



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

Návrh komunitního centra z těžkého dřevěného skeletu

Diplomová práce

Autor: Bc. Ondřej Brabec, DiS

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

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ondřej Brabec, DiS.

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

Návrh komunitního centra z těžkého dřevěného skeletu

Název anglicky

Project of a Community Centre Using Heavy Timber Construction

Cíle práce

Cílem práce je na základě dokončené architektonické studie vypracovat projektovou dokumentaci pro realizaci stavby vlastního návrhu komunitního centra, který bude sloužit pro shromažďování lidí, konání nejrůznějších kulturních a vzdělávacích aktivit. Objekt bude navržen z konstrukčního systému těžkého dřevěného skeletu.

V první části bude provedena optimalizace základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení objektu s umístěním objektu do konkrétní lokality včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště.

V druhé části práce bude zpracována projektová dokumentace pro realizaci stavby. Dílčím cílem je návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a zvolených detailů z hlediska stavební fyziky.

Obsahem projektové dokumentace pro realizaci stavby (architektonicko-stavební řešení) bude (1) technická zpráva, (2) výkresová část, (3) dokumenty podrobností. Součástí práce bude statický posudek dílčí části stavby, výstup dílčí části stavby pro CNC stroje a rozpočet dílčí části stavby.

Metodika

- Literární rešerše
- Optimalizace základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení vč. konstrukčních skladeb obvodového pláště
- Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby – Architektonicko-stavební řešení (technická zpráva, výkresová část, dokumenty podrobností)
- Posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a zvolených detailů z hlediska stavební fyziky (z hlediska šíření tepla a vlhkosti, z hlediska akustiky)
- Statický posudek zvoleného konstrukčního prvku a třech detailů konstrukčních spojů
- Výstup dílčí části stavby pro CNC stroje
- Rozpočet dílčí části stavby
- Závěr

Harmonogram práce:

- červenec – říjen 2023: literární rešerše, optimalizace základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení objektu s umístěním objektu na konkrétním pozemku včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště.
- listopad – leden 2024: projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby – Architektonicko-stavební řešení (technická zpráva, výkresová část, dokumenty podrobností)
- únor – březen 2024: posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a zvolených detailů z hlediska stavební fyziky, statický posudek zvoleného konstrukčního prvku a třech detailů konstrukčních spojů, výstup dílčí části stavby pro CNC stroje, rozpočet dílčí části stavby
- duben 2024: odevzdání závěrečné práce



Doporučený rozsah práce

40 – 60 normostran textu + přílohy

Klíčová slova

Konstrukční systém na bázi dřeva; komunitní centrum; lepené lamelové dřevo; projektová dokumentace pro realizaci stavby.

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.
- CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
- KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Vyd. 3., přeprac. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.
- RŮŽIČKA, Martin. Moderní dřevostavba. Third edition. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.
- TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- ZAHRADNÍČEK, Václav a Pavel HORÁK. Moderní dřevostavby. Vyd. 2. aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 8025135683;9788025135686;
- 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

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 25. 6. 2023

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2024

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/diplomovou práci na téma: „*Návrh komunitního centra z těžkého dřevěného skeletu*“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom/a, že odevzdáním diplomovou práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze, dne 4.4.2024

Bc. Ondřej Brabec, DiS

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Miloš Pavelek, Ph.D. za vedení mé diplomové práce a předání užitečných rad a zkušeností. Poděkování patří, také mojí rodině za finanční i emoční podporu při studiu.

Abstrakt :

Diplomová práce se zabývá návrhem komunitního centra podle již vytvořené architektonické studie. Objekt bude vytvořen z konstrukce těžkého dřevěného skeletu. Komunitní centrum bude sloužit pro shromažďování lidí v obci Bukovina.

V první části práce mapuje nejrozšířenější stavební druhy dřevostaveb v České republice. Následně je probrána problematika tepelných izolací a přiblížení konstrukčních materiálů použitých ve stavbě.

V druhé části se zabývám samotným návrhem komunitního centra. Tato část zahrnuje zpracování výkresové dokumentace pro provedení stavby, technická řešení a postupy, posouzení z hlediska tepelné techniky a akustiky. V přílohách se nachází podrobné technické výkresy, výpočty a rozpočet stavby.

Klíčová slova: Dřevostavba, tepelná izolace, těžký dřevěný skelet, projektová dokumentace

Abstract:

The thesis deals with the design of the community centre from the architectural study. The building will be created from a heavy timber frame structure. The community centre will be used for gathering people in the village of Bukovina.

The first part deals with the most common types of wooden buildings in the Czech Republic. It also discusses thermal insulation and materials used in the construction.

The second part deals with the design of the community centre itself. This part includes the preparation of drawings for the construction, technical solutions and procedures, assessment in terms of thermal engineering and acoustics. The appendices include detailed technical drawings, calculations and a construction budget.

Keywords: Timber building, thermal insulation, heavy timber frame, project documentation

Obsah

1. Úvod	11
2. Cíle práce	12
3. Literální rešerše	12
3.1 Úvod do dřevostaveb	12
3.1.1 Dřevostavby jako pojem	12
3.1.2 Rozdělení stěn na bázi dřeva podle funkce:	13
3.1.3 Difuzně uzavřený systém	13
3.1.4 Difuzně otevřený systém	13
3.1.5 Fázový posun teplotního kmitu	14
3.2 Rozdělení dřevostaveb podle druhů stěn:	15
3.2.1 Hrázděné stavby	15
3.2.2 Srubové stavby	15
3.2.2.1 Kanadský srub	16
3.2.2.2 Finský srub	16
3.2.2.3 Sruby z lepených hranolů	16
3.2.3 Roubené stavby	17
3.2.4 Těžký dřevěný skelet - (Novodobý skelet)	17
3.2.5 Rámové stavby - (Lehký dřevěný skelet)	17
3.2.5.1 Balloon frame	18
3.2.5.2 Platform frame	18
3.2.6 Panelové dřevostavby	18
3.2.7 Stavby z CLT panelů	19
3.3 Tepelné izolace užívané v dřevostavbách	20
3.3.1 Přírodní	20
3.3.3.1 Dřevovláknitá izolace	20
3.3.3.2 Korek	20
3.3.3.3 Konopná izolace	21
3.3.3.4 Ovčí vlna	21

3.3.3.5 EKO panely	21
3.3.2 Umělé.....	21
3.3.2.1 Polystyrén extrudovaný (XPS).....	22
3.3.2.2 Polystyrén pěnový expandovaný (EPS).....	22
3.3.2.3 Minerální izolace	22
3.3.2.4 PUR a PIR pěnové izolace	22
3.3.2.5 Vakuové izolace (VIP)	23
3.3.2.6 Aerogel.....	23
3.3.3 Recyklované.....	23
3.3.3.1 Pěnové sklo.....	23
3.3.3.2 Celulóza	24
3.4 Konstrukční materiály použité pro tvorbu komunitního centra:	24
3.4.1 Hranoly KVH	24
3.4.2 Hranoly BSH	24
3.4.3 Hranoly LVL	25
3.4.4 Steico nosníky	25
3.4.5 OSB desky	25
3.4.6 Sádrokartonové desky.....	26
3.4.7 Sádroláknité desky	26
3.4.8 Samozávrtné kolíky	27
4. Metodika	28
4.1 Studie+ umístění na pozemek.....	28
4.2 Optimalizace tvaru	28
4.3 Optimalizace dispozičního hlediska	29
4.4 Konstrukční provedení	29
4.5 Materiálové provedení	30
4.6 Technický postup pro provedení stavby	32
4.7 Tepelná optimalizace skladeb v programu Teplo a jejich posouzení	33
4.8 Posouzení vybraných detailů v programu Area z hlediska tepelné techniky	33
4.9 Posouzení Akustiky	34
4.10 Statické posouzení stropního dílce	34

4.11	Posouzení spojovacích prostředků	34
4.12	Rozpočet stavby	34
4.13	Vymodelování komunitního centra v programu Sema	34
4.14	Blower door test.....	36
5.	Výsledky práce.....	37
5.1	Dimenzace stropního dílce	37
5.2	Výsledky výpočtu tepelné techniky v programu Teplo	37
5.3	Výsledky posouzení detailů v programu Area	38
5.4	Použité skladby konstrukcí stavby	38
5.5	CNC výstupy.....	40
5.6	Výkresová dokumentace obsažená v práci	41
6.	Závěr	42
6.1	Seznam literatury a použitých zdrojů	43
6.2	Seznam obrázků.....	45
6.3	Seznam příloh.....	45

1. Úvod

Komunitní centrum je veřejné zařízení, které slouží k různým účelům. Může poskytovat prostor pro kulturní, vzdělávací nebo tělovýchovné aktivity pro určitou komunitu. Také může nabízet sociální služby, zejména pro sociálně vyloučené osoby. Centra mohou provozovat církve, neziskové organizace nebo jiné společnosti. V některých případech mohou být komunitní centra součástí farnosti a sloužit i jako místo pro společensko-duchovní aktivity. V našem případě bude v obci Bukovina sloužit v normálním všedním režimu jako restaurace. Klub bude používán zájmovými spolky v obci. Sportovní zázemí užíváno pro sportovní aktivity na nedalekém hřišti. Celý objekt může sloužit jako zázemí při různých akcích jako jsou například svatby, koncerty, sportovní turnaje, školní besídky a další obecní aktivity.

Navrhované komunitní centrum má tvar písmene L a bude postaveno z těžkého dřevěného skeletu. Zabírá plochu 384 m² a má vnější rozměry 35,3x18,7 metru. Objekt se skládá ze tří propojených částí: východní sekce slouží jako zázemí pro sportovce s šatnami a toaletami, střední část je vyhrazena pro restauraci s příslušným zázemím a jižní část tvoří klubovna. Hlavní vstup je orientován na jih, kde se také nachází dřevěná terasa s bezbariérovým přístupem do zahrady. Budova je jednopatrová s 25stupňovou sedlovou střechou pokrytou cihlově barevnými taškami. Exteriér bude bílý s šedým soklem, a okna i dveře budou plastová. V restauraci a klubovně jsou dominantní tři masivní dřevěné příhradové vazníky, nosné sloupy skeletu jsou pohledové. Interiér je ošetřen bílou barvou a podlahy jsou buď dubové plovoucí, nebo keramické.

Dřevo, jako jeden z hlavních materiálů použitých ve stavbě, je v této době velice oblíbené pro svůj estetický vzhled. Mezi jeho dobré vlastnosti patří také mechanické vlastnosti. Jako ekologický přírodní materiál je obnovitelný.

2. Cíle práce

Diplomová práce se zaměřuje na vytvoření projektové dokumentace na základě již hotové architektonické studie pro stavbu komunitního centra, které bude sloužit jako místo setkávání a pořádání kulturních či vzdělávacích akcí. Budova bude konstruována z masivního těžkého skeletu.

V první fázi projektu dojde k optimalizaci základního designu, uspořádání, konstrukce a materiálů budovy, včetně jejího umístění v dané lokalitě a optimalizace konstrukčních vrstev vnějšího obalu.

Druhá fáze se bude věnovat tvorbě projektové dokumentace potřebné pro realizaci stavby. Mezi dílčí cíle patří vytvoření, hodnocení a optimalizace konstrukčních vrstev a vybraných detailů z pohledu stavební fyziky.

Projektová dokumentace zahrnuje technickou zprávu, výkresovou část a detailní dokumentaci. Součástí bude také statické posouzení vybraného prvku konstrukce, příprava dat pro CNC stroje a rozpočet pro stavbu.

3. Literální rešerše

3.1 Úvod do dřevostaveb

3.1.1 Dřevostavby jako pojem

Dřevostavby jsou stavby, které mají dřevěné stěny, nebo stěny na bázi dřeva. Obliba dřevostaveb v poslední době velice roste, k jejím velkým přednostem patří rychlost výstavby. Dřevo jako přírodní obnovitelný materiál má výborné tepelně izolační vlastnosti (při dotyku s pokožkou odebírá málo tepla- proto působí příjemně na dotyk), k nízké hmotnosti má vysokou pevnost, plusovou stopu Co₂, snadnou obrobitelnost, difuzní prostupnost pro vodní páry. Mezi velice kladné vlastnosti řadíme také zdravotní nezávadnost na člověka a dobrý psychologický vliv. Při správné údržbě stavby jsou dřevostavby velice trvanlivé. (LUDWIG-STEIGER, 2017)

Dřevo jako přírodní materiál má i své vady (voda, oheň, hmyz, plíseň, houby) některé z nich dokážeme eliminovat nebo potlačit různými technickými postupy, impregnačními nátěry, sušením, hoblováním. Největším nepřítelem pro dřevo je jeho vlhkost. Čím sušší bude zabudované dřevo, tím déle nám vydrží. (ŠTEFKO, 2004)

Jelikož je dřevo rostlý materiál, je tvořen z dřevních vláken a směrem k jejich orientaci má velice rozdílné vlastnosti, na které musíme při návrhu myslet a využít je pro náš prospěch. Může také obsahovat skryté vady, praskliny, zabarvení, které jdou z většiny eliminovat pomocí rozřezání a následovnému slepením. Můžou tak vzniknout „homogenní materiály“ například BSH hranoly, překližky, OSB desky, CLT panely a další. U takto vytvořeného materiálu nás neomezuje vyříznutý průřez z kmene, ale výrobní schopnosti výrobců a dopravitelnost na stavbu. (VAVERKA, J)

Tvorbou aglomerovaných materiálů ze dřeva „zabijeme“ jeho přirozené vlastnosti a už záleží na každém, jestli je to dobře nebo ne. Některá lepidla mohou mít nepříznivý vliv na zdraví člověka a ekologii.

3.1.2 Rozdělení stěn na bázi dřeva podle funkce:

Obvodové stěny - hlavní úlohou obvodových stěn je tepelně izolovat dům od nepříznivých vlivů okolního prostředí

Vnitřní stěny - hlavní požadavek na vnitřní stěny máme na rozdělení prostoru a zároveň dobré akustické vlastnosti při zachování malé tloušťky stěny.

Nosné stěny - plní funkci nosnou, tudíž přenášejí všechny síly od krovu, stropů, podlah směrem dolů do základů.

Nenosné stěny - plní funkci rozdělení prostoru do jednotlivých místností. Musí splňovat akustické vlastnosti na bytové a mezi bytové příčky.

3.1.3 Difuzně uzavřený systém

Difuzně uzavřená systém, je systém stěny, do které za žádných situací nemůže vnikat žádná vlhkost, v podobě vodních par. V našich krajinách jsou tyto konstrukce osazeny parozábranami na vnitřní straně povrchu a na vnější straně jsou osazeny parobrzdou. (ŘŮŽIČKA, 2014)

Tato konstrukce má velkou nevýhodu v tom, že když se poškodí vnitřní parozábrana jakýmkoliv způsobem, ať už neobornou montáží, nedoladěním detailů, nebo i náhodným selháním „lepících pásek“ může docházet k hromadění vlhkosti v konstrukci. Z důvodu že je tato konstrukce uzavřená nemůžou odcházet tyto vodní páry z konstrukcí dřevostavby. Hromadění vody velice škodí dřevostavbám a tím razantně uspíší její degradaci.

3.1.4 Difuzně otevřený systém

Difuzně otevřený systém je ten systém, do kterého může vnikat malé množství vodních par a konstrukce je, v našich krajinách, vytvořená tak, že směrem z interiéru do exteriéru se zmenšuje difuzní odpor (součinitel odporu vodních par = čím vyšší je tento

součinitel, tím má vlhkost větší problém projít danou látkou o dané tloušťce, hodnota 1 je vyjádřena jako 1 metr vzduchu) (ŘŮŽIČKA, 2014)

Difuzně otevřený systém dřevostaveb má výhodu oproti uzavřenému, že se jakákoliv vlhkost, která vnikne do konstrukce, může z této konstrukce dostat ven a nezůstává v konstrukci. Tudiž i při vnikání vlhkosti přes nějaké drobné chyby v konstrukci se nemůže stát takové fatální hromadění vlhkosti jako při uzavřeném systému.

3.1.5 Fázový posun teplotního kmitu

Tepelnou izolaci používáme především z důvodu minimalizování ztrát tepla z objektu v zimním období. V opačném případě potřebujeme, aby se v zimních měsících nepřehřívaly naše interiérové místnosti. Tepelná izolace nám tedy zabraňuje průchodu tepla oběma směry. Fázový posun je závislý na hmotnosti, objemu a tepelné kapacitě materiálů použitých v celé stavbě. Všeobecně platí, že čím je konstrukce lehčí tím má větší problém s přehříváním. (ŘŮŽIČKA, 2006)

V praxi to znamená, že potřebujeme navrhnout optimální poměr izolačního materiálu a tepelné akumulace objektu, abychom v letních měsících neutráceli velké peníze za ochlazování stavby, jak se to někdy stává u špatně navržených domů.

Velký kladný vliv na přehřívání konstrukce má zastínění okenních otvorů. Můžeme zvolit markýzy, žaluzie, rolety. Další alternativou je použití stálého zastínění, které počítá s tím, že slunce v letních měsících svítí v jiném úhlu, docílíme tím tak že v letních měsících nám slunce do oken nesvítí a svítí nám naopak v zimních měsících, kdy sluneční paprsky potřebujeme. Zvolením vhodné zeleně na pozemku můžeme docílit podobného efektu, jednak zeleň příznivě ovlivňuje okolní klima vyrovnáváním teplot, a také když zvolíme opadavé stromy tak v létě nám stíní jejich listy a v zimě jejich listy opadají a propouští skrze větve sluneční svit. Působením slunce na exteriérovou část stěny se materiál ohřívá a teplo se šíří do interiérové části. Tato vlastnost se odvíjí od měrné tepelné kapacity (množství tepla potřebné k ohřátí 1 kg materiálu o 1 °C) a objemové hmotnosti izolace). (KULHÁNEK, 2006)

Pro příklad:

Staré kamenné domy mají problém v zimních měsících kvůli tomu, že mají velké tepelné ztráty, trvá dlouhou dobu je vytopit a mají dlouhou otopnou sezónu, ale v létě zase nemají problém s přehříváním. Naopak lehké zahradní domky a víkendové chaty se v zimě snadno vytopí, ale v horkých letních měsících jsou neobyvatelné. (ŠUBRT 1998)

3.2 Rozdělení dřevostaveb podle druhů stěn:

3.2.1 Hrázděné stavby

Hrázděné stavby se používali na těch místech, kde nebylo tak velké množství lesů aby stačilo na stavbu Srubů a roubených staveb. Je to jeden z nejstarších systémů, často označovaný jako „historický skelet“. Konstrukční systém hrázděných staveb je široce rozšířený. Tento systém tvoří masivní dřevěné prvky, jsou většinou viditelné, z venku nebo ze vnitř, dřevo tvoří nosnou kostru, zavětrování konstrukce tvoří trojúhelníky a čtverce osazené tesařskými spoji. Tato konstrukce musela přenést celou svou váhu do základů.

Jako výplň mezi nosnými prvky konstrukce se tudíž mohli použít kratší a slabší části stromů, proutí, jílová hlína, omítka, vepřovice, slaměné balíky, rákosí. Později se jako výplň používali pálené cihly s maltou, ošetřené omítkou. Do poloviny 19. století se celé stavby pro napodobení kamenných a cihelných staveb opatřovali omítkou, a také z důvodu větší požární odolnosti a vzniku požárů.

Historické stavby jsou důkazem toho, že tato konstrukce byla spolehlivá. V konstrukci se muselo počítat se sedáním stavby z důvodu sesychání dřeva, nebo použít nákladnější sušené dřevo. U vícepatrových budov byla nákladná a pracná údržba proti povětrnostním vlivům a to především ze stran, které měly malé zástřeší.

V současné době se už hrázděné stavby moc nestaví, vystřídali je jiná řešení za použití nových materiálů na bázi dřeva. (Kolb 2007)

3.2.2 Srubové stavby

Srubové stěny mají jednu vrstvu konstrukce, tvořené jsou z odkorněných kulatých nebo hranatých klád, jsou kladeny vodorovně na sebe. V rozích jsou spojeny sedlovým spojem typického tvaru a přesahují ven do exteriéru. Dispozice srubu se musí uzpůsobit důležité podmínce, kde je doporučeno maximální délka jedné stěny 6 m z důvodu stability srubové stěny (mohou být delší, jen musí být křížené další stěnou, aby byl vytvořen ztužující T spoj stěn)

Srubové stěny se vyrábí buď klasickým způsobem, kdy každý vyrobený srub je originál, jelikož se každá kláda obrábí tesařsky ručně. Každý kmen se pečlivě vybírá už v lese a po pokácení se každá kulatina ručně odkorní, následně se kulatina uskladní a po vytvoření prvních výsušných trhlin se kulatina dále třídí kvůli vadám, sbíhavosti a točivosti kmene. Takto vytríděnou kulatinu můžeme začít opracovávat a teprve potom zabudovat na vybrané místo v konstrukci srubu. Stavba klasickým způsobem zabere hodně času potřebného na přípravu a hlavně ruční práce, díky níž je každý srub originál.

Nebo můžeme zvolit průmyslovou metodu za pomoci CNC strojů. Při výrobě na CNC strojích musí být kulatina nejprve ofrézována do válcového tvaru, jelikož by bylo velice složité

vytvoření modelu srubu, protože v přírodě nerostou ideální válce, každý kmen stromu má jiný tvar a směrem ke koruně se zmenšuje. Takto vytvořený srub vypadá velice čistě a moderně. V minulosti byly sruby stavěny hlavně v oblastech s vysokým výskytem dřeva. Dnes už tomu tak není, můžeme ho najít i v městské zástavbě, kde okolo nejsou žádné stromy, tam se takový druh stavby moc nehodí. (VAŘEKA & FROLENC, 2007)

Sruby dále dělíme:

3.2.2.1 Kanadský srub

Srubovou stěnu stavíme rovnou z mokré nevysušené kulatiny. U nás většinou volíme dřevo jehličnatých stromů, nejčastěji smrk, borovice, nebo trvanlivější modřín. Strom by měl růst ve vyšších nadmořských výškách (čím vyšší nadmořská výška tím je dřevo kvalitnější z důvodu malých ročních přírůstků, minimálně však v 600 metrů nad mořem), stáří by mělo být okolo 80-120 let. (KOLB 2008)

Kvalitnější je také dřevo ze zimní těžby, díky nižšímu obsahu mízy a nehrozí u něj napadení dřevokazným hmyzem, než bude kůra ze stromu neprodleně odstraněna.

3.2.2.2 Finský srub

Bduje se z vysušené kulatiny, která požaduje stejné vlastnosti jako u srubu kanadského. Hlavním rozdílem je sušení kulatiny, která je sušena minimálně dva roky, musí se zabránit ohrožení povětrnostními vlivy (déšť, slunce, vlhkost, sníh) nejlépe 400 mm od úrovně terénu, kterým zabráníme přijímání zemní vlhkosti. Důležité je nasměrovat hlavní výsušnou prasklinu směrem dolů a to do vysekané drážky. Drážka se vyplňuje přírodní tepelnou izolací (konopná izolace, ovčí vlna), dosáhneme tak těsnosti a zabráníme tak promrzání spoje podélného spoje kulatin.

3.2.2.3 Sruby z lepených hranolů

Z rozvojem lepeného lamelového dřeva (BSH) a s jeho větší dostupností se začalo používat i na sruby. V lepeném hranolu jsou vyfrézovány pera a drážky (do nichž vkládáme těsnící expanzní pásy, aby byla zajištěna vzduchotěsnost stavby), jsou ohoblované, mají sražené hrany. Je to nejkvalitnější, nejstálejší materiál na výrobu srubů pro náročné zákazníky, kteří si rádi připlatí za kvalitu. Hranoly obrábíme za pomoci CNC strojů. Sestavení takové stěny může zvládnout zákazník s výpomocí.

3.2.3 Roubené stavby

Roubené stavby jsou velice podobné srubovým stavbám. Používá se na ně jehličnaté dřevo, ve výjimkách tvrdé listnaté dřevo (dub). Mají také vodorovné trámy. V dnešní době se nejčastěji používá pro roubené stavby hraněné řezivo. V minulosti nebylo neobvyklé, že se používalo dřevo v různém stupni opracování, nehraněná kulatina, jednou rozříznuté kmeney „půlměsíce na stojato“, dvakrát proříznuté tzv. prizmy kladené buď na „ležato“ (styčná spára tvořila rovná část uříznutého kmene), nebo na „stojato“, kdy směřovali oblany do styčné spáry a rovná uříznutá část směřovala do stran. S tím jak šel čas a stavební styly se mísily, tak mnozí experti nejsou shodnutí, jaký je přesný rozdíl mezi srubem a roubenkou. Jejich hlavním poznávacím znakem by mohlo být rohové roubení, kde je řešena rybinovými samosvornými zámky, které nepřesahují do prostoru (u některých historických staveb pouze jednoduše přeplátované v rohu). Dále je můžeme poznat podle typické vymazávky mezi trámy. Dalším poznávacím znakem by mohlo být, že jsou tvořeny převážně z hranolů, tam ale narážíme na stavby kdy tomu tak není a nazýváme je roubenkou, jako některé sruby nazýváme sruby, i když jsou tvořené z hranolů. (JAN PEŠTA, 2020)

3.2.4 Těžký dřevěný skelet - (Novodobý skelet)

Tato konstrukce vychází z hrázděných staveb s tvorbou nových materiálů a objevení nových technologií se těžký dřevěný skelet utvářel až do dnešní podoby. Jako výplně mezi masivními sloupy se používají prefabrikované stěny, samonosné rámy, zasklení velkoformátovými okny a různými kombinacemi různých systémů. Konstrukce je vytvořena z masivních trámů a hranolů (nejčastěji KVH, BSH nebo LVL) velkých průřezů. Tato konstrukce musí být vhodně vyztužena proti vodorovným silám, vhodnou alternativou je vytvoření lité podlahy, která zajistí tuhost celé stavby. Přenos těchto sil do základů je přenášen pomocí sloupů, příhradových nosníků nebo stěn. (Wood Handbook, 2013)

Velice důležité je také věnovat se detailům jednotlivých spojů trámů, které zajišťují celkovou statickou únosnost a stabilitu celé konstrukce. Spoje se často tvoří pomocí ocelových styčnickových plechů s kolíky, stavebními vruty nebo svorníky, které mohou být schované tak aby byla vylepšena požární bezpečnost. Spoje se často provádí na CNC obráběcích centrech (např.: Hundegger K2i). Na stavbě se takto vytvořený spoje jen sesadí dohromady.

3.2.5 Rámové stavby - (Lehký dřevěný skelet)

Tento systém je převzatý z Amerického systému „two by four“ (rozměr sloupků v palcích -5x10 cm v poměru 1:2) V dnešní době se tento systém modifikoval a to hlavně ve

zvětšení dimenze sloupků na 60x160 (60x120, 60x180, 60x200 ...) a to z důvodu zvětšujícím nárokům na tloušťku teplené izolace.

Rozděluje se na dva hlavní druhy „balloon frame“ nebo „platform frame“. Svislé zatížení je převáděno z horní pásnice skrze sloupky do základového prahu, a přes ten přímo do základové konstrukce. Sloupky musí být alespoň z jedné strany zajištěny konstrukční deskou proti vybočení. Vodorovné prvky zde tvoří okenní parapety a nadpraží otvorů (překlady). Jejich výhodou je jednoduchá staveništní montáž i na nedostupných místech těžkou technikou. V současné době se stojny sloupků mohou nahrazovat I profily na bázi dřeva pro zmenšení tepelných mostů (steiko I nosník). I profily jsou také lehčí a pevnější. (KOLB 2008)

3.2.5.1 Balloon frame

Tento systém se vyznačuje průběžnými sloupky přes dvě nebo více podlaží, které jdou od základů, až po konstrukci krovu, tento systém je náročnější na délku prvků a napojení sloupků se stropem než u systém platform frame. Stropy jsou uloženy na trámku, který může být zapuštěná do zářezu ve stojnách nebo připevněn tesařskými vruty. Průběžné sloupky tomuto systému dodávají větší tuhost stěn za cenu větší pracnosti. (Kolb 2007)

3.2.5.2 Platform frame

Konstrukci tvoříme tak že si stěny sestavíme na základové desce a postupně je zvedáme, stěnu po stěně. První stěny jsou nestabilní, musí být zajištěny zavětrováním, aby nám nespadly, do té doby než vztyčíme ostatní stěny, se kterými se stavba propojí a už zavětrování není nutné a můžeme ho odstranit.

Jeho základním poznávacím znakem je že stavby roste po jednotlivých „platformách“ (patrech), podobně jak u zděného domu, kde nejdříve vytvoříme stěny v přízemí, na které umístíme strop, stane se pochozí a tento strop nám slouží jako montážní plošina pro další patro stejně, jako v prvním patře. Oproti systému s průběžnými sloupky je tento systém jednodušší a rychlejší a méně náročný na délku prvků ve stěnách. Tento systém se velice hodí na výrobu panelových dřevostaveb. (Kolb 2007)

3.2.6 Panelové dřevostavby

Dřevěné prefabrikované stěny jsou druh prefabrikovaných stěn. Hlavní část prefabrikovaných stěn se vyrábí v halách. Rodinný dům se zde může sestavit na „nečisto“, nebo víme, že máme bezchybně vyprojektovaný dům a vyrobený zařízením CNC, tak že ani provádět sestavování na nečisto nemusíme. Významnou výhodou je vysoká rychlost výstavby tohoto systému. Můžeme v halách vyrábět panely nepřetržitě bez ohledu na počasí,

nebo roční období. Tím můžeme dosáhnout rychlosti výroby řádově od desítek až po stovky domů ročně. Panely jsou ze zákona stanoveným výrobkem, musí být u nich ověřena shoda se základními požadavky. (TYWONIAK 2012)

Ve výrobních závodech se na velkých montážních stolech podle výrobní dokumentace a nářezového plánu sestaví sloupková rámová konstrukce, obvykle s rastrem sloupků 625 mm (tento rozměr vychází z rozměru deskových materiálů, které většinou bývají v násobcích 625 mm, i některé izolace se již přizpůsobily tomuto rozměru). Následně se rámová konstrukce pokryje z jedné strany prostorově tuhými deskovými materiály (OSB, cetris, fermacell, rigidur a jiné), které dodávají celé stavbě dostatečnou tuhost a zamezují vybočení tenkých sloupků. Desky jsou připevněny pomocí spojovacích materiálů (hřebíků nebo sponek). Deskový materiál se může připevnit a obrábět buď za pomoci ručního nářadí, nebo vyspělejšího a přesnějšího CNC. Pokračuje se otočením panelu deskou dolů, aby se panely mohli naplnit tepelně izolačními materiály do prostoru mezi sloupky, aplikace parozábrany nebo parobrzdy, vytvoření instalací (voda, elektrické sítě, vzduchotechnika, odpady, ...), následně osazujeme dalšími vrstvami (sádrokarton, keramický obklad, palubkový obklad a další.) Takto připravený panel můžeme osadit i okny a dveřmi případně i omítkou. Hotové panely naložíme na nákladní automobil pomocí jeřábu, a pomocí jeřábu usazujeme přímo na stavbě ideálně rovnou z automobilu na základovou desku. Stavbu tímto systémem může zkomplikovat špatný přístup na pozemek. Ke stavbě musí být zpevněná komunikace, po které se může dostat nákladní automobil i jeřáb.

Tento systém patří k nejrozšířenějším v této době, jelikož jde o rychlou a cenově dostupnou alternativu.

3.2.7 Stavby z CLT panelů

Konstrukce z CLT někdy užívaný název křížem vrstveného dřeva (překlad z anglického Cross Laminated Timber = CLT). Základní surovinou pro výrobu panelů, jsou lamely jehličnatých stromů tloušťky 10-50 mm a šířky od 60 do 240 mm. Lamely jsou vysušeny cca na 12 % vlhkosti, vyřežou se vady, následně podélně spojeny na zubovitý spoj (tzv. cink), tím vytvoříme nekonečnou lamelu. Následně jsou ohoblovány ze všech stran a slepeny na šířku (na tupo, pero a drážku či kónicky), aby vytvořili deskový materiál. Po složení vrstev na sebe jsou k sobě ukládané vrstvy otočeny o 90 stupňů, stejně jako je to u překližky. Jednotlivé vrstvy jsou k sobě buď šroubované, nebo lepené konstrukčním lepidlem. U CLT panelů se vždy setkáme s lichým počtem lamel. Pro zvýšení únosnosti panelu můžeme orientovat vnější lamely vůči největšímu namáhání (např. u stropních a střešních panelů vůči rozpětí). Maximální rozměry panelů jsou na 3,5x12,5x0,4 m (u větších rozměrů je již komplikovaná i doprava na stavbu). V případě většího rozměru stěn, se musí

podélně napojovat. Ve stěnových panelech jsou vyřezány otvory na okna a dveře a jsou spojovány k sobě minimálně dvěma celozávitovými pozinkovanými vruty. (Pavlas 2016)

3.3 Tepelné izolace užívané v dřevostavbách

3.3.1 Přírodní

V dnešní době se více zajímáme o ekologii, obnovitelné materiály, uhlíkovou stopu stavebních materiálů. Díky tomu se začali objevovat přírodní a ekologické izolační materiály, některé jsou znovuobjevené nebo modifikované „starých“ izolačních materiálů. Přednosti těchto izolací jsou nezávadnost, nízká uhlíková stopa, rozložitelnost, a v některých případech i příznivý zdravotní vliv na člověka. (Hudec, 2008).

Přírodní izolace: dřevovláknitá izolace, korek, konopná izolace, ovčí vlna, slaměné balíky, EKO panely

3.3.3.1 Dřevovláknitá izolace

Je to jedna z velmi ekologických izolací v dnešní době. Izolace se vyrábí v podobě desek z dřevní hmoty, rozvlákněním dřeva (může být použité i odpadní dřevo) na jemná vlákna, ty jsou pak dále zpracovány za určité vlhkosti, teploty a lisovacího tlaku slisována. Pojivem zde je pryskyřice, z tohoto důvodu nemusí být přidávána další lepidla. Pokud ale požadujeme jiné vlastnosti na pevnost tohoto materiálu, můžeme přidat další látky. Jako hydrofobizační látky se přidávají bitumeny, vosky a další. Můžeme přidat látky na podporu nehořlavosti. Faktor difuzního odporu dosahuje hodnot 1-5 a koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,04 W/Mk. Vyrábí se dva hlavní druhy dřevovláknité izolace. Měkké izolační desky jsou využívány ve stavbě jako výplňový materiál mezi nosné prvky (sloupky, krokve, stropní trámy), stejně jako minerální izolace. Izolační desky se střední pevností (např.: Steico therm) se používají do konstrukcí lehkých plovoucích podlah a jako obkladové desky fasád, následně na ně může být nanášena omítka. Používají se také na nadkroevní izolaci. (Chybík, 2009).

3.3.3.2 Korek

Korková tepelná izolace je přírodním materiálem se specifickou buněčnou strukturou. Korek se získává oloupáním kůry korkového dubu, loupání kůry nepoškozujeme strom, má

schopnost regenerovat kůru. Korkové pletivo obsahuje velké množství plynů, díky kterým dobře izoluje teplo, vibrace a hluk. Vyrábí se ve formě expandované drtě. Není potřeba dodatečných pojiv, za zvýšené teploty a tlaku se z korkového granulátu vytlačuje pryskyřice a formují se desky na požadovanou tloušťku s rozměrem 500*1000 mm. Materiál je objemově stálý, odolný povětrnostním vlivům, odolnost vůči bakteriím, dlouhá životnost. Nevýhodou je dostupnost korku a jeho cena. Koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,04 W/mK.

3.3.3.3 Konopná izolace

Konopná izolace vyráběná z technického konopí, je to ekologická izolace, konopí se ve stavebnictví používá dlouhou dobu. Jednak dříve neexistovali umělé izolace, byl to i levný a dostupný materiál. Dnes již nepatří k nejlevnějším. Konopná izolace je podobná svými vlastnostmi dřevovláknitým izolacím. Důležitou hodnotou je její objemová hmotnost, díky níž se stavby nepřehřívají. Můžeme ji vhodně použít například pro zateplení podkroví. Koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,04 W/mK.

3.3.3.4 Ovčí vlna

Ovčí vlna je přirozeným tepelným izolantem, je zcela zdravotně nezávadná. Udržuje optimální vlhkost vzduchu, nedráždí pokožku, nehoří a je samozhášivá, působí jako čistička vzduchu. Koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,038 W/mK.

3.3.3.5 EKO panely

Ekopanel je stavební panel, ekologický, difuzně otevřený, je lisovaný ze slámy za použití velkého tlaku a teploty bez použití pojiv, je tudíž úplně přírodní a recyklovatelný. V Česku se objevil až kolem roku 2000, v jiných zemích ho používají už o 55 let dříve. Tento tepelně izolační panel má široké použití od samonosných příček přes kročejovou izolaci po nadkroevní izolaci podkroví.

3.3.2 Umělé

Tato skupina izolačních materiálů je velice rozšířená kvůli jejich výborným tepelným vlastnostem, cenně a dostupnosti na trhu. Umělé materiály se stávají čím dál dostupnější díky velké konkurenci a vysoké automatizované a optimalizované výrobě. Velkým mínusem pro tyto izolace je množství spotřebované energie při jejich výrobě (velká uhlíková stopa), velké likvidační náklady, obsah různých chemických pojiv a formaldehydů, které se mohou uvolňovat do ovzduší, nutnost použít ochranné pomůcky při práci s některými materiály.

Umělé izolace: polystyrén extrudovaný, polystyrén pěnový expandovaný, minerální izolace, PUR a PIR pěnové izolace, vakuové izolace, aerogel

3.3.2.1 Polystyrén extrudovaný (XPS)

Polystyrén vyráběný extrudací, odolává proti vlhkosti (není nasákavý), má celkem vysokou pevnost (použití do podlah). Vhodný na zateplení soklů a základů. Vyšší cena oproti EPS. Koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,038-0,033 W/mK. (HUDEC, 2008)

3.3.2.2 Polystyrén pěnový expandovaný (EPS)

Můžeme ho použít na zateplení celého domu. Méně odolný proti vlhkosti než XPS. Je měkčí než XPS. Téměř nepropouští vodní páry, tudíž není vhodný do difuzně otevřené konstrukce dřevostavby. Může být použitý do difuzně uzavřené konstrukce. Používáme jej spíše u cihelných nebo betonových staveb. Koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,038-0,035 W/mK. (KOLB, 2008)

3.3.2.3 Minerální izolace

Vyrábí se rozvlákněním horniny za vysokých teplot. Máme tři hlavní druhy a to jsou skelná vlákna a kamenná vlna (rozvlákněný čedič), křemíková vlna. Minerál se za teploty cca 1400-1500 stupňů celsia roztaví, smíchá s přísadami, tavenina stéká na rozvláknovací kotouč, který se točí několik tisíc otáček. Rozstříknutá tavenina se ochlazuje vzduchem a vznikají vlákna, z kterých se vytvářejí koberce izolační vlny. Dále se mohou přidávat pojiva a různé látky, které omezují prašnost.

Pevnost a tvarovou stálost ovlivňuje pozice vláken. Faktor difuzního odporu dosahuje hodnot 2-5 a koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,04-0,33 W/mK (HUDEC, 2008)

3.3.2.4 PUR a PIR pěnové izolace

Jsou charakteristické svou nažloutlou barvou. Fungují na systému napěnění. Vyrábí se ve formě desek, podobně jako polystyren, bývá na nich připevněna hliníková izolace nebo ve formě stříkaní aplikujeme na povrchy (stěny stropy, krovy, vazníky a další), kde zvětší až 100x svůj objem. Tyto izolace svým koeficientem tepelné vodivosti jsou lepší než většina konvenčních tepelných izolací. Při aplikaci stříkaných pěn vzniká vzájemnou exotermní reakcí různých prvků, při níž je uvolňován oxid uhličitý a vytvoří uzavřenou buněčnou strukturu izolantu. Koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,033-0,023 W/mK (KOLB, 2008)

3.3.2.5 Vakuové izolace (VIP)

Vakuový izolační panel je pokryt ochranou lesklou folií, aby byl jeho obal neprodyšný, je vytvořen z plastu (PE), uvnitř je jádro - tenká krystalická síť z velmi tenkých vláken oxidu křemičitého, aby se panel nezbortil. Z panelu je vysátý vzduch, čím méně je v něm vzduchu, tím má lepší izolační vlastnosti. Mají výjimečné tepelně izolační vlastnosti. Jejich nevýhodou je, že panely nejde rozměrově upravovat, musí být vyrobeny přesně na stavbu a musí být kladené podle plánu. Při práci s nimi musíme být velice opatrní, můžeme snadno panel poškodit (říznutí, zatlučení hřebíku) a vakuum by nám nenávratně uteklo ven z panelu, to samé platí při užívání stavby. Koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,004-0,008 W/mK. (Hudec, 2008)

3.3.2.6 Aerogel

Aerogelová izolace je moderní tepelná izolace, která dosahuje výborných tepelných vlastností, vyrábí se v podobě ohebného rouna, má až 2,5 násobně lepší vlastnosti (tepelné vodivosti λ 0,015 W/(m·K)) než klasické izolační materiály, používáme ji v problematických detailech, tam, kde by nebylo dosaženo požadovaných parametrů konvečními izolacemi. Tento materiál je hydrofóbní a přitom prodyšný, můžeme ho také řezat na potřebný rozměr.

3.3.3 Recyklované

Recyklované izolace se vyrábí recyklací odpadních nebo už použitých materiálů z demolic domů nebo recyklací papíru. Jejich využití je dobré, protože se nemusí používat nově vytěžené suroviny na výrobu nových izolačních materiálů a vytváření nových odpadů, ale naopak využití odpadních materiálů, které by už jinak neměli skoro žádné využití.

Recyklované izolace: pěnové sklo, celulóza (rozvlákněný papír ošetřený nehořlavou látkou)

3.3.3.1 Pěnové sklo

Pěnové sklo je vyrobeno z recyklovaného skla, vnitřní stavba pěnového skla se skládá z malých uzavřených buněk se vzduchem, které drží pevně dohromady a izolují. Je to nenasákavý, tvarově stálý, tepelně izolační, a nehořlavý materiál. Jeho unikátní vlastnosti využíváme v mnoha oblastech stavebnictví. Vyrábí se ve dvou formách. V podobě šterku, ten používáme hlavně pod základové desky jako izolační materiál před chladem od terénu, podlah a stropů. V podobě izolačních bloků, dají se ručními řezat pilami na tvárnice. Faktor difuzního odporu dosahuje hodnot - zcela parotěsný a koeficient tepelné vodivosti λ dosahuje hodnot okolo 0,040-0,060 W/mK (Kolb 2007)

3.3.3.2 Celulóza

Nejčastěji ji používáme ve foukané formě a známe ji pod názvem foukaná celulóza. Vyrábí se recyklací papíru. Je opatřena látkami, které zabraňují hoření, také látky proti hlodavcům. Izolace časem sedá, proto není úplně vhodná jako výplň svislých stěn. Nejvíce se hodí na zateplení podhledu v půdním prostoru mezi vazníky, do stropů, vyplní i prostory, kam bychom se nedostali s normálními izolacemi)

3.4 Konstrukční materiály použité pro tvorbu komunitního centra:

3.4.1 Hranoly KVH

Zkratka KVH, odvozená z německého termínu Konstruktionsvollholz, se vztahuje na hranol vyrobený z kvalitního sušeného smrkového dřeva. Běžně používaná pevnostní třída pro tyto hranoly je C24, což znamená, že mají ohybovou pevnost 24 MPa podle normy ČSN-EN. Pro splnění normativních požadavků je nutné odstranit všechny nedostatky, jako jsou suky, praskliny, výsušné trhliny, hnilobu a další. Hranoly se spojují na délku pomocí zubových spojů, známých jako „cinkové“ spoje, aby se dosáhlo požadované délky. Obvyklá délka je maximálně 13 metrů, protože delší kusy jsou problematické při transportu.

KVH Hranol v panelové konstrukci nevyžaduje dodatečnou chemickou ochranu proti dřevokazným houbám a hmyzu, jelikož vysoká teplota sušení zajišťuje sterilizaci od biotických škůdců. Po vysušení na 12 % vlhkosti (s tolerancí 2 %) se hranoly hoblují na přesné rozměry a odstraňují se vady, které by mohly snížit konstrukční nebo estetickou kvalitu. HVH hranoly mají také sražené hrany, docílíme tím lepší manipulace, menší poškození hran při manipulaci a větší požární odolnosti. (REINPRECHT, 2008)

S porovnáním s rostlým dřevem jsou stabilnější, méně se kroutí, nepraskají, je vhodné tyto hranoly použít i pro větší rozpětí. KVH hranoly se vyrábějí ve dvou variantách: „KVH Si“ a „KVH NSi“. Rozdíl mezi nimi není v normové kvalitě, ale v estetice. KVH NSi má průmyslovou kvalitu s možnými vizuálními nedokonalostmi, které neovlivňují mechanické vlastnosti. KVH Si je esteticky přitažlivější a používá se pro viditelné konstrukce v interiéru. KVH hranoly jsou stabilní, mají nižší objemovou hmotnost a jsou egalizovány co do tloušťky a délky. (Soukup, 2012)

3.4.2 Hranoly BSH

Zkratka BSH pochází z německého termínu „Brettschichtholz“, což znamená lepené lamelové dřevo (LLD). Tento materiál se vyrábí plošným vrstvením délkově nastavovaných lamel, obvykle ze smrkového dřeva. BSH hranoly jsou známé pro svou vysokou pevnost a nosnost, což je činí ideálními pro konstrukční prvky v náročných a namáhaných stavbách. Vyrábí se vrstvením čtyř a více lamel o tloušťce 40 mm a maximální šířce 200 mm. Tímto

lepením na výšku můžeme vytvořit vysoké nosníky o výšce 2 m. Lepená spára nesnižuje mechanické vlastnosti dřeva. Vlastnosti tohoto materiálu jsou lepší než KVH hranoly a rostlé dřevo. Je to perfektní materiál pro návrh dřevostavby. (Sven Thelandersson, 2003)

3.4.3 Hranoly LVL

Lepené vrstvené dřevo, známé jako LVL (Laminated Veneer Lumber), je moderní stavební materiál vytvořený z několika vrstev tenké dýhy jehličnatého dřeva, obvykle o tloušťce 3 mm. Tento materiál je oblíbený pro svou vysokou nosnost a odolnost proti deformacím, což jej činí ideálním pro použití pro statické prvky v dřevostavbách. Díky své pevnosti a rozměrové stabilitě je LVL vhodný pro konstrukční prvky jako trámy, nosníky, stropní trámy, nadpraží a prahy. LVL je používán také pro krokve, vaznice, průvlaky. Díky slepením z dých z dřevěného materiálů odstraníme část negativních vlastností dřeva, jako jsou praskliny, trhliny, odklonění letokruhů, křivost vláken způsobené točitostí kmene, skryté vady a další. Tento materiál má lepší vlastnosti než BSH hranoly, což umožňuje jeho využití i v případech, kde jsou požadovány malé průřezy na velkém rozpětí. (APA, 2019)

3.4.4 Steico nosníky

Konstrukční dřevěné nosníky STEICO joist jsou nosníky tvaru I, jsou inovativním řešením pro nosné systémy stropů, stěn a střech. Stojina I nosníku je vyrobena z tvrdé dřevovláknité desky, zatímco pásnice jsou z LVL R (Ultralamu), což je lepené vrstvené dřevo. Nosníky STEICO joist nabízejí řadu výhod, včetně nízké hmotnosti, která usnadňuje manipulaci a montáž, a zároveň poskytují vynikající únosnost a pružnost. Díky jednoduché opracovatelnosti je možné snadno realizovat prostupy pro vedení sítí. Již z výroby může být průřez nosníku vyplněný tepelnou izolací.

3.4.5 OSB desky

OSB desky, neboli Oriented Strand Board, jsou vysoce odolné stavební desky vyráběné z orientovaných dřevěných třísek. Tyto třísky jsou spojeny pomocí umělých pryskyřic a lisovány za vysokého tlaku a teploty, což desce dodává pevnost a rozměrovou stabilitu. Existují čtyři různé třídy OSB desek, které určují jejich odolnost proti vlhkosti a mechanické zatížení. Například, OSB 1 a 2 jsou vhodné pro suché vnitřní prostředí, zatímco OSB 3 může být částečně vystaveno vlhkosti, tato třída je pro svoje vlastnosti nejpoužívanějším druhem. OSB 4 jsou odolnější proti vlhkosti a jsou vhodné pro vnější použití nebo pro použití v místech se zvýšenou vlhkostí. Výroba OSB desek zahrnuje sušení třísek, nanášení pojiva a následné lisování. Jako pojivo se nejčastěji používají lepidla na bázi PVAC pro suché prostředí a polyuretanové nebo melamin-močovina-formaldehydové (MUF)

lepidla pro vlhké prostředí. Tyto lepidla zajišťují vysokou pevnost spoje a odolnost vůči vlhkosti. (Berge, 2009).

OSB desky se vyznačují všestranným použitím. Jsou ideální pro konstrukční prvky v dřevostavbách, jako jsou stěny, podlahy a stropy, ale také pro výrobu nábytku nebo jako podkladový materiál pro další povrchové úpravy. Díky své pevnosti a odolnosti jsou OSB desky oblíbenou volbou pro mnoho stavebních projektů. OSB desky jsou konstrukční desky – mají tuhost v ploše, používají se také v difuzně otevřených konstrukcích jako parobrzdná vrstva. (Hudec *et al.*, 2013)

3.4.6 Sádrokartonové desky

Sádrokartonové desky jsou oblíbeným stavebním materiálem, který se vyznačuje svou flexibilitou a širokým spektrem použití. Tyto desky se vyrábějí lisováním sádrové hmoty mezi dvě vrstvy kartonu, což vytváří pevný, ale zároveň lehký materiál. Sádrokartonové desky mají dobrou odolnost vůči ohni. (Hugues *et al.*, 2004)

Existují různé třídy sádrokartonových desek, které se liší svými vlastnostmi a vhodností pro různé typy prostředí:

-Standardní sádrokartonové desky (bílé): Jsou nejčastěji používané pro suché vnitřní prostory, jako jsou obytné pokoje a kanceláře. Mají bílou barvu a jsou vhodné pro tvorbu příček, podhledů a obkladů stěn.

Impregnované sádrokartonové desky (zelené): Tyto desky jsou ošetřeny proti vlhkosti a jsou vhodné pro použití v prostředích s vyšší vlhkostí, jako jsou koupelny a kuchyně.

-Protipožární sádrokartonové desky (červené/růžové): Mají zvýšenou odolnost proti ohni a používají se v místech s vyšším rizikem požáru, například v komerčních budovách nebo jako součást požárních úseků.

Výroba sádrokartonových desek zahrnuje smíchání sádry s vodou a dalšími přísadami, které zlepšují jejich vlastnosti, jako je odolnost proti vlhkosti nebo ohni. Tato směs je poté rozprostřena mezi vrstvy kartonu a lisována do požadovaného tvaru a velikosti. Po vytvrzení sádry jsou desky sušeny, aby se odstranila veškerá nadbytečná vlhkost, což zajišťuje jejich pevnost a rozměrovou stabilitu. Sádrokartonové desky jsou ceněny pro svou jednoduchou instalaci, dobré izolační vlastnosti a schopnost vytvářet hladké povrchy, které jsou připravené k malování nebo dalším úpravám. Díky své univerzálnosti jsou sádrokartonové desky široce používány v moderním stavebnictví. (Nyč, 2005)

3.4.7 Sádroláknité desky

Sádroláknité desky jsou stavebním materiálem, který se vyznačuje vysokou pevností a odolností. Na rozdíl od sádrokartonových desek, obsahují ve své struktuře celulózo

vlákna, což jim dodává zvýšenou tuhost a odolnost proti poškození. Použití sádrovláknitých desek je rozmanité. Díky jejich vlastnostem se hodí pro vytváření pevných příček, obkladů stěn a stropů, a také pro použití v místech s vyšší vlhkostí, jako jsou koupelny a kuchyně. Jejich vyšší hustota a pevnost umožňují použití ve složitějších konstrukcích, kde je potřeba zaručit stabilitu a odolnost materiálu. Výhody oproti sádrokartonovým deskám mají sádrovláknité desky lepší akustické parametry a mají lepší mechanické vlastnosti. Neabsorbují vodu a nedeformují se při působení vlhkosti, což je činí vhodnými pro použití v náročnějších podmínkách. Navíc, díky vyšší únosnosti jsou ideální pro zavěšování těžších předmětů, což je u sádrokartonových desek omezené. (Josten *et al.*, 2010).

3.4.8 Samozávrtné kolíky

Samovrtané kolíky jsou ocelové kolíky, se šroubovicí, a vrtací korunkou, která se dokáže provrtat skrz kotvící plech bez předvrtání. Použití těchto kolíků je rychlé, přesné, nepotřebujeme žádnou speciální techniku, montáž lze provádět v hale nebo přímo na stavbě. (SFS 2024)

Samovrtané kolíky je vhodné použít ve stavebnictví, tam, kde chceme zajistit estetický vzhled, nebo vylepšit požární odolnost. Díky zakrytí nosného prvku v dřevě nemůže být deska ohřívána přímo od požáru. Hlavy kolíků mohou být z jedné strany odhaleny, nebo zcela schovány ve dřevě pod dřevěnou zátkou. Kolíky se nechají použít jako podélné spoje prvků, jako styčník vazníku, boční napojení nosníku, vrcholový/rohový plát rámu, patky sloupů, opravy nosníků a další. (Rothoblaas 2024)

Pro instalaci může být použita vrtačka se speciálním stolem nebo klasická aku vrtačka. Optimální otáčky jsou od 600-2000 otáček za minutu (v závislosti na typu vrtání). Hlava šroubu bývá opatřena hlavou TX40. Tloušťku spáry je doporučeno dělat větší o 1-2 mm kvůli možnosti vypadávání špon. Spára pro vkládané plechy se vyřezává kotoučovými nebo řetězovými pilami. Plechy mohou být ocelové nebo hliníkové. (Rothoblaas 2024)

Samovrtaný kolík funguje jako dvousřížný spoj – díky tomu má větší pevnost ve spoji oproti jednostřížnému spoji. Počet spojovacích prostředků je určený statickým výpočtem. Pozice samovrtaných kolíků se většinou volí symetricky, aby spoj vypadal esteticky. Kolíky jsou dobrým řešením pro stavby s velkými rozpony, jelikož se nechají velice dobře dimenzovat.

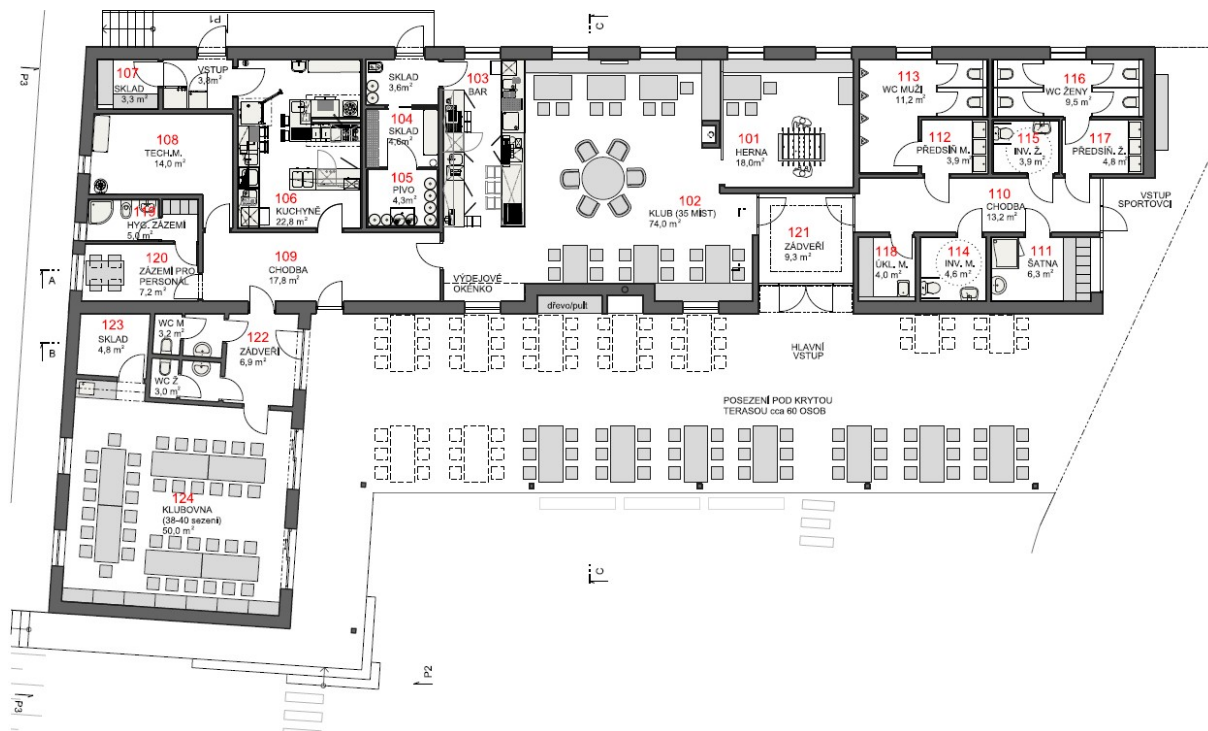
Při montáži je důležité je dodržovat pokyny výrobce, aby nedošlo primárně ke zničení vrtací hlavy. K hlavním problémům patří přehřátí, může být způsobeno nedodržení optimálních otáček, nedostatečná mezery mezi plechem a dřevem (nemožnost vypadávání ocelových špon). Další problém může být „oštipání“ způsobené nepřiměřeným tlakem, velké tvrdosti plechu, nebo větší tloušťce materiálu než předepisuje výrobce.

4. Metodika

V této části je sepsán postup při návrhu komunitního centra z těžkého skeletu.

4.1 Studie+ umístění na pozemek

Umístěním stavby na pozemku se vycházelo ze studie komunitního centra a nijak se do tohoto umístění nezasahovalo. Pozemek je v obci Bukovina v Jihomoravském kraji v nadmořské výšce 501 m. Situování komunitního centra je na severu obce Bukovina, nedaleko základní školy na pozemku p.č. 511/2. Jižní část navazuje na pozemky školy. V okolí stavby se také nachází stávající zástavba rodinných domů, a soukromé zahrady. Pozemek je mírně svažité a bude pod stavbou vyrovnán. Niže uvedeno z jaké jsem vycházel studie.



Obrázek č. 1 Studie komunitního centra Bukovina

(<https://www.obecbukovina.cz/obec-7/projekty-a-studie/studie-komunitni-centrum-bukovina/>)

4.2 Optimalizace tvaru

Optimalizování půdorysného tvaru se provedlo v oblasti restaurace, kde byl zrušen výklenek grilu na straně směrem k terase. Bylo tak provedeno z důvodu komplikovanosti detailů napojení vzduchotěsnící roviny a tepelných izolačních vrstev. Zjednodušilo to také

konstrukci krovu. Okna v části restaurace byla posunuta tak, aby byli mezi nosnými sloupy vazníkového rámu, který tvoří hlavní dominantu v prostoru restaurace.

Optimalizace celkového tvaru bylo změněním konceptu z ploché střechy na šikmou sedlovou střechu, aby byl podpořen architektonický ráz, který se váže k těžkému skeletu. Byl také zvolen krov s vlašskými krokviemi.

4.3 Optimalizace dispozičního hlediska

Dispoziční řešení bylo z větší části zachováno ze studie. Některé stěny byly posunuty o pár centimetrů, jednak kvůli statickému působení, nebo z důvodu kolize se statickými sloupky, které jsou zachované jako viditelné v interiéru. V části restaurace byli posunuta okna, aby bylo možné vytvořit pohledové vazníkové rámy.

4.4 Konstrukční provedení

Základová konstrukce je provedena pomocí základových pasů 300 mm, v místě sloupků je základ rozšířen (500x500 mm), aby bylo zajištěno správnému přenášení sil. V místě pohledových vazníků bude působit ještě větší síla, proto je pod nimi ještě větší rozšíření (700x500 mm). Základová deska je dvouvrstvá, spodní tenká 50mm, která nese hydroizolaci a svrchní nosná 150 mm.

Stavba je provedena konstrukčním systémem těžkého dřevěného skeletu, který zajišťuje hlavní nosnou funkci. V oblasti restaurace a společenské místnosti, byl podpořen vzhled těžkého skeletu pomocí masivního vazníkového pohledového rámu. V každé z těchto místností jsou tři vazníkové rámy. Konstrukce krovu nad zbytkem místností je dvouvrstvá, hlavní nosná část, která je tvořena vrcholovou vaznicí a pozednicí. Horní roznášecí část je tvořena vlašskými krokviemi s normálními krokviemi, aby byl zvětšen prostor pro mezikrokevní izolaci. Vlašské krokve jsou použity z důvodu dobrého provázání a ztužení dvou druhů krovů, pohledových vazníků a normálního krovu. Z vrcholové vaznice jsou síly přenášeny přes dřevěné sloupy přímo do základů. „Pozednici“ vynášejí sloupky těžkého skeletu. Jsou do ní také zakotvené stropní trámy pomocí rybinového spoje, tento spoj je zajištěn dvojicí celozávitových vrtů (2 x SFS-HTP-T-CH-FT Ø8,0 mm x 260 mm).

Težký skelet je opláštěn sloupkovou konstrukcí, která je tvořena pomocí steico nosníků tvaru I (60x200 mm), o tloušťce stěny 275 mm. Obvodové stěny jsou doplněny o instalační předstěnu, kde jsou vedeny el. rozvody, včetně předstěny a omítek je celková tloušťka stěny 350 mm.

4.5 Materiálové provedení

Pro sloupy těžkého skeletu byl použit materiál lepené lamelové dřevo (užívaná zkratka BSH), použité rozměry 200x200 mm. Pro kotvení do základové desky budou použité ocelové patky tvatu obráceného T. Spodní část bude kotvena do základu závitovou M14 tyčí a chemickou kotvou do maximální hloubky 120 mm. Svislý plech, který bude směřovat směrem nahoru, ve sloupu bude vyříznuta drážka na tento plech. Dřevěný sloup bude spojen s ocelovou patkou pomocí samozávrtných kolíků SFS o délce 157 mm (kolík WS-T-7x153 samovrtný).

Obvodové stěny jsou z prefabrikovaných panelů sloupkové konstrukce, horní a spodní pásnice panelu tvoří hranoly LVL 60x200 mm stojny jsou z prvků Steico I nosník Sj 60x200. Zavětrování sloupkové konstrukce je konstrukční deskou OSB 3 (broušená EGGER P+D 2500 x 675 mm 15 mm), spoje v deskách budou prolepeny poliuretanovým lepidlem, styk sloupku s deskou bude také prolepen. Připevnění desky bude pomocí ocelových sponek (Spony do sponkovačky S29, délka 40 mm) v osových vzdálenostech max. 120 mm, v úhlu 30 stupňů vůči svislému sloupku. Vrstva OSB funguje jako vzduchotěsnicí vrstva. Dřevěné výměny oken a dveří jsou provedeny hranoly LVL 60x200 mm. LVL hranoly jsou také v místě spojování sloupků těžkého skeletu s vnější nenosnou obvodovou stěnou. Spojení je provedeno pomocí konstrukčních vrutů (viz. detail podrobností A). Rohové napojení je provedeno také pomocí konstrukčních vrutů (viz. detail podrobností B). Spojením obvodové nenosné stěny a těžkého skeletu docílíme zavětrování stavby pomocí konstrukční OSB desky. Uvnitř panelu se nachází 200mm tepelná izolace Rockwool Superrock (Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_D = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), která svými vlastnostmi přispívá k lepší tepelné stabilitě objektu, vysokou odolností proti vysokým teplotám přispívá k větší požární odolnosti. Na venkovní straně panelu se nachází dřevovláknitá deska STEICO Universal 4PD tl. 60 mm připevněná ocelovými nerezovými sponami (Nerezové spony Montana S29, délka 100 mm). Jako finální venkovní vrstva je použita fasádní omítka Baumit openTop (difuzně otevřená tenkovrstvá omítka 2.5 mm)

Pro předstěnu jsou použity vodorovné dřevěné latě o rozměrech 40x60 mm, zde jsou umístěny instalace, elektrické rozvody, voda, topení, internet a další. Zbylý prostor je vyplněn tepelnou izolací Rockwool Superrock 60mm. Konstrukce předstěny je na vnitřní části opláštěna protipožárním sádkokartonem, přetmeleno, zabroušeno a natřeno finální bílou barvou.

Základovou konstrukci tvoří základové pasy z prostého betonu C16/20. Konstrukce základové desky je z betonu C 20/25 + armovací KARI síť o rozměrech $\emptyset 6/150$ - $\emptyset 6/150$. Základová deska je dvouvrstvá jedna nosná 150 mm a druhá nenosná 50 mm, která tvoří

ochranu vrstvu pro hydroizolaci (ELASTODEK 40 SPECIAL MINERAL 4 mm) Podkladní vrstva pod betonovou základovou deskou tvoří hutněný štěrk frakce 16/32 mm.

Konstrukci podlahy tvoří dřevěná plovoucí podlaha (Dub Superrustic – Click 15 mm), druhou vrstvou je kročejová izolace (Mirellon 5 mm), třetí vrstvou je vyrovnávací stěrka (stěrka baumit klima 5 mm), čtvrtá je betonová vrstva (C20/25 45 mm), poslední vrstvou nad betonovou základovou deskou je extrudovaný polystyren (synthos XPS30 180 mm)

Nosnou konstrukcí stropu je trámový strop o rozměrech 200x80 z hoblovaných délkově napojovaných hranolů KVH po osové vzdálenosti max 1,1m. Mezi trámkou zvuková izolace Rockwool Superrock 140 mm a vzduchovou mezerou 60 mm. Ze spodní pohledové strany je oplášťena protipožárním sádkokartonem, přetmeleno, zabroušeno a natřeno finální bílou barvou. Z horní strany je připevněna pochozí konstrukční deska OSB (broušená EGGER OSB 3 P+D 2500 x 675 mm 25 mm). Deska OSB zajišťuje prostorovou stabilitu a zabraňuje klopení stropních nosníků, deska je kotvena pomocí konvexních hřebíků (3,1x80 konvex hřebíky na drátku TOP)

Nosný pohledový vazníkový rám je tvořen z masivních profilů vrstveného lamelového dřeva BSH. Spoje jsou řešeny skrze vkládané ocelové plechy. Do spojů jsou vloženy dva ocelové plechy o tloušťce 8mm. Pro spojení dřevo-ocel budou použity SFS samozávrtné kolíky o délce 157 mm (kolík WS-T-7x153). Aby byla zajištěna větší estetičnost a odolnost spoje proti ohni, budou hlavy těchto kolíků opatřeny dřevěnými zátkami.

Konstrukce krovu mimo místnosti restaurace a klubu tvoří vaznicová soustava. Spodní „pozednice“ pozednice je o rozměrech 200x240 mm z vrstveného lamelového dřeva BSH. Horní pozednice je ze stejného materiálu, o rozměrech 200x600 mm. Nosné krokve z konstrukčních hranolů KVH.

Střešní část se skládá z následujících po sobě jdoucích vrstev: Hydroizolační skládaná krytina TONDACH (- Brněnka 14 - Engoba cihlová 40 mm), nosná konstrukce krytiny DEKWOOD (lať 60x40 mm 40 mm), kontralaťe (DEKWOOD 60x40 mm- 40 mm), doplňková hydroizolační vrstva (DEKTEN MULTI-PRO II 1 mm), bednění smrkovými prkny na sraz (25 mm), konstrukce krovu krokve 80x140 mm + tepelná izolace rockwool (140 mm), konstrukce krovu - vlašské krokve 100x160 mm + tepelná izolace rockwool (160 mm), asfaltový pás parotěsnicí samolepicí BITAGIT 40 (4 mm), podkladní palubka pohledová smrková (SM A/B klasik 30 mm)

Terasa je vytvořena dřevěným rámem z imregnovaných hranolů (proti pronikání vlhkosti), kotvených k zemním vrutům. Podklad pod terasou bude zasypán vrstvou štěrku s vloženou geotextilií, která bude zabraňovat prorůstání rostlin. Pochozí vrstvu tvoří smrkové thermo prkna (26x140 mm).

4.6 Technický postup pro provedení stavby

Zaměření stavby:

Hrubé geodetické vytyčení objektu bude provedeno před stržením ornice, následně bude provedeno přesné zaměření pro rovnání pozemku pod stavbou a pro výkopové práce.

Zemní práce:

Stržení ornice bude provedeno do hloubky 20cm a šířky 3 m od hran půdorysu. Následovat bude rovnání pozemku. Vytěžený materiál bude použit na pozemku na zemní úpravy.

-Vyhroubení základových rýh do hloubky 1200 mm, vykopání elektrické přípojky, vykopání kanalizační a vodovodní přípojky, napojení těchto přípojek.

-Montáž bednění pro základové pasy, kanalizační a vodovodní přípojky

- Betonáž základových pasů a desky včetně hydro izolace

Práce na hrubé stavbě

Pro realizaci hrubé stavby bude nezbytný jeřáb, který se využije pro několik klíčových úkonů. Především bude sloužit k montáži sloupů těžkého dřevěného skeletu, montáž vazníkového rámu, umístění prefabrikovaných stěnových panelů obvodových a vnitřních stěn, bude potřeba i při montáži prvků krovu.

- Kotvení patek pro sloupy těžkého dřevěného skeletu a nosné sloupy vazníkového rámu

- Montáž sloupků pro rám masivního pohledového vazníku

- Montáž prefabrikovaných panelů bude provedeno pomocí jeřábu, vnitřních stěn, kotvení těchto stěn bude přes ocelové úhelníky do základové desky, obvodové stěny budou sešroubováním spojeny, spojeny budou i navzájem se sloupy těžkého dřevěného skeletu

-Dřevěné prvky jsou opracované na CNC stroji, jejich spoje jsou proto přesné a na stavbě je není třeba vyřezávat.

- Montáž pozednice na sloupy těžkého skeletu bude provedena pomocí jeřábu, sloupy budou mít čepy a pozednice dlaby, které do sebe zapadnou.

- Montáž stropních trámů, bude také pomocí jeřábu, konce stropních nosníků jsou opatřeny rybinovým čepem a pozednice dlabem, zaklapnou tak do sebe, budou sešroubovány dvojicí vrtů dle statického výpočtu, zaklopení stropu je provedeno OSB dekou.

- Montáž vrcholová vaznice je provedena také pomocí jeřábu, podobně jako je to u pozednice.

- Vyzdění komínu bude provedeno před zaklopením krovu pohledovými fošnami.

-Montáž nosných krokví mimo část restaurace a klubu, zaklopení celé střechy pohledovými hoblovanými smrkovými prkny s vyfrézovanou perodrážkou, montáž parotěsné vrstvy,

-Montáž vlašských krokví včetně tepelné izolace Rockwool Superrock krokve šroubovány vrtuty SFS.

-Montáž horních krokví + izolace byla provedena pomocí jeřábu a plnění izolací bylo ručně.

- latování bylo provedeno v rastru 310 mm, jak uvádí výrobce v technickém listu
- Tašky byly použité TONDACH - Brněnka 14 - Engoba cihlová
- Klempířské prvky zahrnují okapní svody, žlaby a oplechování komína
- Omítání bylo provedeno tenkovrstvou omítkou značky Baunit
- Zapojení elektriky, kanalizace a vody
- Vylití podlah těžké plovoucí podlahy a následně vyrovnávací stěrky
- Montáž vnitřní předstěny

Dokončovací práce:

- Nátěr stěn, obklady, dokončovací práce
- Pokládka podlahové krytiny, osazení kuchyně, koupelen,
- Montáž konstrukce terasy, následné opláštění prkny

4.7 Tepelná optimalizace skladeb v programu Teplo a jejich posouzení

V programu Teplo byli posouzeny a optimalizovány hlavní skladby obvodového pláště. Posouzení se týkalo skladbou obvodové stěny, skladby střešního pláště a skladbou podlahy. Skladby byly optimalizovány tak, aby v konstrukci nevznikalo fatální hromadění vlhkosti, nahromaděná vlhkost nepřekročila kritickou hodnotu 80 % vlhkosti v nosných dřevěných konstrukcích. Také musí správně navržená skladba splňovat kritérium odpaření většího množství vodních par, než se za kalendářní rok stihlo v konstrukci nahromadit. Z tohoto důvodu u konstrukce podlahy a krovu museli být změněny materiály hydroizolace. Program teplo nepočítá pouze hromadění vlhkosti, jejím hlavním účelem je posouzení z hlediska tepelně technických vlastností. Skladby byly optimalizovány tak aby měli podobnou hodnotu U okolo 0,16 W/m²K.

4.8 Posouzení vybraných detailů v programu Area z hlediska tepelné techniky

Z hlediska tepelné techniky bylo posuzovány tyto vybrané detaily.

Soklový detail.

Detail napojení stěny s krovem v oblasti „pozednice“.

Půdorysný detail rohového napojení obvodových stěn

Půdorysný detail spojení sloupku obvodové stěny s těžkým skeletem

4.9 Posouzení Akustiky

Posouzení akustických vlastností bylo prováděno na vnitřní dělicí stěně. Celková tloušťka stěny je 150mm. Stěna byla záměrně zvolena v subtilním rozměru, aby bylo zachováno co nejvíce podlahové plochy a zároveň byli dodrženy akustické požadavky. Posuzovaná vnitřní stěna vyhověla akustickým parametrům

4.10 Statické posouzení stropního dílce

Vybraný posuzovaný prvek byl vybrán stropní dílec. Tento dílec byl vybrán z důvodu určení zatížení, které na něj působí bez potřeby posuzovat celkovou statiku komunitního centra. Tím bylo docíleno přesného výsledku. Byl zvolen dílec s největším rozponem. Tento dílec bude nejvíce namáhán na ohyb.

4.11 Posouzení spojovacích prostředků

Posouzení spojovacích prostředků bylo posouzení pomocí SFS softwaru, který je volně přístupný pro veřejnost. Byli posouzeny tři spoje. První spojení bylo vybráno napojení stropního nosníku s vaznicí. Druhým posuzovaným místem bylo napojení sloupku těžkého skeletu s vaznicí. Třetím místem bylo spojení vrcholové vaznice a sloupku krovu, který prochází celou stavbou až na základovou desku. Jelikož nebylo účelem diplomové práce zpracovat celkovou statiku, zadané hodnoty do výpočtu nemusejí být přesné.

4.12 Rozpočet stavby

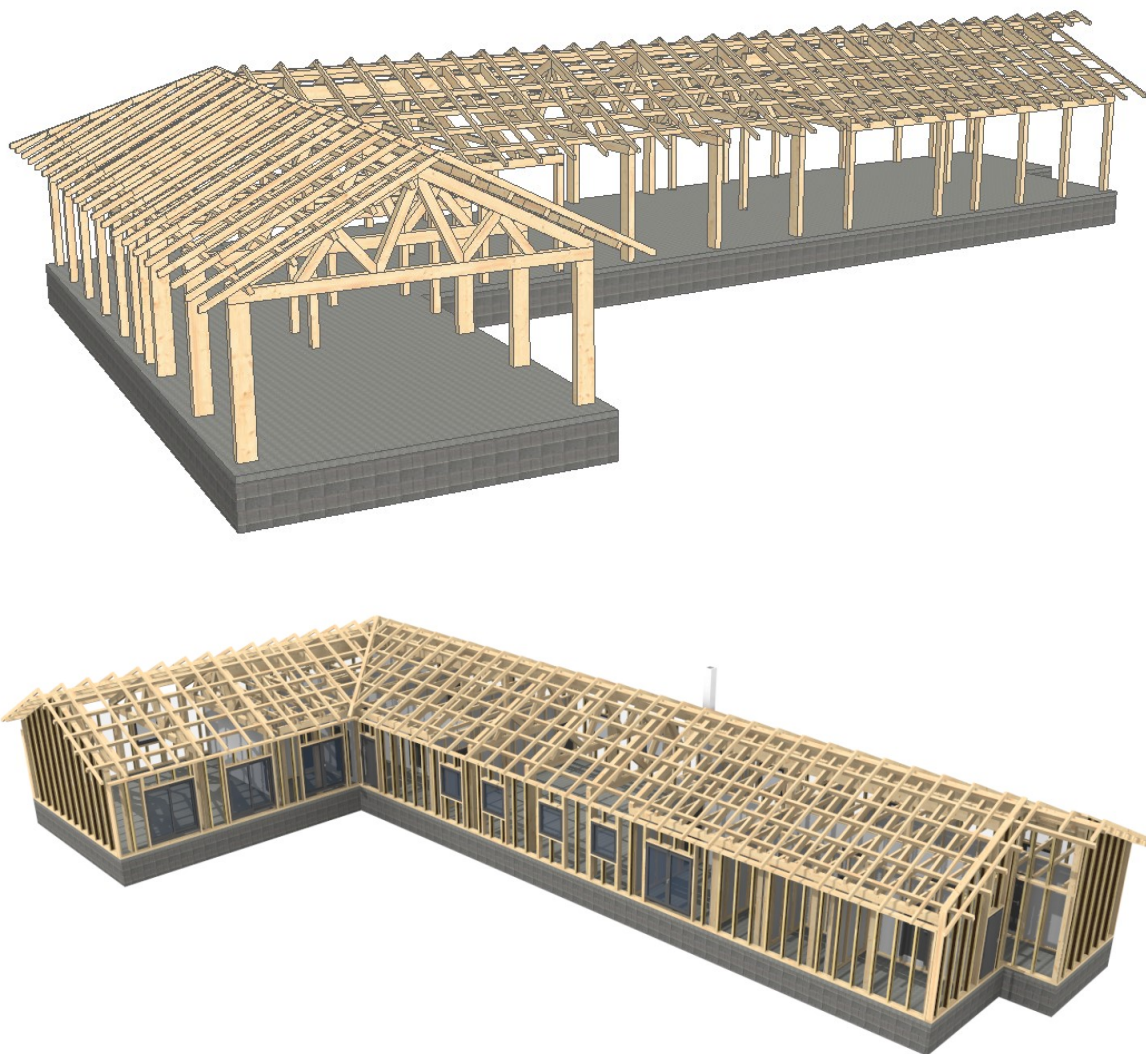
Rozpočet stavby byl vytvářen ve dvou programech. První byl program Kubix, který funguje na spíše na hrubý odhad stavby, zadáním ploch místností, zvolením stavebního systému, počtem pater a další. Tento odhad je hrubý a můžeme ho ještě následně upravovat podle svých zkušeností jednoduchým posunutím ceny směrem k dražší nebo levnější. Tento „odhad“ není však daleko od skutečnosti.

Druhý přesnější rozpočet byl prováděn v softwaru Kros, který už pracuje na základě průměrných cen materiálů a prací. Můžeme tak zpracovat velice přesný rozpočet. Zadáváme do programu veškerý materiál, který použijeme a veškeré prováděné práce. Čím přesnější chceme udělat rozpočet, tím delší to zabere čas. Ze zkušenosti vím, že to zabere opravdu hodně času, můžeme do rozpočtu započítat cokoliv, co použijeme na stavbě.

4.13 Vymodelování komunitního centra v programu Sema

Sema je konstrukční program používaný pro prováděcí dokumentace, můžeme v něm namodelovat veškeré detaily stavby, je to program, který má 3D prostředí, proto je dobré jej použít, jelikož v normálních 2D programech nemusíme vidět veškeré náležitosti, které

vznikají při „kolizi“ a napojení prvků. Zvláště dobré je to u krovů, u nichž je někdy velmi složité představit si, jak na sebe budou navazovat jednotlivé prvky. Ve 3D zobrazení si ihned můžeme prohlédnout vymodelovanou konstrukci (viz obrázek č 2,3). Sema je velmi dobrý nástroj pro tvorbu výrobní dokumentace, nechá se v něm vytvořit téměř každá konstrukce, tvůrci tohoto programu vydávají aktualizace, které přináší další nové funkce. Konstrukci stavby lze bez dalších úprav exportovat na CNC zařízení (např. značek: hundegger, weinmann a další)



Obrázek 2,3 – pořízený z programu SEMA Learn 23.3 CZ

Z těchto důvodů byl zvolen tento program pro tvorbu modelu pro export. Komunitní centrum bylo vymodelováno celé, aby se vyjasnily návaznosti jednotlivých konstrukcí stěn, střechy, základové desky, příček a stropů. Stěžejním místem bylo napojení pohledových vazníkových rámu s klasickým krovem, bylo docíleno použitím vlašských krokví, které překlenou vzdálenost mezi pohledovými vazníky, spojí a prováže dva rozdílné druhy krovů.

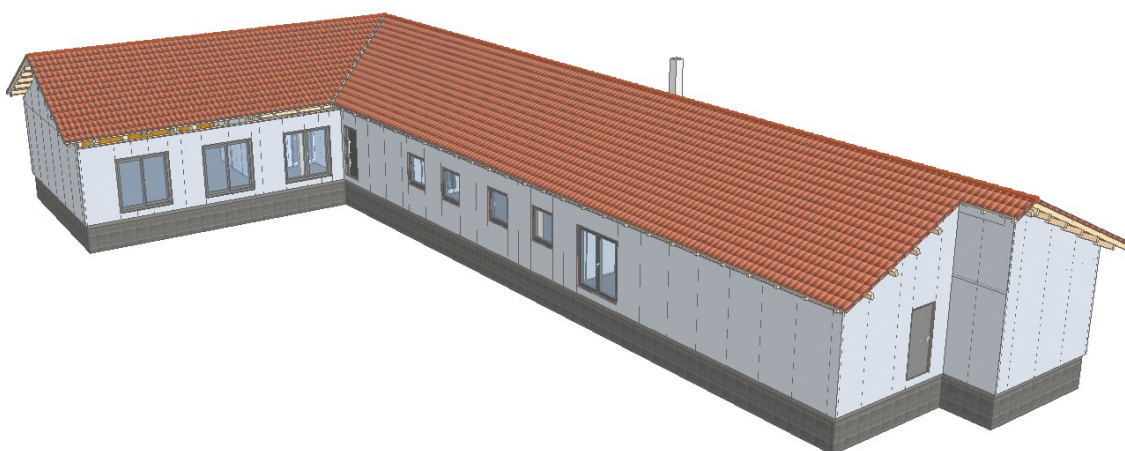
Pro rychlejší vypracování modelu doporučuji podložit půdorys nakreslený ve 2D programu. Můžeme tak jednoduše vzít funkci stěny, kterou si nejdříve nadefinujeme základními údaji, jako jsou: výška, šířka, počet vrstev, materiál a pořadí vrstev, přesahy vrstev, druh a dimenze sloupků. Následně „obtahujeme“ podložený půdorys. U stěn je potřebné také vytvořit rohová makra, následně je jimi osadit.

Krov vytváříme přes editor „profil/vykýř“, kde si vytvoříme profil střechy. Potřebné údaje jsou sklon, šířka objektu, výška pozednice a přesah u pozednice (může být zadáno různými způsoby, kdy si další informace program dopočítá). Později zadáváme dimenzi a pozici prvků krovu. Následně vymodelujeme střešní plášť přes funkci střecha. Následně přes automatizaci prvků tlačítkem F9 vložíme prvky krovu. Vložené prvky lze ručně upravovat, posouvat, mazat, vkládat další až do podoby, kterou potřebujeme.

Stropní konstrukce byla vytvořena přes funkci „strop“ a následně byli vloženy stropní prvky.

Pohledový příhradový vazník byl vytvořen přes konstrukční rovinu podložením 2D podkladu podobně jako u půdorysu.

Základová deska a základové pasy se nechají vytvořit pomocí funkcí stěna a strop. Vytvořený model komunitního centra (viz obrázek č. 4).



Obrázek 4 – pořízený z programu SEMA Learn 23.3 CZ

4.14 Blower door test

Blower door test je metoda používaná k měření vzduchotěsnosti obálky budovy. Pomocí tohoto testu lze zjistit, kolik vzduchu uniká skrze netěsnosti ve stěnách, oknech a dalších částech budovy, což má vliv na energetickou náročnost domu.

Při testu se v budově vytváří přetlak nebo podtlak pomocí velkého ventilátoru umístěného ve dveřích nebo okně. Tento tlak se udržuje na úrovni 50 Pa (Pascalů), což přibližně odpovídá tlaku vyvíjenému větrem o rychlosti 10 m/s². Cílem je zjistit množství

vzduchu, které je potřeba dodat do budovy, aby se udržel tento tlakový rozdíl, a tím odhalit místa, kde dochází k únikům vzduchu. (HUDEC, 2008)

Stavba bude měřena na vzduchotěsnost obálky, tlakovou a tahovou zkouškou před zaklopením předstěnami, aby bylo možné opravit případné úniky a byla tak zajištěna kvalita obálky.

5. Výsledky práce

5.1 Dimenzace stropního dílce

Dimenzace vybraného dílce bylo posouzeno v programu FIN 2D v jeho pod aplikaci DŘEVO, která se zabývá dimenzování dřevěných prvků. Pro posouzení byl vybrán stropní nosník o délce 8050 mm. Podepřen je na třech místech, na krajích do „pozednice“ a uprostřed do středové stěny. Vzdálenosti podpor od středové stěny na jednu stranu 3680 mm a na druhou 4370 mm. Nosník je tudíž posuzován jako spojitý. Při statickém návrhu bylo použito zatížení vlastní hmotností dřeva $0,067 \text{ [kN/m}^2\text{]}$, zatížení podhledem, OSB deskou a zvukovou izolací ($0,47 \text{ kN/m}^2$) a proměné střednědobé zatížení, které simuluje případné skladování v oblasti půdního prostoru a montážní zatížení ($1,5 \text{ kN/m}^2$). Původní odhad na stropní dílec byl rozměr $80 \times 160 \text{ mm}$ z rostlého smrkového dřeva. Tento prvek však nevyhověl. Z tohoto důvodu byla dimenze zvětšena na $80 \times 200 \text{ mm}$ a tento prvek už vyhověl pevností i na průhybem. Využití nosníku je na 78,2%.

5.2 Výsledky výpočtu tepelné techniky v programu Teplo

Podrobné výpočty se nachází v příloze diplomové práce.

Výsledné hodnoty stěny, patrné z výpočtu:

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.974 $\text{m}^2\text{K/W}$

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.163 $\text{W/ m}^2\text{K}$

Fázový posun teplotního kmitu Psi^* podle EN ISO 13786 : 8.2 h

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

V části konstrukce, kde se nachází nosné dřevěné prvky nedochází k dlouhodobému trvání rekativní vlhkosti přes 70%.

Výsledné hodnoty podlahové konstrukce, patrné z výpočtu

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.333 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.182 W/ m²K

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 17.4 h

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: 0.0005 kg/(m².rok)

Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a: 0.0779 kg/(m².rok)

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

(množství vypařených vodních par je větší než zkondenzované páry, tudíž nebude docházet k hromadění kondenzátu)

Výsledné hodnoty střešního pláště, patrné z výpočtu

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.141 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.159 W/ m²K

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 9.6 h

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

V části konstrukce, kde se nachází nosné dřevěné prvky nedochází k dlouhodobému trvání rekativní vlhkosti přes 80%.

5.3 Výsledky posouzení detailů v programu Area

Podrobné výsledky jsou obsaženy v příloze diplomové práce. Z posouzení čtyř vybraných detailů vyplývá, že nedochází ke kondenzacím a hromaděním vlhkosti. Nedochází k promrzání stavby, izotermy jsou rovnoměrně rozloženy, tepelné mosty jsou minimalizovány vhodným zvolením skladby a tloušťky konstrukčních a izolačních materiálů.

5.4 Použité skladby konstrukcí stavby

Skladba obvodové nenosné stěny směrem z interiéru do exteriéru

-Sádkartón protipožární 12.5 mm

-Laťování předstěny vodorovné 60x40 mm s tepelnou izolací

Rockwool Superrock 60 mm

-Konstrukční deska OSB 3 broušená EGGER P+D 15 mm

-Steico I nosník Sj 60x200 s izolací Rockwool Superrock 200 mm

-Dřevovláknité desky STEICO Universal 4PD tl. 60 mm

-Omítka Baumit openTop Difuzně otevřená tenkovrstvá omítka 2.5 mm

U = 0,163 W/ m²K ; Rt = 5,974 m²K/W Celkem 350 mm

Skladba vnitřní stěny

-Sádrovláknitá deska Fermacell 15 mm
-Dělicí stěna z trámů KVH 60x120 v rastru 625 + zvuková izolace
Rockwool Superrock 80 mm a vzduchovou mezerou 40 mm 120 mm
-Sádrovláknitá deska Fermacell 15 mm
Celkem 150 mm

Skladba podlahové konstrukce

-Dřevěná podlaha plovoucí - Dub Superrustic – Click 15 mm
-Kročejová izolace Mirellon 5 mm
-Vyrovnávací stěrka Baunit Klima 5 mm
-Betonová vrstva C20/25 45 mm
-Extrudovaný polystyren Synthos XPS30 180 mm
-Základová deska beton C20/25 s kari sítí 150x150 mm 150 mm
-Hydroizolace Elastodek 40 Special Mineral 4 mm
-Podkladní beton C20/25 50 mm
-Hutněný štěr 16/32 mm 150 mm
U = 0,182 W/ m²K ; Rt = 5,333 m²K/W Celkem 554 mm

Skladba stropní konstrukce včetně podhledu:

-Pochozí konstrukční deska broušená EGGER OSB 3 P+D 2500 x 675 mm 25 mm
-Nosné trámy stropu s akustickou izolací Rockwool
Superrock 140 mm a vzduchovou mezerou 60 mm 200 mm
-Sádrovláknitá deska Fermacell protipožární 15 mm
Celkem 180 mm

Skladba střešního pláště:

-Hydroizolační skládaná krytina TONDACH - Brněnka 14 - Engoba cihlová 40 mm
-Nosná konstrukce krytiny DEKWOOD lať 60x40 mm 40 mm
-Distanční pro větrání DEKWOOD kontralať 60x40 mm 40 mm
-Doplňková hydroizolační vrstva DEKTEN MULTI-PRO II 1 mm
-Bednění smrková prkna na sraz 25 mm
-Konstrukce krovu krokve 80x140 mm + tepelná izolace rockwool 140 mm
-Konstrukce krovu - vlašské krokve 100x160 mm + tepelná izolace rockwool 160 mm
-Asfaltový pás parotěsnicí samolepicí BITAGIT 40 4 mm
-Podkladní palubka pohledová SM A/B klasik 30 mm

-Nosné hoblované pohledové krokve		200 mm
U = 0,159 W/ m ² K ; Rt = 6,141 m ² K/W	Celkem	680 mm

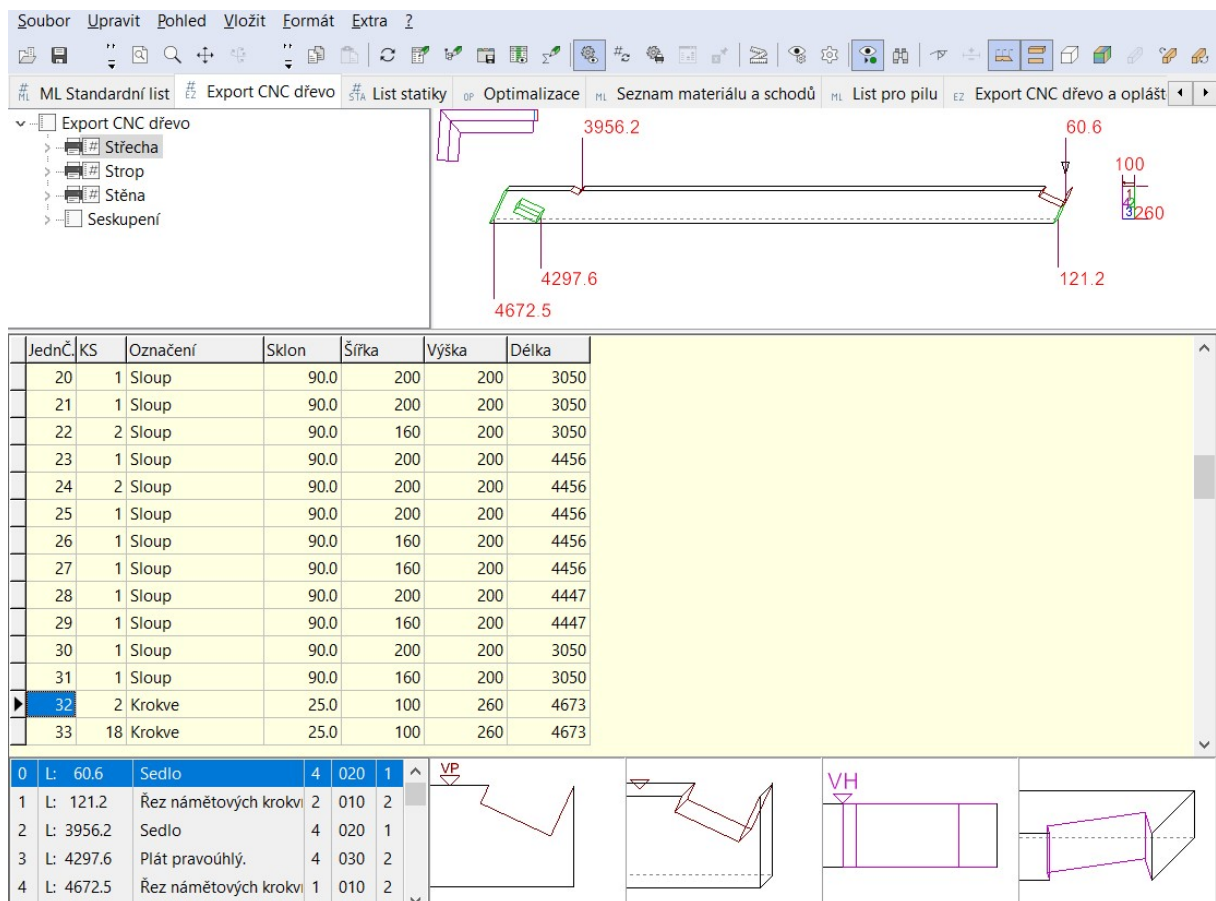
5.5 CNC výstupy

CNC což je zkratka pro Computer Numerical Control (počítačové číselné řízení) označuje stroj, který je ovládán počítačem. Program uložený v počítači, který je spojen se strojem, instruuje stroj, jaké operace má vykonat. Tyto instrukce jsou vyjádřeny sérií čísel a písmen a určují pořadí, ve kterém se mají operace provádět, což je zapsáno v NC (Numerical Control) kódu. Program může být napsán člověkem nebo častěji generován grafickým softwarem pro počítačově podporovaný design (CAD) nebo počítačově podporovanou výrobu (CAM)

Pro CNC výstupy jsem zvolil postup narýsování komunitního centra v programu Sema, který umožňuje export na různá CNC zařízení. Vymodelováním celého objektu získáme veškeré dřevěné prvky, které je následně po zkontrolování exportovat do seznamu dílců. Pro export do seznamu dílců použijte tlačítko F11. Po stisknutí tohoto tlačítka software Sema přidělí jednotlivým dřevěným prvkům vlastní čísla. Dále spočítá délku, výšku, šířku a určí, kde budou provedeny různé obrábění, vrtání a označení popisem. Například pozice krokve na vaznici může být přesně označena popisem. Výsledná čísla se později převedou do výkresu, který se následně vytiskne jako skladební výkres. Je důležité dbát na úpravy a odstraňování dílců, protože to může změnit pořadí dílců. Pokud máme již vytisknutý výkres s čísly, musíme ho vytisknout znovu, aby nedošlo k záměně za jiné krovové prvky. Po každé úpravě je také nutné přepočítat daný výkres, aby se změny projevily při exportu na CNC stroj. Doporučuji vše pečlivě zkontrolovat, exportovat a vytisknout až poté, co je vše schváleno investorem. Seznam dílců obsahuje všechna potřebná data.

Následně ze seznamu dílců můžeme jednotlivé prvky exportovat na CNC zařízení (např. do formátu BVN), provádíme jej přes seznam dílců, pro snadnou orientaci po jednotlivých patrech, stropěch, krovu. Když je menší stavba můžeme exportovat vše najednou. U každého prvku stěny jsme vložili informaci, do jakého panelu patří, abychom snadno mohli na CNC vyrobit pouze prvky pro jednu stěnu.

Pro ukázkou byla připraven pro export krov (viz obrázek 5), který se přes tlačítko „soubor“, „export na tesařské CNC“, a zde si vybereme, pro jaké CNC budeme chtít prvky exportovat. Výsledný formát souboru je BVN, který jde otevřít v programu EKP přímo u CNC.



Obrázek 5 – Výstřížek pořízený z programu SEMA Learn 23.3 CZ

5.6 Výkresová dokumentace obsažená v práci

Výkresová dokumentace byla provedena ve studentské verzi programu CADKON + 2024. Program funguje na principech programu Autocad, výkresy ukládá ve formátu DWG nebo DXF. Ve výkresy byly použity tloušťky čar podle normových zvyklostí.

6. Závěr

Na začátku mé diplomové práce jsem představil čtenářům různé možnosti konstrukce dřevěných budov. Dále jsem v úvodu rozebral téma tepelné izolace. Pro komunitní centrum byl zvolen těžký dřevěný skelet.

Vytvořil jsem projektovou dokumentaci pro realizaci stavby pomocí programu CADKON a navrhl jsem model v programu Sema, který jsem následně připravil k exportu pro CNC stroje. Při práci jsem využil znalosti získané během studia a odborných stáží. Tvorba této práce mi také poskytla hodnotné informace, které budou prospěšné pro mou budoucí profesní dráhu. Domnívám se, že kombinace softwaru SEMA a CNC strojů je v současnosti vynikajícím nástrojem pro konstrukci dřevěných budov. S programem Sema lze navrhnout prakticky cokoli. Disponujeme nástrojem, který nám umožňuje vytvářet fascinující konstrukce, jež můžeme přímo exportovat do obráběcích center a vyrobit. I přes mnohé výhody CNC technologií to neznamena, že bychom již nepotřebovali zručné tesaře, kteří jsou schopni vytvořit podobné konstrukce bez CNC. Podle mého názoru mohou být CNC stroje občas „příliš přesné“ a chybí jim lidský úsudek. Proto je někdy vhodnější upřednostnit tradiční metody stavby krovů a dalších konstrukcí. Dřevo, podobně jako lidé, není bez chyb, má své specifika a každý kus je unikátní, což je právě to, co na něm oceňujeme.

6.1 Seznam literatury a použitých zdrojů

Tištěné zdroje

BERGE, Bjørn. *The ecology of building materials*. 2nd ed. Oxford: Architectural Press, 2009. ISBN 978-1-85617-537-1.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. *Centennial Edition: Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. Createspace Independent Publishing Platform, 2013. ISBN 1484859707.

HUDEC, Mojmír, Blanka JOHANISOVÁ a Tomáš MANSBART. *Pasivní domy z přírodních materiálů*. Vyd. 2., aktualiz. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4243-4.

HUDEC, Mojmír. *Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět*. Praha: Grada, 2008. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2555-0.

HUGUES, Theodor, Ludwig STEIGER a Johann WEBER. *Timber construction: details, products, case studies*. Munich: Edition Detail, c2004. ISBN 37-643-7032-7.

CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.

JOSTEN, Elmar, Thomas REICHE a Bernd WITTCHEN. *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada, 2010. Průvodce truhláře. ISBN 978-80-247-2961-9.

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

KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II: stavební tepelná technika*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-010-3408-9.

NYČ, Miroslav. *Sádrokarton*. Praha: Grada, 2005. ISBN 978-802-4709-864.

PAVLAS, Marek. *Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: technologie CLT*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-0055-2.

PEŠTA, Jan. *Rekonstrukce roubených staveb*. 2., upravené a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-271-0525-0.

REINPRECHT, Ladislav. *Ochrana dřeva: vysokoškolská učebnica*. Zvolen: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.

RŮŽIČKA, Martin. *Moderní dřevostavba*. 3. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.

RŮŽIČKA, Martin. *Stavíme dům ze dřeva*. 3. vyd. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1461-2.

STEIGER, Ludwig. *Basics Timber Construction*. De Gruyter, 2020. ISBN 9783035621273.

ŠTEFKO, Jozef a Ladislav REINPRECHT. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-88905-95-8.

ŠTULPA, Miloslav. *CNC: programování obráběcích strojů*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5269-3

ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace domů a bytů*. 2. rozš. vyd. Praha: Grada, 1999. Profi & hobby. ISBN 80-7169-851-2

THELANDERSSON, Sven a Hans J. LARSEN. *Timber engineering*. 2003. ISBN: 978-0-470-84469-4.

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

TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-1101-x.

VAŘEKA, Josef a Václav FROLEC. *Lidová architektura: encyklopedie*. 2., přeprac. vyd., V nakl. Grada 1. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1204-8.

VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.

Online zdroje

APA, Engineered Wood Construction Guide [online]. [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://osb.westfraser.com/wp-content/uploads/2020/01/E30X.pdf>

Rothoblaas, katalog výrobků firmy Rothoblaas [online]. [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.rothoblaas.com/catalogues-rothoblaas>

SFS, Katalog výrobků firmy SFS [online]. [cit.-2024-04-04]. Dostupné z: <https://cz.sfs.com/ke-stazeni-drevene-konstrukce>

SOUKUP, Ondřej. 6 důvodů pro KVH hranoly [online]. [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/6-duvodu-pro-kvh-hranoly>

6.2 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Studie komunitního centra Bukovina [online]. [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.obecbukovina.cz/obec-7/projekty-a-studie/studie-komunitni-centrum-bukovina/>

Obrázek 2,3,4 – pořízený z programu SEMA Learn 23.3 CZ

Obrázek 5 – Výstřižek pořízený z programu SEMA Learn 23.3 CZ

6.3 Seznam příloh

V přílohách jsou obsažena projektová dokumentace:

D.1.1.a Technická zpráva

D.1.1.b.1 Půdorys 1NP

D.1.1.b.2 Svislý řez A-A

D.1.1.b.3 Svislý řez B-B

D.1.1.b.4 Svislý řez C-C

D.1.1.b.5 Pohledy- Severní, jižní, východní, západní

D.1.1.b.6 Půdorys základů (vč. zkrácených svislých řezů)

D.1.1.b.7 Půdorys střechy

D.1.1.b.8 Půdorys stropu

D.1.1.b.9 Půdorys krovu

D.1.1.c Dokumenty podrobností: skladby konstrukcí

D.1.1.c Dokumenty podrobností: konstrukční detaily

V přílohách se nachází posudky:

Výpočty tepelné techniky v programu Teplo

Výpočet podlahové konstrukce

Výpočet obvodové stěny

Výpočet střešního pláště

Posouzení detailů v programu Area

Posouzení rohového detailu

Posouzení soklového detailu

Posouzení spojení mezi stěnou a sloupkem

Posouzení detailu v oblasti spojení střechy a obvodové stěny

Posudek akustických vlastností v softwaru DEKSOFT Akustika

Statické posouzení vybraného prvku – Nejvíce namáhaný stropní dílec

Posouzení tří spojů v programu SFS

Posouzení spoje sloupku 200x200 mm a pozednice 200x240 mm67

Posouzení spoje stropu s pozednicí

Posouzení spoje vrcholové vaznice a sloupku krovu

Rozpočet stavby

Výsledek rozpočtu stavby v softwaru Kubix

Výsledek rozpočtu stavby ze softwaru Kros