

ČESKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Aleš Brudna

EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ VARIANT
OBVODOVÝCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ
RODINNÉHO DOMU

ECONOMIC COMPARISON OF VARIANTS OF
ENVELOPE LOAD-BEARING STRUCTURES OF A
FAMILY HOUSE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Brudna** Jméno: **Aleš** Osobní číslo: **487757**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Ekonomické porovnání variant obvodových nosných konstrukcí rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky:

Economic comparison of variants of envelope load-bearing structures of a family house

Pokyny pro vypracování:

Zpracování položkového rozpočtu v CS ÚRS program KR0S4 a v soustavě RYR0.
Výběr variant obvodových nosných konstrukcí z pohledu nákladového, technologického a tepelných ztrát.
Ekonomické vyhodnocení a dopad na konečnou cenu stavby rodinného domu.

Seznam doporučené literatury:

SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, R., VITÁSEK, S., BROŽOVÁ, L., STŘELCOVÁ, I. Oceňování staveb. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06748-2.
ÚRS Praha, a.s. Příručka rozpočtáře. Rozpočtování a oceňování stavebních prací. ÚRS Praha, a.s. 2017. ISBN 978-80-7369-735-8
HÁJEK, P. a kol. Konstrukce pozemních staveb 1 - Nosné konstrukce. Praha: Skriptum České vysoké učení technické v Praze, 2006. ISBN 80-01-02243-9.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Iveta Střelcová, Ph.D. katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **17.02.2022** Termín odevzdání bakalářské práce: **15.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Iveta Střelcová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem vypracoval bakalářskou práci na téma „Ekonomické porovnání variant obvodových nosných konstrukcí rodinného domu“ samostatně a s použitím literatury a důvěryhodných webových stránek.

V Praze, dne 14.05.2022

Aleš Brudna

Poděkování

Děkuji paní Ing. Ivetě Střelcové, Ph.D., za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu v průběhu celého studia.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je porovnání vybraných stavebních materiálů a systémů z hlediska nákladů na výstavbu, pracnosti a tloušťku konstrukce. Konečné vyhodnocení sledovaných variant by mělo poskytnout přehled o daných použitých materiálech nebo systémech, jejich výhodách a na základě tohoto vyhodnocení usnadnit rozhodnutí budoucím investorům při volbě materiálu pro výstavbu rodinných domů.

Teoretická část popisuje problematiku okolo oceňování staveb, tepelnou ochranu budov a materiálové dělení. V praktické části jsou popsány jednotlivé systémy, jejich rozpočtování a následné vyhodnocení.

Klíčová slova

Cenová soustava, KROS 4, náklady, tepelné technické požadavky budov, materiály nosných konstrukcí, porovnání, Teplo 2017, Ytong, Porotherm, železobeton, Atrium

Annotation

The aim of this bachelor thesis is a comparison of chosen building materials and systems in terms of costs, labor and construction thickness. The final evaluation of the variants should provide an overview of the materials or systems, their advantages and based on this evaluation, facilitate the decision of future investors when choosing a material for the construction of family houses.

The theoretical part describes the issues of making budgets, thermal protection of buildings and material sorting. The practical part describes the individual systems, their budgeting and evaluation.

Keywords

Price system, KROS 4, costs, Thermal technical requirements of buildings, load-bearing structure materials, comparison, Teplo 2017, Ytong, Porotherm, reinforced concrete, Atrium

Seznam použitých zkratk

TSKP = Třídník stavebních konstrukcí a prací

CS = Cenová soustava

OTSKP = Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací

KSO = Klasifikovaný stavebních objektů

SFDI = Státním fond dopravní infrastruktury

ČSN = České technické normy

Prvky HD = high density (vysoká hustota)

Prvky LD = low density (nízká hustota)

EN = Evropská norma

SDK = Sádrokarton

EPS = Expandovaný pěnový polystyren

ZRN = Základní rozpočtové náklady

VRN = Vedlejší rozpočtové náklady

DPH = Daň z přidané hodnoty

Obsah

1. Úvod	10
2. Oceňování staveb	11
2.1 Cenová soustava	11
2.1.1 Cenové soustavy ÚRS a RTS DATA	11
2.1.2 Cenová soustava OTSKP	12
2.2 Individuální kalkulace.....	12
3. Tepelná ochrana budov	15
3.1 Šíření tepla konstrukcí.....	15
3.2 Tepelné technické požadavky budov	16
3.3 Energetická náročnost budov	18
4. Materiály obvodových nosných konstrukcí.....	20
4.1 Beton.....	20
4.2 Keramické materiály	22
4.3 Dřevo.....	25
5. Popis rodinného domu.....	26
5.1 Obecný popis domu	26
5.2 Základy	27
5.3 Svislé konstrukce	27
5.4 Vodorovné konstrukce.....	27
5.5 Střešní konstrukce	27
5.6 Výplně otvorů	27
6. YTONG.....	28
6.1 Ytong Univerzal 300.....	28
6.2 Tepelně – izolační vlastnosti skladby.....	29
6.3 Agregovaná položka skladby 1 m ² - Ytong Univerzal 300.....	31
7. Porotherm.....	33
7.1 Porotherm 44 T Profi	33
7.2 Tepelně – izolační vlastnosti skladby.....	34
7.3 Agregovaná položka skladby 1m ² - Porotherm 44 T Profi	36
8. Železobeton.....	38
8.1 Železobeton.....	38
8.2 Tepelně – izolační vlastnosti skladby.....	39

8.3 Agregovaná položka skladby 1 m ² – Železobeton	41
9. Sendvičová konstrukce Atrium	43
9.1 Sendvičová konstrukce	43
9.2 Tepelně – izolační vlastnosti souvrství.....	44
9.3 Agregovaná položka skladby 1m ² - Sendvičová konstrukce	44
10. Vyhodnocení.....	45
10.1 Porovnání systémů	45
10.2 Porovnání celkových nákladů stavby (ZRN+VRN), bez DPH.....	47
11. Závěr	49
Seznam použité literatury	50
Seznam internetových zdrojů	50
Seznam obrázků	52
Seznam grafů	52
Seznam tabulek.....	52
Seznam příloh	53

1. Úvod

Tématem této bakalářské práce je jednotlivé porovnání variant obvodových nosných konstrukcí pro stavbu vybraného rodinného domu. Přesněji budou porovnávány varianty z hlediska nákladů a celkový dopad na konečnou cenu domu za použití různých materiálů. Dále se má práce zaměřit na délku výstavby a celkovou tloušťku obvodové konstrukce daných variant. Cílem práce by mělo být vytvoření přehledu informací o nákladech, výhodách a nevýhodách vybraných materiálů obvodových nosných konstrukcí. Investoři rodinných domů by se měli podle svých požadavků a zisku těchto informací rozhodnout, jaký systém by byl pro ně nejvhodnější.

Teoretická část se bude věnovat cenovým soustavám, individuální kalkulaci, tepelnou ochranou budov a energetickou náročností budov. Také bude zmíněno o jednotlivých materiálech, které jsem si zvolil pro obvodové nosné konstrukce.

V praktické části budou představeny jednotlivé materiálové varianty obvodových nosných konstrukcí a porovnány z výše uvedených hledisek. Základem pro porovnání nákladů bude vypracovaný položkový rozpočet v cenové soustavě ÚRS program KROS 4 (cenová hladina II/2021). Poslední část se věnuje vyhodnocení a porovnání jednotlivých variant.

2. Oceňování staveb

Tato obsáhlá kapitola se bude věnovat cenovým soustavám, stavebnímu softwaru KROS 4 a individuální kalkulaci.

2.1 Cenová soustava

Cenová soustava je databáze informací o cenách stavebních prací, montážích a materiálech, systematicky zařazené do položek. Jedná se o oceňovací podklad, který má za cíl určit předpokládanou cenu stavební zakázky. Každá položka se označuje kódem, popisem a měrnou jednotkou. Dále zahrnuje cenové a technické podmínky pro kalkulaci nákladů a sestavení jednotkové ceny. K lepší orientaci v cenových soustavách slouží množství třídění, číselníků a klasifikací např. Třídění stavebních konstrukcí a prací (TSKP) nebo Klasifikace stavebních objektů (KSO). V Česku jsou dostupné tři cenové soustavy od společností – CS ÚRS, RTS DATA a Oborový třídění stavebních konstrukcí a prací (OTSKP).^[1]

2.1.1 Cenové soustavy ÚRS a RTS DATA

Jedná se o cenové soustavy, které se spíše soustředí na okruh pozemní stavitelství. U liniových staveb se užívají jen při méně náročných objektech.^[2] Cenovou soustavu ÚRS je poskytována společností ÚRS PRAHA, a.s., která je distributorem softwaru KROS 4.^[3] Stavební program KROS 4 je určen pro tvorbu rozpočtů, kalkulací stavebních prací a sledování stavební zakázky. Je vhodný pro stavební firmy, investory, rozpočtáře a další účastníky stavby. Jelikož program vlastní společnost ÚRS, a.s., tak program využívá nejaktuálnější cenovou soustavu ÚRS. Dále je schopen také pracovat s jinou databází.^[4] RTS DATA založila firma RTS, a.s., jejím hlavním programem je BUILDpower S.^[5] Obě soustavy ale vycházejí z TSKP, tudíž mají podobný formát stavebních dílů a položek. Liší se jen v zařazení některých konstrukcí a drobnými rozdíly v popisích a kódech položek.^[6]

^[1,2,6]SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ Renáta, Iveta STŘELCOVÁ, Stanislav VITÁSEK a Lucie BROŽOVÁ. Oceňování staveb. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06748-2., str. 40

^[3]Cenová soustava ÚRS. *Urs.cz* [online]. © 2018 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.urs.cz/software-a-data/cenova-soustava-urs>

^[4]KROS 4 - oceňování a řízení stavební výroby. *Urs.cz* [online]. © 2018 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.urs.cz/software-a-data/kros-4-ocenovani-a-rizeni-stavebni-vyroby>

^[5] Cenová soustava RTS Data. *Rts.cz* [online]. © 2018 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.rts.cz/buildpower_s_rozpocetovani.aspx

2.1.2 Cenová soustava OTSKP

Tato cenová soustava se hlavně užívá u zakázek týkající se liniových staveb např. tunely, mosty atd.. Primárně se tato soustava užívá u zadávání veřejných zakázek státních organizací např. Ředitelství silnic a dálnic, které jsou financovány Státním fondem dopravní infrastruktury (SFDI). Dalším rozdílem od předchozích cenových soustav je v agregaci položek. Zatím, co v ÚRS a RTS DATA soustavách je podrobnost položek vyšší, protože se jedná o pozemní stavby, tak v OTSKP jsou některé položky spojeny, tudíž obsah položek klesne. Důvod je, že u pozemních staveb je více specifických profesí.^[7]

2.2 Individuální kalkulace

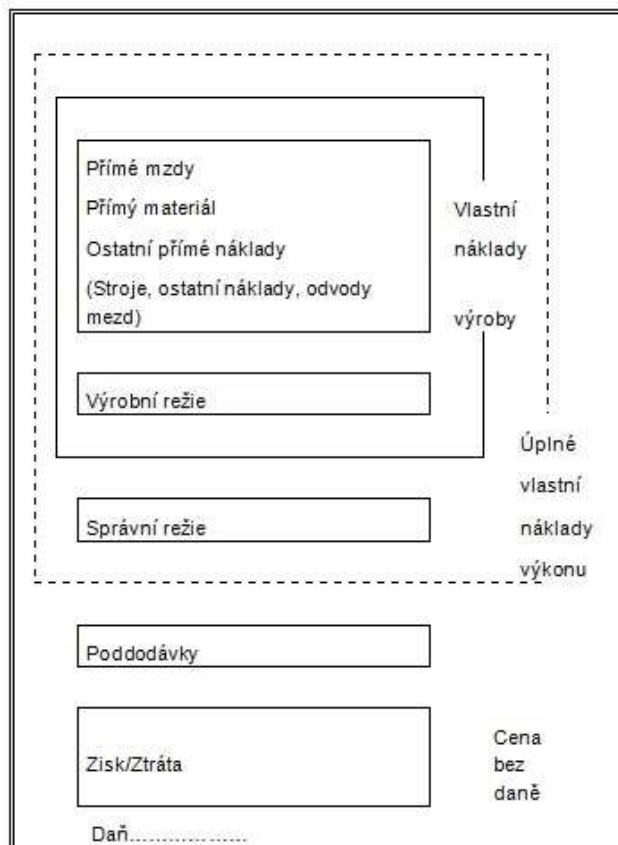
Individuální kalkulace slouží ke zjištění vlastních nákladů nebo pro tvorbu ceny podle kalkulačního vzorce s přihlédnutím ke konkrétním podmínkám např. technologie výroby. Základním prvkem je kalkulace nákladů jednotlivých konstrukcí a prací. V některých případech se ještě před zahájením musí kvůli individuálním podmínkám vyčíslit náklady jednotlivých položek kalkulačního vzorce. Vyčíslení nákladů samotných položek v kalkulačním vzorci je kalkulací základu ceny pro stavební práce, která není ovlivněná trhem neboli na poptávce a nabídce. K této ceně se připočte zisk i s rizikovou složkou. Individuální kalkulaci by neměli tvořit jen odborně způsobilí kalkulanti, ale měli by mít i cit pro možnosti firmy.

Při kalkulaci nákladů jednotkové ceny stavebních prací a konstrukcí je dodrženo kalkulační členění nákladů.

Náklady na uskutečnění stavební činnosti, které souvisejí přímo s jejím provedením, se vyjadřují pro kalkulační jednici. Definice kalkulační jednice je výkon vymezený názvem, časem a měrnou jednotkou (časová práce dělníka, montážní práce). Jednotlivé náklady na stavební konstrukce a práce mohou se zobrazovat podle kalkulačního vzorce^[8], viz *Obrázek 1*.

^[7] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ Renáta, Iveta STŘELCOVÁ, Stanislav VITÁSEK a Lucie BROŽOVÁ. Oceňování staveb. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06748-2., str. 41

^[8] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ Renáta, Iveta STŘELCOVÁ, Stanislav VITÁSEK a Lucie BROŽOVÁ. Oceňování staveb. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06748-2., str. 46 - 47



Obrázek 1 – Kalkulační vzorec nákladů

zdroj: Kalkulační vzorec nákladů. Ckait.cz [online]. ©2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z:

<https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-3-1/>

Přímé náklady jsou přímé mzdy, přímý materiál, náklady na provoz stavebních strojů a ostatní přímé náklady. Do přímých zpracovacích nákladů jsou zahrnuty mzdové náklady, náklady na stroje a ostatní přímé náklady. Při sečtení přímých nákladů a výrobní režie vznikají vlastní náklady výroby. Po součtu vlastních nákladů výroby, správní režie a odbytových nákladů se vytvoří úplné vlastní náklady výkonu. Pro určení kalkulace ceny nebo vlastních nákladů se ještě připočte zisk (ztráta). Do poddodávek patří náklady spojené s úhradou výkonů dodaných externími dodavateli. Další část bude pojednávat o jednotlivých položkách kalkulačního vzorce.^[9]

^[9] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta, Iveta STŘELCOVÁ, Stanislav VITÁSEK a Michal STRNAD. Kalkulace nákladů ve stavebnictví. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-06348-4., str. 75-76

Mezi přímé materiály se řadí veškeré suroviny, polotovary a materiály, které vstupují do výrobního procesu a jejichž spotřebu lze stanovit přímo na kalkulační jednici. Náklady na materiál se snižují o použitelný odpad, který se přímo využije v jiném výrobním procesu.^[10]

Do položky přímé mzdy patří mzdy výrobních dělníků za odpracovanou dobu nebo za splnění pracovních úkolů a lze stanovit na kalkulační jednici. Popřípadě mzdy jiných pracovníků, kteří se podílí na výrobním nebo jiném procesu.^[11]

Ostatní přímé náklady zahrnují náklady, které nejsou obsaženy v přímých nákladech na materiál a na mzdy a lze je stanovit na kalkulační jednici. Jsou to např. náklady na záruční opravy, náklady na vnitrostaveništní přesun hmot, náklady na geologické práce, a hlavně příspěvky na pojistné, zdravotní a sociální zabezpečení.^[12]

Výrobní režii se rozumí všechny náklady, které souvisejí s řízením, činnostmi a obsluhou výrobního procesu. Nelze je stanovit na kalkulační jednici. Určuje se většinou procentuální sazbou. Základnou režijních nákladů jsou přímé zpracovací náklady. Do výrobních režii patří např. spotřeba paliv a energií, náklady na nářadí, mzdy stavbyvedoucích a příspěvky.^[13]

Do správní režie jsou zahrnuty náklady spojené s řízením a správou firmy. Také jako u výrobní režie nelze je stanovit na kalkulační jednici a určují se procentuální sazbou. Základnou je součet přímých zpracovacích nákladů a výrobní režie. Mezi správní režie patří mzdy a platy vedení firmy a administrativy, náklady na udržování a odpisy administrativní budovy.^[14]

V položce zisk (ztráta) se sleduje a vyčísluje zisk nebo ztráta vypočtené jako rozdíl mezi cenou a vlastními náklady výkonu. Zisk se určuje procentem zisku (cca 12%). Základem je součet přímých zpracovacích nákladů, výrobní a správní režii.^[15]

[10-15] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ Renáta, Iveta STŘELCOVÁ, Stanislav VITÁSEK a Michal STRNAD. Kalkulace nákladů ve stavebnictví. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-06348-4., str. 76-79

3. Tepelná ochrana budov

Tato kapitola se zabývá šířením tepla konstrukcí, tepelnými technickými požadavky budov a energetickou náročností budov.

3.1 Šíření tepla konstrukcí

Teplo šířící se obvodovým pláštěm, můžeme zkoumat nejnižší vnitřní povrchovou teplotou konstrukce, a hlavně součinitelem prostupu tepla.

Povrchovou teplotou konstrukce vyjadřujeme, jakou teplotu má povrch konstrukce za určitých okrajových podmínek. Teplota povrchu má obrovský vliv na tvorbu kondenzace a výskyt plísní na povrchu konstrukcí. Důležité je, že povrchová teplota konstrukce se mění vzhledem k místu, kde se teplota zkoumá. A proto při návrhu obvodových konstrukcí se zkoumá nejkritičtější místo objektu, což jsou kouty, styky s více konstrukcemi nebo nestandardně řešené detaily. Musí být dodržena následná podmínka.^[16]

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$

Podmínku posuzujeme pomocí teplotního faktoru vnitřního povrchu konstrukce f_{Rsi} a požadované hodnotě nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,N}$. Jakmile tato podmínka není splněná, tak může dojít ke zmíněné kondenzaci nebo vznik plísní.^[17]

Důležitým parametrem pro hodnocení šíření je součinitel prostupu tepla, značí se U_t nebo U a má jednotku $W/(m^2 \cdot K)$. Součinitel vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše $1m^2$.^[18] Požadavky na obalové konstrukce jsou uvedené v normě ČSN 73 0540.^[19] Hodnota součinitele prostupu tepla závisí hlavně na tepelné vodivosti materiálu jednotlivých vrstev obvodových konstrukcí a jejich tloušťce. Součinitel U je dán vztahem^[20]:

$$U_T(U) = \frac{1}{R_T}$$

kde R_T je odpor konstrukce při prostupu tepla ($m^2 \cdot K/W$)

[16-17] Faktory ovlivňující vnitřní povrchovou teplotu a kondenzaci na povrchu konstrukcí. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/vlhkost-a-kondenzace-v-konstrukcich/9134-faktory-ovlivnujici-vnitri-povrchovou-teplotu-a-kondenzaci-na-povrchu-konstrukci-dil-1>

[18-20] Součinitel prostupu tepla. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

Tyto dvě veličiny vyjadřují prostup tepla celou konstrukcí, proto zahrnují vliv všech tepelných mostů a jiných zdrojů navýšení prostupu tepla v konstrukci. Vliv tepelných mostů zanedbáváme, pokud součet tepelných mostů je menší než 5 % součinitele prostupu tepla vypočteného s vlivem tepelných mostů. [21]

3.2 Tepelné technické požadavky budov

Součinitel prostupu tepla je dobré znát u novostaveb a staveb, které prochází rekonstrukcí a dodatečným zateplením. Ve vytápěných prostorech musí součinitel prostupu tepla U dosahovat hodnot, které jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540 - 2. Musí být splněna základní podmínka [22]:

$$U \leq U_N \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$$

kde U_N – požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce

Norma 73 0540–2 uvádí tři hodnoty součinitele prostupu tepla, doporučené, požadované a doporučená pro pasivní domy. Hodnota našeho spočteného U musí být vždy menší nebo rovna než požadovaná hodnota součinitele viz základní podmínka. Doporučené hodnoty jsou nižší než požadované a jsou určené pro nízkoenergetické budovy a pasivní domy. Velikost hodnot součinitele prostupu tepla závisí na druhu konstrukce [23], viz. *Tabulka 1*

[21] Součinitel prostupu tepla. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

[22] Jan MAREČEK, Kateřina KUBENKOVÁ, Miloslav ŠINDEL a Filip ČMIEL. Pozemní stavitelství III. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, ©2006. ISBN 978-80-248-1470-4., str. 10-11

[23] Tepelná ochrana budov. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7595-nova-csn-73-0540-2-tepelna-ochrana-budov-pozadavky>

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	

Tabulka 1 – Normové hodnoty součinitele prostupu tepla

zdroj: Normové hodnoty součinitele prostupu tepla. Tzb-info.cz [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z:

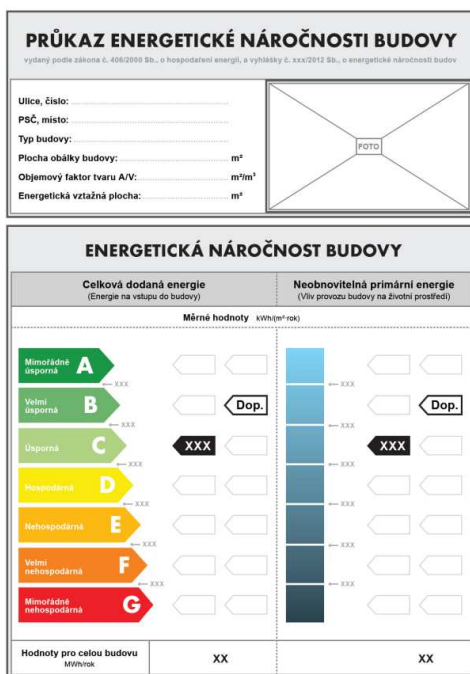
<https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>

3.3 Energetická náročnost budov

Energetická náročnost budov se určuje jako spotřebovaná energie při standartním provozu budovy. Do této energie patří energie na vytápění, přípravu teplé vody, úprava vzduchu větráním, klimatizací a na osvětlení.^[24] Požadavky ve vyhlášce č. 78/2013, o energetické náročnosti budovy, jsou stanoveny jen pro novostavby, budovy s téměř nulovou spotřebou energie a větší změnu dokončené budovy.^[25] Pro ostatní budovy se pouze hodnotí energetická náročnost budovy, ale nemusí splňovat požadavky, které jsou ve vyhlášce stanovené pomocí tzv. ukazatelů. Do těchto ukazatelů patří např. celková dodaná energie za rok, průměrný součinitel prostupu tepla, celková primární energie za rok a další.^[26] Požadavky pro novostavby se odlišují od požadavků na změny dokončených budov.^[27]

3.3.1 Energetická náročnost novostaveb

Jestli novostavba vyhovuje požadavkům, zjistíme podle průkazu energetické náročnosti budovy. Pro výstavbu nových budov je důležité, zda splňují tyto tři ukazatele: ukazatele neobnovitelné primární energie za rok, celková dodaná energie za rok a průměrný součinitel prostupu tepla. Grafické znázornění průkazu viz. *Obrázek 2* je hlavní výstup zmíněného průkazu.^[28]



Obrázek 2 – Průkaz energetické náročnosti budovy

zdroj: Průkaz energetické náročnosti. Tzb-info.cz [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z:

<https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10207-prukaz-energeticke-narocnosti-u-objektu-s-elektrickym-vytapenim>

[24-28] Energetická náročnost budov. *Cr-sei.cz* [online]. ©2007 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.cr-sei.cz/?portofolio=kontrolujeme-penb#:~:text=Energetick%C3%A1%20n%C3%A1ro%C4%8Dnost%20budovy%20kvantifikuje%20ve%C5%A1ker%C3%A9%20energie%20spot%C5%99ebovan%C3%A9%20p%C5%99i,vzduchu%20v%C4%9Btr%C3%A1n%C3%ADm%20a%20klimatizac%C3%AD%20a%20energii%20na%20osv%C4%9Btlen%C3%AD>

Aby bylo na první pohled viditelné, že budova splňuje požadavky energetické náročnosti, tak je grafické znázornění rozděleno do klasifikačních tříd A až G. Třída G znázorňuje nejhorší možné tepelné vlastnosti. K zařazení do tříd slouží dvě šipky v každém sloupci. Bílá šipka značí možnosti ke zlepšení a černá šipka ukazuje faktický stav. U novostaveb nesmí být faktický stav, ve zmíněných třech ukazatelích, horší než klasifikační třída C. Kdyby se tak stalo, neměla by být výstavba povolena. ^[29]

3.3.2 Energetická náročnost větších změn dokončených budov

Vyhláška č. 78/2013 umožňuje plnit požadavky u rekonstrukcí více způsoby než u novostaveb.^[30] První způsob je přes ukazatele neobnovitelné primární energie za rok a průměrného součinitele prostupu tepla. Další skrze celkovou dodanou energii za rok a průměrného součinitele prostupu tepla. Posledním způsobem je skrze součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici pro všechny měněné stavební prvky a současně účinnost měněných technických systémů. ^[31]

Požadavky na energetickou náročnost budov jsou stále vyšší. Jeden z hlavních důvodů je úspora peněz za energie, které raketově stoupají na ceně. Dalším důvodem je snaha snížit dopad na životní prostředí. Proto aktuálním trendem jsou výstavby nízkoenergetických a pasivních domů. ^[32]

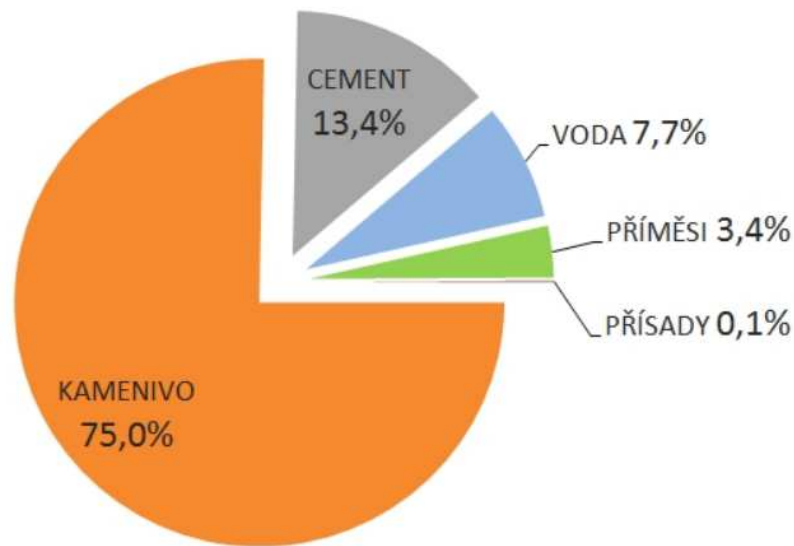
[29-32] Energetická náročnost budov. *Cr-sei.cz* [online]. ©2007 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.cr-sei.cz/?portofolio=kontrolujeme-penb#:~:text=Energetick%C3%A1%20n%C3%A1ro%C4%8Dnost%20budovy%20kvantifikuje%20ve%C5%A1ker%C3%A9%20energie%20spot%C5%99ebovan%C3%A9%20p%C5%99i,vzduchu%20v%C4%9Btr%C3%A1n%C3%ADm%20a%20klimatizac%C3%AD%20a%20energii%20na%20osv%C4%9Btlen%C3%AD>

4. Materiály obvodových nosných konstrukcí

Mezi stavební materiály, které se obvykle používají k výstavbě obvodových nosných konstrukcí, patří dřevo, keramické materiály, pórobeton, kámen, beton a kov. ^[33] Tato část se především bude soustředit na obvodové nosné konstrukce z betonu, keramiky a ze dřeva.

4.1 Beton

Beton se skládá z pojiva (cement), plniva (kameniva), vody, příměsí a přísad. Cement je jemně mletý anorganický materiál. Jakmile se smíchá s vodou, vznikne chemická reakce, která se nazývá hydratace. ^[34] Beton poté začíná tuhnout a tvrdnout. Hmotnostní podíl jednotlivých složek betonu je znázorněn v grafu ^[35] viz. *Graf 1*



Graf 1 – Hmotnostní podíl jednotlivých složek betonu

zdroj: Složení betonu. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z:

<https://www.ebeton.cz/pojmy/slozeni-betonu-slozky-betonu/>

[33] HÁJEK, Petr et al. *Pozemní stavitelství I. pro 1. ročník SPŠ stavebních*. Vyd. 6. Praha: Sobotáles, 2005. ISBN80-86917-12-1, str. 15

[34] Beton - základní pojem. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/beton/>

[35] Složení betonu. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/slozeni-betonu-slozky-betonu/>

Podle způsobu výroby se beton dělí na monolitický a prefabrikovaný. Monolitický beton je beton, který se v tekutém stavu ukládá do bednění přímo na stavbě. V bednění beton ztuhne, ztvrdne a poté se konstrukce nebo prvek odbední.^[36] Výhodou monolitického betonu je, že umožňuje vytvořit konstrukce nebo prvky libovolných tvarů. Mezi nevýhody patří velká staveništní pracnost (pracná výroba bednění), nutné technologické přestávky z důvodu zatvrdnutí betonu a omezení výstavby v zimním období.^[37]

Prefabrikovaný beton se vytváří většinou v továrnách, který se nalije do forem. Po zhutnění a ztvrdnutí se prefabrikované díly převezou na staveniště, kde se smontují dohromady. Nejdůležitější u montovaných konstrukcí je vyřešení styků a spár dílů.^[38] Samozřejmě se v továrnách také vyrábí betonové tvárnice, které mají vysokou pevnost a používají se na základy a opěrné zdi. Výhody jsou rychlá výstavba a menší staveništní pracnost. Nevýhodou mohou být vysoké náklady na přepravu.^[39]

Největší výhody betonu se řadí např. vysoká pevnost v tlaku, libovolné tvarování konstrukcí, dobré spolupůsobení betonu a oceli, velká životnost a trvanlivost materiálu. Mezi nevýhody patří nutnost tepelné izolace obvodových konstrukcí (minimální tepelný odpor), reologické změny betonu (smršťování a dotvarování konstrukčních prvků) a technicky, ekonomicky náročná demontáž a demolice.^[40]

^[36] Monolitický beton. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z:

<https://www.ebeton.cz/pojmy/monoliticky-beton-konstrukce/>

^[37,39,40] HÁJEK, Petr et al. Pozemní stavitelství I. pro 1. ročník SPŠ stavebních. Vyd. 6. Praha: Sobotáles, 2005. ISBN80-86917-12-1, str. 15-16

^[38] Prefabrikovaný beton. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z:

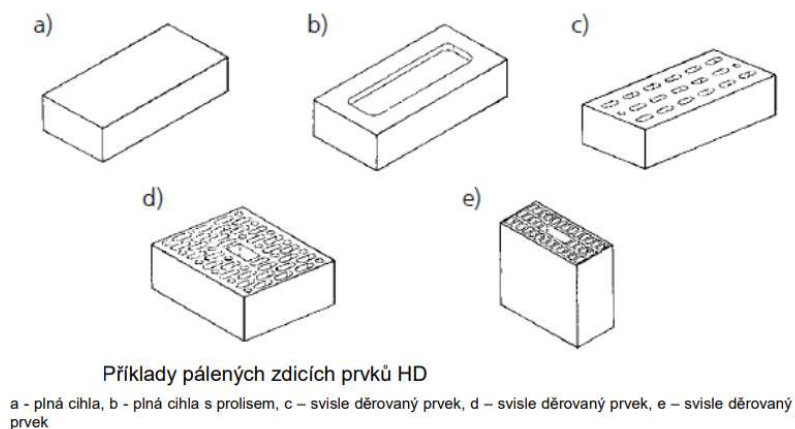
<https://www.ebeton.cz/pojmy/montovana-konstrukce/>

4.2 Keramické materiály

Základní surovinou k výrobě keramiky jsou plastické horniny, které obsahují jílovinu. Zpracování může probíhat za různých vlhkostí směsí. Existují technologické postupy, které pracují s tekutou suspenzí. Poté se výrobky podle potřeby suší, a nakonec vypalují při teplotě přes 1000 °C, kde získají potřebnou pevnost, a vzniká vlastní keramická hmota neboli keramický střepek. Další technologie používají i suchou surovinu, která se jen lisuje.^[41] Ze struktury páleného cihelného střepeku vyplývá, že je schopný přijímat vlhkost a akumulovat teplo. Načervenalou barvu střepeku způsobuje oxid železitý. Stavební keramika se dělí podle druhu keramického střepeku na obkladovou keramiku, cihlářské výrobky, kameninové výrobky, zdravotnickou keramiku a žáruvzdorné výrobky.^[42]

Cihlářské výrobky pro svislé konstrukce patří mezi kusová staviva. K hlavním charakteristikám se řadí vymezení rozměru, tudíž je účelné je rozlišovat. Skladebný rozměr je rozměr skladebného prostoru zdícího prvku s přihlédnutím ke geometrickým parametrům přilehlých spár a mezním odchylkám rozměrů prvku. Jmenovitý rozměr je rozměr zdícího prvku specifikovaný pro jeho výrobce, přičemž odchylky skutečných rozměrů od jmenovitých nesmí být větší než mezní odchylky. Poslední je skutečný rozměr, který se stanoví měřením prvku.^[43]

Norma ČSN EN 771-1 rozeznává dvě skupiny pálených zdících prvků, a to jsou prvky HD a prvky LD. Mezi HD prvky patří pálené zdící prvky určené pro použití v nechráněném zdivu a s objemovou hmotností za sucha větší než 1000 kg·m⁻³, určené pro použití v chráněném zdivu.^[44]



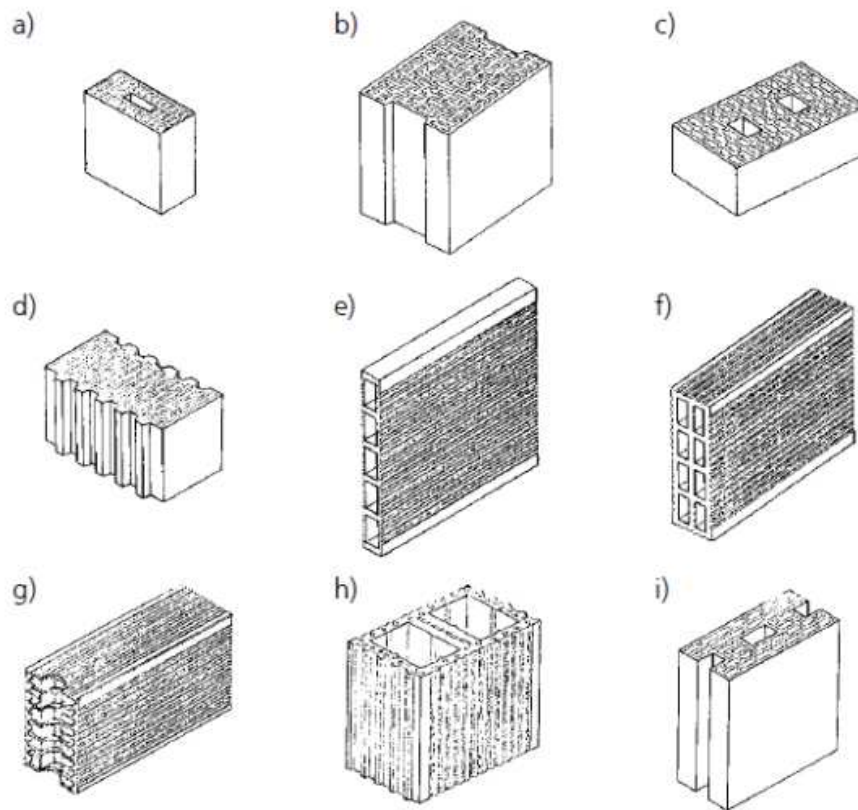
Obrázek 3 – Příklady pálených zdících prvků HD

zdroj: SVOBODA, Luboš.Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 262

[41-42] SVOBODA, Luboš.Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 255

[43-44] SVOBODA, Luboš.Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 261-262

Skupina LD se skládá z pálených zdících prvků s objemovou hmotností za sucha maximálně 1000 kg.m⁻³, určené pro použití v omítaném zdivu.^[45]



Tvar a uspořádání pálených zdících prvků LD

a – svisle děrovaný prvek, b – svisle děrovaný prvek se svislou drážkou, která se vyplňuje maltou (tj. s kapsou na maltu), c – svisle děrovaný prvek s úchytými otvory, d – svisle děrovaný prvek se systémem per a drážek, e – vodorovně (podélně) děrovaný prvek (pro zděné příčky), f – vodorovně (podélně) děrovaný prvek s rýhováním pro zvýšení přídržnosti omítky, g – vodorovně (podélně) děrovaný prvek se svislou drážkou, která se vyplňuje maltou (tj. s kapsou na maltu), h – prvek s kanálky pro výplňový beton nebo výplňovou maltu, i – prvek pro zděné stěnové panely

Obrázek 4 – Příklady pálených zdících prvků LD

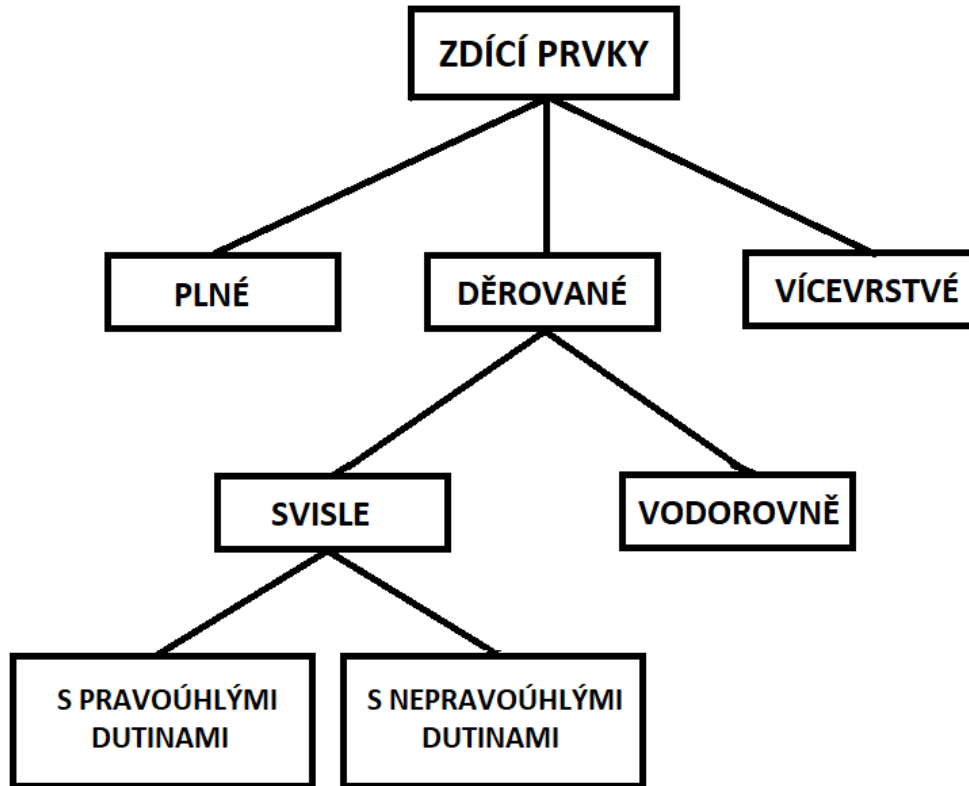
zdroj: SVOBODA, Luboš.Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 263

V normě ČSN EN 771-1 jsou také zmíněné zdící prvky, které mají tvar nepravidelného hranolu a prvky složené z více než jednoho materiálu. Dále definuje funkční vlastnosti, které se stanoví podle příslušných zkušebních metod, souvisejí s rozměrovými tolerancemi, pevností a objemovou hmotností.^[46]

^[45]SVOBODA, Luboš.Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 262-263

^[46]SVOBODA, Luboš.Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 263

Evropské normy rozdělují pálené zdící prvky na prvky plné, děrované a vícevrstvé^[47] viz. Graf 2



Graf 2 – Rozdělení pálených zdících prvků dle evropské normy
zdroj: vlastní, AutoCad 2018

Mezi hlavní výhody keramických zdících prvků patří menší objemová hmotnost než u betonu a kamene, dobrá únosnost v tlaku, velká odolnost proti ohni a dobré tepelně-technické vlastnosti. Největší nevýhody zdících prvků jsou velká pracnost zděných konstrukcí, malá únosnost v tahu a nevhodné pro stavbu výškových staveb.^[48]

[47] SVOBODA, Luboš. Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 263

[48] HÁJEK, Petr et al. Pozemní stavitelství I. pro 1. ročník SPŠ stavebních. Vyd. 6. Praha: Sobotáles, 2005. ISBN 80-86917-12-1, str. 14-15

4.3 Dřevo

Dřevo patří mezi nejstarší konstrukční materiály používané pro výstavbu. V současnosti dřevěné stavby jsou velkým trendem, hlavně při výstavbě rodinných domů, hal a lehkých střešních konstrukcí.^[49] Mezi hlavní důvody se řadí lehkost dřeva, snadná opracovatelnost, dobré izolační vlastnosti, a především dobré vlastnosti pro ochranu životního prostředí. Také se jedná o obnovitelný materiál. Nevýhody dřevěných konstrukcí mohou být možné napadení škůdci (houby, plísně a hmyz), malá odolnost vůči požáru, objemové změny vlivem vlhkosti a malý modul pružnosti. Některým problémům můžeme předejít díky např. povrchovým nátěrům.^[50]

Prvotní třídění dřeva je na základě druhu dřeviny, jedná se o jehličnaté nebo listnaté. Dřevo z jehličnaté dřeviny převládá na české stavbě, jelikož roste rychleji a je lacinější než listnaté. Především se používá smrk, borovice a jedle. Ve stavebnictví se setkáme nejčastěji se třemi jakostními třídami. Do první jakostní třídy patří dřevo, které je zdravé a má malé přirozené vady.^[51] Třetí třída obsahuje řezivo s mnoha přirozenými vadami a může být napadeno škůdci, tudíž se využívá např. na konstrukce bednění. Listnaté dřevo je tvrdší a pevnější. Nejvíce se užívá buk nebo dub.^[52]

Konstrukce dřeva dělíme také z materiálového hlediska na skupiny: konstrukce z hraněného a deskového řeziva, konstrukce lepené z hraněného řeziva a dřevěných lamel a konstrukce na bázi dřevní hmoty (z překližek, z aglomerovaného dřeva).^[53]

Za hraněné řezivo se považuje čtyřstranně řezané řezivo, jehož šířka je maximálně dvojnásobkem tloušťky. Do této skupiny podle plochy průřezu můžeme zařadit hranoly, latě, lišty a hranolky.^[54] Deskové řezivo definujeme jako řezivo, které má šířku větší než dvojnásobek tloušťky. Sem patří fošny, prkna a krajiny. Rozměry nejpoužívanějších řeziv podle příčného průřezu^[55] viz. *Tabulka 2*

Druh	Tloušťka d , případně výška h	Šířka b
Lať	$d \leq 40 \text{ mm}$	$b < 80 \text{ mm}$
Prkno	$d \leq 40 \text{ mm}$	$b \geq 80 \text{ mm}$
Fošna	$d > 40 \text{ mm}$	$b > 3d$
Hranol	$b \leq h \leq 3b$	$b > 40 \text{ mm}$

Tabulka 2 – Rozměry řeziv podle příčného průřezu
zdroj: vlastní, MS Excel 2016

^[49-50]HÁJEK, Petr et al. Pozemní stavitelství I. pro 1. ročník SPŠ stavebních. Vyd. 6. Praha: Sobotáles, 2005. ISBN 80-86917-12-1, str. 11-12

^[51-52]Třídění a kvalita stavebního řeziva. *Drevoastavby.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevoastavby-archiv/stavba%20%20%20drevostavby/konstrukce-drevostaveb/3551-trideni-stavebniho-reziva>

^[53-55]SVOBODA, Luboš. Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 690 - 691

Lepené lamelové dřevo se vyrábí slepením dřevěných lamel s převážně rovnoběžnými vlákny. Buď se lepí z lamel, které mají v průřezu stejnou jakost a dřevinu, nebo z lamel, které mají odlišnou jakost a dřevinu. Lepení je považováno za nejlepší spojení dřeva. Díky vysoké pevnosti se lamelové dřevo používá na nosníky sportovních hal, stadionů a výstavních pavilonů. [56]

Do materiálů na bázi dřeva se zařazují OSB desky, cementotřískové desky a překližky. Materiály na bázi dřeva vznikají rozdělením dřevní hmoty na menší částice a poté se spojí. Výsledný produkt může mít lepší vlastnosti než dřevo, ze kterého byl vyroben. Výhodou materiálů je vysoce efektivní využití dřevní hmoty. [57]

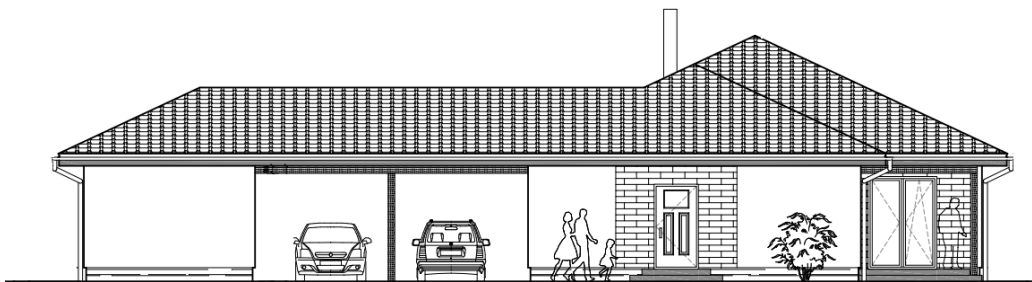
5. Popis rodinného domu

Údaje o stavbě rodinného domu: [58]

- Zastavěná plocha RD (včetně parkovacího stání a kryté části terasy):	247 m ²
- Zpevněné plochy:	46 m ²
- Užitná plocha RD (bez krytého parkovacího stání a kryté části terasy):	162,20 m ²
- Obytná plocha RD:	110,92 m ²
- Obestavěný prostor:	1100 m ³
- Výměra pozemku:	2501 m ²

5.1 Obecný popis domu

Jedná se o jednopodlažní rodinný dům, kde se nachází bytová jednotka o velikosti 5+KK pro trvalý pobyt 4-5 osob. Rodinný dům je ve tvaru písmene „L“ o maximálních rozměrech 22,24 m X 18,24 m, nepodsklepený a bez obytného podkroví s valbovou střechou. V objektu se také nachází kryté parkovací stání, terasa a sklad. [59]



Obrázek 5 – Pohled SZ

zdroj: Dokumentace pro provedení stavby

[56-57] SVOBODA, Luboš. Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1, str. 692-693

[56-57] BERAN, Martin. Souhrnná technická zpráva: Celkový popis stavby. Řepeč, 2019, str. 7

5.2 Základy

Založení spodní části rodinného domu je navrženo na základových pasech z prostého betonu třídy C 12/15 o rozměrech 600 mm x 690 mm. Horní část základových pasů bude tvořena z tvárnic ztraceného bednění o výšce 250 mm a vyplněna betonem stejné třídy. Pod podkladní betonovou deskou provedenou z betonu třídy C 16/20 s KARI sítí 6/150 x 6/150 mm tloušťky 150 mm se provede šterkopískový podsyp tl. 250 mm. ^[60]

5.3 Svislé konstrukce

Nad vodorovnou hydroizolační a protiradonovou vrstvou bude vyžděno nosné a obvodové zdivo z pórobetonových tvárnic Ytong (P3 – 450) tl. 300 mm na zdící maltu Ytong. Příčky jsou navrženy z pórobetonových tvárnic Ytong (P2 – 500) tl. 100 mm. Překlady nad otvory v obvodových stěnách tvoří železobetonové monolitické překlady, které jsou součástí ztužujících pozedních věnců o rozměru 300/250 mm z betonu třídy C 20/25 s vyztužením. Překlady v příčkách budou vytvořeny pomocí systémových překladů Ytong NEP. ^[61]

5.4 Vodorovné konstrukce

Vodorovnou nosnou konstrukci nad přízemím rodinného domu jsou spodní pásy střešních vazníků, na které bude proveden zavěšený zateplený SDK podhled s požární odolností. V místnostech s vlhkým provozem (koupelna, WC) sádkarton určený do vlhkého prostředí. Stropní konstrukce bude zateplena pásy z minerálních vláken Orsik v celkové tl. 300 mm mezi střešními vazníky. ^[62]

5.5 Střešní konstrukce

Tvar střešní konstrukce rodinného domu je valbový se sklonem 25°. Krov je navržen příhradovými sponkovanými vazníky. Krytinu tvoří betonové pálené střešní tašky kladené na dřevěné latě 60/40 mm. Laťování na kontralatích bude provedeno cca po 300 mm. Na krokách bude na celé ploše střechy upevněna pomocí kontralatí 30/50 mm pojistná folie. ^[63]

5.6 Výplně otvorů

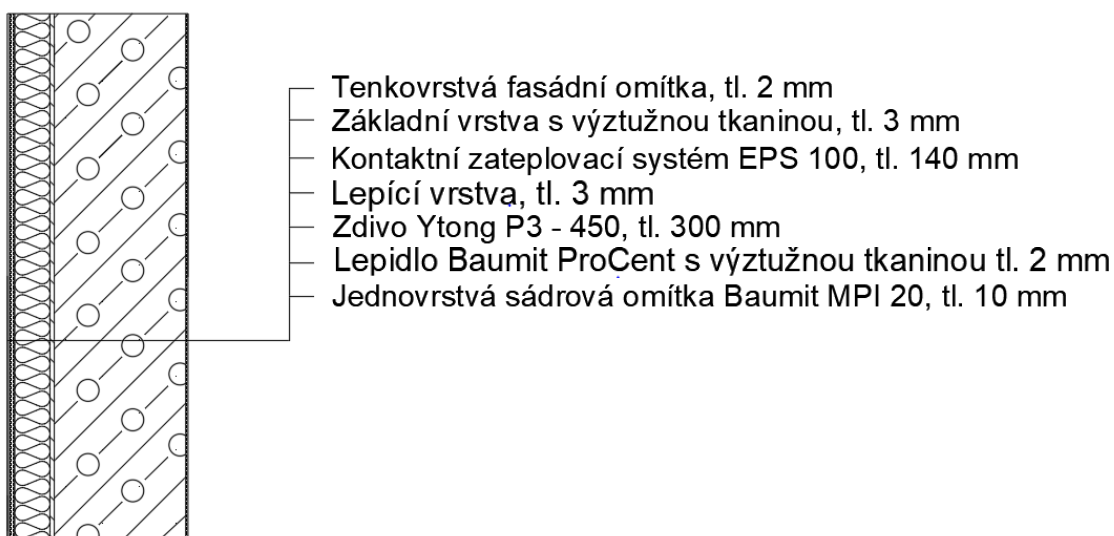
Výplně okenních a vnějších dveřních otvorů jsou plastové. Pětikomorový profil bílé barvy z tvrzeného PVC je vyztužen v rámech a křídlech pozinkovanou ocelí. Zasklení je provedeno izolačním trojsklem s koeficientem tepelného prostupu $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kování je celoobvodové v bezpečnostním provedení. ^[63]

^[56-57]BERAN, Martin. Technická zpráva: Architektonicko stavební řešení. Řepeč, 2019, str. 1-4

6. YTONG

Značka pórobetonu Ytong zastupuje v České republice společnost Xella CZ. Roční objem produkce stavebního materiálu Ytong dosahuje v ČR téměř 1 mil. m³, což společnost Xella CZ řadí mezi největší distributory na českém trhu s pórobetonem.^[64] Výrobky značky Ytong jsou vyrobeny z vápna, písku, cementu a vody. Kompletní stavební systém Ytong nabízí ucelené řešení celé hrubé stavby i jejích povrchových úprav. Kromě obvodového zdiva a příček zahrnuje systém Ytong také překlady, schodišťové stupně, stropy, střechy a omítky.^[65]

Skladba obvodové stěny z nosných tvárnic Ytong:



Obrázek 6 – Skladba obvodové stěny z nosných tvárnic Ytong
zdroj: vlastní – AutoCad 2018

6.1 Ytong Univerzal 300

Na obvodové nosné stěny budou použity tvárnice Ytong Univerzal 300 PDK. Velkou výhodou jsou stejné technické vlastnosti ve všech směrech a rychlé zdění bez odpadu. Zdění probíhá na tenké maltové lože tl. 3 mm. U hladkých tvárnic se malta nanáší stejným způsobem i na svislou stěnu tvárnic.^[66]

^[64-65] Xella v České republice. *Xella.cz* [online]. ©2015 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.xella.cz/cs_CZ/o-nas

^[66] Ytong Univerzal 300. *Xella.cz* [online]. ©2015 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.xella.cz/cs_CZ/product/ytong-univerzal-300/20000993

Základní technické vlastnosti: [67]

- rozměry (d/š/v): 599 x 300 x 249 mm
- spotřeba na m²: 6,7 ks/m²
- hmotnost: 27,73 kg/ks
- U: 0,362 W/m²K

Překlady nad otvory v obvodových stěnách tvoří železobetonové monolitické překlady, které jsou součástí ztužujících pozdních věnců o rozměru 300/250 mm z betonu třídy C 20/25 s vyztužením.

6.2 Tepelně – izolační vlastnosti skladby

Z technických vlastností tvárníc vyplývá, že samotné zdivo nespĺňuje požadavky pro součinitel prostupu tepla konstrukcí a bude nutné je zateplit. Na zateplení rodinného domu bude použita tepelná izolace ISOVER EPS 100. Při výpočtu tloušťky tepelné izolace v programu Teplo 2017 EDU viz. *Obrázek 7* je navržena, že hodnota prostupu tepla souvrstvím bude maximálně $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tím pádem tloušťka tepelné izolace je 140 mm.

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

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

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Císlo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Baumit MPI 20	0,0100	0,6000	1000,0	1100,0	10,0	0.0000
2	Ytong P3-450	0,3000	0,1100	1000,0	550,0	7,0	0.0000
3	Baumit ProCont	0,0050	0,8000	920,0	1400,0	18,0	0.0000
4	Isover EPS 100	0,1400	0,0370	1270,0	21,0	50,0	0.0000
5	Baumit lep. st	0,0030	0,8000	920,0	1300,0	50,0	0.0000
6	Baumit silikát	0,0020	0,7000	920,0	1800,0	40,0	0.0000

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.541 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.149 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostu vyjádřenou přibližnou prirážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v CSN 730540-4.

Bilance zkondenzované a vyparené vodní páry podle EN ISO 13788:

Rocní cyklus c. 1

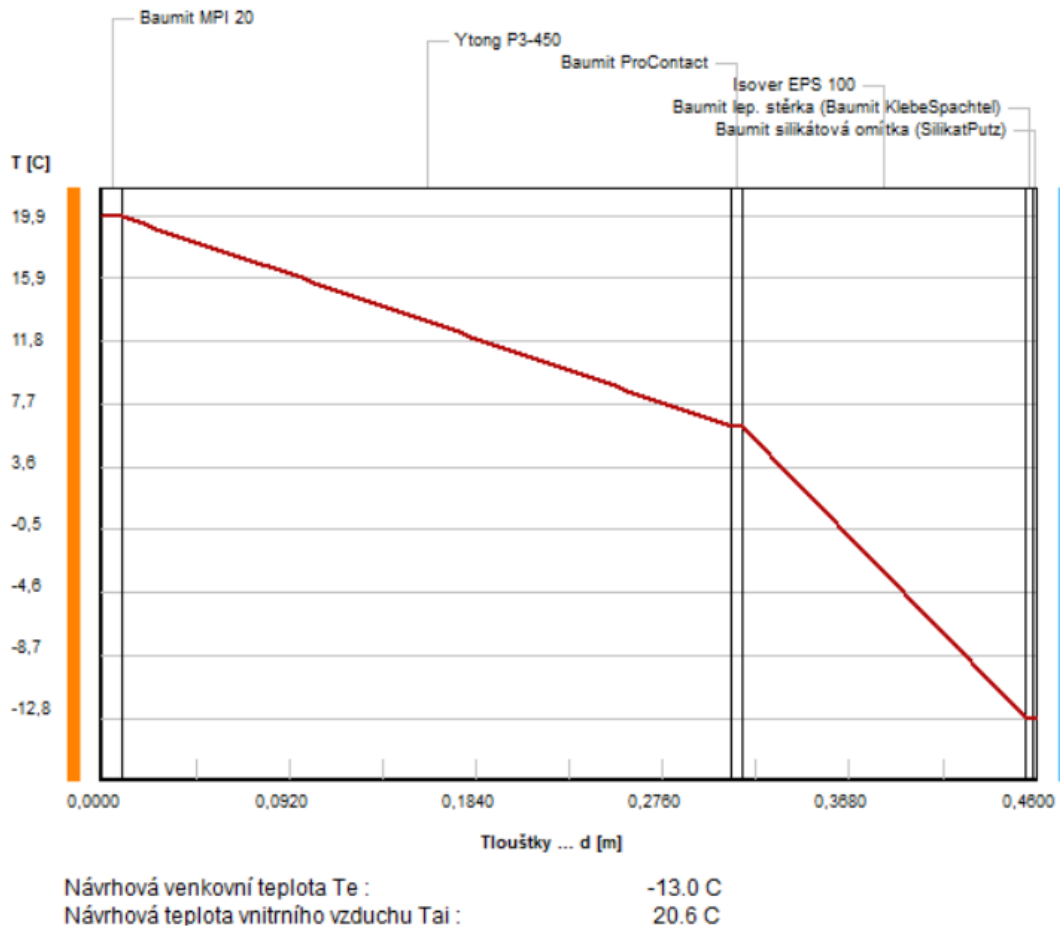
V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Obrázek 7 – Skladba a výsledky konstrukce Ytong
zdroj: vlastní – Teplo 2017 EDU

[67] Ytong Univerzal 300. Xella.cz [online]. ©2015 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.xella.cz/cs_CZ/product/ytong-univerzal-300/20000993

Rozložení teplot v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle CSN 730540



Obrázek 8 – Rozložení teplot v konstrukci Ytong
 zdroj: vlastní – Teplo 2017 EDU

6.3 Agregovaná položka skladby 1 m² - Ytong Univerzal 300

Název položky	Výkaz výměr	Jednotková cena (Kč/m ²)	Pracnost (Nh/m ²)	Hmotnost (t/m ²)
Jednonásobné bílé malby v místnostech v do 3,80 m	1 m ² x 36,100	36,100	0,053	0,00013
Základní penetrace podkladu v místnostech v do 3,80 m	1 m ² x 17,700	17,700	0,033	0,00020
Sádrová stěrka vnitřních stěn tl. 3 mm	1 m ² x 170,000	170,000	0,258	0,00391
Penetrační disperzní nátěr	1 m ² x 56,700	56,700	0,082	0,00026
Cementový postřík vnitřních stěn nanášený celoplošně strojně	1 m ² x 50,700	50,700	0,800	0,00494
Potažení vnitřních stěn sklovláknitým pletivem	1 m ² x 236,000	236,000	0,360	0,00438
Zdivo nosné z tvárnic Ytong Univerzal tl. 300 mm na maltu	1 m ² x 1 365,870	1 365,870	0,661	0,16630
Montáž kontaktního zateplení tl. 140 mm	1 m ² x 796,000	794,000	1,060	0,00860
Deska EPS 100 fasádní tl. 140 mm	1,05 m ² x 311,000	326,550	-	0,00322
Cementový postřík vnějších stěn nanášený celoplošně strojně	1 m ² x 39,400	39,400	0,037	0,004940
Potažení vnějších stěn sklovláknitým pletivem	1 m ² x 225,000	225,000	0,330	0,004380
Tenkovrstvá silikátová omítka 2,0 mm	1 m ² x 360,000	360,000	0,245	0,00338
Montáž lešení řadového rámového	1 m ² x 51,900	51,900	0,110	-
Příplatek k lešení (20 dní)	1 m ² x 20 dní	1,920	-	-
Demontáž lešení řadového rámového	1 m ² x 31,600	31,600	0,069	-
Lešení pomocné	0,672 m ² x 54,500	36,624	0,105	0,00013
		-	-	0,20477
Přesun hmot – celkem	0,2047 t/m ² x 318,0	65,117	0,205	0,20477
CELKEM		3 865	4,408	0,20477

Tabulka 3 – Agregovaná položka skladby – Ytong Univerzal 300

zdroj: vlastní

Další oceněný soupis prací, který není obsažen v agregované položce, ale je součástí nákladů na obvodovou stěnu. Přičítá se jako celek. Viz příloha č. 1.

Věvec:

Název položky	Cena (Kč)	Pracnost (Nh)	Hmotnost (t)
Beton – C 20/25	35 388,60	14,683	24,87700
Bednění – zřízení	44 856,00	80,634	0,61500
Bednění – odstranění	10 126,64	27,768	-
Výztuž – B500B	41 928,70	23,269	0,85400
Přesun hmot – celkem	8 378,03	21,920	26,34600
CELKEM	140 678	168,274	26,34600

Tabulka 4 – Věvec
zdroj: vlastní

Práce spojené s KZS:

Název položky	Cena (Kč)	Pracnost (Nh)	Hmotnost (t)
Montáž profilů kontaktního zateplení	24 834,850	44,977	0,00600
Rohová lišta	8 041,900	-	0,01800
Nadpražní lišta			
Parapetní lišta			
Ostění lišta			
Zakládací lišta			
Přesun hmot - celkem	7,632	0,020	0,02400
CELKEM	32 884	44,997	0,02400

Tabulka 5 – KZS
zdroj: vlastní

Celkový náklad (ZRN bez DPH) a pracnost:

Plocha nosného zdiva: 155,417 m²

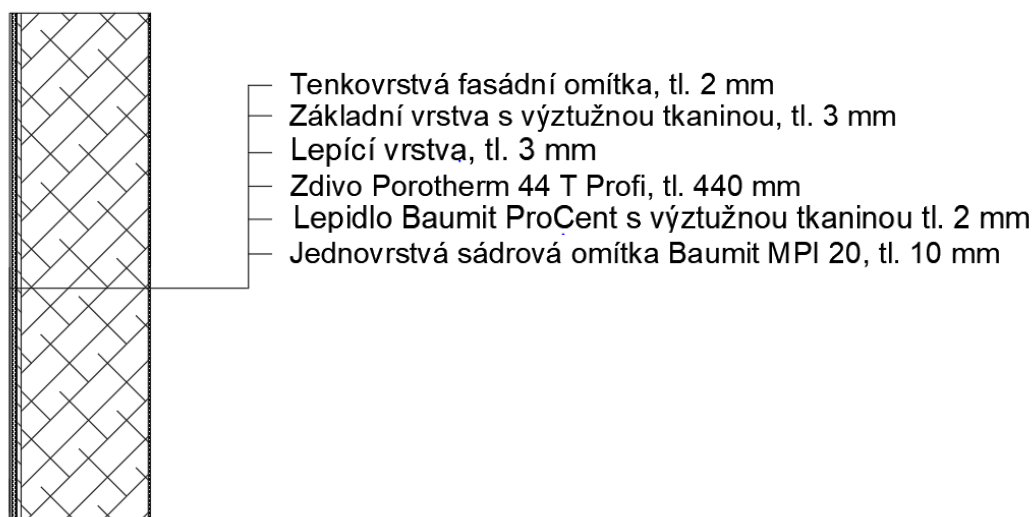
Náklad: (155,417x3 865) + 140 678 + 32 884 = **774 248 Kč**

Pracnost: (155,417x4,408) + 168,274 + 44,997 = **898,349 Nh**

7. Porotherm

Keramické zdící prvky Porotherm jsou produktem nadnárodní společnosti Wienerberger, s.r.o, která představuje největšího výrobce cihel. Kromě keramických tvárnic se firma také zabývá výrobou keramických překladů, stropních systémů, střešních tašek a dalších produktů z keramiky. ^[68]

Skladba obvodové stěny z nosných cihel Porotherm:



Obrázek 9 – Skladba obvodové stěny z nosných cihel Porotherm
zdroj: vlastní – AutoCad 2018

7.1 Porotherm 44 T Profi

Druhou variantou nosného obvodového zdiva jsou cihelné bloky Porotherm 44 T Profi. Obecně keramické tvárnice Porotherm mají větší rozměry než tradiční plné cihly, což umožňuje rychlejší zdění s nižší spotřebou malty. Také obsahují dutiny, které snižují hmotnost tvárnice a jsou v tomto typu vyplněny hydrofobizovanou minerální vatou. Díky tomu není nutné doplňovat stěnu tepelnou izolací, jelikož splňuje podmínky uvedené v normě. Vhodné pro stavbu pasivních domů. ^[69]

^[68] O společnosti Wienerberger. Wienerberger.cz [online]. ©2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/o-nas.html>

^[69] Porotherm 44 T Profi. Wienerberger.cz [online]. ©2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty/cihly/porotherm-44-t-profi.html>

Základní technické vlastnosti:

- rozměry (d/š/v): 248 x 440 x 249 mm
- spotřeba na m²: 16 ks/m²
- hmotnost: 18,4 kg/ks
- U: 0,14 W/m²K

Překlady nad otvory v obvodových stěnách tvoří železobetonové monolitické překlady, které jsou součástí ztužujících pozdních věnců o rozměru 300/250 mm z betonu třídy C 20/25 s vyztužením.

7.2 Tepelně – izolační vlastnosti skladby

Z výše uvedených údajů cihelných bloků vyplývá, že samotné zdivo splňuje požadavky pro součinitel prostupu tepla konstrukcí a nebude nutné je zateplit. Hodnota prostupu tepla skladby zdiva bude ještě menší než na začátku zvolené kritérium $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Součinitel celkové skladby má hodnotu $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ viz. *Obrázek 10*. Celková tloušťka obvodové konstrukce po zateplení je 460 mm.

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

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

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Císlo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Baumit MPI 20	0,0100	0,6000	1000,0	1100,0	10,0	0.0000
2	Porotherm 44 T	0,4400	0,0670	1000,0	680,0	10,0	0.0000
3	Baumit ProCont	0,0050	0,8000	920,0	1400,0	18,0	0.0000
4	Baumit lepící	0,0030	0,8000	920,0	1300,0	50,0	0.0000
5	Baumit silikát	0,0020	0,7000	900,0	1600,0	50,0	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.

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.597 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.148 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostu vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v CSN 730540-4.

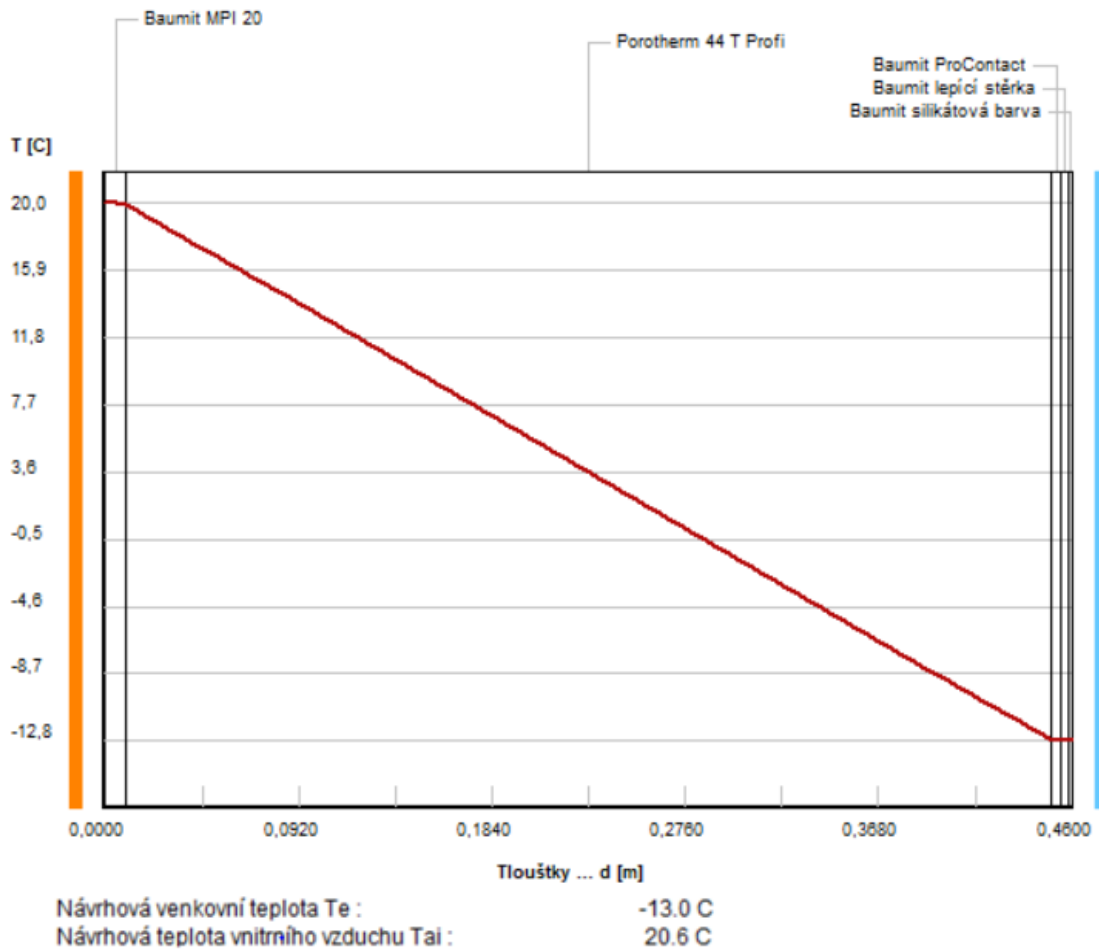
Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Rocní cyklus c. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Obrázek 10 – Skladba a výsledky konstrukce Porotherm
zdroj: vlastní – Teplo 2017 EDU

Rozložení teplot v typickém místě konstrukce
 Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle CSN 730540



Obrázek 11 – Rozložení teplot v konstrukci Porothem
 zdroj: vlastní – Teplo 2017 EDU

7.3 Agregovaná položka skladby 1m² - Porotherm 44 T Profi

Název položky	Výkaz výměr	Jednotková cena (Kč/m ²)	Pracnost (Nh/m ²)	Hmotnost (t/m ²)
Jednonásobné bílé malby v místnostech v do 3,80 m	1 m ² x 36,100	36,100	0,053	0,000130
Základní penetrace podkladu v místnostech v do 3,80 m	1 m ² x 17,700	17,700	0,033	0,000200
Sádrová stěrka vnitřních stěn tl. 3mm	1 m ² x 170,000	170,000	0,258	0,003910
Penetrační disperzní nátěr	1 m ² x 56,700	56,700	0,082	0,000260
Cementový postřík vnitřních stěn nanášený celoplošně strojně	1 m ² x 50,700	50,700	0,800	0,004940
Potažení vnitřních stěn sklovláknitým pletivem	1 m ² x 236,000	236,000	0,360	0,004380
Zdivo jednovrstvé tepelně izolační z cihel broušených Porotherm 44 T Profi	1 m ² x 2 700,000	2 700,000	1,090	0,309620
Cementový postřík vnějších stěn nanášený celoplošně strojně	1 m ² x 39,400	39,400	0,037	0,004940
Potažení vnějších stěn sklovláknitým pletivem	1 m ² x 225,000	225,000	0,330	0,004380
Tenkovrstvá silikátová omítka 2,0 mm	1 m ² x 360,000	360,000	0,245	0,003380
Montáž lešení řadového rámového	1 m ² x 51,900	51,900	0,110	-
Příplatek k lešení (20 dní)	1 m ² x 20 dní	1,920	-	-
Demontáž lešení řadového rámového	1 m ² x 31,600	31,600	0,069	-
Lešení pomocné	0,672 m ² x 54,500	54,500	0,105	0,000130
	-	-	-	0,336270
Přesun hmot – celkem	0,336 t/m ² x 318,000	106,934	0,336	0,336270
CELKEM		4 138	3,908	0,336270

Tabulka 6 – Agregovaná položka skladby – Porotherm 44 T Profi

zdroj: vlastní

Další oceněný soupis prací, který není obsažen v agregované položce, ale je součástí nákladů na obvodovou stěnu. Přičítá se jako celek. Viz příloha č. 2.

Věnec:

Název položky	Cena (Kč)	Pracnost (Nh)	Hmotnost (t)
Železobeton C 20/25	35 388,60	14,683	24,87700
Bednění – zřízení	44 856,00	80,634	0,61500
Bednění – odstranění	10 126,64	27,768	-
Výztuž – B500B	41 928,70	23,269	0,85400
Přesun hmot – celkem	8 378,03	21,920	26,34600
CELKEM	140 678	168,274	26,34600

Tabulka 7 – Věnec
zdroj: vlastní

Celkový náklad (ZRN bez DPH) a pracnost:

Plocha nosného zdiva: 155,417 m²

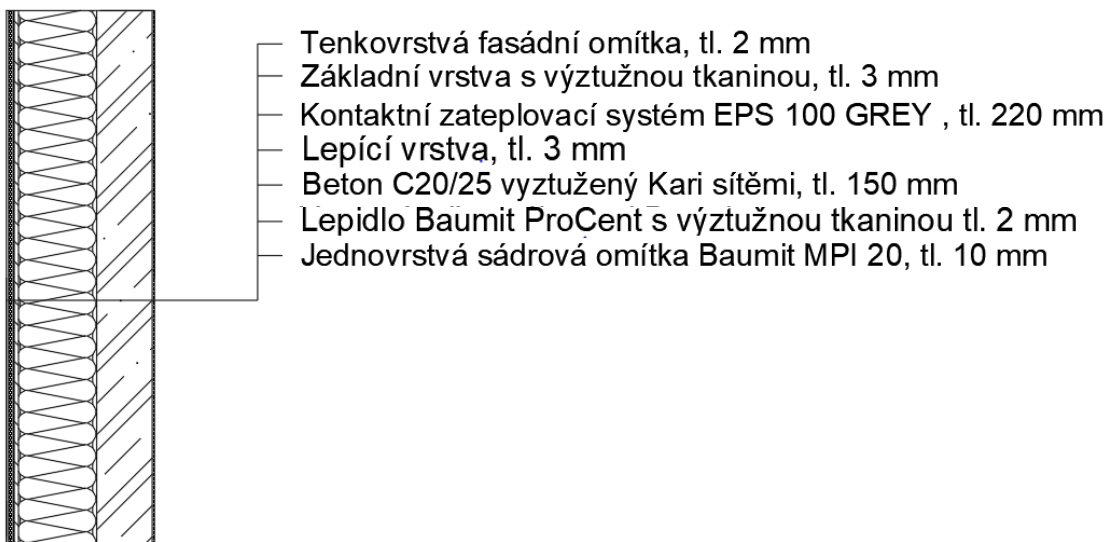
Náklad: $(155,417 \times 4 138) + 140 678 = \underline{783 794 \text{ Kč}}$

Pracnost: $(155,417 \times 3,908) + 168,274 = \underline{775,644 \text{ Nh}}$

8. Železobeton

Beton vykazuje značnou pevnost v tlaku a stabilitu, tudíž umožňuje navrhnout velmi malou tloušťku stěny z prostého betonu nebo železobetonu. Běžný beton není tepelně izolačním materiálem, proto je potřeba doizolovat. U pasivních domů je tloušťka velmi důležitá, jelikož obvodový plášť musí zajistit dostatečnou tepelně-izolační funkci při co nejmenší celkové tloušťce obvodové stěny.^[70]

Skladba obvodové stěny z monolitického železobetonu:



Obrázek 12 – Skladba obvodové stěny ze železobetonu
zdroj: vlastní – AutoCad 2018

8.1 Železobeton

Další variantou nosné části obvodové stěny bude z betonu monolitického třídy C20/25, který je vyztužen betonářskými sítěmi. Betonářské sítě se použijí z obou stran povrchů, z důvodu zajištění dokonalého probetonování. Také je důležité zvolení bednění a dodržení technologického postupu.^[71]

Překlady nad otvory v obvodových stěnách tvoří železobetonové monolitické překlady, které jsou součástí ztužujících pozedních věnců o rozměru 150/250 mm z betonu třídy C 20/25 s vyztužením.

^[70-71] Železobeton. Pasivnidomy.cz [online]. ©2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z:
<https://www.pasivnidomy.cz/nosne-konstrukce-pasivnich-domu-mohou-byt-i-z-betonu/t681>

8.2 Tepelně – izolační vlastnosti skladby

Mezi hlavní nevýhody betonu patří špatné tepelné – izolační vlastnosti, proto je velmi zásadní zvolit správný tepelně – izolační materiál. V této skladbě byly navrženy desky Isover EPS Grey 100. Jedná se o desky z pěnového polystyrenu se zvýšeným izolačním účinkem. Základním kritériem, které bylo zvoleno na začátku práce, že hodnota prostupu tepla souvrstvím bude maximálně $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Po výpočtu v programu Teplo 2017 EDU viz. Obrázek 13 vyšla tloušťka tepelné izolace 200 mm. Celková tloušťka skladby svislé obvodové konstrukce je 370 mm.

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

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

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Císlo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Baumit MPI 20	0,0100	0,6000	1000,0	1100,0	10,0	0.0000
2	Železobeton 1	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
3	Baumit ProCont	0,0050	0,8000	920,0	1400,0	18,0	0.0000
4	Isover EPS Gre	0,2000	0,0310	1270,0	20,0	50,0	0.0000
5	Baumit lep. st	0,0030	0,8000	920,0	1400,0	18,0	0.0000
6	Baumit silikát	0,0020	0,7000	900,0	1600,0	50,0	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.

VÝSLEDKY VÝPOCTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.586 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.148 W/m2K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m2K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostu vyjádřenou přibližnou prirážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v CSN 730540-4.

Bilance zkondenzované a vyparené vodní páry podle EN ISO 13788:

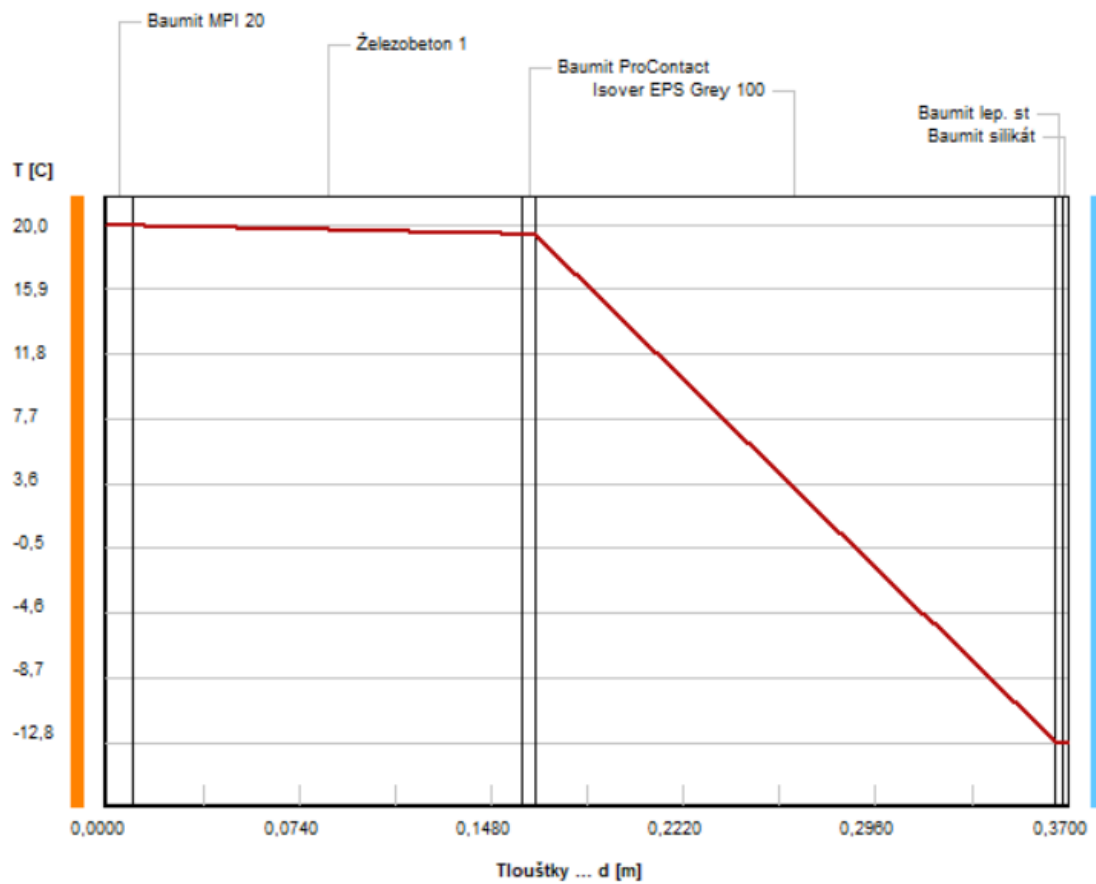
Rocní cyklus c. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Obrázek 13 – Skladba a výsledky konstrukce železobeton
zdroj: vlastní – Teplo 2017 EDU

Rozložení teplot v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle CSN 730540



Návrhová venkovní teplota T_e : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20.6 C

Obrázek 14 – Rozložení teplot v konstrukci železobeton
 zdroj: vlastní – Teplo 2017 EDU

8.3 Agregovaná položka skladby 1 m² – Železobeton

Název položky	Výkaz výměr	Jednotková cena (Kč/m ²)	Pracnost (Nh/m ²)	Hmotnost (t/m ²)
Jednonásobné bílé malby v místnostech v do 3,80 m	1 m ² x 36,100	36,100	0,053	0,000130
Základní penetrace podkladu v místnostech v do 3,80 m	1 m ² x 17,700	17,700	0,033	0,000200
Sádrová stěrka vnitřních stěn tl. 3 mm	1 m ² x 170,000	170,000	0,258	0,003910
Penetrační disperzní nátěr	1 m ² x 56,700	56,700	0,082	0,000260
Cementový postřik vnitřních stěn nanášený celoplošně strojně	1 m ² x 50,700	50,700	0,800	0,004940
Potažení vnitřních stěn sklovláknitým pletivem	1 m ² x 236,000	236,000	0,360	0,004380
Nosná zeď ze ŽB tř. C 20/25 bez výztuže	0,15 m ³ /1 m ² x 3 420,0	513,000	0,180	0,367990
Výztuž nosných zdí svařovanými sítěmi Kari	0,007667 t/m ² x 47 900	367,249	0,117	0,007667
Zřízení oboustranného bednění nosných zdí	1 m ² x 462,000	462,000	0,499	0,002750
Odstranění oboustranného bednění nosných zdí	1 m ² x 124,000	124,000	0,170	-
Montáž kontaktního zateplení tl. 200 mm	1 m ² x 905,000	905,000	1,100	0,008760
Deska EPS 100 Grey fasádní tl. 200 mm	1,05 m ² x 798,320	838,236	-	0,003000
Tenkovrstvá silikátová omítka 2,0 mm	1 m ² x 360,000	360,000	0,245	0,003380
Montáž lešení řadového rámového	1 m ² x 51,900	51,900	0,110	-
Příplatek k lešení (20 dní)	1 m ² x 20 dní	1,920	-	-
Demontáž lešení řadového rámového	1 m ² x 31,600	31,600	0,069	-
Lešení pomocné	0,672 m ² x 54,500	54,500	0,105	0,000130
		-	-	0,407497
Přesun hmot – celkem	0,4075 t/m ² x 318,000	129,584	0,407	0,407497
CELKEM		4 406	4,588	0,407497

Tabulka 8 – Agregovaná položka skladby – Železobeton
zdroj: vlastní

Další oceněný soupis prací, který není obsažen v agregované položce, ale je součástí nákladů na obvodovou stěnu. Přičítá se jako celek. Viz příloha č. 3.

Věvec:

Název položky	Cena (Kč)	Pracnost (Nh)	Hmotnost (t)
Železobeton – C 20/25	17 694,300	7,342	12,4385
Bednění – zřízení	44 856,000	80,634	0,615
Bednění – odstranění	10 126,640	27,768	-
Výztuž – B500B	20 964,350	11,635	0,427
Přesun hmot – celkem	4 286,799	11,216	13,4805
CELKEM	97 928,089	138,594	13,4805

Tabulka 9 – Věvec
zdroj: vlastní

Práce spojené s KZS:

Název položky	Cena (Kč)	Pracnost (Nh)	Hmotnost (t)
Montáž profilů kontaktního zateplení	24 834,850	44,977	0,00600
Rohová lišta	8 041,900	-	0,01800
Nadpražní lišta			
Parapetní lišta			
Ostění lišta			
Zakládací lišta			
Přesun hmot – celkem	7,632	0,020	0,02400
CELKEM	32 884	44,997	0,02400

Tabulka 10 – KZS
zdroj: vlastní

Celkový náklad (ZRN bez DPH) a pracnost:

Plocha nosného zdiva: 155,417 m²

Náklad: (155,417x4 406) + 97 928 + 32 884 = **815 579 Kč**

Pracnost: (155,417x4,588) + 138,594 + 44,997 = **896,6429 Nh**

9. Sendvičová konstrukce Atrium

Česká firma Atrium, která se zabývá výstavbou dřevostaveb rodinných domů, byla založena roku 1993 v Horažďovicích. Společnost realizuje projekty ze svého katalogu nebo na míru. [72] Stěny domů jsou vyrobené pomocí sendvičové konstrukce, která se zhotovuje ve výrobních halách a poté se přepravuje na stavbu, kde probíhá její montáž. Konstrukce využívá difuzně otevřený konstrukční systém Difutech, který plní funkci nejen v zimním, ale také v letním období, kdy pomáhá zabraňovat letnímu přehřívání domu. Difuze vodních par konstrukcí přispívá k vytvoření příjemného klimatu v interiéru. [73]

Skladba obvodové stěny ze sendvičové konstrukce:



Obrázek 15 – Skladba obvodové stěny ze sendvičové konstrukce

zdroj: Sendvičová konstrukce. Atrium.cz [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z:

<https://www.atrium.cz/vse-o-drevostavbe-rezy-domem/>

9.1 Sendvičová konstrukce

Poslední variantou nosné obvodové stěny jsou sendvičové panely, které mají nosnou konstrukci z hranolků ze smrkového dřeva. První vrstvu z exteriéru tvoří difuzně otevřený omítkový systém, který umožňuje průchod vodních par z interiéru ven a opačně zabraňuje vstupu vlhkosti do konstrukce. V místě mezi nosnou konstrukcí se nachází tepelněizolační deskou PURE ONE tl. 140 mm, která je z jedné strany zaklopena dřevovláknitou deskou a z druhé strany parobrzdnou deskou. Instalační a izolační předstěna figuruje jako základní prvek ve skladbě, kterou zakrývá sádrovláknitá deska Fermacell tl. 15 mm. Zakoňující vrstvou bude bílý nátěr. [74]

[72] Sendvičová konstrukce. Atrium.cz [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.atrium.cz/o-nas/>

[73-74] Sendvičová konstrukce. Atrium.cz [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.atrium.cz/vse-o-drevostavbe-rezy-domem/>

9.2 Tepelně – izolační vlastnosti souvrství

Jelikož celková tloušťka tepelněizolační vrstvy přesahuje 200 mm, má sendvičová konstrukce velmi dobrý součinitel prostupu tepla, který se blíží hodnotě $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tudíž splňuje zadané kritérium, že hodnota skladby nosné obvodové stěny musí být maximálně $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Celá skladba má tloušťku 336 mm.

9.3 Agregovaná položka skladby 1m^2 - Sendvičová konstrukce

Název položky	Výkaz výměr	Jednotková cena (Kč/m ²)	Pracnost (Nh/m ²)	Hmotnost (t/m ²)
Jednonásobné bílé malby v místnostech v do 3,80 m	1 m ² x 36,100	36,100	0,053	0,000130
Základní penetrace podkladu v místnostech v do 3,80 m	1 m ² x 17,700	17,700	0,033	0,000200
Sklovláknitá stěna předsazená tl. 75 mm s izolací 60 mm	1 m ² x 858,000	858,000	0,892	0,023410
Parobrzdná deska tl. 12,5 mm	1 m ² x 697,860	697,860	0,859	0,034140
Dřevovláknitá deska 100mm	1 m ² x 750,310	750,310	0,859	0,031800
Montáž dřevostaveb stěn tl. 140 mm	1 m ² x 554,000	554,000	0,884	-
Stěna obvodová tl. 140 mm s termofasádou	1 m ² x 2 470,000	2 470,000	-	0,053500
Cementový postřík vnějších stěn nanášený celoplošně strojně	1 m ² x 39,400	39,400	0,037	0,004940
Potažení vnějších stěn sklovláknitým pletivem	1 m ² x 225,000	225,000	0,330	0,004380
Tenkvrstvá silikátová omítka 2,0 mm	1 m ² x 360,000	360,000	0,245	0,003380
Montáž lešení řadového rámového	1 m ² x 51,900	51,900	0,110	-
Příplatek k lešení (20 dní)	1 m ² x 20 dní	1,920	-	-
Demontáž lešení řadového rámového	1 m ² x 31,600	31,600	0,069	-
Lešení pomocné	0,672 m ² x 54,500	54,500	0,105	0,000130
	-	-	-	0,156010
Přesun hmot – celkem	0,1560 t/m ² x 1080,000	168,491	0,156	0,156010
CELKEM		6 317	4,632	0,156010

Tabulka 11 – Agregovaná položka skladby – Sendvičová konstrukce
zdroj: vlastní

Celkový náklad (ZRN bez DPH) a pracnost:

Plocha nosného zdiva: 155,417 + 3,73 (plocha věnce, který u sendvičů není) = 159,147 m²

Náklad: 159,147 * 6 317 = **1 005 332 Kč**

Pracnost: 159,147 * 4,632 = **737,169Nh**

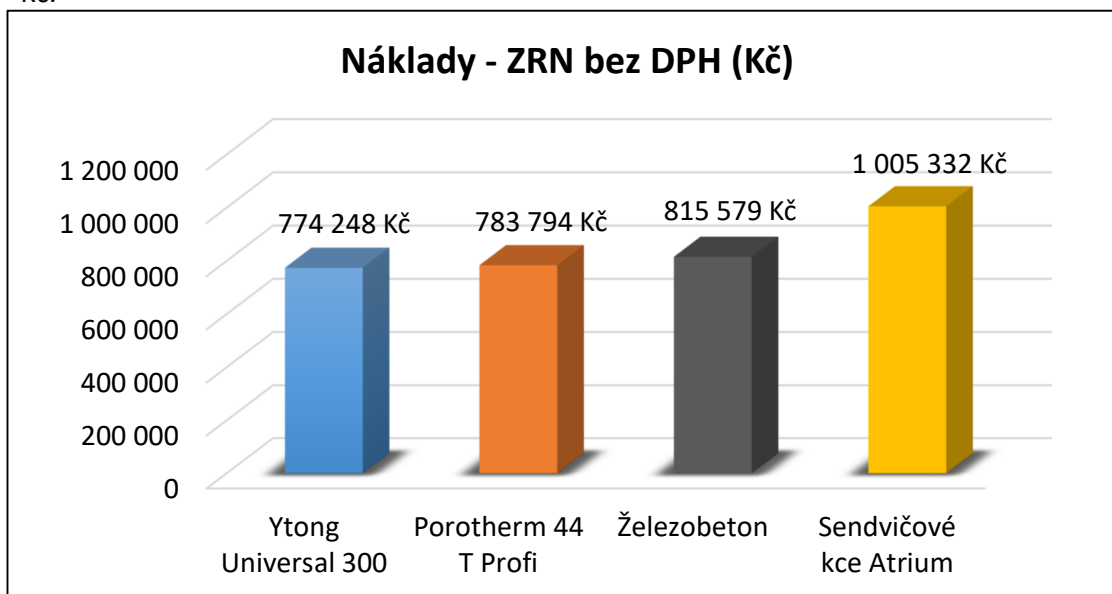
10. Vyhodnocení

10.1 Porovnání systémů

Konstrukce	Náklady – ZRN bez DPH (Kč)	Celková tloušťka (mm)	Pracnost (Nh)
Ytong Universal 300	774 248	460	898,349
Porotherm 44 T Profi	783 794	460	775,644
Železobeton	815 579	370	896,6429
Sendvičové kce Atrium	1 005 332	336	737,169

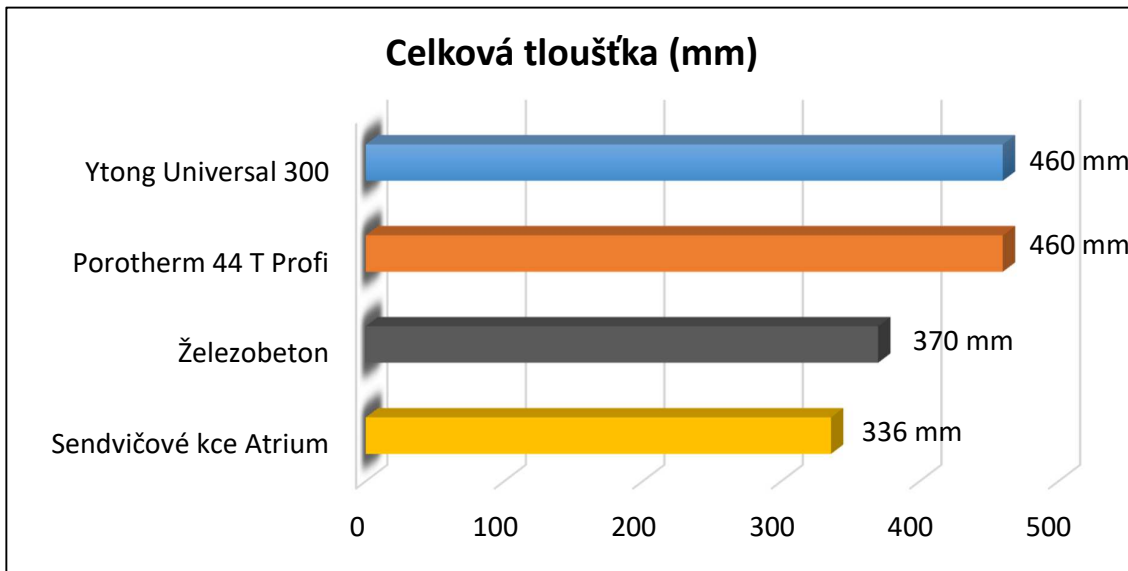
Tabulka 12 – Porovnání systémů
zdroj: vlastní

Jedním z hlavních cílů této práce bylo porovnání jednotlivých systémů z hlediska nákladů. První krokem bylo vytvoření agregované položky zobrazující náklady na 1 m². Dále tyto položky se vynásobily celkovými m² a poté se k tomuto součtu přičetly další položky, které jsou součástí nákladů na obvodovou stěnu., tedy věnec a lišty kontaktního zateplení (pokud byly pro daný systém rozpočtovány). Při sečtení všech těchto položek vznikla suma nákladů na obvodové konstrukce jednotlivých systémů. Výsledky byly přetransformovány do *Tabulky 12* a *Grafu 3*. Z *Grafu 3* je jasné, že nejlevnější je systém z tvárnic Ytong Univerzal 30, jehož náklady činily 774 248 Kč. Druhé místo zaujala konstrukce se zdívkem Porotherm 44 T Profi, která nemusela být dodatečně zateplena a její náklady jsou 783 794 Kč. Tyto systémy se liší jen o necelých 9 000 Kč. Další systém byla skladba ze železobetonu se zateplením, její náklady vyšly na 815 579 Kč. Nejhorší se umístila sendvičová konstrukce, jejíž náklady jsou 1 005 332 Kč.



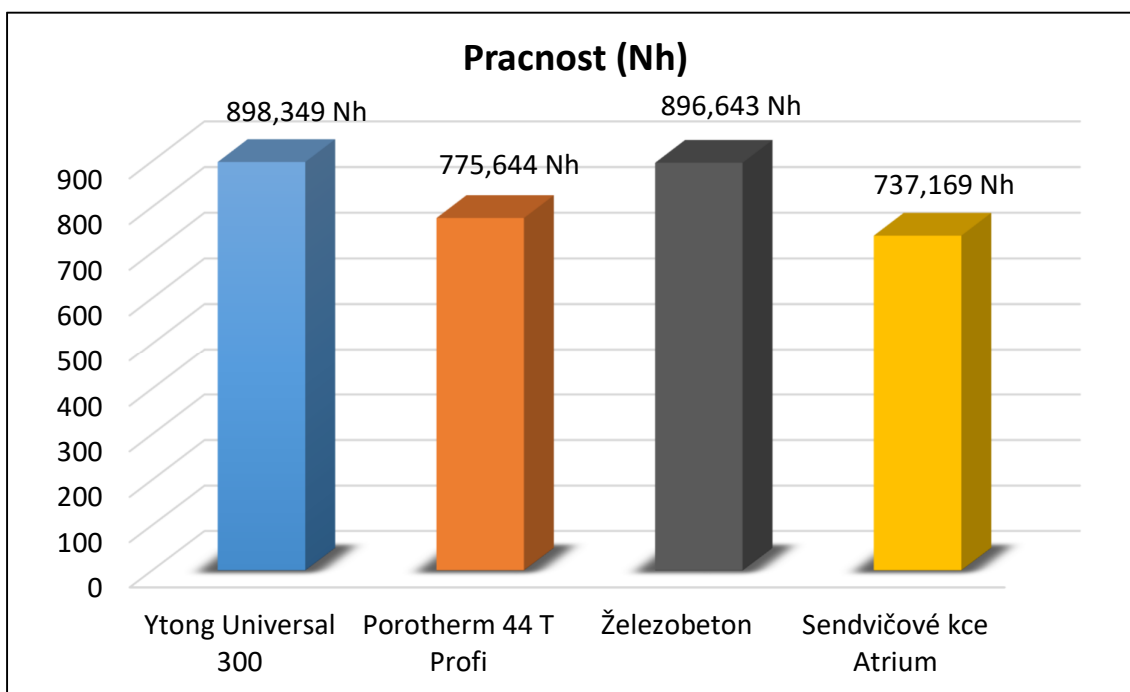
Graf 3 – Náklady – ZRN bez DPH
zdroj: vlastní

Dalším důležitým porovnání byla celková tloušťka. Základním kritériem, které bylo zvoleno na začátku praktické části, byla hodnota prostupu tepla souvrstvím maximálně $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Po výpočtech v programu Teplo 2017 EDU se zjistily tloušťky jednotlivých systémů, které se přenesly také do *Tabulky 12* a *Grafu 4*. Tedy kromě hodnoty prostupu tepla sendvičové konstrukce, která byla na webových stránkách výrobce. V celkové tloušťce konstrukce je započítána vnitřní i vnější omítka, tloušťka zdiva a izolace (pokud byla potřeba). V *Grafu 4* je na první pohled zřejmé, že nejmenší tloušťku má sendvičová konstrukce, pouze 336 mm. Systém ze železobetonu má větší tloušťku o 33 mm oproti sendvičové konstrukce Atrium. Skladba Ytong Univerzal 300 a Porotherm 44 T Profi mají stejnou tloušťku.



Graf 4 – Celková tloušťka
zdroj: vlastní

Posledním porovnávaným parametrem byla pracnost, tedy kolik je potřeba normohodin k výstavbě obvodových konstrukcí daného systému. Podobně jako u nákladů byla zjištěna potřeba normohodin na 1 m^2 , která se později vynásobila celkovou plochou obvodové konstrukce. Pokud systém obsahoval lišty kontaktního zateplení a věnec, byly poté normohodiny těchto položek započteny jako celek. Zde zase jasně dominovala sendvičová konstrukce, jejíž výstavba bude nejrychlejší, tedy 737,19 Nh. Tato pracnost bude ve skutečnosti ještě vyšší, protože uvažuje jen výrobu skladby v halách, není tudíž zohledněna doba montáže na stavbě, která se pohybuje mezi 1 až 2 dny, a doprava. Z *Grafu 5* vyplývá, že Porotherm 44 T Profi je o necelých 40 Nh pracnější než sendvičová konstrukce, ale jak je již výše zmíněno, tak pracnosti obou systémů budou víceméně podobné. Nejpracnější skladby jsou Ytong Univerzal 300 a železobeton, které se liší zhruba o 2 Nh, ale u železobetonu je nutné zohlednit technologickou přestávku, tudíž výstavba nosné konstrukce bude trvat ještě o něco déle.

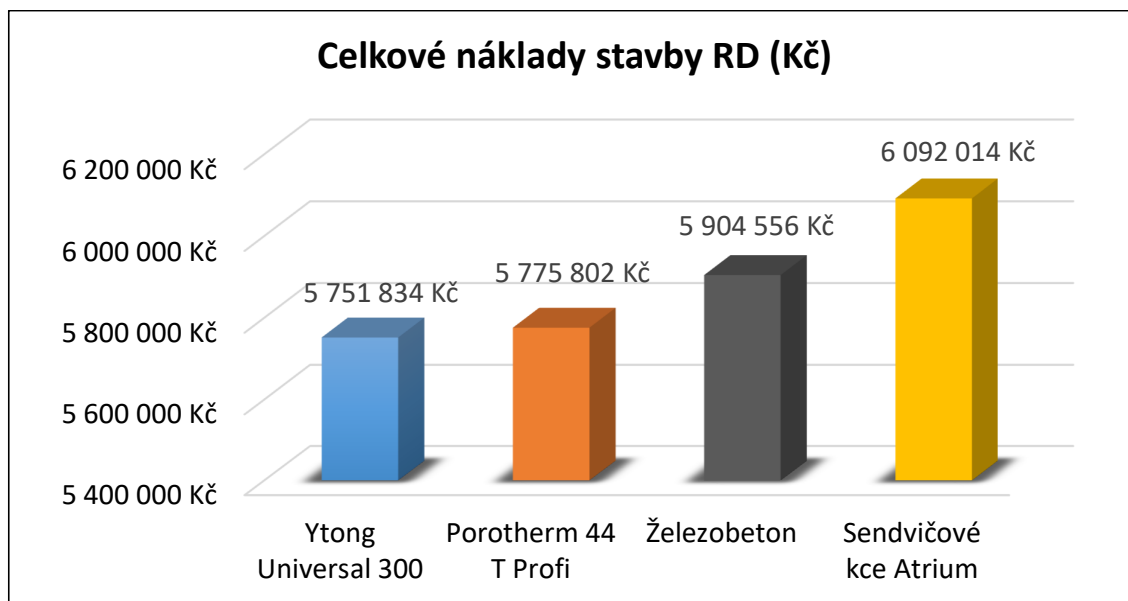


Graf 5 – Pracnost
zdroj: vlastní

10.2 Porovnání celkových nákladů stavby (ZRN+VRN), bez DPH

Konstrukce	ZRN stavby RD, bez DPH (Kč)	VRN (Kč)	Celkové náklady stavby RD (ZRN+VRN), bez DPH (Kč)
Ytong Universal 300	5 542 359	209 475	5 751 834
Porotherm 44 T Profi	5 565 185	210 616	5 775 802
Železobeton	5 687 808	216 748	5 904 556
Sendvičové kce Atrium	5 866 340	225 674	6 092 014

Tabulka 13 – Porovnání celkových nákladů
zdroj: vlastní



Graf 6 – Celkové náklady (ZRN+VRN), bez DPH
zdroj: vlastní

Konstrukce	Celkové náklady stavby RD (ZRN+VRN), bez DPH (Kč)	DPH 15 %	Celkové náklady stavby RD (ZRN+VRN), vč DPH (Kč)
Ytong Universal 300	5 751 834 Kč	862 775	6 614 609 Kč
Porotherm 44 T Profi	5 775 802 Kč	866 370	6 642 172 Kč
Železobeton	5 904 556 Kč	885 683	6 790 239 Kč
Sendvičové kce Atrium	6 092 014 Kč	913 802	7 005 816 Kč

Tabulka 14 – Porovnání celkových nákladů včetně DPH
zdroj: vlastní

Porovnání celkových nákladů na výstavbu rodinného domu byl jeden z hlavních cílů této práce. Jedná se o základní rozpočtové náklady včetně vedlejších rozpočtových nákladů bez DPH. Nejlevnější variantou je dům ze skladby Ytong Univerzal 300, jehož náklady činily 5 751 834 Kč bez DPH. Jen o 24 032 Kč je dražší varianta z keramických broušených cihel Porotherm 44 T Profi, jejíž náklady přesně činí 5 775 802 Kč bez DPH. Další v pořadí je varianta domu se skladbou ze železobetonu, která má náklady na výstavbu 5 904 556 Kč bez DPH. Jako nejdražší varianta rodinného domu vyšla sendvičová konstrukce, jejíž náklady vyšly na 6 092 014 Kč bez DPH.

11. Závěr

Tato bakalářská práce měla za cíl porovnat různé materiály obvodových konstrukcí, které by mohly být použity pro výstavbu rodinného domu, jak z hlediska dopadu na konečnou cenu stavby, tak na porovnání délky výstavby a dopadu celkové tloušťky skladby nosné konstrukce.

Z výsledků porovnání jednotlivých variant bych doporučil jako nejlepší skladbu nosné obvodové konstrukce Porotherm 44 T Profi. Tento materiál se řadí mezi nejméně pracnou variantu oproti systémům z materiálu Ytong Univerzal 300 a ze železobetonu. Porotherm 44 T Profi je především vhodný pro investory, kteří by se rozhodli pro výstavbu svépomocí. Co se týče nákladu, Porotherm má sice vyšší pořizovací náklad než Ytong, ale není to až takový výrazný rozdíl. Nepatří mezi nejtenčí konstrukce, ale cihelné tvárnice s izolantem v dutinách jsou mezi stavebníky velmi oblíbené a udávají dnešní trend. Materiál Ytong Univerzal 300 by ocenili hlavně investoři, kteří by hleděli jen na pořizovací náklad. Nevýhodou tohoto materiálu, a zároveň i materiálu ze železobetonu je, že se musí oba dva systémy dodatečně zateplovat. **Sendvičovou konstrukci bych nedoporučil, vykazuje sice na svou tloušťku velmi dobré tepelněizolační vlastnosti, ale její celkový náklad (ZRN + VRN) je o necelých 300 tisíc vyšší než u materiálu Porotherm 44 T Profi.**

Seznam použité literatury

SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta, Iveta STŘELCOVÁ, Stanislav VITÁSEK a Michal STRNAD. Kalkulace nákladů ve stavebnictví. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-06348-4.

SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ Renáta, Iveta STŘELCOVÁ, Stanislav VITÁSEK a Lucie BROŽOVÁ. Oceňování staveb. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06748-2.

Jan MAREČEK, Kateřina KUBENKOVÁ, Miloslav ŠINDEL a Filip ČMIEL. Pozemní stavitelství III. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, ©2006. ISBN 978-80-248-1470-4.

HÁJEK, Petr et al. Pozemní stavitelství I. pro 1. ročník SPŠ stavebních. Vyd. 6. Praha: Sobotáles, 2005. ISBN 80-86917-12-1.

SVOBODA, Luboš. Stavební hmoty. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1.

BERAN, Martin. Souhrnná technická zpráva: Celkový popis stavby. Řepeč, 2019.

Seznam internetových zdrojů

Cenová soustava ÚRS. *Urs.cz* [online]. © 2018 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.urs.cz/software-a-data/cenova-soustava-urs>

KROS 4 - oceňování a řízení stavební výroby. *Urs.cz* [online]. © 2018 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.urs.cz/software-a-data/kros-4-ocenovani-a-rizeni-stavebni-vyroby>

Cenová soustava RTS Data. *Rts.cz* [online]. © 2018 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.rts.cz/buildpower_s_rozpoctovani.aspx

Kalkulační vzorec nákladů. *Ckait.cz* [online]. ©2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-3-1/>

Faktory ovlivňující vnitřní povrchovou teplotu a kondenzaci na povrchu konstrukcí. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/vlhkost-a-kondenzace-v-konstrukcich/9134-faktory-ovlivnujici-vnitri-povrchovou-teplotu-a-kondenzaci-na-povrchu-konstrukci-dil-1>

Součinitel prostupu tepla. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

Součinitel prostupu tepla. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

Tepelná ochrana budov. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7595-nova-csn-73-0540-2-tepelna-ochrana-budov-pozadavky>

Normové hodnoty součinitele prostupu tepla. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>

Průkaz energetické náročnosti. *Tzb-info.cz* [online]. ©2001 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10207-prukaz-energeticke-narocnosti-u-objektu-s-elektrickym-vytapenim>

Energetická náročnost budov. *Cr-sei.cz* [online]. ©2007 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: [https://www.cr-sei.cz/?portofolio=kontrolujeme-penb#:~:text=Energetick%C3%A1%20n%C3%A1ro%C4%8Dnost%20budovy%20kvantifikuje%20ve%C5%A1ker%](https://www.cr-sei.cz/?portofolio=kontrolujeme-penb#:~:text=Energetick%C3%A1%20n%C3%A1ro%C4%8Dnost%20budovy%20kvantifikuje%20ve%C5%A1ker%20)

[C3%A9%20energie%20spot%C5%99ebovan%C3%A9%20p%C5%99i,vzduchu%20v%C4%9Btr%C3%A1n%C3%ADm%20a%20klimatizac%C3%AD%20a%20energi%20na%20osv%C4%9Bten%C3%AD](https://www.ebeton.cz/pojmy/slozeni-betonu-slozky-betonu/)

Složení betonu. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/slozeni-betonu-slozky-betonu/>

Beton - základní pojem. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/beton/>

Složení betonu. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/slozeni-betonu-slozky-betonu/>

Monolitický beton. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/monoliticky-beton-konstrukce/>

Prefabrikovaný beton. *Ebeton.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/montovana-konstrukce/>

Třídění a kvalita stavebního řeziva. *Drevoastavby.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba%20%20%20drevostavby/konstrukce-drevostaveb/3551-trideni-stavebniho-reziva>

Xella v České republice. *Xella.cz* [online]. ©2015 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.xella.cz/cs_CZ/o-nas

Ytong Univerzal 300. *Xella.cz* [online]. ©2015 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.xella.cz/cs_CZ/product/ytong-univerzal-300/20000993

Ytong Univerzal 300. *Xella.cz* [online]. ©2015 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: https://www.xella.cz/cs_CZ/product/ytong-univerzal-300/20000993

O společnosti Wienerberger. *Wienerberger.cz* [online]. ©2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/o-nas.html>

Porotherm 44 T Profi. *Wienerberger.cz* [online]. ©2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty/cihly/porotherm-44-t-profi.html>

Železobeton. *Pasivnidomy.cz* [online]. ©2020 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/nosne-konstrukce-pasivnich-domu-mohou-byt-i-z-betonu/t681>

Sendvičová konstrukce. *Atrium.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.atrium.cz/vse-o-drevostavbe-rezy-domem/>

Sendvičová konstrukce. *Atrium.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.atrium.cz/o-nas/>

Sendvičová konstrukce. *Atrium.cz* [online]. ©2021 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.atrium.cz/vse-o-drevostavbe-rezy-domem/>

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Kalkulační vzorec nákladů.....	13
Obrázek 2 – Průkaz energetické náročnosti budovy.....	18
Obrázek 3 – Příklady pálených zdících prvků HD.....	22
Obrázek 4 – Příklady pálených zdících prvků LD.....	23
Obrázek 5 – Pohled SZ.....	26
Obrázek 6 – Skladba obvodové stěny z nosných tvárníc Ytong.....	28
Obrázek 7 – Skladba a výsledky konstrukce Ytong.....	29
Obrázek 8 – Rozložení teplot v konstrukci Ytong.....	30
Obrázek 9 – Skladba obvodové stěny z nosných cihel Porotherm.....	33
Obrázek 10 – Skladba a výsledky konstrukce Porotherm.....	34
Obrázek 11 – Rozložení teplot v konstrukci Porotherm.....	35
Obrázek 12 – Skladba obvodové stěny ze železobetonu.....	38
Obrázek 13 – Skladba a výsledky konstrukce železobeton.....	39
Obrázek 14 – Rozložení teplot v konstrukci železobeton.....	40
Obrázek 15 – Skladba obvodové stěny ze sendvičové konstrukce.....	43

Seznam grafů

Graf 1 – Hmotnostní podíl jednotlivých složek betonu.....	20
Graf 2 – Rozdělení pálených zdících prvků dle evropské normy.....	24
Graf 3 – Náklady – ZRN bez DPH.....	45
Graf 4 – Celková tloušťka.....	46
Graf 5 – Pracnost.....	47
Graf 6 – Celkové náklady (ZRN+VRN), bez DPH.....	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Normové hodnoty součinitele prostupu tepla.....	17
Tabulka 2 – Rozměry řeziv podle příčného průřezu.....	25
Tabulka 3 – Agregovaná položka skladby – Ytong Univerzal 300.....	31
Tabulka 4 – Věvec.....	32
Tabulka 5 – KZS.....	32
Tabulka 6 – Agregovaná položka skladby – Porotherm 44 T Profi.....	36
Tabulka 7 – Věvec.....	36
Tabulka 8 – Agregovaná položka skladby – Železobeton.....	41
Tabulka 9 – Věvec.....	42
Tabulka 10 – KZS.....	42
Tabulka 11 – Agregovaná položka skladby – Sendvičová konstrukce.....	44
Tabulka 12 – Porovnání systémů.....	45
Tabulka 13 – Porovnání celkových nákladů.....	47
Tabulka 14 – Porovnání celkových nákladů včetně DPH.....	48

Seznam příloh

Příloha 1 – Položkový rozpočet - Ytong

Příloha 2 – Položkový rozpočet - Porotherm

Příloha 3 – Položkový rozpočet - Železobeton

Příloha 4 – Položkový rozpočet - Sendvičová konstrukce

Příloha 5 – Projektová dokumentace