

Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Konstrukční řešení rámové dřevostavby rodinného
domu**

Bakalářská práce

Autor: Karel Kubata

Vedoucí práce: Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Karel Kubata

Dřevařství
Zpracování dřeva

Název práce

Konstrukční řešení rámové dřevostavby rodinného domu

Název anglicky

Design of Timber Frame Family House

Cíle práce

Cílem práce je vypracování projektové dokumentace pro společné povolení (sloučené územní a stavební řízení) vlastního návrhu jednopodlažního rodinného domu s využitím konstrukčního systému rámové dřevostavby. Bakalářská práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části bude zpracována literární rešerše zaměřena na konstrukční systémy na bázi dřeva, jednotlivé konstrukční části a materiály. Na základě zpracované literární rešerše bude vypracována praktická část práce. V úvodu praktické části bude navrženo základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení objektu s umístěním objektu do konkrétní lokality včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště. V druhé části práce bude zpracována projektová dokumentace pro společné povolení.

Metodika

- Literární rešerše
- Návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení vč. optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště
- Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro společné povolení stavby – Architektonicko-stavební řešení (technická zpráva, výkresová část)
- Posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky
- Závěr

Harmonogram práce:

- červenec – říjen 2022: literární rešerše, návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení objektu vč. optimalizace a osazení objektu na konkrétní parcele
- listopad – leden 2023: projektová dokumentace dílčího technického řešení pro společné povolení stavby – Architektonicko-stavební řešení

- únor – březen 2023: posouzení a optimalizace konstrukce z hlediska stavební fyziky

- duben 2023: odevzdání závěrečné práce



Doporučený rozsah práce

30 – 50 normostran textu + přílohy

Klíčová slova

Rodinný dům; rámová konstrukce; projektová dokumentace; architektonicko-stavební řešení.

Doporučené zdroje informací

BLASS, Hans Joachim a Carmen SANDHAAS. Timber Engineering – Principles for Design. 2013. ISBN 3731506734.

HERZOG, Thomas. Timber construction manual. Boston: Birkhäuser, 2004. ISBN 978-3-7643-7025-1.

KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Vyd. 3., přeprac. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

RIMSHIN, Vladimir Ivanovich, et al. Improvement of strength and stiffness of components of main struts with foundation in wooden frame buildings. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2018, 13.11: 3851-3856.

RŮŽIČKA, Martin. Moderní dřevostavba. Third edition. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.

Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), Parlament České republiky, Praha, Česká republika, 2006. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 12. 7. 2022

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Konstrukční řešení rámové dřevostavby rodinného domu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5.4.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Miloši Pavelekovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnutí cenných odborných rad a informací při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych také rád poděkoval své rodině za veškerou podporu a za veškerou pomoc, kterou mi při studiu dávali.

Konstrukční řešení rámové dřevostavby rodinného domu

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na vlastní zpracování návrhu jednopodlažního rodinného domu s využitím konstrukčního systému rámové dřevostavby neboli Two by Four systém. Práci tvoří dvě části, teoretická a praktická. V teoretické části je předložena literární rešerše, která je zaměřena na dřevostavby, konstrukční rámové dřevostavby a hlavně na její konstrukční části včetně materiálů na výrobu. Na teoretickou část práce navazuje praktická část. V praktické části je navrženo základní tvarové, dispoziční a konstrukční řešení včetně zpracování projektové dokumentace. V závěru práce jsou uvedeny přednosti a výhody takového návrhu stavby se zhodnocením nejvýhodnějšího typu rohového napojení obvodových stěn.

Klíčová slova: Rodinný dům; rámová konstrukce; projektová dokumentace; architektonicko-stavební řešení.

Design of Timber Frame Family House

Abstract

The presented bachelor thesis is focused on the design of a single-storey family house using the structural system of timber frame construction or Two by Four system. The thesis consists of two theoretical and practical parts. In the theoretical part, a literature search is presented and this focuses on timber frame construction and mainly on the structural parts of the timber frame system, including the materials for its manufacture. The theoretical part of the thesis is followed by the practical part. In the practical part, the basic shape, layout, structural solutions are proposed, including the preparation of project documentation. In the conclusion of the thesis, the advantages and benefits of such a building design are presented with an evaluation of the most advantageous type of corner connection of the perimeter walls.

Keywords: Family house; frame construction; project documentation; architectural and construction solutions.

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíle práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Konstrukční systémy dřevostaveb.....	9
3.2 Konstrukční systémy vhodné pro tento projekt.....	12
3.3 Porovnání rámové výstavby s ostatními systémy	15
3.4 Konstrukční systém rámové dřevostavby	16
3.5 Historie konstrukčního systému rámové dřevostavby	18
3.6 Výhody a nevýhody systému rámové dřevostavby	19
3.7 Materiály pro rámové dřevostavby	22
3.8 Izolační materiály.....	25
3.9 Stavební fyzika.....	27
3.10 Legislativní požadavky na dřevostavby	30
3.11 Stavební povolení.....	32
4 Metodika	34
5 Praktická část	35
5.1 Vlastní návrh rámové dřevostavby.....	35
5.2 Tepelně-technické posouzení konstrukce.....	37
6 Výsledky a diskuse	45
7 Závěr	48
8 Literatura.....	49
9 Samostatné přílohy.....	53

Seznam obrázků

Obrázek 1 Tepelně-technické posouzení konstrukce obvodové stěny [27]	37
Obrázek 2 Tepelně-technické posouzení konstrukce obvodové stěny [27]	39
Obrázek 3 Tepelně-technické posouzení podlahové konstrukce [27].....	40
Obrázek 4 Tepelně-technické posouzení podlahové konstrukce [27].....	41
Obrázek 5 Tepelně-technické posouzení konstrukce stropu a střechy [27]	42
Obrázek 6 Tepelně-technické posouzení konstrukce stropu a střechy [27]	44
Obrázek 7 Rohový spoj č. 1	45
Obrázek 8 Rohový spoj č. 2	46
Obrázek 9 Rohový spoj č. 3	46
Obrázek 10 Rohový spoj č. 4	47

Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání výhod dřevostavby se zděným domem [9]	20
Tabulka 2 Porovnání nevýhod dřevostavby se zděným domem [19]	21
Tabulka 3 Požární odolnost dřevostaveb [25].....	28
Tabulka 4 Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění [26].....	31

Seznam grafů

Graf 1 Vývoj Výstavby dřevostaveb [28]	16
Graf 2 Výstavba Dřevostaveb za rok 2022 - % zastoupení jednotlivých konstrukčních systému [28].....	17
Graf 3 Průběh teplot v konstrukci obvodové stěny [27]	38
Graf 4 Průběh teplot v konstrukci obvodové stěny s tepelnými mosty [27]	38
Graf 5 Průběh teplot v podlahové konstrukci [27].....	40
Graf 6 Průběh teplot v konstrukci stropu a střechy [27]	43
Graf 7 Průběh teplot v konstrukci stropu a střechy s tepelnými mosty [27]	43

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vypracování návrhu jednopodlažního rodinného domu s využitím konstrukčního systému rámové dřevostavby neboli Two by Four systém. Práci tvoří dvě části teoretická a praktická. Teoretická část je zaměřena na dřevostavby, konstrukční rámové dřevostavby a hlavně na jejich konstrukční části včetně materiálů na výrobu. Dále je v literární rešerši popsána skladba podlahy, obvodových stěn, stropu a střešní konstrukce. Okrajově je v práci pojednáno o stavební fyzice projektu a stavebním zákoně, aby mohl být projekt realizován. Na základě teoretické části práce je vypracována praktická část. V praktické části je navrženo základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení objektu včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště s následným umístěním objektu do konkrétní lokality. V navazující praktické části práce bude zpracována projektová dokumentace pro stavební povolení. V závěru práce jsou uvedeny výhody takovéto stavby a návrhy na zlepšení realizace stavby, především v oblasti rohového napojení obvodových stěn.

2 Cíle práce

Jedním z cílů této práce je vypracování projektové dokumentace pro společné povolení (sloučené územní a stavební řízení) vlastního návrhu jednopodlažního rodinného domu s využitím konstrukčního systému rámové dřevostavby. Bakalářská práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. Druhý cíl je zaměřen za stavební fyziku projektu. Budou vybrány čtyř rohové napojení obvodových stěn, které budou následně v diskusi zhodnoceny, a bude z nich vybrán jeden způsob napojení rohu, který následně autor použije v projektu. V teoretické části bude zpracována literární rešerše zaměřena na konstrukční systémy na bázi dřeva, jednotlivé konstrukční části a materiály. Na základě zpracované literární rešerše bude vypracována praktická část práce. V úvodu praktické části bude navrženo základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení objektu s umístěním objektu do konkrétní lokality včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště. V druhé části práce bude zpracována projektová dokumentace pro společné povolení.

3 Literární rešerše

3.1 Konstrukční systémy dřevostaveb

V této kapitole jsou popsány jednotlivé konstrukční systémy na bázi dřeva. Kapitola pojednává o různých možnostech realizace dřevostavby a jsou zde prezentovány novinky a výhody.

3.1.1 Panelové dřevostavby

U panelových dřevostaveb se jedná o celkovou prefabrikaci nosné konstrukce. Podlahy, stěny, příčky a stropy tohoto systému jsou předem vyrobeny ve výrobních halách. Následně je pak stavba v krátkém časovém horizontu smontována na parcele. Dřevěné panely jsou obvykle tvořeny patním rámem, k němu jsou přidělané sloupky rámové konstrukce. Následně je panel jednostranně opláštěný, vyplněný tepelnou izolací. Panel má také vyplněné otvory jako dveře a okna, dále je opatřen rozvody nebo prostupy. Dřevěné panely na konstrukci stěn se vyrábí na výšku podlaží kvůli pozdějšímu napojení panelů. Tomuto místu se říká horní pásnice, tato pásnice tvoří nosný dřevěný věnec stavby. Na tento věnec se následně ukládají stropní panely, konstrukce dalších poschodí nebo střešní konstrukce [12].

3.1.2 Těžký dřevěný skelet

V případě těžkého dřevěného skeletu tvoří nosnou konstrukci sloupy nebo průvlaky. Obvykle se používá lepené lamelové dřevo (Glulam) nebo také vrstvené dýhy (LVL). U těžkého skeletu je velice nutné dobře provést konstrukci stropu, jelikož ta zajišťuje celkovou tuhost celé stavby. Přenos vodorovných sil do základů je řešen stěnovými nebo příhradovými ztužidly, nosná konstrukce je často přiznána do interiéru. Na konstrukci skeletu se z vnější strany připevňuje obvodový plášť, který zajišťuje všechny izolační funkce. Obvodový plášť je možné zkonstruovat na stavbě anebo se zavěšují na konstrukci skeletu obvodové panely, které jsou předem připravené [13].

3.1.3 Konstrukce z vrstveného masivního dřeva

Konstrukce z vrstveného masivního dřeva (CLT panely) - tento konstrukční systém se stejně jako panelová dřevostavba vyrábí z prefabrikovaných dílců, poté jsou tyto dílce smontovány na parcele. Ovšem rodil je, že CLT panely vznikají vrstvením lepeného dřeva, přičemž jednotlivé vrstvy jsou vždy otočeny o 90°, a to z důvodu zajištění stability, lepení panelů také udržuje vysokou tvarovou stálost. CLT panely mohou tvořit podlahu, nosné stěny, příčky, stropní i střešní konstrukci. Pro tento systém staveb je charakteristické přiznání nosné konstrukce v interiéru. Tepelná izolace obvodového pláště je vždy aplikována z vnější strany CLT panelu, a to z důvodu zachování difuzní otevřenosti stěny. U tohoto systému se zatím jedná o méně rozšířený způsob výstavby [19].

3.1.4 Roubené dřevostavby a sruby

Roubené dřevostavby, sruby: rozdíl mezi těmito dvěma systémy je patrný hned na první pohled, jelikož srub je stavěn z kuláčů, které mají průměr 30 – 40 cm, naproti tomu roubená stavba má jako hlavní konstrukční prvek hranoly v šířce 20 – 25 cm. Opracování kulatin je odlišné, zatímco u srubů se kulatiny odkorňují ručně, hranoly na roubenku je nutné nařezat na pile. Srubové kuláče se sesazují na pero a drážku, v rozích jsou spojeny kolíkem. Trámy roubenek jsou spojené pouze v rozích pomocí tesařských spojů. Kuláče i trámy jsou u obou systémů kladeny na sebe. Jelikož je dřevo skvělý tepelný izolant, klade se pouze malé množství izolace, a to mezi spoje kuláčů. Samozřejmě že v dnešní době se už tesařské spoje nemusejí dělat pouze ručně, ale je možnost na vyřezávání použít CNC stroj, který vyřeže jednotlivé dílce s velkou přesností [17].

3.1.5 Modulová dřevostavba

Modulové dřevostavby jsou vytvořeny podle nového stavebního systému, který se nezabývá pouze bydlením, ale jde i o občanské stavby, školy, kanceláře, rekreační objekty a tak dále. Jedná se o domy s nejvyšším stupněm prefabrikace. Buňkový systém umožňuje napojování jednotlivých buněk na sebe, vedle sebe nebo přes sebe, stavba buňkového objektu je velice rychlá, kvalitní a finančně efektivní. Tento systém má téměř neomezenou flexibilitu výstavby. Je možné naplánovat jakékoliv kombinace domů i průmyslových nebo komerčních staveb. Stavba buňky se provádí v hale, v buňce jsou zabudovány už instalační systémy a dokončené povrchy. Buňky se po zhotovení v hale jednoduše naloží na nákladní auto, které buňku dopraví na stavební pozemek [20].

3.1.6 Two by Four systém

U Two by Four systému tvoří masivní nosné prvky z opracovaného řeziva nejčastěji KVH hranoly. Těmto prvkům se také přezdívá 2by6 hranoly. Stěna je dále tvořena opláštěváním pomocí deskových materiálů, nejčastěji OSB desek. Těmito deskami se zajišťuje tuhost stavby, proto při stavbě není třeba používat žádné pomocné kovové větráky ani L úhelníky na zpevnění konstrukce, tyto desky také spolupracují s dřevěnou kostrou při přenosu zatížení. To, že obvodový plášť konstrukce plní výstužnou funkci, je charakteristické právě pro Two by Four dřevostavby. Původ způsobu výstavby se k nám, neboli do Evropy, dostal ze Spojených států, kde se tento systém výstavby používá už několik desetiletí a patří k nejpoužívanějším systémům moderních dřevostaveb. U tohoto systému se jedná především o rychlost výstavby nosné konstrukce a střechy se zaplachtováním. Dřevěnou nosnou konstrukci tvoří právě profily 2by6, tento název je původem ze Spojených států, je odvozen z rozměru profilů, tedy 2×6 palce, tyto hodnoty odpovídají rozměrům 50×120 mm. Rastr rámu tvoří moduly, osová vzdálenost stojek je 625 mm, z důvodů rozměru deskových materiálů, které se vyrábí v rozměru 1250 mm a také kvůli izolačním materiálům, jejichž rozměr je 600 mm [6].

3.2 Konstrukční systémy vhodné pro tento projekt

V této kapitole autor popisuje čtyři konstrukční systémy, které by byly vhodné pro tento projekt. Stručně zde popisuje konstrukční systémy panelové dřevostavby, dřevostavby z CLT panelů, konstrukci rámové dřevostavby a dřevostavby modulové výstavby. Dále je v kapitole obsaženo vyhodnocení jednotlivých konstrukčních systémů a odůvodnění vybraného systému pro tento projekt, celá kapitola je nakonec sjednocena do tabulky pro větší přehled.

3.2.1 Systém panelové výstavby

Jako první myšlenka na výstavbu tohoto projektu autora napadl konstrukční systém panelové výstavby. Tento konstrukční systém má spoustu výhod, které se autorovi na tuto práci velice zamlouvaly. Ať už se jedná o rychlost výstavby, cenovou náročnost na výstavbu, jednoduché řešení konstrukce nebo jednoduché a skvělé napojení jednotlivých částí konstrukce. Autorovi je tento systém velice blízký a velice se mu také zamlouvá vysoký stupeň prefabrikace celé stavby. Samozřejmě panelová dřevostavba má i svá úskalí, např. designové návrhy nebo potřeba těžké techniky na montáž konstrukce. Tyto nevýhody autor vyhodnocoval, uvědomoval si je. Z tohoto důvodu hledal i další konstrukční možnosti výstavby pro svou práci, které by tato úskalí eliminovaly a projekt i výstavba by byly výhodnější jak pro autora, tak i pro potenciálního investora.

3.2.2 Systém výstavby z CLT panelů

Další konstrukce, která autorovi přišla vhodná pro tento projekt, je těžká konstrukce z CLT panelů. Jelikož se CLT panely prefabrikují stejně jako panelové dřevostavby v hale, konstrukce se autorovi zamlouvala více než panelová dřevostavba. CLT panely mají oproti panelové dřevostavbě výhodu, a to přiznání pohledové strany panelů, tedy přiznání nosné stěny v interiéru, což např. u panelové dřevostavby a i dalších konstrukčních systémů, které budu dále zmiňovat, není možné. Autorovi se dále zamlouvala i zajímavá statická řešení i při tloušťce nosné

stěny 80mm. Díky vysoké únosnosti byla na výstavbu zvažována i krovní konstrukce a vytvoření podkrovní v projektu. Další velkou výhodou, proč byla tato konstrukce zajímavá a považovaná za vhodnou, byla akumulace tepla, kterou tento konstrukční systém má, samozřejmě při dnešních požadovaných hodnotách součinitelů prostupu tepla by stejně bylo nutné projekt dodatečně zateplit, ovšem ne v takové vrstvě jako u jiných konstrukcí vhodných pro tento projekt. Jasnou nevýhodou, která prakticky zavřela autorovi cestu na použití tohoto konstrukčního řešení, byla finanční stránka. Finance konstrukčního systému CLT panelů by v této době byly pro průměrného zákazníka, kterému je tento projekt věnován především, prakticky nereálné zafinancovat.

3.2.3 Systém rámové výstavby

Rámová dřevostavba je pro tento projekt vhodná především svou dostupností. Tento způsob výstavby je jako již výše zmíněné systémy také poměrně rychlý, ovšem v porovnání s prefabrikovanými panely se rychlostí nemůže srovnávat. Oproti tomu např. s rychlostí výstavby těžkého skeletu se jedná o rychlou výstavbu, tedy tzv. zlatá střední cesta. Tento systém je vhodný pro stavby, kde je náročnější přístupová cesta, a to především díky letmé montáži na staveništi. Hodnoty tepelného prostupu se shodují s hodnotami panelového a modulárního systému. Tloušťka stěn je z pravidla větší než u CLT panelů, a to hlavně kvůli nárokům na tloušťku izolačních materiálů. Naopak oproti CLT panelům je u tohoto konstrukčního systému mnohem přijatelnější cena a menší nárok na masivní dřevěný materiál. Problémem u této konstrukce je, jak bylo již zmíněno, vyšší náročnost na provedení jednotlivých detailů. Plusem je historie konstrukce, kterou má rámová dřevostavba největší ze všech uvedených dřevostaveb. Pro tento projekt byla rámová výstavba branná spíše jako možnost B, jelikož jak již bylo zmíněno, není úplně snadné tuto dřevostavbu postavit tak, aby správně fungovala a podléhala požadavkům dnešních uživatelů stavby.

3.2.4 Systém modulové výstavby

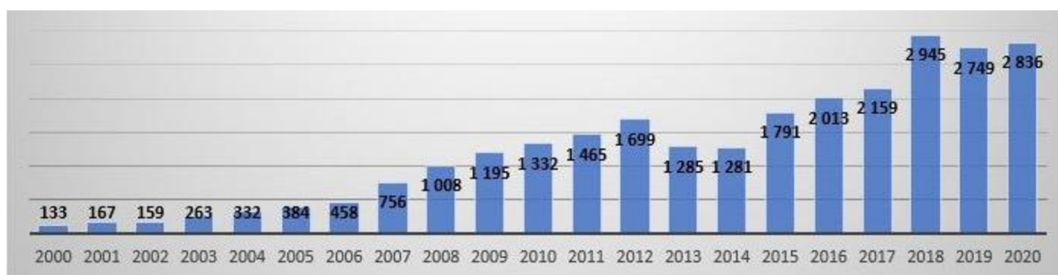
Pro tento projekt by byl konstrukční systém modulové dřevostavby vhodný především svou rychlostí výstavby a nízkými náklady. Jelikož všechny typy dřevostaveb vhodných pro tento projekt jsou alespoň částečně prefabrikované, byla možnost výstavby modulové dřevostavby také jednou z možností. U tohoto konstrukčního systému se jedná o největší stupeň prefabrikace, tedy o prefabrikaci celé stavby. Tento styl staveb je v Čechách nový, ale autorovi se velice zamlouval. V dnešní době je velký tlak na rychlost výstavby, a k tomu jsou modulové dřevostavby přímo stvořené. Autorovi se velice zamlouvala myšlenka navrhnout stavbu, která se smontuje v hale a přiveze na pozemek. V tomto případě by byla eliminována také betonová základová deska. Jako základ by modulové dřevostavbě stačily základové patky, tímto krokem by se náklady na bydlení dále snížily. Otázka nákladů byla při rozhodování velice důležitá, jelikož dnešní doba většinu lidí i projektantů tlačí stavět co nejlevněji. Jak bylo již zmíněno, modulová dřevostavba je v České republice poměrně novou záležitostí. Autor zde viděl jeden velký problém, a to při napojení jednotlivých modulů, zde by podle autora vznikl problém, při řešení zvukotěsnosti a prostupu tepla v místě napojení.

3.3 Porovnání rámové výstavby s ostatními systémy

Při rozhodování, který konstrukční systém bude na autorovo projekt použit, byly brány v potaz hlavně tyto faktory - finance, rychlost výstavby, dále umístění pozemku, na kterém bude stavba stát, čas a náročnost stavby. Při rozhodování o rychlosti výstavby se autor rozhodoval mezi stavbou z CLT panelů, modulovou, panelovou nebo rámovou dřevostavbou. Roubenku a srub autor nebral v úvahu, jelikož se jedná o náročnou dřevostavbu jak z titulu časové náročnosti, tak i z náročnosti samotné stavby a financí. Stavba z CLT panelů byla jednou z možností, a to hlavně z důvodu, že autor chtěl, aby stavba byla vizuálně zajímavá, a právě CLT panelová dřevostavba by pro tuto myšlenku byla ideální. Ovšem tento konstrukční systém byl zavrhnut z důvodu velké finanční náročnosti na materiál. Z pohledu rychlosti výstavby byl pro stavbu ideální konstrukční systém z panelové dřevostavby, modulové dřevostavby a v neposlední řadě taky na Two by Four konstrukci. Zde byla volba složitá. Ovšem rozhodlo umístění pozemku, jelikož se pozemek nachází již v zastavěné oblasti, přesněji v obci Šestajovice, a v případě volby panelové nebo modulové dřevostavby by byla k výstavbě potřeba těžká technika. Z tohoto titulu byly tyto dva konstrukční systémy také vyloučeny, jelikož přístup těžkého jeřábu a několika nákladních aut by byl téměř nerealizovatelný. Proto se autor rozhodl pro výstavbu konstrukčního systému Two by Four letnou montáží. Systém splňuje většinu požadavků, které si autor stanovil na začátku plánování projektu a s vybraným konstrukčním systémem je ztotožněn i díky svému praktickému působení v této oblasti výstavby.

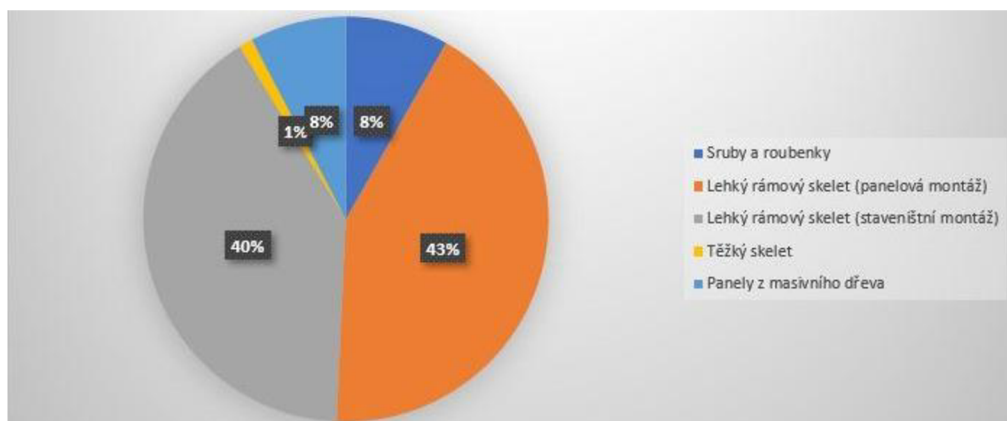
3.4 Konstrukční systém rámové dřevostavby

Pro projekt v této bakalářské práci byl vybrán nosný konstrukční systém Two by Four. Jde o systém, který se pro výstavbu domů používá již dlouho. Svůj původ má v Americe, kde se jedná o jeden z nejčastěji používaných systému výstavby. Proto se autor domnívá, že tento konstrukční systém je prověřený a pro tento projekt bungalovu bude nejlepším možným řešením. Další z důvodů, proč byl tento systém zvolen, je rozšířená možnost výstavby. Tím je myšleno možnost několika druhů výstaveb, které tvoří systém letmé staveništní montáže, prefabrikovaná výstavba a částečně prefabrikovaná výstavba. Já se v práci budu zaměřovat především na systém letmé staveništní montáže, a to proto, že je mi nejbližší a už jsem se s ní několikrát setkal.



Graf 1 Vývoj Výstavby dřevostaveb [28]

Rámové dřevostavby dělíme do dvou skupin podle způsobu napojení obvodových stěn jednotlivých podlaží. Rozdělujeme tedy dva základní typy staveb, Platform frame a Balloon frame. U obou těchto způsobů napojení stěn jsou jak výhody, tak nevýhody, ať už z hlediska tepelně vlhkostního (provedení parobrzdy), tak také při řešení přerušení tepelného mostu nebo pokud se jedná o pracnost provádění [10].



Graf 2 Výstavba Dřevostaveb za rok 2022 - % zastoupení jednotlivých konstrukčních systémů [28]

3.4.1 Platform Frame

Při tomto způsobu výstavby jsou sloupky, které tvoří nosné obvodové stěny, kotveny do základových prahů. Tyto prahy jsou ukotvené do základu, popřípadě ještě odizolované proti vlhkosti. Sloupky jsou ukončeny pod patrovými prahy, a tedy žádný sloupek nezasahuje do dalšího podlaží. Druhé podlaží vypadá tak, že na patrovém prahu jsou položeny stropnice, na těchto stropnicích jsou položeny další základové prahy a na nich znovu pokračují sloupky. Pod střechou jsou sloupky ukončeny štítovými prahy nebo pozednicemi. V České republice je tento způsob výstavby v současné době nejoblíbenější a také se nejvíce provádí [7].

3.4.2 Ballon Frame

Sloupky, které tvoří stěnu v této konstrukci, jsou průběžné skrz více podlaží až po stropní nebo střešní konstrukci. Sloupky jsou postaveny na základových prazích a jsou ukončeny u štítových prahů nebo pozednic. Podlaha patra neboli patrový práh tvoří jednoduchý průvlak. Tento průvlak je průběžný za sloupky a jsou na něm uloženy stropnice pro přípravu podlah [18].

3.5 Historie konstrukčního systému rámové dřevostavby

Základ pro sloupkové stavby, které vidáme dnes, lze uvést hrázděné konstrukce. Tato konstrukce se stavěla pomocí masivních průřezů hraněného řeziva. Tento způsob výstavby byl rozšířený v Evropě. Díky přistěhovalcům z Evropy se rozšířil konstrukční systém i do Ameriky, kde se v 19. st ze systému hrázděných staveb vyvinul jednodušší konstrukční systém, který nesl název jako „Timber Frame“. Tento systém výstavby se používá dodnes, masivní průřezy se vyměnily za podstatně menší průřezy celá nosná konstrukce je tvořena z jednoho průřezu prvku, nejčastěji tyto průřezy tvoří dva krát čtyři palce nebo větší dva krát šest palců. Větší průřezy se používají z důvodu potřeby izolace mezi jednotlivými sloupky. Z velikosti těchto průřezů také vznikl název konstrukčního systému tedy „Two by Four (Six)“. Tento konstrukční systém využívá především svislé sloupky, proto se u nás můžeme setkat s názvem sloupková konstrukce.

Evropě se Two by Four ,nebo chcete-li sloupkový konstrukční systém, začal stavět okolo roku 1930 a to v Německu, zde se tento systém nazýval žebrova nebo skeletová konstrukce. V Americe se používaly dva systémy výstavby, a to platform frame a ballon frame, o tom později v práci. Z tohoto systému vznikl v Evropě konstrukční systém s názvem rámová konstrukce, na kterou je tato práce zaměřena. Pokud se zaměříme na dnešní a dřívější konstrukce, je zde patrný rozdíl, a to ve výztuži konstrukce. Zatímco dříve se kladlo diagonálně bednění, dnes se stavba ztužuje velkoplošnými deskami na bázi dřeva [3].

3.6 Výhody a nevýhody systému rámové dřevostavby

3.6.1 Výhody

Zaměříme-li se na výhody, dle názoru autora je jednoznačně největší výhoda prověřenost konstrukčního systému, jelikož se jedná o systém, který se v USA stává od konce 19. století. Jedná se o jeden z nejvíce prověřených systémů výstavby. U nás se rámové konstrukce začínaly stavět kolem roku 1990. Jedna z dalších velikých výhod, kterou rámová dřevostavba přináší, je rychlost výstavby. Z autorovy praxe lze uvést, že hrubou stavbu obvodových stěn a zavětrovacích příček u rodinného bungalovu o zastavěné ploše 120 m² mohou postavit dva lidé za jeden týden práce v případě, že přeje počasí. Další cca den až dva trvá příprava zastřešení stavby. Samozřejmě, ve srovnání s panelovou dřevostavbou nemůže rámová dřevostavba rychlostí výstavby konkurovat. Ovšem zde se dostáváme k další výhodě rámové konstrukce, a to je lehkost výstavby nosné konstrukce letnou montáží, na kterou není třeba žádná těžká technika. Zde v porovnání s panelovou výstavbou, kde se bez jeřábu neobejdeme, je rámová dřevostavba jednodušší. Samozřejmě pokud bude mít stavba vazníkovou střechu, je nutné také použít jeřáb. Ovšem jeřáb není potřeba na tak dlouhou dobu jako pro montáž panelových dřevostaveb. Další výhodou je velká variabilita konstrukce. Přesněji řečeno je možné při výstavbě změnit např. dispoziční řešení, přidat příčku, upravit příčku. Pokud je to staticky možné a majitel stavby žádá o úpravu během stavby, u rámových dřevostaveb to není nijak zvlášť závažný problém. Samozřejmě změna je možná jen do určité míry a musí ji povolit daný stavební úřad. Variabilitu konstrukce lze také využít u rekonstrukcí či rozšiřování staveb jak rodinných domů, tak i u hospodářských budov. Není problém rámovou konstrukci využít ani při rozšiřování zděných staveb, jelikož se základový práh dá položit i v druhém patře zděné budovy a přistavět požadovanou část. Rámovou dřevostavbu je možné stavět takřka celý rok, samozřejmě pokud přeje počasí, jelikož se jedná o lehkou konstrukci, není úplně nutná základová deska, rámovou dřevostavbu je možné postavit na základových pasech, nebo pokud není stavba příliš velká, je možnost stavět i na základových patkách, je také možnost stavět na zemních vrutech, ovšem zde už se jedná spíše o menší stavby, například kůlna nebo dřevník. Oproti zděným

stavbám je největší výhodou samozřejmě suchý způsob výstavby, pokud tedy nepočítáme betonování základové desky. U dřevostaveb neřešíme technologické přestávky. Jak už bylo zmíněno, dřevostavba se dá stavět vlastně celý rok, to u zděných staveb nelze kvůli mrazu a dalším povětrnostním podmínkám. U zděných staveb je jako pojivo použita především malta, která musí vytvrdnout, u dřevostaveb spojujeme prvky pouze hřebíky nebo sponkami, zde se obejdeme bez pauzy na vytvrdnutí. Další výhodou, ale to se jedná o všechny dřevostavby, je tepelná izolace, jelikož je dřevo dobrý tepelný vodič, společně i izolačními materiály se stavba poměrně rychle vytopí, a také teplo, pokud je stavba dobře udělána, udrží. Naopak v létě udrží v interiéru požadovanou nižší teplotu, než je venku [9].

Tabulka 1 Porovnání výhod dřevostavby se zděným domem [9]

Dřevostavba	Zděný dům
Rychlost výstavby	Menší tlak na přesnost práce
Bez technologických pauz	Tradiční a prověřené materiály
Nižší náklady na stavbu o 10 až 15 %	Dobré akustické vlastnosti
Možnost velké energetické úspory - pasivní, nulové domy	Akumulace teploty udržené ve zdech
Dobrá zvuková izolace při použití kvalitních materiálů a kvalitě provedení	
Možnost výstavby během celého roku	
Rychlost vytápění	

3.6.2 Nevýhody

U rámových dřevostaveb je kladen velký důraz na provedení detailů, a to z důvodu statiky nebo napojení rohů obvodových stěn. Velice kvalitně musí být provedeno také kotvení základových prahů k základům stavby. Dále je třeba dbát na vodorovnost a pravoúhlost nosných prvků. Jak bude zmíněno dále v práci, je nutno dbát na kvalitu provedení fólií ve stavbě. Jednou z nevýhod nejen u rámové dřevostavby, spíše obecně u dřevostaveb, je určitě zvukotěsnost, ne až tak u obvodových stěn, jako spíše v interiéru u zavětrovacích a nosných příček, tak i u stropní konstrukce, nad kterou je například půda nebo další podlaží. Dřevo je dobrý

zvukový vodič a přes tenké stěny má zvuk tendenci projít snadno. Proto je velice důležité při stavbě dbát na vysokou kvalitu provedení zvukotěsných fólií a také na výběr izolačních materiálů. Jak již bylo řečeno, u rámové dřevostavby se jedná o poměrně rychlou výstavbu a není možné stavbu rozdělit do několika stavebních etap. Z tohoto důvodu je investor nucen mít připravené finanční prostředky hned na začátku výstavby. Bohužel za poslední dva roky se ceny stavebního materiálů několikanásobně zvedly, takže se zvedly i ceny jak rámových dřevostaveb tak obecně staveb. Další zmínka není přímo nevýhodou, ale spíše doporučením, jelikož je na trhu velké množství materiálů jak levných tak drahých, tak výběr může být složitější, ovšem nevyplácí se na materiálech nijak zvláště šetřit. Na kvalitní dřevostavbu je nutné mít jak kvalitní stavební firmu, tak i materiály, které je i přes vyšší náklady lépe kupovat kvalitnější, aby se předešlo případným problémům v budoucnosti. Další nevýhoda je určitě vlhkost, která se u dřevostaveb musí řešit jak u prostupu vlhkosti stěnou, tak i při samotné výstavbě. Musí být kladen důraz na skladbu a preciznost provedení podlahové a střešní konstrukce, kudy se voda může dostat přímo do nosné konstrukce. Z tohoto důvodu je dobré zainvestovat do tzv. vlhkoměrů, které se při výstavbě umístí do nosné konstrukce, a při zjištění zvýšené vlhkosti se dá tento problém právě díky vlhkoměru, které tuto vlhkost odhalí a oznámí ji majiteli stavby, vyřešit bez větších škod na stavbě [10].

Tabulka 2 Porovnání nevýhod dřevostavby se zděným domem [19]

Dřevostavba	Zděný dům
Výstavba závisí na počasí	Vyšší cena stavby
Stavba je velice citlivá na vlhkost	Pracně technologie zdění
Velký tlak na kvalitu provedení výstavby	Energeticky méně úsporná
Rychle ztrácí teplo	Náročnost na manipulaci s materiálem
	Delší doba na vytápění
	Delší doba výstavby, technologické pauzy, v zimě stavba neprobíhá
	Neekologicky materiál

3.7 Materiály pro rámové dřevostavby

3.7.1 Masivní rostlé dřevo

Masivní rostlé dřevo bývalo jedním z nejvíce dostupných stavebních materiálů, za poslední dva roky se ovšem jeho dostupnost a cena rapidně zvýšila. Jedná se o klasický stavební materiál především na střešní konstrukce, můžeme se s ním setkat také při dokončovacích pracích v interiéru nebo jako fasádní materiál. Jako materiál na nosnou konstrukci stěn se rostlé dřevo používalo kolem 19. – 20. století. Dnes se na tuto konstrukci používají spíše KVH nebo popřípadě BSH hranoly. Rostlé dřevo nabízí skvělé mechanické vlastnosti. Na jeho ochranu se nejčastěji používá tlaková impregnace nebo máčení. Samozřejmě, že z rostlého dřeva se pak dále vyrábějí nosné prvky, o kterých je další kapitola [6].

3.7.2 KVH a BSH hranoly

Použití těchto hranolů je základem pro rámové dřevostavby v současné době. Rozdíl mezi KVH a BSH hranoly je, že KVH hranoly se napojují na délku cinkovým napojením a BSH hranoly jsou lepeny na výšku z lamel o tloušťce 40 mm. Oba tyto materiály jsou vyráběny ze smrkového dřeva. KVH hranoly se používají na výstavbu stěn od základového pasu přes framing až po ukončovací práh. BSH hranoly spíše na překlady a stropní pohledové trámy. Velkou výhodou oproti rostlému dřevu jsou vyšší mechanické vlastnosti díky lepení, dále pak vysoká rozměrová přesnost jednotlivých prvků, téměř žádné tvarové a objemové změny a také vyšší požární odolnost, jednou z největších výhod je pak rozměrová variabilita prvků a možnost dimenzovat prvky na velká rozpětí, ovšem to už se jedná o větší stavby např. haly [21].

3.7.3 I nosníky

Moderní alternativa nosných prvků, kterou lze použít na výstavbu rámových dřevostaveb, jsou prefabrikované I nosníky. Jedná se o prvek konstruovaný z pásnic a stojin. Pásnice jsou tvořeny jehličnatým KVH profilem nebo vysušeným masivním řezivem. Na stojiny se používá tvrdá dřevovláknitá deska nebo OSB deska. Výhodami nosníků jsou nízká hmotnost oproti vysoké únosnosti, variabilita tloušťek, prvky pro svislé i vodorovné konstrukce, eliminace tepelných mostů a tvarová a objemová stálost. Ovšem velkou nevýhodou je, že štíhlé a subtilní prvky jsou náchylné na působení svislých a vodorovných sil s excentricitou a náročnější řešení spojů, nutno spoje zesilovat příložkami, větší potřeba speciálních spojovacích prvků [21].

3.7.4 MFP desky

Tyto desky se vyrábějí z malých dřevěných třísek, třísky jsou stejně jako u OSB desek neuspořádané. Výhodou oproti OSB deskám je právě drobnější frakce třísek, a proto jsou tyto desky odolnější vůči vlhkosti a také jsou pevnější v tahu a ohybu, dají se použít jako alternativa OSB desek ve vlhkém prostředí, dále se dají použít na vyrovnání nerovností např. při nerovnostech podlahového roštu [14].

3.7.5 DHF Desky

Tyto desky se vyrábějí suchým způsobem, jako pojivo je používáno PU pryskyřice. Tato deska má nízký faktor difuzního odporu, pevnost a odolnost proti vlhkosti, a proto se může použít jako vnější opláštění difuzně otevřených rámových dřevostaveb. Deska se vyrábí v tloušťkách 13 a 15 mm [22].

3.7.6 OSB desky

Pro výstavbu novodobých rámových dřevostaveb je nejvýznamnější deskou na bázi dřeva OSB deska, jedná se o desku vyráběnou z orientovaných plochých třísek. U rámových dřevostaveb se využívá k opláštění, kde plní funkci ztužení konstrukce. OSB deskami se opláští celá konstrukce dřevostavby. Další využití

je při montáži podlah, pokud se tedy nejedná o dřevostavbu s podlahovým vytápěním, OSB desky se pokládají na nosnou konstrukci a dále se na ni pokládají další vrstvy skladby podlahy. V neposlední řadě jsou desky používány na zaklopení střech [24].

3.7.7 Překližky

Stavební překližované desky se nejčastěji vyrábějí v tloušťkách 12 – 18 mm, na jejich výrobu se nejčastěji používá buk. Tyto desky se lepí kvalitním lepidlem PF a MUF. Tato lepidla zabraňují vstupu vlhkosti do překližky. Hlavní využití stavebních překližek u dřevostaveb je stavba bednění pro základovou desku nebo základových pasů [15].

3.7.8 Sádroláknité desky

Jedná se o desky ze směsi sádry a celulózy, v dnešní době ve velkém nahrazují sádrokartonové desky, hlavně pokud se jedná o opláštění obvodových stěn v interiéru a vnějších přiček. Tyto desky se také dají položit na rošt podlahy. Velkou výhodou je nehořlavost desek, a díky své hustotě zlepšují akustické vlastnosti dřevostaveb. Také dobře pracují s vlhkostí, tudíž není třeba více druhů desek jako je to u sádrokartonu, tedy jedna deska plní požadavky jak na voděodolnost, tak na akustické vlastnosti a požární odolnost najednou. Tomu také odpovídá cena [22].

3.7.9 Sádrokartonové desky

Tyto desky se obecně u dřevostaveb využívají ve velkém. Hlavně díky své snadné manipulaci a montáži. Dělají se v několika provedení jako protipožární desky (červené), akustické (modré) anebo se zvýšenou odolností proti vlhkosti (zelené), vyrábějí se v tloušťkách 12,5, 15 a 18 mm [22].

3.8 Izolační materiály

3.8.1 Skelná vata

Tato izolace je jedna z nejpoužívanějších vláknitých izolací, vyrábí se roztavením písku, vápence, sody a recyklovaného skla. Na tento krok navazuje rozpojování na vlákna, která jsou pospojována pryskyřicí. Tato vata je nehořlavá, difuzně otevřená, je odolná vůči nežádoucím škůdcům a má velice dobrou tepelnou vodivost. Ovšem velkou nevýhodou je její aplikace, jelikož tato vata je velice nepříjemná na manipulaci s ní a velký problém nastává při kontaktu s vlhkostí [2].

3.8.2 Minerální vata

Na výrobu této vaty se používá čedič, někdy se minerální vatě říká také čedičová, a to z důvodu největšího obsahu této horniny v ní. Tato hornina se roztaví a kapky se roztahují na vlákna. Poté se do směsi přidávají látky, které zlepšují vlastnosti vaty. Tato vata se prodává ve formě desek. Výhodou této vaty jsou dobré tepelně izolační vlastnosti. Dále je difuzně otevřená, nehořlavá a odpuzuje vlhkost [16].

3.8.3 Dřevovláknitá izolace

Dřevovláknitá izolace se vyrábějí z jehličnatých stromů, přesněji z jejich štěpky. Díky působení vodní páry změkknou a postupně je tato měkká štěpka rozvlákněna. Do konečného tvaru se materiál dostane jak mokřím, tak i suchým způsobem. V mokřím procesu se využívá pojivých vlastností dřeva a jeho vláken. Při suchém způsobu se vlákna lepí polyuretanovou pryskyřicí. Tyto desky mají velkou objemovou hmotnost, schopnost tepelně akumulovat. Tato vlastnost v létě zabraňuje přehřívání v interiéru a v zimě zase naopak zabraňuje rychlému vychladnutí. Izolace je také difuzně otevřená. Zajímavé je, že se dá tato izolace použít místo sádkartónu. Je totiž možné izolaci upravit tenkovrstvou omítkou a na rozdíl od sádkartónu má vyšší odolnost vůči ohni [2].

3.8.4 Polyuretanová pěna

Polyuretanová pěna se využívá hlavně na zateplení podlah z rastru stěn a střech. Jedná se o stříkanou formu izolace. Tato izolace má během pár sekund až 100 násobnou expanzi objemu, jelikož má velice pevnou strukturu, tak lehce přilne na jakýkoliv povrch. Nástřikem pěna zaplní všechny detaily v konstrukci. Pěna má výborné hydroizolační vlastnosti a minimální nasákavost [11].

3.8.5 Polyisokyanurát PIR

Tento materiál je zdánlivě podobný polyuretanové pěně (PUR), ovšem má pouze pár podobných vlastností. Stejně jako PUR má velice nízkou objemovou hmotnost, ale na rozdíl od PUR pěny je tato izolace tužší a má uzavřenou strukturu, to znamená, že nepřímá vlhkost. PIR pěna má také lepší protipožární vlastnosti, řadí se do skupiny B2 – nesnadno hořlavé materiály. Tato izolace je k dostání ve formě desky, desky bývají z obou stran opatřeny různými povrchy - plastem nebo plechem. Jelikož má izolace velice dobré tepelné vlastnosti, plní svou funkci i při tloušťkách 40-80 mm [11].

3.8.6 Foukaná a sypká izolace

Foukaná izolace funguje na principu vháněním drobných částic izolačního materiálu pod vzduchovým tlakem do konstrukce dřevostavby. Izolaci tvoří minerální, celulózní nebo syntetické materiály. Při aplikaci foukané izolace nevzniká žádný odpad, izolace také vyplní všechny nedostupné detaily. Jedná se o velice jednoduchou aplikaci izolace. Sypké izolace tvoří granuláty několika různých typů např. minerální, skelné nebo konopné. Stejně jako u foukaných izolací se sypké granuláty vhání pneumaticky přímo do konstrukce stavby [23].

3.8.7 Polystyren

Polystyren je jako izolace jedna z nejpoužívanějších. To hlavně díky cenové dostupnosti a výborným vlastnostem izolace. Ovšem u dřevostaveb se používá spíše na zateplení podlah, v případě základové desky a podlahového topení. Polystyrenovou izolaci dělíme podle způsobu výroby, a to na extrudované a expandované. U dřevostaveb je více používá polystyren expandovaný [16].

3.9 Stavební fyzika

3.9.1 Tepelně izolační vlastnosti

Nosnou konstrukci rámové dřevostavby, jak autor již zmiňuje dříve v práci, tvoří dřevěné masivní sloupky o průřezu Two by Four. Tyto sloupky tvoří celkový rám konstrukce. Rám je opláštěný velkoplošnými dřevovláknitými deskami a vyplněný tepelně – zvukovou izolací. V současné době jsou zvýšené požadavky na tepelně – izolační zvukové vlastnosti, proto se průřez prvků z Two by Four dostává na průřez Two by Six. Tedy na průřezy prvků 160 až 200mm. Druhou možností je instalace druhé izolační vrstvy, která už není závislá na nosné konstrukci, ale svůj účel splní. Tento způsob je používanější, a to hlavně z důvodu eliminace tepelných mostů. Tento stejný rám, ovšem s rozlišnou tloušťkou, je použit i na vodorovné konstrukce, tedy na konstrukci stropu a střechy [8].

3.9.2 Požární ochrana

V případě požární odolnosti pomáhají například nehořlavé izolační vaty, které jsou umístěny v konstrukci. Sloupky musí být vyztuženy proti vybočení, a v případě stropnic je nutnost zabránit příčné a torzní nestabilitě. Při projektování dřevostaveb je nutné splnit všechny protipožární požadavky na odolnost dřevostaveb a všechny jejich konstrukční části. Základem je provést vhodný návrh konstrukčního řešení a umístění dřevostavby na parcele. Dalším důležitým bodem je volba správných a doporučených materiálů na skladbu konstrukce. Je také nutné provést kvalifikované posouzení požární odolnosti všech konstrukcí, dále také

zajistit zpracování požární bezpečnosti na řešení stavby. Autor zde zmiňuje následujících několik zásad, které platí pro navrhování i realizaci konstrukcí dřevostaveb na požární odolnost. Měli by se navrhovat konstrukce, které jsou již prověřené a mají požárně klasifikační osvědčení s názvem PKO. Dále by se měli velice důsledně dodržovat požadavky napsané v požární zprávě a v případě nějakých nejasností vždy konzultovat požární bezpečnost s odborníkem nebo případně s příslušným orgánem státní správy. Dodržením těchto zásad se lze docela jednoduchým způsobem vyhnout komplikacím při průběhu projektování a realizaci stavby z hlediska požární ochrany. Součástí požární ochrany jsou také požární hlásiče, díky kterým lze případný požár zachytit včas a zneškodnit ho [8].

Tabulka 3 Požární odolnost dřevostaveb [25]

Třída odolnosti	Vlastnosti	Materiály
A2	Nehořlavé nevykazuje celkové vzplanutí	kámen, beton, cihla, minerální vata, pěnové sklo
A1	Téměř nehořlavé nevykazuje celkové vzplanutí	sádkokartón, vlna ze skelných vláken
B	Nesnadno hořlavé nevykazuje celkové vzplanutí	Překližka
C	Hořlavé dojde k celkovému vzplanutí	pěna na bázi fenolu
D	Snadno hořlavé dojde k celkovému vzplanutí	masivní dřevo
E	Velmi hořlavé dojde k celkovému vzplanutí	polystyren, polyuretanová pěna, dřevovláknité desky
F	Extrémně hořlavé neklasifikované výrobky	obyčejný polystyren

3.9.3 Akustické řešení

Základní předpoklad pro snížení prostou zvuku v domě je jednoznačně zvukotěsnost, to znamená neprůvzdušnost konstrukce. Pokud se v konstrukci objevují netěsnosti, jimiž může proudit vzduch, touto netěsností pronikne zvuk velice výrazně. Z tohoto důvodu je důležité montáž provádět velice precizně, v tomhle ohledu je nutné dbát důrazně na kvalitu v instalaci folie, aby vznikla tzv. obálka domu. Kročejový hluk se odvíjí od hmotnosti stropní konstrukce, záleží také na skladbě stropní konstrukce. Pokud se bavíme o stropní konstrukci u patrových domů, hmota stropní konstrukce výrazně zlepšuje akustické parametry, výrazný vliv na zlepšení akustiky má roznášecí vrstva u těžších podlah, kterou tvoří anhydrit nebo cementový potěr. Tato vrstva je umístěná na dřevěnou konstrukci. Dle názoru autora tvoří nejlepší kročejovou izolaci izolace s pórovitou strukturou např. minerální desky nebo dřevovláknité desky Omezení kročejového hluku se dá cíleně zamezit díky plovoucím podlahám nebo případně u dřevěných konstrukcí dřevěným podhledem. Existuje také možnost využití akustických panelů. Tyto panely hluk pohlcují a také rozptylují, ovšem tyto panely se spíše využívají u panelových dřevostaveb [1].

3.10 Legislativní požadavky na dřevostavby

Předchozí legislativní vyhláška nebyla v České republice dobře nastavena a nové dřevostavby nebyly tak efektivní, jak bylo původně zamýšleno. Nyní je nutná užší spolupráce architekta s projektantem a energetickým specialistou, jelikož se architektura stává součástí energeticky úsporných opatření, stejně jako zateplení nebo fotovoltaika. Jednopodlažní, členité nebo špatně orientované stavby budou muset své energetické nedostatky dohánět nasazením účinnějších technologií a obnovitelných zdrojů.

3.10.1 Požadovaný standard pro novostavby

Od ledna roku 2022 již nebude stačit instalovat do novostaveb pouze okna s trojskly, aby byly splněny požadavky na energetickou účinnost. Požadovaného standardu mohou stavby dosáhnout nejen použitím moderních technologií nebo instalací obnovitelných zdrojů energie, ale také samotným architektonickým řešením. Architekt nyní může splnění požadavků ovlivnit tím, jakým stylem navrhne tvar a orientaci domu, a jak vyřeší jeho dispoziční řešení. U běžného dvoupodlažního domu orientovaného na jih stačí vylepšit obálku domu nebo použít některou z účinných technologií nebo obnovitelných zdrojů energie, tedy fotovoltaiky. V případě bungalovu orientovaného na sever je třeba propojit několik opatření. Klíčová je užší spolupráce projektanta a architekta s energetickým specialistou už v počáteční fázi studie nebo projektu.

Tyto požadavky vyplívají z evropské směrnice o energetické náročnosti budov z roku 2010, která byla v České republice zaváděna postupně - nejdříve v roce 2016 pro veřejné budovy, od roku 2018 pro komerční budovy. Poslední posun byl na začátku roku 2020, kdy všechny nové stavby, tedy i včetně rodinných domů a dřevostaveb, musely být ve standardu "budovy s téměř nulovou spotřebou".

V té době se spotřeba "téměř nulová" týkala rodinných domů a pohybuje se mezi 60 a 160 kWh na m² za rok, což bylo po Rumunsku druhé nejhorší nastavení v Evropské unii a neodpovídalo původním požadavkům. Přitom Evropské komise si představovala energetickou spotřebě kolem 40 kWh/ m²/rok. Nová úprava vychází na přibližnou spotřebu 75 kWh/m²/rok a lze ji považovat za vyvážený kompromis. Při pohledu na průkaz energetické účinnosti odpovídá nová norma zhruba polovině kategorie B [4].

Tabulka 4 Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění [26]

Kategorie	Spotřeba na vytápění
Staré budovy	Dvojnásobek novostavby i více
Novostavba	80-140 kWh/m ² podle tvaru budovy
Nízkoenergetický dům	≤ 50 kWh/m ² rok
Pasivní dům	≤ 15 kWh/m ² rok
Nulový dům	≤ 5 kWh/m ² rok

3.11 Stavební povolení

Dle zákona č. 183/2006 SB. jsou pro získání stavebního povolení potřebné následující dokumenty, které musí žadatel doložit na stavební úřad.

3.11.1 Stavební část (výkresy v měřítku 1:100)

- Technická zpráva
- Situační výkres v měřítku 1:100
- Výkresy v měřítku 1:100 – výkopy (u složitých terénů), základy, půdorys podlaží, střechy, řez, pohledy, krov, legenda materiálů, výpis překladů

3.11.2 Konstrukční část (statika domu)

- Technická zpráva
- Statické výpočty – základová deska, překlady, krovy, zatížení stavby sněhem a větrem

3.11.3 Elektroinstalace

- Technická zpráva
- Výkresy – dispozice světel a zásuvek, přípojně místo, rozvaděč
- Výpočty – kabely, jističe

3.11.4 Vzduchotechnika, rekuperace, odvětrání – koupelny, kuchyně, toalet

- Technická zpráva
- Výkresy – půdorys

3.11.5 Zdravotně technická instalace, plyn a topení

- Výpočet tepelných ztrát
- Návrh velikosti radiátorů, výkonu kotle
- Výkres – rozvod otopné vody

3.11.6 Zpráva požární ochrany

- Technická zpráva – výpis použitých podkladů, popis a umístění stavby a jejích objektů, rozdělení stavby a objektů do požárních úseků
- Výkresy – situační výkres požární ochrany, půdorysy jednotlivých podlaží s označením a popisem požárních úseků

3.11.7 Energetický štítek, měření radonu a další projektové dokumenty ke stavebnímu povolení

- Energetický štítek
 - Nízkoenergetický dům
 - Měření radonu
 - Geologická / hydrogeologická zpráva
 - Posouzení únosnosti zeminy
 - Předpoklad únosnosti základů – podklad pro statika pro výpočet konstrukční části
 - Geometrické zaměření pozemku – výškopis, polohopis
 - Zpevněné plochy kolem domu (pouze v náznaku)
 - Oplocení pozemku (pouze v náznaku)
 - Příjezdová cesta k domu (pouze v náznaku)
- zákon č. 183/2006 SB.

4 Metodika

V úvodní části práce je zpracována literární rešerše, kde jsou konkrétně zhodnoceny všechny technologické, metodické a zákonné postupy, které autor využívá v praktické části práce. Následně jsou tyto podklady vzájemně použity pro účel navržení optimálních postupů vlastního řešení návrhu projektové dokumentace pro společné povolení.

Na podkladě zvolených postupů, metodik, technik je zhotoven vlastní návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště.

Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro společné povolení stavby – Architektonicko-stavební řešení (výkresová část) je dále zpracována v programovém prostředí CAD, se kterým má autor zkušenosti. Součástí praktické části práce je i posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky. V závěrečné části práce bude uvedeno vlastní řešení projektového návrhu práce a také zhodnocení řešení napojení obvodových stěn pro rámovou dřevostavbu.

5 Praktická část

5.1 Vlastní návrh rámové dřevostavby

5.1.1 Obvodová stěna

Nosná obvodová stěna bude mít celkovou tloušťku 358mm, základ nosné konstrukce obvodové stěny budou tvořit dva KVH profily průřezu 40×160mm, které budou spojeny hřebíky nebo sponami. Na těchto profilech budou osazeny stojky také o průřezu 40×160mm. Nosná konstrukce bude zakončena dvěma stropními prahy spojenými také hřebíky nebo sponami. Konstrukce bude zaklopena OSB deskou tloušťky 15mm z exteriérové strany, v nosné konstrukci bude uložena izolační minerální vata ROCKWOOL tloušťky 160mm. Vatu následně překryje parotěsná fólie, tudíž se jedná o difuzně uzavřenou stěnu. Z interiérové strany obvodové stěny bude instalační předstěna tvořená prvky o průřezu 60×60, na tyto prvky bude umístěna sádkartonová deska FERMACELL tloušťky 15mm. Z exteriérové strany bude stěnu tvořit Polystyrénová izolace ISOVER tloušťky 100mm a na ni přijde finální omítka.

5.1.2 Podlahová konstrukce

Podlahová konstrukce má i se základovou deskou tloušťku 1,06 mm. Na základovou desku bude položena PE fólie. Dále skladbu podlahy tvoří podlahový polystyren EPS ISOVER o tloušťce 200mm. Následně na polystyren bude instalováno podlahové topení, které bude zalito anhydritem o tloušťce 50mm. Skladba podlahy bude zakončena položením laminátové klik podlahy QUICK STEP tloušťky 5mm.

5.1.3 Zavětrovací a dělicí příčky

Zavětrovací příčky budou tvořeny nosnou konstrukcí o průřezu 40×120mm. Na tuto konstrukci bude namontován z každé strany sádrokarton FERMACELL tloušťky 15mm. Dělicí příčka bude mít konstrukci z prvků 40×60mm, a také na ni bude z každé strany našroubovaný sádrokarton tloušťky 15mm.

5.1.4 Konstrukce stropu

Tloušťka stropu je 396mm, celý strop je připevněn ke střešní konstrukci, která je tvořena sbíjenými vazníky. Strop tvoří z exteriérové strany rošt, jehož prvky mají průřez 60×60mm. Rošt je kolmo přichycen ke střešní konstrukci, do roštu bude vložena minerální vata ROCKWOOL tloušťky 150mm. K roštu připevníme tepelnou izolaci TOPDEK tloušťky 120mm. Izolace je následně přetažena parotěsnou fólií, tím vznikne tzv. obálka domu. Dále strop tvoří nosný dřevěný rošt také průřezu 60×60mm, který je umístěn ve směru vazníku. Následně je k tomuto roštu namontovaný sádrokartón FERMACELL o tloušťce 15mm.

5.1.5 Konstrukce střešní konstrukce

Na vazníkovou soustavu přijde geotextílie, kterou se vazníková soustava uzavře. Následně jsou na vazníkovou soustavu podélně nastříleny kontralatě klasického průřezu 40×60 mm. Na tyto latě přijdou v kolmém směru nosné latě střešní krytiny také průřezu 40×60 mm. Celá střecha je zakončena plechovou krytinou.

5.2 Tepelně-technické posouzení konstrukce

V této kapitole autor zobrazuje posouzení jednotlivých částí stavby z pohledu tepelně-technického. K výpočtům byl použitý program na stránce (tzb.info-cz.). Výsledky jsou zobrazené v podobě následujících obrázků a grafů.

5.2.1 Obvodová stěna

UMÍSTĚNÍ STAVBY

Podle obce ▼

Podle teplotní oblasti a nadmořské výšky ▼ Nadm. výška m n.m.

Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období θ_e °C

PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

▼

Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i °C

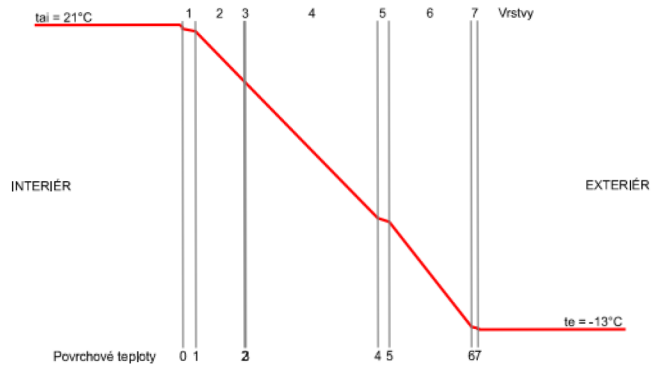
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} °C

TYP KONSTRUKCE

▼ ▼

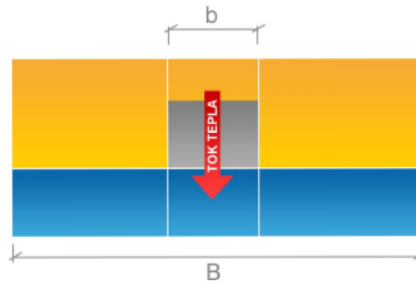
Obrázek 1 Tepelně-technické posouzení konstrukce obvodové stěny [27]

☉ Graf průběhu teplot v konstrukci



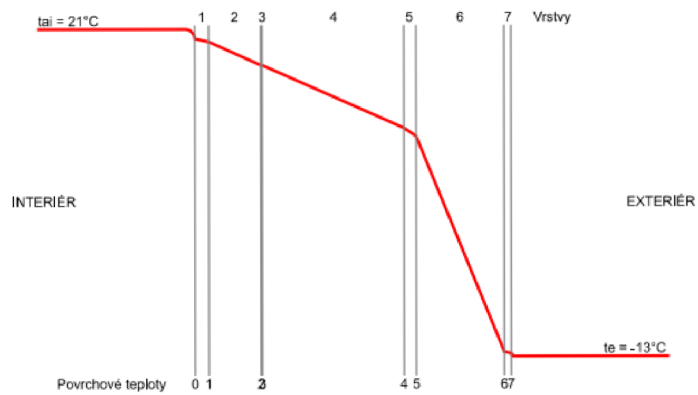
☑ KONSTRUKCE MÁ SYSTEMATICKÉ TEPELNÉ MOSTY

Šířka konstrukce (kolmo ke směru tepelného toku)	
Výsek B [m]	Tepelný most b [m]
3	0,20



Graf 3 Průběh teplot v konstrukci obvodové stěny [27]

☉ Graf průběhu teplot v konstrukci s tepelným mostem



Graf 4 Průběh teplot v konstrukci obvodové stěny s tepelnými mosty [27]

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.12 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	Odpor při prostupu tepla konstrukce $R_T = 8.01 \text{ m}^2.\text{K/W}$
dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946	

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu $\theta_{in,20}$ °C

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.12 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ VYHOVUJE
doporučené hodnotě pro pasivní domy $U_N = 0.18 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
dle ČSN 73 0540-2:2011

Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
0,30 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	0,25 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	0,18 až 0,12 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Obrázek 2 Tepelně-technické posouzení konstrukce obvodové stěny [27]

5.2.2 Konstrukce podlahy

UMÍSTĚNÍ STAVBY



Podle obce Podle teplotní oblasti a nadmořské výšky

Praha Nadm. výška m

n.m.

Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období θ_e °C

PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ



Obývací místnosti

Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i °C

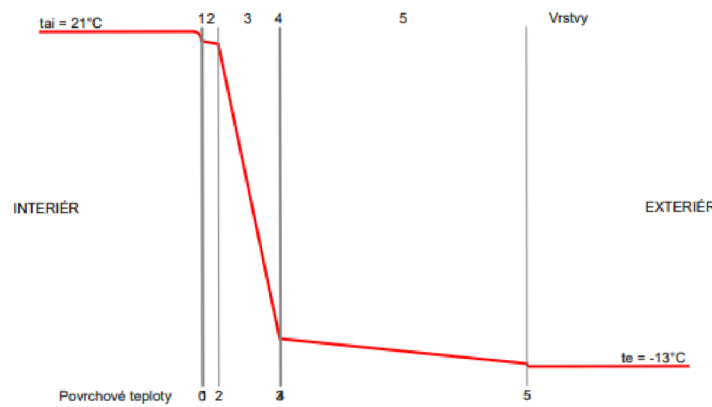
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu θ_{si} °C

TYP KONSTRUKCE



podlaha nad venkovním prostorem

Obrázek 3 Tepelně-technické posouzení podlahové konstrukce [27]



Graf 5 Průběh teplot v podlahové konstrukci [27]

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE



Součinitel prostupu tepla
konstrukce

$$U = 0.16 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Odpor při prostupu tepla
konstrukce

$$R_T = 6.15 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011



Posuzovaná konstrukce: Strop s podlahou nad venkovním prostorem

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu θ_{in} 20 °C

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.16 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ VYHOVUJE požadované hodnotě $U_N = 0.24 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ dle ČSN 73 0540-2:2011

Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
0,24 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	0,16 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	0,15 až 0,10 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Obrázek 4 Tepelně-technické posouzení podlahové konstrukce [27]

5.2.3 Konstrukce stropu a střechy

UMÍSTĚNÍ STAVBY

Podle obce ▼

Podle teplotní oblasti a nadmořské výšky ▼ Nadm. výška m n.m.

Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období θ_c °C

PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

▼

Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i °C

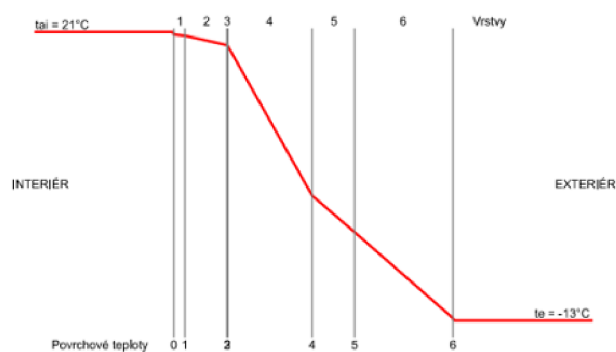
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} °C

TYP KONSTRUKCE

▼ ▼

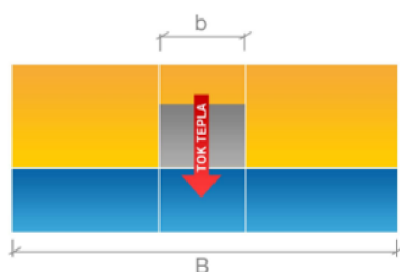
Obrázek 5 Tepelně-technické posouzení konstrukce stropu a střechy [27]

☉ Graf průběhu teplot v konstrukci



☑ KONSTRUKCE MÁ SYSTEMATICKÉ TEPELNÉ MOSTY

Šířka konstrukce (kolmo ke směru tepelného toku)	
Výšek B [m]	Tepelný most b [m]
3	0,20



Graf 6 Průběh teplot v konstrukci stropu a střechy [27]

☉ Graf průběhu teplot v konstrukci s tepelným mostem



Graf 7 Průběh teplot v konstrukci stropu a střechy s tepelnými mosty [27]

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	Odpor při prostupu tepla konstrukce $R_T = 9.95 \text{ m}^2.\text{K/W}$
dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946	

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu θ_{in} °C

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ VYHOVUJE
doporučené hodnotě pro pasivní domy $U_N = 0.15 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
dle ČSN 73 0540-2:2011

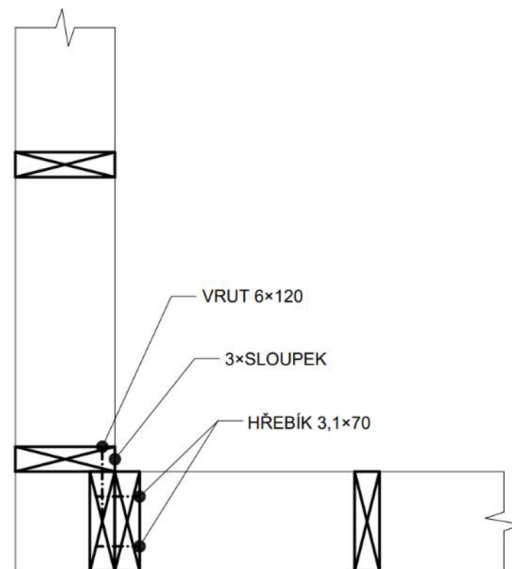
Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{\text{rec},20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{\text{pas},20}$
0,24 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	0,16 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	0,15 až 0,10 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Obrázek 6 Tepelně-technické posouzení konstrukce stropu a střechy [27]

6 Výsledky a diskuse

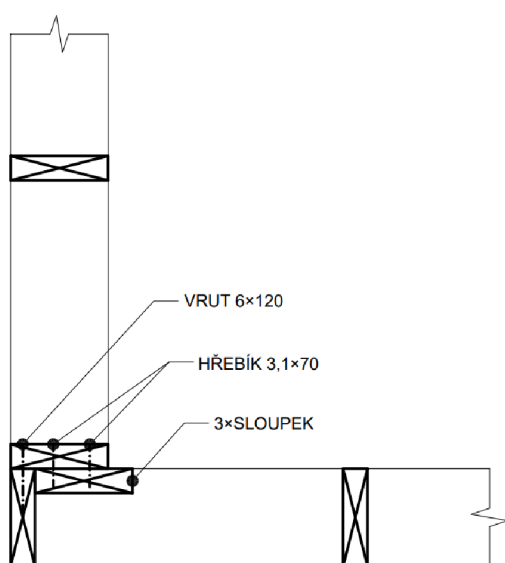
V této kapitole autor posuzuje rohové napojení obvodových stěn a vybírá pro tento projekt nejlepší řešení napojení obvodové stěny, především z hlediska stavební fyziky. Celkem jsou zde zhodnoceny 4 druhy napojení. V hodnocení každého rohu je také zahrnuto množství materiálu, náročnost montáže jednotlivých spojů a v neposlední řadě také množství spojovacího materiálu, tedy hřebíků případně vrtů. Výsledkem této práce je také projekt rodinného domu viz. příloha „Projekt_rodinného_domu“, detaily řešení konstrukce viz. příloha „Konstrukční_detaily“ a technická zpráva k projektu viz. příloha „Technická_zpráva“.

Při tomto způsobu napojení obvodové stěny jsou využity tři rohové prvky, tedy tři masivní KVH hranoly. Tento spoj se dá považovat za jeden z nejjednodušších na montáž, jelikož se pomocí hřebíků spojí dva KVH profily k sobě a propojí se pomocí vrtů s druhou stěnou, která se do zmiňovaných dvou prvků opírá. Dle autorova názoru je zde nevýhoda při opláštění stavby OSB deskami, jelikož spoj nedosahuje až do konce



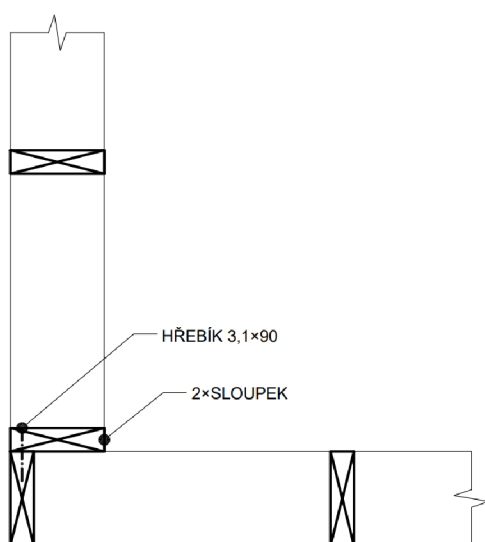
Obrázek 7 Rohový spoj č. 1

stěny, a proto zde může vzniknout problém s únikem tepla právě přes tento roh. Z hlediska spotřeby spojovacích materiálů se jedná o méně náročný rohový spoj.



Obrázek 8 Rohový spoj č. 2

lejší než první varianta. Prvky v tomto spoji se nacházejí přímo na konci stěny. Jelikož jsou zde dva prvky do tvaru L, zajišťují tím vysokou stabilitu stěn a při opláštění OSB deskami nevznikají žádné izolační mezery. Z hlediska spotřeby spojovacího materiálu bude u tohoto druhu spoje potřeba více spojovacích prvků než u prvního druhu, ovšem rozdíl není velký.



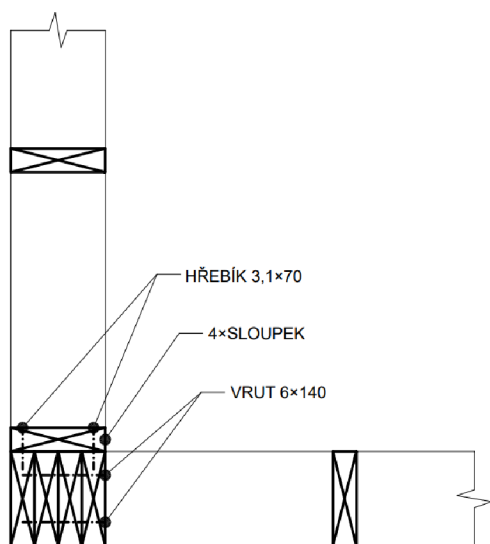
Obrázek 9 Rohový spoj č. 3

KVH profilu, většinou průřezu 40 až 60 mm. Proto se autor domnívá, že zde by

Tento způsob napojení rohu se nazývá Kalifornský roh. Při tomto způsobu napojení jsou jako při minulém použity tři KVH profily, ovšem veliký rozdíl je ve způsobu montáže. Dle názoru autora je tento způsob montáže náročnější než první typ napojení. Nicméně z hlediska funkčnosti spojení stěn, tedy z pohledu stavební fyziky a úniku tepla, se autor na základě svých praktických zkušeností domnívá, že tento spoj je

Tento druh napojení obvodových stěn je velice nenáročný na spotřebu materiálu, používají se pouze dva KVH profily, které jsou k sobě jednoduše spojeny pomocí hřebíků. Z tohoto titulu není náročná ani samotná montáž a dále ani spotřeba spojovacího materiálu není vysoká. To hlavně z důvodu použití pouze hřebíků. Jediná nevýhoda, které se autor obává, je pevnost a pravoúhlost spoje, jelikož kratší stěna se opírá pouze do jednoho

mohly nastávat komplikace. Spoj je velice dobrý pro tepelnou izolaci a tepelné mosty se zde vyskytují v malé míře, a to z důvodu nepřerušeni parotěsné fólie.



Obrázek 10 Rohový spoj č. 4

U tohoto způsobu napojení je už na první pohled zřejmé, že spotřeba materiálu na zhotovení je ze všech čtyř možností nejnáročnější. Pro spojení jednoho rohu se používá 5 KVH profilů. Při pohledu na způsob montáže se nejedná o nic složitého, ovšem zhotovit tento spoj bude náročnější na čas. Výhodou tohoto spoje je velká tuhost spoje, kdy si dovoluji tvrdit, že tento spoj je ze všech čtyř nejpevnější. Bohužel největší nevýhodou je zde

velká pravděpodobnost vzniku tepelného mostu, a to z důvodu velké části masivního dřeva na spoji. Pokud se na tento způsob napojení budeme dívat také z pohledu spotřeby spojovacího materiálu, na tento spoj bude spotřeba největší, především pak spotřeba konstrukčních vrtů bude vysoká.

Pro tento projekt se autor rozhodl mezi spojem č. 2 a spojem č. 3. Po zvážení všech pro a proti se autor rozhodl pro způsob napojení obvodových stěn pomocí spoje č. 2. Jedná se sice o náročnější spoj jak z titulu materiálu, tak z titulu spotřeby spojovacích prvků i náročnosti spoje při montáži. Ovšem nezvratnou výhodou je pevnost spoje, která pro autora při výběru byla velice důležitá, a proto pro svůj projekt nakonec zvolil spoj č. 2. Tento způsob je dle autora pro rámové dřevostavby montované letmou montáží nejlepší. Také díky němu vznikají dobré a kvalitní dřevostavby, které by se měly stavět.

7 Závěr

Výsledkem této práce je celkový popis rámové dřevostavby Two by Four. Tento systém je v práci následně porovnán se všemi konstrukčními systémy dřevostaveb. V práci je uveden také historický vývoj Two by Four dřevostaveb. Následně jsou zde v další části uvedeny hlavní výhody a nevýhody konstrukčního systému rámových dřevostaveb. Velká část práce je také zaměřena na materiály pro rámové dřevostavby a izolační materiály, které se využívají při výstavbě dřevostaveb. Autor v práci posuzuje jednotlivé části stavby z pohledu tepelně-technického (str. 38 – 45) a zaměřuje se na posouzení čtyř druhů napojení obvodových stěn (str. 46 – 48), ze kterých následně vybere dle jeho názoru nejlepší pro tento projekt viz. přílohy „Projekt_rodinného_domu“ výkres 09, a “Konstrukční_detaily“ výkres 13.

Byla vypracována kompletní projektová dokumentace pro společné povolení viz. příloha „Projekt_rodinného_domu“. Součástí projektu je průvodní zpráva, technická zpráva a souhrnná technická zpráva. V projektové dokumentaci jsou řešeny všechny konstrukční spoje, postup montáže jednotlivých obvodových stěn s ohledem na jednoduchost montáže a konstrukční ochranu.

Pro zhotovení projektové dokumentace rodinné dřevostavby byl použit program AutoCAD. V programu AutoCAD byly narýsovány veškeré výkresy. Následně autor k projektové dokumentaci zhotovil technickou zprávu.

8 Literatura

- [1] – IZOLACE [online]. Praha: Drevoastavby.cz, 2021 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/izolace/6359-akustika-v-drevostavbe>
- [2] – IZOLACE-INFO [online]. Praha: izolace-info.cz, 2021 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: www.isolace-info.cz/katalog/
- [3] – MONTOVANÉ DŘEVOSTAVBY [online]. Praha: Alfahaus, 2022 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.alfahaus.cz>
- [4] – POŽADOVANÝ STANDART NA NOVOSTAVBY [online]. Praha: Drevoastavby.cz, 2021 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/doporucujeme/6739-pozadavky-penb-2022-pro-novostavby>
- [5] – RÁMOVÉ DŘEVOSTAVBY [online]. Praha: Bydlenivevate, 2022 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://bydlenivevate.cz/materialy/ramove-drevostavby-dejte-na-nazor-odborniku-nebo-lidi-kteri-v-nich-bydli/>
- [6] – RŮŽIČKA, Martin. Moderní dřevostavba. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.
- [7] – SLOUPKOVÁ KONSTRUKCE DŘEVOSTAVEB [online]. Praha: Stavím a bydlím, 2016 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/sloupkova-konstrukce-drevostaveb/>
- [8] – STAVEBNÍ FYZIKA DŘEVOSTAVBY [online]. Praha: Isover.cz, 2019 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/blog/stavebni-fyzika-drevostavby-i>

[9] – VÝHODY A NEVÝHODY BYDLENÍ V DŘEVOSTAVBĚ [online]. Brno: ADMD, 2022 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.admd.cz/kontakt>

[10] – RIMSHIN, Vladimir Ivanovich, et al. Improvement of strength and stiffness of components of main struts with foundation in wooden frame buildings. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2018, 13.11: 3851-3856.

[11] – AMBROŽOVÁ, Elena. Izolace z ovčí vlny – TZB-info [online]. VUT Fakulta stavební Brno, 2013, 1. 4. 2013 [cit. 2022-08-25]. Dostupné: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace>

[12] – Alfahaus. <https://www.alfahaus.cz> [online]. Praha: <https://www.alfahaus.cz>, 2022,2007-2022[cit.2022-10-18].Dostupné z: <https://www.alfahaus.cz/montovane-drevostavby>

[13] – STRAKA, B., ŠMAK, M. Vybrané příklady použití dřeva v nosných konstrukcích, materiály pro stavbu, 9/2010, s. 22–27, ISSN 1213-0311.

[14] – BERÁNEK, Petr. Masivní dřevěné podlahy. Grada Publishing as, 2007. [cit. 2022-08-24].Dostupné: https://scholar.google.com/scholar?hl=cs&as_sdt=0%2C5&q=PETR%2C+Ber%2C3%A1nek.+Masivn%2C3%AD+d%2C5%99ev%2C4%9Bn%2C3%A9+podlahy.+Grada+Publishing+as%2C+2007&btnG=

[15] – BÖHM, Martin; REISNER, Jan; BOMBA, Jan. Materiály na bázi dřeva, 2012.[cit.2022-08-24].Dostupné: https://scholar.google.com/scholar?hl=cs&as_sdt=0%2C5&q=B%2C3%96HM%2C+Martin%3B+REISNER%2C+Jan%3B+BOMBA%2C+Jan.+Materi%2C3%A1ly+na+b%2C3%A1zi+d%2C5%99eva.+2012.%29&btnG=

[16] – HEJHÁLEK, Jiří. Tepelná izolace. Přehled, materiály a použití, 2021. [cit. 2022-08-25]. Dostupné: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-izolace-velky-prehled>

[17] – KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Vyd. 3., přeprac. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

[18] – JOHNSON, Rachel. The Advantages of Balloon Frame. American Building Construction History, 2007 [cit. 2022-08-24]. Dostupné: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.606.4788&rep=rep1&type=pdf>

[19] – Konstrukce z vrstveného masivního dřeva. Drevoastavby.cz [online]. Praha: drevoastavby.cz, 2021, 31.12.2021 [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/vse-o-drevostavbach/jak-na-drevostavbu/co-je-drevostavba-a-jake-jsou-jeji-druhy/2988-konstrukce-z-vrstveneho-masivniho-dreva>

[20] – BLASS, Hans Joachim a Carmen SANDHAAS. Timber Engineering – Principles for Design. 2013. ISBN 3731506734.

[21] – MYNÁŘ, Josef; TESLÍK, Jiří; PROVÁZEK, Jiří. Materiály Pro dřevostavby, 2016 [cit. 2022-08-24]. Dostupné: https://scholar.google.com/scholar?hl=cs&as_sdt=0%2C5&q=MATERI%C3%81LY+PRO+D%C5%98EVOSTAVBY.+Auto%C5%99i%3A+Ing.+Josef+Myn%C3%A1%C5%99+Ing.+Ji%C5%99%C3%AD+Tesl%C3%ADk&btnG=

[22] – MAŇÁK, Ondřej. *Variabilita koeficientů difuze vodní páry ve dřevě a její vliv na vlhkostní pole uvnitř vybrané konstrukce. Str. 15-16.* Brno, 2015. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce: Mgr. Ing. Miroslav Trcala, PhD.

[23] – RYCHLÍKOVÁ, Marie. *Tepelná izolace staveb. Str. 38-39.* Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce: doc. Ing. Antonín Blaha, Csc.

[24] – VALDIVIESO, Diego a kol. Experimentální výzkum vícevrstevných silných dřevěných rámových smykových stěn s nekonstrukčními vrstvami sádkartonových desek typu X při cyklickém zatížení. *Engineering Structures*, 2023, 282: 115797.

[25] – ČSN EN 13501-1 (730860): Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň.

[26] – TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další.* Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

[27] – TZB-info. [Tzb-info.cz/](https://stavba.tzb-info.cz/) [online]. 2022 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-vypocet-prostupu-tepla-vicевrstvou-konstrukci-a-prubehu-teplot-v-konstrukci>

[28] – Český statistický úřad. <https://www.czso.cz/> [online]. 2020 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/stavebnictvi>

9 Samostatné přílohy

- Projekt rodinného domu
 - Studie – situační výkres širších vztahů
 - Studie – katastrální situace
 - Studie – koordinační situace
 - Studie – půdorys 1NP.
 - Studie – řez A – Á
 - Studie – pohled severozápad, jihovýchod
 - Studie – pohled jihozápad, severovýchod
 - DSP – základy
 - DSP – půdorys 1NP.
 - DSP – řez A – Á
 - DSP – půdorys střechy
 - DSP – konstrukce střechy
- Konstrukční detaily
 - Detail – A
 - Detail – B
 - Detail – C
 - Detail – D
 - Detail – E
 - Detail – F
- Technická zpráva