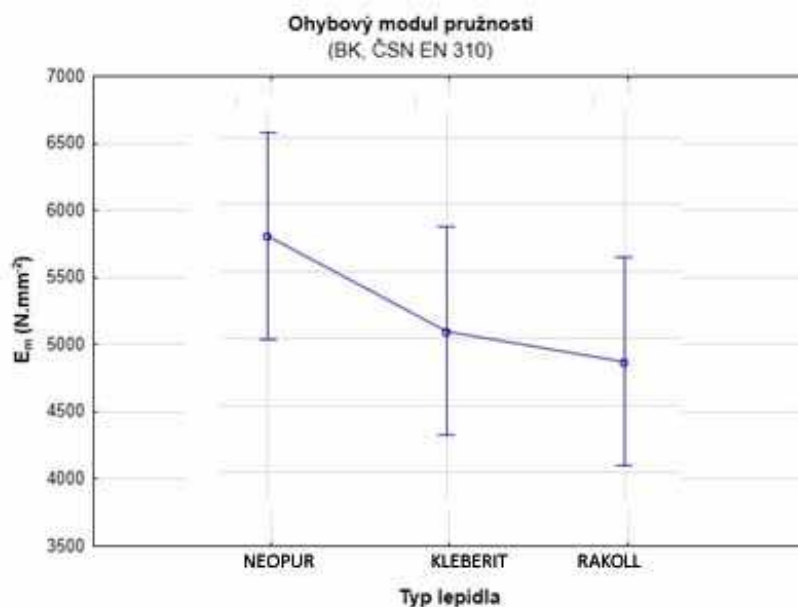
Tab. 12: Stanovení modulu pružnosti v ohybu RAKOLL ECO3

Popisná statistika modulu pružnosti v ohybu E_m (MOE) pro tři soubory NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT300 a RAKOLL ECO3 je uvedena v tab.13.

	E_m (MOE)		
	NEOPUR 2238RR	KLEIBERIT300	RAKOLL ECO3
Průměr	5764,51	5054,68	4827,82
Medián	5773,27	4459,62	4343,20
Minimum	4787,63	2715,56	3437,30
Maximum	6956,34	9192,54	7193,09
Rozpětí	2168,71	6476,98	3755,79
Rozptyl	290488,68	3500270,20	1912788,32
Sm.odch.	538,97	1870,90	1383,04
Var.koef.	9,35	37,01	28,65
Šikmost	0,22	1,20	0,79
Špičatost	1,52	0,69	-0,93

Tab. 13: Popisná statistika MOE pro tři soubory NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT300 a RAKOLL ECO3

Analýza rozptylu hodnot ohybového modulu pružnosti dle ČSN EN 310 je uvedena na obr. 28.



Obr. 28: Modul pružnosti v ohybu (ANOVA)

Modul pružnosti v ohybu lepeného materiálu lepidlem NEOPUR 2238RR se pohyboval v rozmezí 4787,63 až 6956,34 N.mm⁻². Střední průměr dosáhl hodnoty 4827,82 N.mm⁻² a medián 5773,27 N.mm⁻². Hodnoty byly stabilní, což ukazuje variační koeficient 9,35.

Modul pružnosti v ohybu lepeného materiálu lepidlem KLEIBERIT300 se pohyboval v rozmezí 2715,56 až 9192,54 N.mm⁻². Střední průměr dosáhl hodnoty 5773,27 N.mm⁻² a

medián 4459,62 N.mm⁻². Naměřené a vypočítané hodnoty byly ze třech souborů lepidel nejvíce rozkolísané, což ukazuje vysoký variační koeficient 37,01.

Modul pružnosti v ohybu lepeného materiálu lepidlem RAKOLL ECO3 se pohyboval v rozmezí 3437,30 až 7193,09 N.mm⁻². Střední průměr dosáhl hodnoty 4827,82 N.mm⁻² a medián 4343,20 N.mm⁻². Hodnoty byly ale poměrně rozkolísané, což ukazuje variační koeficient 28,65.

Modul pružnosti v ohybu lepeného materiálu lepidly NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT300 a RAKOLL ECO3 vykazoval hodnoty mediánu v rozmezí 4343,20 až 5773,27 N.mm⁻².

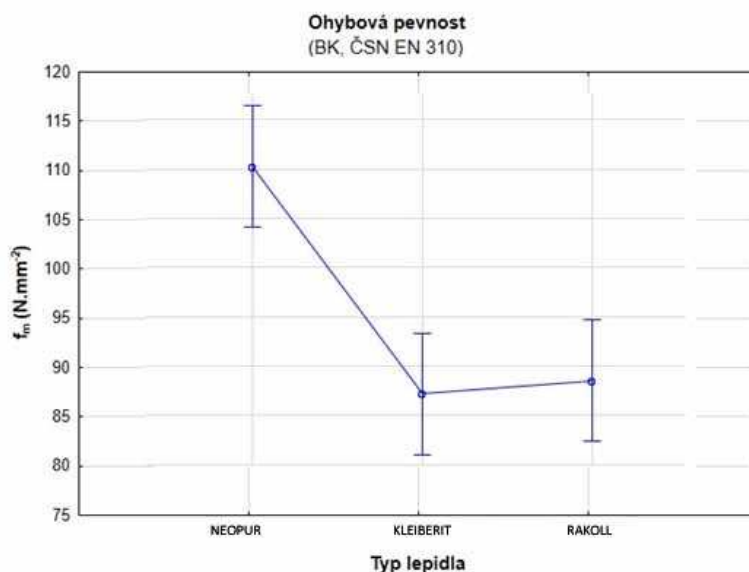
Z obr. 28 vyplývá, že nejmenší **průměrná hodnota** modulu pružnosti v ohybu byla dosažena při lepení lepidlem RAKOLL ECO3 a to ve výši 4827,82 N.mm⁻², která byla nižší o 16,3% oproti nejlepšímu lepidlu NEOPUR 2238RR (lepidlo KLEIBERIT 300 bylo nižší oproti lepidlu NEOPUR 2238RR o 12,3% v modulu pružnosti v ohybu). Nejmenší hodnota **mediánu** modulu pružnosti v ohybu byla dosažena při lepení lepidlem RAKOLL ECO3 a to ve výši 4343,2 N.mm⁻², která byla nižší o 24,8% oproti nejlepšímu lepidlu NEOPUR 2238RR (lepidlo KLEIBERIT 300 bylo nižší oproti NEOPUR 2238RR o 22,75%), což jsou významné rozdíly.

Výsledky stanovení **pevnosti v ohybu f_m (MOR)** lepeného materiálu pomocí lepidel NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT 300 a RAKOLL ECO3 jsou uvedeny v tab. 14.

	f_m (MOR)		
	NEOPUR 2238RR	KLEIBERIT300	RAKOLL ECO3
Počet platných	13	13	13
Průměr	88,54	87,14	110,25
Medián	85,09	83,16	108,42
Modus	Vícenás.	Vícenás.	Vícenás.
Minimum	73,17	67,77	101,99
Maximum	106,40	108,35	126,50
Rozpětí	33,24	40,59	24,52
Rozptyl	135,19	164,79	60,48
Sm.odch.	11,63	12,84	7,78
Var.koef.	13,13	14,73	7,05
Šikmost	0,36	0,61	0,91
Špičatost	-1,45	-0,63	0,09

Tab. 14: Popisná statistika MOR pro tři soubory NEOPUR 2238RR, KLEIBERIT300 a RAKOLL ECO3

Analýza rozptylu hodnot ohybového modulu pružnosti dle ČSN EN 310 je uvedena na obr. 29.



Obr. 29: Pevnost v ohybu (ANOVA)

Z uvedených výsledků vyplývá, že pevnost v ohybu (MOR) je nejvyšší u lepidla NEOPUR 2238RR (medián 108,42 N.mm² a průměr 110,25 N.mm², což je o 27,4% vyšší, než u lepidla RAKOLL ECO3 a o 30,4% než lepidlo KLEIBERIT 300.

5.3 Zkouška odolnosti povrchu proti padající kuličce

Výsledky odolnosti proti padající kuličce jsou uvedeny v tab. 15 až 17 a na obr. 29..

Odolnost proti nárazu kuličkou o průměru 19,1 mm	
výška 2 m	
Vzorek - povrch BK dýha	Stupeň poškození
vzorky č. 1-5	4

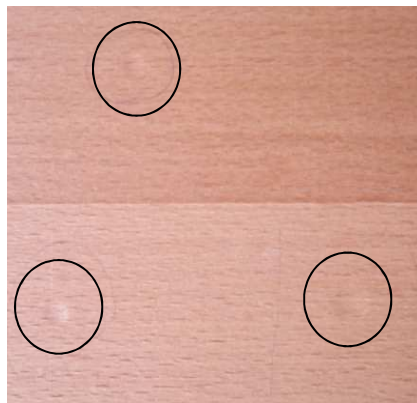
Tab. 15: Odolnost proti nárazu kuličkou o průměru 19,1 mm

Odolnost proti nárazu kuličkou o průměru 40 mm	
výška 2 m	
Vzorek - povrch BK dýha	Stupeň poškození
vzorky č. 1-5	4

Tab. 16: Odolnost proti nárazu kuličkou o průměru 40 mm

Vliv poškození na povrch vzorků		
	vzorky - buková dýha	
průměr kuličky	malá	velká
Velikost poškození	5 mm	8 mm

Tab. 17: Vliv poškození na povrch vzorků



Obr. 29: Vliv poškození na povrch vzorků

5.4 Zkouška požární odolnosti dle ČSN EN 1634-1

Zkouška požární odolnosti požárních uzávěrů byla provedena na základě objednávky v Požární zkušebně PAVUS, a.s. ve Veselí nad Lužnicí v srpnu 2015.

Zkouška byla připravena, provedena a vyhodnocena na základě těchto podkladů:

- [1] ČSN EN 1634-1:2015 Zkoušení požární odolnosti a kouřotěsnosti sestav dveří, vrat, uzávěrů, otevíravých oken a prvků stavebního kování – Část 1: Zkoušky požární odolnosti sestav dveří, vrat, uzávěrů a otevíravých oken
- [2] ČSN EN 1363-1:2013 Zkoušení požární odolnosti – Část 1: Základní požadavky
- [3] ČSN EN 1363-2:2000 Zkoušení požární odolnosti – Část 2: Alternativní a doplňkové postupy
- [4] ČSN EN 14600:2006 Vrata, dveře a otevíravá okna s charakteristikami požární odolnosti a/nebo kouřotěsnosti - Požadavky a klasifikace

[5]ČSN EN 13501-2+A1:2010 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb –
Část 2: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti kromě vzduchotechnických
zařízení

[6]Technická dokumentace vzorků dodaná objednatelem zkoušky

Během vyhodnocení a průběhu zkoušky byly používány následující zkratky:

ČIA Český institut pro akreditaci, o. p. s.

AZL akreditovaná zkušební laboratoř

TC termoelektrický článek

PTC plášťový termoelektrický článek

DST deskový snímač teploty obsahující PTC Ø 1 mm

OS ohřívána strana vzorku

NS neohřívána strana vzorku

PHMV počáteční hodnoty měřených veličin podle

MTC mobilní termoelektrický článek

DK dveřní křídlo vzorku

Testovány byly dva vzorky různého typu požárních uzávěrů – protipožární stavebnice
vchových dveří Exclusiv Ignis. Vzorky byly tepelně namáhány ze strany se závěsy.

Vzorek 01 – dveře plné hladké sendvičové otevíráním do pece (závěsy uvnitř pece).

Popis dveřního křídla: nosný dřevěný rám tloušťky 50 mm o celkové šířce 140 mm
s polodrážkou 18 x 48 mm. Vnitřní obvodový dřevěný profil s drážkou na svislých stranách
pro umístění kompozitní statické sklovláknité výztuhy PREFEN A1 o rozměrech 10 x 20 mm
a s polodrážkou pro usazení výplně – desek Grenamat AL dveřního křídla, profily nosného
dřevěného rámu v rozích spojeny pomocí dřevěných bukových kolíků Ø 12,0 mm.

Opláštění a výplň dveřního křídla tvoří:

- pětivrstvá překližka tloušťky 9,0 mm a obj. hm. 400 kg/m³
- desky Grenamat AL tloušťky 10,0 mm a obj. hm. 800 kg/m³
- desky minerální vlny Rockwool Steprock HD tloušťky 30,0 mm a obj. hm. 140 kg/m³
- desky Grenamat AL tloušťky 10,0 mm a obj. hm. 800 kg/m³

- pětivrstvá překližka tloušťky 9,0 mm a obj. hm. 400 kg/m³

Jednotlivé desky včetně kompozitních výztuh prolepeny lepidlem NEOPUR 2238 RR .

Ve vyfrézované drážce v těsné blízkosti okraje po celém obvodu dveřního křídla umístěna samolepicí požární páska FLAME Sat šířky 9,8 mm a tloušťky 3,0 mm a na ploše polodrážky dorazové profilované těsnění se zvýšenou požární odolností HA 18 F tloušťky 7,5 mm.

Celkový rozměr dveřního křídla: 1064 mm x 2132 mm x 68 mm (šířka x výška x tloušťka).

Povrch dveřního křídla ponechán na obou stranách bez povrchové úpravy. Toto je z důvodu, že naše firma není konečný výrobce a celá filosofie tohoto produktu stavebnice vchodových sendvičových dveří s požární odolností je technologická pomoc pro koncové výrobce stavebních výplní. Hmotnost dveřního křídla: 69,6 kg.

Popis zárubně: dřevěná rámová zárubeň tloušťky 68 mm o celkové šířce 82 mm vyrobena ze standardního eurohranolu o vstupních rozměrech 72 x 86 x 6000 mm. Zárubeň je vyprofilovaná, profily mají v rozích kontra profily a jsou zde k sobě spojeny pomocí dřevěných bukových kolíků o Ø 12,0 mm a disperzním lepidlem D4, zárubeň je do podpěrné konstrukce ukotvena 2x 4 ks turbošrouby 7,2 x 110 mm v roztečích 520 mm, 795 mm a 520 mm (dle ČSN 746077) na svislých stranách a 1 ks v horní části, spáry mezi zárubní a podpěrnou konstrukcí ošetřeny impregnací AT140 Primer (dodavatel Tremco Illbruck s.r.o., Praha) a následně vyplněny protipožární montážní PU pěnou FF197 (dodavatel Tremco Illbruck s.r.o., Praha), utěsněné spáry po obvodu zárubně zakryty protipožárním silikonem FS 703 (dodavatel Tremco Illbruck s.r.o., Praha), po obvodu (mimo prahovou část) na ploše polodrážky zárubně dorazové profilované těsnění HA 18 F tloušťky 7,5 mm, ve spodní části zárubně dveřní bezbariérový snížený práh o rozměrech 1165 x 75 x 19,5 mm.

Celkový rozměr zárubně: 1164 mm x 2190 mm x 68 mm (šířka x výška x tloušťka).

Světlý rozměr dveřního otvoru: 1000 mm x 2108 mm.

Povrch zárubně ponechán na obou stranách bez povrchové úpravy – v surovém stavu.

Kování: dveřní mechanicky ovládaný zadlabací tříšťelkový samozamykací zámek Roto typ C600 – Tandeo V02/03 včetně ocelových protikusů zámku a kotvicích bodů (výrobce Roto Frank AG, Německo), zámková oboustranná cylindrická vložka Iseo – 3 bezpečnostní třída F6 standard, dveřní klika - koule FKS 242 04 H, 3 ks dveřních závěsů SFS typ Easy 3D-00-00

s roztečí 856 mm, dveřní samozavírač typ DC310, dveřní bezbariérový snížený práh Roto typ IV 68 (výrobce Roto Frank AG, Německo) o rozměrech 1165 x 75 x 19,5 mm.

Vzorek 02 – dveře celoprosklené hladké otevíráním do pece (závěsy uvnitř pece).

Popis dveřního křídla: nosný dřevěný rám tloušťky 50 mm o celkové šířce 140 mm s polodrážkou 18 x 48 mm. Vnitřní obvodový dřevěný profil s drážkou na svislých stranách pro umístění kompozitní statické sklovláknité výztuhy PREFEN A1 o rozměrech 10 x 20 mm, s krajními polodrážkami pro umístění pětivrstvých topolových překližek tloušťky 10,0 mm a obj. hm. 370 kg/m³ tvořící zčásti zasklívací lištu – nalehávku ze strany bez závěsů, po obvodu dřevěného profilu přířezy minerální vlny Rockwool Steprock HD (výrobce Rockwool) 30 x 35 mm a obj. hm. 140 kg/m³, profily v rozích spojeny pomocí dřevěných bukových kolíků Ø 12,0 mm.

Opláštění dřevěného rámu dveřního křídla tvoří pětivrstvá překližka tloušťky 9,0 mm a obj. hm. 400 kg/m³. Výplň dveřního křídla tvoří protipožární sklo – tabule BX21974-01-501 typu Pyrobel EI 45/17N EG (výrobce AGC Glass Europe, Česká republika) tl. 21,6 mm ± 1,8 mm a rozměru 706 x 1775 mm, po vnějším obvodu tabule umístěna samolepicí požární páska FLAME Sat šířky 9,8 mm a tloušťky 3,0 mm, ze strany závěsů skleněná tabule zajištěna zasklívacími smrkovými lištami 19 x 25 mm a ukotveny do rámu dveří šrouby 4 x 40 mm s roztečí 150 mm, ze strany bez závěsů tvoří zasklívací lištu topolové překližky a opláštění dveřního křídla, tabule skla po obvodu dotěsněna k zasklívacím lištám páskou Pyrosil B FJ 120 (výrobce Tremco Illbruck s.r.o., Praha) šířky 9,0 mm, tl. 3,0 mm a spára vyplněna silikonovým tmelem FS 703 (dodavatel Tremco Illbruck s.r.o., Praha).

Jednotlivé desky včetně kompozitních výztuh prolepeny lepidlem NEOPUR 2238 RR .

Ve vyfrézované drážce v těsné blízkosti okraje po celém obvodu dveřního křídla umístěna samolepicí požární páska FLAME Sat šířky 9,8 mm a tloušťky 3,0 mm a na ploše polodrážky dorazové profilované těsnění se zvýšenou požární odolností HA 18 F tloušťky 7,5 mm.

Celkový rozměr dveřního křídla: 1064 mm x 2132 mm x 68 mm (šířka x výška x tloušťka).

Povrch rámu dveřního křídla ponechán na obou stranách bez povrchové úpravy.

Hmotnost dveřního křídla: 90,9 kg.

Popis zárubně: konstrukce a rozměry zárubně, materiály a kotvení do podpěrné konstrukce shodné jako u vzorku 01.

Kování: dveřní mechanicky ovládaný zadlabací tříšťelkový samozamykací zámek Roto typ C600 – Tandeo V02/03 včetně ocelových protikusů zámku a kotvicích bodů (výrobce Roto Frank AG, Německo), zámková oboustranná cylindrická vložka Wilka – 3 bezpečnostní třída 1400 BT3 , dveřní klika - klika FKS 251 04 H , 3 ks dveřních závěsů SFS typ Easy 3D-00-00 s roztečí 856 mm, dveřní samozavírač typ DC310 , dveřní bezbariérový práh Roto typ IV 68 (výrobce Roto Frank AG, Německo) o rozměrech 1165 x 75 x 19,5 mm.

Oba tyto zkoušené vzorky byly vyrobeny ve firmě R.T. kování a.s., Nové Město na Moravě, Česká republika.

Jednou z podmínek (dle ČSN EN 1363-1 čl. 6.5) je dodat zkušebně popis všech konstrukčních detailů, výkresů se seznamem hlavních součástí a jejich výrobců/dodavatelů stejně jako s postupem sestavení u zkušebních vzorků. Zda byly odzkoušené vzorky v souladu s popisem musí odsouhlasit zkušebna.

Vzorky dveří a zárubní byly dodány do zkušebny dne 8. srpna 2015 v souladu s dodanou dokumentací a následně zárubně vsazeny a ukotveny pracovníky firmy Tremco Illbruck s.r.o., Praha do podpěrné konstrukce.

Vzorky dveřních křídel nasazeny a seřizeny dne 12. srpna 2015 v souladu s dodanou dokumentací pracovníky firmy R.T. kování a.s., Nové Město na Moravě.

Provedení zkoušky

Zkouška byla provedena dne 14. srpna 2015 ve svislé stěnové zkušební peci o vnitřních rozměrech: 3000 mm (šířka) × 3000 mm (výška) × 1650 mm (hloubka).

Vzorek 01 – dveře plně hladké ze strany se závěsy (otevíráním DK do pece).

Vzorek 02 – dveře celoprosklené hladké ze strany se závěsy (otevíráním DK do pece).

Vzorky byly zabudovány ve zkušebním rámu do normové tuhé podpěrné konstrukce s nízkou objemovou hmotností vyžděné z plynosilikátových tvárníc YTONG P4 - 500 o tloušťce zdiva 250 mm se zeslabením po obvodu vzorku v šíři 200 mm na tl. 100 mm. Před zkouškou požární odolnosti byly obě stavebnice kompozitních protipožárních dveří podrobeny 25 cyklům otevření a každé křídlo se samozavíráním otevřené $10^\circ \pm 2^\circ$, držící po dobu $20\text{ s} \pm 2\text{ s}$.

Regulace pece

Zkušební pec je vytápěna soustavou naftových hořáků. Teploty v peci jsou měřeny DST a zaznamenávány v minutových intervalech. Měřicí konce DST jsou rovnoměrně rozmístěny 100 mm od exponovaného povrchu vzorku. Teploty v peci jsou regulovány tak, aby se pohybovaly v rozmezí předepsaných tolerancí :

$$T = 345 \log(8t + 1) + 20 \quad \text{kde} \quad T (^{\circ}\text{C}) = \text{požadovaná teplota v peci v čase } t$$
$$t (\text{min}) = \text{čas od začátku zkoušky}$$

Měření vzorků

Teploty na neohřívaném povrchu vzorků jsou měřeny diskovými TC typu K a jsou zaznamenávány v minutových intervalech. TC jsou upevněny na povrchu vzorku. Pro měření míst s očekávanými vyššími teplotami na vzorku bývá k dispozici jeden MTC. Radiace měřena radiometrem umístěným ve středu požárního uzávěru ve vzdálenosti 1 m před vzorkem 02.

Měření velikosti spár probíhalo pomocí listových měrek spár a posuvného měřidla. Velikost vodorovné deformace vztažena k referenční rovině vytvořené rotujícím laserovým paprskem a měřena ocelovým měřidlem. Měření zavírací síly vyvozené od samozavíračů bylo provedeno pomocí siloměru připevněného ke klice dveřního křídla. Počáteční podmínky zkoušky odpovídaly normovým hodnotám.

Teplota okolí

Teplota okolí měřena během zkoušky jedním PTC typu K.

Kondicionování

Od dodání vzorků do zkušebny do provedení zkoušky byl vzorek uložen v uzavřeném prostředí zkušební haly při teplotě vzduchu $(23 \pm 5) ^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $(50 \pm 5) \%$.

Průběh zkoušky

Vzorek 01

Dveře plné hladké sendvičové otevíráním DK do pece (závěsy uvnitř pece)

Čas (min): *Pozorování:*

4. NS – únik šedého dýmu ze spár mezi DK a zárubní
OS – hoření vzorku, v prostoru pece hustý šedý dým – nepozorovatelné
7. NS – větší únik šedého dýmu ze spáry na závěsové straně vzorku, v místech tmavnutí povrchu DK
OS – v prostoru pece hustý šedý dým
16. NS – větší únik šedého dýmu z horní spáry a ze spáry na závěsové straně vzorku, v místech tmavnutí a zčernání povrchu DK, z horní spáry odpadávání ohořelého dorazového těsnění
OS – v prostoru pece hustý šedý dým
18. NS – větší únik šedého dýmu z horní spáry a spáry na závěsové straně vzorku, v místech zčernalý povrch DK a zárubně, z horní spáry odpadávání a odkapávání dorazového těsnění, vznik průsvitu z pece v horní spáře v blízkosti levého horního vzorku
OS – v prostoru pece hustý šedý dým
21. NS – silný únik šedého dýmu z horní spáry a spáry na závěsové straně vzorku, v místech zčernalý a ohořelý povrch DK a zárubně, zvětšení průsvitu z pece v horní spáře v blízkosti levého horního rohu vzorku
OS – v prostoru pece hustý šedý dým
30. NS – silný únik šedého dýmu z horní spáry a spáry na závěsové straně vzorku, v místech zčernalý a ohořelý povrch DK a zárubně, zvětšení průsvitu z pece v horní spáře v blízkosti levého horního rohu vzorku, krátkodobé hoření plamene ze spáry na závěsové straně vzorku
- 33.** NS – trvalý plamen ze spáry na závěsové straně a z levého horního rohu vzorku – **porušení celistvosti vzorku**, koule bez viditelného poškození
OS – v prostoru pece šedý dým, silně ohořelý dřevěný rám DK, výplň DK bez viditelného poškození, klika odtavená
34. ukončení sledování a měření vzorku, zakrytí vzorku zástěnou

Vzorek 02

Dveře celoprosklené hladké sendvičové otvíráním do pece (závěsy uvnitř pece)

Čas (min): **Pozorování:**

2. NS – praskání ve vzorku, vznik prasklin ve skleněné tabuli vzorku
4. NS – praskání ve vzorku, rozšiřování prasklin ve skleněné tabuli vzorku, zapěňování výplně skleněné tabule – místy tmavé skvrny, únik šedého dýmu ze spár mezi DK a zárubní
OS – hoření vzorku, v prostoru pece hustý šedý dým – nepozorovatelně
7. NS – únik šedého dýmu ze spáry na závěsové straně vzorku, v místech tmavnutí spár, zapěňování výplně skleněné tabule – rozšiřování tmavých skvrn
OS – v prostoru pece hustý šedý dým
16. NS – větší únik šedého dýmu z horní spáry a ze spáry na závěsové straně vzorku, v místech tmavnutí a zčernání povrchu DK, výplň skleněné tabule zapěněná bez tmavých skvrn
OS – v prostoru pece hustý šedý dým
18. NS – větší únik šedého dýmu z horní spáry a spáry na závěsové straně vzorku, v místech zčernalý povrch DK a zárubně, z horní spáry odpadávání dorazového těsnění, vznik průsvitu z pece v horní spáře v blízkosti pravého horního vzorku, výplň skleněné tabule zapěněná bez tmavých skvrn
OS – v prostoru pece hustý šedý dým
21. NS – větší únik šedého dýmu z horní spáry a spáry na závěsové straně vzorku, v místech zčernalý a ohořelý povrch DK a zárubně, zvětšení průsvitu z pece v horní spáře v blízkosti pravého horního rohu vzorku
OS – v prostoru pece hustý šedý dým
29. NS – únik šedého dýmu z horní spáry a spáry na závěsové straně vzorku, v místech zčernalý
a ohořelý povrch DK a zárubně, zvětšení průsvitu z pece v horní spáře v blízkosti pravého horního rohu vzorku, v místě průsvitu provedena zkouška bavlněným polštářkem – bez porušení celistvosti vzorku, vznik tmavých skvrn ve výplni skleněné tabule
34. NS – únik šedého dýmu z horní spáry a spáry na závěsové straně vzorku, v místech zčernalý
a ohořelý povrch DK a zárubně, zvětšení průsvitu z pece v horní spáře v blízkosti pravého horního rohu vzorku, rozšiřování tmavých skvrn ve výplni skleněné tabule

- OS – v prostoru pece šedý dým, silně ohořelý dřevěný rám DK, napěněná výplň skleněné tabule zčernalá, tavení vnitřního skla tabule, klika odtavená
38. NS – zvětšení průsvitu z pece v horní spáře v blízkosti pravého horního rohu vzorku, v místě průsvitu provedena zkouška bavlněným polštářkem – **porušení celistvosti vzorku**, vznik průsvitu z pece ve spáře na závěsové straně v horní polovině vzorku, v místech zčernalý a ohořelý povrch DK a zárubně, únik šedého dýmu ze spár po obvodu DK, z horních spár odpadávání a odkapávání dorazového těsnění, rozšiřování tmavých skvrn ve výplni skleněné tabule
- OS – beze změn
41. NS – krátkodobé hoření plamene ze spáry na zámkové straně vzorku
43. NS – trvalé hoření plamene ze spáry na zámkové straně vzorku – **další porušení kritéria celistvosti vzorku**, ukončení zkoušky po dohodě s objednatelem

Výsledky zkoušky

Zavírací síla vyvozená dveřními samozavírači Meroni typu DC310, měřená byla

- pro vzorek 01 $F = 32,0 \text{ N}$
- pro vzorek 02 $F = 38,6 \text{ N}$

Po dohodě s objednatelem byla mechanická ramena dveřních samozavíračů před a během zkoušky odpojena.

Kritéria dosažení mezních stavů

Celistvost - tímto kritériem je doba uběhnutého času v celých minutách, po kterou zkušební prvek zachovává při zkoušce svou dělicí funkci, aniž by došlo k následujícímu:

- a) vznícení příkládaného bavlněného polštářku, nebo
- b) umožnění průchodu měrky, nebo
- c) souvislému plamennému hoření.

Izolace - tímto kritériem je doba uběhnutého času v celých minutách, po kterou zkušební prvek zachovává při zkoušce svou dělicí funkci, aniž by na neohřívané straně byly dosaženy teploty, které způsobí:

- a) vzrůst průměrné teploty nad počáteční průměrnou teplotu o více než $140 \text{ }^{\circ}\text{C}$; nebo
- b) vzrůst teploty v kterémkoliv místě nad počáteční průměrnou teplotu o více než $180 \text{ }^{\circ}\text{C}$

s výjimkou případu, kdy limit pro vzrůst teploty na zárubni dveřní sestavy je 360 °C.

Radiace - radiální kritérium je splněno, dokud naměřená radiace není větší než 15 kW.m⁻². Zaznamenává se, kdy naměřená hustota tepelného toku překročila hodnotu 5, 10, 15, 20 a 25 kW.m⁻².

Vyjádření výsledků zkoušky

Vzorek 01 – dveře plné hladké otevíráním dveřního křídla do pece (závěsy uvnitř pece) - tab. 18.

Kritérium	Jev	Naměřená hodnota	Hodnocení kritéria
Celistvost	Bavlněný polštářek	32 min	32 min
	Průchod měřky spár	33 min	33 min
	Trvalé plamenné hoření	32 min	32 min
Izolace – dveřní křídla	Průměrná teplota	33 min, bez	32 min ¹⁾
	Maximální teplota	33 min, bez	32 min ¹⁾
	Maximální teplota – doplňkový postup měření	32 min	32 min
Izolace – zárubeň	($\Delta T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$)	33 min, bez	32 min ¹⁾
	($\Delta T = 360 \text{ }^\circ\text{C}$)	33 min, bez	32 min ¹⁾
Radiace	15 kW.m ⁻² (neměřena) ³⁾	33 min, bez	32 min ²⁾

Tab. 18: Výsledek zkoušky plných dveří – varianta 01

- Poznámka: ¹⁾ Kritérium „izolace“ se automaticky pokládá za porušené, poruší-li se kritérium „celistvosti“
- ²⁾ Porušení kritéria celistvosti „způsobené trhlinami nebo otvory většími než stanovené rozměry“ nebo „souvislým hořením na neexponované straně“ znamená automaticky porušení kritéria radiace .
- ³⁾ Měření radiace s teplotou nižší než 300 °C se nepožaduje, neboť radiace z takového povrchu je nízká - průměrné teploty na NS vzorku nepřekročily 300 °C. Kritérium mezního stavu radiace nebylo v době trvání zkoušky dosaženo pro žádnou z úrovní radiace podle .

Vzorek 02 – dveře celoprosklené hladké otevíráním dveřního křídla do pece (závěsy uvnitř pece) – tab. 19.

Kritérium	Jev	Naměřená hodnota	Hodnocení kritéria
Celistvost	Bavlněný polštářek	37 min	37 min
	Průchod měřky spár	42 min	42 min
	Trvalé plamenné hoření	42 min	42 min
Izolace – dveřní křídla	Průměrná teplota	42 min, bez dosažení	37 min ¹⁾
	Maximální teplota	42 min, bez dosažení	37 min ¹⁾
	Maximální teplota – doplňkový postup měření	42 min, bez dosažení	37 min ¹⁾
Izolace – zárubeň	($\Delta T = 180\text{ °C}$)	42 min, bez dosažení	37 min ¹⁾
	($\Delta T = 360\text{ °C}$)	42 min, bez dosažení	37 min ¹⁾
Radiace	15 kW.m ⁻²	42 min, bez dosažení (max. 0,87 kW.m ⁻²)	42 min ²⁾

Tab. 19: Výsledek zkoušky prosklených dveří – varianta 02

- Poznámka: ¹⁾ Kritérium „izolace“ se automaticky pokládá za porušené, poruší-li se kritérium „celistvosti“.
- ²⁾ Porušení kritéria celistvosti „způsobené trhlinami nebo otvory většími než stanovené rozměry“ nebo „souvislým hořením na neexponované straně“ znamená automaticky porušení kritéria radiace.

Oblast přímé aplikace

Oblast přímé aplikace na základě výsledků zkoušky je možná v souladu s ČSN EN 1363-1 čl. A.1 a A.2 a ČSN EN 1634-1 čl. 13. Konkrétní možnosti přímé aplikace výsledků zkoušky jsou specifikovány v protokolu o klasifikaci.

Uplatnění výsledků zkoušky

Výsledky zkoušky se týkají pouze zkoušeného vzorku včetně způsobu osazení v konstrukci. Tyto vzorky a jejich způsob provedení jsou podrobně popsány v protokolu, zkušební podmínky a výsledky získané při zkoušení zde popsaného specifického prvku konstrukce podle postupu uvedeného v ČSN EN 1363-1 a ČSN EN 1634-1, případně ČSN EN 1363-2. Protokol nepojednává o žádných význačných odchylkách pokud jde o velikost konstrukční podrobnosti, zatížení, napětí, okrajové nebo koncové podmínky, kromě těch, které jsou dovoleny oblastí přímé aplikace výsledků zkoušky.

Konstrukční parametr: Tloušťka dveřního křídla nebo panelu

Varianta: Zvětšení

Možnost rozšíření: Připouští se podle přímé aplikace a umístění jakéhokoliv zpěňujícího materiálu, musí zůstat ve stejné poloze vzhledem k účinné hloubce polodrážky a materiálu jádra, jinak se nepřipouští bez doplňkové zkoušky. U dvoukřídlových dveří musí být obě křídla stejné tloušťky.

ČSN EN 1634-1 čl. 13.2.2.1

5.5 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické porovnání produktu standardní stavebnice dřevěných vchodových dveří a protipožární stavebnice dřevěných vchodových dveří bylo provedeno na základě ceny původního produktu a nově navržených výrobků. Označení Exclisiv + příslušná stavební hloubka je obchodní označení standardní stavebnice dřevěných sendvičových vchodových dveří. Označení Exclisiv Ignis + příslušná stavební hloubka je obchodní označení protipožární stavebnice dřevěných sendvičových vchodových dveří.

Porovnání jsem prováděl pouze na dřevině označené jako smrk prémium – jedná se o kompozitní materiál na bázi dřeva s vrchní okrasnou dýhou s reprodukovatelnou texturou. Porovnání jsem prováděl u plných sendvičových vchodových dveří bez světelných výřezů. Dále pro lepší přehled a porovnání kování je u varianty protipožární uvedena cena bez samozavírače. Vždy se jedná o produkt bez konečné povrchové úpravy, tuto si provádí každý

zákazník sám dle systému povrchové úpravy, který standardně aplikuje (Remmers, Adler, Zobel, Siekens apod.), viz tab.20.

	Exclusiv 68	Exclusiv Ignis 68	Exclusiv 78	Exclusiv Ignis 78	Exclusiv 92	Exclusiv Ignis 92
Prodejní brutto cena	15500,- Kč	29 100,- Kč	16 200,- Kč	32 300,- Kč	17 700,- Kč	34 300,- Kč
Výrobní náklady	9 000,- Kč	19 000,- Kč	9 500,- Kč	20 000,- Kč	10 000,- Kč	22 000,- Kč
Zvýhodněná cena kování, netto cena	4 207,- Kč	5 200,- Kč	4 238,- Kč	5 330,- Kč	4 191,- Kč	5 530,- Kč
Připojovací spára Netto cena, je pouze u Exclusiv Ignis		827,- Kč		827,- Kč		967,- Kč

Tab. 20: Ekonomické porovnání produktů se standardními výrobky

Celkově vynaložené náklady na získání certifikace na protipožární stavebnice vchodových dveří. Provedení zkoušky, příprava zkoušky a vystavení certifikátů celkem 200 000,- Kč, výroba dvou kusů vzorků pro zkoušky 38 000,- Kč, náklady spojené s instalací vzorků ve zkušebně 10 000,- Kč. Celkem veškeré náklady na protipožární dveře 248 000,- Kč. Oproti tomu se nám již v roce 2016 podařilo vyrobit a prodat 21 ks stavebnic protipožárních vchodových sendvičových stavebnic a to v provedení 2 ks Exclusiv Ignis 68 a 19 ks Exclusiv Ignis 92. Celkem tedy prozatím provedena výroba tohoto produktu za 709 900,- Kč, při výrobních nákladech 456 000,- Kč. Lze tedy konstatovat, že se nám podařilo během prvního čtvrtletí roku 2016 produkcí protipožárních stavebnic kompozitních vchodových dveří pokrýt náklady na zkoušky a uvést se na trhu.

Podle našeho průzkumu trhu a odezvy na nabídky našich obchodníků tohoto produktu je předpoklad, že do konce roku ještě vyrobíme a prodáme asi 50 ks stavebnic protipožárních vchodových sendvičových dveří a to převážně Exclusiv Ignis 92. To by znamenalo v prodejní ceně 1 715 000,- Kč, při výrobních nákladech 1 100 000,- Kč. Myslím, že celkově lze tento projekt nazvat jako úspěšný.

6 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout optimální skladbu materiálu na bázi dřeva s protipožárními vlastnostmi. Navržený materiál bude uplatnitelný na dveřní křídla, případně ve stavbách na bázi dřeva. Budou hodnoceny vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti s ohledem na druh použitého lepidla ve vztahu na pevnost lepeného spoje, odolnost proti mechanickému namáhání. Součástí práce bylo provedení experimentu, jenž byl zaměřen na posouzení uvedených parametrů. Budou porovnávány alespoň dva typy vchodových dveří za účelem dosažení co možná nejlepších výsledků pro konečného uživatele.

Základní snahou bylo docílit co nejlepších vlastností vchodových dveří z pohledu protipožárních vlastností, ale přitom, aby nebyly tyto dveře nijak zásadně degradovány z pohledu tepelně izolačních a akustických vlastností. Každá tato zmiňovaná problematika má vlastní požadavky na konstrukci samotných dveří, ale mojí snahou bylo co nejvíce se přiblížit standardnímu vyráběnému produktu.

Zabýval jsem se problematikou dřeva, zejména jeho vhodností z hlediska požární bezpečnosti. Zaměřil jsem se na problematiku zabezpečení vchodových dveří, jaké jsou na ně požadavky a jaké je jejich využití. Bylo nutné také posoudit konkurenční produkty a požadavky trhu na protipožární vchodové dveře a legislativu k dané problematice.

Testovány byly fyzikální a mechanické vlastnosti kompozitních materiálů na bázi dřeva a masivních materiálů. Byl posouzen navrhovaný produkt dle požadavků na požární bezpečnost staveb - Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí dle ČSN EN 73 0810. V práci jsem uvedl rozdíly v tepelně izolačních vlastnostech námi vyráběných standardních sendvičových stavebnicích vchodových dveří a protipožárních sendvičových stavebnic vchodových dveří. Jak je patrné, tyto rozdíly jsou nepatrné. To znamená, že se nám podařilo docílit toho, co jsme si zadali za cíl. Dále jsem vysvětlil, proč nebyl jako izolant použit PIR materiál.

Jako bezesporu největší úspěch této své práce spatřuji v tom, že se podařilo najít vhodné materiály a z těchto vyrobit stavebnici sendvičových vchodových dveří, tyto certifikovat a dnes standardně na trhu nabízet, vyrábět a realizovat, tak jak je uvedeno v ekonomickém vyhodnocení. Podařilo se mi zde skloubit teorii s praxí a to považuji za největší úspěch.

Summary

The topic of this thesis was to create the optimal composition of wood-based material with fire-resistant ability. Chosen material will be applied on the front doors, potentially on other wood-based constructions. There has been an evaluation done on selected physical and mechanical features considering the type of applied glue and its influence on the glued joints strength and mechanical resistance of the whole new construction. The thesis also includes an experiment that has focused on the door parameters evaluation. Comparison of at least two types of the front doors will be carried out in order to achieve the best possible result for the final users.

The main aim of my thesis was to reach the best possible fire-resistant features alongside with making sure the doors don't significantly degrade their thermal insulation and acoustic abilities. Each of these issues mentioned has its own requirements for the design of the door itself, but my aim was to get as close as possible to the standard-produced product. I dealt with the issue of wood, particularly its suitability in terms of fire safety. I focused on the issue of the front door security, the requirements and their usage. It was also necessary to assess the competitive products and market requirements for fire front doors and legislation on the matter.

The wood-based materials and solid materials were tested for their physical and mechanical parameters. The suggested product was assessed according to the requirements of fire-resistant safety - as required by ČSN EN 73 0810. I mentioned the differences between standard sandwich constructions produced by our company and standard sandwich building kits of fire-resistant entrance doors. The differences are insignificant. This means that my target was met. I also explained why the material PIR could not be used as an insulating layer.

I see the biggest success of my thesis in finding suitable materials and creating front door building kit, its certification, its market introduction and of course its current production, as I stated in the economic evaluation part of my thesis. I managed to combine theory with real production which I consider to be the greatest success.

Použitá literatura

- BÖHM, M., REISNER, J., BOMBA, J. Materiály na bázi dřeva. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012, 183 s. ISBN 978-80-213-2251-6.
- BOMBA, J., ŠEDIVKA, P., BÖHM, M., DEVERA, M. Influence of Moisture Content on the Bond Strength and Water Resistance of Bonded Wood Joints. *BioResources*, 2014, roč. 9, č. 3, s. 5208-5218. ISSN: 1930-2126.
- CLAUß, S., JOSCAK, M., NIEMZ, P. Thermal stability of glued wood joints measured by shear tests. *European Journal of Wood and Wood Products* [online]. 2011, vol. 69, issue 1, s. 101
- ČSN EN 204. Klasifikace termoplastických lepidel na dřevo pro nekonstrukční aplikace. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- ČSN EN 205. Lepidla – Lepidlo na dřevo pro nekonstrukční aplikace. Stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- ČSN EN 302-1. Lepidla pro nosné dřevěné konstrukce – Zkušební metody – Část 1: Stanovení podélné smykové pevnosti při tahovém namáhání. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- ČSN EN 302-2. Lepidla pro nosné dřevěné konstrukce – Zkušební metody – Část 2: Stanovení odolnosti proti delaminaci. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- FUČILA, J. – SZOMOLÁNYIOVÁ, K. – PUŠKÁR, A. Okna, dveře, prosklené stěny, Bratislava: Vydavatelství Jaga group, v. o. s., 2003. 255 s. ISBN 80-88905-47-8.
- HÁJEK, V. *Stavíme ze dřeva*. 1. vyd. Praha: Sobotáles, 1997. 153 s. ISBN 80-85920-44-1.
- IFT-RICHTLINIE HO-10/1. Massive, keilgezinkte und lamellierte Profile für Holzfenster. Anforderungen und Prüfung. Rosenheim institut für Fenstertechnik e.V. –IFT-, 2002.
- KRÁL, P., HRÁZSKÝ, J. Kompozitní materiály na bázi dřeva. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 206 s. ISBN 80-715-7878-9
- KRÁL, P. Dýhy, překližky a lepené materiály. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011, 241 s. ISBN 978-80-7375-552-2.

KRÁL, P. -- PASCHOVÁ, Z. -- TESAŘOVÁ, D. -- ČECH, P. -- DĚCKÝ, D. -- KLÍMEK, P. -- KRAMÁR, S. -- LINHART, V. -- MISHRA, P. K., Development of methodic for routine chromatographic determination of formaldehyde with use of technique "headspace" in adhesives and composite materials in the sequel with applied use for production of glued wood based materials -- assessment of bond line strength of molded plywood. In *SilvaNet – WoodNet 2015* . Mendelova univerzita v Brně, 2015, s. 97--98. ISBN 978-80-7509-364-6.

KUKLÍK, P. Dřevo jako stavební materiál. In: *Prolignum* [online]. 2013 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: http://www.prolignum.cz/fileadmin/prolignum/media.cz/Holzbaukurs/Kapitel_1-PK.pdf

KUKLÍK, P. Dřevo a jeho chování při požáru. In: *Prolignum* (online) 2010

Dostupné

http://www.prolignum.cz/fileadmin/prolignum/media.cz/10_Drevo_a_jeho_chovani_pri_pozaru

MRŇOUS, V. 2010 Pevnost lepených spojů listnatých druhů dřev, vystavených extrémním podmínkám. Bakalářská práce Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. 70 s.

NUTSCH, W. A KOL – Odborné kreslení a základní konstrukce pro truhláře, Europa-Sobotáles cz.s.r.o., Praha 2007

NUTSCH, W. *Konstrukce v interiéru: vnitřní dveře, dřevěná obložení, vestavěné skříně*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. 446 s. Stavitel. ISBN 80-247-1276-8.

SEDLIAČIK, M., SEDLIAČIK, J. Chemické látky v dřevárskom priemysle. Vyd. 1 Ve Zvoleně: Technická univerzita vo Zvolene, 1998, 286 s. ISBN 80-228-0745-1

Elektronické zdroje

BOONSTRA, M., SERNEK, M., PIZZI, A., DESPRES, A., GÉRARDIN, P. Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives. *Holz als Roh- und Werkstoff* [online]. 2008, vol. 66, issue 3, s. 173-180 [cit. 2015-03-15]. DOI: 10.1007/s00107-007-0218-0. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00107-007-0218-0>

CLAUß, S., JOSCAK, M., NIEMZ, P. Thermal stability of glued wood joints measured by shear tests. European Journal of Wood and Wood Products [online]. 2011, vol. 69, issue 1, s. 101-111 [cit. 2015-03-15]. DOI: 10.1007/s00107-010-0411-4. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00107-010-0411-4>

[http://nekonecnapohoda.blog.cz/0512/historicke-konstrukce-co-o-nich-nevite-cast- 2 a 3](http://nekonecnapohoda.blog.cz/0512/historicke-konstrukce-co-o-nich-nevite-cast-2-a-3)

STARÁ, Z. Požární uzávěry – zkoušení, klasifikace, použití v praxi

Dostupné z:

<http://www.cervenkohout.eu/cs/prednasky-41>

Přílohy



Zcela nehořlavá deska vyrobená z exfoliovaného vermikulitu a anorganického pojiva. Materiál neobsahuje žádné zdraví škodlivé látky, je zcela bez azbestu, vláken či organických látek.

Parametry

Typ	Grenamat AL		
Popis	vermikulitová deska		
Rozměry desek	mm	1220 x 2440 x tl. 8 -55mm	
Objemová hmotnost	kg/m ³	800 – 480 v závislosti na tloušťce desky	
Tolerance tloušťky	mm	± 0,3	
Tolerance hrubého formátu	mm	± 5	
Třída hořlavosti dle DIN 4102	A1, nehořlavá - bez povrchové úpravy		
Reakce na oheň dle EN 13 501:1	A1, nehořlavá - bez povrchové úpravy		
Reakce na oheň dle EN 13 501:1+A1:2010 Protokoly Pavus a.s.	A2-s1,d0 – s povrchem dýha, CPL, papír PK1-01-11-037-C-0 / PRA1-01-11-037-C-1		
Index šíření plamene i _s bez povrchové úpravy s povrchem dýha s povrchem papír s povrchem HPL – M1, F1 s povrchem Oberflex	mm/min	00,00 46,20 26,80 00,00 40,50	
Odolnost proti nasákavosti vody dle CSN EN 12 087	g/cm ³	2 hod 0,12	24 hod 0,28
Pevnost v ohybu (v podélném i příčném směru)	MPa	tl.desky 10 mm 4,10	tl.desky 19 mm 3,60
Pevnost v tlaku	MPa	2,95	
Pevnost proti vytržení šroubu CSN EN 320 bez povrchové úpravy s povrchem dýha s povrchem papír s povrchem HPL s ocelovou hmoždinkou	N	tl.desky 10 mm 350 430 450 595	tl.desky 19 mm 425 470 475 640 790
Zvuková neprůzvučnost dle ČSN EN ISO 140-3	dB	tl.desky 12 mm; 28	24 mm; 29
Hodnota pH	5,5		
Součinitel odporu proti difúzi plynů	μ	1,5 . 10 ⁻⁷ m ²	
Tepelná vodivost při 20 °C	W/mK	0,17	
Tepelná roztažnost	m/mK	8,5 . 10 ⁻⁶	
Obsah vlhkosti (baleno ve fólii)	%	4 - 8	
Chemické složení:	Al ₂ O ₃ SiO ₂ MgO Alkali	%	9,10 54,75 23,48 5,21



NEOPUR 2238RR

- Popis výrobku:** Neopur 2238RR je vlhkostí vytvrzující jednosložkové lepidlo bez plniv a rozpouštědel pro výrobu sendvičových panelů.
- Báze:** Polyuretanový prepolymer
- Technické údaje:**
- | | |
|------------------------------------------------|--------------|
| Viskozita při 25°C [mPas]: | 2000-4500 |
| Hustota [g/cm ³]: | ca. 1,13 |
| Otevřený čas [min]: | ca. 13-18 |
| Obsah NCO [%]: | ca 15.5-16.5 |
| Pevnost v tahu při Al-Al [N/mm ²]: | 10 |
| Barva: | hnědá |
- *Viskozita sa udává při 25 °C v době výroby. Nepatrné odchylky mohou vzniknout skladováním.
- | | | |
|----------------|------|---------|
| Lisovací čas : | 20°C | 45 min |
| | 40°C | 20 min. |
| | 60°C | 7 min. |
- Aplikace:** Lepidlo aplikujte stěrkou, válečkem, vytékáním z trysek či stříkací pistolí na jednu lepenou plochu v rovnoměrné vrstvě. Doba lisování a konečného vytvrzení závisí na vlhkosti (materiálu a prostředí), proto v případě nízké vlhkosti, musí být povrch filmu lepidla porosený vodou, aby se urychlil proces zesíťování. Lepený povrch musí být suchý, bez prachu a mastnoty. Během vytvrzování musí být obě plochy v neustálém kontaktu. V některých případech je požadované povrch před lepením zdrsnit (zejména kovy). Existují i prostředky, které zvýší adhezi lepidla zejména na obtížně lepitelných materiálech, v tomto případě však doporučujeme kontaktovat naše technické oddělení.
- Čistění:** Před vytvrzením suchou hadrou. Po vytvrnutí pouze mechanicky, např. brusným papírem.
- Balení:** 55kg a 225kg sudy, menší obaly dle požadavku
- Skladování:** Minimální doba uskladnění v originálních a dobře uzavřených obalech na suchém a chladném místě (15 - 25°C) je 6 měsíců od vyskladnění.
- Poznámka:** Další upozornění k manipulaci, transportu a likvidaci jsou uvedené v Bezpečnostním listě.

Informace uvedené v tomto technickém listě jsou založené na praktických zkušenostech a výsledcích našich laboratorních testů. Hodnoty jsou průběžně aktualizované podle posledního stavu technologie. Toto vydání nahrazuje všechny dosavadní vydání a je platné od uvedeného data.

STEPROCK HD

POLOTUHÁ TEPELNĚIZOLAČNÍ AKUSTICKÁ DESKA

• POPIS VÝROBKU

Polotuhá deska z kamenné vlny (minerální plsti) pojené organickou pryskyřicí, v celém objemu hydrofobizovaná.

• OBLAST POUŽITÍ

Doporučená izolace pro lehké akustické plovoucí podlahy – systém AKUFLOOR® – viz samostatný montážní návod.

Deska Steprock HD je určena pro stavební tepelné a akustické izolace lehkých plovoucích podlah s požadavky na snížení kročejové a vzduchové neprůzvučnosti. Deska Steprock HD odolává rovnoměrně rozloženému tlaku, který má být roznášen pomocí dvou křížově položených vrstev nosných desek (např. podlahový sádrokarton, dřevotřískové, dřevostěpkové nebo cementotřískové desky).

• VLASTNOSTI KAMENNÉ VLNY ROCKWOOL

Tepelně izolační schopnosti. Nehořlavost – ochrana proti šíření plamene a požáru. Zvuková pohltivost. Vodoodpudivost a odolnost proti vlhkosti – deska je v celém objemu hydrofobizovaná. Paropropustnost. Rozměrová stálost.

• BALENÍ

Desky Steprock HD jsou baleny do polyetylenové fólie s označením výrobce a základními údaji o výrobku na štítku.

ROCKWOOL je zapojen do systému sdruženého plnění povinností zpětného odběru a využití odpadů z obalů „Systém tříděného sběru v obcích EKO-KOM“.

ROZMĚRY, VÝROBNÍ SORTIMENT A BALENÍ

Tloušťka	(mm)	20	25	30	40	50	60
Délka x šířka	(mm)	1000 x 600					
m ² / balík		7,2	4,8	6,0	3,6	2,4	2,4

Nestandardní rozměry po dohodě s ROCKWOOL, a. s.

TECHNICKÉ PARAMETRY

Vlastnost	Označení	Hodnota	Jednotka	Norma
Třída reakce na oheň	---	A1	---	ČSN EN 13501-1
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti	λ_D	0,039	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	ČSN EN 12667, 12939
Třída tolerance tloušťky	---	T6	---	ČSN EN 13162
Napětí v tlaku při stlačení 10 %	σ_{10}	≥ 30	kPa	ČSN EN 826
Dynamická tuhost	tloušťka 30 mm	21	MN/m ³	ČSN EN 29052-1
	tloušťka 40 mm	16		
Rozměrová stabilita při určené teplotě	DS(T+)	≤ 1	%	ČSN EN 1604
Krátkodobá nasákavost	W_p	≤ 1	kg.m ⁻²	ČSN EN 1609
Dlouhodobá nasákavost	W_{pb}	≤ 3	kg.m ⁻²	ČSN EN 12087
Faktor difuzního odporu	μ	1	(-)	ČSN EN 12086
Zatížení stavby vlastní tíhou	---	max. 1,373	kN.m ⁻³	ČSN EN 1991-1-1
Měrná tepelná kapacita	c_p	840	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	ČSN 73 0540
Bod tání	t_f	> 1000	°C	DIN 4102
ES certifikát shody	1390-CPR-0168/09/P		Centrum stavebního inženýrství (CSI) a.s. Praha	
Systém řízení jakosti	ISO 9001:2008 – certifikát č. CZ002279-1		Bureau Veritas Certification, s.r.o. Praha	
Systém péče o životní prostředí	ISO 14001:2004 – certifikát č. CZ002280-1		Bureau Veritas Certification, s.r.o. Praha	
Kód výrobku	MW-EN 13162-T6-DS(T,-)-CS(10)30-SD21 ¹⁾ -SD16 ²⁾ -WS-WL(P)-CP(4)-MU1			

Přílohy – fotodokumentace z průběhu zkoušky









