

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva



Bakalářská práce

Přehled konstrukce panelů pro výrobu dřevostaveb

Viktor Kořínek

© 2011 ČZU v Praze



Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra zpracování dřeva

Fakulta lesnická a dřevařská
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

student: Viktor Kořínek
obor: Dřevařství

Název tématu: Přehled konstrukce panelů pro výrobu dřevostaveb

Název tématu v anglickém jazyce: Structure panels for wooden constructions

Zásady pro vypracování:

1. Vytvoření časového harmonogramu zpracování BP.
2. Seznámení s uvedenou problematikou.
3. Formulace rozboru problematiky a výběr jednotlivých typů konstrukcí.
4. Provedení literární rešerše.
5. Odevzdání práce v tištěné i elektronické podobě (součástí bakalářské práce je i abstrakt a klíčová slova v českém a světovém jazyce – angličtině).



Rozsah grafických prací: 10 – 20 str.

Rozsah průvodní zprávy: 30 – 50 str.

Seznam odborné literatury:

1. Baker, W. A. (2002) Wood Structural Panels in Wood Handbook, APA – The Engineered Wood Association. McGraw-Hill Companies, Inc. ISBN: 0-07-136029-8.
2. Hrázský, J., Král, P. (2007) Kompozitní materiály na bázi dřeva – Část I a Část II. MZLU Brno.
3. Kuklík, P. (2006) Dřevěné konstrukce. ČKAIT, Praha.
4. Webové stránky a prospekty firem vyrábějících jednotlivé typy panelů.

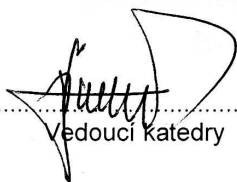
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: 14. 4. 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2011




.....
Vedoucí katedry


.....
Děkan

V Praze dne

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Přehled konstrukce panelů pro výstavbu dřevostaveb“ vypracoval samostatně a použil jsem jen té literatury, která je uvedena v seznamu použité literatury.

V Praze dne 27.4.2011

Poděkování

Mé upřímné poděkování patří Ing. arch. Vojtěchu Lejsalovi, CSc., zesnulému vedoucímu bakalářské práce a Ing. Martinu Böhmovi, Ph.D. za obětavou pomoc, ochotu a cenné připomínky, které mi v průběhu pracování poskytli.

Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi jakkoliv pomohli a při zpracování práce podpořili. Díky patří i firmám Fermacell, KLH, Europanel a K-kontrol za spolupráci při vyhotovování práce.

V neposlední řadě patří mé poděkování celé rodině za morální pomoc a podporu při studiu.

Přehled konstrukce panelů pro výrobu dřevostaveb

Structure panels for wooden constructions

Abstrakt

Trh s dřevěnými stavbami se v současné době velmi rychle rozrůstá. S ním roste i množství konstrukčních systémů na trhu. Jedním z mnoha konstrukčních systémů dřevostaveb jsou panelové konstrukce. Tato práce shrnuje typy dřevěných prefabrikovaných panelových konstrukcí pro výstavbu dřevostaveb a obsahuje jejich rozdělení, popis a možnosti použití stěnových panelů. Prefabrikované panely jsou rozděleny do kategorií podle rozměrů a předpřipravenosti. Dále se člení podle jejich konstrukce na CLT, SIPs a sendvičové panely. Pro přehledné porovnávání vlastností, jednotlivých konstrukcí panelů nebo stejných druhů panelů od jiných výrobců, byl vypracován podrobný přehled shrnující nejdůležitější mechanické a fyzikální vlastnosti uvedených panelů.

Klíčová slova: dřevostavba, dřevěný panel, materiál na bázi dřeva, konstrukce panelu, montáž panelu

Summary

The market for wooden buildings is growing very rapidly currently and number of components and systems available on the market follows this trend too. One of the many structural systems used for wooden houses are prefabricated structures. This bachelor's work summarizes various types of prefabricated wooden structures for construction of prefabricated wooden buildings and provides distribution, description and possibilities for wall panels usage. Prefabricated panels can be splitted into technical categories according to their size and readiness for usage. They are further splitted according to their design to CLT, SIPs and sandwich panels. For a clear comparison of panels with the same construction or panels made by different manufacturers there has been worked out a detailed overview summarizing the most important mechanical and physical features of these panels.

Keywords: timber construction, wooden panel, wood-based material, the panel construction, installation of the panel

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE A METODIKA.....	10
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	12
3.1	PREFABRIKACE.....	12
3.1.1	HISTORIE PREFABRIKACE.....	12
3.1.2	ROZDĚLENÍ PREFABRIKACE	13
3.1.3	PREFABRIKOVANÉ PANELE PODLE JEJICH ROZMĚRŮ	13
3.1.4	PREFABRIKACE PODLE STUPNĚ DOKONČENÍ PANELU	16
3.1.5	VÝHODY A NEVÝHODY PREFABRIKACE	17
3.2	HODNOCENÉ PARAMETRY PANELŮ NA BÁZI DŘEVA	18
3.2.1	DIFÚZNĚ OTEVŘENÁ A DIFÚZNĚ UZAVŘENÁ SKLADBA PANELŮ	18
3.2.2	TEPELNÝ ODPOR A SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	20
3.2.3	FAKTOR DIFÚZNÍHO ODPORU	21
3.2.4	POŽÁRNÍ ODOLNOST	21
3.2.5	VZDUCHOVÁ NEPRŮZVUČNOST	23
3.3	PŘEHLED KONSTRUKCE PANELŮ	23
3.3.1	CROSS LAMINATED TIMBER - CLT	24
3.3.1.1	KLH panely.....	25
3.3.1.2	Novatop-systém	27
3.3.1.3	Kaufmann panely	29
3.3.1.4	B & K Timber Structures.....	30
3.3.1.5	Holz100.....	31
3.3.1.6	Solid wood wall Massiv-holz-Mauer.....	32
3.3.2	SIPS PANELE	34
3.3.2.1	Europanel.....	34
3.3.2.2	K-kontrol panel	38
3.3.2.3	Kingspan TEK Building Systems	40
3.3.3	SENDVIČOVÉ PANELE	41
3.3.3.1	Xella- Fermacell panely	43
3.3.3.2	Konstrukce panelu 1 HT 11 s foukanou celulózovou izolací	45
3.3.3.3	Nosný stěnový panel s deskami Rigips.....	46
3.3.3.4	Panely Alfahaus Difu.....	48
4	ZÁVĚR A DISKUSE.....	50
5	SEZNAM ODBORNÉ LITERATURY.....	52
6	PŘÍLOHY.....	57

Seznam tabulek

TAB. 1 SYMBOLY PRO OZNAČOVÁNÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI.....	22
TAB. 2 STANOVENÍ STUPNĚ HOŘLAVOSTI STAVEBNÍCH HMOT.....	22
TAB. 3 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU KLH.....	25
TAB. 4 ZATÍŽENÍ PANELU KLH.....	26
TAB. 5 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU NOVATOP SOLID.....	27
TAB. 6 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU KAUFMANN M1 BSP CROSSPLAN	29
TAB. 7 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU MHM.....	32
TAB. 8 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI EUROPANELU PROFI 3000.....	34
TAB. 9 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU K-KONTROL 210.....	38
TAB. 10 POŽÁRNÍ ODOLNOST KONSTRUKCÍ ZE STAVEBNÍHO SYSTÉMU K-KONTROL®.....	39
TAB. 11 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU KINGSPAN.....	40
TAB. 12 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU FERMACELL 1 HT 11 S DŘEVOVLÁKNITOU IZOLACÍ.....	43
TAB. 13 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU FERMACELL 1 HT 11 S FOUKANOU CELULÓZOVOU IZOLACÍ.....	45
TAB. 14 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU S DESKAMI RIGIPS.....	46
TAB. 15 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PANELU ALFAHAUS DIFU.....	48

Seznam obrázků

OBR. 1 UKÁZKA POUŽITÍ STAVEBNÍCH MODULŮ.....	13
OBR. 2 UKÁZKA POUŽITÍ PANELŮ O VÝŠCE JEDNOHO PODLAŽÍ A ŠÍŘCE JEDNOHO METRU	14
OBR. 3 UKÁZKA POUŽITÍ PANELŮ O VÝŠCE O ROZMĚRECH CELÉ STĚNY.....	14
OBR. 4 UKÁZKA POUŽITÍ PANELŮ ROZDĚLENÝCH PODLE TVARU STĚNY.....	15
OBR. 5 UKÁZKA POUŽITÍ PROSTOROVÉ BUŇKY.....	16
OBR. 6 DIFÚZNĚ OTEVŘENÝ SYSTÉM STĚNY FERMACELL.....	20
OBR. 7 SCHÉMA ZNÁZORNĚNÍ JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ.....	23
OBR. 8 PANEL ZKONSTRUOVANÝ SYSTÉMEM CLT.....	24
OBR. 9 SCHÉMA A HODNOTY PANELU KLH JAKO VENKOVNÍ STĚNY.....	26
OBR. 10 PEVNOSTNÍ DIAGRAM PRO STĚNOVÝ PANEL 124 MM.....	28
OBR. 11 NOSNÝ PANEL NOVATOP SOLID BEZ OPLÁŠTĚNÍ (VRCHNÍ) A STATIC (SPODNÍ)...	29
OBR. 12 PEROVÝ SPOJ STĚNA- STĚNA.....	30
OBR. 13 SPOJ CLT PANELU SE ZÁKLADOVOU DESKOU.....	31
OBR. 14 UKÁZKA KONSTRUKCE PANELU HOLZ100 S BUKOVÝMI KOLÍKY.....	32
OBR. 15 UKÁZKA KONSTRUKCE PANELU MHM.....	33
OBR. 16 SLOŽENÍ EUROPANELU O ŠÍŘCE 170 MM.....	35
OBR. 17 SPOJOVÁNÍ EUROPANELŮ NA DŘEVO.....	36
OBR. 18 STROPNÍ NOSNÍKY ZAVĚŠENÉ DO KOVOVÝCH TRĚMENŮ.....	37
OBR. 19 NÁKRES KONSTRUKCE PER PANELU K-KONTROL.....	38
OBR. 20 SPOJENÍ DVOU PANELŮ KINGSPAN.....	41
OBR. 21 NAPOJENÍ STĚNA- ZÁKLADOVÁ DESKA.....	45
OBR. 22 NÁHLED PANELU RIGIDUR DIFÚZNĚ UZAVŘENÁ KONSTRUKCE.....	46
OBR. 23 UKÁZKA ZÁKLADNÍHO PANELOVÉHO MODULU.....	47
OBR. 24 UKOTVENÍ PANELU RIGIDUR DO ZÁKLADOVÉ DESKY.....	48
OBR. 25 SLOŽENÍ PANELU ALFAHAUS DIFU.....	49

Seznam příloh

PŘÍLOHA Č.1 DŮM ZE STĚNOVÝCH PANELŮ CLT	I
PŘÍLOHA Č.2 UKOTVENÍ PANELU CLT K ZÁKLADOVÉ DESCE.....	II
PŘÍLOHA Č.3 ROHOVÉ SPOJENÍ EUROPANELŮ	III
PŘÍLOHA Č.4 UKOTVENÍ EUROPANELU DO NA ZÁKLADOVÉ PRAHY	III
PŘÍLOHA Č.5 ZÁKLADOVÉ PRAHY PRO PANELY K-KONTROL.....	IV
PŘÍLOHA Č.6 PŘEHLED MECHANICKÝCH A FYZIKÁLNÍCH HODNOT STĚNOVÝCH PREFABRIKOVANÝCH PANELŮ 1. ČÁST	VI
PŘÍLOHA Č.7 PŘEHLED MECHANICKÝCH A FYZIKÁLNÍCH HODNOT STĚNOVÝCH PREFABRIKOVANÝCH PANELŮ 2. ČÁST	VII
PŘÍLOHA Č.8 INTERNETOVÉ STRÁNKY VÝROBCŮ PANELŮ	VIII

1 Úvod

Mnoho posledních desetiletí se na našem území upevňoval a rozšiřoval stavební průmysl založený na budování z betonu a z výrobků z pálené hlíny. Tento způsob výstavby velmi silně proniknul do povědomí lidí a zakořenil tam jako jediná správná alternativa pro výstavbu funkčních budov. Až v posledním desetiletí se u nás opět začíná silně rozšiřovat trend stavění ze dřeva a z materiálů na bázi dřeva. To vše především na základě úspěchu a velkého rozvoje dřevostaveb ve vyspělých Evropských zemích (Německo, Rakousko, Finsko, Norsko atd.), ve kterých je procento bytové výstavby ze dřeva mnohonásobně vyšší než v naší republice. Dalším hlediskem pro rozšiřující se trh s dřevostavbami je stále silnější ekologické myšlení naší společnosti a stále se snižující cena dřevostaveb, která již může konkurovat a v mnoha ohledech předčít stavby silikátové.

Se zvyšováním poptávky po stavbách z přírodních materiálů se v průběhu několika posledních desetiletí úměrně zvýšilo i množství výrobců a stavitelských firem, které se zabývají problematikou stavění budov z přírodních materiálů (převážně tedy ze dřeva). I díky tomu došlo v technologických postupech, úpravách materiálů a konstrukcích materiálů na bázi dřeva k obrovským pokrokům, které daly současnému stavitelství veliké možnosti. S tímto rozvojem vzniklo na trhu nepřehledné množství stavebních systémů a možností, jak dřevostavby realizovat. Z širokého výběru (například skeletových konstrukcí, masivních dřevostaveb, modulových konstrukcí, panelových konstrukcí atd.) byly vzhledem k velkému komerčnímu potenciálu vybrány pro zpracování v této bakalářské práci právě prefabrikované panelové konstrukce z velkoplošných materiálů na bázi dřeva. Dalším důvodem výběru tohoto tématu byla skutečnost, že dosud neexistoval žádný rozsáhlejší přehled typů a vlastností jednotlivých prefabrikovaných panelů.

2 Cíl práce a metodika

Cílem této bakalářské práce je vytvořit přehled konstrukcí velkoplošných stěnových panelů, které jsou v současné době průmyslově vyráběny a využívány pro stavbu budov převážně na našem území.

V práci je uveden historický vývoj prefabrikování panelů od dvacátého století do současnosti. Práce obsahuje výhody, nevýhody a důvody použití panelů. Jsou zde podrobně popsány rozdíly mezi jednotlivými druhy prefabrikace podle stupně předpřipravenosti a velikosti jednotlivých bloků.

Jsou představeny nejdůležitější parametry ovlivňující vlastnosti panelu a konstrukce celé budovy. Jejich veličiny jsou pro přehlednost definovány a popsány. Následně jsou uvedeny druhy konstrukce panelů (CLT, SIPs, sendvičové panely) s jejich výhodami, nevýhodami a použitím jednotlivých konstrukcí pro určité druhy staveb. K jednotlivým konstrukcím jsou přiřazeni výrobci a jsou porovnány různé typy konstrukce jednotlivých panelů od uvedených výrobců. Zpracovány jsou i mechanické a fyzikální vlastnosti, montáž panelů na staveništi a u každého výrobce je uvedena unifikovaná tabulka uvádějící nejdůležitější údaje stěnových panelů, které lze snadno porovnávat mezi sebou.

Tato práce nabízí možnost zorientovat se v současných možnostech panelové výstavby dřevostaveb a přináší podrobné technické informace a doporučení pro vybrání nejvhodnějšího typu panelu pro potřeby výstavby dřevostavby.

Dílčím cílem této bakalářské práce je vytvoření přehledu jednotlivých typů prefabrikovaných stěnových panelů na bázi dřeva, které jsou v současné době používány pro stavbu dřevostavba dřevěných konstrukcí. Je hodnocena jejich:

- a) konstrukce,
- b) mechanické vlastnosti,
- c) fyzikální vlastnosti,
- d) způsob montáže,
- e) jejich použití v praxi,
- f) porovnání jednotlivých konstrukčních systémů.

V práci jsou popsány hodnocené veličiny (jejich jednotky) a souvislost s vlastnostmi konstrukce. Bylo provedeno rozdělení na základní typy konstrukce panelů a uvedení několika výrobců od každého typu panelu.

K vypracování bakalářské práce bylo použito technických dokumentací na internetových stránkách výrobců panelů, odborné literatury a podkladů poskytnutých přímo výrobcem prostřednictvím elektronické pošty.

3 Literární rešerše

3.1 Prefabrikace

Prefabrikace, neboli předvýroba, je označení stavební technologie, při níž dochází k výrobě (montáži) stavebních prvků. Tyto prvky však nejsou konstruovány přímo na staveništi, nýbrž ve výrobních halách. V nich také proběhne logistická optimalizace, díky které budou na stavbu dováženy jednotlivé panely v takovém pořadí, aby je bylo možné kontinuálně montovat na stavbu. Prefabrikace se může týkat také skeletových konstrukcí nebo srubových dílců. V této práci se však budeme věnovat prefabrikaci panelů na bázi dřeva [1].

„Základní myšlenkou tovární prefabrikace je přesunutí výroby do kontrolovaných podmínek, a to především z důvodu ochrany před povětrnostními vlivy a přehlednější kontroly kvality výroby [1].“ Díky prefabrikaci je možné vyrábět panely i během zimy, či nepříznivých povětrnostních podmínek, čímž je značně prodloužena stavební sezóna a oproti běžným silikátovým stavbám může pokračovat i během zimních měsíců [1].

3.1.1 Historie prefabrikace

Vlivem masivního nástupu železa a betonu na začátku 20. století se dostalo dřevo jako konstrukční materiál do pozadí zájmů. Po druhé světové válce, kdy bylo potřeba nasadit maximální možnou míru prefabrikace v rámci rychlé renovace poničených evropských měst, se uplatňuje kromě betonu a oceli v prvních prefabrikovaných systémech i dřevo. V roce 1942 vyvinuli ve spojených státech Konrád Wachsmann a Waltr Gropin General Panel systém, což byl první sériově vyráběný dřevěný systém, určený zejména pro bytovou výstavbu [2]. *„Podobné prefabrikované systémy následují i v Evropě. V druhé polovině 20. století se již v masivním měřítku aplikují nejen prefabrikované dřevostavby, ale také novodobé těžké skelety a objevuje se lepené dřevo, které svými vlastnostmi konkuruje oceli a betonu [2].“*

Zatímco evropské země po druhé světové válce vidí v dřevostavbách optimální řešení a uchylují se k rozvoji tohoto druhu stavitelství, v novém poválečném Československu bylo dřevo označeno za strategickou surovinu. Dřevo bylo degradováno pouze na pomocný stavební materiál a konstrukce pro dočasné stavby. Celá poúnorová produkce a rozvoj plánovaného národního hospodářství byla v duchu sovětské vojenské doktríny orientována na třetí světovou válku. Šlo o zajištění dostatku

primárních zdrojů uhlí, oceli a cementu pro průmysl. Dřevěné konstrukce a výroba spotřebního zboží stála stranou [3]. Jedním ze známějších výrobců dřevěných staveb byla v sedmdesátých let RD Rýmařov. Ta jako první využívala prefabrikovaných panelů a jako jedna z mála v naší zemi stavěla dřevěné domy i za doby socialismu. Tehdy dřevěné domy OKAL, které byly velmi levné a žádané [4].

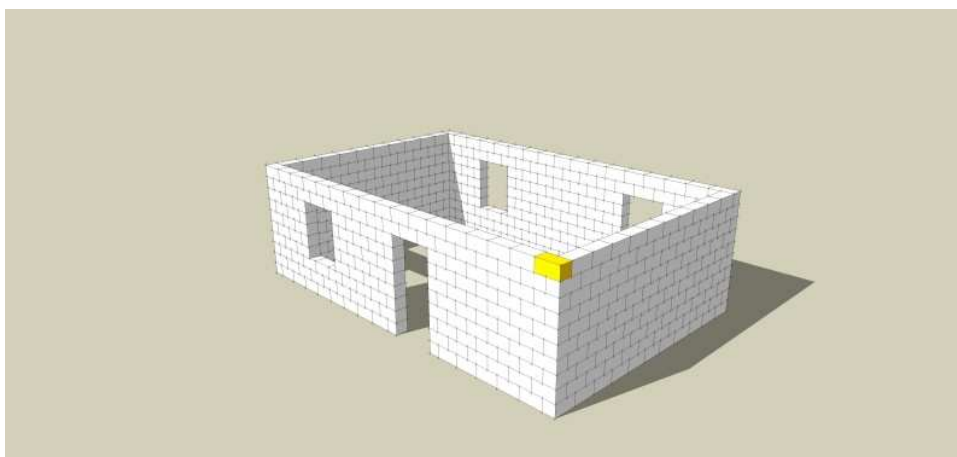
3.1.2 Rozdělení prefabrikace

Prefabrikované panely můžeme rozdělit podle dvou hledisek. Prvním z nich je rozdělení podle velikosti panelů a druhým je tzv. předpřipravenost nebo také stupeň dokončení.

3.1.3 Prefabrikované panely podle jejich rozměrů

Prvním typem jsou malé moduly, připomínající zdící tvárnice. Jejich výhoda tkví ve snadné manipulaci bez použití těžké techniky a v jejich univerzálnosti. S použitím těchto malých prvků můžeme při stavbě domu dosáhnout veliké variability tvarových možností domu. Jejich nevýhodou je však podstatně vyšší časová náročnost stavby a možnost výskytu většího množství tepelných mostů než u větších panelů [1].

Obr. 1 Ukázka použití stavebních modulů

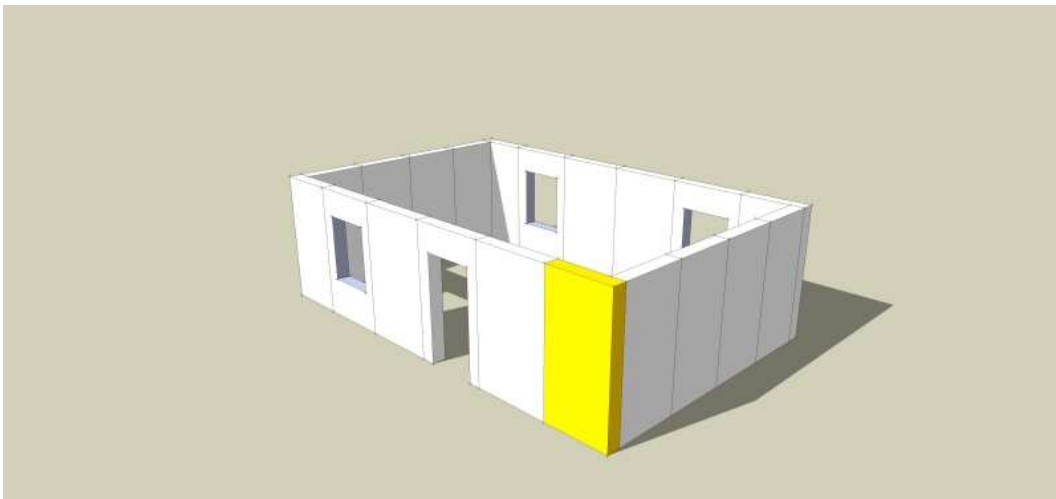


Zdroj: [1]

„Druhým typem jsou panely, které mají zpravidla výšku jednoho podlaží a šířku okolo jednoho metru [1].“ Tento rozměr je limitován tím, aby hmotnost prvku nepřekročila hranici hmotnosti pro snadnou montáž za pomoci lidské síly. Jedním z klasických panelů tohoto druhu prefabrikace je například Europanel. Jeho rozměry a hmotnost umožňují technologický postup bez použití těžké techniky. Jeho maximální

výška je 3000 mm a šířka 1250 mm. S plošnou hustotou 24 kg.m^{-2} se dostaneme (při tloušťce 272 mm) na hmotnost devadesáti kilogramů. Manipulace dvou mužů s takovou vahou není problém [1].

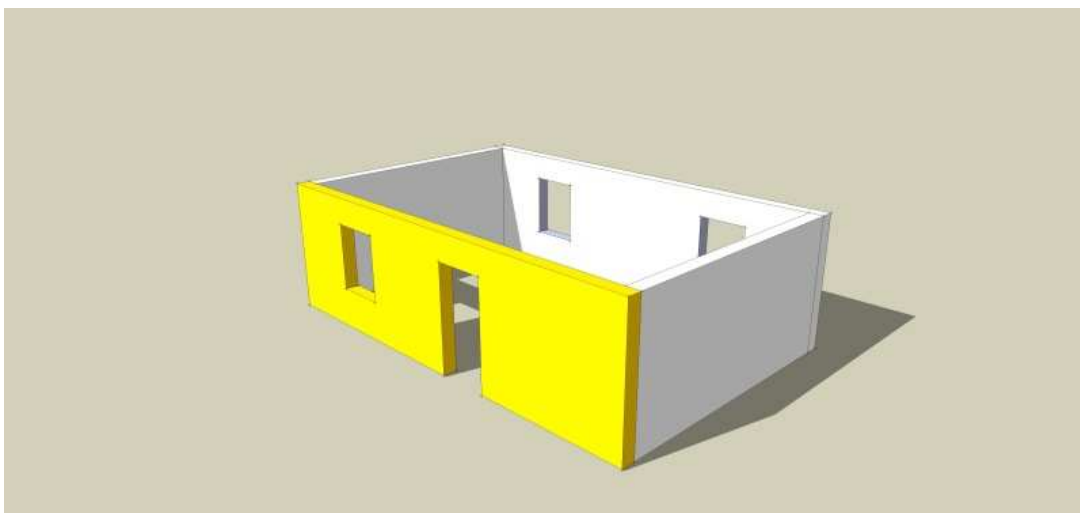
Obr. 2 Ukázka použití panelů o výšce jednoho podlaží a šířce jednoho metru



Zdroj: [1]

„Třetí typ prefabrikovaných panelů je v České republice nejvyužívanější a jsou jím celostěnné panely [1].“ Mají zpravidla výšku jednoho podlaží a jejich maximální délka je limitována pouze maximální délkou přepravního prostředku. Při pohybu po tuzemských komunikacích je povolena délka přívěsu s nákladním prostorem cca 12 000 mm. Firmou, která využívá těchto možností, je například NOVATOP s masivními CLT panely [1; 6].

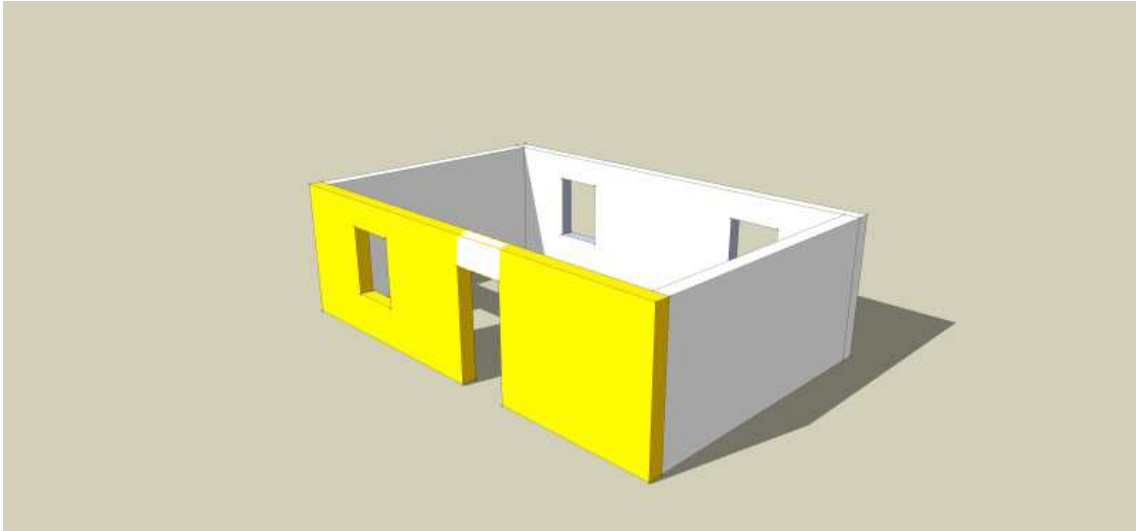
Obr. 3 Ukázka použití panelů o výšce o rozměrech celé stěny



Zdroj: [1]

Do této kategorie by bylo možné zařadit i panely, které svými rozměry dosahují výšky jednoho patra, jejich šířka a hmotnost však nedovolují manipulaci bez těžké techniky. Pod tímto systémem si můžeme představit CLT panely KLH. Tyto panely se vyrábí samozřejmě i v rozměrech předchozích specifikací, častěji se však stavba realizuje pomocí menších dílců o šířce cca 5000 mm [1].

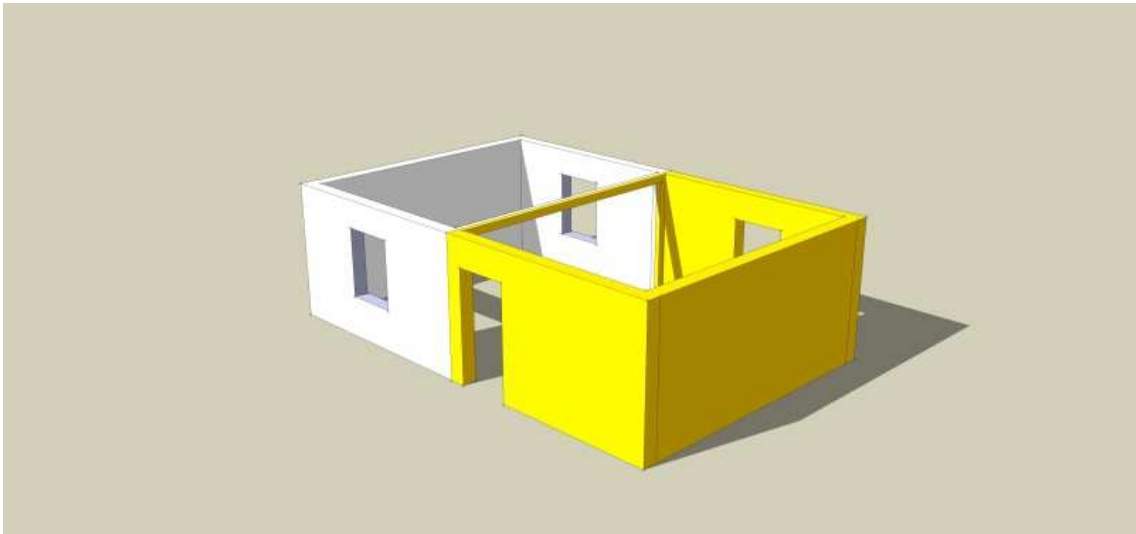
Obr. 4 Ukázka použití panelů rozdělených podle tvaru stěny



Zdroj: [1] upraveno autorem

Čtvrtým a posledním typem prefabrikace jsou prostorové buňky [1]. „*Rychlost výstavby je nesrovnatelně rychlejší* [1].“ Její hlavní nevýhodou však je doprava. Náklady na dopravu jsou značně vyšší, neboť je velká část vozu nevyužita a mnoho silničních úseků nedovoluje přepravu tak rozměrných nákladů. Tento systém se však v našich podmínkách téměř nevyužívá [1].

Obr. 5 Ukázka použití prostorové buňky



Zdroj: [1]

3.1.4 Prefabrikace podle stupně dokončení panelu

Dalším rozdělením prefabrikace je stupeň rozpracovanosti, můžeme také říct míra dokončenosti panelů [1]. *„Prefabrikace může spočívat v předpřipravení několika nejdůležitějších prvků nebo může zahrnovat přípravu prakticky celého konstrukčního prvku. S tím, jak roste stupeň rozpracovanosti, se automaticky zkracuje doba realizace stavby na staveništi [1].“*

První stupeň označme jako minimální stupeň prefabrikace. Prefabrikát, který je ve výrobní hale sestaven, obsahuje pouze nejzákladnější části, které alespoň částečně splňují požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu prvku. Plnou únosnost zajišťují často až další konstrukční prvky, které se montují následně v dalších technologických krocích až na samotné stavbě. Takový panel se skládá pouze z dřevěných fošen nebo hranolů a může být z jedné strany opláštěn například konstrukčními deskami (OSB, sádrovláknité desky apod.) [1; 6]. *„Opláštění dává vzniklé konstrukci potřebnou tuhost, která by se jinak musela provizorně řešit například diagonálně připojenými prkny [1].“*

U dalšího stupně panel obsahuje tepelné izolace uvnitř dřevěné konstrukce, fasádní izolaci, případně další fasádní prvky a vrstvy, konstrukci vnitřní instalační předstěny nebo přímo samotné vnitřní opláštění. Dokončení vnitřních i vnějších stran panelů (povrchové úpravy, fasáda, nátěry a podobně) se provádí až po dokončení montáže [1]. *„O krok pokročilejším stupněm prefabrikace je aplikování otvorových výplní.“*

Po montáži panelů na staveništi je objekt bezprostředně uzavřen a chráněn proti povětrnosti. Tyto výhody sebou přirozeně nesou zvýšené nároky na přepravu a způsob zabudování panelů [1].“

Nejvyšším stupněm prefabrikace je vytvoření panelů, které již obsahují všechny prvky a veškeré povrchové úpravy [1; 6]. *„Na staveništi jsou pouze dokončeny vnitřní rozvody a ošetřeny vzájemné styky mezi panely. Tento způsob je extrémně náročný na podmínky přepravy a jakékoliv manipulace [1].“* Tímto způsobem staví například firma Alfahaus. U těchto prvků není sice zhotovena fasádní vrstva, jsou do ní však zasazeny okna a dveře. Panely jsou předpřipraveny pro rychlou a pohodlnou práci elektrikářů a instalatérů. Sestavení pak trvá 1-3 dny a výhodou je možnost využít již uzamykatelný prostor jako sklad dalšího materiálu [1].

3.1.5 Výhody a nevýhody prefabrikace

Předností a největší výhodou prefabrikace je rychlost výstavby domu. Pokud se jedná o vysoký stupeň prefabrikace, může být hrubá stavba hotová za dva až tři dny. Další práce pak probíhají pod střechou bez ohledu na počasí. Dále omezení technologických nedostatků na samotné stavbě. Snížení negativních vlivů stavební činnosti na okolí stavby, jako jsou vibrace, prašnost, hluk atd. [7]. Na rozdíl od srubových staveb je u panelové prefabrikace staveb výhodou ve využití méně kvalitního řeziva, jelikož se převážně používá boční řezivo. Výhodou jsou i mnohem menší rozměrové změny a vysoká přesnost panelů, která má toleranci maximálně ± 2 mm, s čímž souvisí i vysoká přesnost samotné montáže [8].

Jednou z hlavních nevýhod prefabrikace je fakt, že v případě, kdy je stavba objednaná a probíhá její výstavba, není možné udělat jakékoli změny v plánu. V současné době se dřevostavby staví s předpoklady pro nízkoenergetické a pasivní domy. V tomto případě se tedy klade silný důraz na přesnost prefabrikovaných výrobků. To je samozřejmě závislé na dokonalosti připraveného projektu. Při prefabrikaci není možné odsunout nějaké rozhodnutí na později, neboť v zájmu investora je vytvořit co nejpřesnější stavbu. Při takovémto projektu není místo pro improvizaci [1].

3.2 Hodnocené parametry panelů na bázi dřeva

Existuje mnoho veličin, které ovlivňují stavebně-technické vlastnosti stěnových panelů i budov. Vzhledem k rozsahu dokumentací, které většina výrobců poskytuje volně ke stažení nebo při kontaktování, bylo vymezeno několik nejzákladnějších a nejdůležitějších veličin, které jsou uváděny u všech typů konstrukcí a které jsou zásadní a určující pro odvození vlastností konstrukce [9].

Tepelná izolace napomáhá vytvořit pohodu bydlení, brání tvorbě škodlivé kondenzační vody, určuje akumulární schopnosti konstrukce a ovlivňuje energii spotřebovanou na vytápění. Tepelná izolace je charakterizována součinitelem prostupu tepla U , tepelnou vodivostí λ a tepelným odporem R [9].

Zvuková izolace je aplikovaná kvůli snížení šíření zvuku vzduchem i pevným materiálem. Chrání obytné prostory před hlukem z venkovních prostor nebo mezi jednotlivými místnostmi. Schopnost konstrukce pohlcovat a tím utlumovat zvuk je určena mj. vzduchovou neprůzvučností R_w [9].

Z hlediska bezpečnosti je nejdůležitější požární ochrana, která určuje schopnost konstrukce odolávat ohni a vysoké teplotě. Díky požární ochraně konstrukce je zajištěn dostatečný čas na opuštění hořícího objektu [9].

S ochranou proti vlhkosti úzce souvisí princip celé konstrukce. Ten může být z hlediska zacházení s vodní párou difúzně otevřený nebo uzavřený. V obou případech musí být zajištěn odvod vzdušné páry. Vodní pára nesmí při rozdílných teplotách exteriéru a interiéru kondenzovat ani uvnitř stěn, ani na stěnách. Důležitou veličinou je zde difúzní odpor μ [9].

3.2.1 Difúzně otevřená a difúzně uzavřená skladba panelů

Všechny základní konstrukce, ať už panelové nebo ty ostatní je možné zařadit do jedné ze dvou kategorií v souvislosti se systémem práce s vodní párou. Jedná se o konstrukce difúzně otevřené a difúzně uzavřené [10; 11].

Difúzí vodní páry je myšlen prostup molekul páry porézní strukturou stavebních konstrukcí z míst o vyšší koncentraci páry do míst s nižší koncentrací. Jde o neeliminovatelný děj a přesto, že difúzi vodní páry v konstrukcích v zásadě nepotřebujeme, jsme nuceni ji trpět a činit opatření, aby difundující pára nekondenzovala uvnitř konstrukce stěnového panelu [10; 11].

Problém vytváří rosný bod. V rosném bodě dochází ke kondenzaci vodní páry na vodu a při návrhu skladby stěny je nutno se vyvarovat tomu, aby se tento bod vyskytl ve

stěnách. Je tedy snaha o konstrukci co nejtenčích nosných stěn a co největší vrstvy vnější izolace [10; 11].

V některých difúzně otevřených konstrukcích se nepoužívá parotěsná folie, ale jen OSB deska s přetmelenými spoji či přelepenými air-stop páskou. OSB deska je sice vzduchotěsná, ale není parotěsná (prostup vlhkostí je asi 10x větší než u parotěsné folie). Pro difúzně otevřené konstrukce se složení stěny konstruuje tak, aby materiál s největším difúzním odporem byl blíže interiéru a s dalšími vrstvami klesal směrem k exteriéru [10; 11].

Vlhkost se v interiéru vyskytuje vždy a záleží na způsobu, kterým jí odvedeme. V difúzně uzavřené konstrukci zůstává uvnitř a je nutné jí odvětrávat mikroventilací v oknech, digestořích, krbem nebo nejlépe rekuperací. V difúzně otevřené konstrukci s parobrzdou má vlhkost možnost projít stěnami pryč z konstrukce [10; 11].

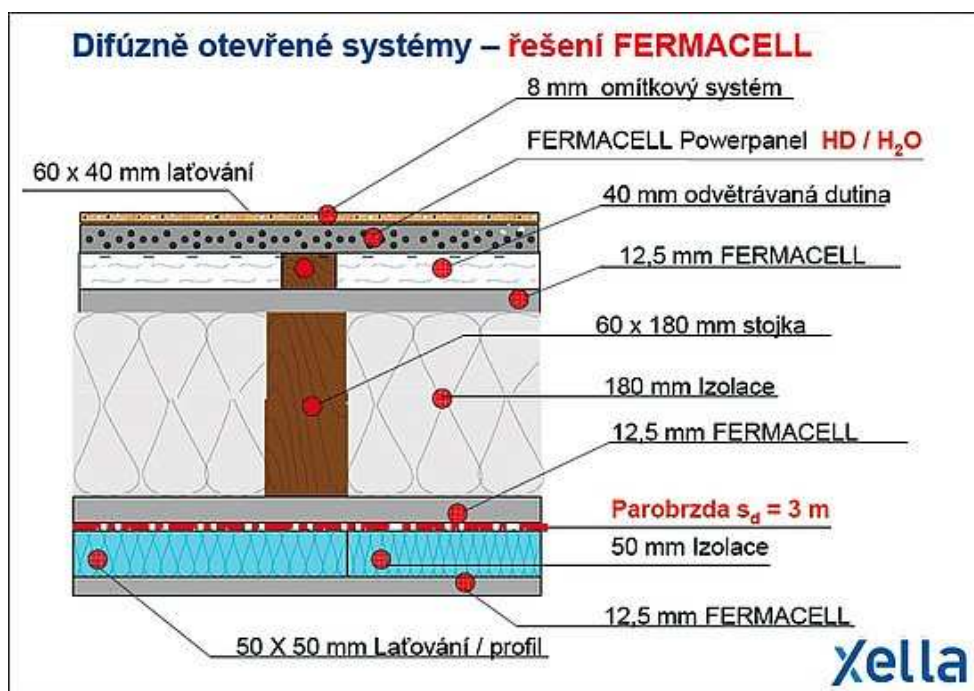
Výhody difúzně otevřené konstrukce

- pohyb plynů nevyhovuje plísním, houbám a různým mikroorganismům a zlepšuje kvalitu vnitřního ovzduší v budovách,
- zejména v zimním období dochází k vysušování konstrukce,
- při větším množství vad nemusí dojít k hromadění vlhkosti konstrukci [10; 11].

Nevýhody difúzně otevřené konstrukce

- nedostatečná zkušenost realizačních firem,
- používání nevhodných metod a materiálů,
- vyšší cena materiálů [10; 11].

Obr. 6 Difúzně otevřený systém stěny Fermacell



Zdroj: [11]

Výhody difúzně uzavřených systémů

- jednodušší realizace a zkušenost stavebních firem s tímto druhem konstrukcí,
- nižší cena materiálů [10; 11].

Nevýhody

- Je nutné zabezpečit odvod vodní páry z interiéru,
- Parozábrana na interiérové straně musí být zcela neporušená a neprodyšná,
- Při nedokonalém provedení může vlhkost v konstrukci překročit dovolenou hodnotu a může dojít k napadení biotickými činiteli [10; 11].

3.2.2 Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla

Tepelný odpor materiálu R je schopnost daného materiálu zadržet teplo. Hodnota tepelného odporu je závislá na tloušťce materiálu a tepelné vodivosti. Jednotkou je $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ tzn., jak velká plocha je nutná k přenosu tepla o hodnotě 1 watt při rozdílu teploty 1 Kelvin. Převrácenou hodnotou tepelného odporu je součinitel prostupu tepla U (někdy k_v), který udává, kolik wattů tepla projde konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot 1 Kelvin. Jednotka je $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ [13]. Čím nižší je hodnota U , tím lepším tepelným izolantem materiál je. U nízkoenergetických domů, které jsou stavěny převážně z panelů na bázi dřeva, musí být podle normy TNI 73 0329 střední hodnota součinitele prostupu tepla menší nebo rovna $0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ [13]. Celkový tepelný

odpor konstrukce je součtem všech tepelných odporů v jednotlivých vrstvách a odporů při přestupu tepla. Z tohoto můžeme odvodit, že z hlediska tepelného odporu konstrukce není důležité, zda tepelnou izolaci umístíme na vnější, či vnitřní stranu nebo doprostřed [13].

3.2.3 Faktor difúzního odporu

Difúzní odpor je schopnost materiálu propouštět vodní páru a značíme ho nejčastěji μ [13]. „*Nejmenší odpor proti šíření vodní páry klade vzduch. Všechny ostatní materiály mají odpor větší* [13].“ Tato veličina nabývá hodnot od 1 (vzduch) až po materiály, které jsou pro vodní páru prakticky nepropustné: např. sklo, kovy, kaučuk či některé plasty. Mají tedy velmi vysokou hodnotu μ (až nekonečnou). Naopak materiály jako cihly, polystyren, minerální vata, dřevo, sádrokarton, asfaltové lepenky atd. jsou propustné a za určitý čas jimi vodní pára pronikne. U vícevrstvých konstrukcí se difúzní odpory jednotlivých materiálů sčítají. Platí, že celkový difúzní odpor konstrukce je součtem difúzních odporů jednotlivých vrstev. Z hlediska difúzního odporu konstrukce je vhodnější umístit tepelnou izolaci na vnější straně [13].

3.2.4 Požární odolnost

„*Požární odolnost je schopnost konstrukce odolávat po určitou dobu vlivu požáru.* [14]“ Požární odolnost je udávána v minutách s členěním 15, 30, 45, 60, 90, 120 a 180 minut. Ověřování požární odolnosti se provádí dvěma způsoby. Na základě zkoušky dle příslušné normy nebo pomocí výpočtu. Pro stanovení požární odolnosti konstrukce byly zavedeny tzv. mezní stavy. Jednotlivé mezní stavy, které podle funkce stavební konstrukce musejí být zajištěny, specifikuje norma ČSN 730810. Symboly pro označování požární odolnosti jednotlivých druhů stavebních konstrukcí jsou uvedeny v tabulce 1 [14].

Tab. 1 Symboly pro označování požární odolnosti

Zkratky užívané pro označování mezních stavů požární odolnosti	
R	Únosnost a stabilita (Résistance)
E	Celistvost (Etanchéité)
I	Izolační schopnost (Isolation) - mezní teploty na neohřívaném povrchu
W	Izolační schopnost (Radiation) - mezní hustota tepelného toku z neohřívané strany
S	Odolnost proti průniku kouře (Smoke) - prostup zplodin hoření
M	Odolnost proti mechanickému působení (Mechanical)
C	Konstrukce opatřené samozavíracím zařízením (Closing)

Zdroj: [14]

Tab. 2 Stanovení stupně hořlavosti stavebních hmot

A	nehořlavé	nehoří, nežhnou ani neuhelnatí
B	nesnadno hořlavé	převážně žhnou nebo uhelnatí
C1	těžce hořlavé	zapálí se a pozvolna hoří, po odstavení kahanu samovolně uhasnou do dvou minut
C2	středě hořlavé	hoří, po odstavení kahanu samovolně uhasnou do 5 minut
C3	lehce hořlavé	rychle hoří, zpravidla zcela shoří po uplynutí zkušebních 10 minut. Po odstavení kahanu samovolně hoří déle než 5 minut.

Zdroj: [15]

Podle ČSN 730810 musí stavební konstrukce splňovat jeden z výše uvedených mezních stavů nebo jejich kombinaci. Pro nosné stěny je např. vyžadována únosnost, celistvost a izolační schopnost, tedy REI(t) [14]. „Doba t je udávána v minutách a značí, že příslušného mezního stavu nebo jeho kombinace nebude dosaženo dříve než jaký je číselný údaj písmena t [14].“

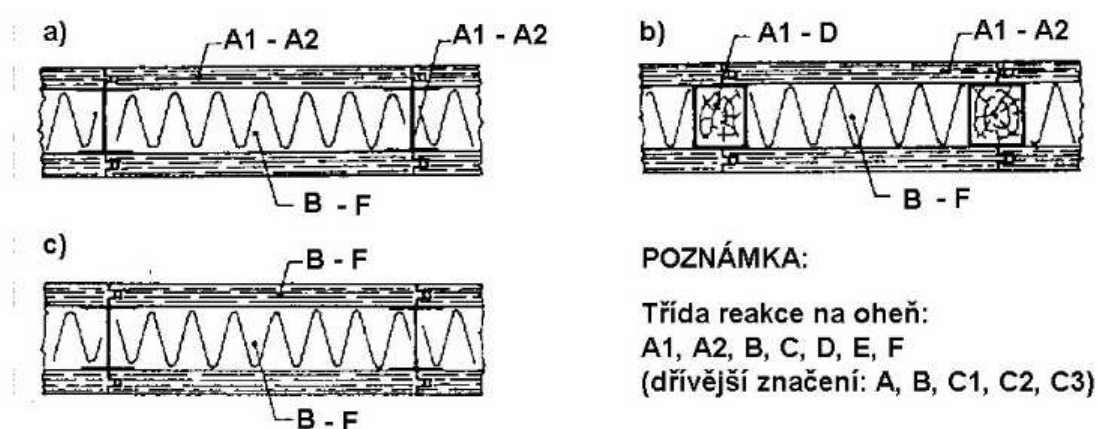
Podle požární odolnosti a hořlavosti se mohou konstrukce dělit ještě na DP1, DP2 a DP3. Zde se posuzují ze dvou hledisek. Mohou-li přispívat k intenzitě požáru a zda použité hmoty s rozdílnou reakcí na oheň mají vliv na únosnost a stabilitu konstrukčního prvku [16].

DP1- pouze materiály třídy A1 nebo A2, pokud jsou výrobky třídy A2 celistvé, homogenní a obsahují maximální 5% organických látek. Popřípadě materiály třídy B až F uložené v konstrukci mezi prvky A1 a A2 [16].

DP2- takto označené konstrukční materiály nezvyšují (v požadované době požární odolnosti) intenzitu požáru a podstatné složky konstrukcí se skládají z vrstev třídy reakce na oheň A1 nebo A2, které tvoří povrchové vrstvy konstrukčních částí. U těchto povrchových vrstev nesmí po dobu požadovaného působení požáru klesnout odolnost a stabilita [16].

DP3- konstrukce tohoto druhu zvyšují (v požadované době požární odolnosti) intenzitu požáru a nesplňují požadavky DP1 a DP2 [16].

Obr. 7 Schéma znázornění jednotlivých konstrukčních prvků



Zdroj: [16]

3.2.5 Vzduchová neprůzvučnost

„Vzduchová neprůzvučnost je vlastnost konstrukce, která se projevuje ztrátou akustického výkonu zvuku při přenosu vzduchem prostřednictvím konstrukce. Vzduchová neprůzvučnost se posuzuje pomocí jednočíslných údajů hodnotících kritérií - vážená vzduchová neprůzvučnost laboratorní R_w [dB] nebo stavební R'_w [dB] [17].“

3.3 Přehled konstrukce panelů

V následujícím přehledu jsou představeny tři používané panelové systémy. CLT, SIPs a sendvičové panely. U každého typu panelu je uvedena jeho charakteristika a popis konstrukce. Pro jednotlivé typy panelů je uvedeno několik výrobců, kteří se liší ve výrobě, konstrukci a montáži panelů. Mechanické a fyzikální vlastnosti jednotlivých panelů lze snadno porovnat prostřednictvím tabulek uvedených u jednotlivých výrobců.

3.3.1 Cross laminated timber - CLT

CLT je konstrukční systém z masivního dřeva. Konstrukce svislých i vodorovných panelů je tvořena vrstvami pravoúhlých přířezových prvků, kladených v jednotlivých vrstvách křížem (v rovině otočených o 90°). Prvky jsou vzájemně spojovány lepením a díky tomuto spoji a kladení přířezů ve dvou směrech jsou dílce velmi rozměrově i tvarově stabilní. Obecně se tvarová nestálost udává 1 mm na 10 m. Masivní dřevěné panely mohou být vytvořeny i jako celostěnové a díky tomu mají v současné době velký potenciál pro budování vícepatrových budov [18]. Tyto panely, vyrobené z masivního dřeva, jsou vhodné pro konstrukci budov, které jsou z exteriéru opatřeny difúzně otevřeným zateplovacím systémem [19]. Nevýhodou těchto panelů je jejich vysoká hmotnost a vyšší cena [18].

Obr. 8 Panel zkonstruovaný systémem CLT



Zdroj: [20]

3.3.1.1 KLH panely

Tab. 3 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu KLH

Hmotnost	[kg.m ⁻²]	44	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	0,91
Hustota	[kg.m ⁻³]	470	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	32
Požární odolnost	[min]	30	Faktor difúzního odporu	[-]	50
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	1,1			

pozn. hodnoty odpovídají panelu o tloušťce 94 mm

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Konstrukce panelu KLH

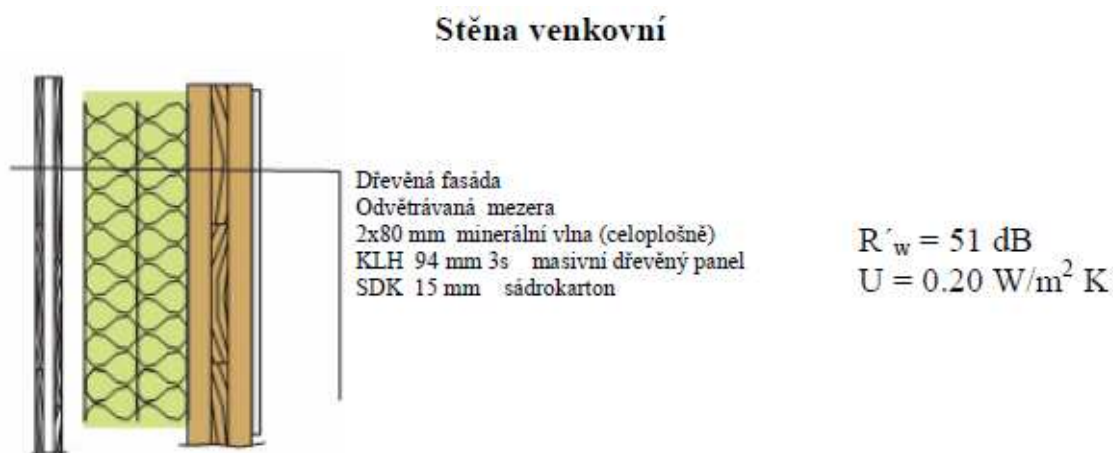
Velmi známý systém vytvořila rakouská společnost KLH Massivholz GmbH. Stavební panely KLH se řadí mezi konstrukce z masivního dřeva a současně mezi konstrukce z křížem lepeného lamelového dřeva (CLT). Skládají se ze tří, pěti nebo sedmi vrstev. Jelikož jsou jednotlivé vrstvy otočeny plošně o 90°, jsou ve velké míře potlačeny tvarové změny jako bobtnání a sesychání [19]. „*Jednotlivé lamely se vyrábějí ze dřeva o rovnovážné vlhkosti $W = 12\% \pm 2\%$, což je hodnota velmi blízká rovnovážné vlhkosti zabudovaného panelu. Tloušťky lamel se pohybují mezi 19 a 34 mm v závislosti na tloušťce panelu, počtu vrstev a statických požadavcích* [19].“ Jako hlavní materiál je zde použito smrkové dřevo, jehož výhoda tkví v jeho nízké objemové hmotnosti. Pro slepení lamel se používá PUR lepidlo, jehož celoplošný nános je 0,2 kg na metr čtvereční. Panely jsou opatřeny otvory o průměru 35 mm, do nichž se vkládají popruhy, díky kterým může s panely těžká technika lehce manipulovat [19; 21].

Vlastnosti panelu KLH

Systém se používá především na konstrukce nosných stěn, stropů, podlah, schodišť a střech. Nejčastěji se panely používají do staveb, které jsou z exteriéru difúzně otevřené. Stupeň prefabrikace je nízký, jedná se pouze o stěnové panely, které je třeba opatřit izolací, fasádní vrstvou i rozvody. Maximální rozměry jsou 2950 mm × 16 500 mm × 500 mm. Po standardně tří, pěti a sedmivrstvých panelech se začaly vyrábět i sedmivrstvé se zdvojenými povrchovými vrstvami a osmivrstvé, které mají zdvojenou středovou vrstvu. Standardní šířky panelů jsou 2400, 2500, 2720 a 2950 mm. Panely se vyrábí ve třech povrchových kvalitách. NSI - nepohledové. Používá se tam, kde bude povrch panelu opláštěn. ISI - industriální. Povrch je určen pro viditelné plochy, ale bez nároků na vysokou estetičnost. A WSI - pohledová kvalita A do interiérů [19]. U zvukově-izolačních vlastností byla

(pro 94 mm tlustý panel) naměřena laboratorní zvuková pohltivost $R_w=32$ dB. Na skutečné stavbě byla naměřená hodnota 28 dB. Při instalaci pouhé sádkartonové předstěny se vlastnosti výrazně lepší. Podobně je tomu i u tepelné vodivosti U . Holý panel o tloušťce 94 mm propustí $1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Při zateplení fasádní vrstvou dosahuje výrazného snížení této hodnoty, jak je to demonstrováno na obrázku 11 [19].

Obr. 9 Schéma a hodnoty panelu KLH jako venkovní stěny



Zdroj: [19]

Tab. 4 Zatížení panelu KLH

Zkouška	Mez pevnosti	poznámka
	[$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]	
Modul pružnosti E – paralelně	12000	paralelně s vlákny vrstev v nosném směru
Modul pružnosti E – kolmo	370	
Smykový modul G příčných vrstev	50	
Ohyb z_{ul} σ_B	10	
Tah z_{ul} σ_Z	8,5	
Tah z_{ul} σ_Z , kolmo	0,05	vyhnout se v konstrukci příčnému tahu
Tlak z_{ul} σ_D II	10	paralelně s vlákny vrstev v nosném směru
Tlak z_{ul} σ_D kolmo	2,5	kolmo na vlákna
Tlak z_{ul} σ_D kolmo	3	kolmo na vlákna – malé otlaky zanedbatelné
Smyk z_{ul} τ_σ	0,6	ze zatížení příčnou silou

pozn: Měření na prostorové buňce s trojvrstevnými stěnovými prvky KLH a trojvrstevnými stropními panely včetně vestavěného okna a dveří, avšak bez izolace a bez zhotovené fasády prostoru $d/\text{š}/v$ $8000 \times 4200 \times 2500$ mm, objem cca 85 m³ – stěny pohledové.

Zdroj: [19]

Montáž panelů KLH

Před samotnou výstavbou je nutné přesné zaměření celého půdorysu. Jako první se obvykle montuje panel na nejvzdálenějším místě od stanoviště jeřábu. Před montáží prvního panelu se mohou k základní stavbě připevnit kotvící úhelníky. Nejčastěji pro každý konec panelu jeden úhelník. Panel se pomocí jeřábu přepraví na místo a jeho přesná poloha se upraví drobnými mechanizačními prostředky. Stěna se připevní k připraveným kotvícím prvkům (viz příloha č. 3) a před uvolněním úvazu jeřábu se ve svislém směru zajistí pomocí železné vzpěry. S dalšími panely se pokračuje obdobně. Nejdříve se provede spoj se sousedním panelem a teprve poté se panel kotví k základní stavbě pomocí železných patek, uchycených na dva kotvící šrouby v základové desce a deseti konvexními hřebíky do panelu KLH [19].

3.3.1.2 Novatop-systém

Tab. 5 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu Novatop Solid

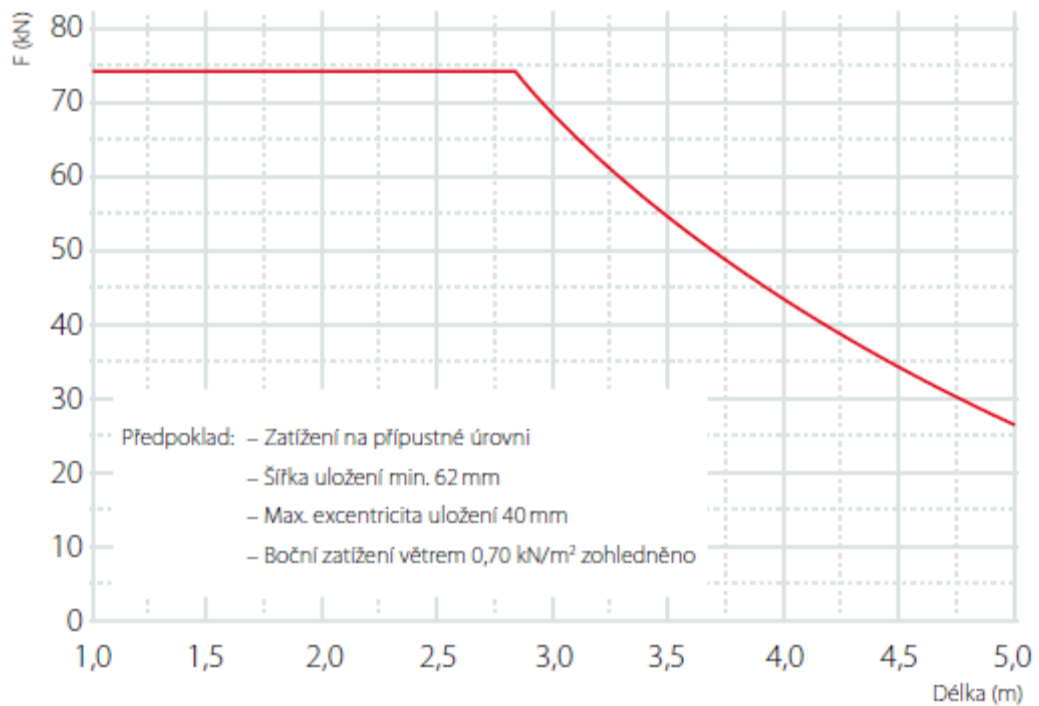
Hmotnost	[kg.m ⁻²]	60,8	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	1,12
Hustota	[kg.m ⁻³]	490	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	33
Požární odolnost	[min]	60 REI	Faktor difúzního odporu	[-]	70
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,89			

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Novatop je stavební a konstrukční systém velkoformátových křížem lepených komponentů z masivního smrkového dřeva [22].

Systém se skládá ze tří konstrukčních prvků Solid pro stěny, Element pro stropy a střechy a Static pro střešní přesahy. Novatop Static se od běžných CLT panelů v konstrukci liší tím, že středová vrstva panelu je SWP – Solid wood panel. Což znamená, že průběh vláken ve středové vrstvě je orientován kolmo k podélnému směru vláken svrchních vrstev [22].

Obr. 10 Pevnostní diagram pro stěnový panel 124 mm



Zdroj: [22]

Panely systému Novatop Solid se vyrábí ve standardní délce 6000 mm a šířce 2500 mm. Maximální formát je však až do rozměrů 12000 mm × 3000 mm. To vše v tloušťkách 62, 95, 111, 124 mm. Rozměrová tolerance se u těchto panelů pro jmenovitou šířku a délku pohybuje v rozmezí ± 2 mm, pro přímost boků: ± 1 mm.m⁻¹ a pro pravoúhlost: ± 1 mm.m⁻¹. Co se týče povrchu, jsou panely dodávány v konstrukční kvalitě hodnocené třídou C i v pohledové kvalitě s jakostí povrchu B [23]. Z dalších mechanicko fyzikálních vlastností můžeme uvést měrnou tepelnou kapacitu, jejíž hodnota je 1600 [J.kg⁻¹.K⁻¹]. Hodnota faktoru difúzního odporu je poměrně pohyblivá. Výrobce uvádí μ pro hustotu 500 kg.m⁻³ 70 pro suché panely. Stupeň prefabrikace je opět malý. Konstrukce z těchto panelů lze nalézt v příloze č.1 [22].

Obr. 11 Nosný panel Novatop Solid bez opláštění (vrchní) a Static (spodní)



Zdroj: [22]

3.3.1.3 Kaufmann panely

Tab. 6 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu Kaufmann M1 BSP crossplan

Hmotnost	[kg.m ⁻²]	46	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	0,91
Hustota	[kg.m ⁻³]	480	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	33
Požární odolnost	[min]	REI 30	Faktor difúzního odporu	[-]	60
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	1,1			

pozn. Hodnoty jsou vztaheny k panelu M1 BSP crossplan o tloušťce 95 mm

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Konstrukční systém Kaufmann se v mnohém od KLH neliší. U tohoto výrobce je však mnohem větší sortiment tlouštěk panelů. Panely o maximální výšce 3000 mm a šířce 16 500 mm se vyrábí v devatenácti různých tloušťkách od 75 mm do 278 mm. Tloušťka panelu je závislá na množství vrstev lamel a jejich tloušťce, která se podle použití v konstrukci mění. Pevnost panelu se s jeho tloušťkou mění od 0,38 do 1,34 kN.m⁻² [20].

Dřevo, ze kterého je panel konstruován, je technicky vysušeno na 12% vlhkost a jeho tvarové změny ve vertikálním i horizontálním směru jsou stejně nízké jako u konkurence (KLH, Novatop, atd.) [20].

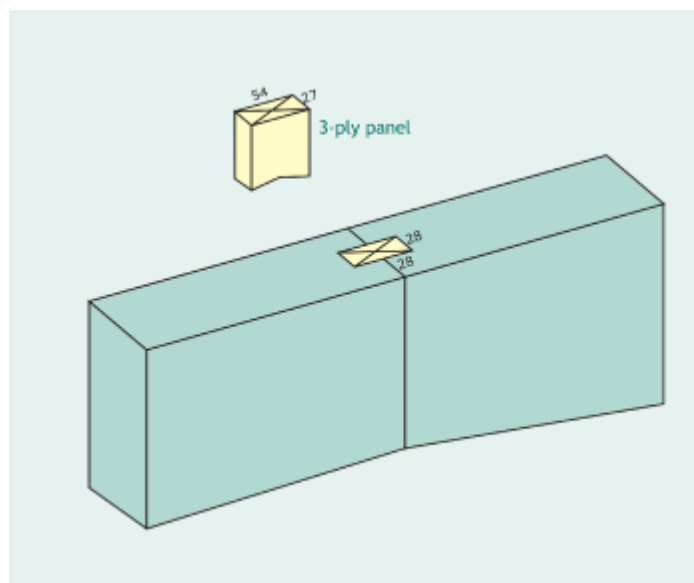
3.3.1.4 B & K Timber Structures

Tato společnost vyrábí konstrukční CLT panely o maximálních rozměrech 2950 mm × 18 000 mm. Tloušťka panelu se podle použití v konstrukci pohybuje mezi 75 – 334 mm a ve své maximální tloušťce je lepena až z 27 vrstev lamel. Panely jsou na stavbu dováženy o vlhkosti 10-14%. Dřevem použitým pro konstrukci panelu je smrk, ale na rozdíl od ostatních výrobců CLT je velmi často používán i modřín, jedle nebo douglaska. Se změnou dřeviny se samozřejmě mění i některé vlastnosti panelu. Se zvyšující se hustotou se zvyšuje i hmotnost, tepelný odpor, zvuková pohltivost, vzduchová neprůzvučnost a i pevnostní vlastnosti. Výrobce na stránkách informace o jednotlivých panelech neudává a tak nebylo možné vytvořit přehledovou tabulku. Hodnoty panelů však budou velmi podobné předcházejícím konstrukcím [24].

Panely se vyrábí v několika kvalitách povrchu. V pohledové, vhodné pro vnitřní použití, vystavení v obytných a komerčních stavbách. Ve viditelné průmyslové, vhodné pro použití uvnitř exponovaných průmyslových staveb. A ve standardní kvalitě, která je vhodná pro obložení [24].

Panely B & K Timber Structures mají specifický tvar a způsob montáže. Při napojování stěnových panelů je do vyfrézované drážky mezi styčnými plochami vkládáno dřevěné pero o rozměrech 54 × 27 mm [24].

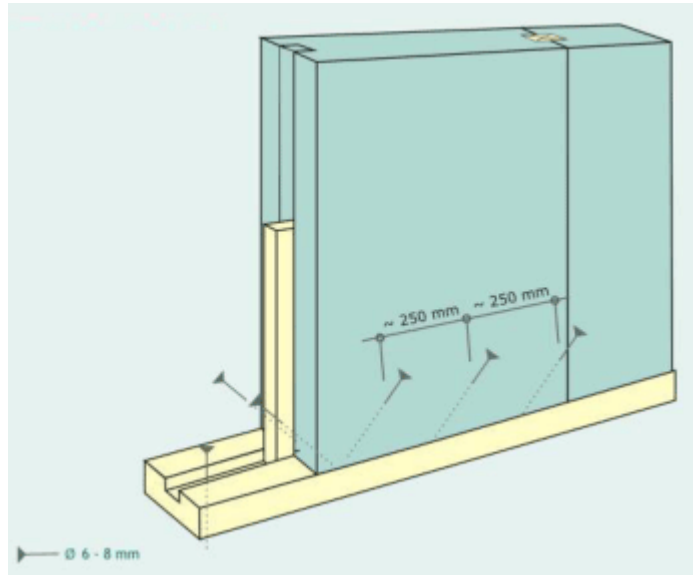
Obr. 12 Perový spoj stěna- stěna



Zdroj: [24]

Při zakládání stěny na základovou desku nejsou panely pokládány přímo na izolační lepenku IPA a beton jako například u KLH, ale jsou pomocí drážky a pera posazeny na předpřipravené prahy, které jsou připevněny k základové desce. Všechna sesazení jsou spojována vruty [24].

Obr. 13 Spoj CLT panelu se základovou deskou



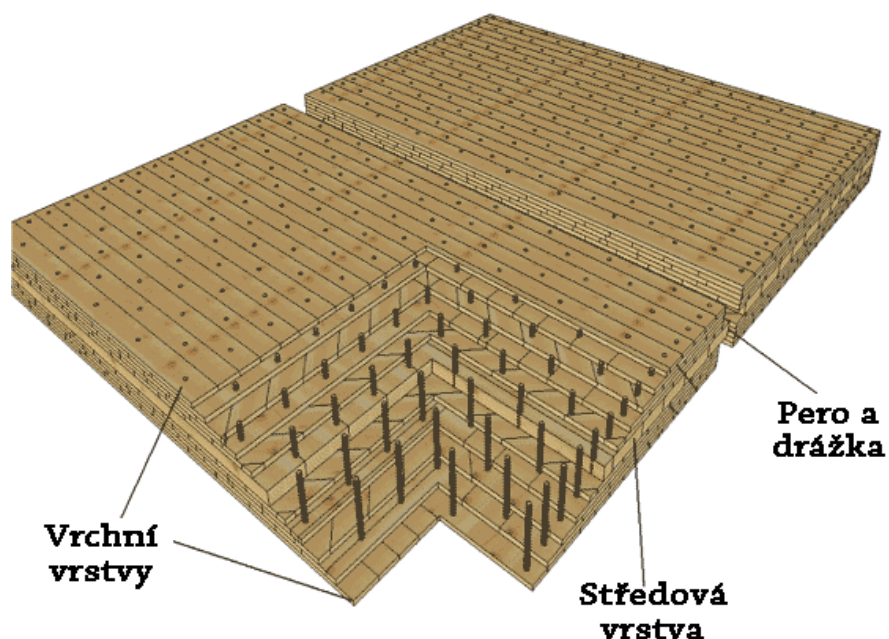
Zdroj: [24]

3.3.1.5 Holz100

Dřevěné CLT panely Holz100, patentované rakouskou firmou Thoma Holz GmbH, jsou oproti ostatním CLT panelům odlišné a originální. Jedná se o panely, jejichž vrstvy nejsou slepeny lepidlem. Jednotlivé vrstvy jsou na sebe položeny s posuvem o 45° a 90°. Vrstvy jsou sepnuté a provrtané v pravidelných rozstupech. Do předvrtaných otvorů o průměru 16 a 21 mm, které prochází celou tloušťkou panelu, jsou vkládány bukové kolíky vysušené na 0 % vlhkosti s průměrem o 0,5 mm menším než průměr otvoru. Vrstvené dřevo má klasickou konstrukční vlhkost 12%. Po vložení bukových kolíků do otvorů dojde k jejich nabobtnání na 12% vlhkosti a tím i ke zvětšení jejich objemu. Vytvoří se tak velmi pevný spoj bez použití lepidel nebo kovových spojovacích prvků. Tímto způsobem vznikne pevný vrstvený CLT panel s přírodním vzhledem a dobrou požární odolností. Výhodou této technologie jsou miniaturní vzduchové polštáře, které vznikají mezi jednotlivými vrstvami. Ty slouží jako tepelný a zvukový izolant. Jednotlivé vrstvy panelu jsou v tloušťkách 24-50 mm. Maximální rozměry panelu mohou být 3000 × 8000 mm o tloušťce až 400 mm. Panely

se do sebe skládají principem pero drážka. Pero je tvořeno středovou vrstvou, která je oproti panelu předsazená. Drážku tvoří ostatní vrstvy panelu. Hodnoty pro vytvoření kompletní přehledové tabulky bohužel nebyly nalezeny [25].

Obr. 14 Ukázka konstrukce panelu Holz100 s bukovými kolíky



Zdroj: [25]

3.3.1.6 Solid wood wall Massiv-holz-Mauer

Tab. 7 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu MHM

Hmotnost	[kg.m ⁻²]	168	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	3,84
Hustota	[kg.m ⁻³]	480	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	48
Požární odolnost	[min]	F 90B	Faktor difúzního odporu	[-]	65
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,26			

pozn. Hodnoty jsou udané pro stěnu o tloušťce 205 mm

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Konstrukce MHM panelu

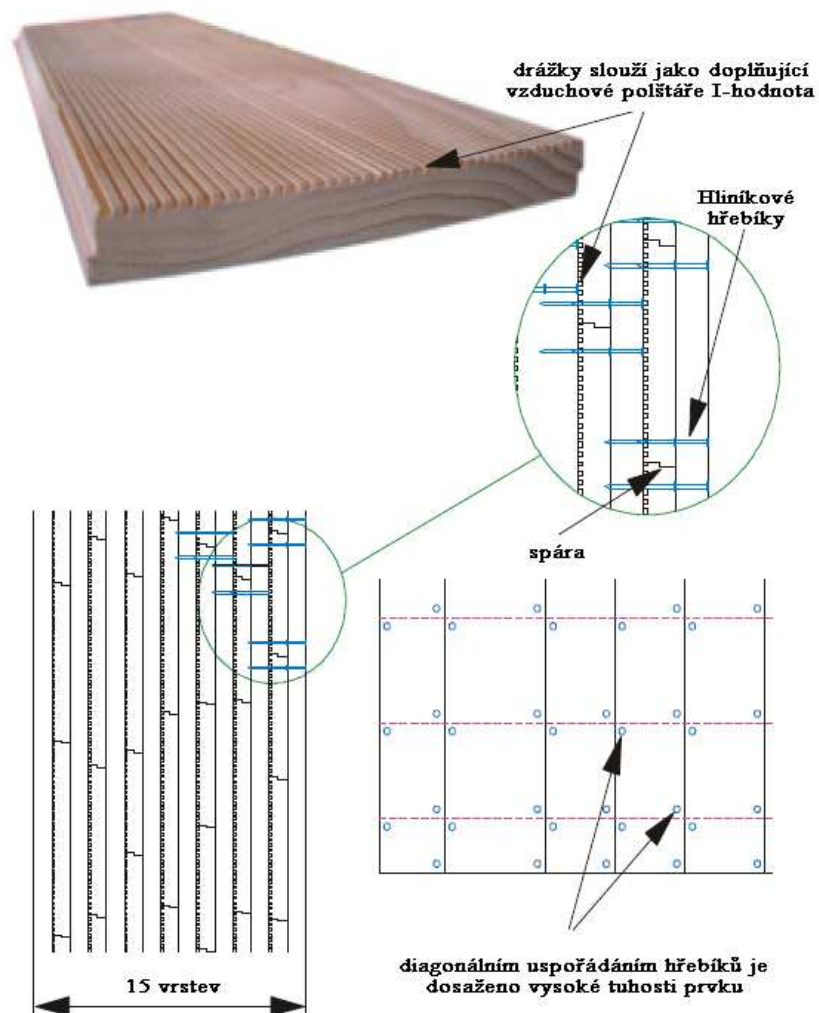
Panely jsou vyráběné ze smrkového dřeva o vlhkosti 14%. Jednotlivá prkna jsou opracována na čtyřstranné fréze a následně jsou na jednu stranu vyfrézované tenké podélné drážky. Tyto drážky vytvářejí vzduchové mezery a přispívají tak k lepším tepelným vlastnostem panelu. Jednotlivá prkna do sebe podélně zapadají díky upravenému profilu. Prkna mají standardní tloušťku 23 mm. Panel není lepený, ale je spojovaný hliníkovými hřebíky. Hliník byl zvolen pro svojí nízkou hustotu a pevnost.

Panely jsou tedy nejdřív sbity dohromady a teprve pak se obrábí a standardizují na konečné rozměry [26].

Vlastnosti panelu MHM

Maximální velikosti těchto panelů jsou 3250 × 6000 mm. Tloušťky těchto panelů jsou pro obvodovou stěnu 205, 250, 295 a 340 mm. Hustota dřeva se pohybuje okolo 480 kg/m³. Součinitel tepelné vodivosti λ je 0,094 W.m⁻¹.K⁻¹ a tepelná vodivost je 0,26 W.m⁻².K⁻¹. Hliníkové hřebíky jsou do panelu nastřelovány speciální nastřelovací pistolí. Hřebíky jsou orientovány diagonálně a vytváří tak maximální tuhost panelu [26].

Obr. 15 ukázka konstrukce panelu MHM



Zdroj: [26]

3.3.2 SIPs panely

Stavební technologie SIPs (structural insulated panels), neboli strukturované izolované panely. Tyto panely jsou vyrobeny nalepením desek z velkoplošných materiálů na bázi dřeva na jádro, které tvoří tepelný izolant. Hlavní podmínkou je dostatečná pevnost jádra panelu, protože panel neobsahuje žádné další ztužující prvky. Celoplošným slepením desek na bázi dřeva s izolačním jádrem vznikne velice pevný prvek, který se chová jako krabicový nosník. Jako plášť panelů se dnes nejčastěji používají desky z orientovaných plochých třísek OSB/4. Jednoduše se zpracovávají jak při výrobě panelů, tak na stavbě a jsou cenově dostupné. Dražší alternativou, méně používanou, jsou stavební překližky, cementotřískové nebo cementovláknité desky. Jádro panelu může tvořit stabilizovaný samozhášivý polystyren EPS (expandovaný polystyren), XPS (extrudovaný polystyren) nebo polyuretan. Při použití OSB desek na EPS jádro vzniká v konstrukci velmi vysoký difúzní odpor, a proto jsou tyto stavby vhodné pro difúzně uzavřený systém práce s vodní párou [11; 27; 28].

3.3.2.1 Europanel

Tab. 8 Mechanické a fyzikální vlastnosti Europanelu profi 3000

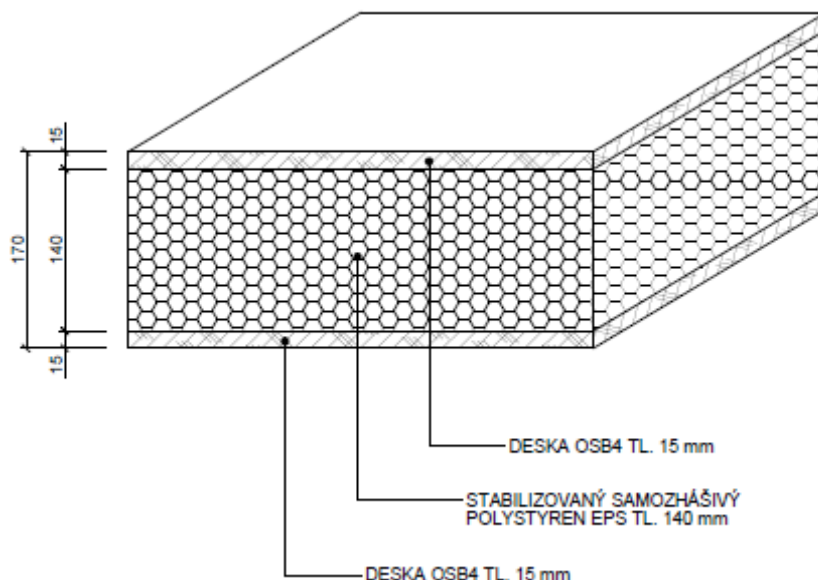
Hmotnost	[kg.m ⁻²]	24	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	6,28
Hustota	[kg.m ⁻³]	88,23	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	30
Požární odolnost	[min]	17 REI	Difúzní odpor	[m.s ⁻¹]	90,9×10 ⁻¹⁰
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,16			

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Konstrukce europanelu

SIPs konstrukce Europanelu se také někdy označuje jako sendvičový izolovaný panel bez výztužných žebek. Europanel má po celém obvodu montážní drážku hlubokou 42 mm, která je vytvořena přesahem desek OSB 4 přes polystyrenové jádro. Tato mezera slouží k vytváření spojů. Domy postavené z těchto panelů jsou velmi odolné a pevné. Ve Spojených státech se tento konstrukční systém doporučoval do seismicky aktivních oblastí i do míst již zasažených přírodní katastrofou [23].

Obr. 16 Složení Europanelu o šířce 170 mm



Zdroj: [27]

Vlastnosti Europanelu

Základní plošné rozměry sendvičových panelů Europanel řady Profi jsou 450 mm × 3000 mm, 625 mm × 3000 mm, 800 mm × 3000 mm a 1250 mm × 3000 mm. Všechny v tloušťkách 170 mm pro obvodové stěny, 120 mm pro nosné příčky. Panely o tloušťce 210 mm a 270 mm jsou určeny pro střešní pláště. Panely o menších tloušťkách jako 65 mm a 85 mm se používají pro výstavbu chat, garáží a dalších drobných staveb. Vlastnosti panelu jsou ovlivněny vlastnostmi jeho složek. OSB desky, kterými je panel opláštěn, mají tloušťku 15 mm, tepelnou vodivost $\lambda=0,13 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, difúzní odpor $\mu=50$ a hustotu $\rho=650 \text{ kg.m}^{-3}$. Jádro z EPS tloušťky 142 mm má tepelnou vodivost $\lambda=0,04 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, difúzní odpor 40 a hustotu 15 kg.m^{-3} [23; 29].

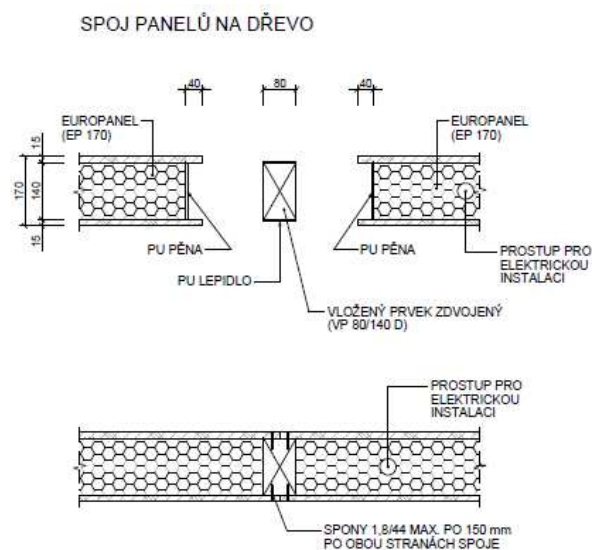
Nosnost Europanelu Profi 3000 dokumentace uvádí $0,89 \text{ kN.m}^{-1}$. Vzduchová neprůzvučnost je spíše podprůměrná. Jedná se však o hodnoty holého panelu, jehož vlastnosti se po dalším opláštění výrazně změní. Nejslabší vlastností systému Europanel je požární odolnost, která podle parametrů REI nedosáhla ani 15 minut. Požární odolnost je u holého panelu pouhých 12 minut. Ve chvíli, kdy je panel vystaven

přímému ohni, který se dostane přes vnitřní (nebo vnější) OSB desku, nosnost panelů klesá velice rychle. Tato nevýhoda je však snadno odstranitelná použitím sádkartonových nebo sádrovláknitých desek, které zvyšují odolnost proti ohni až na REI 30 [23; 29].

Montáž Europanelu

Jedná se o plošné stavební dílce, které jsou vyráběny průmyslově s velkou přesností. Z panelů se zhotovují obvodové stěny, nosné příčky a používají se také jako panely podlahové a střešní. [23] „Univerzální použitelnost panelů zjednodušuje navrhování staveb a logistiku výstavby. Jeden typ panelu pro svislé, vodorovné i šikmé konstrukce zjednodušuje práci montážním četám, snižuje nároky na jejich proškolení a kvalifikaci při zachování vysoké kvality výstavby [23].“ Před samotnou montáží jsou na základovou desku připevněny základové prahy. Na ty jsou používány smrkové impregnované fošny, tvořící základový rám stavby, alternativně je možné použít neimpregnované modřínové čtyřstranně opracované profily. Pro spojování jednotlivých panelů existuje několik způsobů. Jedním z nich je spojování pomocí vloženého dřevěného pera o rozměrech 80 mm × 140 mm × výška hrany panelu, jako například na obrázku číslo 15. Na společné strany panelů je naneseo po celé délce PU lepidlo a panely jsou slepeny k sobě (viz příloha č.3 a 4). Na závěr jsou ještě prošroubovány. Všechny spoje, které vznikají, se pečlivě vyplňují PU pěnou, aby vznikla dokonalá těsnost [27].

Obr. 17 Spojování Europanelů na dřevo



Zdroj: [27]

„Domy se nejčastěji zakládají na betonové základové desky, ale mohou být založeny i na desky provedené z panelů uložených na základových pásech či patkách. Na desku opatřenou hydroizolací, případně protiradonovou izolací se vyznačí poloha jednotlivých stěn dle montážní dokumentace [23].“ Panely se staví na základový pražec tak, aby lícovaly s hranou základové desky a společně s dřevěným vloženým prvkem vymezujícím polohu panelu jsou přikotveny k základové desce. Montáž panelů začne v rohu stavby a pokračuje připojováním dalších panelů po celém obvodu [23].

„Po dokončení obvodu prvního nadzemního podlaží se obdobně smontují nosné vnitřní příčky. Celý obvod i příčky se propojí vložením dřevěných vložených prvků do montážní drážky ve „věnci“ prvního nadzemního podlaží. V případě jednopodlažního domu se panely ukončí roznášecím páskem OSB, jehož šířka odpovídá tloušťce panelu. Na takto provedenou stavbu se uloží konstrukce střechy z příhradových vazníků [23].“ U vícepodlažních staveb se pokračuje konstrukcí stropu. Stropní nosníky se zavěšují do kovových třmenů, které jsou připevněny na vnitřních deskách panelů. Podlahy ve druhém nadzemním podlaží jsou na panely pokládány jako „plovoucí“, tedy na materiál zajišťující dobrou kročejovou neprůzvučnost [23].

Obr. 18 Stropní nosníky zavěšené do kovových třmenů



Zdroj: [23]

3.3.2.2 K-kontrol panel

Tab. 9 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu K-kontrol 210

Hmotnost	[kg.m ⁻²]	23,6	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	4,736
Hustota	[kg.m ⁻³]	109	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	41 *
Požární odolnost	[min]	REI 15	Difúzní odpor	[m.s ⁻¹]	100,71×10 ⁻⁹
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,204			

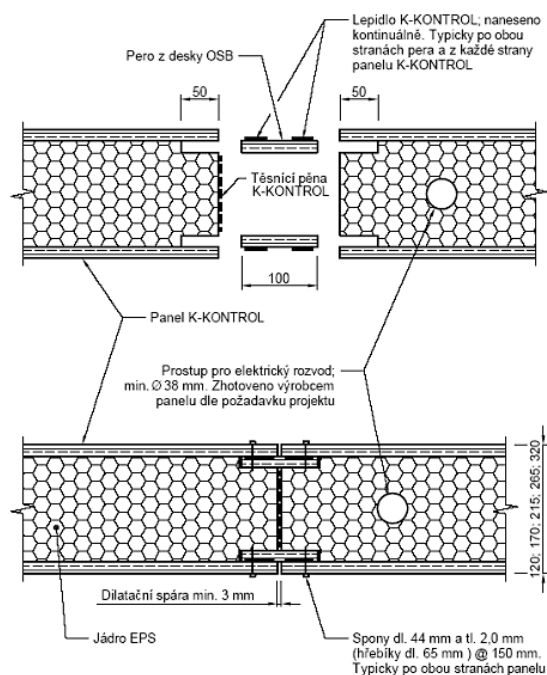
* hodnota je uvedena pro dvakrát opláštěný panel sádkartonovými deskami. K-kontrol panelu 220

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Konstrukce panelu

K-kontrol je univerzální stavební systém stěn, stropů i střech různých typů staveb a spadá do skupiny SIPs. Od Europanelu se liší tím, že na spojování jednotlivých panelů se používá speciální patentovaná pěna K-kontrol a lepidlo K-kontrol. Pěna se použije všude tam, kde je potřeba vyplnit prostor mezi EPS a dřevěnými prvky nebo mezi panely při spojení jointy. Na spoje mezi dřevěnými prvky konstrukce nebo mezi dřevem a pláštěm panelu z desek OSB se používá lepidlo K-kontrol (patentované lepidlo). Aplikace lepidla i pěny se provádí pomocí aplikační pistole. Na rozdíl od Europanelu jsou spoje panelů realizovány pomocí dvou 15 × 100 × 3000 mm velkých per. Tím se eliminuje tepelný most vznikající na spoji s perem u Europanelu [28].

Obr. 19 Nákres konstrukce per panelu K-kontrol



Zdroj [28]

Tab. 10 Požární odolnost konstrukcí ze stavebního systému K-kontrol®

Zkoušená konstrukce	Typ konstrukce	Odolnost	Prokolol
Stěny z panelů K-kontrol	Nosná vnitřní konstrukce bez obkladu		REI 15
	Nosná vnitřní konstrukce s obkladem		REI 30; EI 45
	Nosná obvodová konstrukce s obkladem	Vnitřní strana	REW 45
		Vnější strana	REI 30

Zdroj: [28]

Montáž K-kontrol panelů

Montáž začíná přikotvením hloubkově impregnovaného základového pražce spolu se spodním lemovacím, vkládaným dřevěným prvkem k předem provedené základové desce s hydroizolací. Názorný obrázek je v příloze číslo 5. Při osazení dřevěných pražců je potřeba provést přesné směrové i výškové rozměření a výškově stavbu založit s přesností ± 3 mm. Od začátku stavby je třeba dbát na důkladné utěsnění všech montážních spár. Pro utěsnění větších spár a pro vypěnění prostoru v konstrukci stěny mezi dřevem a polystyrenem použijeme pěnu K-kontrol® [28].

„Montáž stěn prvního nadzemního podlaží začíná vždy v rohu namontováním a spojením dvou rohových panelů. Poté se panely kladou návazně za sebe a spojují se předepsanými panelovými spoji. Veškeré základní spoje mezi panely v rámci dané konstrukce a též ukotvení vložených lemovacích dřevěných prvků do okraje panelu se provádějí pomocí spon K-kontrol® [28].“ Pro dotěsnění jednotlivých částí stavby se používají Butyl ALU pásy (hliníkové spojovací a opravné pásy parozábran), butylové provazce, akrylátové tmely a lepidla. Tyto komponenty se používají při zvýšených požadavcích na parotěsnost vnitřní strany obvodového pláště a pro dotěsnění spojů navazujících stavebních konstrukcí [28].

3.3.2.3 Kingspan TEK Building Systems

Tab. 11 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu Kingspan

Hmotnost	[kg.m ⁻²]	25	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	31
Hustota	[kg.m ⁻³]	*	Faktor difúzního odporu	[-]	*
Požární odolnost	[min]	R 30	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	5
Součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,2			

pozn. * hodnota nezjištěna

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Konstrukce panelu Kingspan

Kingspan je jedním z velkých výrobců SIPs panelů pro Velkou Británii a Irsko. Jedná se o panel, který má v základním provedení šířku 142 mm. Maximální rozměry panelu jsou 7500 mm do šířky a 3000 mm na výšku. PUR izolační jádro je z obou stran opláštěno OSB/3 deskami. Izolační jádro těchto panelů je oproti předešlým výrobkům z tvrdé polyuretanové pěny. Mikroskopická struktura tvrdé PUR pěny je tvořena mnoha vzduchovými bublinkami, díky kterým má lepší tepelně izolační vlastnosti, než extrudovaný polystyren. Její pevnost na ohyb je však obdobná [30].

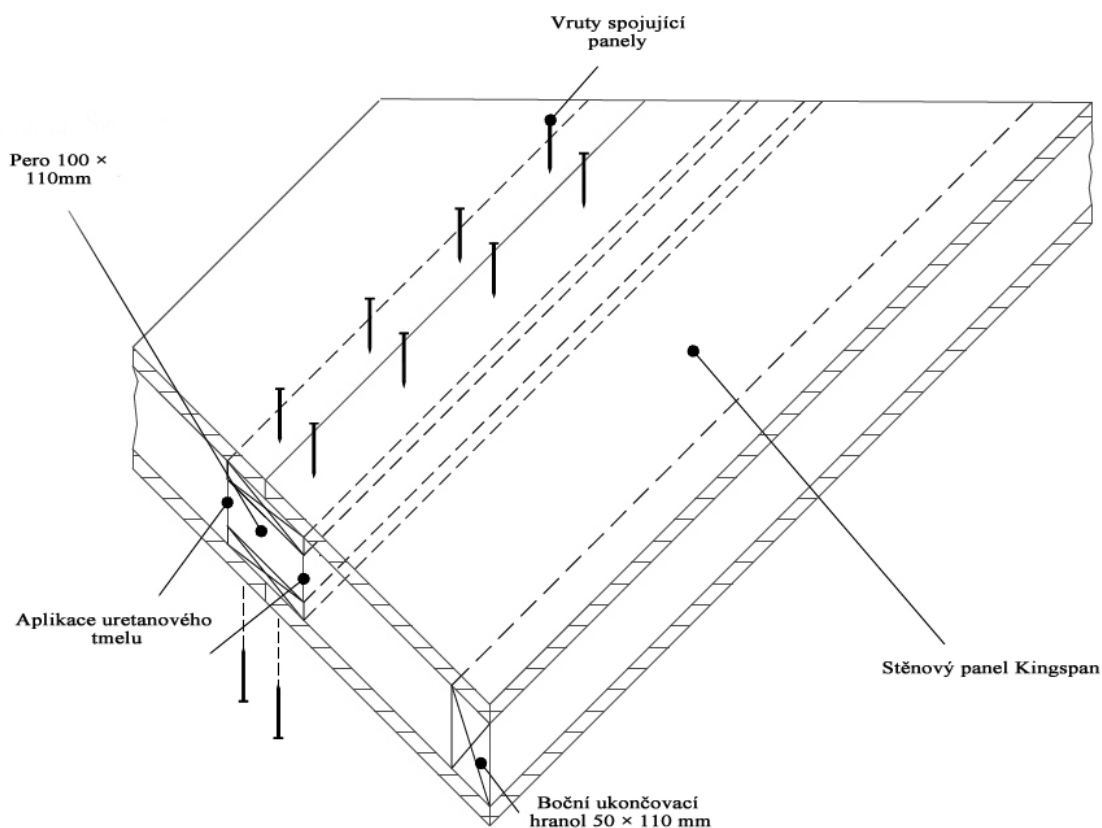
Vlastnosti panelu Kingspan

Kingspan se specializuje převážně na trh v oblasti Velké Británie, a proto jsou některé hodnoty uváděné v dokumentaci upravovány podle zeměpisné části Ostrovního státu. Plošná hustota panelu je 25 kg.m⁻². Požární odolnost tohoto panelu je stejně jako u předchozích SIPs panelů velmi malá. Její hodnotu lze však zvýšit dalšími vrstvami nehořlavého materiálu. V základním provedení má panel během působení ohně odolnost 15 minut. Tepelná vodivost je u PUR izolace 0,023 W.K⁻¹.m⁻¹ a tím spolu s OSB/3 dosahuje součinitele prostupu tepla až 0,2 W.K⁻¹.m⁻². Na ohyb je panel schopen snést sílu 2 kN.m⁻¹ [30].

Montáž panelu Kingspan

Montáž panelu je obdobná jako u předchozích systémů. Panely jsou na sebe napojovány pomocí vkládání per o rozměrech 100 × 110 mm po celé délce panelu, do drážek tvořených přesahy OSB/3 desek. Pera mají stejné složení jako stěnový panel a minimalizují se tak tepelné mosty. Vše musí být perfektně utěsněno montážním lepidlem a následně jsou spoje sešroubovány vrutovými šrouby [30].

Obr. 20 Spojení dvou panelů Kingspan



Zdroj: [30]

3.3.3 Sendvičové panely

Sendvičové panely jsou charakteristické nosnou konstrukcí, která je tvořena rámem z řeziva a z pláště stabilizujícího nosnou kostru sestavenou do obdélníku. Trámková nosná kostra slouží k přenášení svislého zatížení, zatímco plášť z desek na bázi dřeva přenáší vodorovná zatížení vznikající účinkem větru a dalších vodorovných sil [6]. „Nosný obdélníkový rám je tvořen spodním a horním dřevěným prahem a krajními svislými sloupky [6].“

Systém dřevostaveb s nosnou kostrou z řeziva je tradičním a velmi rozšířeným systémem, oblíbeným především pro rychlou, suchou montáž a dobré tepelně-izolační vlastnosti. Tento systém byl postupně zdokonalován z hlediska opracování jednotlivých prvků a prefabrikace [31; 8].

Z hlediska výrobního procesu jsou rozdíly mezi rámovou a panelovou konstrukcí, která bývá často označována jako spojitá dřevěná konstrukce. Pro výstavbu dřevostaveb jsou rámové konstrukce s prefabrikovanými panely na bázi dřeva upřednostňovány.

U různých dodavatelů se setkáme s odlišným stupni předpřipravenosti. Nejen však při stavbě velkých domů je snaha o co nejvyšší stupeň prefabrikace. U nejvyššího stupně jsou například předmontovány okna, dveře a dokonce i rozvody a instalace. Řadu prací při výrobě prefabrikátů přebírají stroje. Po sestavení velkoformátových prvků na staveništi je dům v podstatě hotov. Uzavřou se spáry mezi jednotlivými prvky a provedou se vnitřní úpravy a dokončovací práce [32].

Je velmi nutné dbát na to, aby při tomto způsobu stavby domu byly jednotlivé prvky přesně pospojovány. Jestliže není parotěsnící zábrana ve spáře důkladně slepená, může docházet k tepelným ztrátám a pronikání vlhkosti do stěn. Mimo sendvičového složení stěny jsou stejně jako výroba a zpracování rozhodující pro kvalitu stavby použité materiály a konstrukce jednotlivých vrstev [8; 32].

Pro kvalitu stavby jsou důležité hlavně materiály a konstrukce jednotlivých vrstev. U nosného systému je několik možností. Vedle tradičních plných trámů se v posledních letech prosazují lepené nosníky, duo nebo trio trámy. V oblasti stavby pasivních domů se mohou uplatnit ocelové stojky tvaru dvojitého T s úzkou stojkou ze zvláště pevných dřevěných materiálů. Na základě svého minimálního průřezu představují jen malé riziko vzniku tepelných mostů oproti masivnímu dřevu [32].

„Mnohem pestřejší paletu typů představují izolační materiály. Většinou se pro vyplnění nosného systému používají izolační rohože z minerálních vláken. Z ekologického hlediska se těší velké oblibě sypané izolace z celulózových nebo dřevovláknitých materiálů, které se například zhotovují ze starého papíru [32]“. Pro využití recyklovaných izolačních hmot mluví také jejich schopnosti vyšší tepelné akumulace a lepší tlumivosti zvuku oproti minerálním materiálům. U přírodních izolací dochází v tepelných špičkách k lepší regulaci tepelných výkyvů. Problémem může být sesedání sypaných izolací. Stačí však do panelu umístit v malých úsecích mezistěnové a mezistojníkové konstrukce, které zajistí nesesedavost izolace [32].

Hlavní rozdíly jednotlivých panelů jsou ve vnějších izolačních vrstvách. Tvoří širokou škálu od jednoduchých, tenkých dřevovláknitých desek, až po 200 mm silný polystyren nebo kombinované dřevovláknité systémy [32]. *„Za minimum se dnes považuje vrstva 40 mm polystyrenu nebo ekvivalentní izolační vrstva z jiného materiálu [32].“*

3.3.3.1 Xella- Fermacell panely

Tab. 12 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu Fermacell 1 HT 11 s dřevovláknitou izolací

Hmotnost	[kg.m ⁻²]	39	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	3,125
Požární odolnost	[min]	REI 45 DP3**	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	42
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,32	Difúzní odpor	[m.s ⁻¹]	*

pozn. * Hodnota nezjištěna

** Hodnota požární odolnosti je rozvedená v textu níže

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Konstrukce panelu 1 HT 11 s dřevovláknitou izolací

Sendvičové panely Fermacell 1 HT 11 využívají klasické rámové konstrukce. Základní rám je tvořen horním a dolním prahem o šířce 120 mm a výšce 80 mm. Svislé vyztužení panelu je tvořené žebry v rozestupu nejčastěji 625 mm (může být i 500, 750 a 900 mm), jejichž rozměry jsou 120 × 45 mm × výška panelu 2750 nebo 3000 mm. Sloupky po stranách panelu mají rozměry totožné. Panel 1 HT 11 ve svém středu obsahuje izolaci o tloušťce 120 mm ze dvou vrstev dřevovláknité desky Hofatex Thermo DK o tloušťce 40 mm a 80 mm s tepelnou vodivostí $\lambda=0,039$ [W.m⁻¹.K⁻¹] a hustotou 150 kg.m⁻³. Firma Fermacell je schopna podle přání zákazníka použít i minerální izolaci, konopnou nebo foukanou izolaci Climatizer. Rám je z obou stran uzavřen deskami Fermacell o tloušťce 12,5 mm. Tato deska Fermacell je složená ze sádry a papírových vláken. Obě tyto suroviny jsou s přidáním vody smíchány, vysušeny, lisovány, naipregnovány prostředkem odpuzujícím vodu a jako sádrovláknité desky použity do konstrukce. Desky mají hustotu 1150 kg.m⁻³. Na tento základní panel lze podle požadovaných vlastností aplikovat izolační, omítkové a ztužující vrstvy [5, 33].

Je-li například přidána z vnější strany parozábrana, 50 mm tepelné izolace z polystyrenu, lepící stěrka a omítková fasáda, získáme tepelnou vodivost o hodnotě 0,189 W.m⁻².K⁻¹. Na závěr se vytvoří na vnitřní straně pohledová vrstva (sádrokartonové desky) [5; 33].

Vlastnosti panelu Fermacell 1 HT 11

Požární odolnost je u tohoto panelu podle ČSN EN 1365-1 certifikována REI 15 DP2, REW 15 DP2, REI 45 DP3, REW 45 DP3. Panel se skládá z dřevěného rámu, středové izolace a sádrovláknitých desek na ztužení panelu v horizontálním směru. Sádrovláknitá deska Fermacell, má mez pevnosti ve smyku 1,8 N.mm⁻². Celý

panel tvořený dřevěným rámem a dvěma deskami Fermacell má mez pevnosti ve smyku $3,6 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$. Součinitel difúzního odporu desek je $13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Panely jsou dodávány v maximálních rozměrech, jejichž výška je určena maximální výškou dřevovláknité desky tzn. 3000 mm. U nosné konstrukce není možný výskyt horizontálních spár a proto je výška panelu limitovaná rozměrem desky. Maximální šířka prefabrikovaného panelu je omezena pouze přepravními limity tzn. 12 000 mm [33].

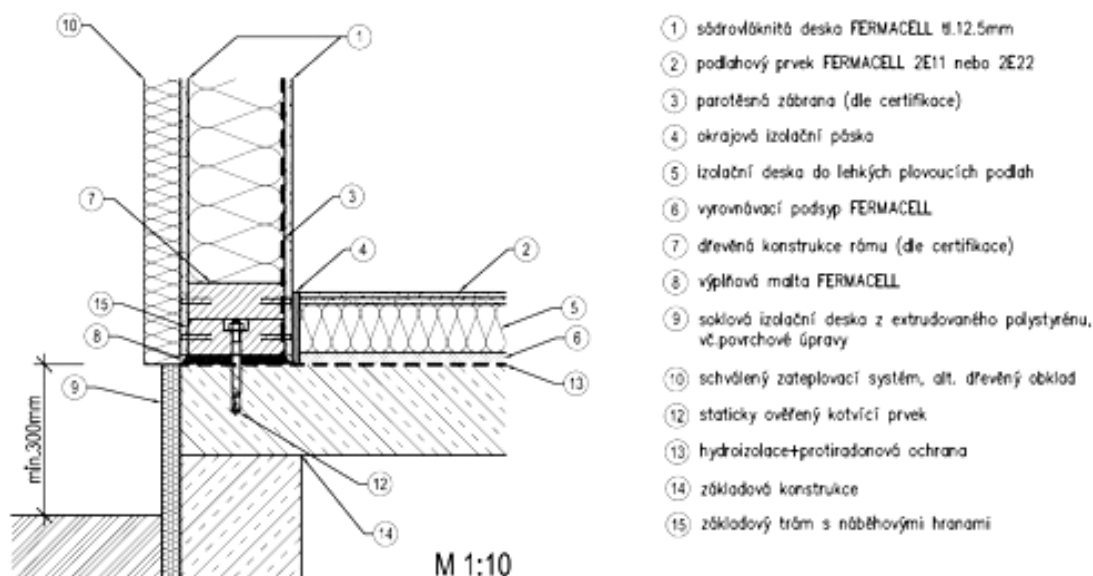
Montáž panelu Fermacell 1 HT 11

Montáž samotného panelu probíhá v kryté hale nezávisle na počasí. Předem smontované dřevěné rámy se položí na pracovní stůl a srovnají se. Na takto připravený rám se položí dřevovláknité desky a upevní se vhodným spojovacím materiálem (spony). Spáry mezi deskami by měly ležet na žebrech panelu (nebo musí být vytmeleny). U nosných stěn nejsou ze statických důvodů dovoleny horizontální spáry. Do prostoru mezi žebry rámu je vložena izolace a následně je panel zaklopen sádrovláknitou deskou i z druhé strany [33].

Před montáží prefabrikovaných panelů se na půdorys základové desky rozměří osy stěn, dveří a nosných stojek. Na vyznačené osy stěn se na místě spoje stavebních dílů připevní vodorovné dřevěné nosníky. Ty jsou většinou stejných rozměrů, jako dolní práh u konstrukce panelu. Vodorovné dřevěné nosníky, neboli základové prahy, jsou do základové desky ukotveny pomocí kotvicích šroubů. Nosné stěnové panely jsou následně posazeny na tyto základové prahy. Přesah sádrovláknitých desek přes dřevěný rám panelu vytvoří drážku, která je následně usazena na základový práh. Pomocí spojovacích prvků je sádrovláknitá deska prošroubována do základového prahu. Samotná stěna je při montáži staticky zpevněna dřevěnými stojkami, které zajišťují stabilitu před ztužením celé konstrukce ostatními stěnami a příčkami [33].

Na tuto konstrukci se pak z venkovní strany namontují další izolační vrstvy a omítka. Na vnitřní stranu se nainstaluje rošt z dřevěných hranolů nebo z hliníkových profilů pro uchycení sádrokartonových desek [33].

Obr. 21 Napojení stěna- základová deska



Zdroj: [33]

3.3.3.2 Konstrukce panelu 1 HT 11 s foukanou celulózovou izolací

Tab. 13 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu Fermacell 1 HT 11 s foukanou celulózovou izolací

Hmotnost	[kg.m ⁻²]	39	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	3,125
Požární odolnost	[min]	REI 45 DP3	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	42
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,32	Faktor Difúzního odporu	[-]	*

Pozn. * hodnota nezjištěna

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Při použití stejné základní rámové konstrukce s vyplněním prostorů mezi žebry foukanou celulózovou vláknitou izolací Climatizer, získáme velmi podobné vlastnosti jako u dřevovláknité izolace Hofatex Thremo DK. Při použití celulózové izolace je výhodou dokonalé utěsnění a přilnutí materiálu k rámu, čímž se minimalizují vzduchové mezery. Tento druh izolace se také používá u obtížně přístupných konstrukčních detailů, kde by mohly při použití klasické minerální nebo dřevovláknité izolace vzniknout nedokonale utěsněná místa. Při porovnání s hodnotami u dřevovláknité desky zjistíme, že se nijak výrazně nemění. Důvodem budou podobné tepelně izolační vlastnosti.

Hustota při maximálním ztuhnutí je u celulózové izolace 90 kg.m^{-3} a její tepelná vodivost je $0,042 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ [5; 33; 34].

3.3.3.3 Nosný stěnový panel s deskami Rigips

Tab. 14 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu s deskami Rigips

Hmotnost	[kg.m^{-2}]	51	Tepelný odpor panelu	[$\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$]	5,440
Požární odolnost	[min]	REI 60 DP3	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	48
Souč. prostupu tepla	[$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$]	0,178	Difúzní odpor	[m.s^{-1}]	*

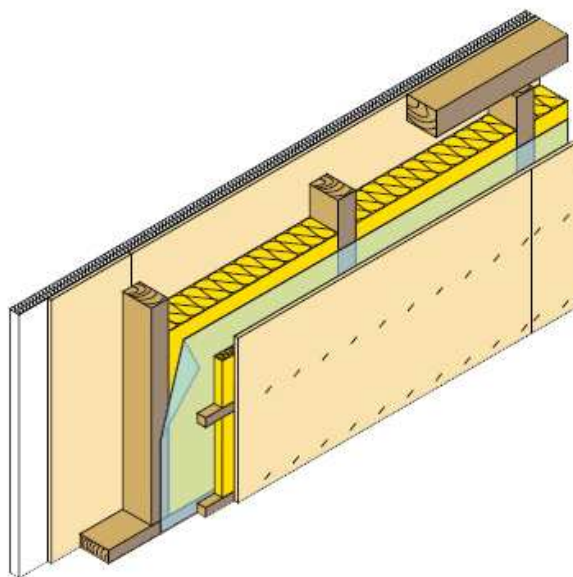
pozn. * hodnoty nebyly nalezeny

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Konstrukce panelu Rigips

Jedná se o difúzně uzavřenou konstrukci. Základní konstrukce panelu je tvořena dřevěným rámem a svislé prvky jsou umístěny v roztečích o maximálních vzdálenostech 625 mm. Nosné sloupky (žebrování panelu) mají rozměry $60 \times 140 \text{ mm}$, prahy mají rozměry stejné. Rámovou izolaci tvoří Isover Fassil o tloušťce 140 mm a rám je z obou stran opláštěný sádrovláknitými deskami Rigips o tloušťce 12,5 mm. Isover Fassil je minerální izolace z kamenných vláken. Směrem z interiéru do exteriéru je konstrukce opatřena parotěsnou fólií z PE o tloušťce 0,2 mm. Kontaktní vrstva EPS (extrudovaný polystyren) a druhá vrstva minerální izolace s kolmými vlákny Isover NF [35].

Obr. 22 Náhled panelu Rigips difúzně uzavřená konstrukce

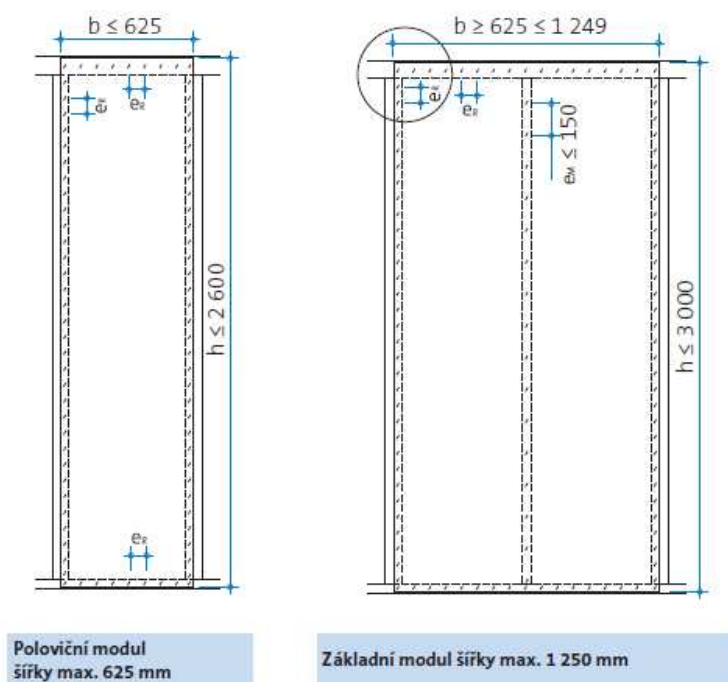


Zdroj: [35]

Vlastnosti panelu Rigips

Maximální výška panelu je 3000 mm. Šířka panelu je závislá na délce přepravního prostředku a je vždy násobkem modulu o šířce 625 mm. Při použití panelu je nutné desky Rigips chránit před povětrnostními vlivy a vysokou vlhkostí. Při použití kontaktního zateplovacího systému je třeba dodržet minimální tloušťku 40 mm polystyrenu. Celková šířka stěny je 225 mm a její plošná hustota je 51 kg.m^{-2} . Tuhost panelů Rigips je standardizována na hodnotu 64 kN.m^{-1} . Tento typ panelů je vhodný spíše pro stavby typu bungalov. Při použití dílců Rigips ke konstrukci vícepodlažního domu je nutné se poradit se statikem, neboť panely nejsou na tento typ konstrukce testované [35].

Obr. 23 Ukázka základního panelového modulu.

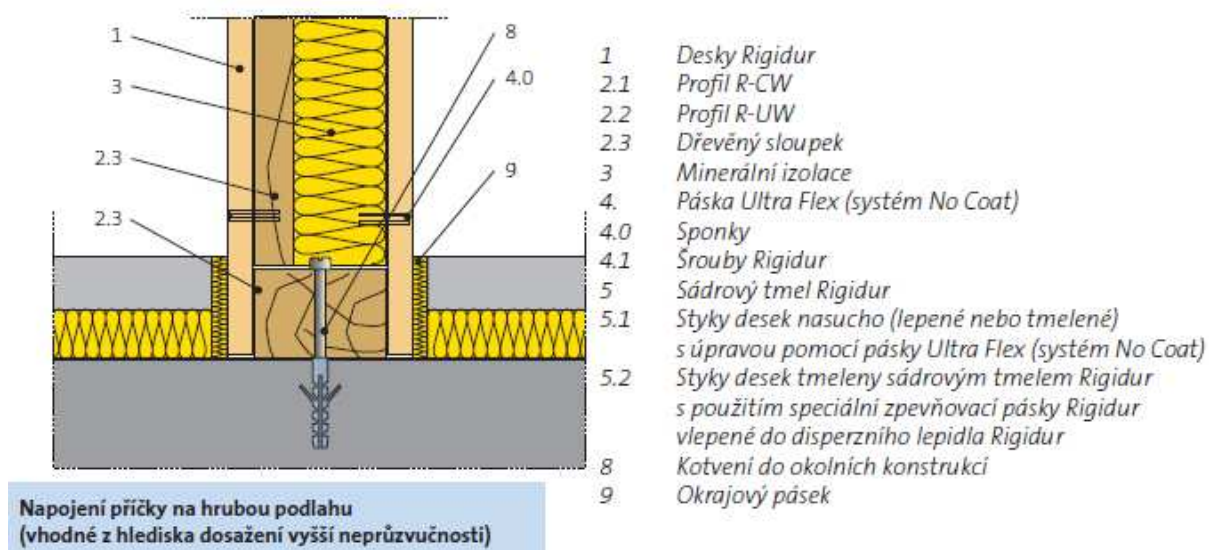


Zdroj: [35]

Montáž panelu Rigips

Při montáži je třeba dbát na neprodyšnost pláště. Při použití v difúzně uzavřené konstrukci je nutné dbát na přesnost všech spojů, v případě prefabrikovaných panelů na přesnost spojení jednotlivých segmentů. Systém kotvení panelů do základové desky je stejný jako u většiny sendvičových konstrukcí. Skrz základový práh je provrtán otvor, kterým je skrz něj ukotvena ocelová kotva do základové desky [35].

Obr. 24 Ukotvení panelu Rigips do základové desky



Zdroj [35]

3.3.3.4 Panely Alfahaus Difu

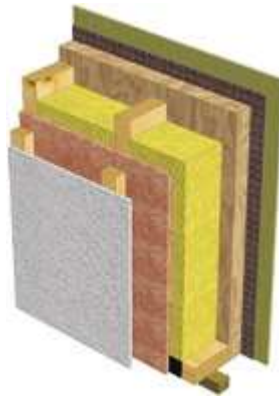
Tab. 15 Mechanické a fyzikální vlastnosti panelu Alfahaus Difu

Hmotnost	[kg.m ⁻²]	68	Tepelný odpor panelu	[m ² .K.W ⁻¹]	5,44
Požární odolnost	[min]	REI 45	Vzduch. neprůzvučnost	[dB]	37
Souč. prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	0,18	Difúzní odpor	[m.s ⁻¹]	3,1

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Firma Alfahaus je známá svými velmi kvalitními panelovými konstrukcemi, zejména pro jejich tepelně-izolační vlastnosti. Základem je jako u většiny nosných sendvičových konstrukcí dřevěný rám složený z prvků 160 × 60 mm. Ve složení difúzně otevřeného konstrukčního systému s názvem Alfahaus Difu nalezneme v prostoru dřevěného rámu tepelnou izolaci o šířce 160 mm. Ta je z obou stran zaklopena sádrovláknitými deskami Rigipur 12,5 mm. Z vnitřní strany následuje instalační předstěna, do které je možné vložit libovolnou izolaci o šířce až 40 mm. Z exteriérové strany se na sádrovláknitou desku připevní izolační dřevovláknitá deska INTHERMO o šířce 60 mm. Následuje podkladová armovaná omítka 7 mm a strukturovaná omítka 2 mm [36; 37].

Obr. 25 Složení panelu Alfahaus Difu



Zdroj: [37]

Panely Alfahaus se dodávají ve vysokém stavu prefabrikace. Do panelů jsou již zasazena okna i dveře. Vše je připraveno, s výjimkou rozvodů. Panely se dodávají celostěnové. Maximální velikost panelu je okolo 12 000 mm dle délky přepravního prostředku. Panely mají mez pevnosti 22,1 MPa. Požární odolnost panelů byla testována na REI 45 minut. Tyto panely se používají pouze na rodinné domy [36; 37].

4 Závěr a diskuse

V bakalářské práci bylo pojednáno o procesu, výhodách a nevýhodách prefabrikace stěnových panelů při výstavbě dřevostaveb. Byla nastíněna historie prefabrikovaných panelů a jejich současné použití. Byly uvedeny druhy velkoplošných prefabrikovaných panelů, jejich konstrukce, vlastnosti jednotlivých panelů a konečná montáž prefabrikátů na stavbě. Před uvedením vlastností panelů byl vypracován přehled důležitých pojmů a veličin, které ovlivňují posuzování jednotlivých konstrukcí. Bylo poukázáno na jejich důležitost ve vztahu ke konstrukci a faktory, které mohou rozdílné hodnoty veličin ovlivnit. Základní veličiny, jako například plošná hustota, součinitel prostupu tepla, vzduchová neprůzvučnost, tepelný odpor, požární odolnost a faktor difúzního odporu, byly nalezeny pro převážnou většinu uvedených panelových konstrukcí a zobrazeny v přehledných tabulkách. K těmto hodnotám byly doplněny i další pomocné technické parametry panelů, získané z technických dokumentací výrobců. Tyto hodnoty spolu s maximálními rozměry panelů a počtem vrstev byly uvedeny v souhrnné přehledné tabulce spolu s odkazy na internetové stránky výrobců prefabrikovaných panelů. Vše v příloze číslo 6, 7 a 8. Hodnoty, které u některých panelů nejsou uvedené, nebylo možné z technické dokumentace výrobců získat a ani po kontaktování elektronickou poštou nebyly hodnoty zjištěny. V některých případech se výrobci dřevostaveb řídí i přáním zákazníka a skladba konstrukce panelu se tedy může případ od případu lišit, jindy jsou technické parametry firemním tajemstvím.

Ze shromážděných hodnot jednotlivých panelových systémů vyplývá, že každý z nich má své výhody a nevýhody, které ho předurčují k použití v určité situaci a pro konkrétní účel. Z vysokých hodnot tuhosti CLT panelů můžeme odvodit, že je tento typ konstrukce ideální pro stavbu vícepatrových budov. Díky své ceně a složení však nejsou příliš vhodné pro stavbu rodinných domů. Pro ty jsou nejlepší alternativou sendvičové konstrukce, u kterých je možné díky prefabrikaci a mnoha vrstvám dosáhnout vysokého tepelného odporu, dobré těsnosti obálky, a tak získat velmi kvalitní tepelně-izolační a zvukově izolační vlastnosti stěny, spolu s rychlou montáží na staveništi. Jejimi dalšími přednostmi je i minimální množství tepelných mostů a rozměrová přesnost panelů.

Panely SIPs vynikají rychlostí výstavby a snadností montáže. Jsou doporučovány do seismicky aktivních oblastí a míst postižených přírodní katastrofou. Požární odolnost samotných panelů je však velmi malá. To vychází z konstrukce panelu, který svou tuhost udržuje díky tzv. krabicovému efektu.

Tato práce byla převážně orientována na prefabrikované panely používané na území České republiky. Množství panelů a jejich konstrukčních zařazení a rozdílů je velmi rozsáhlé a každým rokem přibývají nové certifikované systémy. Doporučení vyplývající z této práce je průběžně aktualizovat a doplňovat tento přehled konstrukce panelů pro výstavbu dřevostaveb a doplnit co největší množství hodnot, které dosud nebyly zjištěny.

5 Seznam odborné literatury

- [1] MÜLLER, Stanislav. Prefabrikované dřevostavby : Výhra nad časem. *Dřevo & Stavby : bydlení nové generace*. 2010, 2. ročník, 3, s. 26-30. Dostupný také z WWW: <<http://www.earch.cz/clanek/5472-prefabrikovane-drevostavby-vyhra-nad-casem.aspx>>. ISSN 1803-6996.
- [2] ZAHRADNÍČEK, Václav ; HORÁK, Pavel. *Moderní dřevostavby*. Brno : ERA group spol. s r.o., 2007. 155 s. ISBN 978-80-7366-109-0.
- [3] SMOLA, Josef . Tradice a historický vývoj . *Dřevo & Stavby* [online]. 2009, č. 2, [cit. 2010-08-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.earch.cz/clanek/4659-tradice-a-historicky-vyvoj.aspx>>.ISSN 1803-6996.
- [4] CHALUPOVÁ, Zita. *Čtyřicet let domů z Rýmařova* . Olomouc : Burian a Tichák , 2009. 102 s. ISBN 978-80-87274-01-9.
- [5] PETŘÍKOVÁ, Pavlína . *Použití desek Fermacell v dřevostavbách*. Brno, 2008. 45 s. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- [6] KOLB, Josef. *Dřevostavby : systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 1. vyd. . Praha : Grada, 2008. 312 s. ISBN 978-80-247-2275-7.
- [7] RŮŽIČKA, Jan. *Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí* [online].CIDEAS, 30.11.2006, 30.11.2006 [cit. 2010-08-28]. Prefabrikované stěnové panely s jádrem ze stabilizované nepálené hlíny pro svislé nosné konstrukce. Dostupné z WWW: <<http://www.cideas.cz/index.php?menu=default>>.
- [8] VEVERKA, Jiří; HAVÍŘOVÁ, Zdena; JINDRÁK, Miroslav. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha : Grada, 2008. 376 s. Dostupné z WWW: <http://books.google.com/books?id=z9CrC9WygYUC&pg=PA236&dq=d%C5%99evostavby&hl=cs&ei=kEZ5TNaRfTsd4QbO9oiEBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6&ved=0CE8Q6AEwBQ#v=onepage&q&f=false>. ISBN 978-80-247-2205-4.
- [9] DUDAS, Juraj; JOCHIM, Stanislav. *Konstruktivní dřevěné materiály : Pre drevené stavebné konštrukcie a výroby*. 1. TU vo Zvolene : Vydavateľství TU vo Zvolene, 2008. 161 s. ISBN 978-80-228-1938-1.

- [10] Nezávislý stavební dozor. Difúzně otevřenou nebo difúzně uzavřenou dřevostavbu?. *Nezávislý stavební dozor* [online]. 11.02.2010, 1., [cit. 2011-03-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.nezavisly-stavebni-dozor.cz/news/difuzne-otevrenou-nebo-difuzne-uzavrenou-drevostavbu-/>>.
- [11] ŠOVČÍK, Petr. Difúzně otevřené konstrukce : mýtus, módní trend nebo budoucnost?. *Stavebnictví a interiér* [online]. 16. 8. 2007, 7/2007, [cit. 2011-03-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/difuzne-otevrene-konstrukce/>>.
- [12] ZLATNÍK, Tomáš. *Stavocentrum : Server o bydlení a stavebnictví* [online]. [Praha 10] : Stavocentrum, s.r.o., 20.11.2004, poslední změna 20.11.2004 10:00 [cit. 2010-08-24]. Zateplit dům z vnější strany, nebo zevnitř?. Dostupné z WWW:<http://www.stavocentrum.cz/index.php?none=1&action=clanek&c_id=632>. ISBN 1213-9491.
- [13] HEJHÁLEK, Jiří. Pasivní dům v číslech. *Stavebnictví a interiér*. 2010, roč. 18, č. 7, s. 69. Dostupný také z WWW:<<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/pasivni-dum-v-cislech/>>. ISSN 1211-6017.
- [14] XELLA. *Fermacell : Systémy suchý výstavby* [online]. Na webu je uvedeno: Publikováno 03.02.2009 [cit. 2010-08-24]. Protipožární ochrana . Dostupné z WWW: <http://www.xella.cz/html/czk/cz/fermacell_protipozarni_ochrana.php>.
- [15] ČSN 73 0862 . *Stanovení stupně hořlavosti stavebních hmot*. Praha : Český normalizační institut, 2003. 40 s.
- [16] NOORI, Milada. Zatřídění konstrukcí na základě PO a hořlavosti. In KUPILÍK, Václav . *Stavební konstrukce z požárního hlediska* [online]. Praha 6 : ČVUT, 2006 [cit. 2011-02-25]. Dostupné z WWW: <http://www.google.cz/url?sa=t&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CBcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fpeople.fsv.cvut.cz%2Fwww%2Fwald%2FPozarni_odolnost%2Fe-text%2Fspecialiste%2F%2F2-6_Zatrideni_konstrukci_dle_PO.pdf&rct=j&q=Po%C5%BE%C3%A1rn%C3%AD%20odolnost%20dp1&ei=vIFnTf2ZA4r3sgb705HfDA&usg=AFQjCNEQk2bYWOgpQbL7Ne6P4UtKidJR5Q&cad=rja>. ISBN 80-247-1329-2.

- [17] SKULINOVÁ, Darja. *IZOLACE.cz* [online]. 21.2.2006 , 21.2.2006 [cit. 2010-08-29]. Vzduchová a kročejová neprůzvučnost vodorovných kcí panelových domů. Dostupné z WWW: <<http://www.izolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2169>>. ISSN 1213-6395.
- [18] HAVÍŘOVÁ, Zdeňka. *Stavíme dům ze dřeva*. Brno : ERA, 2005. Masivní stavby ze dřeva, s. 100. ISBN 80-7366-008-3.
- [19] SVRČINA, Miroslav. *Masivní dřevostavba systému KLH*. Brno, 2007. 68 s. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- [20] SKAARHOJ, Kasper. *Mayr-Melnhof Kaufmann Gaishorn GmbH* [online]. Verze 1. 4.4.2010 [cit. 2010-11-28]. M1 BSP crossplan. Dostupné z WWW: <<http://www.mm-kaufmann.com/produkte/m1-bsp-crossplan.html>>.
- [21] ŠTEFKO, Josef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby : Konstrukce, ochrana údržba*. Bratislava : JAGA GROUP, spol. s.r.o., 2009. Materiály pro dřevěné stavby, s. 83. ISBN 978-80-8076-080-9, EAN: 9788080760809.
- [22] AGROP NOVA a.s. *NOVATOP : vysoce efektivní řešení pro energeticky úsporné i pasivní dřevostavby* [online]. Ostrava : Studio LEXEL s.r.o., 2009 [cit. 2010-08-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.novatop-system.cz/cs/>>.
- [23] LIŠKA, Luděk. *Stavoinvestgroup : Energeticky úsporné rodinné domy* [online]. 2009. Plzeň : Lesyco GMA, 2009 [cit. 2010-09-01]. EUROPANEL – technologie SIPs. Dostupné z WWW: <<http://www.stavoinvestgroup.cz/stavebni-system-europanel-podrobne.php>>.
- [24] B & K Timber Structures. *B & K Timber Structures* [online]. Harris Associates 2010, 1999 [cit. 2010-11-28]. Technical information for Cross-laminated timber. Dostupné z WWW: <<http://www.bkts.co.uk/technical-clt.html>>.
- [25] Thoma Holz GmbH. *Thoma Holz GmbH : IMMER SCHON GEBORG NHEIT* [online]. 2004 [cit. 2011-03-13]. Holz100. Dostupné z WWW: <<http://www.thoma.at/html/deutsch/index1.html>>.
- [26] Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH . *HMH : Massiv-Holz-Mauer* [online]. Německo : 2006 [cit. 2011-03-13]. Vorschläge zur Detailausbildung. Dostupné z WWW:<<http://massivholzmauer.de/index.php?id=321&L=1&cHash=277cc1bad2>>.

- [27] *Europanel : Stavební systém pro nízkoenergetické domy* [online]. Liberec : 2009 [cit. 2010-09-01]. Technické listy b. Dostupné z WWW: <<http://www.europanel.cz/download.php>>.
- [28] K-KONTROL®. *Czechpan s.r.o. : Nejlepší řešení pro Vaší dřevostavbu* [online]. 1999 [cit. 2010-09-06]. Stavební systém K-KONTROL®. Dostupné z WWW: <<http://www.czechpan.cz/k-kontrol/cz/>>.
- [29] Stavoinvest Group s.r.o. *MODERNÍ ZPŮSOB STAVBY, KTERÝ VÁS ZAJISTÍ* [online]. Plzeň : Lesyco GMA, 2009 [cit. 2010-09-02]. EUROPANEL. Dostupné z WWW: <<http://www.stavoinvestgroup.cz/stavebni-system-europanel.php>>.
- [30] Kingspan TEKregistered Building Systems . *Kingspan TEKregistered Building Systems* [online]. Garston, Watford : 2010 [cit. 2011-03-24]. Literature. Dostupné z WWW:<<http://www.tek.kingspan.com/uk/literature.htm>>.
- [31] HAVÍŘOVÁ, Zdeňka. *Dům ze dřeva*. 1. vyd. Brno : ERA, 2005. 99 s. ISBN 80-7366-008-3.
- [32] KOTTJÉ, Johanness. *Jak se staví dřevěný dům : Od projektu k nastěhování*. První vydání, Praha 2008. U Průhonu 22, Praha 7 : Grada Publishing, a.s., 2008. 128 s. Dostupné z WWW:<http://books.google.com/books?id=XdBve8JdrY4C&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. ISBN 978-80-247-2531-4.
- [33] Xella International GmbH . *Xella : Suché výstavby* [online]. 1.1.2011 [cit. 2011-02-25]. Fermacell. Dostupné z WWW: <<http://www.xella.cz/html/czk/cz/vitejte-na-strankach-fermacell.php>>.
- [34] JÍRA, Jan. *Www.stavimedum.cz : informační portál nejen pro stavebníky rodinných domů* [online]. Třebíč : 13.10.2005 [cit. 2011-03-17]. Foukaná izolace – Climatizer Plus. Dostupné z WWW: <<http://www.stavimedum.cz/article.jsp?art=328&catId=3018>>.
- [35] Rigips, s.r.o. *Dřevostavby : Podklady pro výrobce dřevostaveb a projektanty* [online]. Malešice : Společnost Rigips, s.r.o., 19.10.2010 [cit. 2011-03-17]. Dostupné z WWW:<http://www.rigips.cz/data/USR_001_PICTURES/Drevostavby_projektanti_2010.pdf>.
- [36] DIFU_09-real_HDS. *Základní komplexní tepelně technické posouzení stavební konstrukce*. Praha : VVUD, 14.9.2009. 48 s.

- [37] ALFAHAUS s.r.o. *Alfahaus : Nízkoenergetické dřevostavby* [online]. 2010 [cit. 2011-03-05]. Technologie - difúzně otevřené. Dostupné z WWW: <<http://www.alfahaus.cz/technologie-ukazka-montaze>>.

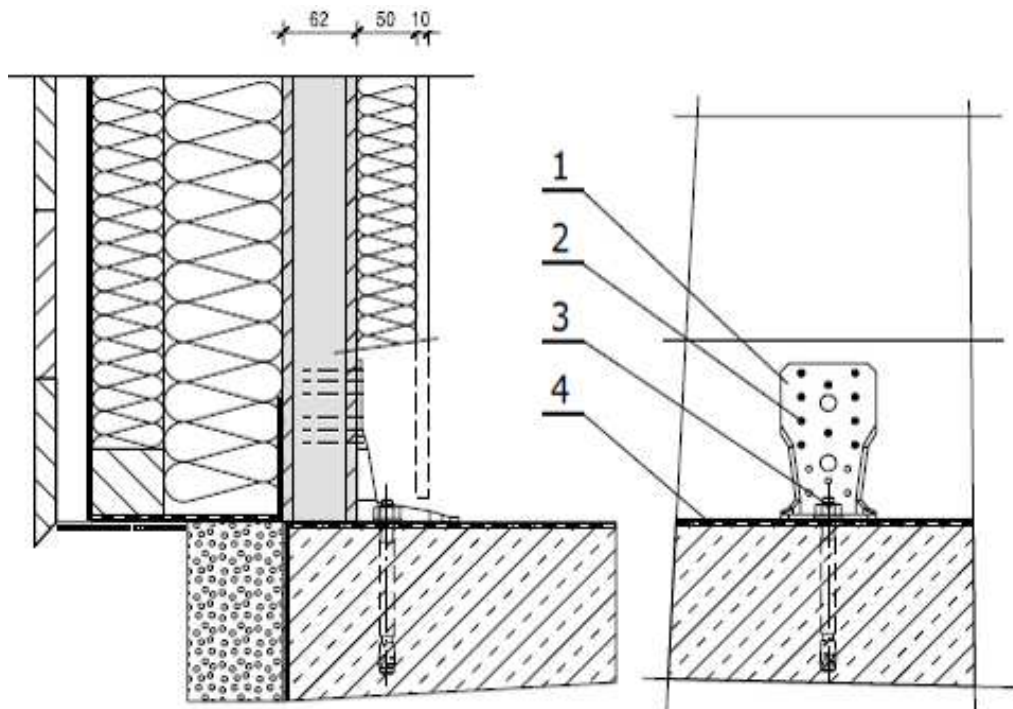
6 Přílohy

Příloha č.1 Dům ze stěnových panelů CLT



Zdroj: [10]

Příloha č.2 Ukotvení panelu CLT k základové desce



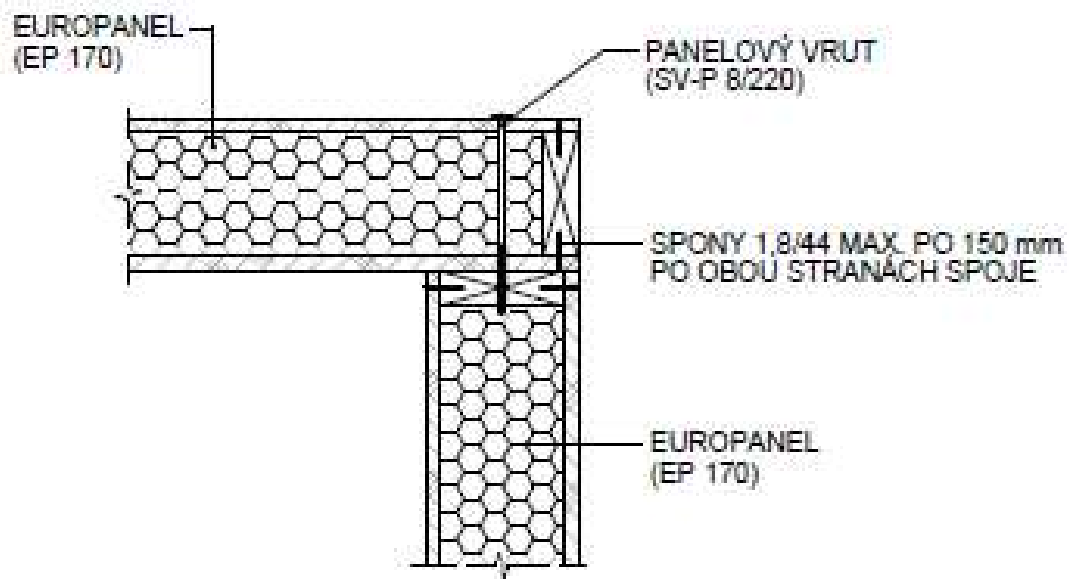
LEGENDA

1. Kotva bmf kr 135
(Počet dle statiky)
2. Hřebík konvexní 4 x 50
(Počet dle statiky)
3. Chemická kotva m 12
4. Hydrotzolace



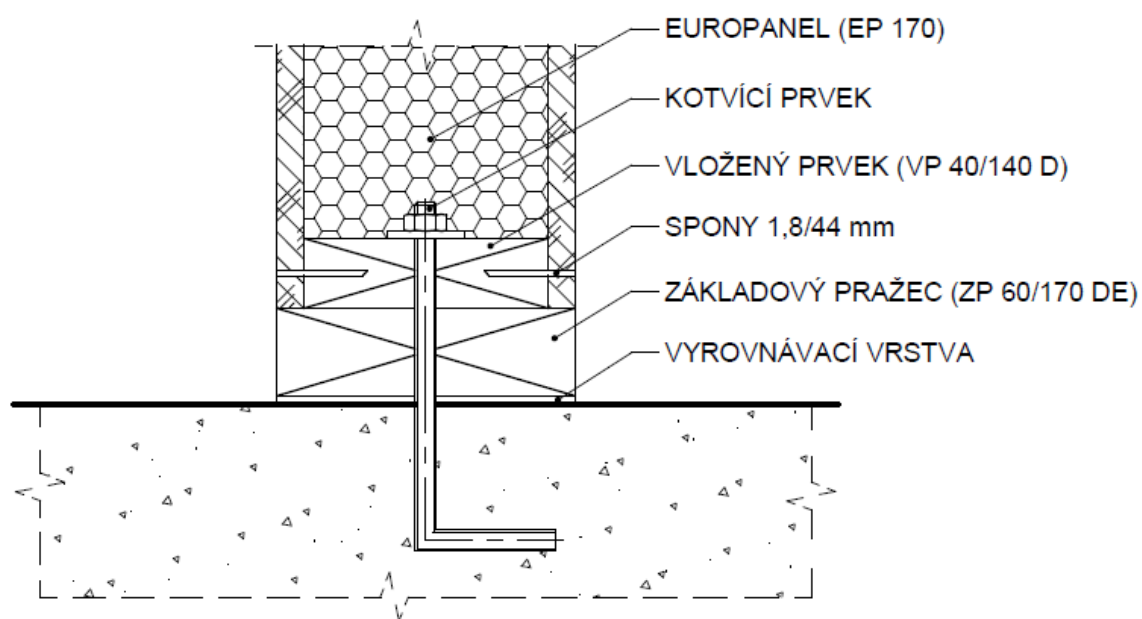
Zdroj: [10]

Příloha č.3 Rohové spojení Europanelů



Zdroj: [12]

Příloha č.4 Ukotvení Europanelu do na základové prahy



Zdroj: [12]

Příloha č.5 Základové prahy pro panely K-kontrol



zdroj: [16]

Příloha č.6 Přehled mechanických a fyzikálních hodnot stěnových prefabrikovaných panelů 1. část

Název veličiny	Max. délka	Max. výška	Max. šířka	Šířka	Plošná hustota	Hustota	Požární odolnost	Součinitel prostupu tepla
Značka	x_{max}	z_{max}	y_{max}	y	ρ_s	ρ	/	U
Jednotka	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg.m ⁻²]	[kg.m ⁻³]	[min]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Název systému a panelu								
KLH panel	16500	2950	500	94	44	470	30 REI	1,1
Novatop Solid	3000	12000	124	124	60,8	490	60 REI	0,89
Kaufman panely M1BSP	16500	3000	278	94	45	480	F30 / REI30	1,1
B & K Timber Structures	2950	18000	334	334	160	480		
Holz100	3000	8000	400	400	192	480	150 F	
Solid wood wall MHM	6000	3250	340	205	98	480	F90 B	0,26
Europanel profi 3000	1250	3000	270	170	24	88	12minut (REI 0)	0,27
K-kontrol panel T 210	5000	3000	210	210	23,6	109	REW 45 *	0,204
Kingston pan	7500	3000	142	142	25		R 30	0,2
Fermacell 1 HT 11 dřevovlákn	12000	6000	150	150	84		REI 60 DP2,REW 90 DP3	0,32
Fermacell 1 HT 11 Celulóza	12000	6000	150	150	84		REI 60 DP2,REW 90 DP3	0,32
Rigips	1250xM	3000	225	225	51		REI 60 DP3, REI 15 DP2	0,178
Alfahouse Panel Difu	13000	3050	294	294				0,21

* hodnota je naměřena s vnitřním obložením sádrovláknitou deskou

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Příloha č.7 Přehled mechanických a fyzikálních hodnot stěnových prefabrikovaných panelů 2. část

Název veličiny	Tepelný odpor panelu	Vzduchová neprůzvučnost	Faktor difúzního odporu	Difúzní odpor	Počet vrstev
Značka	R	R_w	μ	R_d	n
Jednotka	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$	[dB]	[-]	$[m \cdot s^{-1}]$	[ks]
Název systému a panelu					
KLH panel	0,91	32	50		3,5,7
Novatop Solid	0,81	33	200		3,5,7
Kaufman panely M1BSP	0,91	33	60		3,5,7
B & K Timber Structures					3,5,7
Holz100					
Solid wood wall MHM	3,84	48	65		
Europanel profi 3000	6,28	30	54	$90,9 \times 10^{-10}$	3
K-kontrol panel T 210	4,736	41		$100,71 \times 10^{-9}$	3
Kingston pan	5	31			3
Fermacell 1 HT 11 dřevovlákn	3,125	42			3
Fermacell 1 HT 11 Celulóza	3,125	42			3
Rigips	5,44	48			7
Alfahouse Panel Difu	4,52				7

Zdroj: Vlastní zpracování autora podle technických materiálů výrobce

Příloha č.8 Internetové stránky výrobců panelů

Název systému a panelu	Odkaz na výrobce
KLH panel	http://www.klh.cc
Novatop Solid	http://www.novatop-system.cz/cs/
Kaufman panely M1BSP	http://www.mm-kaufmann.com/
B & K Timber Structures	http://www.bkts.co.uk/site/
Holz100	http://www.thoma.at/html/deutsch/index1.html
Solid wood wall MHM	http://www.hundegger.de/
Europanel profi 3000	http://www.europanel.cz/index.php
K-kontrol panel T 210	http://www.czechpan.cz/cz/
Kingston pan	http://www.tek.kingspan.com/uk/index.htm
Fermacell 1 HT 11 dřevovlákn	http://www.xella.cz/html/czk/cz/index.php
Fermacell 1 HT 11 Celulóza	http://www.xella.cz/html/czk/cz/index.php
Rigips	http://www.rigips.cz/
Alfahouse Panel Difu	http://www.alfahaus.cz/

Zdroj: Vlastní zpracování autora práce