

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**VÍCEKRITERIÁLNÍ POROVNÁNÍ NÁVRHU
OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ RODINNÝCH DOMŮ
Z VYBRANÝCH HLEDISEK**

DOMINIK

KYNZL

2021

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

**ING. TOMÁŠ VÁCHAL, PH.D., ARQUITECTO
TÉCNICO**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

.....

Dominik Kynzl

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Tomáši Váchalovi, Ph.D., Arquitecto Técnico za ochotu, cenné rady, připomínky a komentáře při vypracování práce. Dále bych touto formou chtěl poděkovat všem, kteří mě během mého studia podporovali.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kynzl Jméno: Dominik Osobní číslo: 476972
Zadávací katedra: k122 - katedra technologie staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb (L)

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vícekritériální porovnání návrhu obvodových konstrukcí rodinných domů z vybraných hledisek

Název bakalářské práce anglicky: Multicriteria comparison of design of perimeter constructions of detached houses from selected perspectives

Pokyny pro vypracování:

Teoretická část:

- Historie konstrukce a technologie staveb RD.
- Trendy výstavby RD a materiály používané v současnosti pro výstavbu RD.

Praktická část:

- Popis porovnávaných objektů.
- Vybrané varianty obvodové konstrukce (min. 3).
- Porovnání navržených obvodových konstrukcí pomocí parametrů: finanční zhodnocení výstavby, rychlost výstavby, výpočet prostupu tepla.
- Závěrečné vyhodnocení nejideálnějšího materiálu pro zvolený RD.

Seznam doporučené literatury:

ČSN příslušné pro řešenou problematiku, TZB-INFO, vyhláška č. 78/2013 Sb., PEF-CZU - Vícekritériální analýza variant.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Tomáš Váchal, Ph.D., Arquitecto Técnico

Datum zadání bakalářské práce: 17. 2. 2021 Termín odevzdání bakalářské práce: 16. 5. 2021
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Anotace

Vícekriteriální porovnání návrhu obvodových konstrukcí rodinných domů z vybraných hledisek

Tato práce se zabývá historií výstavby rodinných domů a jejich vývojem do současnosti. Rozebrány jsou nejčastější materiály pro výstavbu rodinných domů, jejich výroba a výhody či nevýhody oproti konkurenci. V práci jsou navrženy tři skladby obvodové konstrukce, které jsou často používány k výstavbě obvodových stěn rodinných domů. Jednotlivé skladby obvodových konstrukcí jsou následně porovnávány pomocí vícekriteriální analýzy z pěti různých hledisek a za různých podmínek. Cílem práce je vybrat neoptimálnější skladbu obvodové stěny rodinného domu pro určené prostředí.

Klíčová slova:

Rodinný dům, skladba obvodové konstrukce, součinitel prostupu tepla, vícekriteriální analýza, Saatyho metoda

Abstract

Multicriteria comparison of design of perimeter constructions of detached houses from selected perspectives

This bachelor thesis deals with history of building detached houses and their development to the present. The most common materials used for building detached houses, their production and the advantages or disadvantages over the competition are addressed in this work. Then there are designed three compositions of perimeter constructions that are frequently represented as the perimeter structures of detached houses. These are compared while using multicriteria analysis from five different points of view and under different conditions. The aim of this thesis is to select the most optimal composition of the perimeter structure for the detached houses with specified surroundings.

Keywords

Detached house, composition of perimeter constructions, heat transfer coefficient, multicriteria analysis, Saaty method

Obsah

Úvod	9
Cíle bakalářské práce	10
1 Historie konstrukce a technologie staveb rodinných domů	11
1.1 Historický vývoj rodinných domů	11
1.1.1 Materiály používané v historii na našem území	11
1.2 Trendy a materiály používané v současnosti	15
1.2.1 Dřevo	15
1.2.2 Zdivo	26
1.2.3 Beton	36
2 Popis vybraných objektů	39
2.1 Identifikace vybraných rodinných domů	39
2.2 Vybrané skladby obvodových stěn pro hodnocení	41
3 Vícekriteriální porovnání vybraných objektů	43
3.1 Hodnocená kritéria	43
3.2 Saatyho metoda	46
3.3 Vícekriteriální analýza obvodových stěn	48
3.3.1 Objekt č. 1 – ROHE 90	48
3.3.2 Objekt č. 2 – KUBIS 74	53
Závěr	57
Použitá literatura	58
Použité elektronické dokumenty	58
Použitá tištěná literatura	61
Seznam zkratk	62
Seznam obrázků	63

Seznam tabulek	64
Seznam vzorců.....	64
Seznam příloh.....	65

Úvod

Snem většiny lidí je jednoho dne zahájit výstavbu vlastního rodinného domu. Během čtyř let svého dosavadního studia na Fakultě stavební ČVUT jsem byl několikrát tázán o radu, jaký stavební systém použít pro realizaci rodinného domu. Odpověď není jednoduchá, proto jsem se rozhodl zpracovat ji jako svou bakalářskou práci.

V úvodu práce jsou rozebrány historické materiály, ze kterých se stavělo dříve a daly základ materiálům, ze kterých se staví dodnes. Práce dále nabízí přehled materiálů používaných dnes, ve kterém je popsána krátká historie, výroba, stručný technologický postup a výhody či nevýhody daných stavebních prvků.

V praktické části práce jsou porovnávány skladby obvodových konstrukcí dvou rodinných domů, jednoho jednopodlažního a druhého dvoupodlažního. Pro nalezení optimální skladby byly navrženy tři skladby obvodových konstrukcí, typických pro výstavbu rodinných domů, konkrétně panelová dřevostavba, zděná stěna z dutinových pálených cihel s přidaným tepelným izolantem a stěna z pórobetonových tvárnic s přidaným tepelným izolantem. Všechny tři obvodové konstrukce byly navrženy tak, aby splnily předem nastavenou hodnotu součinitele prostupu tepla, který byl stanoven na $U = 0,120 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Vyhovující skladby byly hodnoceny z pěti kritérií, na které byly kladeny odlišné nároky. Mezi vybraná kritéria byla zařazena cena, rychlost výstavby, náročnost výstavby, zastavěná plocha a životnost konstrukce.

Pro dosažení, co možná nejobektivnějších, výsledků je použita Saatyho metoda vícekritériální analýzy.

Cíle bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je najít nejvhodnější skladbu obvodové konstrukce pro výstavbu rodinného domu. Zjistit výhody a nevýhody typických skladeb, najít největší úskalí při realizaci a určit optimální skladbu pro různá prostředí a různé nároky. Dalším cílem je najít nejlepší možné řešení v reakci na nároky investora a na podmínky daného prostředí, ve kterém rodinný dům realizujeme. Nalezení objektivního hodnocení tří vybraných skladeb a využití výsledků v mém budoucím životě jsou hlavním cílem této práce.

1 Historie konstrukce a technologie staveb rodinných domů

1.1 Historický vývoj rodinných domů

Pojem „rodinný dům“ představuje pro většinu lidí malý domek na předměstí. Z hlediska historie se dá pod pojmem „rodinný dům“ představit jakákoli malá stavba určená pro bydlení počtu osob odpovídajícímu rodině. Pojem „rodinný dům“ jako takový byl oficiálně zaveden až v moderní době při vzniku stavebních norem.

V současnosti je v ČR rodinný dům definován vyhláškou č. 501/2006 Sb. Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. Je zde definován jako „rodinný dům, ve kterém více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé rodinné bydlení a je k tomuto účelu určena; rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, nejvýše dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkroví.“

1.1.1 Materiály používané v historii na našem území

Dříve byly stavby realizovány převážně z dobře dostupných materiálů. Převažovaly tedy přírodní materiály jako je hlína, dřevo, kámen či sláma.

Současné území ČR je průsečíkem různých stavitelských sfér. Přírodními podmínkami je dáno, že ČR patří do smíšené oblasti stavitelství dřevěného (roubeného), hliněného, kamenného a poalpského (Frolec, 1970). První stavby vypadající a připomínající rodinné domy jsou zemnice a spíše polozemnice, které se vyskytovaly během 6. – 13. století. Jsou to příbytky, které jsou zcela nebo zčásti zabudované pod úroveň terénu. Vyskytují se často v rovinatém terénu a je pro ně typický čtvercový nebo obdélníkový půdorys a kamenná či hliněná pec umístěná v rohu obydlí (Mencl, 1980). Na většině území byly v období od 13. do 15. století

postupně nahrazovány nadzemními domy, v Podunají byly udržovány až do 2. poloviny 19. století (Vavěrka, Frolec, 2007).



Obr. č. 1 – Polozemnice

Zdroj - <https://www.turistika.cz/mista/pohansko-zamysleni-v-archeoskanzenu/foto?id=1220871>

Konstrukce ze dřeva a hlíny

Dřevo je typický materiál pro stavbu rodinných domů jak v historii, tak i dnes. Dřevo často tvoří nosnou, ale i nenosnou konstrukci. Z nosných konstrukcí převažovaly roubené nebo hrázděné stěny, povalové či trámové stropy nebo konstrukce krovů. Výplňové konstrukce zastupují především výplně okenních či dveřních otvorů – dřevěná okna, dveře a vrata a krycí šindelová střešní krytina. Hlína se užívala pro stavbu hliněných stěn. Sláma se používala na střešní krytinu a pro vylehčení i vyztužení hliněných konstrukcí (Čerňanský). Typy hliněných domů se k nám dostaly z různých koutů Evropy. Ať už to jsou domy pracující převážně s pálenou hlínou, převzaté z Podunajské tradice či domy západoevropské tradice, ze které jsme přejali hrázděnou konstrukci. Hrázděná konstrukce má kostru ze dřeva

vyplněnou lepenicí nebo hlínou s řezanou slámou. Dále severoevropská stavební kultura, od které jsme přejali techniku roubení dřeva (Ekostavivo, 2015).



Obr. č. 2 - Tradiční hliněný dům s doškovou střechou

Zdroj - <http://www.ekostavivo.cz/historie-a-soucasnost-hlineneho-stavitelstvi-1-cast/>

Konstrukce z kamene

Použití kamene je univerzální, používal se do základů, zdí, kleneb, k dlažbě, obkladům nebo se z něj tesaly sochy. Pokud bychom kámen měli srovnat se dřevem a hlínou, je kámen výrazně odolnější, trvanlivější a pevnější, avšak práce s ním je poněkud složitější. Hůře se opracovává a díky jeho vysoké hmotnosti se s ním velmi špatně manipuluje. Není proto divu, že v dřívějších dobách byly kamenné stavby důkazem bohatství a byly konstruovány pouze pro vyšší vrstvu. S výjimkou kamenných obkladů, dlažby a kameniva v betonu se v současnosti s kamenem ve stavebnictví ve větší míře nesetkáme, avšak důkazem toho, jak je kámen odolný, jsou stavby dochované až do současnosti (Solař, 2013).

Pokud kámen srovnáme se dřevem a hlínou z hlediska dostupnosti, nebylo ho tak jednoduché dopravit na místo určení. Nejdříve se kámen sbíral na polích, poté se přešlo na těžbu v lomech (Čerňanský).



Obr. č. 3 - Nejstarší kamenný hrad v ČR, konkrétně zřícenina hradu Přimda

Zdroj - <https://plzenoviny.cz/primda-je-nejstarsim-kamennym-hradem-v-cechach-dochovala-se-jen-vez-a-pristavek-se-zachodem/>

1.2 Trendy a materiály používané v současnosti

Během několika posledních století se podoba světa razantně změnila. Přirozený vývoj se dotkl i výstavby budov. Postupně se mění podoba veškerých staveb a rodinné domy nejsou výjimkou. Úprava vzhledu není ani zdaleka ta nejzásadnější, rodinné domy se nejvíce mění z hlediska používaného materiálu na jejich výstavbu. Dnes se, oproti dřívějším dobám, používají lehčí, lépe zpracovatelné či tepelně výhodnější materiály (Kolb, 2011).

1.2.1 Dřevo

Většina lidí si pod pojmem dřevostavba pravděpodobně představí jakýsi srub, roubenku či horskou chatu. Avšak dřevostavby nejsou jen stavby, ve kterých je dřevo na první pohled vidět. Stále modernější a využívanější jsou stavby na bázi dřevěných prefabrikátů skládaných do sebe, přičemž je dřevo „schované“ pod fasádou. Obecně dřevostavby definujeme jako konstrukce, které mají většinu nosných prvků ze dřeva nebo na bázi dřeva (Kolb, 2011).

Historie dřevostaveb

Jak bylo už v této práci jednou řečeno, dřevo jako stavební materiál je používáno už od nepaměti po celém světě. Díky své dobré opracovatelnosti splnilo často vysoké nároky stavebníků a architektů v různých slozích. Zároveň bylo vždy jednoduše dostupné, a to prakticky po celém světě. Ze dřeva se stavěly veškeré druhy obydlí od rodinných domů přes zemědělské či měšťanské stavby, až po kostely. Především ve střední Evropě a Skandinávii se stále můžeme setkat s poměrně velkým množstvím historických dřevěných staveb, zatímco na jihu Evropy byl upřednostňován kámen jako hlavní stavební materiál.

Industrializace v 19. století ovlivnila celý stavební průmysl a odvětví zabývající se dřevem nebylo výjimkou. Přinesla nový pohled na stavění či zpracování a přivedla na trh nové materiály, jako např.: beton, ocel a plast, které byly podporovány výzkumem a vývojem. Byla umožněna cenově výhodná přeprava nových materiálů

na dlouhé vzdálenosti, tedy zmizela nutnost výstavby z tradičních a lokálních materiálů. Dřevostavbám v této době dopomohla pouze krize způsobená především první a druhou světovou válkou, kdy bylo dřevo ve výstavbě požadováno. Znovuzrození dřevostaveb přišlo až v období, kdy se začalo více dbát na ekologii a trvale udržitelných materiálech. Zpomalený průběh hospodářského vývoje vedl ke zjednodušení architektury i konstrukce a minimalistický vzhled budov byl stále modernější. Jednoduché, ekologicky nenáročné a komfortní prostředí pro bydlení je to, co moderní dřevostavby rozhodně splňují (Kolb, 2011).

Srubby

Srubové stavby jsou založeny na konstrukční tradici, sahající do hluboké minulosti. Tento typ konstrukce je značně ovlivněn vývojem architektury dřevěných staveb v Evropě. Nejčastěji se se sruby setkáváme ve Skandinávii či v Rusku, kde nejsou budovány pouze za účelem rodinného bydlení, ale můžeme se setkat i se srubovými paláci, věžemi či kostely. Dalším „domovem“ srubů jsou střeoevropské hory, tedy především Alpy. V horských oblastech se staví sruby dodnes. Stavební know-how je předáváno z generace na generaci, což zajišťuje ponechání svébytnosti, konstrukční pravidla jsou dále dodržována a konstrukce si ponechává svůj regionální vzhled. Mladí tesaři se učí své řemeslo, ale také musí držet krok s neustálým posunem standardu bydlení.

Srubby jsou zpravidla tvořeny kulatinou, která je pouze hrubě opracována a zbavena kořenů, v rozích se spojují přeplátováním a jsou velmi náchylné na sedání. Pro každé poschodí se musí počítat se sednutím až do 25 mm. Při výstavbě srubu je mimořádně důležité dbát na vysokou řemeslnou dovednost, dobrý výběr dřeva, kterého se u srubů zpracuje velmi velké množství a sedání (Kolb, 2011).



Obr. č. 4 – Srub

Zdroj - <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/caste-dotazy/134-faq-sruby-a-roubenky>

Roubenky

Největší rozdíly mezi srubem a roubenkou tkví ve vzhledu. Zatímco sruby jsou vyráběny z přírodních kmenů s kulatým průřezem, u roubenek se dává přednost hraněnému řezivu čtvercového či obdélníkového průřezu. Rohové spoje u srubů mají výrazné přesahy, většinou překračující půl metru, jednotlivé kmeny jsou kladeny těsně na sebe a netvoří se mezi nimi žádná spára. Naproti tomu u roubenek jsou trámy v rozích spojeny rybinovým plátováním a mezi jednotlivými hranoly bývá mezera vyplněná tmelem či dřevěnou lištou. Vizuálně se tedy jedná o naprosto rozdílné stavby. Další rozdíly vznikají opracováním roubených trámů – roubená stěna je oproti té srubové téměř dokonale rovná, což značně napomáhá při návrhu interiéru. Kulatinu pro roubenky je nutné na pile nařezat na požadované rozměry. Aby dřevo vyhovělo technickým nárokům, jsou kmeny podstatně většího průměru, protože ořezáním dojde k jejich zmenšení.

Roubenky se stále rekonstruují, především díky jejich tradičnímu vzhledu, i když je rekonstrukce většinou náročnější než výstavba nového domu. Často sice nevyhovují dnešním stavebně-technickým předpisům ani současným požadavkům

na bydlení, avšak díky své kráse a historickému vzhledu jsou stále žádanější (Daňková, 2019).

Největším nepřítelem roubenek je vlhkost, kterou naopak k životu potřebují veškeré dřevokazné procesy. Proto je potřeba se před stavbou zamyslet nad opatřením proti zadržování vody v okolí domu. Daná opatření jsou nejčastěji zajišťována osazováním stěn minimálně 20 cm nad terén, správným spádováním směrem od stavby, zajištěním správné funkce střechy, dostatečnými přesahy či vhodnými nátěry dřeva.

Většinou probíhá výroba ve výrobních prostorech dodavatelské firmy, kde se roubenka nanečisto složí, trámy se poté očíslovají, připraví se prostupy pro elektroinstalace, konstrukce se rozeberou a převezou na stavební místo, kde je připravena spodní stavba. Samotná stavba roubenky už je prakticky „skládačka“, kterou si zkoušíme již podruhé, je pouze potřeba postupovat podle čísel. Důležité je roubenku co nejdříve zastřešit, právě kvůli vodě, která konstrukci degraduje. Nátěry se provádí po vyschnutí dřeva pod dvacet procent vlhkosti (Pacák, 2016).



Obr. č. 5 – Typická roubenka v ČR

Zdroj - <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/zajimavosti/4731-jak-se-zije-ve-140-let-stare-roubence>

Hrázděné stavby

U řady hrázděných staveb zůstává nosná kostra stavby viditelná. Hrázděné stavby bychom nejčastěji našli ve východní a střední Evropě, ale také v Anglii, Německu, Dánsku, Nizozemsku, Francii nebo Švýcarsku. Začaly vznikat v regionech, kde nebylo dostatečné množství dřeva pro výstavbu srubů či roubenek. Díky poměrně pestrému rozložení staveb po velkém množství států si každý region zachoval svou diverzitu a ponechal na konstrukci něco ze sebe. Další výhodou oproti srubům je možnost využití i kratších částí listnatého dřeva. Na venkově často zůstávala nosná část konstrukce viditelná, což definovalo typický „venkovský“ vzhled domu, naopak ve městech se začaly hrázděné domy omítat. Mělo to hned dva důvody. Jedním byla důvěra v to, že omítka ochrání stavbu před požárem, druhým to, že se napodobí městské domy z kamene a zdiva.

Klasické hrázděné stavby s konstrukcí viditelnou z exteriéru domu se už dnes prakticky nepoužívají. Výztužná vzpěrová konstrukce hrázděných staveb byla nahrazována vývojem nových materiálů na bázi dřeva. Stěny jsou tvořeny hranolovou kóstrou, která je sama o sobě neposuvná. Celá konstrukce je tvořena sloupky, příčníky a vzpěrami. Všechny staticky účinné síly jsou přenášeny těmito dřevěnými prvky, výplně mezi nimi jsou staticky nevýznamné. Spoje mezi jednotlivými prvky přenáší tlakové zatížení, nikoli však tahové. Dnes se prahy a vaznice plátují, tedy do poloviny se vydlabou a zatlačí přes sebe. Sloupky, vzpěry a příčné prvky se spojují výlučně čepovými spoji. K zajištění spojů proti posunutí se používají hřebíky, vruty do dřeva či svorníky (Kolb, 2011).



Obr. č. 6 – Hrázděná stavba s viditelnou nosnou konstrukcí

Zdroj - <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/2524-prave-hrazdene-stavby-jsou-jiz-historii>

Stavby se sloupkovou konstrukcí

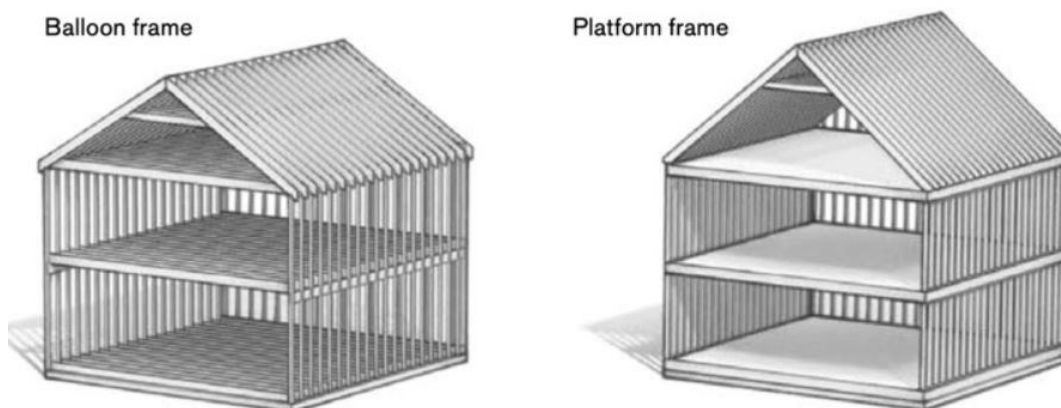
V polovině 19. století byly tradiční rukodělné techniky potlačovány novými strojními výrobky. Společně s méně složitým způsobem dopravy to vedlo k dostupnosti a používání nových materiálů. V Evropě vyšly dřevěné stavby z módy, avšak v této době, konkrétně v roce 1850, v tehdy ještě poměrně nových Spojených státech amerických se zrodil nový druh staveb ze dřeva, tzv. Balloon-Frame – žebrový stavební systém ze dřeva, který je sestaven ze sloupků pokládaných v malých vzdálenostech od sebe, vyztuženými prkny nebo deskami na bázi dřeva. V Severní Americe se prosadily především dva konstrukční prvky, konkrétně Balloon-Frame a Platform-Frame.

První jmenovaný systém je tvořen ze sloupků, které vedou průběžně přes dvě nebo více podlaží. Spodní a horní uzavření tvoří vodorovná prkna, prahy a vaznice.

Charakteristickým znakem Platform-Frame je poschoďová skladba. Plošina zapuštěná do sloupků se během stavby využívá jako pracovní plocha. V Severní Americe se Platform-Frame využívá ještě dnes, povětšinou k výstavbě jednopatrových či dvoupatrových rodinných domů. Velkou výhodou je možnost

standardizace a prefabrikace nebo flexibilita ke konstrukci i architektonickému řešení (Kolb, 2011).

V Evropě začaly okolo roku 1930 vznikat tzv. kostrové stavby, které byly inspirovány právě americkým vzorem. Tento systém dřevěných staveb se v Evropě prosadil až během posledních dvou až tří desetiletí a přinesl inspiraci pro prefabrikované systémy rámových panelů, které jsou nyní hojně používány v Evropě (Štefko, Reinprecht, Kuklík, 2009).



Obr. č. 7 – Balloon-Frame a Platform-Frame

Zdroj - <https://www.finehomebuilding.com/project-guides/framing/evolution-of-the-house-frame>

Rámové panelové systémy

Podobně jako u Platform-Frame se nosná konstrukce rámových panelových systémů skládá z tyčového nosného skeletu, řeziva a pláště, který stabilizuje nosnou kostru. Tyčový skelet přenáší svislá zatížení ze střechy a mezipatrových stropů a pláště z desek na bázi dřeva přenášejí vodorovná zatížení, která vznikají účinkem větru a výztužných sil.

Základním principem dnešních rámových staveb je prefabrikace ve výrobním závodě. Projektují se, vyrábí se a montují se poschodově, což je jen dalším důkazem jejich vývoje ze systému Platform-Frame. Jednotlivé dílce se vyrábí ve výrobních halách, které poskytují optimální podmínky. Výroba je strojní a řízená počítačem,

což posouvá rámové systémy značně kupředu. Díky pokročilým technologiím lze vyrábět dílce velkých rozměrů, které omezují pouze podmínky transportu. Montáž rodinného domu se dá zvládnout za jeden až dva dny.

Vnější vzhled domů se většinou nepodobá jiným domům ze dřeva. Nosná konstrukce rámových staveb je zevnitř i zvenku zcela obložena, často z desek na bázi dřeva či z rostlého dřeva, na kterých je ještě finální krycí povrchová úprava.

Jelikož je rámová konstrukce poměrně novinkou na trhu, byla dokonale přizpůsobena našim potřebám. Předpokladem je další využívání tohoto konstrukčního prvku, díky své hospodárnosti, jednoduchosti, architektonické volnosti či velmi rychlé výstavbě. Nejvíce jsou stavěny v USA (až 90 % jednopodlažních nebo dvoupodlažních rodinných domů), Kanadě, Skandinávii a ve Švýcarsku, kde jsou s nimi velmi spokojeni. V těchto státech jsou využívány i pro vícepodlažní budovy.

Pro rodinné domy jsou vzhledem k nosnému chování vyhovující dřevěné prvky s rozměrem 60/120 mm. Avšak dnes jsou požadovány větší tloušťky izolace než 120 mm, buď musí být tedy zvětšen průřez na 160 mm a více, nebo je nutné použít druhou izolační vrstvu. Druhá varianta je často upřednostňována díky vyšší eliminaci tepelných mostů. Pro nosnou kostru rámových staveb je používáno konstrukční dřevo třídy pevnosti C24, smrk nebo jedle, rostlé či lepené. Pro dobrou stabilitu tvaru se doporučuje použití lepeného dřeva. Pro výztužné pláště stěn a podlahy se využívají třívrstvé desky, desky OSB, MDF, či třískové desky, sádrovláknité desky nebo překližkové desky. Izolace je prováděna z minerálních vláknitých desek, celulózových vláken, dřevovláknitých desek či jiných izolačních materiálů (Kolb, 2011).



Obr. č. 8 - Výstavba dřevostavby z rámového panelového systému

Zdroj - <http://www.kodex-reality.cz/fotogalerie/fotogalerie-drevostavby/drevostavby-a-stavebni-systemy---druhy-drevostaveb.htm>

Masivní panelové systémy

Tento typ staveb je často skládán z velkorozměrových plošných dílců, které jsou sestaveny z lamel nejčastěji ze smrkového či jedlového dřeva. Levnější alternativou jehličnatého dřeva mohou být velkorozměrové prvky vyrobené z materiálů na bázi dřeva. Jednotlivé panely jsou vyráběny ve fabrikách a dodávány na staveniště, kde jsou montovány dle montážního postupu. Nosnou konstrukci zajišťuje konstrukční prvek z masivního dřeva, tedy velké panely sestávající z jedné, tří, pěti a více vrstev. Tepelná izolace se umísťuje na vnější stranu obvodové stěny a její tloušťka se mění v závislosti na tepelné ochraně. Tento typ dřevostavby se dá dále rozdělit na další podsystemy. Nejpoužívanějšími jsou křížově slepené řezivo, vrstvené řezivo a křížově kolíkové dílce (Kolb, 2011).

Křížově lepené řezivo je známé pod označením CLT (Cross Laminated Timber). Panel je složen z masivních lamel kladených přes sebe ve 3-7 vrstvách, které jsou vzájemně sešroubovány a lepeny. Pokud jsou srovnávány s lehkými panelovými dřevěnými systémy, vykazují masivní panelové systémy lepší akustické a protipožární

vlastnosti a dále samozřejmě vynikají v prostorové tuhosti. Na rozdíl od srubů či roubenek, které jsou také jedním ze zástupců masivních dřevostaveb vynikají CLT panely vysokou tvarovou stálostí (Nešporová, 2017). Jsou výhodnější pro výstavbu výškových budov a jsou schopny překlenout velmi velká rozpětí při relativně malé výšce průřezu. Výchozím prvkem pro CLT panely je smrkové nebo jedlové řezivo a obvyklé tloušťky desek z křížově lepeného dřeva jsou od 50 do 300 mm (Růžička, 2014).

Dílce z vrstveného řeziva se skládají z prken v poloze „na stojato“, které probíhají po celé délce dílce. V případě nutnosti zvětšení formátu panelu lze prkna nastavovat po délce zubovitým spojem. Lamely jsou vzájemně spojovány hřebíky či kolíky z tvrdého dřeva, čímž dochází k homogenizaci dílce tvořícího plochu. Obvyklé tloušťky dílců z vrstveného dřeva jsou 80 až 240 mm.

Kolíkované dílce z rostlého dřeva se skládají z jádra tloušťky asi 60 až 80 mm ze stojatých fošen, ke kterému je z obou stran kolíky připojeno více vodorovných, svislých a diagonálních prken tloušťky asi 20 až 50 mm, vyrobených z jehličnatých stromů. Kolíkované dílce z rostlého dřeva slouží především pro stěny, ve kterých je používáno převážně dřevo jako tepelná a akustická izolace, což způsobuje větší tloušťku konstrukce. Tloušťka základního dílce je převážně mezi 150 až 200 mm. Na vnitřní straně zůstává často viditelné dřevo. Výrobci kolíkových dílců se snaží co nejméně používat lepidlo, spojovací kovové prvky a jiné „nepřirodní“ spojovací materiály. Jako izolace se často používá izolace z dřevovláknitých materiálů (Kolb, 2011).

Dalším materiálem, který je ze dřeva a značně se podobá masivním panelovým systémům z masivního dřeva jsou panely tvořené z materiálů na bázi dřeva. Nosné a výztužné stěnové prvky tvoří lisované desky či OSB desky v jedné nebo více slepených vrstvách. Při použití desek na bázi dřeva se na vnější straně používá další skladba stěny s tepelnou izolací a ochranou proti povětrnosti. Na vnitřním povrchu se stěny tapetují, natírají, ale dají se i obložit dlaždicemi (Kolb, 2011).



Obr. č. 9 - Dřevostavba z CLT panelů

Zdroj - <https://www.drevostavitel.cz/clanek/clt-panely/4890>

1.2.2 Zdivo

Podobně jako u dřevostaveb i u zděných konstrukcí nalezneme velké množství stavebních prvků, které se dají použít pro výstavbu rodinného domu. Zástupci zdících materiálů jsou dokonce tradičně nejčastějšími prvky pro realizaci nosných i nenosných zdí v rodinných domech. Každý zdící materiál má trochu jiné vlastnosti a je výhodnější v jiném směru než jiný. Mezi nejčastější zástupce zdících materiálů pro výstavbu rodinných domů patří keramické bloky, pórobetonové bloky a vápenopískové bloky.

Zděné konstrukce z keramických materiálů

Historie pálených cihel sahá až do starověku, kdy byly objeveny nejstarší pálené cihly v okolí řeky Jordán. Objev hlíny, sestavení pecí pro její vypálení a možnost hlínu upravit do tvaru kvádrů cihlu posunul na nejjednodušší prvek k výstavbě. Vývoj cihly se od starověku nijak nezastavil, právě naopak, začala se využívat ve větším měřítku a je užívána až dodnes. V období starověku byla cihla používána pouze pro chrámy, paláce či domy bohatých. Cihla se dále vyvíjela, avšak největší zlom přišel až v 19. století. Cihlářství se transformuje z ruční výroby do výroby průmyslové a cihla se používá k výstavbě prakticky všech typů staveb. V tomto období byl zaznamenán také velký vývoj pecí, povětšinou kruhových, avšak žádná z nich nebyla úplně bezchybná. Až Hoffmanova pec způsobila radikální zlom v této sféře a v daném období. Ve 20. století se událo ještě více změn, které vedly k absolutní automatizaci cihláren. Začaly být používány těžící stroje, kruhovou pec nahradila pec tunelová a páru nahradil nejdříve spalovací motor a poté elektřina. Cihly pálené jsou jedním z důkazů, že materiály, ze kterých se stavělo už před naším letopočtem se v hojném počtu využívají i v současnosti (Hejhálek, 2017).

Dalším důležitým prvkem, který byl ve velké míře užíván v minulosti a používá se dodnes, jsou pálené tašky. Historie používání pálené tašky sahá až do starověku, avšak v hojně míře se objevují pálené tašky i na novostavbách. Jako první ji s velkou mírou využívali starověcí Řekové a Římané, kteří vyráběli tašky různých tvarů,

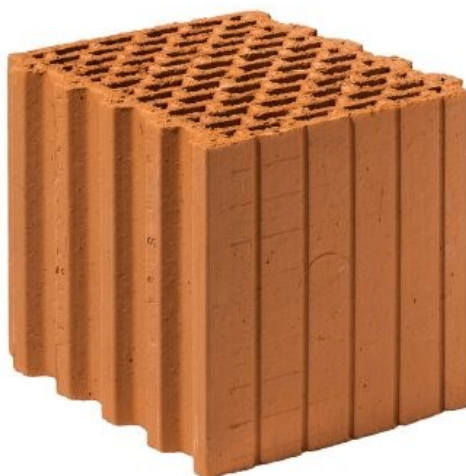
ze kterých se vychází dodnes. Pálené tašky tvoří střešní krytinu většiny historických domů v evropských městech a jsou ve velké míře užívány i v Číně. V Itálii se dokonce často zachovávají původní střešní krytiny, což napomáhá udržovat původní vzhled (Bohuslávek, 2007).

Moderní keramické tvárnice jsou již několikátým vývojovým stupněm klasické plné cihly, kterou lidstvo zná už od starověku. Stejně jako klasické cihly se jejich modernější verze vyrábí pálením hlíny. Přidaná hodnota oproti plné cihle je v dutinách, které moderní pálená cihla obsahuje. Dutiny zvyšují tepelně izolační schopnosti materiálu, snižují hmotnost, a tedy i pracnost a umožňují jednodušší manipulaci s materiálem. Dalším vylepšením je přidání systému pero-drážka a použití broušených cihel, které výrazně snižují spotřebu malty. Malta je nanášena pouze na vodorovné plochy. Veškeré modifikace vedou k rychlejší výstavbě.

Zatímco dřívější cihly měli striktní poměr stran 4:2:1, dnešní bloky jsou vyráběny v různých tvarech, velikostech a mají různou hmotnost. Zvýšila se jejich velikost, oproti tradiční plné cihle, což je další důvod, který urychluje proces výstavby. Díky posunu v technologiích se zvýšila kvalita materiálu. Velkou výhodou keramických tvárnic je její životnost, která se obecně uvádí na sto let, ve skutečnosti je však toto číslo mnohem vyšší. Největšími výhodami pálených cihelných bloků je tepelná izolace, nenasákavost, pevnost v tlaku, vysoká požární odolnost a rychlost, jednoduchost a přesnost zdění. Naopak nevýhodou je vyšší objemová hmotnost a horší opracovatelnost (Černá, 2013). Další problém nastává při řezání či úpravě tvárnice, s čímž souvisí i obtížné vedení elektroinstalací. Určitou komplikací mohou být i rozdílné vlastnosti materiálu ve směru tepelného toku a kolmo na tepelný tok. Zdivo má dobré tepelně izolační vlastnosti, pokud jsou tvárnice správně orientovány. Při chybné orientaci dojde k rapidnímu poklesu tepelně izolačních schopností. Závěrečnou nevýhodou je „mokrý proces“ při užití malty, ten neumožňuje zdění při nízkých teplotách a do konstrukce se může dostat vnitřní vlhkost (Jakoubě, 2016).

Výroba pálené cihly navazuje na historii, avšak neustále se posouvá kupředu. Jednou z hlavních surovin pro výrobu je jíl, který se do cihelny buď dováží, avšak často jsou cihelny stavěny na ložiskách jílu, doprava je tedy velmi nenáročná. Dalších zhruba 30 % obsahu cihly tvoří dřevěné piliny nebo podobný lehký materiál, ty ji odlehčují

a zlepšují tepelné vlastnosti. Poté se přidají další příměsi pro zlepšení různých vlastností a daná směs putuje po dopravnících do tzv. hrubého válce a z něj do dalšího válce, kterému se říká jemný. Jemný válec umele směs pro výrobu cihel na zrnka o velikosti 0,8 mm. Směs putuje po dopravníku do druhé haly, kde je ukládán do velkých zásobníků. Poté se do směsi jílu s ostatními přísadami přidává i voda, která směs pouze zvlhčí. Z lisu vyjíždí dlouhý pruh cihly, vytvarovaný pomocí matrice, který se pomocí ocelového drátu řeže na jednotlivé kusové cihly, které putují do sušárny. Jak cihla projíždí přibližně 70 m dlouhou sušárnou, postupně se mění podmínky. Na začátku je teplota přibližně 40 °C a vlhkost 90 %, na konci teplota vystoupá až na hodnotu okolo 80 °C a vlhkost je pouze 3 %. Dostatečně vysušené cihly se přeloží na pecní vozy a putují k vypálení. Protože je dnes většina cihel broušených, postupují cihly po vypálení právě do brusky, kde jsou ještě zbroušeny o přibližně 6 mm (Tesárek, 2015).



Obr. č. 10 - Wienerberger Porotherm 30

Zdroj - <https://www.wienerberger.cz/produkty/zdivo/cihly-porotherm/porotherm-30.html>

V dřívějších dobách byl používán ještě další prvek podobný klasické cihle pálené. Řeč je o nepálené cihle zvané vepřovice, někdy též kotovice. Tyto cihly byly vyráběny z cihlářské hlíny ve velmi podobných velikostech jako obyčejná cihla pálená. Bylo zvykem do hlíny přidávat řezanku, štětiny, ječné plevy a podobné látky, které v cihle podporovaly vaznost. Poté se vepřovice sušily ve stínu po dobu několika měsíců. Zdění bylo prováděno na maltu.

S problematikou nepálených cihel se statici setkávají velmi často při rekonstrukcích bytových domů ve městech či vesnických domů. Pevnost, trvanlivost a tepelná izolační schopnost jsou zásadně ovlivňovány vlhkostí. Jestliže vepřovice zvlhnou, rychle podléhají zkáze a začnou se rozpadat. Vlhkost může být způsobena jak zaplavením konstrukce při povodních, tak i podmočením podzákladí domů. Vlhkost je pro domy stavěné z vepřovic často zásadní. Organické příměsi v nepálených cihlách ve styku s vodou nabývají na objemu, vyvolávají v cihle tahová napětí, která provlhčená hlína není schopna přenést. To vede k malým tuhostem domů z vepřovic a následným kolapsům budov (Zich, Bažant, 2007).



Obr. č. 11 – Vepřovice

Zdroj - <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vep%C5%99ovice#/media/Soubor:Milyanfan-adobe-bricks-8038.jpg>

Konstrukce z pórobetonu

Pórobeton je dalším velmi používaným materiálem pro stavbu rodinných domů. Jeho historie sahá až do roku 1918, kdy vznikl při řešení krize po první světové válce. Ve Švédsku, kde byl poprvé vyroben, byl dramatický nedostatek energie a na trhu bylo dostupné pouze dřevo. Olej či uhlí se do Skandinávie nedováželo a bylo cenově takřka nedostupné. Tedy bylo nutné vyvinout kvalitní stavební materiál, který bude schopen nahradit nedostatkové dřevo pro výstavbu, a hlavně dokáže uspořit velké množství energie jak při výrobě, tak i při dlouhodobém užívání staveb v nepříznivém skandinávském klimatu.

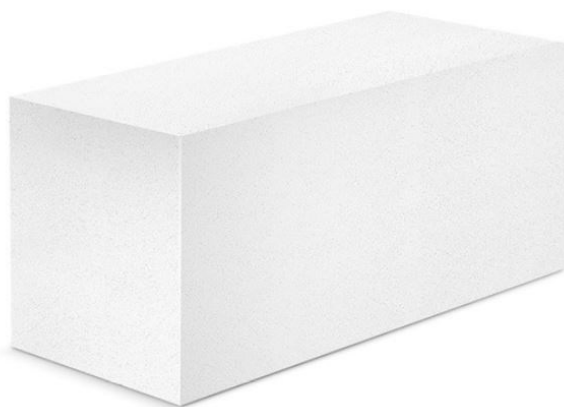
Masovějšímu rozšíření se pórobeton dočkal v roce 1929, kdy se začal sériově vyrábět a roku 1940 byl oficiálně použit komerční název Y-Tong (dnes Ytong), který vznikl spojením slov Yxhult (místo počátku výroby Ytongu) a Gasbetong (název technologie výroby).

Pokud bychom Ytong porovnali s dosud nejpoužívanější stavební technologií u nás – pálenými keramickými bloky – je pórobeton skutečně inovativní materiál. Vyniká především svou rozměrovou přesností, minimálními tvarovými odchylkami a způsobem rychlého a přesného zdění na 1–3 mm tenké maltové lože. Další velkou výhodou je rovnoměrné vedení tepla ve všech směrech a s ním související eliminace tepelných mostů v některých často opakujících se detailech.

Pórobeton je materiál, který by při nejlepším měl mít největší pevnost a únosnost, zároveň co nejlepší tepelně izolační vlastnosti a být maximálně vylehčený. Jsou to sice protichůdné vlastnosti, avšak velkou výhodou pórobetonu je prozatímní balanc mezi nimi. Technologové materiál postupně zdokonalují a zvyšují jeho tepelně izolační schopnosti při zachování nutné pevnosti. Tento balanc napomáhá další velké výhodě pórobetonu, sice možnosti jednovrstvého zdění. Nevýhodami v porovnání s největším „konkurentem“ při výstavbě rodinných domů, tedy pálenými cihelnými bloky, jsou nižší pevnost či větší nasákavost.

Pórobeton vzniká z běžně dostupných přírodních surovin. Základními surovinami jsou křemenný písek, cement, vápno, voda a přísady. Mezi přísady se řadí např.: sádra nebo anhydrit, hliníkový prášek nebo hliníková pasta. Veškeré suroviny

se společně promísí a dojde ke vzniku vazké, avšak tekuté kašovitě hmoty, která se nalije do odlévacích forem (Vetengl, Dudák, 2009). V těch, díky alkalickému prostředí, dochází k exotermickým reakcím, při kterých vzniká plynný vodík, který směr nakypří a dá vzniku malých pórů. Během 15 minut dojde k až čtyřnásobnému zvětšení objemu materiálu, který postupně tuhne. Po zatuhnutí se vyjme z formy surový pórobetonový blok, který se krájí na kráječky pomocí tenkých drátů na výrobky požadovaných rozměrů. Díky této technologii krájení lze dosáhnout vysoké rozměrové přesnosti a zároveň velké variability rozměrů krájených výrobků. Po nařezání putují bloky do autoklávu, kde dochází k dodávání pevnosti a tvrdosti. Smyslem autoklávování je zajištění průběhu hydratačních reakcí, díky nimž se, za vysoké teploty a tlaku, tvoří chemické vazby mezi přítomnými složkami za vzniku nových minerálů, především tobermoritu ($5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Drobné listovité krystalky tohoto minerálu jsou vzájemně prorostlé a vytvářejí pevný skelet vyautoklávovaného pórobetonu (Hejhálek, 2017).



Obr. č. 12 - Tvárnice YTONG Klasik P2-500

Zdroj - https://www.dek.cz/produkty/detail/4400900100-ytong-klasik-200-hl-tvarnice-p2-500-200x249x599?tab_id=popis

Konstrukce z vápenopískových bloků

Vápenopískové cihly jsou poměrně jednoduchý stavební materiál, který je vyroben z vápna, písku a vody. Tento materiál je v ČR velmi málo používán a je považován za novinku posledních let. Historie vápenopískové cihly přitom sahá až do 19. století a vápenopísková cihla je starší než třeba známý pórobeton. Obecně ve světě se z tohoto materiálu staví více než v ČR, např. v Německu tvoří tento materiál přibližně 40 % celkové výstavby.

První průmyslová výroba vápenopískových cihel na světě se uskutečnila v roce 1894 v Německu. Tomu však předcházelo několik patentů a vynálezů, které vůbec výrobu vápenopískových cihel umožňovaly. První stavba z vápenopískových bloků byla postavena v Lipsku v roce 1856. V roce 1877 se přišlo na to, že k vytvrzení těchto cihel je potřeba páry a vysokého tlaku, čímž se lidstvo posunulo kousek blíž k průmyslové výrobě. Tu umožnil v roce 1894 vynález revolverového lisu od firmy AmandusKahl z Anglie, který byl schopný lisovat jednotlivé cihly (100 Jahre Kalksandstein Industrie, 1994). V následujících letech dochází k prudkému rozvoji vápenopískového průmyslu po celém Německu. Dne 4. listopadu 1899 zakládá devětadvacetiletý Georg Zapf první výrobní závod na vápenopískové cihly v jižním Německu. Tato fabrika vyprodukovala přibližně 3 miliony vápenopískových cihel za rok 1900, což je přibližně stejný počet cihel, jaký byl v ČR vyroben o 100 let později, tedy v roce 2000. V roce 1901 existovalo přibližně 80 výrobních závodů na vápenopískové cihly.

Známa fabrika stojí dodnes a stále bez přestávky rodina Zapfů produkuje tento, pro Německo velmi významný, stavební materiál. Jedná se o nejstarší dosud fungující výrobní závod na světě (Konečný, 2012a).



Obr. č. 13 - První výrobní závod na vápenopískové cihly v Behringersdorfu, rok 1900

Zdroj - <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8845-z-historie-vapenopiskovych-cihel-1894-2012-2-dil-firma-zapf>

Ačkoliv pro vápenopískové zdivo neexistovaly žádné normy, jak pro návrh, tak i pro výrobu, bezpečnost staveb bylo nutné vyzkoušet. Proto začaly probíhat zkoušky jak pevnosti v tlaku, tak i zkoušky požární odolnosti. Zkoušky byly sice poměrně amatérské, avšak sloužily účelu (Konečný, 2012b).



Obr. č. 14 - Zkouška pevnosti v tlaku

Zdroj - <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8871-z-historie-vapenopiskovych-cihel-1894-2012-3-dil-prvni-stavby>

Velmi rychlý rozvoj vápenopískového průmyslu z přelomu století zbrzdila první velká krize, která probíhala v roce 1908 a do roku 1909 přežila pouze čtvrtina fabrik. Po první světové válce se průmysl začal opět trochu vzpamatovávat, avšak krize 30. let minulého století ho opět značně zbrzdila. Celkově lze brát meziválečné období a druhou světovou válku za temné období vápenopískového průmyslu nejen v Německu, ale v celé Evropě. Zatímco v SRN pokračuje prudký rozvoj průmyslu, NDR prožívá totální likvidaci celého vápenopískového průmyslu. V NDR bylo zlikvidováno přibližně 100 výrobních závodů na vápenopískové cihly (Konečný, 2012c).

Po druhé světové válce v Německu nastává prudký rozvoj výstavby a též prudké nárůsty potřebného materiálu pro zdění. Vápenopískové cihly jsou hlavním, či druhým nejhlavnějším materiálem používaným pro stavby v SRN. Následuje další krize. Zatím poslední „stavební boom“ v Německu je nastartován opět teprve v letech 2010–2011, kdy návratu užívání vápenopískové cihly pomohla řecká krize a němečtí občané začali investovat do vlastních nemovitostí a firem.

V Německu je v současnosti hlavním a nejmodernějším systémem vápenopískového zdění systém KS-QUADRO E s jeho variantami ETRONIC a KS-QUADRO THERM. Což je velkoformátový systém strojního zdění s přesností bloků $\pm 0,5$ mm. Tento systém lze zdít s nejvyšší produktivitou na trhu, kdy je normově dosahováno rychlosti až 4 m²/h. V praxi bývá rychlost zdění až několikanásobně vyšší. Další velkou výhodou KS-QUADRO E je výskyt elektroinstalačních dutin, tedy není nutné sekání či drážkování. Využití těchto dutin je především pro stěnové vytápění, chlazení a k bezproblémovému zásahu do elektroinstalací.

V České republice došlo k rozvoji vápenopískových staveb až ve 21. století, konkrétně v roce 2006, a to zejména díky vstupu firmy Zampf na český trh. Servisní organizace Kalksandsstein CZ s.r.o. začíná prosazovat tento materiál stále častěji a zájem o něj roste. V současnosti jsou v ČR stavěny z vápenopískových cihel stovky bytů ročně. Vápenopískové cihly jsou vhodné svými vlastnostmi především pro pasivní domy (Konečný, 2012d).

Jak už bylo jednou zmíněno, vyrábí se pouze z vápna, písku a vody, navíc s nízkými energetickými vstupy, mají tedy poměrně nízkou uhlíkovou stopu. I když se výrobou velmi podobá pórobetonu, na rozdíl od něj se jedná o materiál s velmi vysokou hustotou, z čehož vyplývají jeho typické vlastnosti – mimořádná pevnost, a také vysoká tepelně-akumulační a protihluková schopnost. V těchto směrech je vápenopísková cihla naprostou špičkou. Díky vysoké pevnosti dosahuje potřebných statických vlastností i při malých tloušťkách zdiva a vysoká akumulární schopnost zase zajistí stabilní vnitřní klima. Aby měly obvodové stěny i dostatečné tepelněizolační parametry, zdivo bývá doplněno o vnější vrstvu tepelné izolace, ať už z polystyrenu, nebo z minerální vlny. Hlavní výhody této sendvičové konstrukce jsou dvě. V první řadě se tloušťkou tepelné izolace dá poměrně přesně dosáhnout požadovaných tepelněizolačních schopností, takže projektant může dobře pracovat s návrhem z hlediska tepelných ztrát domu. Kromě toho se požadované izolační schopnosti dosáhne při minimální tloušťce obvodových stěn, díky čemuž zůstane více využitelné vnitřní plochy. Poslední velkou výhodou je již zmíněná přesnost bloků, tedy rovné zdění a nanášení slabé vrstvy omítky. S velkou hustotou souvisí i vysoká hmotnost, která je jednou z mála nevýhod tohoto materiálu. Vysokou hmotnost ale kompenzují menší rozměry jednotlivých tvárnic (Kuhnová, 2020).



Obr. č. 15 – Vápenopísková cihla KS-QUADRO E

Zdroj - https://www.bimobject.com/cs/ks-quadro/product/ks_quadro_e_20_2-0_dm

1.2.3 Beton

Rodinné domy z betonu nepatří k nejtradičnějším záležitostem, jsou spíše raritou. Přesto bychom se setkali s domy, často velmi velké rozlohy, ve kterých beton tvoří velkou část nosných prvků. Beton je, u tradičních rodinných domů, materiál, který se využívá především pro stropní konstrukce, pozdní věnce, překlady či suterénní konstrukce. Důvodem, proč z něj nejsou stavěny i obvodové stěny v nadzemních podlažích je především jeho technologická náročnost a cena.

Beton je stavební materiál vznikající stmelěním plniva, pojiva a vody. Za plnivo se nejčastěji považuje kamenivo a pojivem je nejčastěji cementový tmel.

Historie používání betonu sahá až do starověku. K nejstarším dochovaným stavbám z betonu patří Pantheon v Římě z roku 27 př. n. l. nebo Therme di Caracallo (Caracallové lázně), které byly vybudovány ve 3. stol. Nejednalo se o beton takový, jaký známe dnes, ale spíše o materiál jemu velmi podobný. Jednalo se o příměs popela (sopečného tufu) smísenou s vápennou maltou, čímž získali pojivo tvrdnoucí pod vodou.

Se zánikem Římské říše se ztratil i „recept na beton“. Až v 16. století Nizozemci objevili, že malta s přídavkem tufu nebo pemzy tuhne i pod vodou. Termín beton byl poprvé vyřčen francouzským inženýrem Bernardem Forestem de Belindorem v roce 1753. V roce 1796 byl po velmi dlouhé době použit beton k výstavbě, konkrétně k rekonstrukci majáku v Edystonu v Anglii. První patent na výrobu cementu byl udělen v roce 1824 zedníku Josefu Aspidinovi v Leeds v portlandském hrabství v Anglii, z čehož vyplývá dodnes používaný název portlandský cement.

Dalším velkým posunem byl vynález železobetonu. Ten je připisován pařížskému zahradníkovi Josephu Monierovi. První budovou postavenou z železobetonových dílců se stala v roce 1891 budova kasina Biarritz. Následoval první návrh monolitického stropu, který byl vypracován vyučeným zedníkem a podnikatelem ve sféře stavebnictví Francois Hennebiquem v roce 1895. Od roku 1900 došlo k masivnímu rozvoji výstavby ze železobetonu. Za první pražskou železobetonovou budovu se považuje Palác Lucerna, který je tvořen komplexem domů, jež postupně vznikaly v letech 1907 až 1921 (Hanzlová, Šmejkal, 2018).

Monolitické konstrukce

Výstavba rodinných domů, jehož nosné stěny jsou tvořeny monolitickou betonovou konstrukcí není běžnou záležitostí. Ačkoliv je železobeton považován za nejdokonalejší stavební materiál, pro rodinné domy je možná až moc dokonalý a jeho potenciál zde nelze plně využít. Stavby rodinných domů jsou často příliš jednoduché pro tento složitý proces, který obvykle musí koordinovat odborná firma. Pro výstavbu nosných monolitických stěn je nutné zajistit bednění, buď systémové, které si firma často pronajímá, klasické dřevěné, často vyrobené na míru nebo ztracené, které v konstrukci zůstane. Dále navrhnout ideální množství výztuže a tu navázat. K betonáři je logicky zapotřebí beton, který je nejčastěji dovážen z nejbližší betonárky a čerpadlo, kterým beton načerpáme do bednění. Poté je beton hutněn a po dostatečném čase na vytvrdnutí je konstrukce odbedňována. Technologická náročnost souvisí s dlouhou dobou realizace, což je další faktor nízké zastavěnosti rodinných domů z monolitického betonu. Kromě velmi náročné technologie a dlouhé době výstavby je dalším problémem složitě řešení instalačních a elektrických rozvodů v konstrukci. Veškeré otvory a drážky pro rozvody musí být předem vyprojektované v dokumentaci a jejich přípravy musí být vloženy do bednění, aby nedošlo k zabetonování (Karlík, Novotný, 2018).

Prefabrikované konstrukce

Rychlejší a používanější výstavbou rodinných domů z betonu je stavba z předem připravených prefabrikovaných dílců. Tímto stavebním postupem se výrazně urychlí doba realizace díky redukci mokrého procesu. Není potřeba ani bednění, čerpadlo a hutnicí přístroje. Ovšem odborná firma potřeba je a také je nutný pronájem zdvihacího zařízení s vysokou únosností, jelikož hmotnost betonových prefabrikovaných dílců je vysoká. Do doby realizace se dá započítat i výroba prefabrikátů v továrně a doprava na staveniště, které ji mohou trochu prodloužit. U větších dílců může být doprava poněkud problematická, ale tento

problém u rodinných domů většinou nehrozí a pokud ano, firmy vyrábějící betonové panely jsou na tyto situace připraveny.

Panely jsou obvykle vyráběny na celou výšku podlaží a jsou kladeny do cementového lože. Minimální tloušťka panelu je 100 mm, která je dostatečně únosná, avšak často nevyhovuje na teplo. Proto existují tři základní typy obvodové stěny. Jednovrstvé – z lehkých betonů, dvouvrstvé – nosná část ze železobetonu a tepelně izolační z lehčeného betonu a třívrstvé neboli sendvičové – vnitřní nosná železobetonová stěna, tepelná izolace a ochranná vrstva ze železobetonu. Proto se tloušťka obvodové stěny často vyšplhá až na 300 až 350 mm. Styky konstrukcí jsou řešeny mnoha různými způsoby podle typu systému (Karlík, Novotný, 2018).



Obr. č. 16 - Výstavba RD z prefabrikovaných betonových dílců

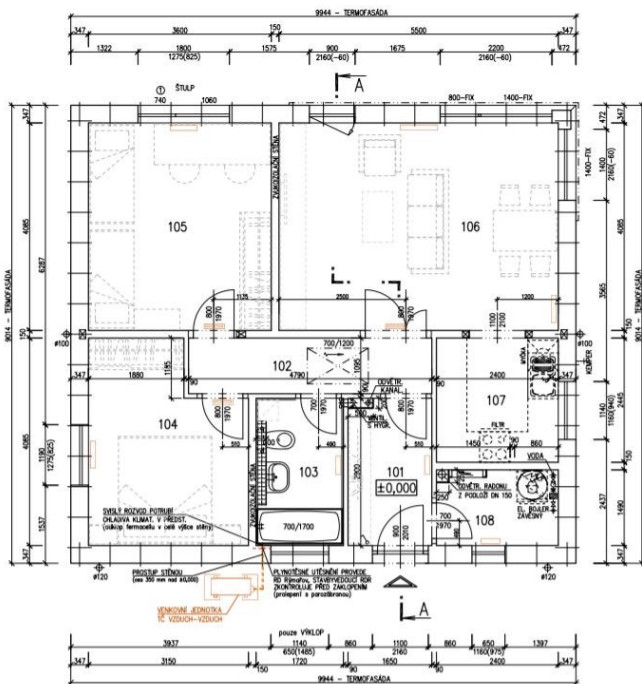
Zdroj - https://www.youtube.com/watch?v=FjQeIJ_slEM&ab_channel=LiasVint%C3%AD%C5%99ov-LIAPORCZ

2 Popis vybraných objektů

2.1 Identifikace vybraných rodinných domů

ROHE 90

Prvním hodnoceným objektem je rodinný dům od firmy RD Rýmařov, konkrétně ROHE 90. Jedná se o jednopatrový dům s plochou střechou, jehož zastavěná plocha činí 89,63 m². Celkový obestavěný prostor je 304,76 m³. Dům tvoří předsíň v zádveři (4,68 m²), ze které se dostaneme do chodby (5,25 m²) a technické místnosti (3,40 m²). Z chodby lze vstoupit do koupelny s WC (4,99 m²), dvou pokojů (11,36 m² a 14,41 m²) a obývacího pokoje (22,47 m²). Na obývací pokoj navazuje kuchyňský kout (6,03 m²).



Obr. č. 17 - Půdorys RD ROHE 90

Zdroj - <https://www.rdrymarov.cz/rohe-90--1>

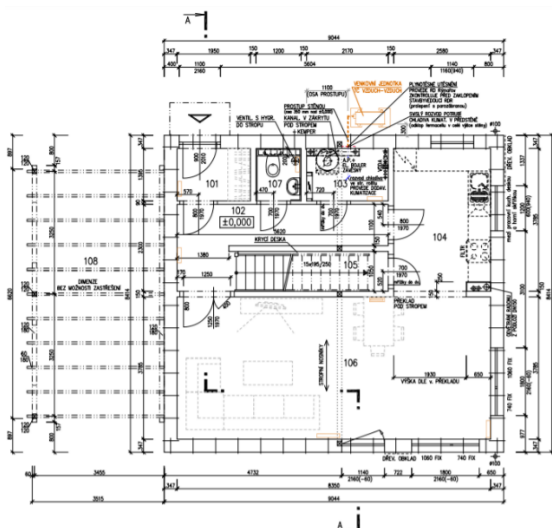


Obr. č. 18 - Vizualizace RD ROHE 90

Zdroj - <https://www.rdrymarov.cz/rohe-90--1>

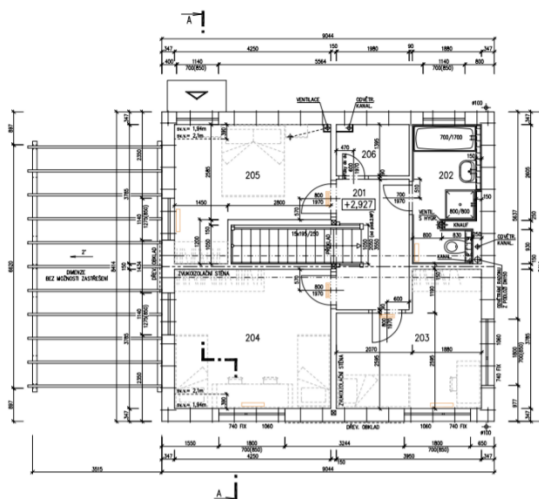
KUBIS 74

Dalším objektem je patrový rodinný dům, opět ze stáje RD Rýmařov, konkrétně KUBIS 74. Jedná se o patrovou dřevostavbu s celkovou výměrou zastavěné plochy 75,45 m² bez otevřeného stání, které jsem do příkladu nezapočítával. Celkový obestavěný prostor činí 455,79 m³. V přízemí se nachází zádveří (2,72 m²), ze kterého vedou dveře do chodby (8,04 m²). Na chodbu navazuje WC (1,67 m²), technická místnost (2,87 m²), kuchyň (9,89 m²), komora pod schody (4,25 m²) a velký obývací pokoj (31,60 m²). Z chodby dále vede schodiště do nadzemního podlaží, ve kterém je situována chodba (6,21 m²), tři pokoje (12,26; 16,09 a 12,69 m²), koupelna s WC (6,49 m²) a komora (2,67 m²).



Obr. č. 19 - Půdorys přízemí RD KUBIS 74

Zdroj - <https://www.rdrymarov.cz/kubis-74>



Obr. č. 20 - Půdorys 1. NP RD KUBIS 74

Zdroj - <https://www.rdrymarov.cz/kubis-74>



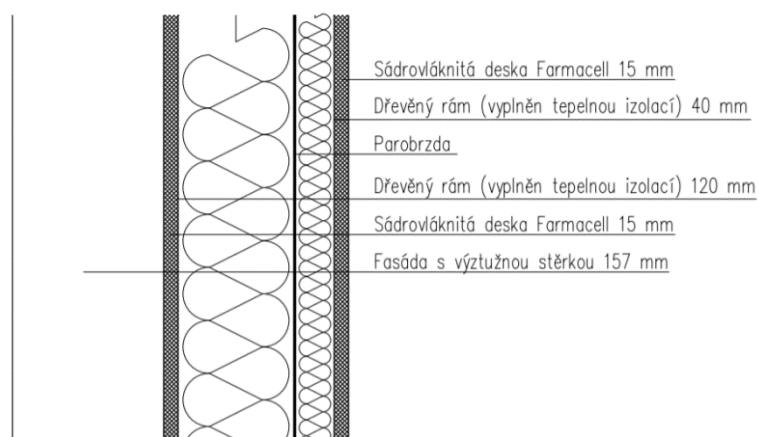
Obr. č. 21 - Vizualizace RD KUBIS 74

Zdroj - <https://www.rdrymarov.cz/kubis-74>

Pro dané rodinné domy byly použity tři stavební systémy typické pro výstavbu rodinných domů. Kritérium, které je pro všechny stejné je požadovaný součinitel prostupu tepla. Ten byl zvolen podle skladby č. 1 – dřevostavby - tedy je nastaven na přibližnou hodnotu $U = 0,120 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Tyto tři stavební systémy budou hodnoceny z pěti hledisek, kterými jsou cena, rychlost výstavby, náročnost výstavby, zastavěná plocha a životnost.

2.2 Vybrané skladby obvodových stěn pro hodnocení

Skladba č. 1 - dřevostavba

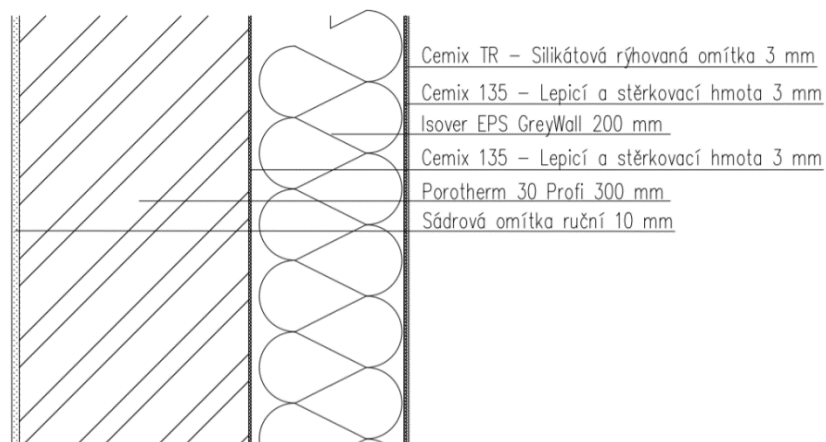


Obr. č. 22 - Skladba obvodové stěny dřevostavby

Zdroj – vlastní zpracování

$$U = 0,120 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

Skladba č. 2 – Porotherm 30 Profi + tepelná izolace EPS GreyWall

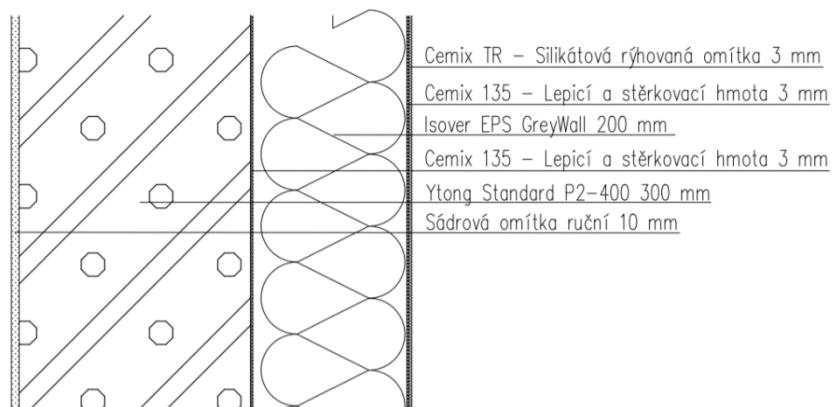


Obr. č. 23 - Skladba obvodové stěny Porotherm 30 Profi

Zdroj – vlastní zpracování

$$U = 0,126 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Skladba č. 3 – Ytong Standard P2-400 + tepelná izolace EPS GreyWall



Obr. č. 24 - Skladba obvodové stěny Ytong Standart P2-400

Zdroj – vlastní zpracování

$$U = 0,118 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Výpočet součinitele prostupu tepla U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] je uveden v přílohách 1 - 3.

3 Vícekriteriální porovnání vybraných objektů

Pro, co možná nejobektivnější, vyhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých konstrukcí bude použita multikriteriální analýza (MCA).

Multikriteriální analýza se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Dále se řeší hodnocení konfliktů mezi vzájemně protikladnými kritérii. Jedná se o metodu, která se snaží co nejobektivněji shrnout a utřídit informace. Vícekriteriální rozhodování vzniká všude tam, kde rozhodovatel hodnotí důsledky své volby dle několika kritérií (Haluza, 2011).

3.1 Hodnocená kritéria

Cena

Cena je pro většinu laiků, ale i stavebníků, nejdůležitějším faktorem. Přeci jen novostavba rodinného domu je často největší investice v životě člověka, a tak se na cenu stavby kladou velké nároky. Obvykle je vybírána výstavba s nejnižšími náklady na úkor kvality, což v důsledku není vždy správné řešení. Tak jako u všeho je dobré si vybrat ideální střední cestu mezi cenou a kvalitou, což nemusí být vždy jednoduchý úkol. Vícekriteriální analýza řešená v této bakalářské práci by měla trochu napomoci řešení tohoto problému. Pro zjištění ceny za materiál a montáž byl využit program euroCALC 3.

Rychlost výstavby

Výstavba z různých materiálů logicky trvá odlišnou dobu. Záleží na náročnosti manipulace s daným materiálem, velikosti bloků, době vysychání, která je při výstavbě potřeba a na dalších činitelích. Většinou je snaha dobu výstavby zkrátit na minimum. Doba realizace je určována pomocí normové pracnosti jednotlivých materiálů určených v normohodinách [Nh].

Náročnost výstavby

Některé typy obvodových stěn lze vystavět svépomocí. Rodinné domy realizované z cihel typu Porotherm či Ytong jsou toho zdárným příkladem. Zatímco panelovou dřevostavbu či rodinný dům z monolitu je prakticky nemožné vystavět bez potřebné techniky a zkušeností stavebních firem.

Zastavěná plocha (tloušťka obvodové stěny)

Jak již bylo zmíněno, skladby byly vázány na jeden téměř totožný ukazatel, konkrétně společný součinitel prostupu tepla, který byl stanoven na hodnotu $U = 0,120 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. To způsobilo rozdílnou tloušťku skladeb obvodových stěn, a tedy i rozdílnou zastavěnou plochu. Jelikož bylo rozhodnuto, že se obvodové stěny nebudou rozšiřovat směrem do exteriéru, ale naopak do interiéru, zastavěná plocha se měnit nebude. Údaj, který bude posuzovaný a rozhodující pro toto kritérium je užitková plocha domu, která se bude s rozšiřováním skladby obvodové konstrukce měnit.

Životnost

Životnost pro rodinné domy je stanovena dle ČSN EN 1990:2002 Eurokódu na 50 let, na což odkazuje tabulka č. 1. Životnost stavby je definována jako doba, během níž budou ukazatele charakteristik stavby udrženy na úrovni slučitelné s plněním základních požadavků. Je důležité se zamyslet i nad životností jednotlivých výrobků, které jsou součástí stavby a ty mají často nižší životnost, než je zřejmé z tabulky č. 1. Tento problém se týká především zateplovacích systémů či hydroizolací a prvků, které jsou přímo vystavené vnějším vlivům.

Tabulka č. 1 - Životnost konstrukcí

Kategorie návrhové životnosti	Charakteristická návrhová životnost [roky]	Příklady
1	10	Dočasné konstrukce*
2	10 až 25	Vyměnitelné konstrukční části, např. jeřábové dráhy, ložiska
3	15 až 30	Zemědělské a podobné konstrukce
4	50	Konstrukce budov a jiné běžné konstrukce
5	100	Konstrukce historicky významných budov, mosty, ostatní inženýrské konstrukce

*Konstrukce nebo části konstrukcí, které mohou být demontovány za účelem jejich opětovného použití, nemají být pokládány za dočasné.

Zdroj - ČSN EN 1990:2002 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

3.2 Saatyho metoda

Saatyho metoda je metoda kvantového párového porovnání, která slouží k vyhodnocení vah kritérií, pokud je hodnotí pouze jedna osoba. Jedná se o metodu kvantitativního párového porovnání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání je užívána devítibodová stupnice, kde je možnost používat i mezistupně (hodnoty 2, 4, 6, 8):

1 – rovnocenná kritéria i a j

3 – slabě preferované kritérium i před j

5 – silně preferované kritérium i před j

7 – velmi silně preferované kritérium i před j

9 – absolutně preferované kritérium i před j

Hodnotitel porovná každou dvojici kritérií a velikosti preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu zapíše do Saatyho matice $S = (s_{ij})$:

Vzorec č. 1 – Saatyho matice

$$S = \begin{bmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Zdroj – Šubrt, 2019

Jsou-li i -té a j -té kritérium rovnocenná, platí $s_{ij} = 1$, pokud se preferuje i -té kritérium slabě před j -tým, je $s_{ij} = 3$, preferuje-li se silně i -té kritérium před j -tým, je $s_{ij} = 5$, při velmi silné preferenci i -tého kritéria před j -tým, potom platí $s_{ij} = 7$, při preferenci absolutní platí $s_{ij} = 9$. Je-li preferováno j -té kritérium před i -tým, zapíše se do Saatyho matice převrácené hodnoty (tedy např.: $s_{ij} = 1/3$ při slabé preferenci, $s_{ij} = 1/5$ při silné preferenci atd.)

Matice je čtvercová řádu $n \times n$, reciproká, tj. platí, že $s_{ij} = 1/s_{ji}$, a vyjadřuje odhad podílů vah i -tého a j -tého kritéria. Na diagonále Saatyho matice jsou vždy hodnoty jedna (každé kritérium je samo k sobě rovnocenné). Prvky této matice nejsou vždy úplně konzistentní. Saaty navrhl několik početně velmi jednoduchých

způsobů výpočtů, pomocí kterých se dají odhadnout váhy. V největším je užíván postup výpočtu vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice (metoda logaritmických nejmenších čtverců). Hodnoty b_i jsou dále počítány jako geometrický průměr řádků Saatyho matice.

Vzorec č. 2 - Geometrický průměr řádků Saatyho matice

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

Zdroj – Šubrt, 2019

Váhy se dále vypočtou normalizací hodnot b_i dle vzorce:

Vzorec č. 3 - Normalizace hodnot b_i

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Zdroj – Šubrt, 2019

Případy, kdy je Saatyho matice nekonzistentní jsou velmi časté. A to především u rozsáhlejších úloh. Nekonzistence je majoritně způsobena chybou při zadávání odhadů poměrů vah a také nedostatečným provedením kontroly svých odhadů. V případě nekonzistentnosti je nutné překvantifikovat Saatyho matici tak, aby splňovala požadavek konzistence. Tímto interaktivním způsobem lze dospět k velmi solidním a objektivním výsledkům (Šubrt, 2019).

3.3 Vícekriteriální analýza obvodových stěn

3.3.1 Objekt č. 1 – ROHE 90

Cena

Cena rodinného domu ROHE 90 byla vypočtena pomocí programu euroCALC 3. Do programu byly vloženy pouze obvodové stěny, které hrají v této části práce zásadní roli. Počítána je nosná konstrukce a tepelná izolace, vnitřní ani vnější úpravy obvodové zdi nejsou v tomto případě do výpočtu zařazeny. Ceny jednotlivých materiálů a jejich montáže jsou zapsány do tabulky č. 2. Výpočet cen jednotlivých skladeb je k nalezení v příloze č. 4.

Tabulka č. 2 - Ceny výstavby obvodových konstrukcí objektu č. 1

	Skladba č. 1	Skladba č. 2	Skladba č. 3
Cena za [m ²]:	2 224,50 Kč	1 892,44 Kč	1 888,13 Kč
Celková cena:	286 769 Kč	243 962 Kč	243 407 Kč

Zdroj – vlastní zpracování

Rychlost výstavby

Stavba rodinného domu je většinou velký krok na velmi podstatnou část života. Investoři, tedy často rodiny, nespěchají a raději vyčkají delší dobu, aby se neukvapili a neudělali chybu, kterou by si mohli dále vyčítat. Avšak najde se několik případů, kdy je krátká doba realizace důležitým kritériem. Pro objekt č. 1 budeme předpokládat, že daný investor příliš nespěchá, tedy nebudeme na rychlost výstavby klást velký důraz.

Rychlost výstavby budeme hodnotit dle součtu normohodin. Tento způsob není sice dokonale přesný, ale pro představu a srovnání Saatyho metodou bude dostačující. Výsledky součtu normohodin jsou zobrazeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 – Rychlost výstavby obvodových konstrukcí objektu č. 1

	Název položky	Norma času [Nh/m ²]
Skladba 1	Panely RD Rýmařov	0,21
	Celkem:	0,21
Skladba 2	Zdivo Porotherm 30 na MVC	1,04
	Nalepení tepelné izolace	0,66
	Celkem:	1,70
Skladba 3	Zdivo Ytong Standard P2-400	0,88
	Nalepení tepelné izolace	0,66
	Celkem:	1,54

Zdroj – vlastní zpracování

Je zřejmé, že suverénně nejrychleji bude vystavěna dřevostavba z dřevěných panelů. Realizace nosné konstrukce trvá přibližně jeden den a výroba prefabrikátů také přibližně jeden den. Skladby č. 2 a č. 3 byly velmi podobné, avšak výstavba byla rychlejší u skladby z tvárnic Ytong. Pravděpodobně je tato skutečnost způsobena tím, že tvárnice z Ytongu jsou větší než tvárnice z Porothermu, tedy stačí pracovat s menším množstvím materiálu, což urychluje proces výstavby.

Náročnost výstavby

Za nejnáročnější skladbu je brána skladba č. 1, tedy dřevostavba ze stáje RD Rýmařov. V potaz bylo bráno to, že se jednotlivé panely musí nejdříve navrhnout a poté vyrobit ve fabrice. Doprava na staveniště je pravděpodobně velmi podobná jako doprava zdících materiálů, ale samotná výstavba je určitě nejnáročnější. K výstavbě je potřeba specializovaná firma a zdvihací zařízení, např. jeřáb. Tyto faktory se určitě neslučují s realizací svépomocí.

Zdící prvky, tedy skladba č. 2 z Porothermu a skladba č. 3. z Ytongu, jsou častými zástupci materiálů, ze kterých lidé staví svépomocí. Tedy v porovnání náročnosti výstavby obdrží oproti dřevostavbě výrazně více bodů. Do sestavování žebříčku náročnosti výstavby byly zahrnuty především rozdíly v objemové hmotnosti

a velikosti bloků. Tyto dva faktory poukazují na náročnost manipulace a přemísťování bloků, které doprovází stavebníka po celou dobu realizace. Proto Porotherm 30 Profi řadím na druhé místo a těsně před ním se „umístil“ Ytong Standard P2-400.

Zastavěná plocha

Zastavěná plocha domu ROHE 90, který je vystavěn z dřevěných panelů činí 89,63 m² a užitková plocha je 72,59 m² při tloušťce stěn 347 mm. Dřevostavba je tedy nejlepší volbou pro toto kritérium. Na shodném druhém místě jsou obě zděné konstrukce, protože mají naprosto stejnou tloušťku, konkrétně 509 mm. Jelikož bylo zvoleno, že budeme obvodové nosné konstrukce rozšiřovat směrem do interiéru, zastavěná plocha bude pro všechny tři skladby totožná, tedy 89,63 m². Změna proběhne ve velikosti užitkové plochy, která se zmenší o 5,59 m², tedy na 67,00 m².

Životnost

Díky poměrně velké podobnosti skladby konstrukcí bude i jejich životnost velmi podobná. V tuto chvíli je prakticky nemožné zvolit, která konstrukce vydrží nejdéle bez větších oprav. Proto tedy pro životnost volím vyrovnané skóre pro všechny tři konstrukce.

Saatyho zhodnocení

V tabulce č. 4 můžeme vidět porovnání vybraných skladeb rodinného domu ROHE 90 z hlediska pěti kritérií, které byly stanoveny. Skladby byly ohodnoceny pomocí bodů od 1 do 6, přičemž 1 bod je brán za nejhorší a 6 bodů za nejlepší možné dosažitelné skóre v tomto průzkumu. Maximálního skóre bylo dosaženo ve dvou případech, konkrétně u rychlosti výstavby dřevostavby a u náročnosti výstavby u skladby z Ytongu. Na absolutní dno se nedostala žádná skladba v žádném z kritérií.

Tabulka č. 4 - Porovnání skladeb obvodových konstrukcí pro objekt č. 1

Kritéria Skladby	Cena	Rychlost výstavby	Náročnost výstavby	Zastavěná plocha	Životnost
Skladba č. 1	4	6	2	5	3
Skladba č. 2	5	2	5	3	3
Skladba č. 3	5	3	6	3	3

Zdroj – vlastní zpracování

V tabulce č. 5 jsou vyobrazeny jednotlivé stupně kvantitativního porovnání. Toto porovnání určuje devítibodová stupnice dle Saatyho. Jak je patrné, největší preference jsou kladeny na cenu, dále na náročnost výstavby, zastavěnou plochu, rychlost výstavby a nejméně na životnost. V pravé části tabulky se nachází geometrický průměr, vypočtený dle vzorce č. 2 a váha kritéria, která byla vypočtena dle vzorce č. 3. Oba tyto výpočty budeme potřebovat k absolutnímu vyhodnocení vhodnosti skladeb.

Tabulka č. 5 - Saatyho matice pro objekt č. 1

	Cena	Rychlost výstavby	Náročnost výstavby	Zastavěná plocha	Životnost	Geometrický průměr	Váha kritéria
Cena	1	5	3	4	9	3,5195	0,4873
Rychlost výstavby	1/5	1	1/3	1/3	5	0,6444	0,0892
Náročnost výstavby	1/3	3	1	2	7	1,6952	0,2347
Zastavěná plocha	1/4	3	1/2	1	5	1,1340	0,1570
Životnost	1/9	1/5	1/7	1/5	1	0,2294	0,0318
Celkem:						7,2224	1,0000

Zdroj – vlastní zpracování

V tabulce č. 6 se nachází absolutní vyhodnocení našich pěti kritérií pro tři různé skladby rodinného domu ROHE 90. Hodnocení bylo vypočteno jako suma jednotlivých součinů kritéria a jeho váhy.

Tabulka č. 6 - Absolutní vyhodnocení skladeb objektu č. 1

	Cena	Rychlost výstavby	Náročnost výstavby	Zastavěná plocha	Životnost	Výsledné hodnocení
Skladba č. 1	4	6	2	5	3	3,83425871
Skladba č. 2	5	2	5	3	3	4,35480719
Skladba č. 3	5	3	6	3	3	4,67874397
Váha kritéria	0,4873	0,0892	0,2347	0,1570	0,0318	

Zdroj – vlastní zpracování

Za nejvhodnější skladbu pro rodinný dům ROHE 90 byla vyhodnocena skladba č. 3, tedy skladba vystavěná z tvárnic Ytong Standard P2-400 a tepelného izolantu Isover EPS GreyWall. Má velmi podobné vlastnosti jako skladba č. 2, tu však předčila v kritériu rychlosti výstavby a náročnosti výstavby. V neprospěch skladby č. 1 hrála především malá hodnota váhy rychlosti výstavby, ve které suverénně vyniká.

3.3.2 Objekt č. 2 – KUBIS 74

Cena

Cena obvodových konstrukcí rodinného domu KUBIS 74 byla vypočtena totožně s objektem č. 1. Stropní konstrukce, vnitřní nosné i nenosné stěny ani úpravy povrchů naceňovány nebyly. V příkladu je počítáno pouze s nosnou konstrukcí včetně zateplení. Přehled cen obvodových konstrukcí se nachází v tabulce č. 7 a přehled cen jednotlivých materiálů a jejich montáží je v příloze 5.

Tabulka č. 7 - Ceny výstavby obvodových konstrukcí objektu č. 2

	Skladba č. 1	Skladba č. 2	Skladba č. 3
Cena za [m ²]:	2 224,50 Kč	1 892,44 Kč	1 888,13 Kč
Celková cena:	385 239 Kč	327 733 Kč	326 986 Kč

Zdroj – vlastní zpracování

Rychlost výstavby

Pro objekt č. 2 budeme předpokládat, že investor spěchá s výstavbou daného rodinného domu. Tudíž budeme na parametr rychlosti výstavby klást vyšší požadavky a přiřadíme mu tedy vyšší váhu. Stejně jako pro objekt č. 1 budeme počítat rychlost výstavby pomocí součtu normohodin, přičemž všechny tři stropy budeme považovat za prefabrikáty. Pro skladbu č. 1, tedy dřevostavbu, volím strop od firmy RD Rýmařov a pro zděné domy (skladba č. 2 a skladba č. 3) volím strop z panelů Spiroll tl. 250 mm od firmy Prefa Brno. Jelikož jsou všechny tři stropní konstrukce prefabrikované, nelze předpokládat velké výkyvy v rychlosti výstavby způsobené právě výstavbou stropní konstrukce. V tomto případě je na místě použít tabulku č. 3 i pro objekt č. 2.

Náročnost výstavby

U parametru náročnosti výstavby se trochu změní poměr obdržených bodů. Vzhledem k tomu, že pro prefabrikovaný strop je potřeba zdvihací zařízení a odborná firma, nebudou zděné konstrukce tolik vynikat před dřevostavbou. Přesto však lze jejich obvodové konstrukce vystavět svépomocí, obdrží tedy body navíc.

Zastavěná plocha

I v případě rodinného domu KUBIS 74 budeme rozšiřovat nosné obvodové stěny směrem dovnitř. Zastavěná plocha bude tedy stále stejná, konkrétně 75,45 m². Lišit se bude užitková plocha, která se u zděných objektů poměrně výrazně sníží. Šířka skladby objektu č. 1 činí 347 mm a užitková plocha obou pater dohromady je 115,96 m². U objektu č. 2 a objektu č. 3 je tloušťka obvodové stěny 509 mm, což snižuje užitkovou plochu na 105,90 m², tedy o 10,06 m². Pokud tento údaj porovnáme s RD ROHE 90, vidíme, že je rozdíl skoro dvojnásobný. To je zapříčiněno tím, že ROHE 90 je jednopodlažní dům a KUBIS 74 dvoupodlažní dům. Tento faktor bude v porovnávací tabulce také zohledněn.

Životnost

Přechod z jednopodlažní na dvoupodlažní budovu nijak nezasáhl kritérium životnosti skladby konstrukce. Skladby obvodových konstrukcí zůstávají stejné, tedy budeme hodnotit stejně jako u objektu č. 1, tedy shodným skóre.

Saatyho zhodnocení

U Saatyho zhodnocení se držíme nastaveného trendu, konkrétně stupnici od 1 do 6, přičemž 1 je nejnižší možné obdržené skóre a 6 nevyšší.

Jak už bylo avizováno, mírně se změnilы podmínky výstavby. Investor tlačí na stavebníka s rychlostí výstavby, která bude u objektu č. 2 hrát velkou roli a tím pádem nepřipadá v úvahu stavba svépomocí, která je logicky mnohem pomalejší než výstavba profesionální firmou. Jak si můžeme všimnout v tabulce č. 8, na nevyšší skóre opět dosáhla dřevostavba s její nepřekonatelnou rychlostí výstavby. Nejnižší skóre, tedy 1 bod, neobdržela žádná skladba v žádném kritériu.

Tabulka č. 8 - Porovnání skladeb obvodových konstrukcí pro objekt č. 2

Kritéria Skladby	Cena	Rychlost výstavby	Náročnost výstavby	Zastavěná plocha	Životnost
Skladba č. 1	4	6	2	5	3
Skladba č. 2	5	2	4	2	3
Skladba č. 3	5	3	5	2	3

Zdroj – vlastní zpracování

Jednotlivé váhy kritérií jsou vypočteny v tabulce č. 9. Pro objekt č. 2 byly upřednostněny kritéria ceny a rychlosti výstavby, následovala zastavěná plocha a náročnost výstavby a stejně jako u objektu č. 1 se příliš nekladl důraz na životnost konstrukce.

Tabulka č. 9 - Saatyho matice pro objekt č. 2

	Cena	Rychlost výstavby	Náročnost výstavby	Zastavěná plocha	Životnost	Geometrický průměr	Váha kritéria
Cena	1	1	5	4	9	2,8252	0,4137
Rychlost výstavby	1	1	5	1/2	9	1,8640	0,2729
Náročnost výstavby	1/5	1/5	1	2	7	0,8905	0,1304
Zastavěná plocha	1/4	2	1/2	1	5	1,0456	0,1531
Životnost	1/9	1/9	1/7	1/5	1	0,2039	0,0299
Celkem:						6,8293	1,0000

Zdroj – vlastní zpracování

Absolutní vyhodnocení pěti vybraných kritérií a tří skladeb pro objekt č. 2 KUBIS 74 se nachází v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10 - Absolutní vyhodnocení skladeb objektu č. 2

	Cena	Rychlost výstavby	Náročnost výstavby	Zastavěná plocha	Životnost	Výsledné hodnocení
Skladba č. 1	4	6	2	5	3	4,40833175
Skladba č. 2	5	2	4	2	3	3,53173687
Skladba č. 3	5	3	5	2	3	3,93506916
Váha kritéria	0,4137	0,2729	0,1304	0,1531	0,0299	

Zdroj – vlastní zpracování

V multikriteriální analýze třech vybraných skladeb pro rodinný dům KUBIS 74 se nejlépe umístila skladba č. 1 – panelová dřevostavba. Je to především díky extrémně rychlé výstavbě, která byla jedním z důležitých předpokladů pro výstavbu tohoto objektu. Druhé místo hájí skladba z pórobetonu a tepelného izolantu, tedy skladba č. 3 a nejhorší hodnocení dostala skladba č. 2 z pálených bloků Porotherm a tepelného izolantu. Rychlost a náročnost výstavby byly rozhodujícím faktorem mezi skladbou č. 2 a skladbou č. 3.

Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala tématem obvodových konstrukcí rodinných domů. V práci je nastíněna historie rodinných domů a materiály, které se nejčastěji používaly k jejich výstavbě. Mezi konstrukce, které byly stavěny dříve, byly zařazeny konstrukce ze dřeva, hlíny a kamene. Jako konstrukce současné byly rozebrány obvodové konstrukce ze dřeva, zdiva a betonu.

Dále byly navrženy tři typy skladeb obvodových konstrukcí, které splňovaly předem daný součinitel prostupu tepla přibližně $U = 0,120 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Jako typové skladby byly vybrány panelová dřevostavba, keramické tvárnice Porotherm 30 Profi s přidaným tepelným izolantem Isover EPS GreyWall a pórobetonové tvárnice Ytong Standard P2-400 také s tepelným izolantem Isover EPS GreyWall. Typické skladby byly použity k výpočtům pro dva vybrané rodinné domy a dále hodnoceny pomocí vícekriteriální analýzy.

Pro oba rodinné domy byly použity odlišné podmínky výstavby tak, aby byly výsledky co nejobjektivnější. Hodnoceno bylo pět kritérií, konkrétně cena, rychlost výstavby, náročnost výstavby, zastavěná plocha a životnost. Pomocí Saatyho metody vícekriteriální analýzy byly vyhodnoceny rozdílné výsledky pro oba rodinné domy.

Jelikož se jedná o velmi používané materiály pro výstavbu rodinných domů, výsledky byly velmi vyrovnané. Z analýzy vyplývá, že nelze s jistotou určit, který stavební materiál je pro obvodové stěny nejlepší. Vždy záleží na podmínkách výstavby a požadavcích investora. Z bakalářské práce tedy vyplývá, že každý investor by si měl před zahájením výstavby udělat průzkum trhu, aby zjistil, která skladba obvodové konstrukce je optimální a který stavební systém by měl použít.

Všechny cíle stanovené před zahájením vypracování bakalářské práce byly naplněny.

Použitá literatura

Použité elektronické dokumenty

BOHUSLÁVEK, Petr. Pálená krytina - historie a současnost. *TZBinfo* [online]. 2007 [cit. 2021-01-17]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/stresni-krytiny/3801-palena-krytina-historie-a-soucasnost>

ČERNÁ, Jana. Keramické tvárnice nebo pórobetonové zdivo? *České stavby.cz* [online]. 2013 [cit. 2021-01-17]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/keramicke-tvarnice-nebo-porobetonove-zdivo-22194.html>

ČERŇANSKÝ, Martin. Nosné konstrukce staveb. *Lidová architektura* [online]. 2017 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://old.lidova-architektura.cz/architektura-historie/stavby-konstrukce/stavby-konstrukce.htm>

DAŇKOVÁ, Dana D. Srub, nebo roubenka? V čem se liší a jak se staví. *Dřevostavby.cz* [online]. 2019, 9. září 2019 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/sruby-roubenky/5608-srub-nebo-roubenka-v-cem-se-lisi-a-jak-se-stavi>

HALUZA, Miroslav. Využití multikriteriální analýzy (MCA) pro hodnocení inteligentních elektroinstalací. *TZBinfo* [online]. 2011 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/7651-vyuziti-multikriterialni-analyzy-mca-pro-hodnoceni-inteligentnich-elektroinstalaci>

Historie a současnost hliněného stavitelství - 1. část. *Ekostavivo* [online]. 2015 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <http://www.ekostavivo.cz/historie-a-soucasnost-hlineneho-stavitelstvi-1-cast/>

HEJHÁLEK, Jan. Historie cihly od neolytu přes Babylon až po současnost. *Stavebnictví3000* [online]. 2017 [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/historie-cihly>

HEJHÁLEK, Jiří. Pórobeton. Vlastnosti, využití a jak se vyrábí. *Stavebnictví3000* [online]. 2017 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/porobeton-mladsi-bratr-betonu-stejny-rodopis-jine-vlastnosti>

HUBLOVÁ, Pavlína. Inženýrská architektura. *Metodický portál RVP.cz* [online]. 2013 [cit. 2021-01-17]. Dostupné z: http://wiki.rvp.cz/Kabinet/Ucebni_texty/V%C3%BDtvarn%C3%A1_v%C3%BDchova/D%C4%9Bjiny_v%C3%BDtvarn%C3%A9ho_um%C4%9Bn%C3%AD/Um%C4%9Bn%C3%AD_19._stolet%C3%AD/Architektura/In%C5%BEen%C3%BDrsk%C3%A1_architekturaJAKOUBĚ, Jiří. *Topdesign.cz* [online]. [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.topdesign.cz/blog/co-obnasi-stavba/vite-jak-vybrat-zdivo-pro-vas-dum/>

KARLÍK, Tomáš a Marek NOVOTNÝ. *Základy stavitelství v kostce* [online]. Nulté vydání. Praha: A.W.A.L, 2018 [cit. 2021-4-25]. ISBN 978-80-905755-3-0. Dostupné z: <http://www.skola-stavarina.cz/02%20Svisl%C3%A9%20nosn%C3%A9%20konstrukce.pdf>

KONEČNÝ, Martin. Z historie vápenopískových cihel (1894–2012) 2. díl. *TZBinfo* [online]. 2012a [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8845-z-historie-vapenopiskovych-cihel-1894-2012-2-dil-firma-zapf>

KONEČNÝ, Martin. Z historie vápenopískových cihel (1894–2012) 3. díl: První stavby. *TZBinfo* [online]. 2012b [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8871-z-historie-vapenopiskovych-cihel-1894-2012-3-dil-prvni-stavby>

KONEČNÝ, Martin. Z historie vápenopískových cihel (1894–2012) 4. díl: Temné období vápenopískového průmyslu. *TZBinfo* [online]. 2012c [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8897-z-historie-vapenopiskovych-cihel-1894-2012-4-dil-temne-obdobi-vapenopiskoveho-prumyslu>

KONEČNÝ, Martin. Z historie vápenopískových cihel (1894–2012) 5. díl: Moderní historie vápenopískových cihel a současnost. *TZBinfo* [online]. 2012d [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8921-z-historie-vapenopiskovych-cihel-1894-2012-5-dil-moderni-historie-vapenopiskovych-cihel-a-soucasnost>

KUHNNOVÁ, Erika. Z čeho budete stavět? Toto byste měli vědět dříve, než si vyberete. *Home* [online]. 2020 [cit. 2021-02-19]. Dostupné z:

<https://homebydleni.cz/dum/stavebni-materialy/z-ceho-budete-stavet-toto-byste-meli-vedet-drive-nez-si-vyberete/>

NEŠPOROVÁ, Kristina. CLT panely: Vrstvené masivní panely, které voní dřevem. *Dřevostavitel.cz* [online]. 2017 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z:

<https://www.drevostavitel.cz/clanek/clt-panely>

PACÁK, Pavel. Jak se staví roubenka. *Dřevostavby.cz* [online]. 2016, 10. října 2016 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z:

<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/4200-jak-se-stavi-roubenka>

SOLAŘ, Miloš. Kamené zdivo. *Redivivus* [online]. 2013 [cit. 2021-01-16].

Dostupné z: <http://redivivus.cz/11.html>

TESÁREK, Pavel. Jak se vyrábí cihla. *Svépomocí.cz* [online]. 2015 [cit.

2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.svepomoci.cz/clanek/2826-video-jak-se-vyrabi-cihla>

VETENGL, Václav a Marek DUDÁK. *Pórobeton – moderna, nebo tradice?* [online]. 2009 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z:

https://marketing.xella.cz/napsali/2009/Materialy-pro-stavbu_6_2009.pdf

ZICH, Miloš a Zdeněk BAŽANT. Problémy s použitím zdiva z nepálených

cihel. *TZBinfo* [online]. 2007 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: [https://stavba.tzb-](https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/4278-problemy-s-pouzitim-zdiva-z-nepalenyh-cihel)

[info.cz/cihly-bloky-tvarnice/4278-problemy-s-pouzitim-zdiva-z-nepalenyh-cihel](https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/4278-problemy-s-pouzitim-zdiva-z-nepalenyh-cihel)

Použitá tištěná literatura

100 Jahre Kalksandstein Industrie. Zapf Daigfuss. Hannover, 1994. ISBN 3-9803904-0-3.

FROLEC, Václav. *Kulturní společenství a interetnické vztahy v lidovém stavitelství v Podunají.* Praha: Academia, 1970.

HANZLOVÁ, Hana a Jiří ŠMEJKAL. *Betonové a zděné konstrukce 1: základy navrhování betonových konstrukcí.* 2. přepracované vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-800-1065-082.

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

MENCL, Václav. *Lidová architektura v Československu.* Praha: Academia, 1980.

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

ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba.* 2. české vyd. Bratislava: JAGA, 2009. Home. ISBN 978-80-8076-080-9.

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody.* 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.

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

Seznam zkratek

CLT	Křížově lepené řezivo (cross laminated timber)
CZ	Česká republika (Czech republic)
ČR	Česká republika
NDR	Německá demokratická republika
MCA	Multikriteriální analýza (Multicriteria analysis)
MDF	Polotvrdá dřevovláknitá deska (medium density fibreboard)
OSB	Lisovaná deska z orientovaně rozprostřených velkoplošných třísek (oriented strand board)
RD	Rodinný dům
Sb.	Sbírka zákonů
SRN	Spolková republika Německo
s. r. o.	Společnost s ručením omezeným
tzv.	Tak zvaný
USA	Spojené státy americké (United States of America)

Seznam obrázků

Obr. č. 1 - Polozemnice.....	12
Obr. č. 2 - Tradiční hliněný dům s doškovou střechou.....	13
Obr. č. 3 - Nejstarší kamenný hrad v ČR, konkrétně zřícenina hradu Přimda	14
Obr. č. 4 - Srub.....	17
Obr. č. 5 - Typická roubenka v ČR.....	18
Obr. č. 6 - Hrázďená stavba s viditelnou nosnou konstrukcí.....	20
Obr. č. 7 - Balloon-Frame a Platform-Frame	21
Obr. č. 8 - Výstavba dřevostavby z rámového panelového systému	23
Obr. č. 9 - Dřevostavba z CLT panelů.....	25
Obr. č. 10 - Wienerberger Porotherm 30.....	28
Obr. č. 11 - Vepřovice	29
Obr. č. 12 - Tvárnice YTONG Klasik P2-500.....	31
Obr. č. 13 - První výrobní závod na vápenopískové cihly v Behringersdorfu, rok 1900	33
Obr. č. 14 - Zkouška pevnosti v tlaku.....	33
Obr. č. 15 - Vápenopísková cihla KS-QUADRO E	35
Obr. č. 16 - Výstavba RD z prefabrikovaných betonových dílců.....	38
Obr. č. 17 - Půdorys RD ROHE 90.....	39
Obr. č. 18 - Vizualizace RD ROHE 90.....	39
Obr. č. 19 - Půdorys přízemí RD KUBIS 74	40
Obr. č. 20 - Půdorys 1. NP RD KUBIS 74.....	40
Obr. č. 21 - Vizualizace RD KUBIS 74	40
Obr. č. 22 - Skladba obvodové stěny dřevostavby	41

Obr. č. 23 - Skladba obvodové stěny Porotherm 30 Profi.....	42
Obr. č. 24 - Skladba obvodové stěny Ytong Standart P2-400.....	42

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - Životnost konstrukcí.....	45
Tabulka č. 2 - Ceny výstavby obvodových konstrukcí objektu č. 1	48
Tabulka č. 3 - Rychlost výstavby obvodových konstrukcí objektu č. 1.....	49
Tabulka č. 4 - Porovnání skladeb obvodových konstrukcí pro objekt č. 1	51
Tabulka č. 5 - Saatyho matice pro objekt č. 1	51
Tabulka č. 6 - Absolutní vyhodnocení skladeb objektu č. 1	52
Tabulka č. 7 - Ceny výstavby obvodových konstrukcí objektu č. 2	53
Tabulka č. 8 - Porovnání skladeb obvodových konstrukcí pro objekt č. 2	55
Tabulka č. 9 - Saatyho matice pro objekt č. 2	56
Tabulka č. 10 - Absolutní vyhodnocení skladeb objektu č. 2	56

Seznam vzorců

Vzorec č. 1 - Saatyho matice	46
Vzorec č. 2 - Geometrický průměr řádků Saatyho matice	47
Vzorec č. 3 - Normalizace hodnot b_j	47

Seznam příloh

Příloha č. 1 - Posouzení prostupu tepla, skladba č. 1 - dřevostavba.....	66
Příloha č. 2 - Posouzení prostupu tepla, skladba č. 2 - Porotherm 30 Profi + Isover EPS GreyWall	67
Příloha č. 3 - Posouzení prostupu tepla, skladba č. 3 – Ytong Standard P2-400 + Isover EPS GreyWall	68
Příloha č. 4 - Ceny jednotlivých skladeb obvodových stěn pro objekt č. 1 ...	69
Příloha č. 5 - Ceny jednotlivých skladeb obvodových stěn pro objekt č. 2 ...	69
Příloha č. 6 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 1 – Porotherm 30 Profi	70
Příloha č. 7 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 1 – Ytong Standard P2-400	70
Příloha č. 8 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 2 – Porotherm 30 Profi	70
Příloha č. 9 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 2 – Ytong Standard P2-400	71
Příloha č. 10 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 1 – Isover EPS GreyWall.....	71
Příloha č. 11 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 1 – montáž Isover EPS GreyWall.....	71
Příloha č. 12 – Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 2 - Isover EPS GreyWall.....	72
Příloha č. 13 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 2 – montáž Isover EPS GreyWall.....	72

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplota 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
...	stěna	7.735	0.127	0.2307	ano	---

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce
 U součinitel prostupu tepla konstrukce
 Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
 DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplota 2017 EDU

Název úlohy :
 Zpracovatel : TT 2017
 Zakázka :
 Datum : 23.03.2021

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Fermacell	0,0150	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0,0000
2	Překližka 1	0,0200	0,0900	1600,0	300,0	150,0	0,0000
3	Knauf Classic	0,1600	0,0350	840,0	33,0	3,2	0,0000
4	Vedag Vedagard	0,0015	0,1700	1470,0	1300,0	1000000,0	0,0000
5	Překližka 1	0,0200	0,0900	1600,0	300,0	150,0	0,0000
6	Fermacell	0,0150	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0,0000
7	Termo - TS	0,1570	0,0600	850,0	300,0	3,0	0,0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Fermacell	---
2	Překližka 1	---
3	Knauf Classic 032	---
4	Vedag Vedagard SK	---
5	Překližka 1	---
6	Fermacell	---
7	Termo - TS	---

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplota 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Obvodová stěna Porothe...	stěna	7.740	0.126	0.0020	ano	---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplota 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodová stěna Porotherm 30**
 Zpracovatel : TT 2017
 Zakázka :
 Datum : 20.03.2021

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášňová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Porotherm 30 P	0,3000	0,1800	1000,0	800,0	10,0	0,0000
2	Cemix 135 - Le	0,0030	0,6340	840,0	1550,0	20,0	0,0000
3	Isover EPS Gre	0,2000	0,0330	1270,0	16,0	30,0	0,0000
4	Cemix 135 - Le	0,0030	0,6340	840,0	1550,0	20,0	0,0000
5	Cemix TR - Sil	0,0030	0,8680	840,0	1750,0	24,0	0,0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Porotherm 30 Profi	---
2	Cemix 135 - Lepicí a stěrkovácí hmota COMFORT	---
3	Isover EPS GreyWall	---
4	Cemix 135 - Lepicí a stěrkovácí hmota COMFORT	---
5	Cemix TR - Silikátová rýhovaná omítka	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Obvodová stěna YTONG 3...	stěna	8.296	0.118	0.0076	ano	---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodová stěna YTONG 30**

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 20.03.2021

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášňová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Ytong P2-500	0,3000	0,1350	1000,0	500,0	7,0	0,0000
2	Cemix 135 - Le	0,0030	0,6340	840,0	1550,0	20,0	0,0000
3	Isover EPS Gre	0,2000	0,0330	1270,0	16,0	30,0	0,0000
4	Cemix 135 - Le	0,0030	0,6340	840,0	1550,0	20,0	0,0000
5	Cemix TR - Sil	0,0030	0,8680	840,0	1750,0	24,0	0,0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Ytong P2-500	---
2	Cemix 135 - Lepicí a stěrkovací hmota COMFORT	---
3	Isover EPS GreyWall	---
4	Cemix 135 - Lepicí a stěrkovací hmota COMFORT	---
5	Cemix TR - Silikátová rýhovaná omítka	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.13 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.04 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.04 m2K/W

Příloha č. 4 - Ceny jednotlivých skladeb obvodových stěn pro objekt č. 1

Ceny z programu euroCALC 3:			
Skladba č. 1:	Výměra	Jedn. cena	Cena
Dřevěné panely	128,91 m ²	2 224,50 Kč	286 769 Kč
			286 769 Kč
Skladba č. 2:	Výměra	Jedn. cena	Cena
Porotherm 30 Profi	128,91 m ²	1 250,71 Kč	161 234 Kč
Isover EPS GreyWall	128,91 m ²	641,73 Kč	82 728 Kč
			243 962 Kč
Skladba č. 3:	Výměra	Jedn. cena	Cena
Ytong P2-500	128,91 m ²	1 246,40 Kč	160 679 Kč
Isover EPS GreyWall	128,91 m ²	641,73 Kč	82 728 Kč
			243 407 Kč

Příloha č. 5 - Ceny jednotlivých skladeb obvodových stěn pro objekt č. 2

Ceny z programu euroCALC 3:			
Skladba č. 1:	Výměra	Jedn. cena	Cena
Dřevěné panely	173,18 m ²	2 224,50 Kč	385 239 Kč
			385 239 Kč
Skladba č. 2:	Výměra	Jedn. cena	Cena
Porotherm 30 Profi	173,18 m ²	1 250,71 Kč	216 598 Kč
Isover EPS GreyWall	173,18 m ²	641,73 Kč	111 135 Kč
			327 733 Kč
Skladba č. 3:	Výměra	Jedn. cena	Cena
Ytong P2-500	173,18 m ²	1 246,40 Kč	215 852 Kč
Isover EPS GreyWall	173,18 m ²	641,73 Kč	111 135 Kč
			326 986 Kč

Příloha č. 6 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 1 – Porotherm 30 Profi

Identifikátor: SP	Katalog: HSV	Kód: 311235151	MJ: m2	Celková výměra: 128,914	Jednotková cena: 1 250,71
Popis: Zdivo jednovrstvé z cihel broušených do P10 na tenkovrstvou maltu tl 300 mm				Celková cena: 161 234	

Vlastnosti položky	
Dodavatel	
Uživatelský kód	
Výměra	
Výměra bez ztr.	128,914
Ztrátě (%)	-
% výměry	100,00
Výměra	128,914
Popisy	
Popis položky	Zdivo jednovrstvé z cihel broušených do P10 na tenkovrstvou maltu tl 300 mm
Popis RV	
Popis TV	
Přídavný popis	
Komentář	
Ostatní	
Typ položky	Kalkulovaná ze skladby
Kód položky	311235151
Katalog	HSV
Kód RV	+
Kód TV	00
Část kódu 1	

Příloha č. 7 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 1 – Ytong Standard P2-400

Identifikátor: SP	Katalog: HSV	Kód: 311272225	MJ: m	Celková výměra: 128,914	Jednotková cena: 1 246,40
Popis: Zdivo z pórobetonových tváří hladkých přes P2 do P4 do 450 kg/m3 na tenkovrstvou maltu tl 300 m				Celková cena: 160 679	

Vlastnosti položky	
Dodavatel	
Uživatelský kód	
Výměra	
Popis položky	Zdivo z pórobetonových tváří hladkých přes P2 do P4 do 450 kg/m3 na tenkovrstvou maltu tl 300 m
Popis RV	
Popis TV	
Přídavný popis	
Komentář	
Ostatní	
Typ položky	Kalkulovaná ze skladby
Kód položky	311272225
Katalog	HSV
Kód RV	+
Kód TV	00
Část kódu 1	
Část kódu 2	
Část kódu 3	
Identifikátor	Stavební práce
Ignorovaná	

Příloha č. 8 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 2 – Porotherm 30 Profi

Identifikátor: SP	Katalog: HSV	Kód: 311235151	MJ: m2	Celková výměra: 173,180	Jednotková cena: 1 250,71
Popis: Zdivo jednovrstvé z cihel broušených do P10 na tenkovrstvou maltu tl 300 mm				Celková cena: 216 598	

Vlastnosti položky	
Dodavatel	
Uživatelský kód	
Výměra	
Výměra bez ztr.	173,180
Ztrátě (%)	-
% výměry	100,00
Výměra	173,180
Popisy	
Popis položky	Zdivo jednovrstvé z cihel broušených do P10 na tenkovrstvou maltu tl 300 mm
Popis RV	
Popis TV	
Přídavný popis	
Komentář	
Ostatní	
Typ položky	Kalkulovaná ze skladby
Kód položky	311235151
Katalog	HSV
Kód RV	+
Kód TV	00
Část kódu 1	

Příloha č. 9 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 2 – Ytong Standard P2-400

Identifikátor: SP	Katalog: HSV	Kód: 311272225	MJ: m	Celková výměra: 173,179	Jednotková cena: 1246,40
Popis: Zdivo z pórobetonových tváří hladkých přes P2 do P4 do 450 kg/m ³ na tenkovrstvou maltu tl. 300 mm				Celková cena: 215 852	

Vlastnosti položky	
Dodavatel	
Uživatelský kód	
Výměra	
Popis položky	Zdivo z pórobetonových tváří hladkých přes P2 do P4 do 450 kg/m ³ na tenkovrstvou maltu tl. 300 mm
Popis RV	
Popis TV	
Přídavný popis	
Komentář	
Ostatní	
Typ položky	Kalkulovaná ze skladby
Kód položky	311272225
Katalog	HSV
Kód RV	-
Kód TV	00
Část kódu 1	
Část kódu 2	
Část kódu 3	
Identifikátor	Stavební práce
Ignorovaná	

Příloha č. 10 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 1 – Isover EPS GreyWall

Identifikátor: SP	Katalog: PSV	Kód: 713122122	MJ: m ²	Celková výměra: 128,914	Jednotková cena: 440,00
Popis: Isover EPS GreyWall tl. 200 mm				Celková cena: 56 722	

Vlastnosti položky	
Dodavatel	
Uživatelský kód	
Výměra	
Výměra bez ztr.	128,914
Ztrátě (%)	
% výměry	100,00
Výměra	128,914
Popisy	
Popis položky	Isover EPS GreyWall tl. 200 mm
Popis RV	
Popis TV	
Přídavný popis	
Komentář	
Ostatní	
Typ položky	Kalkulovaná ze skladby
Kód položky	713122122
Katalog	PSV
Kód RV	-
Kód TV	00
Část kódu 1	

Uživatelsky definované údaje: Původní hodnoty

Komentář

Příloha č. 11 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 1 – montáž Isover EPS GreyWall

Identifikátor: SP	Katalog: PSV	Kód: 713131143	MJ: m ²	Celková výměra: 128,914	Jednotková cena: 201,73
Popis: Montáž izolace tepelné stěny a základů tepelně izolačně v kombinaci s mechanickým kotvením				Celková cena: 26 006	

Vlastnosti položky	
Dodavatel	
Uživatelský kód	
Výměra	
Výměra bez ztr.	128,914
Ztrátě (%)	-
% výměry	100,00
Výměra	128,914
Popisy	
Popis položky	Montáž izolace tepelné stěny a základů tepelně izolačně v kombinaci s mechanickým kotvením
Popis RV	
Popis TV	
Přídavný popis	
Komentář	
Ostatní	
Typ položky	Kalkulovaná ze skladby
Kód položky	713131143
Katalog	PSV
Kód RV	-
Kód TV	00
Část kódu 1	

Příloha č. 12 – Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 2 - Isover EPS GreyWall

Identifikátor: SP	Katalog: PSV	Kód: 713122122	MJ: m2	Celková výměra: 173,180	Jednotková cena: 440,00
Popis: Isover EPS GreyWall II. 200 mm				Celková cena: 76 199	
<p>Obecné Ceny HTK Výkaz výměr Čergání Ceny CÚ Pořizovací náklady Hmotnosti Skladba Testy Harmonogram</p>					
Vlastnosti položky					
Dodavatel					
Uživatelův kód					
Výměra					
Výměra bez ztr.	173,180				
Ztrátě (%)					
% výměry	100,00				
Výměra	173,180				
Popisy					
Popis položky	Isover EPS GreyWall II. 200 mm				
Popis RV					
Popis TV					
Přídavný popis					
Komentář					
Ostatní					
Typ položky	Kalkulovaná ze skladby				
Kód položky	713122122				
Katalog	PSV				
Kód RV	+				
Kód TV	00				
Část kódu 1					

Příloha č. 13 - Výpočet ceny v programu EC3 pro objekt č. 2 – montáž Isover EPS GreyWall

Identifikátor: SP	Katalog: PSV	Kód: 713131143	MJ: m2	Celková výměra: 173,180	Jednotková cena: 201,73
Popis: Montáž izolace tepelné stěny a základů lepením celoplošně v kombinaci s mechanickým kotvením				Celková cena: 34 936	
<p>Obecné Ceny HTK Výkaz výměr Čergání Ceny CÚ Pořizovací náklady Hmotnosti Skladba Testy Harmonogram</p>					
Vlastnosti položky					
Dodavatel					
Uživatelův kód					
Výměra					
Výměra bez ztr.	173,180				
Ztrátě (%)	-				
% výměry	100,00				
Výměra	173,180				
Popisy					
Popis položky	Montáž izolace tepelné stěny a základů lepením celoplošně v kombinaci s mechanickým kotvením				
Popis RV					
Popis TV					
Přídavný popis					
Komentář					
Ostatní					
Typ položky	Kalkulovaná ze skladby				
Kód položky	713131143				
Katalog	PSV				
Kód RV	+				
Kód TV	00				
Část kódu 1					

Poznámka:

Vzhledem ke složitosti a originalitě skladby dřevostavby RD Rýmařov bylo nemožné vypočítat cenu skladby konstrukce v programu euroCALC 3. Cena skladby byla vypočtena ze skutečného rozpočtu pro podobný rodinný dům.