

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA

Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny



**Návrh rodinného domu systémem dřevěné  
rámové konstrukce**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Petr Havel

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem práci: Návrh rodinného domu systémem dřevěné rámové konstrukce vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 9. 5. 2017

Podpis: .....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Pavle Kotáskové, Ph.D. za odborné rady, vstřícnost a čas, který mi při zpracování této práce poskytla. Současně bych rád poděkoval svým rodičům za podporu během celého mého studia.

## **Abstrakt**

Petr Havel

Návrh rodinného domu systémem dřevěné rámové konstrukce

Tématem této bakalářské práce je návrh moderního jednopodlažního domu pro čtyřčlennou rodinu. Dům je navržen jako dřevostavba systémem rámové konstrukce. První část práce je zaměřena na umístění a návrh dispozice rodinného domu, technologii výroby prefabrikovaných panelů a postup výstavby dřevostavby. Druhou částí práce je technický popis navržených konstrukcí, architektonická vizualizace a tepelně technické posouzení obvodového pláště. Práce je podložena výkresovou dokumentací.

**Klíčová slova:** návrh, konstrukce, dřevo, rodinný dům, dřevostavba, vizualizace

## **Abstract**

Petr Havel

Wood frame family house design

The subject of this bachelor thesis is a design of a modern single-storey house for a family of four. The house is designed as a wooden structure with a frame construction system. The first part focuses on location and the design of disposition of the family house. It is also concerned with the technology of production of prefabricated panels and the method of building the designed wooden structure. The other part of the thesis consists of a technical description of the designed structures, an architectural visualization and an assessment of the building envelope from the thermal technical point of view. The thesis is based on the enclosed drawing documentation.

**Key words:** design, construction, wood, family house, wooden structure, visualization

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	7
<b>2. Cíl práce</b> .....	8
<b>3. Metodika</b> .....	9
3.1. Výběr typu rodinného domu .....	9
3.2. Návrh místností .....	9
3.2.1. Obývací pokoj.....	9
3.2.2. Kuchyně.....	9
3.2.3. Ložnice.....	10
3.2.4. Samostatné WC.....	10
3.2.5. Hlavní domovní komunikace.....	10
3.2.6. Zádveří.....	10
3.3. Orientace místností .....	11
3.4. Návrh obvodové konstrukce .....	12
<b>4. Přehled</b> .....	13
4.1. Dřevostavba.....	13
4.2. Rámová konstrukce dřevostavby .....	14
4.3. Deskové materiály pro dřevostavby.....	15
4.4. Izolace ve dřevostavbách .....	15
<b>5. Technologie výroby a postup výstavby</b> .....	16
5.1. Vstupní suroviny .....	16
5.2. Výroba stěnových panelů .....	17
5.3. Výroba příhradových vazníků .....	19
5.4. Postup výstavby.....	20
<b>6. Výsledky</b> .....	22
6.1. Technický popis objektu .....	22
6.1.1. Urbanistické, architektonické a stavebně technické řešení .....	22
6.1.2. Zakládání stavby.....	24
6.1.3. Obvodové stěny .....	25
6.1.4. Vnitřní nosné stěny mezi garáží a obytnou částí .....	27
6.1.5. Vnitřní nosné stěny .....	28
6.1.6. Vnitřní nenosné příčky .....	29

6.1.7. Podlahy s teplovodním vytápěním .....	30
6.1.8. Podlahy bez teplovodního vytápění .....	31
6.1.9. Stropní konstrukce .....	32
6.1.10. Střešní plášť.....	34
6.1.11. Konstrukce krovu .....	35
6.1.12. Hydroizolace a parozábrany .....	36
6.1.13. Tepelné a akustické izolace .....	36
6.1.14. Výplně otvorů .....	37
6.1.15. Vytápění .....	37
6.1.16. Obklady .....	37
6.1.17. Malby a nátěry .....	38
6.1.18. Větrání místností.....	38
6.1.19. Venkovní úpravy .....	38
6.2. Architektonická vizualizace .....	39
6.3. Tepelně technické posouzení obvodového pláště .....	40
6.3.1. Výpočet součinitele prostupu tepla .....	40
6.3.2. Porovnání s normou.....	43
<b>7. Diskuze .....</b>	<b>44</b>
<b>8. Závěr .....</b>	<b>45</b>
<b>9. Summary .....</b>	<b>46</b>
<b>10. Seznam použité literatury .....</b>	<b>47</b>
<b>11. Seznam elektronických zdrojů.....</b>	<b>48</b>
<b>12. Seznam obrázků .....</b>	<b>49</b>
<b>13. Seznam příloh.....</b>	<b>50</b>

# 1. Úvod

Dřevo je bezesporu jedním z nejdůležitějších materiálů v celé historii lidstva. Díky jeho nenapodobitelným vlastnostem v něm člověk už na počátku objevil výborný zdroj tepla a později i skvělý stavební materiál. Se zvětšujícím se rozsahem lidské činnosti se dřevo stávalo stále oblíbenějším a využívanějším a v mnoha směrech je jeho uplatnění dodnes nenahraditelné.

Výjimečnost a bezesporná výhoda tohoto přírodního materiálu oproti jiným stavebním materiálům je především v jeho obnovitelnosti, díky které lze při správném hospodaření získat nevyčerpatelný zdroj suroviny. Dalším důležitým faktorem, který činí ze dřeva tak dobrý stavební materiál je složitá přírodní struktura, která zajišťuje neobvykle vysokou pevnost při relativně nízké hmotnosti. Tato vlastnost je u většiny stavebních materiálů téměř nedosažitelná.

S příchodem moderních technologií, materiálů a požadavků na bydlení zaznamenaly kromě zdících systémů z betonu nebo keramických bloků i stavby na bázi dřeva výrazný pokrok. Staly se tak rovnocennou alternativou ke zděným stavbám a v mnoha ohledech je i předčí.

Dnešní požadavky na bydlení a životní komfort jsou zaměřeny zejména na co nejnižší náklady na provoz a údržbu, nízkou spotřebu energií a maximální účelovost celého domu. Důležitá je samozřejmě také životnost a estetická stránka domu. Tyto požadavky jsou hlavním důvodem nárůstu oblíbenosti dřevostaveb, jejichž počet se každým rokem zvyšuje. Důležitými faktory jsou bezesporu také rychlost výstavby a jednoduchost stavěné konstrukce.

Výhodou moderní dřevostavby je kromě nízké spotřeby energií i použití čistých přírodních materiálů zajišťujících nejen podmínky pro zdravé bydlení, ale díky své obnovitelnosti také nízký dopad na životní prostředí.

## 2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je návrh rodinného domu, vyhovujícího požadavkům na bydlení čtyřčlenné rodiny. Dům bude navržen jako rámová dřevostavba na stavebním pozemku v obci Lípa. Při návrhu vhodného dispozičního řešení objektu je nutno vycházet z požadavků vybrané lokality a orientace pozemku ke světovým stranám.

Součástí práce je také technický popis objektu a návrh skladeb jednotlivých konstrukcí, včetně tepelně technického posouzení obvodového pláště podle ČSN 73 0540-2 (2011).

Teoretická část práce je zaměřena na postup výstavby včetně výroby a montáže prefabrikovaných stěnových panelů.



## **3. Metodika**

### **3.1. Výběr typu rodinného domu**

Při výběru typu rodinného domu bylo nutno přihlídnout k současné okolní zástavbě a k požadavkům na budoucí zástavbu v obci Lípa, v jejímž katastru se zvolený pozemek nachází. Na základě těchto informací byl stavební objekt navržen jako jednopodlažní dům s valbovou střechou.

### **3.2. Návrh místností**

Návrh dispozičního řešení místností musí vyhovovat požadavkům daných normou ČSN 73 4301: Obytné budovy. Při návrhu je tedy třeba dodržovat nejen vhodnou orientaci místností ke světovým stranám, ale také minimální parametry místností dané touto normou. Obytná místnost musí mít plochu alespoň 8 m<sup>2</sup>, musí mít zajištěno dostatečné přímé denní osvětlení, přímé větrání a musí být dostatečně vytápěna s možností regulace tepla.

#### **3.2.1. Obývací pokoj**

V navrženém projektu je obývací pokoj spojen s kuchyní a jídelnou. Normou daná plocha pro obývací pokoj se stolování u bytů se 3 až 4 obytnými místnostmi je 21 m<sup>2</sup>. Navržená plocha obývacího pokoje činí 44,1 m<sup>2</sup>. Požadavek na tuto místnost byl tedy splněn.

#### **3.2.2. Kuchyně**

Vzhledem ke spojení kuchyně s jídelnou a obývacím pokojem, je prostor pro přípravu pokrmů klasifikován jako pracovní kuchyně. Ta musí mít v případě bytů se 4 obytnými místnostmi minimální plochu 8 m<sup>2</sup>. V navrženém projektu má prostor vymezený kuchyňskou linku prostor 10,94 m<sup>2</sup>. Tato místnost tedy vyhovuje požadavkům normy.

### **3.2.3. Ložnice**

Norma udává šířku jednolůžkové ložnice min. 1950 mm a plochu 8 m<sup>2</sup>. V projektu jsou navrženy dvě jednolůžkové ložnice, z nichž první má šířku 3625 mm a plochu 16,48 m<sup>2</sup> a druhá má šířku 3250 mm a plochu 16,57 m<sup>2</sup>. Obě tyto ložnice tedy vyhovují požadavkům normy. Normová šířka dvoulůžkové ložnice je min. 2400 mm a plocha 12 m<sup>2</sup>. Navržená hlavní ložnice se dvěma lůžky má šířku 3250 mm a plochu 16,17 m<sup>2</sup>. Rovněž tedy vyhovuje normovým požadavkům.

### **3.2.4. Samostatné WC**

V domech o dvou a více obytných místnostech musí být podle normy jedna záchodová mísa umístěna v samostatné místnosti. Případná druhá záchodová mísa může být umístěna v koupelně. Tento požadavek byl při návrhu domu zohledněn a splněn.

Normou dané rozměry pro místnost samostatného WC jsou 900 x 1550 mm při otvírání dveří do místnosti. V navrženém objektu má místnost samostatného WC rozměry 1095 x 1775 mm. Tato místnost tedy vyhovuje požadavkům normy.

### **3.2.5. Hlavní domovní komunikace**

Norma ČSN 73 4301 udává minimální šířku hlavní domovní komunikace 800 mm. S navrženou šířkou 1215 mm v nejužší části vyhovuje tato místnost normě.

### **3.2.6. Zádveří**

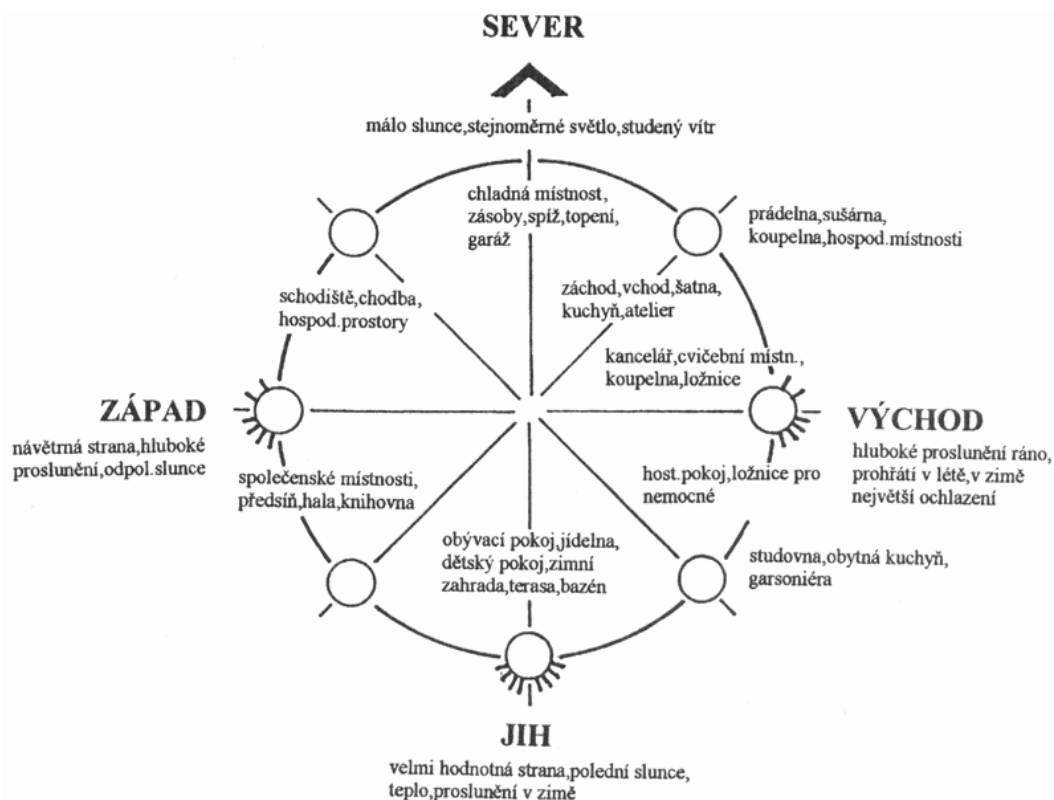
Minimální šířka zádveří je v normě udávána hodnotou 1100 mm. S navrženou šířkou zádveří 1720 mm tak i tato místnost vyhoví normovým požadavkům.

### 3.3. Orientace místností

Stavba by měla být umístěna na pozemku tak, aby měla maximální solární zisky (zejména v zimním období), které se velkou měrou podílejí na vytápění budovy. (Hudec, 2012)

S tím souvisí i orientace jednotlivých místností ke světovým stranám. Tento faktor přímo ovlivňuje fyzickou i psychickou pohodu člověka v domě. Při návrhu rodinného domu byla kromě vhodné orientace místností ke světovým stranám (*obr. 1*) řešena i velikost prosklených ploch, pro maximální solární zisky v dlouhodobě obývaných místnostech a zamezení přehřívání v krátkodobě obývaných místnostech.

Velikost pasivních solárních zisků je závislá na: množství energie slunečního záření dopadající na prosklenou plochu, schopnosti prosklených ploch propouštění energii slunečního záření do interiéru, velikosti skutečně osluněné plochy, která je pochopitelně menší než celková plocha okna a je dále redukována v důsledku proměnlivého stínění okolním terénem, okolní zástavbou nebo částmi vlastní budovy (převislé části, vodorovné markýzy, boční stínící prvky apod.). (Tywoniak, 2008)



Obr. 1 - Schéma orientace místností ke světovým stranám ([www.tfdeign.cz](http://www.tfdeign.cz))

### 3.4. Návrh obvodové konstrukce

Při návrhu nízkoenergetického domu je jednou z nejdůležitějších podmínek dodržení doporučených hodnot součinitele prostupu tepla  $U_{rec,20}$  u obvodového pláště podle normy ČSN 73 0540-2. V případě pasivních domů je nutné dodržení doporučených hodnot  $U_{pas,20}$  pro pasivní budovy.

Nízké hodnoty součinitele prostupu tepla zajišťuje aplikace více vrstev tepelné izolace. Hlavní izolace vyplňuje meziprostor nosného rámu. Další izolační vrstvou je venkovní izolace, připevněna k rámu ze strany exteriéru a sloužící jako podklad fasády nebo obkladu. Pro dosažení ještě lepších tepelně izolačních vlastností může být vytvořena další vrstva izolace z vnitřní strany rámu, popřípadě může být izolací vyplněna i instalační předstěna. Výběr izolačních materiálů závisí na zvoleném typu konstrukce (difúzně otevřená nebo uzavřená).

U navržené skladby obvodového pláště musí být následně proveden výpočet tepelného odporu  $R$ . Z této získané hodnoty je pak dále vypočítán celkový součinitel prostupu tepla  $U$ .

## 4. Přehled

### 4.1. Dřevostavba

V současné době představuje slovo „dřevostavba“ celkem rozsáhlou oblast, ve které můžeme najít stavby pro různé účely. I v zemích, které tradičně využívají dřevo ve stavebnictví, můžeme zaznamenat v posledních letech zvýšený zájem o tento obor a dřevostavby jsou stále častěji využívány i pro stavby, kde zatím dominovali jiné technologie. Chytrě navržená, správně provedená, rozumně provozovaná a udržovaná a po skončení jejího životního cyklu dobře likvidovaná dřevostavba potřebuje v celém tomto cyklu podstatně méně energie než „klasicky“ stavěné stavby – dokáže významně snížit potřebu energie na svůj vznik, provoz, a nakonec i odstranění, což je zcela zásadní informace v souvislosti s požadavkem na změnu postoje lidstva k získávání a využití energie obecně. (Růžička, 2006)

Dřevostavby poskytují vyšší kvalitu vnitřního prostředí, příznivější rozložení teplot v prostoru, vyšší povrchové teploty, a tedy možnost vytápět na celkově nižší teplotu a tak dále spořit. Dřevostavby poskytují při stejném obestavěném prostoru více využitelné plochy uvnitř než zděné stavby, a dokonce s ještě lepšími tepelně izolačními vlastnostmi, což je způsobeno slabšími stěnami. U středně velkého domu o zastavěné ploše cca 100 m<sup>2</sup> získáváme na každém patře o cca 10 m<sup>2</sup> větší plochu k užívání, a přitom venkovní objem domu je stejný. Dřevostavby lze postavit podstatně rychleji než „klasické“ zděné stavby, proces vlastní stavby je tedy kratší. Životnost dřevostaveb (fyzická životnost) je srovnatelná se zděnými stavbami. (Růžička, 2006)

## 4.2. Rámová konstrukce dřevostavby

Rámová konstrukce je dnes nejpoužívanějším systémem pro stavbu dřevostaveb. Nosná konstrukce rámových dřevostaveb sestává z tyčové nosné kostry, z řeziva a z pláště stabilizujícího nosnou kostru. Tyčová nosná kostra přitom přenáší svislá zatížení ze střechy a mezipatrových stropů, zatímco pláště z desek na bázi dřeva přenášejí vodorovná zatížení, která vznikají účinkem větru a výztužných sil. S ohledem na výrobu je základním principem dnešních rámových staveb prefabrikace ve výrobním závodě. (Kolb, 2007)

Dřevostavby sestaveny z takto prefabrikovaných dílců jsou často označovány jako montované nebo panelové. V současnosti se však Evropě nepoužívá pouze rámová konstrukce dřevostaveb. Určité oblibě se stále těší i skeletové dřevostavby, které se stejně jako rámové dřevostavby vyvinuly z historických hrázděných staveb. Třetí skupinu tvoří masivní dřevostavby, které dříve tvořily hlavně stavby srubové. Dnes se k nim však přidávají i moderní masivní stavby. (Vaverka a kol. 2008)

Pro návrh rodinného domu byl ovšem zvolen dnes nejpoužívanější systém, montovaná rámová dřevostavba.

Již při navrhování prefabrikovaných panelů je třeba brát ohled na přepravní podmínky. Předpisy silničního provozu tak omezují největší rozměry konstrukčních prvků. Montáž probíhá v co nejkratším čase, totiž v jednom až dvou dnech pro jeden rodinný dům. (Kolb, 2007)

Většina rámových dřevostaveb, které se v současnosti u nás realizují, má skladbu stěn obvodového pláště navrženou s pomocí parozábrany. Stále častěji se však objevují i takzvané difuzně otevřené rámové dřevostavby, u kterých použití parozábrany není nutné. Skladba takového obvodového pláště však musí být velice pečlivě posouzena z hlediska problematiky tepelně vlhkostního chování při běžném užívání stavby. (Vaverka a kol. 2008)

### 4.3. Deskové materiály pro dřevostavby

Vzhledem ke specifickým vlastnostem dřeva, jako je jeho anizotropie, omezené rozměry nebo vady, bylo třeba vyvinout nové formy dřeva, průmyslově zpracované. Tím vzniklo nejen lepené lamelové dřevo, ale především deskové materiály na bázi dřeva, vyráběné různými technologiemi zpracování. Mezi tyto materiály patří třískové desky, vláknité desky, desky OSB, vrstvené dřevo z dýhových pásů a překližka. V takto zpracovaných materiálech je dřevo využito mnohem efektivněji, je možno využít ke zpracování i odpadové dřevo a dřevo ze stromů malých průměrů.

V dřevostavbách jsou využívány deskové materiály především pro opláštění stěn, stropních a střešních konstrukcí, případně pro stojiny I-nosníků nebo výrobu skříňových nosníků. Ve všech těchto případech jsou deskové materiály používány pro nosné účely, je tedy třeba dbát na to, aby měly potřebné mechanické vlastnosti.

Mimo uvedených desek na bázi dřeva se pro dřevostavby používají ještě další materiály, jako jsou sádkartonové a sádrovláknité desky nebo lehké desky z dřevité vlny. (Havířová, 2006)

### 4.4. Izolace ve dřevostavbách

U materiálů pro tepelnou izolaci staveb nejsou kladeny požadavky na jejich pevnost nebo tuhost, mají pouze zvyšovat tepelné a zvukové izolační vlastnosti obvodových a vnitřních konstrukcí. Toho lze dosáhnout použitím materiálů s malou tepelnou vodivostí a malou nasáklivostí, které jsou současně odolné proti vlivům povětrnosti a hnilobě. Takovými materiály jsou hmoty s vysokým podílem vzduchových pórů, malou hustotou a malým obsahem vlhkosti. U dřevostaveb se používají především izolace z minerálních vláken, případně z vláken organických. (Havířová, 2006)

Izolační materiály je možno podle druhu rozdělit na: minerální (*skelná vlna, kamenná vlna, pěnové sklo, keramická vlna*), syntetické (*pěnový polystyren, extrudovaný polystyren, polyuretanová pěna*), organické živočišné (*ovčí vlna, kachní peří*), organické rostlinné (*konopí, len, sláma, dřevěná vlna, korek*) a speciální (*vakuové, foukané, aerogely*). (Valda, 2005)

## 5. Technologie výroby a postup výstavby

Prefabrikace dřevěných dílců dřevostavby se, jak už název napovídá, odehrává buď z části nebo z cela ve výrobním závodě. Tento postup zaručuje daleko přesnější a kvalitnější provedení než stavba přímo na staveništi.

Hlavním důvodem vyšší kvality a rychlosti panelové výstavby je především zamezení vlivu atmosférických jevů (déšť, sníh, vítr) v průběhu stavby. Celý proces výroby totiž probíhá v klimatizovaných podmínkách výrobních hal. Doba trvání výstavby je tak zkrácena pouze na dobu potřebnou k sestavení a spojení hotových panelů. Tím je čas potřebný k výstavbě dílců na staveništi zkrácen zhruba na 1 až 4 dny, podle velikosti, podlažnosti a složitosti konstrukce. Pokud trvá sestavení dílců více než 1 den, je vždy nutno rozestavěné dílce zakrýt chránicí plachtou proti vlivu deště a vlhkosti. Po dokončení základního sestavení a zpevnění panelů následují dokončovací práce. Doba trvání těchto prací se pohybuje, opět v závislosti na velikosti domu, od 2 až 3 týdnů.

### 5.1. Vstupní suroviny

Vysoká kvalita a dostatečný objem výroby montovaných domů musí být zajištěn odpovídající technikou a vysokou úrovní technologie výroby. Důležitým faktorem je také prostor pro montáž a sklad hotových panelů. Klíčem k dlouhé životnosti domu je použití kvalitních vstupních materiálů a jejich správná aplikace.

Všechny nosné konstrukce prefabrikovaných panelů tvoří hoblované KVH hranoly o pevnostní třídě C24 (pevnost řeziva v ohybu 24 MPa). Nosné hranoly mohou být nahrazeny lepenými dřevěnými I-nosníky, které snižují celkový objem dřeva v konstrukci a lze je použít v případě potřeby vyšší tloušťky tepelné izolace. Často jsou proto I-nosníky volbou při stavbě pasivních domů. Nosníky jsou tvořeny stojinami z OSB desky nebo dřevovláknité desky a pásnicemi z masivního dřeva. Kvůli vyšší pořizovací ceně ovšem stále zůstávají více v oblibě konstrukce z KVH hranolů.

Řezivo dodávané v jednotných délkách je pro potřeby každého panelu nutno zkrátit na požadovanou délku. K tomu je nejčastěji použita počítačem řízená kotoučová pila, která



zkracuje prvky podle navoleného programu. Veškeré procesy pily, včetně transportu řeziva, manipulace a měření jsou automatizovány.



*Obr. 2 - Výroba nosného rámu z dřevěných hranolů (RD Rýmařov)*

Na obr. 2 je zobrazena výroba nosného rámu stěny z dřevěných hranolů na prvním montážním stole. Celá linka je tvořena čtyřmi montážními stoly, umožňujícími překlopení celé konstrukce pro snazší manipulaci a rychlejší montáž. Snímek pochází z výrobního závodu společnosti RD Rýmařov s. r. o.

## **5.2. Výroba stěnových panelů**

První částí výroby každého stěnového panelu, ať už se jedná o obvodovou či vnitřní stěnu, je výroba nosného rámu. Ten je tvořen dřevěnými KVH hranoly, které už jsou pro snazší manipulaci předem zkráceny a označeny. Podle výkresové dokumentace jsou všechny prvky vyrovnány na manipulační stůl a pomocí pneumatických přítlaků stlačeny do finální podoby. Poté už dochází ke spojování jednotlivých prvků, nejčastěji pomocí konvexních hřebíků. Dále je zpevněný rám uvolněn a připevněn k dolnímu naimpregnovanému pásu (pouze u panelů 1. podlaží). (RD Rýmařov)

Následným krokem je jednostranné opláštění rámu velkoformátovou deskou ze zvoleného materiálu (nejčastěji OSB nebo sádrovláknitá deska). Rám s přiloženým deskovým záklopem následně směřuje k CNC mostu, který desku k rámu pomocí sponek připevní. Výhodou tohoto procesu je podstatně vyšší rychlost a přesnost. (RD Rýmařov)

Celý takto spojený panel je následně překlopen pomocí montážního stolu a rám se může začít plnit zvolenou tepelnou izolací (nejčastěji deskami z minerální vaty). Tloušťka těchto desek se vždy volí stejná jako tloušťka rámu, aby došlo k úplnému vyplnění konstrukce. V případě difúzně uzavřené konstrukce obvodové stěny je vyplněný rám natažena parotěsná folie. Následuje montáž instalační předstěny, která kromě rozvodu instalací zajišťuje i ochranu parotěsné vrstvy před propíchnutím. Dalším krokem je opět zakrytí celé konstrukce deskovým materiálem a přesun k CNC mostu. (RD Rýmařov)

Ten opět připevní pomocí sponek deskový materiál k rámu a vyřeže v desce otvory pro elektroinstalace a dveřní a okenní výplně. Poté je celý panel narovnan do svislé polohy a do vytvořených otvorů se začnou osazovat okna a dveře. Při této montáži je nutno pečlivě prolepit spoje mezi parozábranou a výplní otvoru a zabránit tak proudění vzduchu a kondenzaci vodních par. Ve svislé poloze je ještě v případě obvodové stěny aplikován systém vnější fasádní izolace. Finální omítková úprava je řešena až na stavbě po kompletaci všech panelů. Panely jsou poté z linky převezeny k dokončovacím pracím a uskladnění. (RD Rýmařov)



*Obr. 3 - Vyplňování rámu tepelnou izolací (RD Rýmařov)*

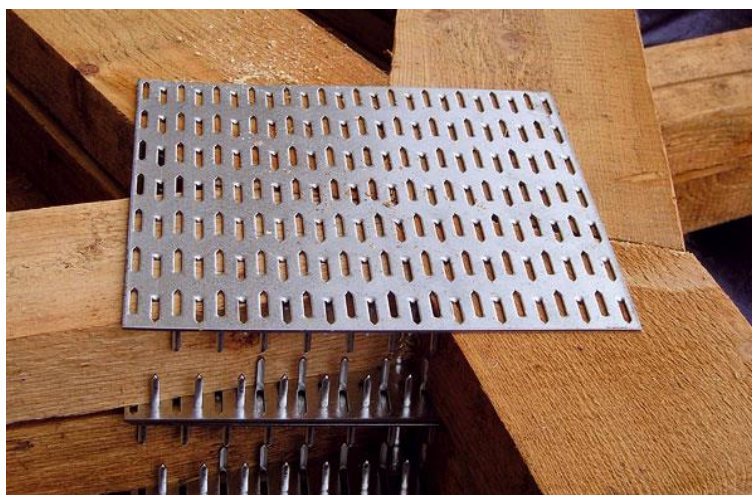
Na obr. 3 je zobrazen proces zateplování nosného rámu stěny. Desky jsou řezány do požadovaných rozměrů a vkládány do meziprostor jednostranně opláštěného dřevěného rámu. Snímek je opět pořízen ve výrobním závodě společnosti RD Rýmařov s. r. o.

### 5.3. Výroba příhradových vazníků

Stejně jako stěnové panely se i dřevěné příhradové vazníky vyrábějí formou prefabrikace ve výrobní hale. Tím je opět ušetřen čas a práce na staveništi a snižuje se riziko poškození prvků atmosférickými jevy. Hlavní výhodou krovu z příhradových vazníků je jeho variabilita, protože ho lze navrhnout na téměř jakýkoli půdorys. Základ každého vazníku tvoří dřevěné pásnice (horní a dolní), které v celé konstrukci přenášejí největší zatížení. Dalšími prvky vazníku jsou dřevěné svislice a diagonály, které roznášejí zatížení do celé konstrukce vazníku.

Všechny dřevěné prvky vazníku jsou stejně jako v případě stěnového panelu sestaveny do finální podoby na montážním stole. Celá tato konstrukce je pevně zajištěna proti pohybu. U moderních vazníků jsou většinou všechny prvky spojovány styčnickovými deskami s prolisovanými trny. Tyto desky se do spojovaných prvků vazníku vtlačí pomocí výkonného lisovacího zařízení. V případě výroby zdvojených nebo ztrojených vazníků se používají styčnickové desky s oboustranně prolisovanými trny.

Vazníky musejí být navrženy tak, aby vyhovovaly požadavkům bezpečné únosnosti a použitelnosti. Příslušné postupy pro ověřování těchto požadavků stanoví norma ČSN EN 1995-1-1 (Eurokód 5): Navrhování dřevěných konstrukcí. (Straka, 2013)



Obr. 4 - Spojení prvků vazníku styčnickovými deskami (ASB-portal.cz)

## 5.4. Postup výstavby

Všechny prefabrikované prvky jsou transportovány na stavbu v pořadí, ve kterém budou následně sestavovány. Prvními osazovanými prvky jsou tedy panely obvodových stěn 1. nadzemního podlaží. Základová deska musí být před počátkem montáže panelů přesně vyhlazená a musí v ní být provedeny všechny prostupy (např. kanalizace). Pod všemi panely ve styku se základovou deskou musí být nataženy pásy hydroizolace, na kterých je zhotoveno podkladní maltové lože tloušťky 20-30 mm. (Domy D.N.E.S.)

Poté se pomocí jeřábu začnou panely přesouvat z transportního vozidla na místo jejich uložení. Pracovníci poté zajistí přesné uložení na místo a dokonalou svislost každého panelu pomocí vodováhy a nastavitelných vzpěr. Po osazení všech obvodových panelů se začnou osazovat vnitřní stěny, které se pomocí vrutů připevní k obvodovým. Následuje pevné ukotvení všech stěnových panelů do základové desky pomocí narážecích nebo chemických kotev. Následuje překrytí horních hran obvodových panelů difúzní folií a přelepení parotěsnou lepicí páskou pro zajištění vzduchotěsnosti. (Domy D.N.E.S.)

V případě vícepodlažního objektu by následovala montáž stropní konstrukce a stěnových panelů dalšího podlaží. Navržený objekt je ovšem pouze jednopodlažní, takže po osazení panelů prvního podlaží následuje přeprava a osazení příhradových vazníků, které je opět zajištěno jeřábem. Jednotlivé vazníky jsou zaměřeny, vyrovnány a ukotveny k hornímu pásu stěnových panelů. Po tomto připevnění se musí všechny vazníky mezi sebou spojit zavětrovacími latěmi, které zajistí celkovou tuhost konstrukce v podélném směru. Shora je celá konstrukce krovu potažena difúzní folií Jutadach pro odvod vodní páry z konstrukce. Poté následuje vytvoření vrstvy laťování, které bude sloužit jako podklad pro střešní krytinu. Po vytvoření střešního pláště je vytvořena konstrukce stropu, jejíž nosnými prvky jsou dolní pásnice vazníků. Prostor mezi nimi a nad nimi bude vyplněn deskami z minerální vaty. K pásnicím je zespod připevněn rám podhledu na ocelových CD a UD profilech. (RD Rýmařov)

Následuje fáze instalace elektrických kabelů, rozvodů plynu, vody, otopného systému podlahového vytápění a odpadního potrubí. Rozvody jsou vedeny instalačními předstěnami, sníženým podhledem a podlahou. Po provedení všech instalací jsou předstěny a podhledy zakryty sádrovláknitými deskami a může se přistoupit k lití strojně hlazené cementové podlahy. Po jejím vytvrdnutí je zhotovena finální vrstva v každé místnosti. V poslední dokončovací fázi přichází na řadu instalace sanitárního vybavení (vany, WC, umyvadla), lepení obkladů a pokládka dlažby. Současně probíhají malířské a truhlářské práce. V této fázi je již dům připraven k předání majitelům k běžnému obývání. Celková doba všech prací se podle složitosti a zastavěné plochy domu pohybuje v rozmezí 1 až 2 měsíců. (RD Rýmařov)



*Obr. 5 - Osazování prefabrikovaných panelů na staveništi (Domy D.N.E.S. s. r. o.)*

## 6. Výsledky

### 6.1. Technický popis objektu

#### 6.1.1. Urbanistické, architektonické a stavebně technické řešení

Projekt rodinného domu je navržen jako jednopodlažní stavba systémem dřevěné rámové konstrukce ve tvaru nepravidelného písmene T o rozměrech 17,0 x 15,0 m. Dům je zastřešen valbovou střechou tvořenou dřevěnými vazníky. Celý objekt je umístěn na stavebním pozemku č. 1284/4 v obci Lípa. Tento pozemek doposud není součástí katastru nemovitostí, je pouze součástí plánovaného komplexu osmi stavebních parcel v obci Lípa.



Obr. 6 – Plánovaný komplex stavebních parcel v katastru obce Lípa  
(mapový podklad: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/>)

Tento plán je znázorněn na obr. 6. Černě jsou zakresleny stávající pozemky a komunikace katastrální mapy. Zeleně jsou zakresleny plánované stavební parcely. Červeně je pak vyznačen navrhovaný stavební objekt.



Plocha stavební parcely, na níž je objekt navržen je 925,65 m<sup>2</sup>. Zastavěná plocha domu činí 246,90 m<sup>2</sup>. Zastavěnost pozemku je tedy 23,43 %. Navrhovaný rodinný dům bude připojen k nově zavedeným inženýrským sítím, které budou napojeny na stávající sítě obce. Hlavní vstup do domu je orientován k severozápadní straně. Hranice pozemku je ohraničena dřevěným plotem výšky 1,2 m.

Rodinný dům je navržen tak, aby splňoval potřeby čtyřčlenné rodiny a zajistil maximální komfort pro bydlení. Je tvořen dvěma hlavními částmi – obytnou a technickou částí. Obytná část je tvořena obývacím pokojem umožňujícím vstup na terasu a zahradu domu. Součástí obývacího pokoje je i kuchyňský kout a jídelna. Dále sem patří hlavní ložnice a dva samostatné dětské pokoje. Obě části odděluje chodba ve tvaru písmene L, ze které lze rovněž vstoupit do koupelny, WC nebo technické místnosti. Technickou část tvoří prostorná dvojgaráž umožňující průchod do předsíně a samostatná technická místnost, ze které je řízeno vytápění celého domu.

Vzhledem k navrženému typu krovu není možno využívat podkroví jako trvale obyvatelné. Slouží tak pouze k revizním účelům, popřípadě k uskladnění věcí menší hmotnosti. Přístup do podkroví je zajištěn z chodby pomocí skládacích půdních schodů.



*Obr. 7 - Architektonická vizualizace dispozice domu*

### **6.1.2. Zakládání stavby**

Před zahájením samotných výkopových prací bude na místě navrženého objektu a příjezdové komunikace dozerem sejmuta ornice ve vrstvě 150 mm. Ta bude dočasně deponovaná na skládce, aby ji později bylo možno využít k rekultivaci terénu. Celý stavební objekt musí být vytyčen oprávněnou geodetickou firmou.

Výkopové práce budou prováděny mechanizovanou technikou, kterou se po správném vytyčení provede výkop rýh pro základové pasy. Pro základy obvodových stěn bude rýha šířky 400 mm vyhloubena do hloubky 850 mm od upraveného terénu. Pro vnitřní nosné stěny bude rýha šířky 300 mm vyhloubena do hloubky 380 mm.

Vyhloubené rýhy budou poté zality prostým betonem C16/20 a prokládány kamenivem. Během procesu tuhnutí musí být beton ošetřován, aby nedošlo ke vzniku trhlin a snížení pevnosti.

Po vytvrnutí betonu budou na vzniklé základové pasy uloženy betonové tvárnice o rozměrech 500 x 300 x 250 mm ve dvou vrstvách. Následně budou tvárnice opatřeny betonářskou výztuží o průměru 8 mm ve vodorovném i svislém směru. Poté se dutiny ve tvárnících vylíjí betonovou směsí C16/20. Z vnější strany se tvárnice ztraceného bednění opatří deskami z expandovaného polystyrenu Isover EPS SOKL 3000 tloušťky 50 mm.

Prostor uvnitř vzniklé základové konstrukce bude vyplněn štěrkopískovým podsypem frakce 16-32, který bude následně zhutněn. Na takto vyrovnané a zhutněné vrstvě bude vytvořena deska z betonu C16/20 vyztužena kari sítí 6/150 x 150 mm. Po vytvrnutí základové desky k ní bude připevněn povlak z PVC Sikaplan® WP 1100-15HL sloužící jako hydroizolace a zároveň jako ochrana proti radonu.



### 6.1.3. Obvodové stěny

Nosná konstrukce obvodových stěn je tvořena rámem z masivních KVH hranolů o rozměrech 60 x 140 mm. Hranoly ve svislém směru jsou od sebe osově vzdáleny 625 mm. Stejná osová vzdálenost je i u všech ostatních stěnových konstrukcí. Svislé sloupky i vodorovné pasy jsou tvořeny hranoly o stejném průřezu. Prostor mezi sloupky je vyplněn deskami z čedičové vlny Isover WOODSIL o tloušťce 140 mm.

Na nosný rám je směrem k exteriéru připevněna vrstva ze sádrovláknitých desek Fermacell sloužící jako záklop rámu a zároveň jako podkladní vrstva desek fasádní izolace Isover TF Profi tloušťky 100 mm. Na tu je poté aplikována základní vrstva systému ETICS tloušťky 3 mm společně s tenkovrstvou silikátovou omítkou o tloušťce 2 mm.

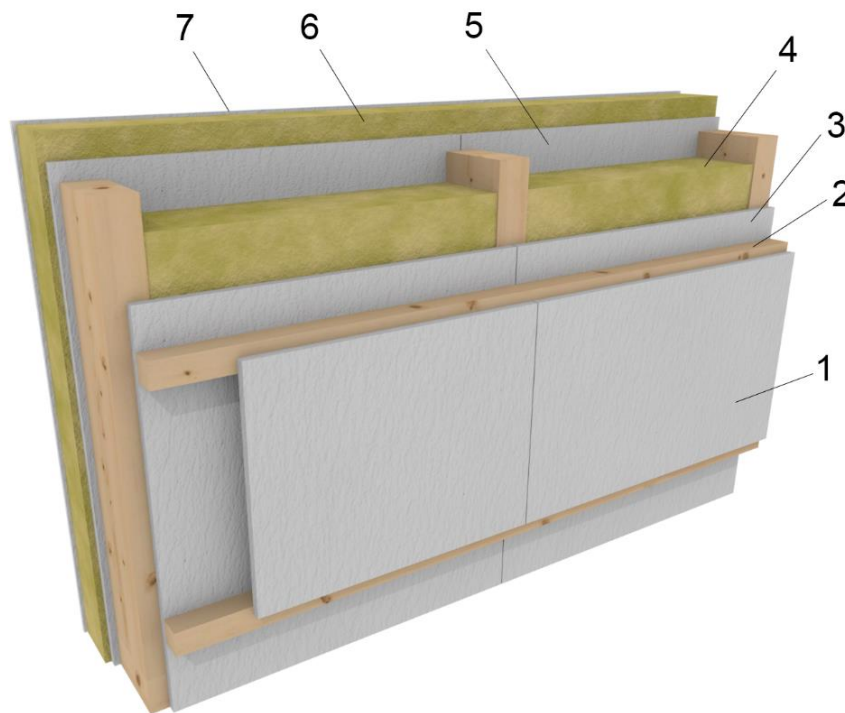
Směrem k interiéru je na nosný rám v místech svislých sloupků připevněna vrstva z parobrzdných sádrovláknitých desek Fermacell Vapor tloušťky 15 mm, která díky speciálnímu kaširování na zadní straně desky redukuje propustnost vodní páry.

Další vrstvou směrem k interiéru je instalační mezera o šířce 40 mm. Tu zajišťují vodorovně připevněné dřevěné latě o rozměrech 40 x 40 mm v osové vzdálenosti 500 mm. Na tyto latě bude dále připevněn záklop ze sádrovláknitých desek Fermacell podle účelu dané místnosti s požadovanou povrchovou úpravou. V případě místností se zvýšenými požadavky na vlhkost (koupelna) nebude jako podklad použita sádrovláknitá deska Fermacell, ale cementovláknitá deska Fermacell Powerpanel H<sub>2</sub>O o tloušťce 12,5 mm.

Celková tloušťka obvodové stěny je 325 mm (ve výkresech uvažováno s tloušťkou 330 mm). Pro maximální eliminaci vnějších vlivů na konstrukci v průběhu stavby budou jednotlivé stěnové panely zkompletovány ještě před přivezením na stavbu, včetně zavedení rozvodů a instalací.

Přesun a stavba panelů na stavbě bude probíhat pomocí zdvižného jeřábu. Ten bude rovněž použit i při osazování na požadované místo na základové desce do předem připraveného maltového lože. Před upevněním panelů k desce je nutno opatřit spodní pás rámu hydroizolačním páskem.

Pro pevné spojení stěnových panelů se základovou deskou bude použito kovových úhelníků, které se připojí ke spodnímu pásu dřevěného rámu pomocí vrtů. Se základovou deskou se úhelníky spojí pomocí natloukacích kotev do betonu.



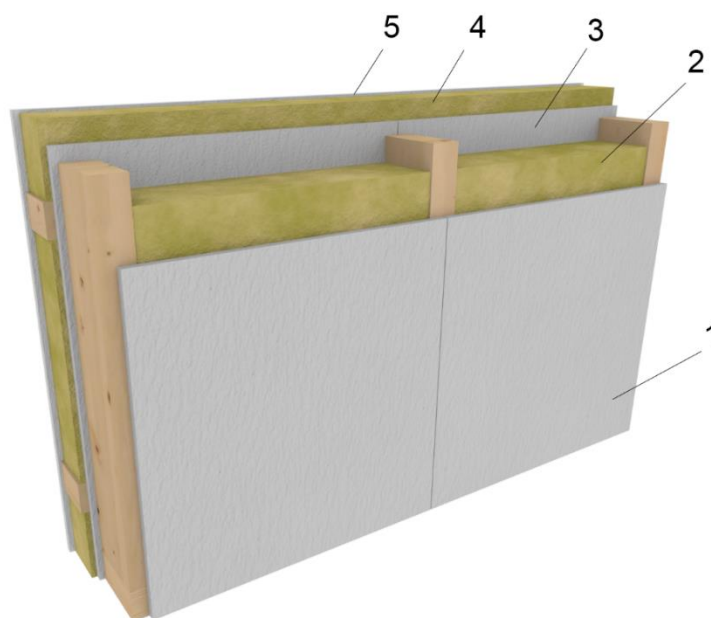
Obr. 8 - Grafické znázornění skladby nosné obvodové stěny

Tab. 1 - Skladba nosné obvodové stěny

Označení	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy (mm)
1	Sádrovláknitá deska Fermacell (dle účelu místnosti)	12,5
2	Instalační předstěna z KVH hranolů	40
3	Sádrovláknitá deska Fermacell Vapor	15
4	Nosný rám z KVH hranolů + izolace Isover WOODSIL	140
5	Sádrovláknitá deska Fermacell	12,5
6	Fasádní izolace Isover TF Profi	100
7	Omítkový systém pro ETICS	5
Σ		325

#### 6.1.4. Vnitřní nosné stěny mezi garáží a obytnou částí

Nosný rám je stejně jako u obvodové stěny tvořen masivními KVH hranoly o rozměrech 60 x 140 mm a minerální vatou Isover WOODSIL o stejné tloušťce. Ze strany obytné části domu je na nosný rám připevněna sádrovláknitá deska Fermacell, opět podle účelu dané místnosti. Ze strany garáže je k rámu připevněna sádrovláknitá deska Fermacell, sloužící jako záklop rámu a podklad pro vrstvu dodatečné izolace. Tu tvoří vodorovný dřevěný rám z hranolů 60 x 100 mm (osová vzdálenost 625 mm) vyplněný izolací z minerální vaty Isover WOODSIL tloušťky 100 mm. Na tento rám je připevněna protipožární vrstva z desek Fermacell Firepanel A1 o tloušťce 12,5 mm.



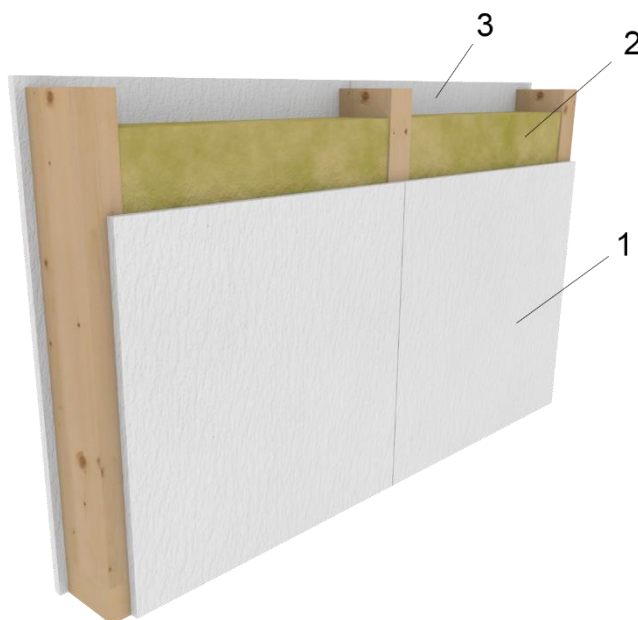
Obr. 9 - Grafické znázornění skladby vnitřní nosné stěny mezi garáží a obytnou částí

Tab. 2 - Skladba vnitřní nosné stěny mezi garáží a obytnou částí

Označení	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy (mm)
1	Sádrovláknitá deska Fermacell (dle účelu místnosti)	12,5
2	Nosný rám z KVH hranolů + izolace Isover WOODSIL	140
3	Sádrovláknitá deska Fermacell	12,5
4	Rošt z KVH hranolů + izolace Isover WOODSIL	100
5	Sádrovláknitá deska Fermacell Firepanel A1	12,5
Σ		277,5

### 6.1.5. Vnitřní nosné stěny

Nosné stěny jsou tvořeny rámem z KVH hranolů o rozměrech 60 x 120 mm. Prostor mezi hranoly je vyplněn minerální izolací Isover WOODSIL o tloušťce 120 mm. Nosný rám je z obou stran opláštěn sádrovláknitými deskami Fermacell. Stěny a příčky budou vyrobeny a zkompletovány předem a na stavbě budou mechanicky osazovány na své místo. Zejména u nosných stěn je nutno dbát zvýšené pozornosti při spojování s obvodovými stěnami a základovou deskou.



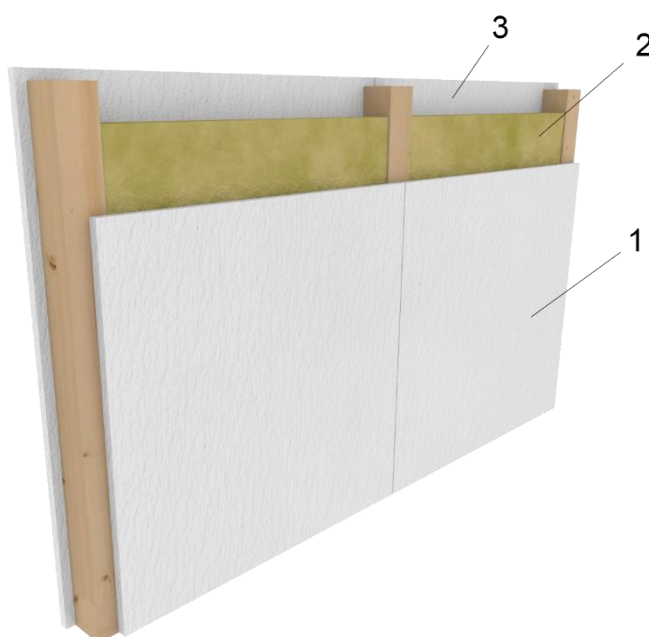
Obr. 10 - Grafické znázornění skladby vnitřní nosné stěny

Tab. 3 - Skladba vnitřní nosné stěny

Označení	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy (mm)
1	Sádrovláknitá deska Fermacell (dle účelu místnosti)	12,5
2	Nosný rám z KVH hranolů + izolace Isover WOODSIL	120
3	Sádrovláknitá deska Fermacell (dle účelu místnosti)	12,5
Σ		145

### 6.1.6. Vnitřní nenosné příčky

Nenosné příčky plní v objektu pouze dělicí funkci. Tvoří je dřevěný rám z KVH hranolů o rozměrech 40 x 80 mm. Kvůli nízké tloušťce příčky je meziprostor mezi hranoly vyplněn minerální izolací Isover AKU tloušťky 80 mm, která zajišťuje vysokou zvukovou pohltivost. Rám je z obou stran opláštěn sádrovláknitými deskami Fermacell.



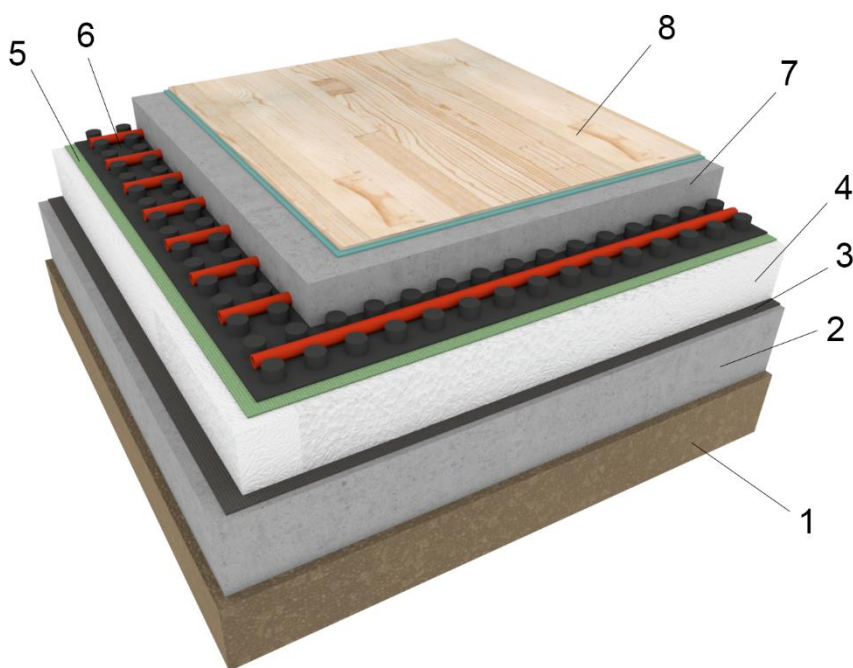
Obr. 11 - Grafické znázornění skladby vnitřní nenosné příčky

Tab. 4 - Skladba vnitřní nenosné příčky

Označení	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy (mm)
1	Sádrovláknitá deska Fermacell (dle účelu místnosti)	12,5
2	Rám z KVH hranolů + tepelná izolace Isover AKU	80
3	Sádrovláknitá deska Fermacell (dle účelu místnosti)	12,5
Σ		105

### 6.1.7. Podlahy s teplovodním vytápěním

Podklad podlahové konstrukce tvoří hutněný štěrkopískový násyp, na kterém je zhotovena betonová deska tloušťky 130 mm vyztužená kari sítí. Na desku je poté připevněn povlak z PVC Sikaplan® WP 1100-15HL sloužící jako hydroizolace a zároveň jako ochrana proti radonu. Následuje vrstva tepelné izolace z polystyrenových desek Isover EPS 100 tloušťky 100 mm a separační polyethylenová folie, která bude v přesazích slepena a vytažena na stěny. V obytných místnostech je konstrukce podlahy vybavena systémovou deskou s rozvody teplovodního podlahového vytápění, která je zalita strojně hlazenou cementovou mazaninou do celkové výšky 80 mm. Po obvodu místnosti je nutno zřídit dilataci pomocí dilatačních pásů. Povrchová úprava pro pochozí vrstvu je vždy upravena podle účelu místnosti.



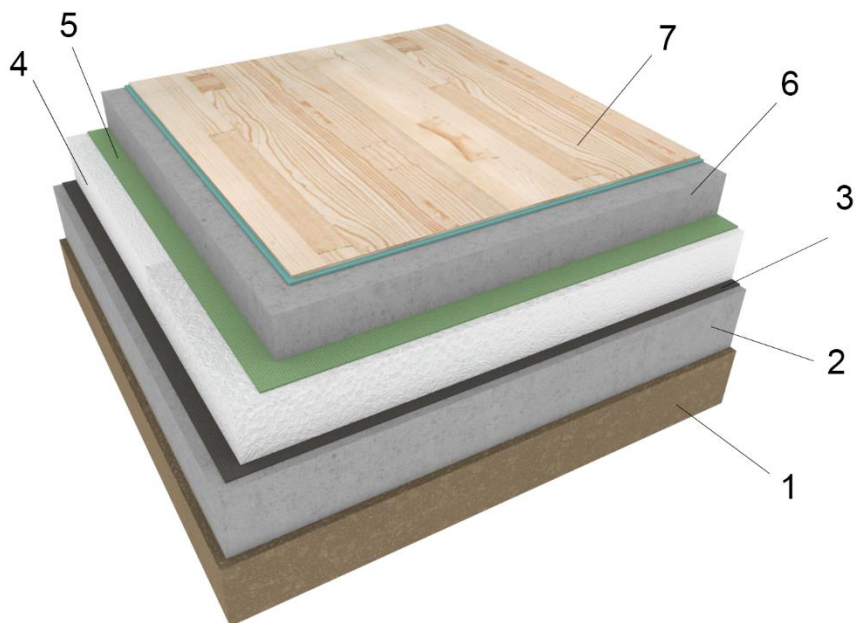
Obr. 12 - Grafické znázornění skladby podlahy s teplovodním vytápěním

Tab. 5 - Skladba podlahy s teplovodním vytápěním

Označení	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy (mm)
1	Hutněný štěrkopískový podklad frakce 16-32	-
2	Železobetonová deska + kari síť 6 mm 150 x 150	130
3	Hydroizolace Sikaplan® WP 1100-15HL	1,5
4	Tepelná izolace Isover EPS 100	100
5	Separáční PE folie	0,1
6	Systémová deska + trubky podlahového vytápění	30
7	Strojně hlazená cementová mazanina	50
8	Pochozí vrstva (úprava dle účelu místnosti)	20
Σ		330

### 6.1.8. Podlahy bez teplovodního vytápění

Podlahy bez teplovodního vytápění jsou navrženy v místnostech, ve kterých není vyžadována tak vysoká tepelná pohoda (garáž, technická místnost). Skladba podlahy je totožná se skladbou podlahy s teplovodním vytápěním. Pouze systémová deska a trubky podlahového vytápění jsou nahrazeny strojně hlazenou cementovou mazaninou v plné tloušťce 80 mm. Výšková úroveň obou typů podlah je tedy stejná. Povrchová úprava mazaniny je opět přizpůsobena druhu podlahové krytiny a závisí na účelu dané místnosti.



Obr. 13 - Grafické znázornění skladby podlahy bez teplovodního vytápění

Tab. 6 - Skladba podlahy bez teplovodního vytápění

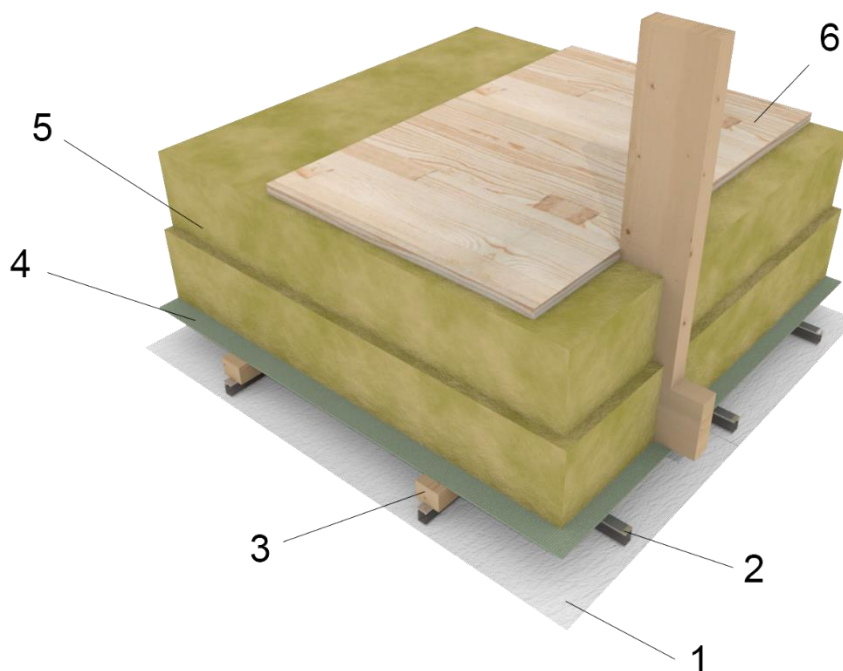
Označení	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy (mm)
1	Hutněný štěrkopískový podklad frakce 16-32	
2	Železobetonová deska + kari síť 6 mm 150 x 150	130
3	Hydroizolace Sikaplan® WP 1100-15HL	1,5
4	Tepelná izolace Isover EPS 100	100
5	Separáční PE folie	0,1
6	Strojně hlazená cementová mazanina	80
7	Pochozí vrstva (úprava dle účelu místnosti)	20
Σ		330

### 6.1.9. Stropní konstrukce

Vzhledem k vazníkové konstrukci krovu, není podkroví navrženo jako trvale obytné. Nosná konstrukce stropu je tak tvořena pouze dolními pásnicemi vazníků. K těm jsou připevněny dřevěné latě, sloužící jako poklad pro rošt z ocelových CD a UD profilů. Osová vzdálenost dřevěných hranolů i ocelových profilů je 500 mm. Hranoly jsou od dolních pásnic vazníků odděleny polyethylenovou parozábranou ISOCELL. K ocelovému roštu je



přípevněn podhled ze sádrovláknitých (v případě koupelny z cementovláknitých) desek Fermacell. Tepelně izolační vlastnosti stropní konstrukce jsou zajištěny dvěma vrstvami desek z čedičové vlny Isover UNI o celkové tloušťce 320 mm. Pomocí distančního podlahového systému jsou k vazníkům připevněny dřevěné revizní lávky a plochy, které mohou sloužit i pro skladování lehčích věcí v půdním prostoru.



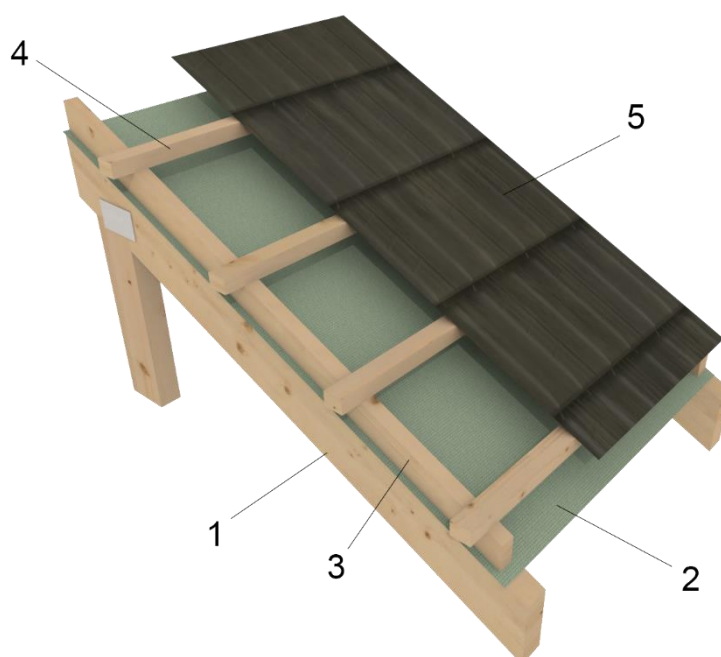
Obr. 14 - Grafické znázornění skladby stropní konstrukce

Tab. 7 - Skladba stropní konstrukce

Označení	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy (mm)
1	Sádrovláknitá deska Fermacell	12,5
2	Dvojitý rošt z CD a UD profilů na přímých závěsech	60
3	Dřevěné latě 50 x 40	40
4	Parozábrana ISOCELL AIRSTOP VAP	0,1
5	Dolní pásnice vazníku + 2 x izolace Isover UNI	320
6	Revizní lávky na distančním podlahovém systému	20
Σ		452,5

### 6.1.10. Střešní plášť

Konstrukce střešního pláště je řešena jako nezateplená, a to z důvodu trvale neobytného podkroví a dostatečně izolované stropní konstrukce. Nosnými prvky střešního pláště jsou horní pásnice příhradových vazníků, na které je připevněna difúzní folie JutaDACH 135. Další vrstvou jsou kontralatě z dřevěných latí o rozměrech 40 x 40 mm, připevněné k horním pásnicím vazníků. Kolmo ke kontralatím jsou připevněny latě rovněž z hranolů 40 x 40 mm v osové vzdálenosti 300 mm, které slouží jako nosná konstrukce střešní krytiny z betonových tašek KMB Beta.



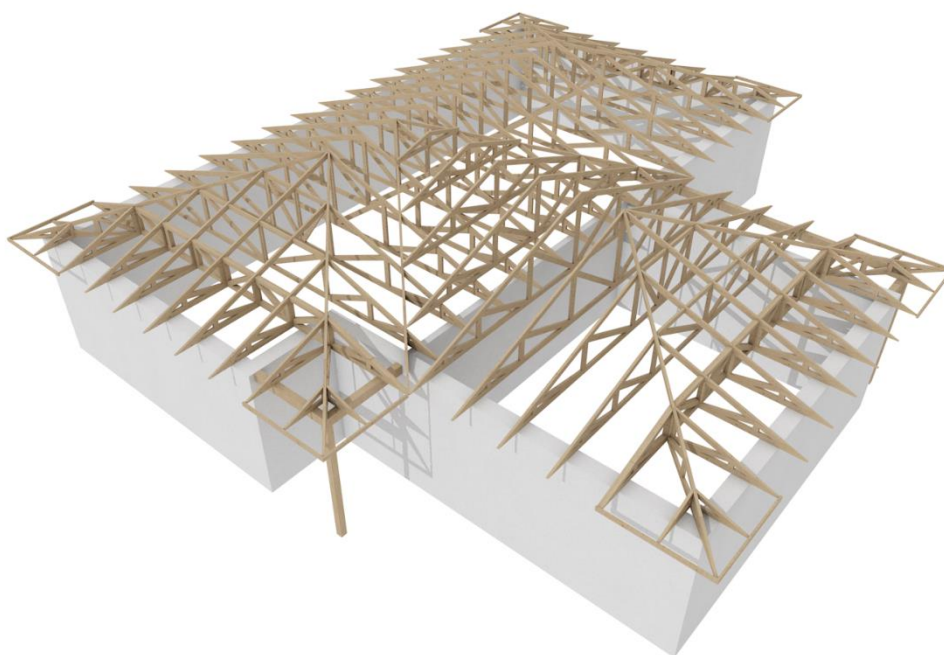
Obr. 15 - Grafické znázornění skladby střešní konstrukce

Tab. 8 - Skladba střešní konstrukce

Označení	Název vrstvy	Tloušťka vrstvy (mm)
1	Horní pásnice vazníku	160
2	Difúzní folie JutaDACH 135	0,1
3	Dřevěné kontralatě 40 x 60	40
4	Dřevěné latě 40 x 60	40
5	Betonová střešní krytina KMB Beta	
Σ		240

### 6.1.11. Konstrukce krovu

Střecha je navržena jako valbová ve tvaru nepravidelného písmene T, tvořená dřevěnými příhradovými vazníky o jednotném sklonu 20°. Pro zachování stejného půdorysného tvaru a stejné výšky obou částí je konstrukce krovu přetažena na dvou místech a uložena na dřevěných průvlacích o profilu 140 x 140 mm podpíraných dřevěným sloupem o stejném profilu. Po konzultaci se společností Vazníky D.N.K. s.r.o. byl navržen standardní profil vazníků pro střední rozpětí – horní a dolní pásnice 80 x 140 mm a svislice a diagonály 80 x 80 mm. Osová vzdálenost vazníků je 1000 mm (s výjimkou krajních zdvojených vazníků). Spojení všech prvků je zajištěno ocelovými pozinkovanými styčnickovými deskami. V podélném směru budou vazníky zavětrovány šikmými hranoly o profilu 80 x 80 mm. V okapních částech nároží budou vazníky opatřeny rohovými ztužidly v délce 2 m na obě strany. Všechny dřevěné prvky krovu budou ošetřeny dvojitým nástřikem fungicidním a insekticidním přípravkem Bochemit QB Profi.



*Obr. 16 – 3D model konstrukce krovu. Pro lepší viditelnost prvků je zanedbáno vodorovné zavětrování vazníků. Pro zvýšení celkové tuhosti krovu je poslední vazník vždy zdvojen a v rozích je konstrukce opatřena rohovými ztužidly.*

### **6.1.12. Hydroizolace a parozábrany**

V základové konstrukci je pro zabránění průniku spodní vody navržen PVC povlak Sikaplan® WP 1100-15HL, který zde zároveň plní funkci ochrany proti radonu. Tento povlak bude ve formě pásů volně ložen na železobetonovou základovou desku a následně tepelně svařen ručním svařovacím přístrojem. Povrch základové desky musí být suchý, homogenní a zbaven všech nečistot a volných částic.

Ve skladbě střešní konstrukce je jako pojistná hydroizolace navržena vysoce difúzní membrána JutaDACH 135, která zajišťuje odvod nadbytečné vzdušné vlhkosti z podkrovního prostoru. Pásy této hydroizolace budou připevněny shora k horním pásnicím vazníků s minimálním přesahem 10 cm. Aplikace pásů se provádí od okapové hrany směrem ke hřebeni.

Parotěsnost stropní konstrukce je zajištěna polyethylenovou folií ISOCELL AIRSTOP VAP připevněnou k dolním pásnicím vazníků. Parobrzdná izolace obvodových stěn je zajištěna speciální kaširovanou vrstvou sádrovláknité desky Fermacell Vapor, která je z vnitřní strany připevněna k dřevěnému nosnému rámu. Odpadá tak nutnost použití dodatečných parotěsných vrstev.

### **6.1.13. Tepelné a akustické izolace**

Veškeré tepelné i akustické izolační materiály jsou navrženy od společnosti Isover. Betonové základové tvárnice jsou z vnější strany izolovány deskami z expandovaného polystyrenu Isover EPS SOKL 3000 tloušťky 50 mm, na které je následně nanесena mrazuvzdorná stěrka s armovací sítí jako podklad povrchové vrstvy (marmolit).

Podlahové konstrukce jsou zatepleny deskami z expandovaného polystyrenu Isover EPS 100, které jsou uloženy na základové desce opatřené hydroizolací.

V konstrukci obvodových stěn jsou použity dva typy tepelné izolace. Hlavní izolace vyplňující meziprostory dřevěného nosného rámu je tvořena deskami z čedičové vlny Isover WOODSIL tloušťky 140 mm. Tento typ izolace je díky svým optimalizovaným rozměrům navržen speciálně pro dřevěné rošty rámových staveb. Druhý typ izolace je součástí vnějšího kontaktního zateplovacího systému ETICS a tvoří jej desky fasádní

izolace z čedičové vlny Isover TF Profi tloušťky 100 mm. Na ty je pak aplikována základní lepicí vrstva a silikátová omítka CEMIX.

Vnitřní svislé konstrukce jsou pak vyplněny rovněž minerální vatou Isover WOODSIL, vždy podle tloušťky nosné konstrukce. Výjimkou jsou pouze nenosné příčky, jejichž meziprostor je kvůli menší tloušťce vyplněn deskami izolace Isover AKU pro zlepšení zvukově izolačních vlastností.

Zateplení stropní konstrukce je tvořeno dvěma vrstvami desek z minerální vaty Isover UNI tloušťky 160 mm, které vyplňují prostor mezi nosnou vazníkovou konstrukcí.

#### **6.1.14. Výplně otvorů**

Všechny výplně otvorů ve styku s exteriérem (okna, vchodové dveře a posuvné dveře) jsou navrženy jako plastové komorové zaskleny izolačním trojsklem. Všechny interiérové dveře jsou navrženy jako dřevěné masivní. Výpis všech výplní otvorů s doplňujícími informacemi je součástí výkresové dokumentace.

#### **6.1.15. Vytápění**

Ve všech obytných místnostech je vytápění řešeno pomocí rozvodů teplovodního podlahového topení. V garáži a technické místnosti je vytápění zajištěno deskovými radiátory (výkon navržen podle dané místnosti). V koupelně je kromě podlahového vytápění umístěn i koupelnový žebříkový radiátor. Vytápění i ohřev vody bude zajištěn pomocí tepelného čerpadla typu vzduch-voda se samostatným nepřímotopným akumulacním ohříváčem.

#### **6.1.16. Obklady**

V místnostech hygienického zařízení (koupelna, WC), jsou navrženy keramické obklady o rozměrech 25 x 40 cm do výšky stropu, tedy 2515 mm. Za kuchyňskou linkou je navržen keramický obklad s imitací kamene výšky 1000 mm ve výšce 800 mm od podlahy.

V exteriéru je navržen lehký fasádní obklad na bázi betonu s imitací kamene o hmotnosti zhruba 19 kg/m<sup>2</sup> (vzhledem k nízké únosnosti obvodové konstrukce). Obklad je lepen speciálními lepidly k fasádě v prostorech mezi okenními otvory (viz výkres pohledů).

#### **6.1.17. Malby a nátěry**

Venkovní omítka je tvořena podkladní lepicí a stěrkovácí hmotou CEMIX, na kterou je nanesena tenkovrstvá silikátová omítka CEMIX bílého odstínu. Povrchovou úpravou soklu bude dekorativní omítka marmolit, jejíž podklad tvoří lepicí a stěrkovácí hmota se sklotextilní síťovinou.

V interiéru je jako finální vrstva navržena válečkovaná omítka Fermacell, tónovatelná běžnými tónovacími barvami.

#### **6.1.18. Větrání místností**

Větrání místností bude v celém objektu zajištěno přirozenou cestou (okny).

#### **6.1.19. Venkovní úpravy**

Podél celého objektu je navržen odvodňovací pruh šířky 500 mm vysypaný oblázky ohraničený betonovým obrubníkem.



## 6.2. Architektonická vizualizace

Grafický výstup práce – osazení navrženého rodinného domu do terénu.



*Obr. 17 - Pohled východní (z komunikace)*



*Obr. 18 - Pohled jihozápadní (ze zahrady)*

## 6.3. Tepelně technické posouzení obvodového pláště

### 6.3.1. Výpočet součinitele prostupu tepla

Tab. 9 - Skladba obvodové stěny s výpočtem tepelného odporu

Označení	Název vrstvy	$d$ (m)	$\lambda$ (W/(m·K))	$R$ ((m <sup>2</sup> ·K)/W)
1	Sádrovláknitá deska Fermacell	0,0125	0,32	0,0391
2a	Rám z KVH hranolů (předstěna)	0,04	0,18	0,2222
2b	Vzduchová mezera (předstěna)	0,04	0,23	0,1739
3	Sádrovláknitá deska Fermacell Vapor	0,015	0,32	0,0469
4a	Nosný rám z KVH hranolů	0,14	0,18	0,7778
4b	Tepelná izolace Isover UNI	0,14	0,035	4,0000
5	Sádrovláknitá deska Fermacell	0,0125	0,32	0,0391
6	Fasádní izolace Isover TF Profi	0,1	0,036	2,7778
7	Základní vrstva pro ETICS	0,003	0,54	0,0056
8	Tenkovrstvá silikátová omítka	0,002	0,74	0,0027

$d$  – tloušťka vrstvy

$\lambda$  – koeficient tepelné vodivosti

$R$  – tepelný odpor konstrukce vypočítaný ze vztahu:  $R = d/\lambda$

$$R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

#### Výpočet tepelného odporu instalační předstěny $R_2$

$$\lambda_{ekv} = \frac{V_{2a} \cdot \lambda_{2a} + V_{2b} + \lambda_{2b}}{V_{2a} + V_{2b}} = \frac{(0,04 \cdot 0,04) \cdot 0,18 + (0,585 \cdot 0,04) \cdot 0,23}{(0,04 \cdot 0,04) + (0,585 \cdot 0,04)}$$

$$\lambda_{ekv} = 0,2268 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

$$R_2 = \frac{d}{\lambda_{ekv}} = \frac{0,04}{0,2268} = 0,1764 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$



### Výpočet horní meze tepelného odporu $R'_T$

$$f_a = \frac{a}{a + b + c} = \frac{0,2825}{0,2825 + 0,06 + 0,2825} = 0,452$$

$$f_b = \frac{b}{a + b + c} = \frac{0,06}{0,2825 + 0,06 + 0,2825} = 0,096$$

$$f_c = \frac{c}{a + b + c} = \frac{0,2825}{0,2825 + 0,06 + 0,2825} = 0,452$$

$$R_a = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{4b} + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{se}$$

$$R_a = 0,13 + 0,0391 + 0,1764 + 0,0469 + 4,0000 + 0,0391 + 2,7778 + 0,0056 + 0,0027 + 0,04$$

$$R_a = 7,2576 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_b = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{4a} + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{se}$$

$$R_b = 0,13 + 0,0391 + 0,1764 + 0,0469 + 0,7778 + 0,0391 + 2,7778 + 0,0056 + 0,0027 + 0,04$$

$$R_b = 4,0354 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_c = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{4b} + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{se}$$

$$R_c = 0,13 + 0,0391 + 0,1764 + 0,0469 + 4,0000 + 0,0391 + 2,7778 + 0,0056 + 0,0027 + 0,04$$

$$R_c = 7,2576 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R'_T = \frac{1}{\frac{f_a}{R_a} + \frac{f_b}{R_b} + \frac{f_c}{R_c}} = \frac{1}{\frac{0,452}{7,2576} + \frac{0,096}{4,0354} + \frac{0,452}{7,2576}} = 6,7409 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

### Výpočet dolní meze tepelného odporu $R''_T$

$$R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_1 = 0,0391 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_2 = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{2b}} + \frac{f_b}{R_{2a}} + \frac{f_c}{R_{2b}}} = \frac{1}{\frac{0,23}{0,1739} + \frac{0,04}{0,2222} + \frac{0,23}{0,1739}} = 0,3539 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_3 = 0,0469 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_4 = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{4b}} + \frac{f_b}{R_{4a}} + \frac{f_c}{R_{4b}}} = \frac{1}{\frac{0,452}{4,0000} + \frac{0,096}{0,7778} + \frac{0,452}{4,0000}} = 2,8618 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_5 = 0,0391 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_6 = 2,7778 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_7 = 0,0056 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_8 = 0,0027 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$\Sigma R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 = 6,1269 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R''_T = R_{si} + \Sigma R + R_{se} = 0,13 + 6,1269 + 0,04 = 6,2969 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

### Výsledný tepelný odpor R a součinitel prostupu tepla U

$$R = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{6,7409 + 6,2969}{2} = 6,5189 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{6,5189} = 0,1534 \doteq \mathbf{0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}}$$

### 6.3.2. Porovnání s normou

Dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěny  $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Doporučená hodnota  $U_{\text{rec},20} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a hodnota doporučená pro pasivní domy  $U_{\text{pas},20} = 0,18 - 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Se součinitelem prostupu tepla  $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  tak obvodová stěna objektu splňuje doporučené hodnoty pro pasivní domy.

## 7. Diskuze

Cílem této bakalářské práce bylo vypracování projektu rodinného domu, který by splňoval požadavky na bydlení čtyřčlenné rodiny. Základním požadavkem byl návrh nízkoenergetického jednopodlažního domu systémem dřevěné rámové konstrukce, splňujícího požadavky stavebních norem a obecných zásad pro navrhování budov. Součástí práce jsou stavební výkresy půdorysu podlaží, konstrukce základů a krovu, příčného řezu domem a čtyř pohledů.

Prvním krokem před zahájením návrhu domu byl výběr vhodné lokality pro umístění objektu. Dále bylo nutno zvážit rozměry, plochu a svažitosť zvoleného pozemku. Tyto faktory byly klíčové pro návrh dispozice domu a orientaci místností ke světovým stranám. Rozměry a plochy všech místností byly navrhovány podle ČSN 73 4301. Výsledný půdorysný tvar domu tak vychází z těchto parametrů a společně s velkými prosklenými plochami zajišťuje maximální solární zisky všech obytných místností, a tím i snížení nákladů na vytápění.

Z nízkoenergetického hlediska byla kromě dispozice důležitá také volba vhodných materiálů a návrh skladeb jednotlivých konstrukcí, přičemž hlavní požadavek byl kladen na co nejnižší součinitel prostupu tepla, a tím i vysokou energetickou úspornost domu. Nejvyšší požadavky byly kladeny na obvodový plášť domu, který je navržen jako difúzně otevřený a neobsahuje tedy žádnou parotěsnou vrstvu ani umělé izolační materiály (polystyren). Tepelnou a zvukovou izolaci pláště tak zajišťují desky z minerálních vláken a opláštění je zajištěno sádrovláknitými deskami. Konstrukce je tak navržena bez použití zdravotně závadných lepidel a jiných látek a zaručuje tak zdravé prostředí pro obyvatele domu.

Součástí práce je rovněž tepelně technické posouzení obvodového pláště a porovnání výsledných hodnot s doporučenými hodnotami pro nízkoenergetické domy. Součinitel prostupu tepla obvodové stěny dosáhl hodnoty  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , čímž splnil doporučené hodnoty pro nízkoenergetické i pasivní domy dané normou ČSN 73 0540-2 z roku 2011.

## 8. Závěr

Výsledkem této bakalářské práce je vypracovaný návrh rodinného domu systémem dřevěné rámové konstrukce. Dům byl navržen jako samostatně stojící nepodsklepená jednopodlažní stavba o čtyřech obytných místnostech s technickým zázemím a vestavěnou dvojgaráží. Střecha objektu je navržena jako valbová, jejíž konstrukce je tvořena dřevěnými příhradovými vazníky. Podkroví domu je tak trvale neobyvatelné. Dům je navržen na plánovaném stavebním pozemku v obci Lípa a bude připojen k nově vybudovaným inženýrským sítím. Dispozice domu a orientace místností ke světovým stranám byla navržena pro dosažení vysokých solárních zisků v obytných místnostech a zajištění maximálního komfortu pro obyvatele domu.

Celková plocha zvoleného pozemku je 925,65 m<sup>2</sup> a zastavěná plocha domu činí 216,90 m<sup>2</sup>. Podlahová plocha všech místností včetně terasy je 185,15 m<sup>2</sup>. Největší navrženou obytnou místností je obývací pokoj, který je zároveň spojen s kuchyní a jídelnou. Plocha této místnosti je 44,10 m<sup>2</sup>. Dětské pokoje zaujímají plochu 16,57 m<sup>2</sup> a 16,48 m<sup>2</sup>. Čtvrtou obytnou místností je manželská ložnice o ploše 16,17 m<sup>2</sup>. Plocha vestavěná dvojgaráže činí 38,04 m<sup>2</sup>.

Textová část práce obsahuje návrh skladeb všech konstrukcí, technologii výroby prefabrikovaných panelů, architektonickou studii, postup výstavby domu a tepelně technické posouzení obvodového pláště. Práce je doplněna výkresovou dokumentací a může být v budoucnu použita jako podklad stavebního povolení.

## 9. Summary

The result of this bachelor thesis is a design of a family house with a wooden frame construction system. The house is designed as a one-storey detached house with four rooms for living, technical facilities and an inbuilt double garage. The roof of the house is designed as a hip roof with wooden truss tie beams. The attic of the house is therefore permanently uninhabitable. The house is designed to be built on an intended building site in the village Lípa and it will be connected to the newly established underground utilities. The disposition of the house and its orientation according to the cardinal points has been designed in order to achieve high solar gains in the living rooms and provide maximal comfort for the inhabitants of the house.

The total area of the selected building site is 925,65 m<sup>2</sup> and the build-up area of the house is 216,90 m<sup>2</sup>. The floor area of all rooms including the terrace is 185,15 m<sup>2</sup>. The largest designed room is a living room that is also connected to the kitchen and the dining room. The area of this room is 44.10 m<sup>2</sup>. Children's rooms occupy an area of 16.57 m<sup>2</sup> and 16.48 m<sup>2</sup>. The fourth living room is a double bedroom of 16.17 m<sup>2</sup>. The area of the built-in double garage is 38.04 m<sup>2</sup>.

The text part of the thesis contains a design of the composition of all the structures, a technology of production of prefabricated panels, an architectural sketch, a method of building the house and an assessment of the building envelope from the thermal technical point of view. The thesis is completed with drawing documentation and may be used as a base for the building permit in the future.

## 10. Seznam použité literatury

1. RŮŽIČKA, M. *Stavíme dům ze dřeva*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. 117 s. ISBN 80-247-1461-2.
2. VAVERKA, J. a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 376 s. ISBN 978-80-247-2205-4.
3. HUDEC, M., *Pasivní domy z přírodních materiálů*. Praha: Grada, 2012. 160 s. ISBN 978-80-247-4243-4
4. KOLB, J. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7.
5. STRAKA, B. a kol. *Konstrukce šikmých střech*. Praha: Grada, 2013. 232 s. ISBN 978-80-247-4205-2
6. TYWONIAK, J. a kol. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 204 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
7. HAVÍŘOVÁ, Z. *Dům ze dřeva*. 2. vyd. Brno: ERA, 2006. 99 s. ISBN 80-7366-060-1.
8. VALDA, V., *Stavba domu svépomocí*. Praha: Nakladatelství Valda Vojtěch, 2015. 191 s. ISBN 978-80-906031-0-3.
9. RD Rýmařov. *O nás* [online]. © 2017, RD Rýmařov s.r.o. [Cit. 29. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.rdrymarov.cz/o-nas>
10. Domy D.N.E.S. *Technologie* [online]. © 2009-2010, DOMY D.N.E.S. [Cit. 29. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.drevene-domy.info/>
11. ČSN 73 4301 Obytné budovy. ÚNMZ, 2004
12. ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. ÚNMZ, 2011
13. ČSN EN 1995-1-1 (Eurokód 5): Navrhování dřevěných konstrukcí. ÚNMZ, 2006

## 11. Seznam elektronických zdrojů

<http://www.tzb-info.cz/>

<http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/>

<https://www.drevostavitel.cz/>

<http://www.fermacell.cz/>

<http://www.isover.cz/>

<http://cze.sika.com/cs/group.html>

<http://www.cemix.cz/>

<http://www.juta.cz/>

<http://www.kmbeta.cz/>

<http://www.isocell.com/cs/>



## 12. Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 - Schéma orientace místností ke světovým stranám ( <a href="http://www.tfdesign.cz">www.tfdesign.cz</a> ) .....	11
Obr. 2 - Výroba nosného rámu z dřevěných hranolů ( <a href="http://www.rdrymarov.cz">www.rdrymarov.cz</a> ) .....	17
Obr. 3 - Vyplňování rámu tepelnou izolací ( <a href="http://www.rdrymarov.cz">www.rdrymarov.cz</a> ) .....	18
Obr. 4 - Spojení prvků vazníku styčnickovými deskami ( <a href="http://ASB-portal.cz">ASB-portal.cz</a> ) .....	19
Obr. 5 - Osazování prefabrikovaných panelů ( <a href="http://www.drevene-domy.info">www.drevene-domy.info</a> ) .....	21
Obr. 6 – Plánovaný komplex stavebních parcel v katastru obce Lípa .....	22
Obr. 7 - Architektonická vizualizace dispozice domu .....	23
Obr. 8 - Grafické znázornění skladby nosné obvodové stěny.....	26
Obr. 9 - Grafické znázornění skladby vnitřní garážové nosné stěny.....	27
Obr. 10 - Grafické znázornění skladby vnitřní nosné stěny .....	28
Obr. 11 - Grafické znázornění skladby vnitřní nenosné příčky .....	29
Obr. 12 - Grafické znázornění skladby podlahy s teplovodním vytápěním .....	30
Obr. 13 - Grafické znázornění skladby podlahy bez teplovodního vytápění .....	32
Obr. 14 - Grafické znázornění skladby stropní konstrukce.....	33
Obr. 15 - Grafické znázornění skladby střešní konstrukce .....	34
Obr. 16 – 3D model konstrukce krovu .....	35
Obr. 17 - Pohled východní (z komunikace) .....	39
Obr. 18 - Pohled jihozápadní (ze zahrady).....	39
Tab. 1 - Skladba nosné obvodové stěny .....	26
Tab. 2 - Skladba vnitřní nosné stěny mezi garáží a obytnou částí .....	27
Tab. 3 - Skladba vnitřní nosné stěny .....	28
Tab. 4 - Skladba vnitřní nenosné příčky .....	29
Tab. 5 - Skladba podlahy s teplovodním vytápěním.....	31
Tab. 6 - Skladba podlahy bez teplovodního vytápění.....	32
Tab. 7 - Skladba stropní konstrukce.....	33
Tab. 8 - Skladba střešní konstrukce .....	34
Tab. 9 - Skladba obvodové stěny s výpočtem tepelného odporu .....	40

## 13. Seznam příloh

Výkres 1.01 – Půdorys 1. NP (1:50) – 4 x A4

Výkres 1.02 – Základy (1:100) – 2 x A4

Výkres 1.03 – Koordinační situace (1:200) – 2 x A4

Výkres 1.04 – Osazení do terénu (1:200) – 2 x A4

Výkres 1.05 – Krov (1:100) – 2 x A4

Výkres 1.06 – Řez objektem (1:50) – 2 x A4

Výkres 1.07 – Pohledy (1:100) – 2 x A4

Výkres 1.08 – Výpis skladeb – 2 x A4

Výkres 1.09 – Výpis prvků – 2 x A4