

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Návrh realizace obytné dřevostavby realizované prefabrikací pro
trvalé užití**

Diplomová práce

Autor: Bc. Dominik Šanda

Vedoucí práce: Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Dominik Šanda

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

Návrh realizace obytné dřevostavby realizované prefabrikací pro trvalé užití

Název anglicky

Proposal for the realization of a residential wooden building by prefabrication for permanent housing

Cíle práce

Cílem první části diplomového projektu je vypracování literárního rozboru oblasti provedení prefabrikované dřevostavby lehkého skeletu pro trvalé užití z hlediska technologie výroby. Cílem druhé části je vypracování vybrané části projektu ve stupni realizační dokumentace stavby pro trvalé užití dle stávajícího projektu či architektonické studie. Dalším cílem je zpracování výkresové dokumentace jako výstup pro výrobu vybrané části dřevostavby včetně řešení vybraných konstrukčních detailů, řešených z hlediska technologie výroby. Součástí práce bude vypracování statického posudku konkrétního zvoleného konstrukčního prvku, třech detailů konstrukčních spojů, základní posouzení vybrané části objektu z hlediska stavební fyziky a rozpočtu pro realizaci.

Metodika

V první části závěrečného diplomového projektu bude zpracování literárního rozboru oblasti technologie výroby pro prefabrikaci objektů pro trvalé užití. Bude vybrán projekt anebo architektonická studie návrhu a konstrukce objektu pro trvalé užití. Bude vypracován projekt ve stupni realizační dokumentace stavby, jejíž součástí bude technická zpráva, výkresová dokumentace jako výstup pro výrobu vybrané části dřevostavby včetně funkčního řešení minimálně pěti vybraných konstrukčních detailů, řešených z hlediska technologie výroby, dokumentace vybraného konstrukčního prvku pro CNC a statický posudek konkrétního zvoleného konstrukčního prvku. Součástí práce pak bude základní posouzení vybrané části objektu z hlediska stavební fyziky a rozpočtu pro realizaci.

Červenec – srpen 2023:

- Literární rozbor problematiky výroby objektu.

Září – říjen 2023:

- Realizační dokumentace vybrané části dřevostavby na základě vzorového projektu či architektonické studie.

Říjen – prosinec 2023:

- Souhrnná technická zpráva.

Říjen 2023 – březen 2024:

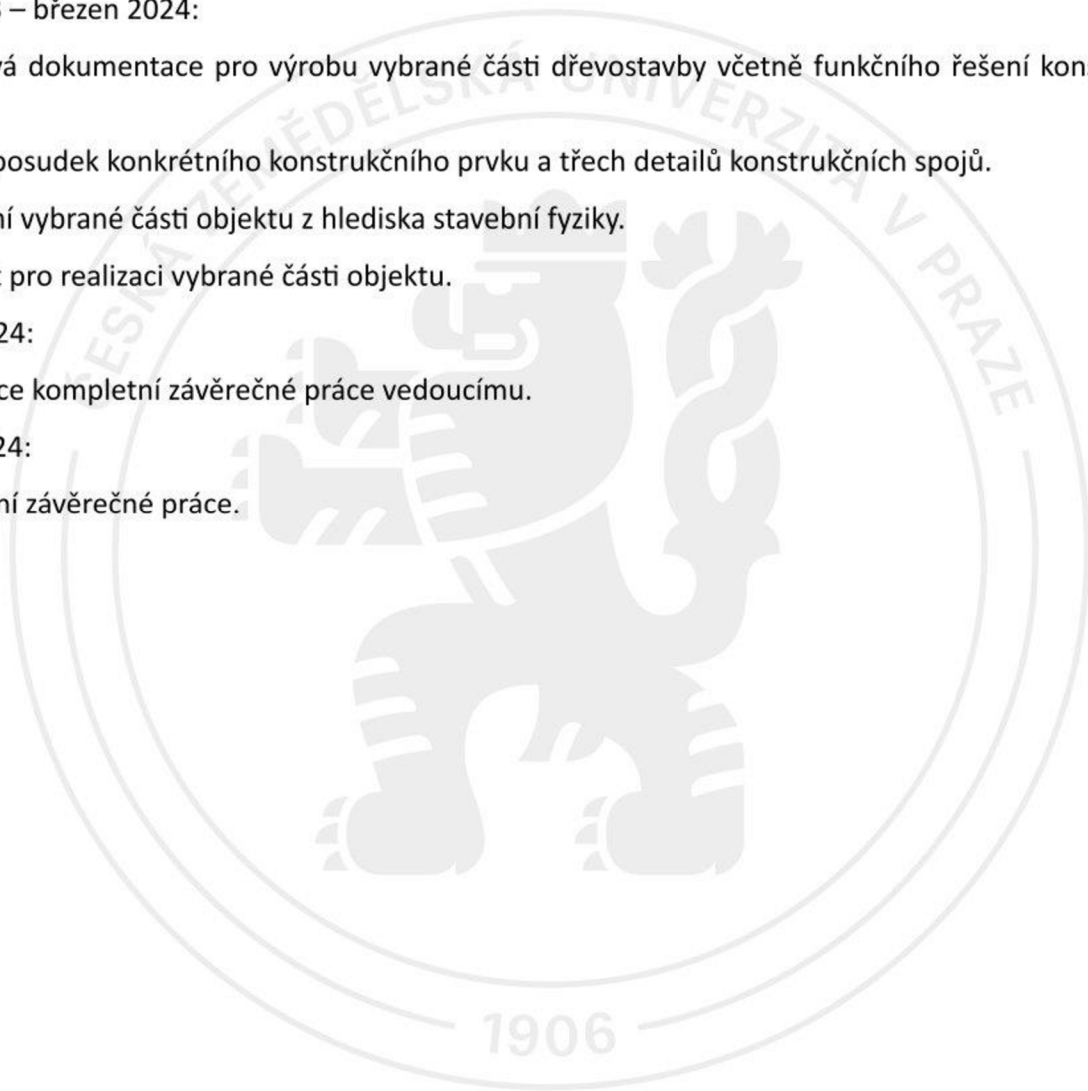
- Výkresová dokumentace pro výrobu vybrané části dřevostavby včetně funkčního řešení konstrukčních detailů.
- Statický posudek konkrétního konstrukčního prvku a třech detailů konstrukčních spojů.
- Posouzení vybrané části objektu z hlediska stavební fyziky.
- Rozpočet pro realizaci vybrané části objektu.

Březen 2024:

- Prezentace kompletní závěrečné práce vedoucímu.

Duben 2024:

- Odevzdání závěrečné práce.



Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

Dřevostavba; konstrukce na bázi dřeva; lehký skelet; prefabrikace

Doporučené zdroje informací

- Borgström, E. Design of timber structures: Structural aspects of timber construction. SE 102 04
Stockholm: Swedish Forest Industries Federation, 2016. ISBN 978-91-980304-8-8
- Faherty, F.K. (1998). Wood Engineering and Construction Handbook. New York: McGraw Hill. ISBN-13:
978-0070220706
- Jodidido, P. 100 Contemporary Wood Buildings. Kolín nad Rýnem: Taschen, 2019. ISBN 3836561565
- Kolb, J. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. aktualizované vydání v České republice. Přeložil Bohumil Koželouh. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024740713
- Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8086769720
- Neufert, E., Neufert, P. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítka a cíle. 2. české vyd., (35. německé vyd.). Praha: Consultinvest, 2000. ISBN 8090148662
- Newman, M. Design and Construction of Wood Framed Buildings, New York: McGraw-Hill Education, 1994. ISBN 978-0070463639
- Opderbecke, A. Das Holzbau-Buch: Für den Schulgebrauch und die Baupraxis. Wallingford: Chiron Media 2013. ISBN: 9783878707196
- Sobon, J.A., Schroeder, R. (1984). Timber Frame Construction: All About Post-and-Beam. New York: Storey Book. ISBN 9780882663661
- Steiger, L. (2017). Basics Timber Construction. Birkhäuser. Basilej: ISBN-13: 978-3764381028
-

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Přemysl Šedivka, 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, PhD.

Děkan

V Praze dne 29. 01. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh realizace obytné dřevostavby realizované prefabrikací pro trvalé užití, vypracoval samostatně pod vedením Ing. Přemysla Šedivky, Ph.D. 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, že odevzdáním diplomové 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 03.04.2024

Podpis autora

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat Ing. Přemyslu Šedivkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, přínosné rady, čas při společně strávených konzultacích, a především umožnění zpracování diplomové práce pod jeho vedením.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na vypracování realizační dokumentace prefabrikované lehké rámové dřevostavby. Součástí diplomové práce je vypracování výrobní dokumentace pro vybranou část stavby včetně výstupu pro vybraný prvek na CNC stroj. Další část práce je statický posudek vybraného konstrukčního prvku a tří spojů, posouzení z hlediska stavební fyziky a na závěr rozpočet stavby.

Podklad pro tvorbu diplomové práce byla architektonická studie, kterou jsem vypracoval v rámci předmětu během studia a umístil jsem ji na pozemek vybraný investorem v obci Přemyšlení. Další podklady pro vypracování byl územně regulační plán a příslušné požadavky českých norem.

Výsledkem práce je vypracovaná realizační dokumentace rodinného domu pro celoroční bydlení, v pasivním standartu, z lehké rámové dřevostavby vyráběné prefabrikovaným způsobem a vhodné navržení stavby, aby splnila požadavky pro pasivní stavby a kondenzaci vodních par v konstrukci.

Klíčová slova:

Dřevostavba; konstrukce na bázi dřeva; lehký skelet; prefabrikace

Abstract

The master thesis is focused on the development of the implementation documentation of a prefabricated lightweight timber frame building. Part of the thesis is the development of production documentation for the selected part of the building including the output for the selected element on the CNC machine. Another part of the thesis is the structural assessment of the selected structural element and three connections, the assessment in terms of building physics and finally the construction budget.

The basis for the creation of the thesis was an architectural study, which I developed as part of the course during my studies and placed it on the land selected by the investor in the village Přemyšlení. Other bases for the elaboration were the zoning plan and the relevant requirements of the Czech standards.

The result of the work is the elaborated realization documentation of a family house for year-round living in passive standard made of light frame wooden building manufactured in a prefabricated way. Suitably designed buildings to meet the requirements for passive construction and the requirements for condensation of water vapour in the structure.

Keywords:

Timber building; timber-based construction; lightweight frame; prefabrication

OBSAH:

Seznam zkratek	11
Úvod	14
1 Cíle práce	15
2 Rozbor problematiky	16
2.1 Co jsou to dřevostavby.....	16
2.2 Co je to lehká rámová konstrukce.....	16
2.3 Prefabrikovaný způsob výroby.....	17
2.4 Typy konstrukcí pro prefabrikovanou výrobu.....	19
2.5 Požadavky na výrobní halu dřevostaveb.....	24
2.6 Technologie výroby.....	24
2.7 Nejběžněji používané materiály pro rámové prefabrikované dřevostavby	25
3 Metodika	30
4 Praktická část	31
4.1 Požadavky investora	31
4.2 Urbanistické umístění stavby	31
4.3 Architektonická studie.....	35
4.4 Způsob založení objektu.....	40
4.5 Výběr prefabrikovaného stupně	40
4.6 Technologie stavby	41
4.7 Výplně stavebních otvorů.....	43
4.8 Skladby konstrukcí	44
4.9 Konstrukční detaily.....	48
4.10 Výrobní dokumentace	48
4.11 Výstupní dokumentace pro CNC stroj.....	50
4.12 Statický posudek.....	50

4.13	<i>Posouzení z hlediska stavební fyziky</i>	61
4.14	<i>Rozpočet</i>	69
5	Diskuze	72
6	Závěr	73
7	Seznam literatury a použitých zdrojů	74
8	Seznam obrázků	78
9	Seznam tabulek	79
10	Seznam příloh	80
11	Přílohy	81

Seznam zkratek

- SDK Sádrokartonová deska
- EPS Expandovaný polystyren
- KVH Konstruktionsvollholz (konstrukční stavební dřevo)
- BSH / LLD Lepené lamelové dřevo
- OSB Oriented Strand Board (desky z orientovaných třísek)
- DHF Dřevovláknitá difuzně otevřená deska

- 1 NP První nadzemní podlaží
- 2 NP Druhé nadzemní podlaží
- M.n.m.Bpv Metrů nad mořem Balt po vyrovnání

- RD Rodinný dům
- BI Bydlení v rodinných domech městské a příměstské (dle územního plánu)
- MHD Městská hromadná doprava
- WC Water clozet (splachovací záchod)
- RAL ReichsAusschuss für Lieferbedingungen (Říšský výbor pro dodací podmínky)

- TZB Technické zařízení budov
- DPH Daň z přidané hodnoty
- CNC Computer Numerical Control (počítačem číslicové řízení)

- BIM Building Information Modelling
(informační model budovy)
- IFC The Industry Foundation Classes
(souborový formát)
- DWG nativní formát souborů programů 2D
a 3D
- DXF Drawing Exchange Format

- ČSN Označení Českých technických norem
- EN Označení Evropských norem
- ISO Označení Světových norem
- EIA Posuzování vlivu na životní prostředí

- D Tloušťka vrstvy
- C Měrná tepelná kapacita
- RO Objemová hmotnost vrstvy
- MI Faktor difuzního odporu vrstvy
- Ma Množství zkondenzované vodní páry
v konstrukci za rok
- R Tepelný odpor konstrukce
- U Součinitel prostupu tepla konstrukce
- Te Návrhová venkovní teplota
- Tai Návrhová teplota vnitřního vzduchu
- Pi Průměrné měsíční teploty vnitřního
vzduchu

- $W/(m^2K)$ Jednotka součinitele prostupu tepla
- m^2K/W Jednotka tepelného odporu konstrukce
- Kg/ m^2 Jednotka zatížení = kilogram na metr čtvereční
- Kg/ m^3 Jednotka objemové hmotnosti
- $J/(kgK)$ Jednotka měrné tepelné kapacity
- Pa Jednotka tlaku = Pascal
- kN Jednotka síly v tlaku/tahu = kilo Newton
- kNm Jednotka síly v ohybu = kilo Newton metr
- $^{\circ}C$ Teplotní jednotka = stupeň celsi
- h Jednotka času = hodina
- m/s Jednotka rychlosti = metrů za sekundu
- m Jednotka délky/tloušťky = metr

Úvod

Stavební segment je plný inovativních technologií a prvků, kde mezi jedny vývojově inovativní technologie patří výstavba dřevostaveb. Dřevostavby jsou poměrně stará záležitost v Severní Americe, avšak v Evropě se jedná o rozvojový konstrukční prvek, který je upozadřován zděnými stavbami. Dalo by se předpokládat, že jsou na vzestupu díky jejich rychlé výstavbě a z jejich ekologického hlediska. Kromě těchto dvou výhod, se dřevostavby také vyznačují vysokou kvalitou vnitřního prostředí, díky čemuž se dokážou rychle vytopit nebo naopak vychladit. Z tohoto důvodu jsou skvělé pro nízkoenergetické stavby.

Jsou dva typy skladeb, a to difuzně otevřené a uzavřené. Převážně se užívají difuzně otevřené skladby, pro jejich vlastnosti prostupu vodních par z konstrukce do exteriéru. To je jednou z nejdůležitějších vlastností, aby se snížilo riziko napadení konstrukce dřevokazným hmyzem nebo škůdci, ke kterému by došlo v případě zvýšení vlhkosti dřeva. Další výhodou je možnost prefabrikace konstrukcí, kdy se vyrábí panely ve výrobních halách a na stavenišť se přivezou hotové a pouze se smontují k sobě. To má pozitivní vliv na rychlost výstavby, kvalitu zpracování a zamezení rizika zvlhnutí při nepříznivém počasí. Je několik stupňů prefabrikace. Buď se mohou vyrábět v halách kompletní panely, včetně předstěn, fasádních úprav a izolace; nebo nosné rámy zaklopené z obou stran, popřípadě při nejnižším stupni pouze nosná konstrukce rámu.

U prefabrikovaných staveb je potřebné, aby byly promyšlené veškeré detaily připojení panelů dle stupně prefabrikace a typu skladby. U difuzně uzavřených skladeb jsou tyto požadavky o mnoho přísnější než u difuzně otevřených. Zároveň je pro vystavení kvalitní dřevostavby s dlouhou životností velmi důležité, aby byla kvalitně zpracovaná realizační a výrobní dokumentace.

1 Cíle práce

Cílem první části diplomového projektu je vypracování literárního rozboru oblasti provedení prefabrikované dřevostavby lehkého skeletu pro trvalé užití z hlediska technologie výroby. Cílem druhé části je vypracování vybrané části projektu ve stupni realizační dokumentace stavby pro trvalé užití dle stávajícího projektu či dané architektonické studie. Dalším cílem je zpracování výkresové dokumentace, jako výstup pro výrobu vybrané části dřevostavby, včetně řešení vybraných konstrukčních detailů, řešených z hlediska technologie výroby. Součástí práce bude vypracování statického posudku konkrétního zvoleného konstrukčního prvku, třech detailů konstrukčních spojů, základní posouzení vybrané části objektu z hlediska stavební fyziky a rozpočtu pro realizaci.

2 Rozbor problematiky

V této části závěrečné práce se zaměřím na problematiku dřevostaveb, typy prefabrikovaných konstrukcí, stupně prefabrikace a technologii výroby. Dále zde vypíšu nejčastěji používané materiály pro prefabrikované dřevostavby.

2.1 Co jsou to dřevostavby

Dřevostavby jsou druhem staveb, u kterých je hlavním nosným prvkem dřevo nebo materiál na bázi dřeva. Mezi nejvíce používané typy dřeva patří například jedlové či smrkové, ale může se také využít dřevo z modřínu a borovice (Kuklík, 2005).

Pro většinu lidí slovo dřevostavba znamená sruby a roubenky. Tato představa je zapříčiněna historií. Ty jsou však v dnešní době spíše ojedinělé a navrhují se dřevostavby, které jsou velmi těžko rozeznatelné od zděných staveb. Každopádně je dobré zmínit, že jí nutně nemusí být jen rodinný dům, ale mohou to být i nástavby stávajících staveb, haly a nízkopodlažní občanské stavby (Jodidio, 2019; Šanda, 2022).

Nejrozšířenějšími konstrukčními systémy jsou u nás rámové, skeletové a masivní dřevěné. Lze ve výjimečných případech spatřit i systémy, které se již prakticky nenavrhují, a to srubové, hrázděné, Ballon-Frame nebo Platform-Frame (Novák, 2011b; Slovák, 2013; Šanda, 2022).

Lehký dřevěný skelet je buď v podobě Platform-Frame, který je více uplatněný, či Balloon Frame – chráněný dalším materiálem. Těžký skelet lze využít z hlediska architektonického ve vnitřní i venkovní části (obvodové stěny aj.) (Novák, 2011b; Hájek, 2020; Šanda, 2022).

2.2 Co je to lehká rámová konstrukce

Tento typ konstrukce je nejčastějším pro prefabrikovanou výrobu. Původ tohoto typu pochází z Ameriky, kde byl vyvinut na přelomu 19. a 20. století z důvodu potřeby výstavby velkého množství domů v krátkém čase, bez použití těžké techniky. Z těchto důvodů byl vyvinut tento konstrukční systém, pro jeho jednoduchou montáž, variabilitu a finanční dostupnost. V Americe se tento systém označuje „two by

four“ podle profilů (2x4 palce) použitých průřezů (Jiříček, 2012; Borgström, 2016; Šanda, 2022).

Skládá se ze stojek, prahu, vaznice a opláštění. Stojky jsou spojeny ve vrchu vaznicí a ve spodu prahem. Tato skladba tvoří nosný rám, který se poté opláští deskami pro vodorovné roznášení sil (Němcová, 2019; Šanda, 2022).



Obrázek 1 - Rámová konstrukce dřevostavby

(Designové dřevostavby.cz, 2023)

2.3 Prefabrikovaný způsob výroby

Prefabrikovaná výroba dřevostaveb znamená, že se konstrukční prvky – stěny, stropní a střešní konstrukce, vyrobí ve výrobních halách za ideálních podmínek. Po vyrobení jsou prvky převezeny na stavbu, kde jsou již připravené základy a během několika dní se dům postaví (Newman, 1994; Novák, 2011b; Neufert, 2019).

Tento typ výroby má výhodu takovou, že má vysokou kvalitu zpracování, právě díky ideálním podmínkám výroby. A dalším přínosem je, že se rapidně zkrátí čas výstavby, což je velmi důležité pro zamezení vniknutí vlhkosti z dešťů do konstrukce (Newman, 1994; Novák, 2011b; Neufert, 2019).

Tento typ má ovšem i nevýhodu a to konkrétně, že se musí brát ohled na přepravní předpisy silničního provozu a umístění stavební parcely, kde nemusí být možnost vjezdu těžkých vozidel, které jsou nutnou potřebou pro přepravu a montáž (Newman, 1994; Novák, 2011b; Neufert, 2019).

Prefabrikaci dřevostaveb dělíme do pěti stupňů výroby:

- První stupeň

U prvního stupně je stupeň přípravy ve výrobních halách velmi nízký. Převažují zde tesařské práce přímo na stavbě, kde z tyčových prvků (sloupky, prahy a vaznice) a velkoplošných materiálů (desky na bázi dřeva nebo sádrovláknité desky) jsou tvořeny jednotlivé stěny, stropní konstrukce a střešní díly (Dřevostavitel.cz, 2024).

- Druhý stupeň

V tomto stupni jsou ve výrobních halách prvky konstrukcí předvrtány, pokráceny, opracovány a připraveny pro následnou montáž ráků. Jednotlivé prvky jsou zároveň označovány pro následnou montáž na staveništi dle montážního plánu (Koláček, 2022; Dřevostavitel.cz, 2024).

Do tohoto stupně se započítává i sestavení ráků ve výrobních halách a skladba se doplňuje poté na staveništi (Koláček, 2022; Dřevostavitel.cz, 2024).

Na staveništi tedy probíhá montáž jednotlivých panelů a dokončovací práce (Koláček, 2022; Dřevostavitel.cz, 2024).

- Třetí stupeň

Zde dochází k výrobě stěnových panelů, stropních a střešních dílců ve výrobních halách. Ve výrobě je tedy každý prvek přesně opracován a následně se z nich utvoří rám. Rám je poté vyplněn minerální izolací a opláštěn deskami. Takto sestavené panely jsou na stavbě smontovány dle montážního plánu a následně se provádí dokončovací práce (Dřevostavitel.cz, 2024).

- Čtvrtý stupeň

V tomto stupni se ve výrobních halách sestavují prostorové nebo modulové buňky, ve kterých se tedy na stavbu dováží smontované buňky, a následně se z nich sestavují objekty. Vzhledem k jejich dispozičním a objemovým omezením jsou

využívány jen pro dočasné stavby či jednoduché objekty (Koláček, 2022; Dřevostavitel.cz, 2024).

- Pátý stupeň

V posledním stupni jsou ve výrobních sestavovány celé objekty nebo segmentově rozdělené části. Konstrukční prvky jsou připravené v úpravě opláštěných rámu s minerální izolací. Zároveň je většina dokončovacích prací a montáž zařizovacích prvků připravena v halách (Koláček, 2022; Dřevostavitel.cz, 2024).

Na staveništi se převáží kompletně sestavený a vybavený dům bez fasádní úpravy. V případě segmentově rozdělených částí, je nutno sestavení a dokončení vybrané části dokončovacích prací na staveništi (Koláček, 2022; Dřevostavitel.cz, 2024).

2.4 Typy konstrukcí pro prefabrikovanou výrobu

Prefabrikované dřevostavby se vyrábějí převážně ve dvou konstrukčních řešeních, a to jako rámové panely nebo z masivních panelů.

2.4.1 Rámové stavby

Jedná se o sloupkové stavby, které jsou tvořeny konstrukcí ze stojek a opláštění z velkoplošného materiálu, kde stojky mají za funkci přenos svislého zatížení do podpor a opláštění naopak přenáší vodorovné zatížení. Domy s tímto typem konstrukcí jsou pevné a odolné (Růžička, 2014; Pejša, 2016; Šanda, 2022; DŘEVO&stavby.cz, 2024a).

Stojky jsou připevňovány k prahu a vaznici, což poté způsobí, že tento prvek působí jako rám (Novák, 2011a; Šanda, 2022).

Rámové stavby mají konstrukci z exteriéru a interiéru nejčastěji opláštěnou z desek na bázi dřeva nebo sádrovláknitých, popřípadě lze na stranu interiéru použít sádrokartonové desky (Sobon, 1984; Novák, 2011a; Šanda, 2022).

Nosná konstrukce (stojky a pasy) z řeziva a třísek. OSB desky, které mají využití jako podklad pro zateplení, výrobu stěn, podlah a nábytku ve vnitřním prostředí.

Lze je také využít v exteriéru ve formě různých zahradních malých staveb, jako je například zahradní dům či terasa. Je nutné, aby se dřevo ošetřovalo impregnací (voskové oleje, laky) (Borgström, 2016; Šanda, 2022).

Charakteristické znaky rámových staveb:

1. Jednoduchý konstrukční systém
2. Poschod'ová výstavba
3. Konstrukce oboustranně obložena
4. Zavětrování za pomoci opláštění
5. Nosná konstrukce je tvořena ze štíhlých prvků
6. Krátká doba výstavby
7. Možnost prefabrikované výroby
8. Často opakující se detaily

Konstrukční prvky

Jedná se o základní a velice důležité části staveb. Musí se dbát na jejich kvalitu, únosnost a stabilitu. Nosná konstrukce pro střechy, schodiště, vodorovné (balkony, římsy) a svislé konstrukce (podepírají vodorovné; dělí se na stěny, pilíře a sloupy), je buď stavební (zdivo) nebo strojní. Pilíře jsou čtvercového či obdélníkového průřezu. Zatímco sloup má kruhový, a jako prvek navíc hlavici s patkou (Herzog, 2003; Steiger, 2020; Šanda, 2022).

- Stojny

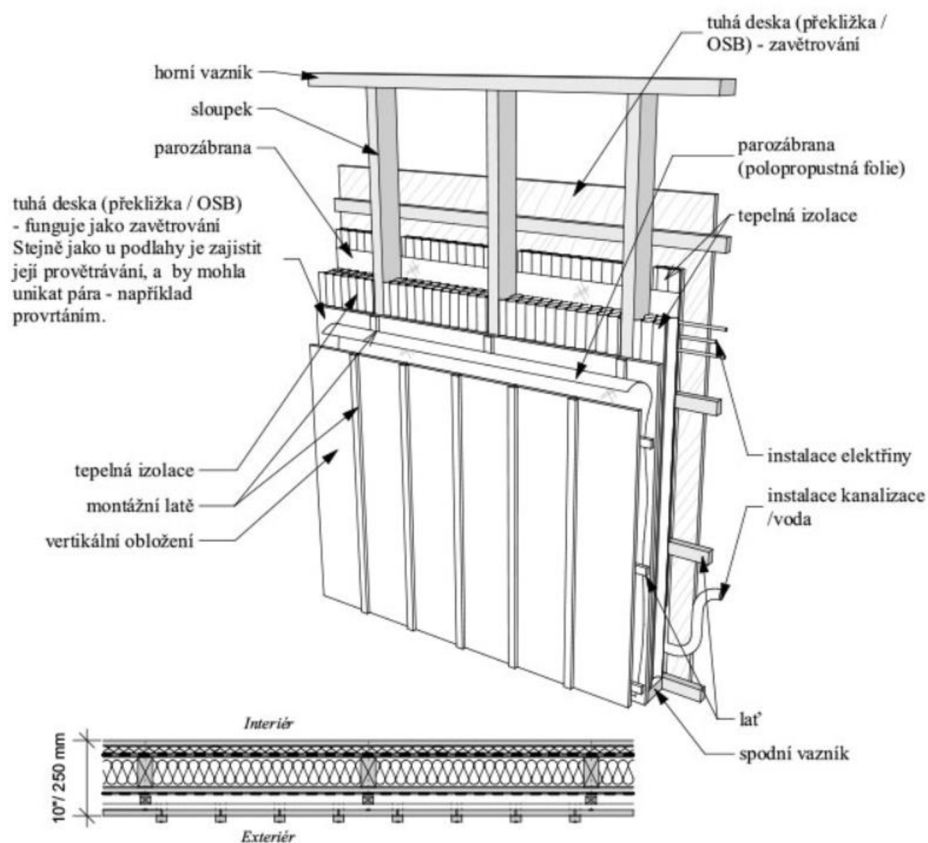
U těchto staveb je typický průřez stojen 60/120 mm, ale kvůli požadavkům na tepelně-fyzikální vlastnosti, se musí upravit průřez kvůli tloušťce tepelné izolace, a to nejčastěji na výšku 160-200 mm. Další způsob je, že se může izolace dát do druhé vrstvy a přetáhnout s ní stojny 60/120 mm. Tento způsob je výhodnější kvůli zamezení vzniku tepelného mostu (může vzniknout na okraji dveřního a okenního

otvoru). Z tohoto důvodu by měl být druhý způsob preferován a využívat překryvání stojen tepelnou izolací (Šanda, 2022).

Pro navrhování konstrukce platí, že se stojny rozmísťujú tak, aby osová vzdálenost stojen byla 625 mm. A to z důvodu rozměrů desek na opláštění, kde mají zpravidla šířku 1250 mm (Herzog, 2003; Kolb, 2007).

- Laťový rošt

Navrhuje se z důvodu vzniku prostoru pro vedení instalací. Ideální tloušťka roštu je, aby měl minimální šířku 30-50 mm (Kolb, 2007).



Obrázek 2 - Znárodněný rámové konstrukce

(Venkovskydum.cz, 2024)

2.4.2 Stavby z masivního dřeva

Jedná se o stavby, které v konstrukci obsahují minimálně 50 % masivního dřeva. Jsou nejčastěji lepené nebo spojované pomocí hmoždíků nebo hřebíků. U tohoto systému se používá vnější tepelný izolační systém (Pavlas, 2016; Šanda, 2022).

Dříve byly hodně využívány srubové systémy. Materiál se rozloží do celé plochy stěn po obvodu, příček a stropů.

Charakteristické znaky staveb z masivního dřeva:

- Nosná konstrukční část je z masivní, plošné konstrukce
- Jedná se zpravidla o poschod'ovou výstavbu
- Vyztužení stavby je za pomoci plošné nosné konstrukce
- Jedná se o jednovrstvý systém, který se spojuje hřebíky či hmoždíky nebo vícevrstvé systémy, které jsou lepené
- Odolává velkým zatížením

Stavby z masivního dřeva dle konstrukčních prvků

Vyrábějí se ve výrobních halách jako velkoformátové dílce, které se poté montují dle montážního výkresu přímo na stavbě. Je několik typů průřezů pro prefabrikovanou výrobu (Šanda, 2022; Www.arubio.cz, 2023; Gebasdomy.cz, 2023).

- Křížově slepené řezivo

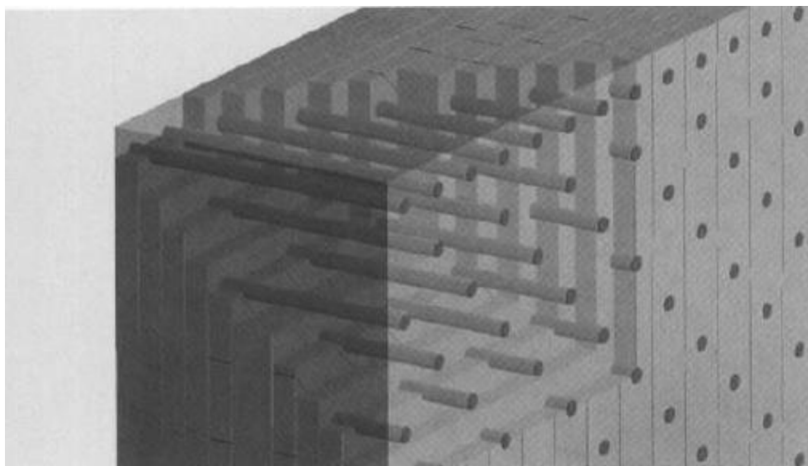
Vyrábí se z několika na sebe navzájem křížem kladených a prolepených fošen. Mají velkou výhodu díky symetricky sestaveným vrstvám, které způsobují vysokou tvarovou stálost dílce, a poté i přenášet zatížení ve dvou na sebe kolmých směrech. Nejčastější tloušťka dílce ze slepených fošen je 50-300 mm (Lückmann, 2022; Gebasdomy.cz, 2023).

- Vrstvené řezivo

Jedná se o stěny, které jsou vytvářeny z fošen, které jsou k sobě lepeny na stojato a probíhají po celé délce stěny. V případě nutnosti se musí fošny délkově nastavit zubovým spojem s prolepením. Nejčastější tloušťky fošen pro vytváření dílců jsou 20-50 mm. V příčném směru je zabezpečen přenos smykových sil pomocí hřebíků nebo dřevěných kolíků. Stěny tohoto systému se vytváří nejčastěji tlouštěk 80-240 mm (Lückmann, 2022; Gebasdomy.cz, 2023).

- Křížově kolíkové dílce

Dílce jsou vyráběny fošnovým jádrem tloušťky 60-80 mm, které je vytvořeno stojatými fošnami. Na toto jádro se pomocí kolíkových spojů připojují z obou stran vodorovné a diagonální fošny. Fošny jsou nejčastěji tloušťky 20-50 mm. Díky uspořádání vrstev, které jsou vodorovné a diagonální, tak lze použít stěny i pro vyztužování staveb. Tloušťky stěn jsou nejčastěji 150-400 mm. Tepelně izolační systém se využívá pouze vnější (Kolb, 2007; Šanda, 2022).



Obrázek 3 - Křížově kolíkové dílce

(Kolb, 2007)

2.5 Požadavky na výrobní halu dřevostaveb

Výrobní hala musí být navrhovaná velmi promyšleně. A to takovým způsobem, aby splňovala veškeré požadavky a logické uspořádání postupu výroby (Sobon, 1984).

Hlavní požadavky pro výrobní haly jsou:

- Mostový jeřáb – sloužící pro manipulaci materiálů a vyhotovených dílců.
- Rozvody tlakového vzduchu – ideálně jsou instalovány na obvodový plášť a pod pojezdovými kolejnicemi mostového jeřábu.
- Topení – nejlepší je topení se sáláním do prostoru.
- Odsávání pilin a prachu – nejvhodnější způsob vedení potrubí je vzduchem. A to z toho důvodu, že za předpokladu vedení potrubí v podlaze, může při odsávání kousků sádry dojít k navlhnutí, kondenzaci v zimním období a následnému ucpávání potrubí.

2.6 Technologie výroby

Proces výroby začíná dopravou vysušeného řeziva na sklad, jehož relativní vlhkost by se měla pohybovat kolem 8 až 12 %. Zpravidla se kupuje již potřebných profilů a požadovaného opracování, kde konstrukční řeziva typu KVH a BSH jsou dodávány nejčastěji v délkách 4 m nebo násobků celých metrů (Sobon, 1984).

Na skladě jsou řeziva roztríděna dle profilů či zakázek. Ideální je skladování v zastřešených prostorách, nebo musí být v hraních a chráněné fóliemi. Tepelné izolace jsou nutné skladovat zabalené v zastřešených skladech (Sobon, 1984).

Po naskladnění je řezivo formátováno buď pomocí ručních kotoučových pil nebo pomocí obráběcích center, dle potřebných požadavků, dle výrobní dokumentace. Tyto naformátované prvky putují do meziskladu výroby, kde jsou opatřeny vlastním kódem (Sobon, 1984).

Pomocí natírání, stříkání či máčení v impregnačních halách se napouštějí činnidlem prvky, u kterých hrozí kontakt s vlhkostí – mezi ně patří například základové prahy. K impregnaci se používají roztoky kyseliny borité, chloridu, anebo roztoky boritých solí (Sobon, 1984).

Po těchto procedurách se přechází ke skládání jednotlivých panelů na montážních stolech, které jsou vybaveny zarážkami a promítacími lasery pro přesnou montáž. Postupně se na stůl skládají prvky, které se pomocí pneumatických lisů stlačí k sobě, a následně dojde k dodání spojovacích prostředků (Sobon, 1984).

Po vyhotovení rámu se opláští ze strany interiéru sádro-vláknitou deskou s parobrzdnou úpravou, dřevovláknitou deskou nebo OSB. Poté se panel otočí na stole a montuje se tepelná izolace, která se nejčastěji klade mezi nosné prvky. A po zaklopení se dává ještě jedna vrstva, která zamezí průniku tepelných mostů (Sobon, 1984).

Pokud jsou panely opatřeny izolací a montážní předstěnou, tak jsou postaveny ve svislých zakladačích, v nichž jsou odvrátány otvory ve vrstvě tepelné izolace pro snadnější spojení dvou panelů na stavbě. Dále se zde instalují výplně otvorů, jako jsou okna a dveře, a opatří se ochranou fólií pro další práce (Sobon, 1984).

Následují dokončovací práce, kdy dochází k nanášení omítek.

Po vyhotovení všech prací, co jdou provést ve výrobní hale, se pomocí velko-tonážní dopravy převezou panely na stavbu, kde jsou již vyhotoveny základy, ke kterým se panely budou kotvit (Sobon, 1984).

Jakmile jsou veškeré panely navzájem spojené a stavba je opatřena střechou, tak následují práce jako jsou – z exteriéru obložení stavby obkladem a natažení vrchní vrstvy fasády. A z interiéru montáž příček a finální výmalba či položení obkladů (Sobon, 1984).

2.7 Nejběžněji používané materiály pro rámové prefabrikované dřevostavby

V této kapitole uvedu a popíšu nejběžnější dřevěné materiály nebo materiály na bázi dřeva, které jsou pro lehké rámové dřevostavby, vyráběné prefabrikací nejčastěji používané (Dědek, 2008).

2.7.1 KVH

Jedná se o konstrukční dřevo, délkově nastavované zubovým spojem, německy Konstruktionvollholz. Jedná se o délkově nastavovaný materiál, který je čtyřhranně frézován a tloušťkově egalizován. Vyrábí se nejčastěji ze smrku, modřínu, jedle či douglasky. Řezivo, které je následně opatřeno vyfrézovaným zubovým spojem, musí mít vlhkost $15\pm 3\%$. Po vyfrézování se na zuby nanese PUR lepidlo a délkově se stlačí k sobě. Vyrábí se ve dvou kvalitách. V pohledové, která je bez vad a je hladce opracována. Poté v nepohledové, která může mít drobné vady a je bez hladkého broušení, sloužící převážně do skrytých konstrukcí. Používají se jako sloupky, stropní nosníky, překlady a jsou možné využívat i jako nosné prvky střech (Zahradníček, 2007; Dědek, 2008).

2.7.2 BHS a LLD

Lepené lamelové dřevo nebo BSH jsou vyrobeny z délkově nastavovaných a následně tloušťkově vrstvených lamel zpravidla tloušťky 40 mm. Lepí se na sebe od čtyř a více vrstev. Vyrábí se ze smrkového a jedlového dřeva. Lamelové prvky se vyrábějí přímé nebo i ohýbané dle požadavku. Používají se jako sloupky, stropní nosníky, překlady a jsou možné využívat jako nosné prvky střech (Zahradníček, 2007; Dědek, 2008).

2.7.3 I – nosník

Jedná se o lepené nosníky, které mají tvar průřezu „I.“ Jsou tvořeny ze tří částí a to – horní pásnicí, spodní pásnicí a stojnou. Pásnice se většinou vyrábí z KVH nebo LVL materiálů. Stojny bývají nejvíce z OSB desek, překližek, tvrdých DVD. Oproti masivním prvkům mají výhodu ve velké únosnosti k jejich malé hmotnosti. Nevýhoda je však, že se musí zajistit proti klopení, jelikož jsou vysoké a s malou tloušťkou. Také jsou vhodné jako sloupky stěn, překlady velkých rozponů nebo stropní trámy pro velké rozpony (Zahradníček, 2007; Dědek, 2008).

2.7.4 OSB

Desky z orientovaných plochých třísek jsou tvořeny slisováním plochých třísek uspořádaných do vrstev, které jsou ve většině případů tři, kde jsou třísky povrchových vrstev orientované po směru výroby a třísky prostřední vrstvy jsou k nim kolmé. Což zajišťuje větší rozměrovou stálost a lepší mechanické vlastnosti. OSB desky se u dřevostaveb dají použít jako záklop s paro-brznou funkcí v případě, když jsou desky spojeny pero-drážkou a jsou vzájemně prolepené voděodolným lepidlem, nebo na záklop stropů (Dědek, 2008).

2.7.5 SDK

Sádrokarton je deska tvořena z kombinace dvou materiálů - ze sádry a kartonu. Sádra zastupuje plnivo a papír pojivo. Používají se především v interiérech na příčky, předstěny a podhledy. Rozdělují se dle vlastností na tři typy - stavební, protipožární a se zvýšenou odolností proti vodě. Velká výhoda tohoto materiálu je jeho rychlá montáž a kvalita finálního povrchu, tudíž je vhodný jako pohledový materiál (Dědek, 2008).



Obrázek 4 - Typy sádrokartonových desek

(Rigips.cz, 2024)

2.7.6 Sádrovláknitá deska

Sádrovláknité desky jsou vyráběny ze směsi sádry a dřevních vláken nebo rozmělněného starého papíru. Oproti SDK mají desky skvělé mechanicko-fyzikální vlastnosti. Díky jejich vysoké pevnosti a tuhosti je lze použít pro konstrukční účely.

Další jejich výhodou je nízká akustická neprůzvučnost a jsou také zároveň zdravotně nezávadné. Kvůli jejich nižší odolnosti proti vodě se využívají převážně v interiéru. Desky lze využít na záklop stěn, podlah či stropů (Zahradníček, 2007; Dědek, 2008).

2.7.7 Sádroláknitá deska s menší propustností vodních par

Tento materiál je sádroláknitá deska s menší propustností vodních par. U těchto desek se zároveň zachovala mechanická odolnost. Velká výhoda je, že se deska chová jako paro-brzda, což je potřebné pro difuzně otevřené skladby z důvodu, aby propustnost vrstvami směrem do exteriéru stoupala. Hlavní nevýhodou je vyšší cena. Tato deska je výrobkem značek jako jsou například Fermacell pod označením Vapor (Dědek, 2008).

2.7.8 Cementotřísková deska

Jsou to desky vyrobené ze směsi cementu a třísek o velikosti 0,2 – 0,3 mm. Třísky jsou kladeny ve třech vrstvách, kde na povrchu jsou třísky menší frakce a uprostřed hrubší frakce. Cementotřískové desky mají dobrou odolnost proti vodě a požáru. Mají ale nevýhodu v poměrně velké křehkosti. Hodí se tedy do vlhkých prostorů jako jsou koupelny nebo do prostorů se zvýšeným rizikem požáru jako je kolem krbu (Dědek, 2008).

2.7.9 Cementovláknité desky

Známé též pod obchodním názvem Cembrit. Jedná se o homogenní desky s jemnou strukturou a velkou hustotou. Tyto desky jsou vyrobeny kombinací cementu a celulóзовých vláken, minerálních plniv a syntetických vláken. Nejčastěji jsou použity jako fasádní obklady, obklady interiérů či ke zvýšení požární odolnosti konstrukce. Výrobci dělají fasádní obklady ve velké škále barev a dekorů, které stavbu architektonicky zvelebí. Tyto desky mají velkou odolnost proti vodě a požáru, tudíž jsou na fasádní obklady ideální (Dědek, 2008).

2.7.10 Dřevovláknitá deska se střední objemovou hmotností (DHF)

Jedná se o dřevovláknité desky se střední objemovou hmotností. Objemová hmotnost se pohybuje od 400 do 900 kg/m³. Desky mají dobré mechanické vlastnosti, a to v pevnosti v tahu kolmo na plochu. Zároveň mají vyšší propustnost vodních par než OSB, z tohoto důvodu jsou vhodnější pro využití jako vnější opláštění nosníků (Dědek, 2008).

2.7.11 Minerální tepelná izolace

Minerální tepelně izolační vaty se vyrábí rozvláknováním hornin a přidáním dalších příměsí. Jsou vyráběny v několika provedeních a to tloušťkových, tepelně izolačních, tak i tvarových. Nejčastěji prodávány jsou deskové vaty anebo kobercové vaty. I přesto, že mají desky hydrofobizovaná vlákna, tak je důležité, aby nebyly vystaveny vlhkosti a zamezilo se kondenzaci ve skladbě (Dědek, 2008).



Obrázek 5 - Minerální tepelná izolace Isover

(Dek.cz, 2024)

2.7.12 Stříkaná celulózová izolace

Tento typ izolace je vyroben ze starého rozvlákněného recyklovaného novinového papíru. Tvoří se směs z rozvlákněného papíru a přísad, jako je borax a lepidlo. Velkou výhodou této izolace je – velmi rychlá aplikace, vyplnění všech mezer, dobré tepelně izolační vlastnosti a při správném zhutnění i akustické vlastnosti (Dědek, 2008).

3 Metodika

V první části diplomové práce jsem v literární rešerši pomocí odborné literatury a internetových článků vypracoval rozbor dřevostaveb z prefabrikované lehké rámové konstrukce. V rámci tohoto rozboru jsem uvedl i stádia prefabrikace a požadavky na výrobní halu.

V druhé části diplomové práce, týkající se praktické části jsem vycházel z dříve navržené architektonické studie. Na tuto studii jsem vypracoval realizační dokumentaci v programu Archicad, souhrnnou technickou zprávu a výrobní dokumentaci vybraných panelů. Dále jsem v programu Fin EC udělal statické posouzení vybraného konstrukčního prvku a vybraných spojů. V další části jsem pomocí softwaru Teplo udělal posouzení na prostup tepla a vodních par. Na závěr jsem zpracoval položkový rozpočet v programu Kros.

4 Praktická část

V této kapitole jsou popsány požadavky na stavbu, urbanistické umístění a příslušné regulace uzemním plánem. Dále je zde popsáno dispoziční a konstrukční řešení včetně technického vybavení budovy. Na závěr je zde statický posudek, posouzení stavební fyziky a rozpočet stavby.

4.1 Požadavky investora

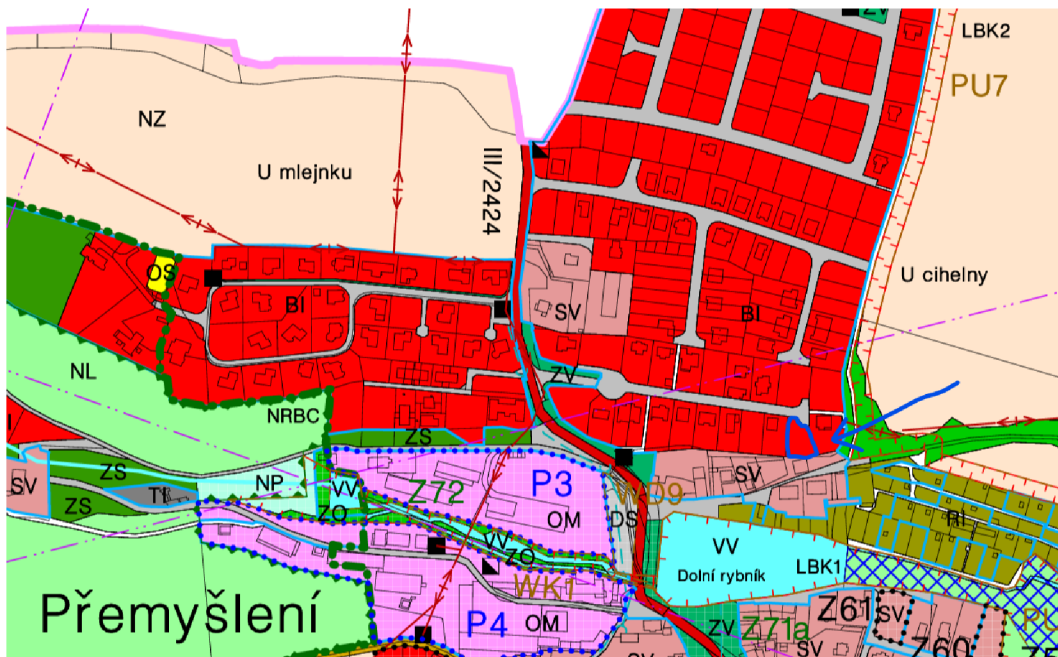
Investorem bylo zadáno, aby byla stavba navržena na pozemku v ulici U Cihelny v obci Přemyšlení s parcelním číslem 138/28. Dalším požadavkem bylo, aby byl objekt dvoupodlažní rodinného typu s využitím pro celoroční obývání. Stavba by měla ideálně splňovat kritéria pro pasivní stavby.

Co se týče povrchových úprav podlah, tak si investor přál, aby v celém objektu byla na podlaze keramická dlažba s podlahovým vytápěním.

Speciální požadavek byl na velké proslunění obytných místností a schodišťového prostoru. Dalším kritériem byla zastřešená terasa nacházející se ve 2NP.

4.2 Urbanistické umístění stavby

Pozemek byl zadán investorem k navržení rodinného domu. Jedná se o pozemek v obci Přemyšlení, 250 66 – Zdiby, nacházející se nedaleko Prahy. Konkrétně se jedná o pozemek s parcelním číslem 138/28 v katastrálním území Přemyšlení [792403]. Přístup na pozemek je z ulice U Cihelny, ve které jsou vedeny veškeré inženýrské sítě pro připojení. Plocha pozemku činí 812 m².



Obrázek 6 - Územní plán

(Obec Zdiby - Oficiální web, n.d.)

4.2.1 Urbanistický rozbor

Dle územního plánu je parcela řazena pod kód BI (bydlení v RD). Tento kód udává podmínky pro využití ploch a to:

- Základní funkční využití sloužící k bydlení v rodinných domech
- Přípustné jsou: samostatné garáže, chaty, rekreační domky, bazény, stavby pro MHD, stavby pro technickou vybavenost
- Nepřípustné jsou: výrobní a obchodní objekty, bytové domy, chov hospodářského zvířectva, opravárenská činnost

Jsou zároveň udávány základní podmínky prostorového uspořádání, které je nutno splnit pro povolení stavby, a to:

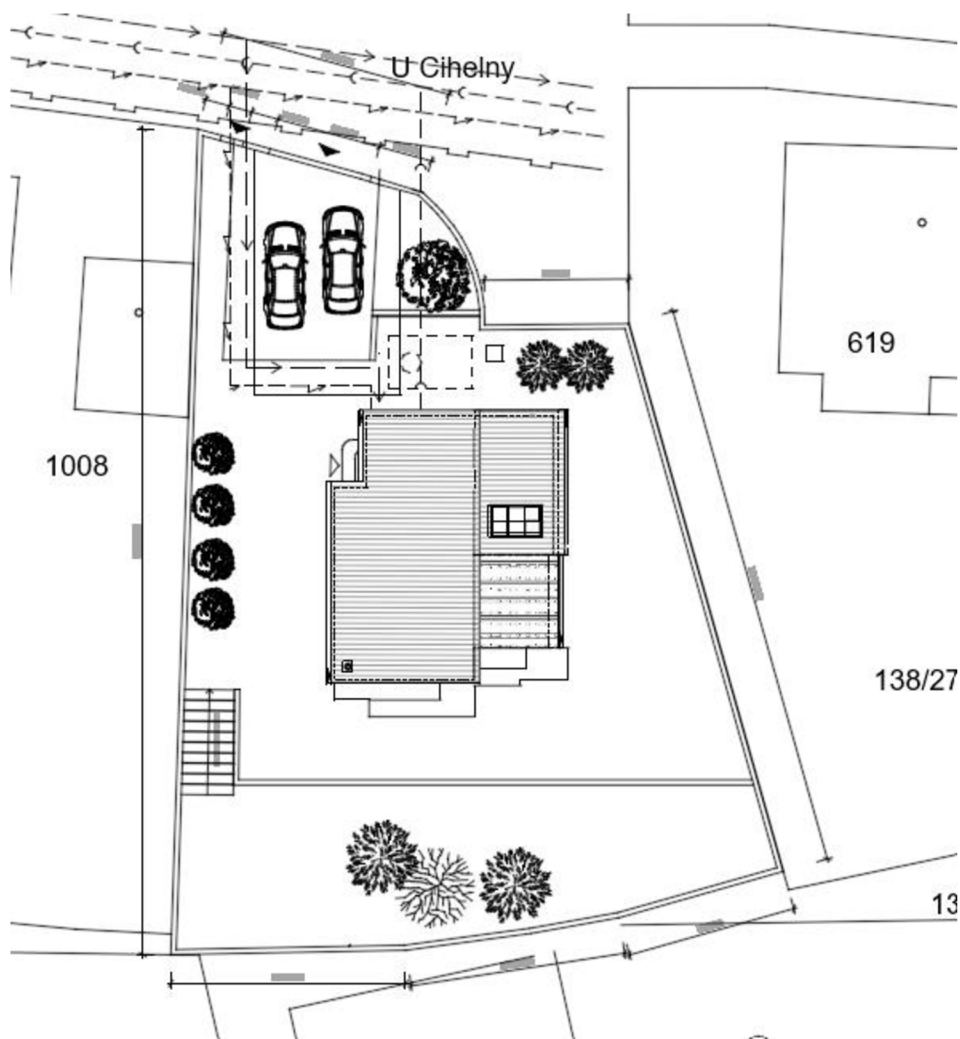
- Maximální koeficient zastavěnosti je 25% plochy pozemku
- Maximální výška stavby je 8 m

Územně regulační plán zároveň udává zvláštní podmínky, které je nutno splnit:

- Pro každou budovu musí být k dispozici minimálně jedno parkovací místo na vlastním pozemku
- V případě, že je část objektu pro komerční účely, tak je nutnost zajistit dostatečný počet parkovacích míst
- Zahrada musí být hodnotně upravena
- Dešťové vody z pozemků a staveb se musí být v maximální možné míře likvidovány na těchto pozemcích
- Oplocení ze strany ulice musí být architektonicky vhodně upravené
- Maximální počet bytových jednotek v jednom RD je 1

4.2.2 Umístění stavby na pozemku

Objekt byl umístěn na střed pozemku s mírným posunem k hranici k ulici U Cihelny. Úroveň objektu $\pm 0,000$ se nachází ve výškové hladině 213 999 m. n. m. B. p. V. Zastavěná plocha objektu je 142 m², což se rovná 17% zastavěnosti. Plocha opěrných zdí je 9,1 m², schodiště na zahradě je 12 m² a plocha gabionového plotu je 37 m². V součtu veškerá zastavěnost činí 200,1 m², tedy 24,6 % zastavěnosti pozemku, tudíž je splněn požadavek na maximální zastavěnost dle územně-regulačního plánu. Parkovací stání je navrženo jako nezastřešené s prostorem pro dvě auta. Povrch parkovacího stání je tvořen ze zatravněvacích dlaždic, které se nepočítají do zastavěnosti. Chodníčky po pozemku jsou tvořeny pomocí volně kladených velkoplošných kamenů do trávníku.



Obrázek 7 - Koordinační situace

(Zdroj: Autor práce)

Na pozemku je kvůli maximálnímu využití dešťové vody nádrž, ze které se bude čerpat voda pro zalévání zahrady a splachování toalet. Tato nádrž je navrhovaná na severní straně pozemku, aby byla v co nejmenší vzdálenost od hrany pozemku ke snadnému přístupu v případě poruchy či výměně.

Na severní straně je též navrženo výkonné tepelné čerpadlo vzduch/voda. Z důvodů zamezení šíření hluku do objektu, je čerpadlo navrženo na tuto stranu, kde je minimální počet velkoplošných oken a obytných místností.

Pozemek je zhruba do $\frac{3}{4}$ pozemku mírně svažité a v poslední $\frac{1}{4}$ je větší svah. Je to řešeno tak, že příjezdová cesta je v mírném svahu a v místě stavby je pozemek

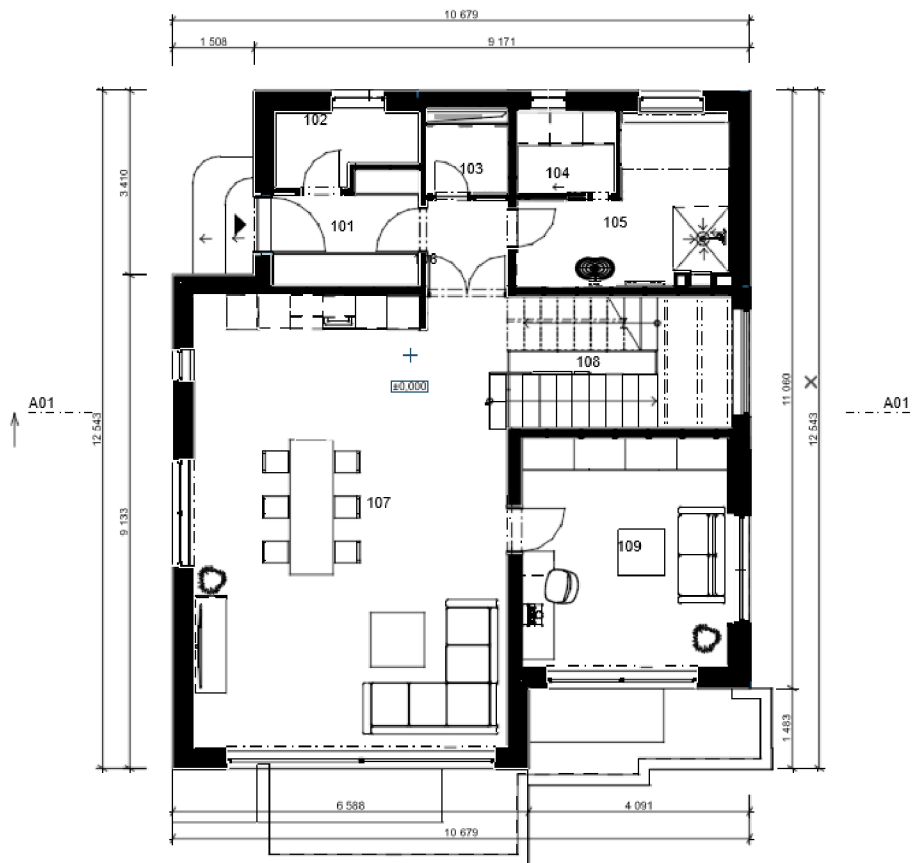
srovnán. V poslední části je utvořena na pozemku opěrná zeď o výšce cca 1,8 m se schodištěm na jižní část zahrady.

4.3 Architektonická studie

Architektonickou studii jsem vypracoval v rámci školního předmětu, tak aby splňovala požadavky dle technických norem (hygienické požadavky, maximální počty stupňů na schodišti, ...), doporučenou orientaci místnosti na světové strany a omezení udávající územně regulačním plánem. Na tento návrh jsem následně vypracoval realizační a výrobní dokumentaci (ČSN EN 1995-1 - Eurokód 5, n.d.; ČSN EN ISO 13790, 2009).

4.3.1 Dispoziční řešení

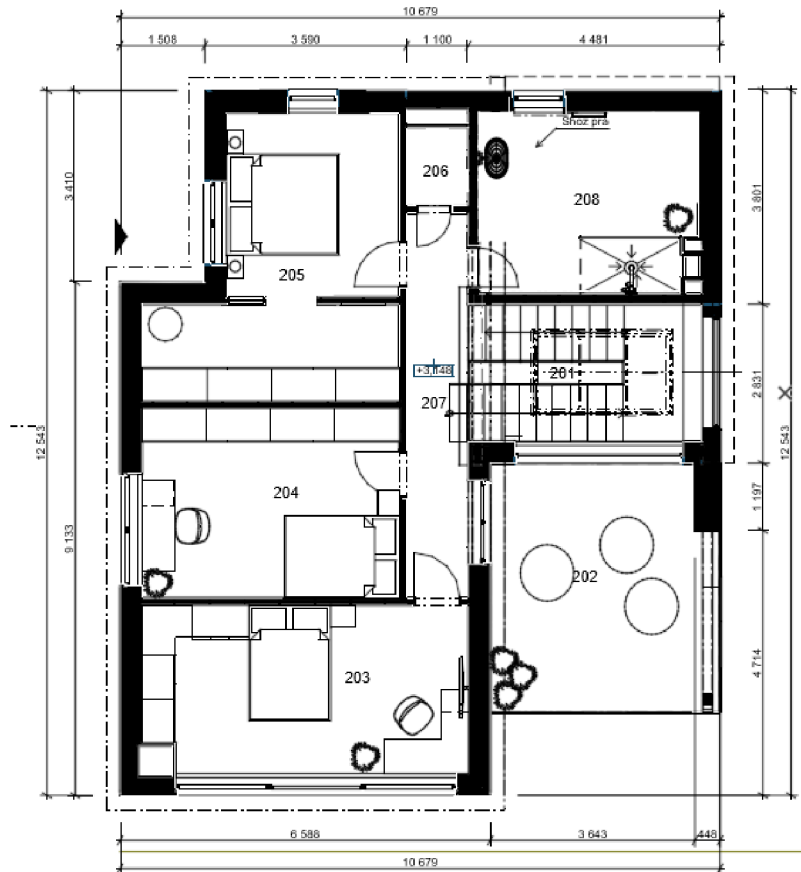
V 1NP se nachází vstup na západní straně objektu. Vstupuje se do zádveří (místnost 101), ze kterého vedou dveře do technické místnosti (místnost 102) a chodby (místnost 106). Z chodby je možné jít na WC (místnost 103) a do koupelny (místnost 105) s prádelnou (místnost 104) a dále do obývacího pokoje s kuchyňským koutem (místnost 107). Obývací pokoj tvoří poměrově největší část stavby a z něj je možnost vstupu do pracovny (místnost 109), pomocí HS Portálů na zahradu a schodištěm do 2. NP.



Obrázek 8 - Půdorys 1. NP

(Zdroj: Autor práce)

Ze schodiště se vstupuje do dlouhé chodby (místnost 207), která spojuje veškeré místnosti druhého podlaží. V severozápadní části objektu je ložnice se šatnou (místnost 205). Na severovýchodní straně je WC (místnost 206) a koupelna (místnost 208). K východní a jihovýchodní straně jsou orientovány dva pokoje (místnost 203 a 204) a na jihozápadní straně je zastřešena terasa (místnost 202).



Obrázek 9 - Půdorys 2.NP

(Zdroj: Autor práce)

4.3.2 Vizualizace

Vizualizace jsem vypracoval v rámci architektonické studie, založené na přesných požadavcích investora, aby se plně využilo veškerého potenciálu stavby, potažmo pozemku, a splnila se veškerá očekávání a přání ze strany investora. Objekt v dané studii je umístěn a řešen v rámci určité parcely. Vizualizace jsou řešeny v co nejvíce realisticky možném dojmu, aby si investor dokázal co nejlépe představit finální vzhled stavby, jakmile se uskuteční projekt a bude následně realizován.



Obrázek 10 - Vizualizace exteriéru ze severní strany

(Zdroj: Autor práce)



Obrázek 11 - Vizualizace exteriéru z jižní strany

(Zdroj: Autor práce)

U vizualizací exteriéru lze vidět hmotu objektu a povrchové kombinace fasádního štuky bílého odstínu a Cembritového obkladu v tmavě šedém odstínu. Dále je zde vidět zastřešená terasa a velké prosklené plochy pomocí HS Portálů. Veškeré

výplně stavebních otvorů jsou zde navrženy jako hliníkové subtilní rámy s povrchovou úpravou v RAL 7021.

Na těchto vizualizacích je patrné i gabionové oplocení a zatravněovací dlažba na parkovacím stání.



Obrázek 12 - Vizualizace obývacího pokoje

(Zdroj: Autor práce)



Obrázek 13 - Vizualizace schodišťového prostoru

(Zdroj: Autor práce)

U vizualizací interiéru, uvedených výše, jsem vybral pouze dva záběry, které směřují na obývací pokoj ze strany od zahrady a záběr druhý na proslunění schodišťového prostoru z druhého podlaží. Na vizualizaci obývacího pokoje lze vidět krbovou vložku s výměníkem a materiály stěn a podlahy. U schodišťového prostoru můžeme spatřit velký střešní světlík a velké prosklené plochy pro krásný prosluněný efekt. Zároveň je částečně viditelná i zastřešená terasa.

4.4 Způsob založení objektu

Pro tuto stavbu jsem vybral založení na základových pasech s deskou. Tento typ je v naší oblasti nejrozšířenější a nejpoužívanější. Po srovnání parcely v místě stavby vznikly vhodné podmínky pro tento typ založení. Obvodové pasy jsou široké 450 mm a vysoké 1000 mm, kde je jejich spodní hrana v nezámrazné hloubce. Vnitřní pasy jsou široké také 450 mm a vysoké 650 mm. Betonová deska je tloušťky 200 mm a je pod ní zhutněný vyrovnaný povrch.

Betonové kaskády na zahradu z objektu jsou založeny na ztraceném bednění o šířce 200 mm a sahající až do nezámrazné hloubky.

Opěrné zdi na zahradě jsou ze ztraceného bednění se vzorem kamene. Jsou založeny do nezámrazné hloubky, kde budou tvořit základové pasy také ztracené bednění, ale bez povrchové úpravy dekoru kamene.

4.5 Výběr prefabrikovaného stupně

Objekt jsem navrhl tak, že spadá do třetího stupně prefabrikace. To znamená, že ve výrobní hale budou přesně opracovány prvky pro rám. Tyto prvky se následně sestaví do rámu a opláští se jedna strana sádrovláknitými deskami. Následně se opláštěný rám otočí na montážním stole a mezi sloupky rámu se vyplní minerální izolace. Po vyplnění izolace se opláští i druhá strana rámu. Takto připravené rámy s připravenými otvory pro stavební výplně otvorů jsou dopraveny na staveniště. Na staveništi jsou panely sestaveny, dle montážního plánu a následují dokončovací práce. Pod těmito dokončovacími pracemi je myšleno opláštění panelů izolací, dodělání

fasádních skladeb, montáž instalačních předstěn a následné dodělání povrchových úprav.

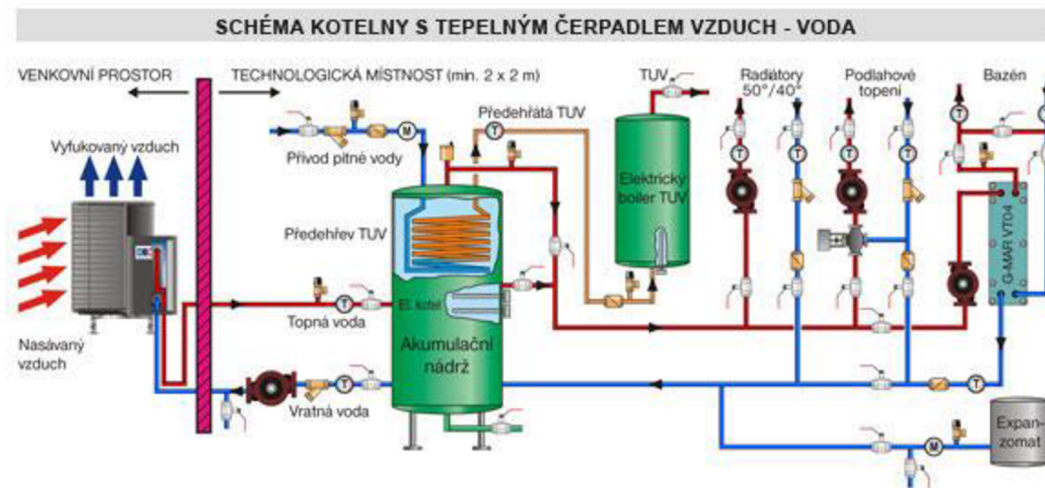
4.6 Technologie stavby

V této kapitole je popisně zobrazeno, jakým způsobem je stavba vytápěna a jakým způsobem je čerpána voda pitná a užitková.

4.6.1 Vytápění a získávání teplé vody

Stavba bude primárně vytápěna pomocí rekuperační jednotky s doplňkovým podlahovým vytápěním v obou patrech. V koupelnách jsou navrženy žebříkové radiátory pro dosažení vyšších teplot a možnosti sušení ručníků. V obývacím pokoji je zároveň navržena krbová vložka s výměníkem, která je uvažována pouze jako sekundární způsob vytápění a doplněk obývacího pokoje pro lepší atmosféru v zimním období.

Pro získávání teplé vody je využíváno výkonné tepelné čerpadlo vzduch/voda. Tento typ tepelného čerpadla byl vybrán z důvodu menších pořizovacích nákladů oproti čerpadlům země/voda. Ačkoliv mají tyto čerpadla menší stabilitu oproti zmíněným země/voda, tak v této oblasti v blízkosti Prahy se uvažují jako dostatečným způsobem získávání teplé vody. Z tepelného čerpadla se bude voda dopravovat do akumulární nádrže teplé vody. Z této nádrže se bude voda rozvětňovat na větev pro radiátory (podlahové vytápění a žebříkové radiátory), další větev je vedena do boileru, ze které se čerpá následně voda pro užitkové účely, jako je umývání rukou a koupání.

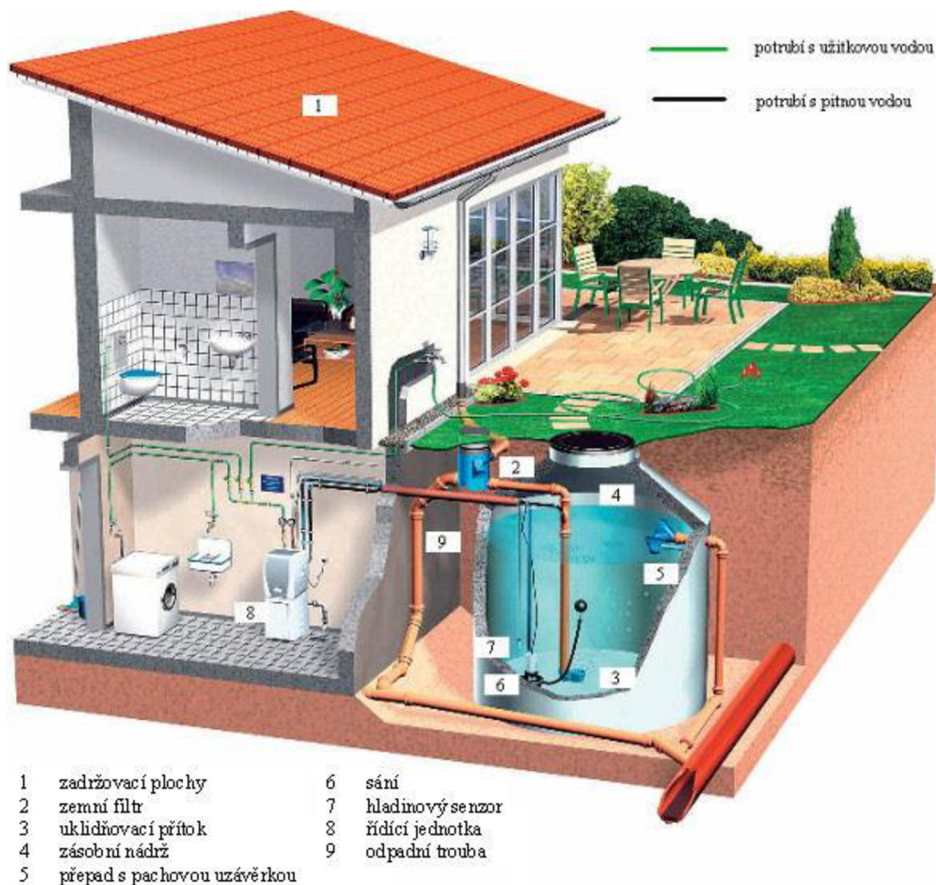


Obrázek 14 - Schéma zapojení tepelného čerpadla

(G-MAR PLUS s.r.o, 2024)

4.6.2 Pitná voda a dešťová voda

Pitná voda bude čerpána z veřejné vodovodní sítě v ulici U Cihelny. Jelikož je v podmínkách územně regulačního plánu, že musí být na vlastním pozemku využita v maximálním množství dešťová voda, tak je na pozemku navržena nádrž s filtrací, ze které bude voda využita k zalévání zahrady a ke splachování toalety. Dešťová voda, která steče ze střech objektu bude svedena sběrným potrubím a následně bude pomocí nerezového síta v zemi, kde jsou nečistoty odvedeny do kanalizační sítě. Pročištěná voda protéká do hrdla nádrže, který obsahuje zklidňující prvek, díky kterému nedochází ke zvržení usazenin na dně nádrže. Z nádrže je voda čerpána sacím systémem, který odebírá pouze vodu u horní hladiny, která je čistá. Za předpokladu, že by hladina vody klesla pod minimální výšku, tak hladinový spínač přepne odběr vody z vodovodního řádu.



Obrázek 15 - Schéma využívání dešťové vody

(TZB-info.cz, 2024)

4.7 Výplně stavebních otvorů

U objektu jsou použity veškeré HS Portály a okna s hliníkovým rámem a izolačním trojsklem. Hliníkové rámy jsou velmi odolné povětrnostním vlivům a díky pevnosti hliníku mohou být velmi subtilní, což působí elegantním a moderním dojmem. Díky nízké hmotnosti je snazší manipulace. Pro snížení tepelné vodivosti se komory v rámu vyplňují minerální akustickou vatou a rámy se usazují na polyamidové pásky vyztužené skelnými vlákny. Povrchová úprava ráků je v práškovém lakování odstínu RAL 7021.

Střešní světlík nad schodištěm je také z hliníkového rámu s izolačním trojsklem. Přes sklo je potažena Heat mirror fólie, která zamezuje vysokým teplotám a přehřívání ve veškerých prostorech objektu.

Vstupní dveře jsou z hliníkového materiálu odstínu RAL 7021 s malými prosklenými čtverci. Interiérové dveře jsou z výtlačně lisované dřevotřísky opatřené HPL fólií. Veškeré interiérové dveře budou bezprahové. V prvním patře byla nutnost oddělit, kvůli hygienickým požadavkům, obývací pokoj od chodby, na kterou se napojuje toaleta ještě dalšími dveřmi. Zde jsem zvolil skleněné dvoukřídle dveře, které minimálně narušují celkový architektonický dojem a prochází přes ně osvětlení do chodby.

4.8 Skladby konstrukcí

Veškeré stavby obvodových konstrukcí jsou navrženy jako difuzně otevřené. Což znamená, že je umožněn prostup vodních par konstrukcí ven z interiéru. Podmínka této skladby je, aby se vrstvy skladby řadily tak, že jejich difuzní odpor klesá směrem do exteriéru. To má vliv na to, že nikde ve skladbě nekondenzuje vodní pára a zamezuje se tím poté vzniku dřevokazných hub, škůdcům a plísním (DŘEVO&stavby.cz, 2024b)

Skladby jsou převzaté a částečně upravené od firmy Vesperhomes.

4.8.1 Obvodová stěna – Cembrit

Nosná konstrukce je z KVH 80x160 mm osově vzdálených 625 mm. Mezi sloupky je minerální tepelná izolace. Z interiéru je konstrukce opláštěna sádrovláknitou deskou se sníženou difuzní propustností Fermacell Vapor. Z exteriéru je konstrukce opláštěna obyčejnou sádro-vláknitou deskou Fermacell. Na tuto desku je kladena tepelná minerální izolace tloušťky 120 mm, přes kterou je natažena difuzní fólie. Skrze poslední vrstvy jsou vytaženy kotvící háky pro Cembrit desky.

V případě, že jsou stěny s instalační předstěnou, tak v interiéru je navíc dřevěný rošt s SDK deskou.

4.8.2 Obvodová stěna – fasádní štuk

Nosná konstrukce je z KVH 80x160 mm osově vzdálených 625 mm. Mezi sloupky je minerální tepelná izolace. Z interiéru je konstrukce opláštěna sádrovláknitou

deskou se sníženou difuzní propustností Fermacell Vapor. Z exteriéru je konstrukce opláštěna obyčejnou sádrovláknitou deskou Fermacell. Na tuto desku je kladena vrstva cementového lepidla. Přes lepidlo je natažený fasádní štuk.

V případě, že jsou stěny s instalační předstěnou tak v interiéru je navíc dřevěný rošt s SDK deskou.

Pokud se vyskytuje stěna v koupelně, tak je Fermacell deska opatřena potěrovou hydroizolací.

4.8.3 Stěna na terase

Nosná konstrukce je z KVH 80x160 mm osově vzdálených 625 mm. Mezi sloupky je minerální tepelná izolace. Konstrukce je opláštěna Fermacell deskami, přes které je nataženo cementové lepidlo s perlíčkou. Přes lepidlo je nanesen fasádní štuk.

4.8.4 Vnitřní nosná stěna

Nosná konstrukce je z KVH 80x160 mm osově vzdálených 625 mm. Mezi sloupky je minerální tepelná izolace. Konstrukce je opláštěna Fermacell deskami se zasádrovanými spárami. Finální úprava je výmalba.

V případě, že jsou stěny s instalační předstěnou, tak v interiéru je navíc dřevěný rošt s SDK deskou.

4.8.5 Příčka

Nosná konstrukce je z KVH 80x100 mm osově vzdálených 625 mm. Mezi sloupky je minerální tepelná izolace. Konstrukce je opláštěna Fermacell deskami se zasádrovanými spárami. Finální úprava je výmalba.

Pokud se vyskytuje příčka v koupelně, tak je Fermacell deska opatřena potěrovou hydroizolací a nalepenou dlažbou.

4.8.6 Podlaha na terénu

Na betonové podkladní desce jsou natavené asfaltové pásy a přes ně pojistné asfaltové pásy. Přes tyto pásy je vysypán vyrovnávací podsyp Fermacell tloušťky 30 mm. Podsyp je zakryt dvěma deskami EPS tloušťky 60 mm. Na EPS je systémová deska podlahového vytápění. Přes tuto desku jsou dvě Fermacell desky tloušťky 13 mm. Na deskách je cementové lepidlo s keramickou dlažbou.

Pokud se vyskytuje podlaha v koupelně, tak je Fermacell deska opatřena potěrovou hydroizolací.

4.8.7 Podlaha na stropní konstrukci

Nosná konstrukce je zde KVH 160x80 mm, kde se mezi nosníky nachází minerální izolace. Přes nosník je Fermacell deska. Deska je zakryta dvěma deskami EPS tloušťky 60 mm. Na EPS jsou dvě Fermacell desky tloušťky 13 mm. Na deskách je cementové lepidlo s keramickou dlažbou.

Podhled je tvořen zavěšeným dřevěným rámem na nosnících. Rám je zaklopen SDK s výmalbou.

Pokud se vyskytuje podlaha v koupelně, tak je Fermacell deska opatřena potěrovou hydroizolací.

4.8.8 Podlaha na terase

Nosná konstrukce je zde KVH 160x80 mm, kde je mezi nosníky minerální izolace. Přes nosník je Fermacell deska. Deska je zakryta EPS tloušťky 60 mm, a přes tuto vrstvu jsou kladeny spádové klíny 20-60 mm z EPS. Na EPS je Cetriz deska o tloušťce 13 mm. Na Cetriz desce je natavená asfaltová hydroizolace a na ní pojistná izolace. Na hydroizolaci jsou vyrovnávací terče, na nichž jsou dřevěná prkna tloušťky 25 mm.

Podhled je tvořen zavěšeným dřevěným rámem na nosnících. Rám je zaklopen SDK s výmalbou.

4.8.9 Střecha

Nosná konstrukce je zde KVH 180x120 mm, kde je mezi nosníky minerální izolace. Přes nosník je DHF deska na ní je kladena difuzně propustná fólie. Přes ní je sestava laťování z kontralátí zaklopena dřevěným záklopem o tloušťce 24 mm. Na záklop je plechová falcová krytina. Pod nosníkem je minerální tepelná izolace tl. 140 mm. Pod ní je paro-brzná fólie. Od nosníků je zavěšený dřevěný rošt s SDK.

4.9 Konstrukční detaily

Konstrukční detaily byly použity od Fermacell, které jsem si částečně upravil dle detailů od Vesperhomes.

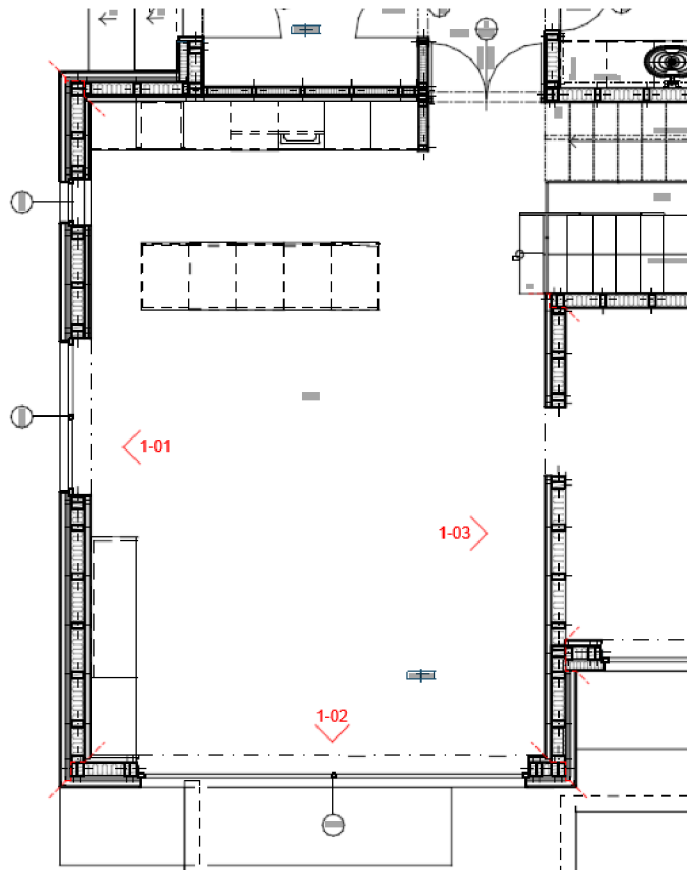
Napojení stěn k základové desce je řešeno pomocí ocelových L-profilů a tahové kotvy (viz detail A).

Napojení obvodových stěn v nároží je řešeno pomocí dvou KVH sloupků 160x220 mm, kde v jedné z přilehlých stěn jsou dva sloupky svisle a u druhé stěny jeden vodorovně. Pomocí krajního dvojitého sloupku se pomocí vrutu T30 6x220 mm propojují přilehlé stěny (viz detail D).

U střešní konstrukce je detail napojení řešen tak, že krokev je připevněna vrutem k vodorovné vaznici ve stěně.

4.10 Výrobní dokumentace

V rámci práce je řešena výrobní dokumentace vybrané části dřevostavby. Pro vypracování jsou dva nejběžnější způsoby. Je možnost využití BIM technologie, kdy se výstup z Archicadu nahraje například do Sema software, popřípadě se v něm vytvoří. Ze Sema software se poté vyexportují výstupy výrobní dokumentace. Další způsob, který existuje a využil jsem jej, je rozkreslení panelů ve 2D, například v Autocadu. Využil jsem pro vypracování Archicad, ve kterém jsem dělal všechny ostatní části práce. V Archicadu jsem si vytvořil nezávislý pracovní list, který poté funguje, například jako program Autocad, kde jsem pomocí křivek rozkreslil tři panely, dle prováděcí dokumentace. Pro zpracování jsem si vybral část obývacího pokoje, kde se nachází panely s označením 1-01, 1-02, 1-03.



Obrázek 16 - Půdorysné označení panelů pro výrobní dokumentaci

(Zdroj: Autor práce)

Stavba je počítána, že bude prefabrikovaná ve třetím stupni. Tudíž na stavbu budou přivezeny pouze nosné rámy z KVH, které budou zaklopeny Fermacell deskami a deskami Fermacell Vapor. Výrobní dokumentace tedy obsahuje u každého panelu tři rozkreslené vrstvy. První vrstvu rozložení KVH sloupků, vaznic a prahů a vyplnění izolace. Druhá vrstva je rozkreslení Fermacell desek, které jsou z exteriéru. A poslední vrstva je rozkreslení desek Fermacell Vapor, které jsou z interiéru. Desky budou spojovány k rámu pomocí sponek. Panely budou spojovány pomocí vrutu s talířovou hlavou 6×220 mm. K základové desce se panel bude kotvit pomocí L-profilů 105×95×4 mm s vruty a ocelové kotvy do betonu M10X170. Po spojení panelů je montována izolace, fasáda a instalační předstěna.

4.11 Výstupní dokumentace pro CNC stroj

V ideálním případě by byly výstupní dokumentace pro CNC stroje vypracovány z BIM modelu, ze kterého by se vyexportoval IFC model a ten importoval do programů vhodných pro výrobní výkresy, jako je například Sema software.

Pro účely této práce jsem zvolil druhý způsob, který se využívá, a to výměnou dat ve formátu DXF nebo DWG. U tohoto způsobu se využívá jednotlivých čar ve výkrese. Podmínkou je, aby každá čára měla svou přidělenou barvu a tato barva značí, o jaký typ obráběcí hlavice se bude jednat. Veškeré specifikace pro kreslení jako je, zda hlavice bude po dráze čáry procházet středem nebo krajní hranou jsou určeny nastavením CNC stroje.

Pro rozkreslení jsem si vybral desku opláštění rámu u panelu č. 1. Jedná se o desku Fermacell Vapor, která je v místě rohu HS Portálu v obývacím pokoji. Výkres je v měřítku 1:15, ale v případě, kdy by výkres sloužil pro předání informací CNC stroji, tak by byl v měřítku 1:1 a byl by předán ve formátu DXF nebo DWG.

4.12 Statický posudek

Součástí práce je dle zadání posouzení vybraného konstrukčního prvku a tří konstrukčních spojů. V této kapitole shrnu získané veškeré výsledky z programů.

4.12.1 Statický posudek krokve

Pro posouzení jsem si vybral krokve pultové střechy o sklonu 7. Posuzoval jsem krokve na obou střeších. Krokve mají průřez 180×120 mm a jsou osově od sebe vzdálené 448 mm na střeše o větší ploše a 442 mm na střeše s menší plochou. Při posuzování jsem použil programy Fin EC – Dřevo, Fin EC – Zatížení a Fin EC – 2D. V první řadě jsem do Programu Fin EC – Zatížení, zapsal skladbu střechy a zátěžovou oblast sněhem a větrem. Program mi vypočítal charakteristické zatížení skladby, zatížení sněhem a větrem. Jelikož se zátěžová oblast sněhem nachází v oblasti 1, která má nižší zatížení, než je užitné zatížení, tak jsem z tohoto důvodu použil užitné zatížení pro nepochozí střechy. Poté jsem v programu Fin EC – 2D

vymodeloval krokev a přidal zatížení z programu Fin EC-Zatížení. Následně se v programu vytvořily kombinace zatížení. Podařilo se programu vypočítat vnitřní síly a průhyb prvku. V další fázi následovalo posouzení průřezu ve Fin EC – Dřevo, do kterého se dostalo přes odkaz ve Fin EC – 2D, aby byly programy propojené. Program porovnal hodnoty z Fin EC – 2D a posoudil, že průřez vyhoví. Na závěr jsem z Fin EC – 2D úspěšně vyexportoval protokol.

Stálé zatížení

Jedná se o základní zatížení, které na konstrukci působí. Skládá se z vlastní tíhy prvku a ze zatížení skladby, která na prvek působí po celou životnost konstrukce. Zatížení skladby je vypočteno z Fin EC – Zatížení a s vlastní tíhou krokve počítal program Fin EC – 2D, dle zadaných průřezů.

Tabulka 1 - Stálé zatížení

(Zdroj: Autor práce)

Název materiálu	Charakteristické zatížení [kN/m ²]	součinitel	Návrhové zatížení [kN/m ²]
Falcový plech včetně bednění	0,2	1,35	0,27
Kontra lať 50×30 mm	0,02		0,03
DHF	0,10		0,14
Mínérální izolace tl. 180 mm	0,05		0,07
Mínérální izolace tl. 140 mm	0,04		0,05
SDK + konstrukce	0,15		0,2
Součet	0,56	1,35	0,80

Zatížení sněhem

Objekt se nachází v obci Přemyšlení nedaleko Prahy. Tato lokalita spadá do sněhové oblasti I. Koeficienty. U oblasti I. je zatížení nižší než užité zatížení střechy, z tohoto důvodu jsem použil místo zatížení sněhem, užité zatížení.

Tabulka 2 - Zatížení sněhem

(Zdroj: Autor práce)

Název	Zkratka	Hodnota	Jednotky
Charakteristická hodnota zatížení	Sk	0,70	kN/m ²
Typ krajiny		normální	
Součinitel expozice	Ce	1	-
Tepelný součinitel	Ct	1	-
Součinitel zatížení	Yf	1,5	-
Sklon střechy	α	7	°
Tvarový součinitel	μ_1	0,8	
Charakteristická hodnota zatížení	S1	0,56	kN/m ²

Užité zatížení pro nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav.

Tabulka 3 - Užité zátížení

(Zdroj: Autor práce)

Popis zátížení	Charakteristická hustota [kg/m ²]	součinitel	Návrhové zátížení [kN/m]
Užitné zátížení pro nepřístupné střechy s výjimkou údržby a oprav	0,75	1,50	1,12

Zatížení větrem

Objekt se nachází v obci Přemyšlení nedaleko Prahy. Tato lokalita spadá do větrné oblasti II. Koeficienty a hodnoty použité ve výpočtu jsou vypsány zde. Ve výstupu z programu je sání větrem znázorněno červenou barvou a tlak zelenou barvou.

Tabulka 4 - Zátížení větrem

(Zdroj: Autor práce)

Název	Zkratka	Hodnota	Jednotky
Rychlost větru	V _{b,o}	25	m/s
Kategorie terénu		II	
Součinitel směru větru	C _{dir}	1	-
Součinitel ročního období	C _{seson}	1	-
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	C _o	1	-

Maximální dynamický tlak	qp	0,83	kN/m ²
Součinitel zatížení	Yf	1,5	-
Plocha pro stanovení Cpe	A	87,38	m ²

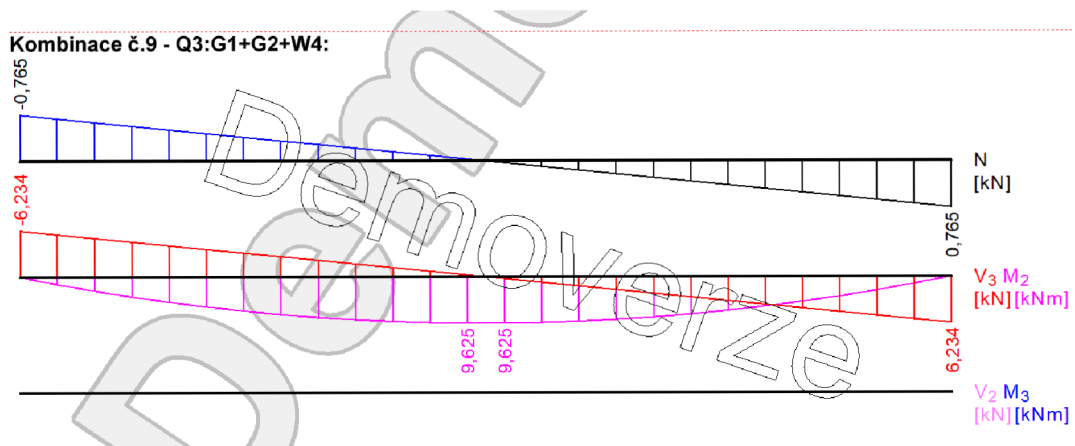
Tabulka 5 - Specifikace pro zatížení větrem

(Zdroj: Autor práce)

Název	Zkratka	Hodnota	Jednotky
Sklon střechy	α	7	°
Výška hřebene (střecha větší)	z	6,979	m
Výška hřebene (střecha menší)		6,2	
Maximální tlak	qp	0,03	kN/m ²
Maximální sání (střecha větší)	qp	-1,95	kN/m ²
Maximální sání (střecha menší)		-1,88	

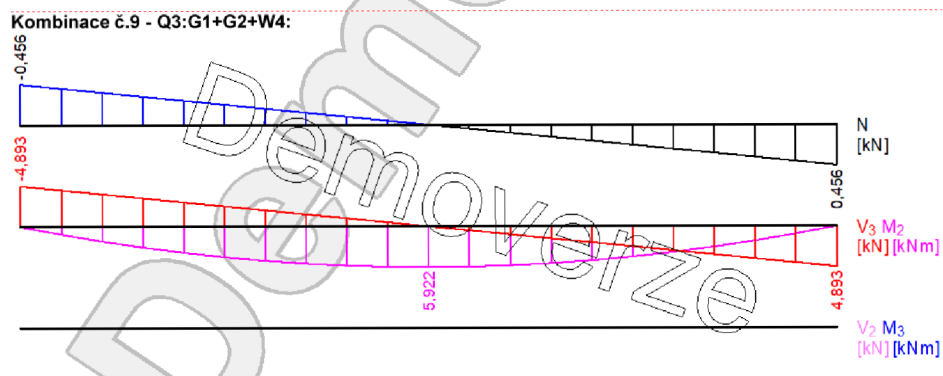
Kombinace zatížení

Pro posuzování únosnosti prvku se počítá s několika kombinacemi zatížení, které se vygenerují v programu Fin EC – 2D, konkrétně program vypočítal třináct zatěžovacích kombinací. Následně se vypočetly vnitřní síly z kombinací zatížení a ty nejkritičtější síly se posuzovaly s prvkem. Nejkritičtější kombinace byla pátá (viz obrázek).



Obrázek 17 - Kritická kombinace střechy s velkou plochou

(Zdroj: Autor práce)



Obrázek 18 - Kritická kombinace střechy s malou plochou

(Zdroj: Autor práce)

Zhodnocení

Posuzovala se krokev o průřezu 180×120 mm. Pro posouzení byla použita norma EN 1995-1. Rozhodovací zatěžovací případ: kombinace č.9 – Q3:G1+G2+W4

Tabulka 6 - Vnitřní síly po zatížení u krokve na střeše s velkou plochou

(Zdroj: Autor práce)

Vnitřní síly po zatížení kombinace č.9 Střechy o velké ploše	
N	0,765 kN
My	9,625 kNm
Mz	0,000 kNm
Vz	6,234 kN
Vy	0,000 kN

Tabulka 7 - Vnitřní síly po zatížení u krokve na střeše s malou plochou

(Zdroj: Autor práce)

Vnitřní síly po zatížení kombinace č.9 Střechy o malé ploše	
N	0,456 kN
My	5,922 kNm
Mz	0,000 kNm
Vz	4,893 kN
Vy	0,000 kN

Posouzení krokve u střechy s velkou plochou:

Rozhodující zatěžovací případ: Kombinace č.9 – Q3:G1+G2+W4

Vnitřní síly: N = -0,031 kN; My = 9,625 kNm; Mz = 0 kNm; Vz = -0,249 kN;
Vy = 0 kN

Posouzení kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti: Nr = 69,528 kN; My,r = -10,767 kNm

$|0,0+(-0,894)+0,0| = |-0,894| < 1$ Tento parametr **VYHOVUJE**

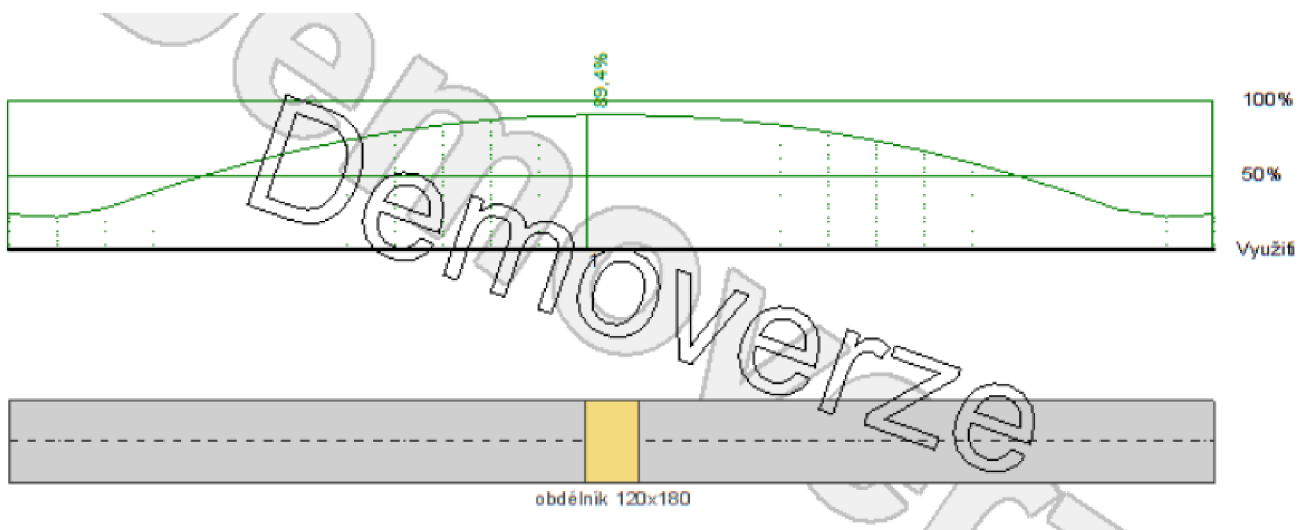
Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnosti: $V_r = 26,718 \text{ kN}$

$0,01 < 1$

Tento parametr **VYHOVUJE**

Štíhlost dílce = 178,6



Obrázek 19 - Schéma využitelnosti průřezu

(Zdroj: Autor práce)

Průřez krokve $180 \times 120 \text{ mm}$, který jsem navrhl, vyhovuje nejkritičtějšímu zatížení, které může nastat. S využitelností 89,4 %. Posouzení průřezu proběh dle normy EN 1995-1.

Posouzení krokve u střechy s malou plochou:

Rozhodující zatěžovací případ: Kombinace č.9 – Q3:G1+G2+W4

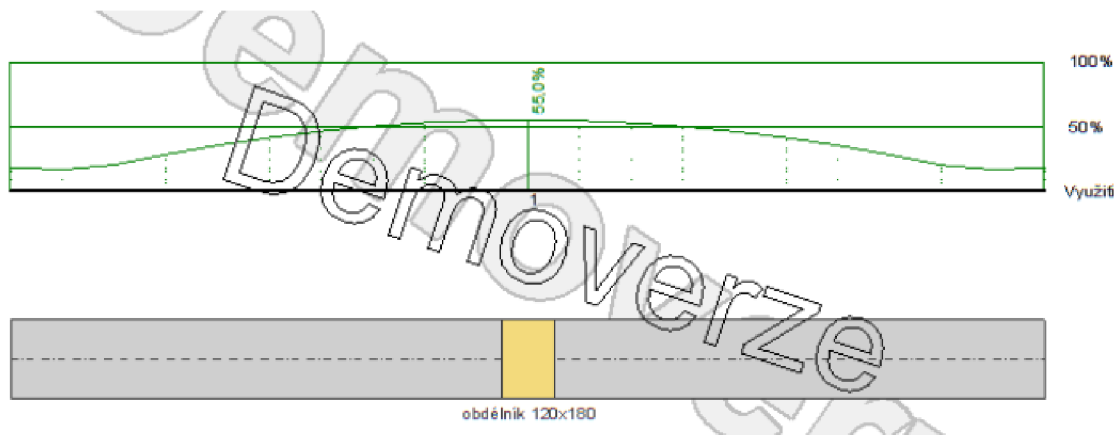
Vnitřní síly: $N = 0 \text{ kN}$; $M_y = 5,922 \text{ kNm}$; $M_z = 0 \text{ kNm}$; $V_z = 0 \text{ kN}$; $V_y = 0 \text{ kN}$

Posouzení ohybu:

Únosnosti: $M_{y,r} = 10,767 \text{ kNm}$

$0,55+0,0 = 0,55 < 1$ Tento parametr **VYHOVUJE**

Štíhlost dílce = 139,7



Obrázek 20 - Schéma využitelnosti průřezu u střechy s malou plochou

(Zdroj: Autor práce)

4.12.2 Statické posouzení spojů

Pro posouzení jsem si vybral připojení krokve – pozednice v hřebeni a krokve – pozednice u dešťového žlabu. Tyto spoje jsem posuzoval pro obě střechy, takže mám celkem čtyři spoje. Navrženy jsou spoje od firmy Rothoblaas, která uvádí maximální sílu na stříh a vytažení. Následně jsem provedl výpočet, kde poměr zatížení k únosnosti musí být menší než 1, aby byl spoj vyhovující. V případě, že je hodnota větší než 1, tak se musí zvětšit počet prvků ve spoji.

1. Krokev – pozednice v hřebeni (střecha s velkou plochou):

Je zde navržen vrut od firmy Rothoblaas SHS AISI410, průměru 8 mm a délky 260 mm s označením SHS8260AS.

Rozhodující zatěžovací případ: Kombinace č.9 – Q3:G1+G2+W4

Vnitřní síly: $N = 0,765$ kN; $V_z = 6,234$ kN

Posouzení na stříh:

Únosnosti: $N_r = 3,16$ kN

$$\frac{0,765}{3,16} = 0,242 < 1 \quad \text{Tento parametr VYHOVUJE}$$

Posouzení na vytažení:

Únosnosti: $V_r = 8,08$ kN

$$\frac{6,234}{8,08} = 0,772 < 1 \quad \text{Tento parametr VYHOVUJE}$$

2. Krokev – pozednice u dešťového žlabu (střecha s velkou plochou):

Je zde navržen vrut od firmy Rothoblaas SHS AISI410, průměru 8 mm a délky 260 mm s označením SHS8260AS.

Rozhodující zatěžovací případ: Kombinace č.9 – Q3:G1+G2+W4

Vnitřní síly: $N = 0,765$ kN; $V_z = 6,234$ kN

Posouzení na stříh:

Únosnosti: $N_r = 3,16$ kN

$$\frac{0,765}{3,16} = 0,242 < 1 \quad \text{Tento parametr VYHOVUJE}$$

Posouzení na vytažení:

Únosnosti: $V_r = 8,08$ kN

$$\frac{6,234}{8,08} = 0,772 < 1 \quad \text{Tento parametr VYHOVUJE}$$

3. Krokev – pozednice v hřebeni (střecha s malou plochou):

Je zde navržen vrut od firmy Rothoblaas SHS AISI410, průměru 8 mm a délky 260 mm s označením SHS8260AS.

Rozhodující zatěžovací případ: Kombinace č.9 – Q3:G1+G2+W4

Vnitřní síly: $N = 0,456$ kN; $V_z = 4,893$ kN

Posouzení na střih:

Únosnosti: $N_r = 3,16$ kN

$$\frac{0,456}{3,16} = 0,144 < 1 \quad \text{Tento parametr VYHOVUJE}$$

Posouzení na vytažení:

Únosnosti: $V_r = 8,08$ kN

$$\frac{4,893}{8,08} = 0,606 < 1 \quad \text{Tento parametr VYHOVUJE}$$

4. Krokev – pozednice u dešťového žlabu (střecha s malou plochou):

Je zde navržen vrut od firmy Rothoblaas SHS AISI410, průměru 8 mm a délky 260 mm s označením SHS8260AS.

Rozhodující zatěžovací případ: Kombinace č.9 – Q3:G1+G2+W4

Vnitřní síly: $N = 0,456$ kN; $V_z = 4,893$ kN

Posouzení na střih:

Únosnosti: $N_r = 3,16$ kN

$$\frac{0,456}{3,16} = 0,144 < 1 \quad \text{Tento parametr VYHOVUJE}$$

Posouzení na vytažení:

Únosnosti: $V_r = 8,08$ kN

$$\frac{4,893}{8,08} = 0,606 < 1 \quad \text{Tento parametr VYHOVUJE}$$

4.13 Posouzení z hlediska stavební fyziky

V této podkapitole je komplexní hodnocení výstupů z programu Teplo od Svoboda software, které jsou v příloze, kde se vyhodnocovaly teplotní a vlhkostní vlastnosti vybraných konstrukčních skladeb, které by mohly být považovány za ty nejkritičtější. Jedná se o obvodovou stěnu, podlahu na terénu a střešní plášť (Koloděj, 2012). Veškeré skladby mi vyhovují dle porovnání hodnot s normou ČSN 730540-2 (2011) na součinitel prostupu tepla i na součinitel šíření vlhkosti konstrukcí (ČSN EN ISO 13790, 2009; Raška, 2010; Rychlík, 2021).

4.13.1 Komplexní hodnocení konstrukčních skladeb z hlediska stavební fyziky

1) Obvodová stěna

Tabulka 8 – Výsledky stavební fyziky u obvodové stěny

(Zdroj: Autor práce)

STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE		
Materiály	d (m)	λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Fermacell Vapor	0,013	0,32
Parobrzdá	0,0002	0,2
Dřevěné nosníky	0,16	0,0641
Fermacell deska	0,013	0,32
Tepelná izolace	0,12	0,039
Cementové lepidlo s perlínkou	0,005	1,16
Omítka exteriérová	0,005	0,1
Celková tloušťka (m)	0,3162	
U_T (W.m⁻².K⁻¹) - vypočtená hodnota konstrukce	0,170	
$U_{pas,20}$ (W.m⁻².K⁻¹) - pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 - 0,12	

Okrajové podmínky stavby jsou:

- Návrhová vnitřní teplota $T_i = 19,07 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu $T_{ai} = 20,6 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Návrhová venkovní teplota $T_{ae} = -16 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Relativní vlhkost v interiéru $R_{hi} = 55\%$

Tabulka 9 - Zhodnocení teplotního faktoru u obvodové stěny

(Zdroj: Autor práce)

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)		
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m} \text{ (-)}$	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr} \text{ (-)}$ pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Obvodová stěna	0,958	0,754	splněno

Tabulka 10 - Zhodnocení součinitele prostupu tepla u obvodové stěny

(Zdroj: Autor práce)

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)			
	Vypočtená hodnota $U_T \text{ (W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}\text{)}$	Požadovaná hodnota $U_{N,20} \text{ (W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}\text{)}$	Doporučená hodnota $U_{N,20} \text{ (W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}\text{)}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20} \text{ (W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}\text{)}$
Obvodová stěna	0,170 *	0,30	0,20	0,18 – 0,12
		splněno	splněno	splněno

Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí jsou:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce
= **SPLNĚNO**
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu
= **SPLNĚNÉ**
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)
= **SPLNĚNO**

4.13.2 Závěr:

Tato skladba splňuje požadavky součinitele prostupu tepla pro pasivní stavby. Za předpokladu, že by byla potřeba snížit součinitel prostupu tepla, tak by se mohla zvýšit tloušťka izolace, nebo navrhnout izolaci s lepším součinitelem prostupu tepla. Zvýšením tloušťky izolací, by mělo za následek negativní vliv na zvětšení plochy zastavěnosti stavby.

Je splněn i teplotní faktor.

U této skladby jsou zároveň splněny veškeré požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí, takže tato konstrukce by neměla být vystavena kondenzační vodě a tím zvyšování vlhkosti dřeva, které by mohlo být poté napadeno dřevokazným hmyzem či houbami.

2) Střecha

Tabulka 11 - Výsledky stavební fyziky u střechy

(Zdroj: Autor práce)

STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE		
Materiály	d (m)	λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
Fermacell	0,013	0,32
Rošt pro podhled	0,06	0,2659
Pro clima RB	0,0001	0,17
Isover Isophen	0,14	0,032
Nosné trámy + tepelná izolace	0,18	0,0420
Egger DHF	0,013	0,1
Isocell Omega	0,0007	0,35
Celková tloušťka (m)	0,3667	
U_T ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) - vypočtená hodnota konstrukce	0,123	
$U_{\text{pas},20}$ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) - pasivní budovy doporučená hodnota	0,15-0,10	

Okrajové podmínky stavby jsou:

- Návrhová vnitřní teplota $T_i = 19,07$ °C
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu $T_{ai} = 20,6$ °C
- Návrhová venkovní teplota $T_{ae} = -16$ °C
- Relativní vlhkost v interiéru $R_{hi} = 55\%$

Tabulka 12 - Zhodnocení teplotního faktoru u střechy

(Zdroj: Autor práce)

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)		
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m}$ (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Střecha	0,970	0,754	splněno

Tabulka 13 - Zhodnocení součinitele prostupu tepla u střechy

(Zdroj: Autor práce)

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)			
	Vypočtená hodnota U_T ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Doporučená hodnota $U_{N,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
Střecha	0,123 *	0,24	0,16	0,15 – 0,10
		splněno	splněno	splněno

Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí jsou:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce
= **SPLNĚNO**
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu
= **SPLNĚNÉ**
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)
= **SPLNĚNO**

4.13.3 Závěr:

Tato skladba splňuje požadavky součinitele prostupu tepla pro pasivní stavby. Pokud by byla potřeba snížit součinitel prostupu tepla, tak by se mohla navrhnout izolaci s lepším součinitelem prostupu tepla.

Je splněn i teplotní faktor.

U této skladby jsou zároveň splněny všechny tři požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí, takže tato konstrukce by neměla být vystavena kondenzační vodě a tím zvyšování vlhkosti dřeva, u kterých by bylo riziko, že by mohlo být poté napadeno dřevokazným hmyzem a houbami.

3) Podlaha na terénu

Tabulka 14 - Výsledky stavební fyziky u podlahy na terénu

(Zdroj: Autor práce)

STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE		
Materiály	d (m)	λ (W.m⁻¹.K⁻¹)
Keramická dlažba	0,015	1,01
Weber mix	0,005	0,26
Fermacell	0,026	0,32
Separáční fólie	0,0001	,035
Systémová deska podlahového topení	0,03	0,037
Isover EPS 100	0,12	0,037
Vyrovnávací Fermacell podsyp	0,03	0,13
Elastodek 50 mm	0,005	0,21
Elastodek 50 mm	0,005	0,21
Železobeton	0,2	1,58
Celková tloušťka (m)	0,436	
U_T (W.m⁻².K⁻¹) - vypočtená hodnota konstrukce	0,213	
$U_{pas,20}$ (W.m⁻².K⁻¹) - pasivní budovy doporučená hodnota	0,22-0,15	

Okrajové podmínky stavby jsou:

- Návrhová vnitřní teplota $T_i = 19,07$ °C
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu $T_{ai} = 20,6$ °C
- Návrhová venkovní teplota $T_{ae} = -16$ °C

- Relativní vlhkost v interiéru $R_{hi} = 55\%$

Tabulka 15 - Zhodnocení teplotního faktoru u podlahy na terénu

(Zdroj: Autor práce)

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)		
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m}$ (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Střecha	0,970	0,754	splněno

Tabulka 16 - Zhodnocení součinitele prostupu tepla u podlahy na terénu

(Zdroj: Autor práce)

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)			
	Vypočtená hodnota U_T ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Doporučená hodnota $U_{N,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
Střecha	0,123 *	0,24	0,16	0,15 – 0,10
		splněno	splněno	splněno

Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí jsou:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce
= **SPLNĚNO**
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu
= **SPLNĚNÉ**

3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ nebo $3-6 \%$ plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)
= **SPLNĚNO**

4.13.4 Závěr:

Tato skladba splňuje požadavky součinitele prostupu tepla pro pasivní stavby. Jestliže by byla potřeba snížit součinitel prostupu tepla, tak by se mohla navrhnout izolaci s lepším součinitelem prostupu tepla.

Je splněn i teplotní faktor.

U této skladby jsou zároveň splněny všechny tři požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí, takže tato konstrukce by neměla být vystavena kondenzační vodě a tím zvyšování vlhkosti dřeva, které by mohlo být poté napadeno dřevokazným hmyzem nebo houbami.

4.14 Rozpočet

U této podkapitoly je jednáno o finanční části projektu. Rozpočet jsem vyhotovil v softwaru Kros, který je určen pro rozpočtování staveb. V této kapitole shrnu ceny jednotlivých fází stavby. Celkově stavba vychází na $10\,471\,849,51 \text{ Kč}$ bez DPH a $12\,670\,937,91 \text{ Kč}$ včetně DPH. V této ceně je započteno vše, kromě pozemku.

Tabulka 17 - Cenový souhrn jednotlivých fází stavby

(Zdroj: Autor práce)

Označení	Fáze stavby	Cena bez DPH	DPH	Cena s DPH
01	Stavba	7 891 765,51	1 657 270,76	9 549 036,27
02	Elektro	163 812,20	34 400,56	198 212,76
03	Voda	511 536,94	107 422,76	618 959,70
04	Odpad	86 481,68	18 161,15	104 642,83
05	Rekuperace	130 075,60	27 315,88	157 391,48
06	Sanita	176 520,98	37 069,41	213 590,39
07	Oplocení	1 241 648,80	260 746,25	1 502 395,05
08	Zahrada	270 007,80	56 701,64	326 709,44
Celkem		10 471 849,51 Kč	2 199 088,40 Kč	12 670 937,91 Kč

4.14.1 Popis jednotlivých fází

Fáze stavby

Tato fáze obsahuje v nacenění veškerých zemních prací stavby, základových prací, kompletní konstrukce včetně povrchových úprav a výplní stavebních otvorů. V nacenění jsou započteny i betonové kaskády na zahradu a opěrné stěny na zahradě.

Fáze elektro

Zde jsou započteny veškeré elektrické rozvody společně s rozvodnou skříní, pojistek, vypínačů a zásuvek. Je zde také započtena elektrická přípojka a led podhledová světla.

Fáze voda

U této fáze jsou rozpočteny veškeré vodovodní rozvody, je zde i vodovodní přípojka, nádrž s filtrací na dešťovou vodu, tepelné čerpadlo, akumulární nádrž a boiler.

Fáze odpad

U tohoto členění je naceněna kanalizační přípojka a vnitřní rozvody.

Fáze rekuperace

Do této fáze se započítala rekuperační jednotka včetně veškerých rozvodných potrubí včetně spojek a stropních vyústek.

Fáze sanita

V této fázi jsou započteny WC, včetně montážních prvků a Geberitu včetně předstěny. Dále zde jsou umyvadla, dřez, vany a sprchové vaničky včetně skleněných zástěn.

Fáze oplocení

Do této části jsem započítal gabionový plot, včetně zemních prací potřebných k jeho založení. Jsou zde i elektricky otevíravá vrata a branka.

Fáze zahrada

V této poslední fázi jsou rozpočteny finální úpravy pozemku, pokládka zatravnovací dlažby, okapového chodníčku a výsadba rostlin.

5 Diskuze

Tento návrh jsem navrhoval tak, aby splnil pasivní kritéria a zároveň se zbytečně neprodrazovala stavba o drahé materiály s vynikajícími fyzikálními vlastnostmi ve skladbě.

V případě, pokud by investor chtěl zařadit stavbu do vyšší kategorie, jako jsou například stavby nulové, tak by byla potřeba změnit tepelnou izolaci na izolaci s menším součinitelem prostupu tepla, popřípadě zvětšit její tloušťku. Eventuálně by šlo změnit skladbu na difuzně uzavřenou, což by pomohlo udržet více tepla uvnitř objektu. Avšak později by tato skladba mohla mít negativní vliv na životnost v případě špatně provedených detailů.

V případě, kdy by byl požadavek z lehké rámové konstrukce změněn, tak by šla stavba navrhnout z CLT panelů, u kterých by se daly využít CLT stěny, strop a zároveň i střešní konstrukce.

Za předpokladu, že by se potřebovala stavba optimalizovat cenově, tak bych doporučoval změnit gabionový plot za plot ze ztraceného bednění v kombinaci s dřevěnou prknovou výplní. Další možnost by bylo zlevnění technologického vybavení budovy, kdy by se místo podlahového vytápění s rekuperací navrhli radiátory. Jako poslední možnost by bylo zlevnění materiálů skladby, což by mělo pravděpodobně za následek, že stavba nebude splňovat pasivní kritéria.

6 Závěr

Hlavním cílem závěrečné práce bylo vypracování realizační a výrobní dokumentace prefabrikované dřevostavby z lehké rámové konstrukce. Součástí práce byl také rozpočet, posouzení stavby z hlediska stavební fyziky a statický posudek vybraného prvku a tří spojů. V rámci práce musel být vytvořen výstup vybraného prvku pro CNC stroj.

Povedlo se mi navrhnout prefabrikovanou dřevostavbu z lehké rámové konstrukce, která splňuje pasivní kritéria. Stavba zároveň splňuje regulace z územně regulačního plánu obce Přemyšlení, kde nesmí objekty pro rodinné bydlení překročit výšku 8 metrů, maximální zastavěnost 25 % plochy pozemku, parkování na pozemku a maximální využití dešťové vody na pozemku, což jsem docílil pomocí nádrže s filtrací. Součet zastavěné plochy stavby, gabionového plotu a opěrných stěn činí 200,1 m², tedy 24,6 % zastavěnosti pozemku, tudíž je splněn požadavek na maximální zastavěnost.

Pro statický posudek jsem si vybral dvě krokve, kde jedna krokev se nachází na pultové střeše o větší ploše a druhá na střeše s menší plochou. Obě tyto krokve vyhověly s využitím 89,4 % na velké ploše a 55 % na malé ploše střech. Pro posouzení tří spojů jsem si vybral napojení těchto krovů k pozednicím, tudíž jsem měl čtyři spoje. Všechny tyto spoje vyhověly a pro připevnění krovky je zapotřebí pouze dvou vrutů SHS AISI410 průměru 8 mm a délky 260 mm s označením SHS8260AS od firmy Rothoblaas.

V rozpočtu stavby jsem nacenil veškeré materiály a práce potřebné k vytvoření stavby připravené k bydlení, včetně úpravy pozemku a technické vybavenosti. Rozpočet stavby činí 12 670 937,91 Kč včetně DPH, kde v ceně není zahrnutý pozemek a vybavení nábytkem.

7 Seznam literatury a použitých zdrojů

BORGSTRÖM, Eric, 2016. *Design of timber structures*. Sweden: Swedish Forest Industries Federation. ISBN 978-91-980304-8-8.

ČSN EN 1995-1 - EUROKÓD 5. *Navrhování dřevěných konstrukcí platí pro navrhování pozemních a inženýrských staveb ze dřeva nebo konstrukčních výrobků na bázi dřeva, spojovaných pomocí lepidel nebo mechanických spojovacích prostředků. Zahrmuje zásady a požadavky na bezpečnost a použitelnost konstrukcí a základy navrhování a posuzování podle teorie mezních stavů.*

ČSN EN ISO 13790, 2009. *Energetická náročnost budov*.

DĚDEK, Miloň a František VOŠICKÝ, 2008. *Stavební materiály: pro 1. ročník SPŠ stavebních*. 6., upr. vyd. Praha: Sobotáles. ISBN ISBN978-80-86817-26-2.

Dek.cz, 2024. *Nenalezený vydavatel* [online]. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1435541620-isover-woodsil-100mm-3-48m2-bal>

Designové dřevostavby.cz [online], 2023. [cit. 2023-10-28]. Dostupné z: <https://www.designovedrevostavby.cz/nase-prace-drevostavby/rd-z-ramove-konstrukce-v-obci-luka/>

DŘEVO&stavby.cz, 2024. *Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby* [online]. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/4220-nejen-sruby-a-roubenky-jake-jsou-moznosti-staveb-z-masivniho-dreva>

DŘEVO&stavby.cz [online], 2024. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukcedrevostaveb/6568-difuzne-otevrena-nebo-difuzne-uzavrena-stena-do-drevostavby>

Dřevostavitel.cz [online], 2024. [cit. 2024-01-24]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/stupne-prefabrikace-drevostaveb>

G-MAR PLUS s.r.o [online], 2024. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.g-mar.cz/tc-vzduch-voda/>

Gebasdomy.cz [online], 2023. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.gebasdomy.cz/2-historie-vyvoj-drevostaveb-82633c43505416a8fa6f93d477d78ef0/4>

HÁJEK, Petr, 2020. *Pozemní stavitelství I: pro střední školy se stavebním zaměřením*. Vydání sedmé, přepracované. Praha: Sobotáles. ISBN ISBN978-80-86817-49-1.

HERZOG, Thomas, Julius NATTERER, Roland SCHWEITZER, Michael VOLZ a Wolfgang WINTER, 2003. *Holzbau Atlas*. Switzerland: Birkhäuser. ISBN 9783764369842.

JIRÍČEK, Petr, 2012. Stavba dřevostavby systémem two by four. *Drevostavitel.cz* [online]. [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/two-by-four-system>

JODIDIO, Philip, 2019. *100 Contemporary Wood Buildings*. Köln: TASCHEN. ISBN 3836561565.

KOLÁČEK, František, 2022. *Návrh realizace obytné dřevostavby vyrobené prefabrikací pro celoroční užívání*. Praha. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

KOLB, Josef, 2007. *Holzbau mit System*. Switzerland: Birkhäuser. ISBN 9783764376130.

KOLODĚJ, Jan, 2012. Ekonomická výhodnost pasivních domů. *Stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8715-ekonomicka-vyhodnost-pasivnich-domu>

KUKLÍK, Petr, 2005. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT. Technická knihnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-867-6972-0.

LÜCKMANN, Rudolf a Franziska PIETRYAS, 2022. *Holzbau: Konstruktion-Bauphysik-Projekte*. Deutschland: WEKA MEDIA GmbH & Co. ISBN 3811104160.

NĚMCOVÁ, Lucie, 2019. Klasika Two by Four - dřevostavba realizovaná na

staveništi. *DŘEVO&stavby.cz* [online]. [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5500-two-by-four-drevostavba-ralizovana-na-stavenisti>

NEUFERT, Ernst, 2019. *Architects' Data*. USA: John Wiley And Sons. ISBN 9781119284352.

NEWMAN, Morton, 1994. *Design and Construction of Wood Framed Buildings*. McGraw Hill. ISBN 978-0070463639.

NOVÁK, Petr, 2011. Co je to dřevostavba. *Drevostavitel.cz* [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/co-je-to-drevostavba>

NOVÁK, Petr, 2011. Stavební systémy dřevostaveb – Rámové konstrukce. *Drevostavitel.cz* [online]. [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/stavebni-systemy-1-dil>

Obec Zdiby - Oficiální web. *PLATNÝ po změně č. 4: Obec Zdiby* [online]. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.obeczdiby.cz/uzemni-plan-platny/d-1667>

PAVLAS, Marek, 2016. Konstrukce dřevostaveb. *DŘEVO&stavby.cz* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/4220-nejen-sruby-a-roubenky-jake-jsou-moznosti-staveb-z-masivniho-dreva>

PEJŠA, Jan, 2016. Sloupková konstrukce dřevostaveb. *Stavimbydlim.cz* [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/sloupkova-konstrukce-drevostaveb/>

RAŠKA, David, 2010. *Nízkoenergetické a pasivní domy*. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí. Vedoucí práce Rudolf Přibíl.

Rigips.cz [online], 2024. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.rigips.cz/produkty/kategorie/desky-a-podlahove-dilce/>

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

RYCHLÍK, Zdeněk, 2021. *Nízkoenergetický a pasivní dům - standard bydlení v 21. století v ČR*. Plzeň. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí

práce Zbyněk Martínek.

SLOVÁK, Karel, 2013. Historie dřevostaveb: odjakživa reagují na trendy své doby
Zdroj: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/drevostavby-reaguji-na-trendy-doby>.
Drevostavitel.cz [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z:
<https://www.drevostavitel.cz/clanek/drevostavby-reaguji-na-trendy-doby>

SOBON, Jack a Roger SCHROEDER, 1984. *Timber Frame Construction : All About Post-And-Beam Building*. Storey Publishing. ISBN 9780882663661.

STEIGER, Ludwig, 2020. *Basics Timber Construction*. 3rd. Birkhäuser Berlin. ISBN 978-3764381028.

ŠANDA, Dominik, 2022. *Návrh obytné dřevostavby pro nízkonákladové bydlení*. Praha. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

TZB-info.cz [online], 2024. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>

Venkovskydum.cz [online], 2024. [cit. 2024-01-24]. Dostupné z: <https://venkovskydum.cz/ramova-konstrukce-drevostavby/>

Www.arubio.cz [online], 2023. [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://www.arubio.cz/o-nasich-drevostavbach/drevostavby-z-masivu>

ZAHRADNÍČEK, Václav a Pavel HORÁK, 2007. *Moderní dřevostavby*. Brno: ERA. 21. století. ISBN ISBN:978-80-7366-109-0.

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Rámová konstrukce dřevostavby	17
Obrázek 2 - Znárodněný rámové konstrukce	21
Obrázek 3 - Křížově kolíkové dílce	23
Obrázek 4 - Typy sádkartonových desek	27
Obrázek 5 - Minerální tepelná izolace Isover	29
Obrázek 6 - Územní plán	32
Obrázek 7 - Koordinační situace	34
Obrázek 8 - Půdorys 1. NP	36
Obrázek 9 - Půdorys 2.NP	37
Obrázek 10 - Vizualizace exteriéru ze severní strany	38
Obrázek 11 - Vizualizace exteriéru z jižní strany	38
Obrázek 12 - Vizualizace obývacího pokoje	39
Obrázek 13 - Vizualizace schodišťového prostoru	39
Obrázek 14 - Schéma zapojení tepelného čerpadla	42
Obrázek 15 - Schéma využívání dešťové vody	43
Obrázek 16 - Půdorysné označení panelů pro výrobní dokumentaci	49
Obrázek 17 - Kritická kombinace střechy s velkou plochou	55
Obrázek 18 - Kritická kombinace střechy s malou plochou	55
Obrázek 19 - Schéma využitelnosti průřezu	57
Obrázek 20 - Schéma využitelnosti průřezu u střechy s malou plochou	58

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Stálé zatížení.....	51
Tabulka 2 - Zatížení sněhem.....	52
Tabulka 3 - Užité zatížení.....	53
Tabulka 4 - Zatížení větrem.....	53
Tabulka 5 - Specifikace pro zatížení větrem.....	54
Tabulka 6 - Vnitřní síly po zatížení u krokve na střeše s velkou plochou.....	56
Tabulka 7 - Vnitřní síly po zatížení u krokve na střeše s malou plochou.....	56
Tabulka 8 – Výsledky stavební fyziky u obvodové stěny.....	61
Tabulka 9 - Zhodnocení teplotního faktoru u obvodové stěny.....	62
Tabulka 10 - Zhodnocení součinitele prostupu tepla u obvodové stěny.....	62
Tabulka 11 - Výsledky stavební fyziky u střechy.....	64
Tabulka 12 - Zhodnocení teplotního faktoru u střechy.....	65
Tabulka 13 - Zhodnocení součinitele prostupu tepla u střechy.....	65
Tabulka 14 - Výsledky stavební fyziky u podlahy na terénu.....	67
Tabulka 15 - Zhodnocení teplotního faktoru u podlahy na terénu.....	68
Tabulka 16 - Zhodnocení součinitele prostupu tepla u podlahy na terénu.....	68
Tabulka 17 - Cenový souhrn jednotlivých fází stavby.....	69

10 Seznam příloh

Příloha A – Výkresová dokumentace

Příloha B – Statický posudek

Příloha C – Stavební fyzika

Příloha D – Rozpočet stavby

11 Přílohy