ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Nízkoenergetický bytový dům v Klatovech

Low energy residential building in Klatovy

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí práce: prof. Ing. Petr Hájek, CSc.

Bc. Petra Waldmannová

Praha 2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Waldmannová Jméno: Petra Osobní číslo: 396493

Zadávající katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Nízkoenergetický bytový dům v Klatovech

Název diplomové práce anglicky: Low enegy residential building in Klatovy

Pokyny pro vypracování:
Vypracujte návrh novostavby bytového domu v Klatovech s využitím konstrukce lehkého prefabrikovaného železobetonového skeletu a opláštění na bázi dřeva a se zaměřením na minimalizaci energetické náročnosti.

Seznam doporučené literatury:
ČSN 73 0540
studijní podklady ze studia na FSv ČVUT v Praze

Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. Petr Hájek, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017
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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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".

7. 10. 2016
Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: PETRA WALDMANNOVÁ

Název diplomové práce: NÍZKOENERGETICKÝ BYTOVÝ DŮM V KLATOVECH

Základní část: KONSTRUKCE POZ. STAVEB podíl: 70 %

Formulace úkolů: Vypracujte návrh nosného bytového domu na dům pasivního pro stavební zřízení 3+ kompletní viz fasádní, v M 1:20. Zpracujte energetickou vyhodnocení a porovnání s původním variantou

Podpis vedoucího DP: ..... Datum: 3.10.2016

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Betonové konstrukce podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): PETR BÍLÝ, K133

Formulace úkolů: OVĚŘENÍ ROZMĚRŮ HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ, VÝKRES SKLADBY TYPICKÉHO PODLAŽÍ, DETAILY STYKŮ

Podpis konzultanta: ..... Datum: 15.11.2016

3. Část: TZB podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): MIROSLAV URBAN, K125

Formulace úkolů: KONCEPT TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ, ZÁKLADNÍ GENEREL VŠECH PROFESÍ, SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA PRO VYT, TV, VZT.

Podpis konzultanta: ..... Datum: 4.12.2016

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 7.1.2017 ……..

Bc. Petra Waldmannová

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce, panu prof. Ing. Petru Hájkovi, CSc, za trpělivost a odborné vedení celé práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Petru Bílému, Ph.D. za konzultace z oblasti betonových konstrukcí a Ing. Miroslavu Urbanovi Ph.D. za konzultace v oblasti technických zařízení budov.

Anotace

Diplomová práce se zabývá návrhem bytového domu s využitím nosného železobetonového prefabrikovaného skeletu s lehkým obvodovým pláštěm na bázi dřeva. Předmětem práce je návrh budovy a její dokumentace na úrovni projektové dokumentace pro stavební řízení, environmentální zhodnocení objektu a energetické a tepelně technické posouzení.

První část diplomové práci obsahuje rešerši o daném problému, popis navržené budovy a její tepelně technické a environmentální zhodnocení. Další část je věnována samotné projektové dokumentaci s rozšiřujícími detaily konstrukcí.

Klíčová slova

Prefabrikace, skelet, dřevěný obvodový plášť, environmentální hodnocení, energetická bilance

Summary

This thesis describes the design of an apartment building using prefabricated reinforced concrete supporting skeleton with lightweight outside wall based on wood. The subject of the work is a design of the building and its documentation on the level of project documentation for construction management, environmental site evaluation and energy and thermal technical assessment.

The first part of the thesis includes a research on the problem, a description of the proposed building and its thermal technical and environmental evaluation. The next part is dedicated to the project documentation itself including extended construction details.

Key words

Prefabrication, skeleton, outside wooden wall, environmental assessment, energy review

Obsah

1. Úvod ... 9
2. Cíl práce ... 10
3. Udržitelná výstavba budov ... 11
4. Vývoj konceptu nízkoenergetického a pasivního domu ... 11
5. Charakteristika pasivního domu ... 13
6. Příklady staveb ... 15
   6.1 Administrativní budova ENERGON ... 15
   6.2 Mateřská škola Roberta Kocha ... 17
   6.3 Vzdělávací centrum „Tor zur Welt“ ... 19
   6.4 Nízkoenergetický bytový dům v Sušici ... 21
   6.5 Rekonstrukce základní školy na pasivní bytový dům – Dubňany ... 23
   6.6 Dům T – energeticky pasivní rodinný dům ... 25
7. Koncepční řešení ... 27
8. Popis řešené budovy ... 28
   8.1 Nosný systém budovy ... 29
      8.1.1 Základové konstrukce ... 29
      8.1.2 Svislé nosné konstrukce ... 29
      8.1.3 Vodorovné nosné konstrukce ... 30
      8.1.4 Schodiště ... 31
   8.2 Obálka budovy ... 31
      8.2.1 Střecha ... 31
      8.2.2 Obvodový plášť ... 32
      8.2.3 Podlaha ... 35
      8.2.4 Výplně otvorů ... 36
      8.2.5 Vzduchotěsnost obálky budovy ... 36
      8.2.6 Souhrnné vlastnosti obálky budovy ... 37
   8.3 Posouzení vybraných detailů v programu Area ... 39
      8.3.1 Detail soklu ... 39
      8.3.2 Roh obvodového pláště ... 40
      8.3.3 Styk stěny s tropu ... 40

9. Energetická koncepce budovy 41
9.1 Vytápění budovy 41
9.2 Ohřev teplé vody 42
9.3 Systém větrání objektu 43
9.4 Schéma energetické koncepce budovy 43
10. Požární bezpečnost 44
10.1 Stavební konstrukce 44
10.2 Požární úseky 44
10.3 Únikové cesty 44
10.4 Odstupové vzdálenosti 45
10.5 Technická zařízení 45
11. Environmentální zhodnocení objektu 46
11.1 Zhodnocení budovy s nosným prefabrikovaným skeletem a obvodovým pláštěm na bázi dřeva 47
11.2 Zhodnocení budovy se zděnými konstrukcemi s kontaktním zateplením 49
11.3 Porovnání výsledků jednotlivých variant 51
12. Závěr 54
13. Seznam zdrojů 55
14. Seznam obrázků 60
15. Seznam tabulek 61
16. Seznam grafů 61
17. Seznam použitých softwarů 62
18. Seznam příloh 62

1. Úvod

Současným trendem společnosti je snaha o snižování energetické náročnosti budov a využívání obnovitelných zdrojů energie. Ceny energií stále stoupají, a proto lidé hledají nejefektivnější řešení výstavby. Energeticky efektivní domy jsou ve většině případů realizované jako dřevostavby, jelikož umožňují při menší tloušťce obvodové konstrukce dosáhnout výborných tepelně izolačních vlastností. Další důvodem je environmentální hledisko. Dnes je snaha budovu hodnotit po celou dobu její životnosti, od získání materiálů po odstranění stavby, a materiály na bázi dřeva jsou k životnímu prostředí nejšetrnější.

Dřevostavby mají ale celou řadu nevýhod, které lze eliminovat kombinací subtilního železobetonového skeletu s obvodovým pláštěm na bázi dřeva. Nosný prefabrikovaný skelet z vysokopevnostního betonu dává budově vysokou požární odolnost, vyšší stabilitu a lepší akustické vlastnosti, zatímco lehký obvodový plášť zajišťuje výborné tepelné vlastnosti a je šetrnější k životnímu prostředí. Díky vysoké životnosti železobetonového skeletu je možné obvodový plášť snadněji modernizovat či vyměnit v průběhu životnosti budovy.

2. Cíl práce

Pro zpracování diplomové práce jsem si vybrala studii bytového domu v Klatovech, který byl navržen v rámci projektu „Atrium Park Hůrka“. Bytový dům je nyní postaven z tradičních materiálů – vyzděný z keramických dutinových tvárnic a zateplen pěnovým polystyrenem. Vzhledem k současným trendům snižování energetické náročnosti budov a především snaze využití materiálů šetrných k životnímu prostředí, jsem navrhla smíšenou konstrukci železobetonového skeletu s obvodovým pláštěm na bázi dřeva.

Cílem práce je návrh objektu a jeho dokumentace na úrovni projektové dokumentace pro stavební řízení. Součástí je rešerše o problematice návrhu smíšených konstrukcí, tepelně technické posouzení konstrukcí, energetická bilance budovy s průkazem energetické náročnosti budov a nakonec environmentální zhodnocení. Výsledky environmentální analýzy jsou porovnány s původní budovou postavenou z keramických tvárnic s kontaktním zateplením.

3. Udržitelná výstavba budov

Stavebnictví v porovnání s jinými sektory průmyslu velmi ovlivňuje stav životního prostředí, je například zodpovědné za cca 40 % produkce emise skleníkových plynů. Při tradičním návrhu stavby se většinou hledí pouze na kvalitu konstrukčního řešení, výši nákladů a čas potřebný k realizaci, přičemž je snaha o maximální ekonomickou efektivitu bez ohledu na dopady na životní prostředí. Udržitelná výstavba však zahrnuje širší aspekty, které se dělí na tři základní skupiny kritérií: kvalita životního prostředí, ekonomická efektivita a socio-kulturní souvislosti. Cílem je např. využívání obnovitelných zdrojů energie, nízkoenergetická řešení, recyklace stavebních materiálů, snižování spotřeby pitné vody a využití dešťové vody, využití tzv. brownfields, zvyšování životnosti konstrukcí, vytváření pracovních příležitostí, zajištění kvalitního vnitřního prostředí budovy, využití stávajících objektů a mnoho dalšího. Takový přístup vyžaduje určité změny jak v pojetí architektury, tak i v pojetí konstrukčního řešení [1].

4. Vývoj konceptu nízkoenergetického a pasivního domu

Bytové domy stavěné ve 20. století měly energetickou spotřebu ve většině případů v rozmezí 150 až 250 kWh/(m^2·rok). V bytech se vytápělo až na 24 °C, a čerstvý vzduch se přiváděl otevíráním oken. Teprve s rostoucí cenou energie na vytápění se okna začala zavírat, a tím se výrazně snížila úroveň kvality vnitřního prostředí v bytech. Hlavním důvodem zhoršení kvality vzduchu byla výměna netěsných oken za těsná plastová, čímž se zamezilo přirozenému přísunu vzduchu. Aby nedocházelo k ohrožení zdraví obyvatel, neměla by koncentrace CO_2 přesáhnout hodnotu 1500 ppm (*ppm = parts per milion, jedna miliontina)*. Dodržení tohoto hygienického limitu by znamenalo otevřít okno každou půlhodinu alespoň na pět minut a udělat průvan, což se samozřejmě neděje [2].

Počátek konceptu pasivního domu odstartoval rok 1973, kdy arabské státy přestaly dodávat ropu západním zemím Evropy. Vzhledem k omezenému množství ropy a její rostoucí ceně byly evropské státy nuceny nastavit nejrůznější opatření a začalo se uvažovat, jak snížit závislost na fosilních palivech. Kromě úspor energie se hledaly i způsoby, jak využít obnovitelné zdroje energie [2].

První pasivní dům v Evropě byl postaven v dánské Kodani podle návrhu architekta Vagna Korsgaarden v roce 1976. Vyprojektován byl radikálně jako „nulový dům“. Měrná potřeba tepla na vytápění je 0 kWh/(m^2.rok). Vnitřní tepelné zisky a solární energie pokrývaly tepelné ztráty domu [3].

V roce 1996 byla založena nevládní a nezávislá organizace Passivhaus Institut v Darmstadtu, který se stal nejvýznamnějším evropským centrem podporujícím rozvoj pasivních domů. Poznatky ze svých výzkumů průběžně zaznamenává do softwaru PHPP (Passiv House Planning Package), který poskytuje výpočty energetických bilancí a umožňuje optimalizovat návrh pasivního domu [2, 3].

Další zlom ve vývoji probíhal v letech 1998 až 2001 díky evropskému projektu CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards). Během tohoto projektu byly postaveny pasivní domy v pěti evropských zemích, ve kterých byl prováděn výzkum a měření. Projekt CEPHAUS potvrdil realizovatelnost pasivních domů. Hlavním výsledkem totiž bylo zjištění, že pasivní domy jsou oproti běžné výstavbě dražší pouze o 7-8 %. Pasivní domy se tak začaly rozšiřovat do dalších zemí, nejvíce však v Rakousku [3].

Česká Republika byla do listopadu 1989 pod vlivem centrálně řízeného hospodářství, kde nebyl kladen důraz na systémová úsporná opatření. Řešení problematiky energeticky úsporných domů se začalo výrazněji vyvíjet až po revoluci v listopadu 1989 s přechodem na tržní ekonomiku a především prolomením informační bariéry se západním světem. První pasivní dům v Česku byl realizován v roce 2005 v Rychnově u Jablonce nad Nisou Martinem Jindrákem ve spolupráci se společností RD Rýmařov. Dům je navržen jako dřevostavba se sedlovou střechou a malými okny. Je vybaven systémem větrání se zpětným získáváním tepla, teplovzdušným vytápěním a zemním kolektorem [3].

V roce 2005 bylo založeno „Centrum pasivního domu“ (CPD), což bylo prvním krokem k cílené podpoře a šíření informací o výstavbě pasivních domů v Česku. Cílem sdružení je prosazování konceptu pasivních domů u novostaveb i rekonstrukcí, modernizace výsledků a ovlivňování předpisů ve prospěch pasivních domů. Dále je snaha vytvořit systém certifikace pasivních domů v České republice [3].

5. Charakteristika pasivního domu

Pasivní dům je určitým stavebním standardem, který je charakterizován nízkou spotřebou energie a jejím efektivním využitím, ale zároveň kvalitním vnitřním prostředím. Pasivní domy spotřebovávají zhruba o 90 % méně energie na vytápění než tradiční domy [2].

Kritéria pro pasivní bytové domy [4]:

- Měrná potřeba tepla na vytápění ≤ 15 kWh/(m^2.rok)
- Stavební řešení musí být takové, aby nebylo nutné strojní chlazení
- Měrná potřeba primární energie ≤ 60 kWh/(m^2.ro)
- Vzduchotěsnost: $n_{50} \leq 0{,}6\ h^{-1}$

  (n_{50} je intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa)
- Průměrný součinitel prostupu tepla:
  - $U_{em,pož} \leq 0{,}35$ W/(m^2.K)
  - $U_{em,dop} \leq 0{,}30$ W/(m^2.K)

Obálka budovy musí být vzduchotěsná a bez tepelných mostů. V místě úniku tepla by na vnitřní straně konstrukce klesla povrchová teplota a vzniklo by nebezpečí kondenzace vodní páry, což by zapříčinilo vznik plísní a mohlo by dojít k poškození samotné konstrukce. Vzduchotěsnost se měří tzv. Blower-door testem [2].

Pasivní domy využívají k získání tepla vnější solární zisky, a proto je nutné použít kvalitní zasklení, aby zisky převažovaly nad ztrátami [2]. Při návrhu je ale důležité počítat s možností přehřívání interiéru v letním období.

Kvalitní vnitřní prostředí se zajišťuje nuceným větráním s rekuperací neboli zpětným získáváním tepla. V běžné stavbě se při větrání otevřenými okny ztrácí velké množství tepla a vzniká průvan. Navíc pro dosažení dostatečné kvality vzduchu je nutné větrat téměř každých 30 minut a to i v noci, proto je nucené větrání nutnou součástí pasivního domu [2].

Hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí udává norma ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky.

Tabulka 1: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou ϑ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně, převzato z [5]

Popis konstrukce	**Součinitel prostupu tepla [W/(m^2.K)]**		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	**Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$**	**Dop. hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$**
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 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 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 prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše z vytáp. prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,20	0,8 až 0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,50	2,30	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,50	2,30	1,7

6. Příklady staveb

6.1 Administrativní budova Energon

Autor: Stefan Oehler (kancelář Oehler Faigle Archkom)

Rok realizace: 2002

Místo: Ulm, Německo

Užitná plocha: 32 223 m^2

Měrná potřeba tepla: 17 kWh/(m^2.rok)

Hodnoty převzaty z [6]

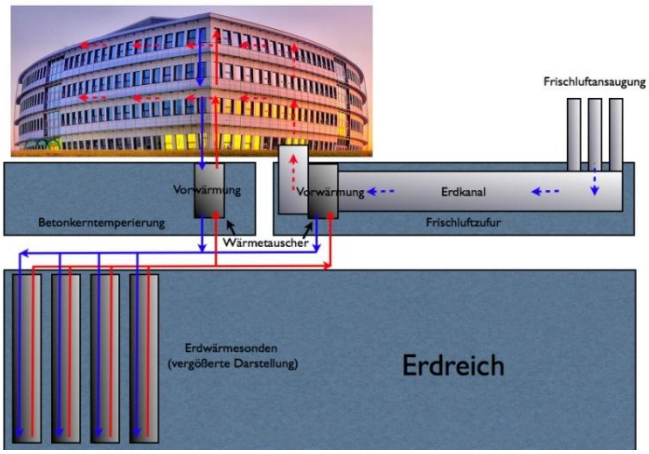
Energon je jednou z největších administrativních budov postavenou v pasivním standardu. Stavba získala ohodnocení „Certifikovaný pasivní dům“ získaný od Passivhause Institutu [6].

Obrázek 1: Administrativní budova Energon, převzato z [8]

Půdorys pětipodlažní stavby připomíná zaoblený trojúhelník – tři trakty s vnitřním zastřešeným atriem. Nosnou část objektu tvoří železobetonový skelet. Vnější obvodový plášť, který je předsazen před nosnou konstrukci stropů, tvoří prefabrikované dřevěné panely. Vnitřní rozvody jsou vedeny v instalačních předstěnách, které navazují na souvislou vrstvu parozábrany z OSB desek. Předstěna tak zároveň tvoří i ochrannou vrstvu parozábrany. Žaluzie a vnější slunolamy jsou do konstrukce fasády kotveny pouze bodově. Tloušťka tepelné izolace obvodového pláště je 350 mm, u střechy 500 mm.

Koncept obvodového pláště je podřízen dosažení požadované tepelné účinnosti, snížení počtu tepelných mostů a jednoduchému souvislému vedení vzduchotěsné roviny [6]. Zasklení izolačními trojskly na fasádě tvoří 44 % plochy, což udržuje nízkou solární zátěž, a přesto zajišťuje dostačující denní osvětlení [7].

Stavba je větraná nuceně centrální vzduchotechnickou jednotkou s rekuperací tepla. Venkovní vzduch je nasáván přes široké 28 m dlouhé betonové trubky. Okolní půda ohřívá nebo předchlazuje vzduch v závislosti na ročním období. Klimatizovaný vzduch nejprve vede do atria a odtud je veden do kanceláří. V případě potřeby může být atrium větrané přirozeně. Odpadní vzduch je aktivně nasáván v kancelářích a odváděn na střechu [8].



a) *b)*

Obrázek 2: a) Obvodový plášť – Energon, převzato z [6], b) Systém TZB - Energon, převzato z [10]

K vytápění a chlazení budova využívá především systém chladicích stropů. Voda proudí v uzavřeném okruhu spojeném se čtyřiceti hlubinnými vrty. Na střeše budovy je zabudovaná fotovoltaická fólie na výrobu elektrické energie a fototermické kolektory na přípravu teplé vody [9].

6.2 Mateřská škola Roberta Kocha

Autor: SWAP Architekten, DELTA Projektconsult

Rok realizace: 2010

Místo: Wels, Rakousko

Užitná plocha: 1 365 m^2

Potřeba tepla na vytápění: 8 kWh/(m^2.rok)

Hodnoty převzaty z [12]

Obrázek 3: Hlavní vstup - MŠ Roberta Kocha, převzato z [11]

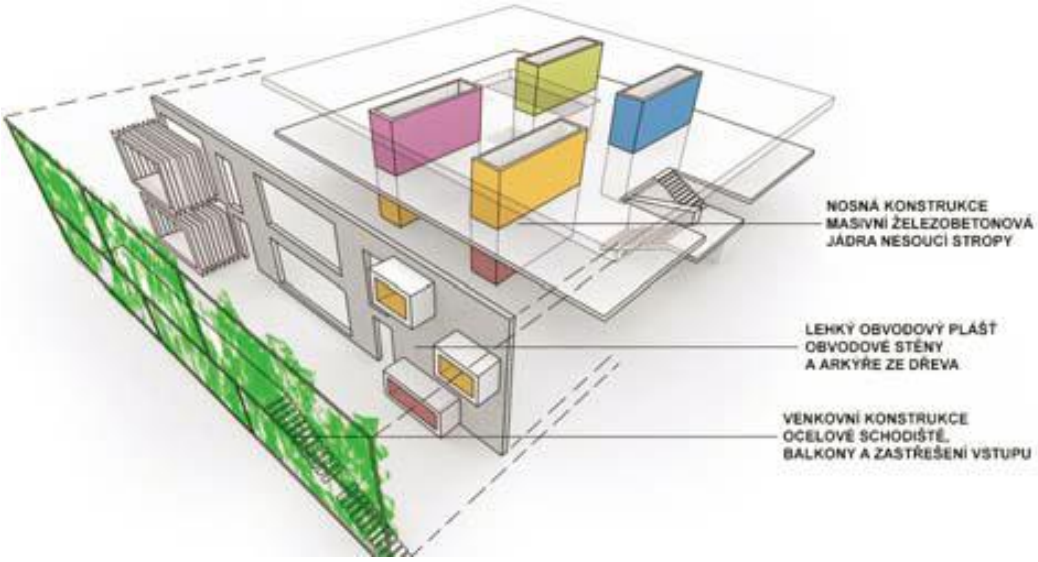
Mateřská škola na ulici Robert-Koch-Strasse ve Welsu je umístěná na poměrně velikém pozemku se vstupním průčelím směrem k silnici. Vzhled stavby vzešel ze soutěže uskutečněné roku 2009, kterou vyhrála společnost SWAP Architekten společně s firmou DELTA Projektconsult [11].

Dvoupodlažní budova s rovnou zelenou střechou je postavena se zavěšenými barevnými arkýři, tzv. ptačími hnízdy, které poskytují dětem místo na hraní. Ze zádveří je přístupná dvoupodlažní aula vedoucí přes celou délku budovy a je možné ji spojit s tělocvičnou a jídelnou, čímž

Obrázek 4: Jižní pohled - MŠ Roberta Kocha, převzato z [12]

vznikne velký prostor vhodný pro společenské akce. V objektu se nachází šest tříd a jedna místnost pro batolata. V patře jsou balkony zavěšené na ocelových táhlech, které umožňují pobyt venku i ve špatném počasí [11, 12].

Stavba je realizována jako monolitický železobetonový skelet s železobetonovými stropy, ztužujícími jádry a obvodovým opláštěním prefabrikovanými dřevěnými panely, které tvoří kvalitní tepelně izolační obálku. Masivní železobetonová hmota přispívá teplotní stabilitě interiéru díky své vysoké akumulační schopnosti. Podlaha je zateplena 600 mm tlustou vrstvou drceného pěnového skla pod základovou deskou. Všechny konstrukce jsou navrženy v pasivním standardu s minimalizací tepelných mostů [11, 12].



Obrázek 5: Schéma konstrukce - MŠ Roberta Kocha, převzato z [13]

Školka je navržena s nuceným větráním s rekuperací tepla. Do jednotlivých tříd je přiváděn čerstvý vzduch vyústkami, které jsou integrované do nábytku a nenarušují tak vzhled místnosti. Vzduch je odváděn z hygienických zázemí. Budova využívá tzv. pasivního chlazení, které probíhá v noci, kdy do budovy proudí otevřenými okny chladný vzduch. Díky komínovému efektu je vzduch odváděn střešním světlíkem nacházející se v aule. Na oknech jsou nainstalované vnější pohyblivé žaluzie, které zabraňují letnímu přehřívání. Na střeše jsou umístěné fotovoltaické panely o rozloze 36 m^2 na výrobu elektrické energie. Vytápění a ohřev teplé vody zajišťuje dálkový zdroj tepla [11, 12, 13].

6.3 Vzdělávací centrum „Tor zur Welt“

Autor: Bof Architekten

Rok realizace: 2013

Místo: Hamburg, Německo

Užitná plocha: 22 000 m^2

Hodnoty převzaty z [14]

Obrázek 6: Vzdělávací centrum Tor zur Welt, převzato z [14]

Vzdělávací centrum „Brána do světa“ je výsledkem soutěže IBA Hamburk v červenci 2009. Jedná se o rozsáhlý komplex, kde se nachází mateřská škola, základní škola, gymnázium, pedagogická škola, školicí středisko, sportovní hala, multifunkční prostory a mnoho dalšího. Komplex se skládá z pěti budov o jednom až třech podlažích; všechny navrženy v pasivním standardu. Vzdělávací centrum se považuje za „učící se město ve městě“, které je otevřeno nejen pro děti, ale i pro veřejnost [15, 18].

Nosné konstrukce budov tvoří monolitický železobetonový skelet a obvodový plášť dřevěné tepelně izolační konstrukce s vnějším dřevěným obkladem z modřínu. Dřevo jako fasádní materiál byl vybrán hlavně z důvodu šetrnosti k životnímu prostředí, především z hlediska bilance CO_2. Okna jsou použita s izolačním trojsklem se součinitelem prostupu tepla U_w = 0,12 W/(m^2·K) [16, 17].

Obrázek 7: Interiér vzdělávacího centra Tor zur Welt, převzato z [14]

*Vzd*ělávací centrum se vyznačuje nejen sofistikovanou architekturou, ale je také energeticky úspornou a ekologickou stavbou. Systém nuceného větrání s účinnou rekuperací tepla poskytuje nezbytnou výměnu vzduchu v učebnách během vyučovacích hodin, čímž se zvyšuje schopnost koncentrace a vznikají optimální podmínky pro učení. Všechny učebny jsou vybaveny decentralizovanými ventilačními jednotkami, které mohou pružně reagovat na provoz a využití prostorů [15].

Zdrojem tepla je kotel na pelety vybavený nejmodernější technologií pro regulaci emisí. Ohřev vody zprostředkovávají solární kolektory. Na střeše jsou umístěné i fotovoltaické panely na výrobu elektrické energie [15].

Stavba střediska „Tor zur Welt“ získala ocenění za inovativní energetický koncept v soutěži Spolkového ministerstva hospodářství a technologie „Energeticky optimalizované stavby 2009 – Architektura a Energie“ [15].

6.4 Nízkoenergetický bytový dům v Sušici

Autor: Ing. Arch. Pavel Vaněček

Rok realizace: 2002

Místo: Sušice

Měrná potřeba tepla: 53 kWh/(m^2.rok)

Hodnoty převzaty z [19, 20]

Bytový dům v Sušici je první stavba nízkoenergetického nízkonákladového bytového domu v Čechách. K uskutečnění došlo v rámci projektu GEF/UNDP (Global Environment Facility/United Nations Development Programme) a agentury SEVEn. Objekt má devět bytových jednotek. Investiční náklady na výstavbu jsou srovnatelné se standardní výstavbou, avšak energetická náročnost je ve srovnání s běžným řešením nižší téměř o 50 % [19].

Obrázek 8: Bytový dům v Sušici, převzato z [19]

Objekt je postaven na jihovýchodním svahu a je navržen jako zónovaný pavlačový dům s třemi nadzemními podlažími a jedním podzemním podlažím. První zóna je venkovní krytá pavlač s větracími dřevěnými žaluziemi. Druhá zóna je pás nevytápěných prostor. Třetí zónu tvoří vytápěné obytné prostory a čtvrtou pás zimních zahrad – ze dvou třetin otevřených lodžií [20].

Vnitřní vytápěné místnosti jsou chráněné zónou nevytápěných prostor ze severu pavlačí a pásmem komor, spíží a předsíní a z jihu zasklenou lodžií. Vnitřní prostředí je tak chráněné před účinky větru a vnitřní teplota se zvyšuje o cca 3°C.

Vzhledem k lokalitě bytového domu v podhůří Šumavy bylo použito dřevo v maximální míře. Severní fasáda s pavlačí je řešena jako dřevostavba, západní a východní fasáda mají dřevěný obklad (zdi jsou provedeny z betonových tvárnic z důvodu nízkých nákladů). Jižní fasáda je téměř celá prosklená, což dává budově výraz nízkoenergetického domu, který využívá sluneční energii.

Obrázek 9: Severní pohled na bytový dům v Sušici, převzato z [21]

6.5 Rekonstrukce základní školy na pasivní bytový dům – Dubňany

Autor: Zdeněk Kaňa

Rok realizace: 2012

Místo: Dubňany, Hodonínsko

Užitná plocha: 2400 m^2

Měrná potřeba tepla na vytápění: 11,1 kWh/(m^2.rok)

Hodnoty převzaty z [22]

Obrázek 10: Původní stav hornického učiliště v Dubňanech, převzato z [23]

Jde o ukázkovou přestavbu opuštěného areálu bývalého hornického učiliště na bytové domy v pasivním standardu. Byl kladen důraz na zdravé bydlení 21. století s využitím nejmodernějších technologií. Vzniklo 27 nových bytových jednotek pro 81 obyvatel.

Původní stav budovy byl v dobrém stavu, bez statických poruch. Výhodou byly také původní slunolamy na jižní fasádě, které se pouze zrekonstruovaly. Konstrukční systém byl podélný železobetonový skelet a obálku tvořily železobetonové sendvičové panely - Boletické. Panely byly vyměněny za dřevěnou konstrukci tlustou 460 mm se součinitelem prostupu tepla $U_{stěny}$ = 0,13 W/(m^2.K). Suterén byl zateplen foukanou celulózou do skořepin tlustých 400 mm, stejně tak i střecha, kde se přidalo 200 mm celulózy. Byla použita okna od firmy Slavona se součinitelem prostupu tepla U_w = 0,76 W/(m^2.K). Průměrný součinitel přestupu tepla celého objektu je U_{em} = 0,182 W/(m^2.K) [22].

Obrázek 11: Pasivní bytový dům v Dubňanech, převzato z [24]

Zdrojem tepla objektu je kaskádovitě zapojený plynový kondenzační kotel. Na střeše je centrální solární systém, který slouží jako primární zdroj ohřevu teplé užitkové vody. Případný dohřev vody je zprostředkovaný plynovým kotlem. Nucené větrání je rovnotlaké centrální se zpětným získáváním tepla. Ve čtyřech bytech je nainstalované decentrální větrání pro možnost porovnání systémů [22].

U centrálního systému probíhá rekuperace tepla v centrální jednotce umístěné na střeše. Přívodní a odvodní centrální stoupačky i vzduchovody v bytech jsou tepelně izolovány pouze minimálně dle provozních požadavků (cca 20 mm). Vzduchotechnický systém je i méně hlučný, protože ventilátory jsou umístěny mimo byty [22].

U decentrálního systému je v každém bytě umístěna jedna větrací jednotka, ve které probíhá rekuperace tepla. Přívodní centrální a odvodní potrubí musí být dobře tepelně izolované. Uživatel má ale k dispozici větší větrací výkon než u centrálního systému větrání [22].

6.6 Dům T – energeticky pasivní rodinný dům

Autoři: Jan Tywoniak a kolektiv

Rok realizace: 2009 - 2010

Místo: Praha

Měrná potřeba tepla na vytápění: do 20 kWh/(m^2.rok)

Hodnoty převzaty z [26]

Obrázek 12: Dům T, převzato z [25]

Rodinný dům byl navržen tak, aby v průběhu jeho životnosti bylo zatížení na životní prostředí co nejmenší. Objekt využívá obnovitelné zdroje energie, na střechu je nainstalován solární systém a ve velké míře byly použity materiály na přírodní bázi z primárně odpadních materiálů.

Objekt má dvě nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží. Podzemní podlaží je ze stěnové konstrukce, z dutinových betonových tvarovek. První nadzemní podlaží bylo navrženo s nosným železobetonovým subtilním prefabrikovaným skeletem a obvodovým pláštěm na bázi dřeva. Stropní konstrukce obou podlaží tvoří prefamonolitické filigránové desky. Druhé nadzemní podlaží je řešeno jako dřevostavba – systém „2 by 4“.

Předpokládaná potřeba tepla na vytápění je do 20 $kWh/(m^2.rok)$. V rodinném domu jsou použity obnovitelné zdroje energie - solární termický a fotovoltaický systém, kotel na spalování peletek, rekuperace tepla z odváděného větracího vzduchu.

Konstrukce železobetonového prefabrikovaného skeletu v 1. NP je velice subtilní a tudíž je integrována do skladby obvodového pláště. Sloupy mají obdélníkový průřez o rozměrech 150 x 250 mm. V rozích jsou sloupy seskládány ze dvou dílů do tvaru L. Celková tloušťka obvodové konstrukce je 400 mm. Prostorová tuhost objektu je zajištěna ztužujícími železobetonovými stěnami okolo schodiště. Průvlaky jsou se stropní deskou monoliticky spřažené. Stropní deska má celkovou tloušťku 210 mm a maximální rozpon je 5,23 m.

Obrázek 13: Konstrukční řešení rodinného domu T, převzato z [26]

7. Koncepční řešení

Při kombinaci prefabrikovaného železobetonového skeletu a dřevěné výplňové konstrukce se dosahuje výhod obou technologií najednou. Subtilní železobetonový skelet eliminuje omezenou životnost dřevěných konstrukcí a zároveň umožňuje maximální flexibilitu fasády a vnitřní dispozice. Tento způsob stavby zachovává objektů cenovou dostupnost i snadnou a rychlou realizaci [27].

- ***Výhody železobetonového skeletu***

  - Únosnost, mechanická odolnost, prostorová tuhost, požární odolnost, akumulace tepla, vysoká životnost, volná dispozice, akustika, umožňuje snadnou výměnu či modernizaci obvodového pláště

- ***Výhody dřevěné obvodové konstrukce***

  - Tepelně izolační vlastnosti, přírodní dostupný a obnovitelný materiál, lehké, nízké náklady na dopravu, snadná manipulace, rychlá realizace (možnost stavby i v zimě)

Nenosný obvodový plášť na bázi dřeva se provádí dvěma různými způsoby. Buď se přiveze jako hotový prefabrikovaný panel nebo se vyrábí přímo na stavbě.

Prefabrikované panely se používají většinou u větších staveb, kde je snaha stavbu co nejvíce urychlit. Panely se přivezou hotové a zavěšují se nejčastěji na stropní desky tak, aby pokud možno nevznikaly tepelné mosty. Popsaný systém konstrukce byl použit například u administrativní budovy Energon nebo u mateřské školy Roberta Kocha.

Montáž dřevěného obvodového pláště přímo na stavbě se realizuje především u rodinných domů a u staveb, kde je snaha nosný železobetonový skelet „schovat“ do obvodové konstrukce. Dřevěná fasáda se řeší jako sloupková konstrukce, která je přikotvena k nosné konstrukci a následně vyplněna tepelnou izolací. Takové řešení bylo použito u rekonstrukce hornického učiliště na bytový dům v Dubňanech.

Pro bytový dům řešený v rámci této diplomové práce volím konstrukci montovanou přímo na stavbě, protože u bytových domů je nežádoucí přiznaný nosný systém.

8. Popis řešené budovy

Název stavby:	Bytový dům – Atrium park Klatovy
Místo stavby:	Čechova 894, 399 01 Klatovy
Parcelní číslo pozemku:	st. 6527
Účel stavby:	bytový dům

Bytový dům je součástí nově vzniklé lokality „Atrium Park Hůrka“, která se nachází v katastrálním území Klatovy, severozápadně od centra města. Oblast má dobré dopravní napojení a zároveň poskytuje možnost volnočasového využití. Dle orientační mapy radonového indexu podloží se budova nachází v oblasti se středním radonovým indexem [29]. Z geologické mapy ČR bylo určeno podloží z nezpevněných sedimentů, převážně sprašová hlína [30].

Obrázek 14: Atrium Park Hůrka, převzato z [28]

Budova řešeného bytového domu má pět podlaží, kde v prvním podlaží se nachází pouze garáže a technické zázemí. Ze západní strany je celé podlaží otevřené a parkovací místa jsou volně přístupná. V objektu je celkem 15 bytových jednotek o různých velikostech. Bytový dům je navržen se zděnými nosnými konstrukcemi v nízkoenergetickém standardu.

Pro projekt diplomové práce jsou ponechány dispozice podlaží a celkový vzhled bytového domu, konstrukce jsou však změněny na nosný železobetonový prefabrikovaný subtilní skelet s obvodovým pláštěm na bázi dřeva v pasivním standardu.

8.1 Nosný systém budovy

8.1.1 Základové konstrukce

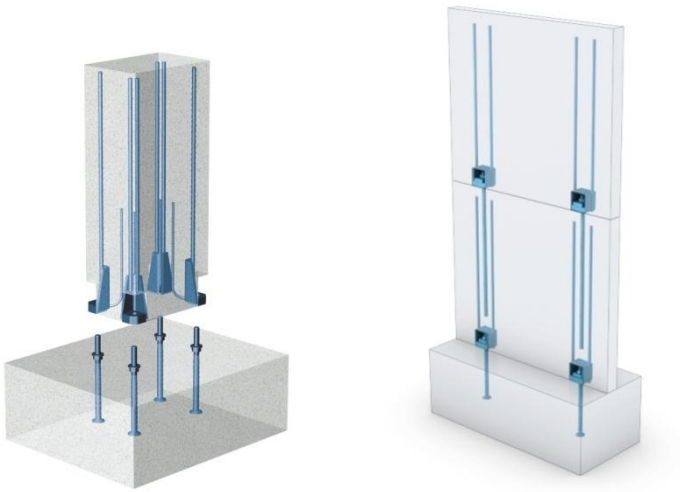
Podloží je tvořeno nezpevněnými sedimenty, především sprašovou hlínou. Vzhledem k málo únosnému podloží je objekt založen na základové desce tlusté 500 mm. Po obvodu desky je provedeno žebro, kterým bude zamezeno promrzání základové spáry. Deska (žebro) má v takovém místě tloušťku 1 000 mm.

8.1.2 Svislé nosné konstrukce

Nosný systém 1 - 4. NP objektu tvoří železobetonový prefabrikovaný subtilní skelet. Vnější sloupy jsou o rozměrech 200 x 200 mm a vnitřní 200 x 250 mm. Maximální osová vzdálenost sloupů jsou 4 m. Všechny sloupy jsou z betonu C 80/95.

Prefabrikované sloupy jsou k základové desce kotveny pomocí kotevního prvku Peikko HPKM, který je zobrazen na obrázku č. 15. Sloup se osadí na šrouby a pomocí matic se uvede do správné polohy. Styk bude následně zabetonován [31].

Schodišťový prostor je obklopen železobetonovými prefabrikovanými stěnami tl. 200 mm, které slouží jako ztužující jádro. Kotvení stěn je provedeno pomocí prvku Peikko Sumo, které je na obrázku č. 16. Kotevní patky se upevňují maticemi a speciálními Al podložkami šroubovým spojem [32].



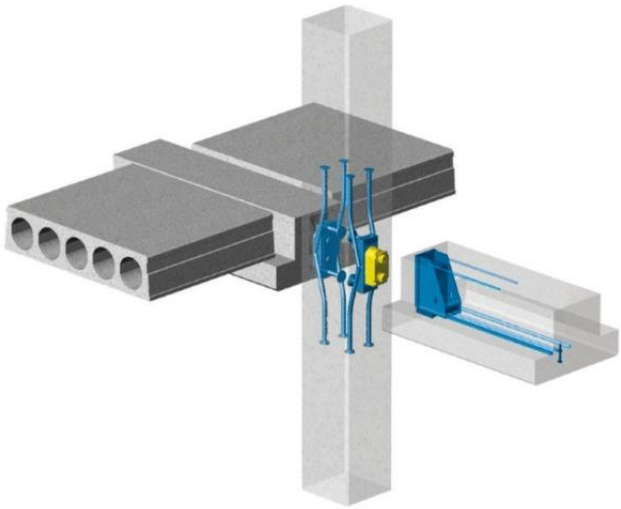
Obrázek 15: Kotvení sloupu a stěny – Peikko, převzato z [31. 32]

Konstrukční výška v objektu se v různých poschodích liší. V 1. NP je konstrukční výška 3,23 m, v 2. NP až 4. NP je konstrukční výška 3,06 m a v posledním 5. NP je konstrukční výška 3,41 m.

Poslední podlaží je řešené celé jako dřevostavba, bez železobetonového skeletu. Nosnou část konstrukce tvoří panely s průřezem trámců 60 x 120 mm. Podrobný popis panelu je v kapitole 7.2.1 – Obvodový plášť.

8.1.3 Vodorovné nosné konstrukce

Stropy tvoří železobetonové prefabrikované panely o tloušťce 300 mm, vyrobené z betonu C 70/85 a jsou vylehčené vložkou z recyklovaného liaporbetonu. Stropní panely jsou uložené na průvlaky, které jsou v úrovni stropu. Středový průvlak je z betonu C 80/95 a má šířku 700 mm, krajní průvlaky jsou na menší rozpony z betonu C 60/75 a mají šířku pouze 200 mm. Uložení stropních panelů je na konzolky dl. 80 mm. Průvlaky jsou ke sloupům kotvené pomocí konzolového systému Peikko PCS, který je zobrazen na obrázku č. 17. Použití Peikko styků u subtilních sloupů byl ověřen v Kloknerově ústavu ČVUT v Praze.



Obrázek 16: Kotvení průvlaku – Peikko PCS, převzato z [33]

8.1.4 Schodiště

Schodiště tvoří prefabrikované železobetonové dílce o min. tloušťce 160 mm z betonu C30/35 a vyztužené výztuží B500B. Podesty jsou v tloušťce 170 mm. Schodišťová ramena svírají s vodorovnou rovinou úhel 30°. Další parametry schodiště jsou popsány ve statické části diplomové práce. Akustické mosty jsou přerušeny pomocí akustické izolace „Schöck Tronsole typ F“, která přeruší kročejový hluk.

8.2 Obálka budovy

8.2.1 Střecha

Střecha objektu je navržena dvouplášťová se sklonem 3,5 %. Nosnou část střechy tvoří dřevěné vazníky o výšce 520 – 1 100 mm, mezi které se uloží tepelná izolace v podobě minerální vaty Isover Unirol Plus o tloušťce 420 mm (dále jen tl.). Vazníky jsou uloženy na nosné stěny. Vazníky zároveň vytvářejí provětrávanou mezeru střechy o minimální výšce 120 mm. Na vazníky se přibijí OSB desky tl. 18 mm, které slouží jako podkladní vrstva pro natavení hydroizolačních modifikovaných asfaltových pásů. Parobrzdná vrstva je přikotvena k vazníkům ze spodní strany a tvoří ji sádrovláknitá deska Fermacell Vapor tl. 13 mm. Podhled je odsazen od této vrstvy o 30 mm, aby se neporušila vzduchotěsná vrstva.

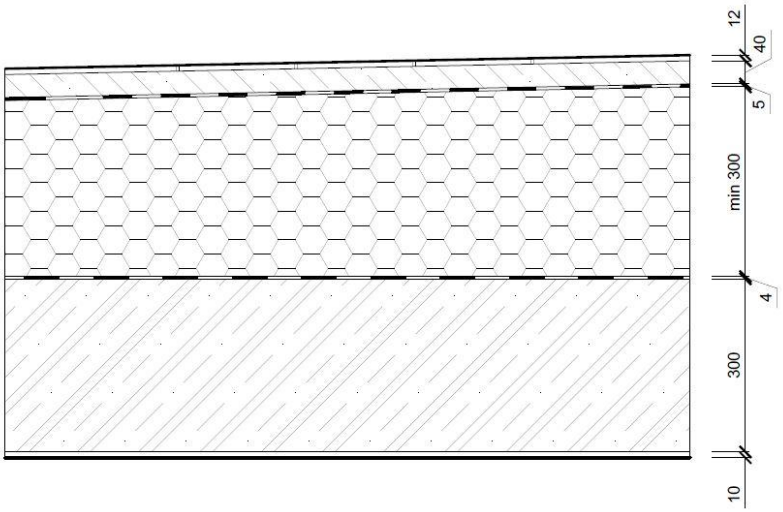
Skladba střechy S1:

- Sádrovláknitá deska Fermacell, tl. 15 mm
- Vzduchová mezera, tl. 30 mm
- Sádrovláknitá deska s parobrzdnou vrstvou Fermacell Vapor, tl. 13 mm
- Tepelná izolace Isover Unirol Plus, tl. 420 mm, λ = 0,050 W/(m.K)
  (do součinitele tepelné vodivosti byl zahrnut vliv dřevěných vazníků)
- Vzduchová provětrávaná mezera (dřevěný vazník)
- Dřevoštěpková OSB deska, pero + drážka, tl. 18 mm
- Hydroizolační modifikovaný asfaltový pás Glastek 30 Sticker Plus, tl. 3 mm
- Hydroizolační modifikovaný asfaltový pás Elastek 40 Special Dekor, tl. 5 mm

- Součinitel prostupu tepla konstrukce: U_{S1} = 0,121 W/(m^2.K)

Skladba terasy S2:

- Vápenocementová omítka, tl. 10 mm
- Železobetonový prefabrikovaný stropní panel, tl. 300 mm
- Parozábrana – asfaltový modif. pás Glastek Al 40 Mineral, tl. 4 mm
- Tepelná izolace Isover EPS 150S, tl. min 300 mm, λ = 0,035 W/(m.K)
- Hydroizolační modifikovaný asfaltový pás Glastek 30 Sticker Ultra, tl. 3 mm
- Betonová mazanina, tl. 40 mm
- Mrazuvzdorná dlažba, tl. 12 mm



- Součinitel prostupu tepla konstrukce: U_{S2} = 0,111 W/m^2.K

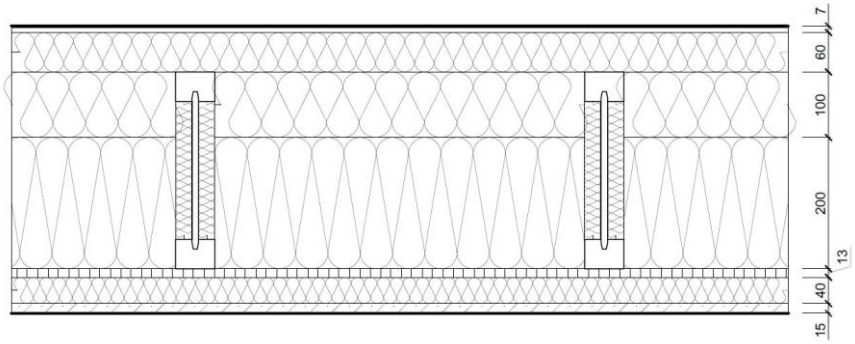
8.2.2 Obvodový plášť

Obvodový plášť je navržen z konstrukcí na bázi dřeva. Obvodová stěna v 1. až 4. nadzemním podlaží bude montována přímo na stavbě. Mezi dřevěné I-nosníky výšky 300 mm se bude vkládat tepelná izolace z minerálních vláken Isover Fassil o stejné tloušťce. Do této vrstvy budou „schovány“ nosné železobetonové prefabrikované sloupy. Následně budou k dřevěným I-nosníkům přikotveny z vnější strany dřevovláknité desky tl. 60 mm, na které se bude nanášet difúzně otevřená silikonová omítka s vloženou sklotextilní síťovinou (perlinkou) o celkové tloušťce 7 mm. Z vnitřní strany se k I-nosníkům ukotví parobrzda v podobě speciálně upravených sádrovláknitých desek Fermacell Vapor o tloušťce 13 mm, které tvoří vzduchotěsnou vrstvu konstrukce. Aby nedošlo k porušení vzduchotěsné vrstvy, provádí se instalační předstěna, kterou tvoří tepelná izolace z minerálních vlákem Isover Uni o tl. 40 mm opláštěná sádrovláknitou deskou Fermacell o tl. 15 mm.

V pátém nadzemním podlaží jsou obvodové stěny nosné a tvoří je prefabrikované dřevěné panely. Nosné dřevěné trámky mají rozměry 60 x 120 mm. Z vnější strany jsou opláštěné OSB deskou tl. 12 mm, ke které je přikotvena tepelná izolace z dřevovláknitých desek o tloušťce 160 mm. Následně bude nanesena difúzně otevřená silikonová omítka s vloženou sklotextilní síťovinou o tl. 7 mm. K nosným trámkům je z vnitřní strany přikotvena speciálně upravená sádrovláknitá deska Fermacel Vapor tl. 13 mm, která tvoří parobrzdu. V této skladbě je rovněž navržena instalační předstěna, kterou tvoří 40 mm tepelné minerální izolace Isover Uni a sádrovláknitá deska Fermacell tlustá 15 mm.

Skladba obvodové stěny S3:

- Sádrovláknitá deska Fermacell, tl. 15 mm
- Tepelná izolace Isover Uni, tl. 40 mm, λ=0,038 W/m.K, (instalační předstěna)
- Sádrovláknitá deska s parobrzdnou vrstvou Fermacell Vapor, tl. 13 mm
  s_d = 3 m, μ = 230
- Tepelná izolace Isover Fassil, tl. 300 mm, λ=0,046 W/(m.K)
  (do součinitele tepelné vodivosti byl zahrnut vliv dřevěných I-nosníků)
- Dřevovláknitá deska Steico Therm, tl. 60 mm, λ=0,038 W/(m.K)
- Difúzně otevřená silikon. omítka s vloženou sklotextilní síťovinou, tl. 7 mm

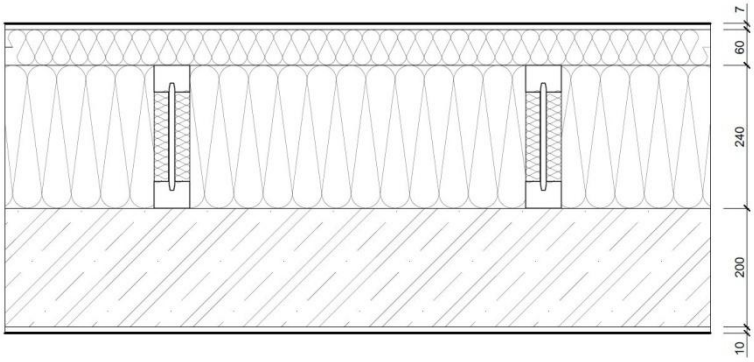


- Součinitel prostupu tepla konstrukce: U_{S3} = 0,106 W/(m^2.K)

Skladba obvodové stěny S4:

- Vápenocementová omítka, tl. 10 mm
- Železobetonová prefabrikovaná stěna, tl. 200 mm
- Tepelná izolace Isover Fassil, tl. 240 mm, λ=0,046 W/(m.K)

  (do součinitele tepelné vodivosti byl zahrnut vliv dřevěných I-nosníků)
- Dřevovláknitá deska Steico Therm, tl. 60 mm, λ=0,038 W/(m.K)
- Difúzně otevřená silikon. omítka s vloženou sklotextilní síťovinou, tl. 7 mm

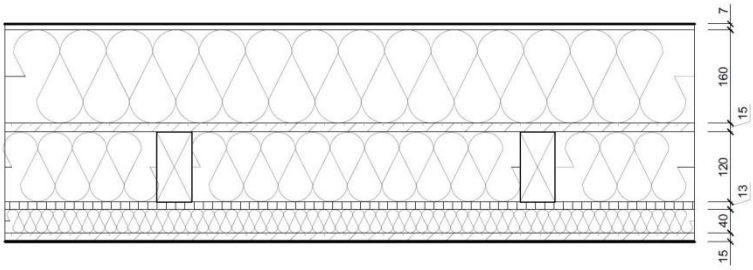


- Součinitel prostupu tepla konstrukce: U_{S4} = 0,141 W/(m^2.K)

Skladba obvodového panelu S5:

- Sádrovláknitá deska Fermacell, tl. 15 mm
- Tepelná izolace Isover Uni, tl. 40 mm, λ=0,038 W/(m.K), (instalační předstěna)
- Sádrovláknitá deska s parobrzdnou vrstvou Fermacell Vapor, tl. 13 mm
- Tepelná izolace Isover Fassil, tl. 120 mm, λ=0,050 W/(m.K)

  (do součinitele tepelné vodivosti byl zahrnut vliv dřevěných trámců)
- Sádrovláknitá deska Fermacell, tl. 15 mm
- Tepelná izolace Rockwool Frontrock MaxE, tl. 160 mm, λ=0,040 W/(m.K)
- Difúzně otevřená silikon. omítka s vloženou sklotextilní síťovinou, tl. 7 mm

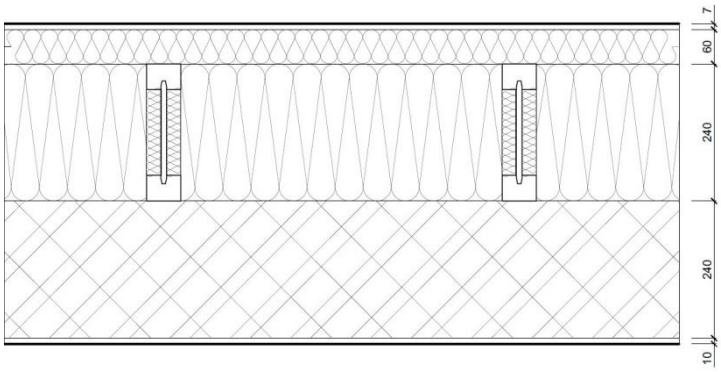


- Součinitel prostupu tepla konstrukce: U_{S5} = 0,129 W/(m^2.K)

Skladba obvodové vápenopískové stěny S6:

- Vápenocementová omítka, tl. 10 mm
- Vápenopísková stěna, tl. 240 mm
- Tepelná izolace Isover Fassil, tl. 240 mm, λ=0,046 W/(m.K)

  (do součinitele tepelné vodivosti byl zahrnut vliv dřevěných I-nosníků)
- Dřevovláknitá deska Steico Therm, tl. 60 mm, λ=0,038 W/(m.K)
- Difúzně otevřená silikon. omítka s vloženou sklotextilní síťovinou, tl. 7 mm



- Součinitel prostupu tepla konstrukce: U_{S6} = 0,128 W/(m^2.K)

8.2.3 Podlaha

Podlaha je navržena těžká plovoucí. Na prefabrikované železobetonové panely se nejprve položí kročejová izolace Isover T-N tl. 40 mm. Následně musí být položena separační vrstva PE fólie, která má zabránit protečení betonové mazaniny do izolace. Betonová mazanina je navržena o tloušťce 50 mm s vloženými výztužnými kari sítěmi 150 x 150 x 6 mm. Poslední vrstva je nášlapná – keramická dlažba, laminátová podlaha či koberec.

Podlaha na zemině bude zateplena 80 mm pěnového polystyrenu EPS 150S a podkladní vrstvou drceného pěnového skla Geocell o mocnosti 300 mm.

Skladba podlahy na zemině S7:

- Nášlapná vrstva podlahy, tl. 10 mm
- Betonová mazanina + KARI sítě 150 x 150 x 6 mm, tl. 50 mm
- Separační PE fólie, tl. 0,2 mm
- Tepelná izolace Isover EPS 150S, tl. 80 mm, λ = 0,035 W/(m.K)
- Hydroziolační modif. asfaltový pás Glastek 40 Special Mineral, tl. 4 mm
- Hydroziolační modif. asfaltový pás Elastek 40 Special Mineral, tl. 4 mm
- Penetrační asfaltový nátěr
- Základová deska C 20/25, tl. 500 mm
- Geotextílie Filtek 300 g/m^2
- Drcené pěnové sklo Geocell, tl. 300 mm
- Stávající zemina

8.2.4 Výplně otvorů

Do bytového domu byla navržena okna společnosti Slavona – okna Progression. Jedná se o dřevěná okna s izolačním trojsklem se součinitelem prostupu tepla U_g = 0,6 W/(m^2.K) [34]. Součinitel prostupu tepla oken je U_W = 0,75 W/(m^2.K). Vchodové dveře Slavona mají stejné vlastnosti jako okna. Součinitel prostupu tepla dveří U_D = 0,8 W/(m^2.K).

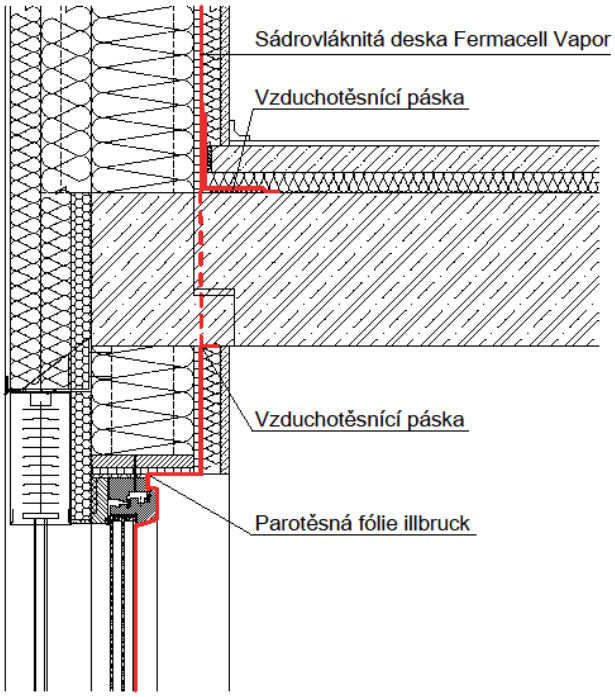
8.2.5 Vzduchotěsnost obálky budovy

Vzduchotěsnost obálky budovy je u dřevostaveb velice důležitá, protože riziko netěsností u skládaných konstrukcí, kde je velké množství spojů, je větší. Průnik vzduchu obvodovými konstrukcemi je nežádoucí, protože přispívá k úniku tepla, zvyšuje transport vlhkosti, snižuje se účinnost větracího systému a rekuperace a zhoršují se akustické vlastnosti konstrukce. Vzduchotěsná vrstva musí být souvislá a je nutné důkladně navrhnout každý detail [35].

Celková neprůvzdušnost obálky se hodnotí tzv. Blower Door testem metodou tlakového spádu. Popis testu jsem převzala z [36]: *Na obálku budovy (nejčastěji místo dveří) se osadí ventilátor, kterým se vytváří tlakový rozdíl mezi interiérem a exteriérem. Stanovuje se objemový tok vzduchu v m^3/h, který je zapotřebí pro udržení požadovaného tlakového rozdílu. Výsledkem měření intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa*

mezi interiérem a exteriérem. Hodnota uvádí, kolikrát za hodinu se celý objem vzduchu měřeného prostoru vymění při tlakovém rozdílu 50 Pa.

V navrženém objektu tvoří vzduchotěsnou vrstvu sádrovláknitá deska Fermacell Vapor, která má na sobě nakašírovanou speciální parobrzdnou vrstvu s ekvivalentní difúzní tloušťkou 3 m. V úrovni stropu jsou desky přerušeny a vzduchotěsnou vrstvu tvoří stropní panely. Sádrovláknité desky jsou ke stropním panelům „připojeny“ vzduchotěsnící páskou. Parobrzdná vrstva k výplním otvorů pokračuje přes parotěsnou fólii illbruck.



Obrázek 17: Vzduchotěsná hranice

8.2.6 Souhrnné vlastnosti obálky budovy

Všechny obvodové konstrukce byly navrženy s dobrými tepelnými vlastnostmi a se snahou co nejvíce eliminovat tepelné vazby. Vlastnosti obálky se odráží v průměrném součiniteli prostupu tepla budovy, kterým se hodnotí stavebně energetické vlastnosti budov. Požadovaná hodnota pro bytové domy je $U_{em} \leq 0{,}35$ W/(m^2.K). Zohledňuje se pouze vliv stavebního řešení. Není třeba zohledňovat proměnlivé faktory, jako jsou klimatické podmínky či chování uživatelů budovy [37].

Průměrný součinitel prostupu tepla se stanoví dle ČSN 73 0540-4:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \qquad [\mathrm{W/(m^2.K)}]$$

$$H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{tbm} \qquad [\mathrm{W/K}]$$

A – celková plocha konstrukcí ohraničující vytápěný objem budovy [m^2]

H_T – měrný tepelný tok prostupem tepla [W/K]

A_i – plocha i-té konstrukce ohraničující vytápěný objem budovy [m^2]

U_i – součinitel prostupu tepla i-té konstrukce [W/(m^2.K)]

b_i – činitel teplotní redukce pro i-tou konstrukci [-]

ΔU_{tbm} – průměrný vliv tepelných vazeb [W/m^2.K]

Tabulka 2: Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla konstrukcemi

Název konstrukce	**A_i**	**U_i**	**b_i**	**$H_{T,i}$**
	[m^2]	**[W/(m^2.K)]**	**[-]**	**[W/K]**
Obvodová stěna 1. NP - 4. NP	685,34	0,106	1	72,65
Obvodová stěna 5. NP	192,44	0,129	1	24,82
Ztužující žb. stěna	101,09	0,141	1	14,25
Vápenopísková stěna	25,71	0,128	1	3,29
Stěna mezi budovami	199,61	0,277	0,62	34,28
Střecha	298,69	0,112	1	33,43
Terasa	53,01	0,111	1	5,88
Podlaha na zemině	351,70	0,141	0,81	40,17
Okna	183,81	0,75	1	137,9
Dveře	15,59	0,75	1	11,69
Celkem	**2106,79**			**378,33**

Vliv tepelných vazeb byl zvolen $\Delta U_{tbm} = 0{,}02\ \mathrm{W/(m^2.K)}$.

$$H_T = \sum H_{T,i} + A \cdot \Delta U_{tbm} = 378{,}33 + (2106{,}79 \cdot 0{,}02) = 420{,}47 \text{ W/K}$$

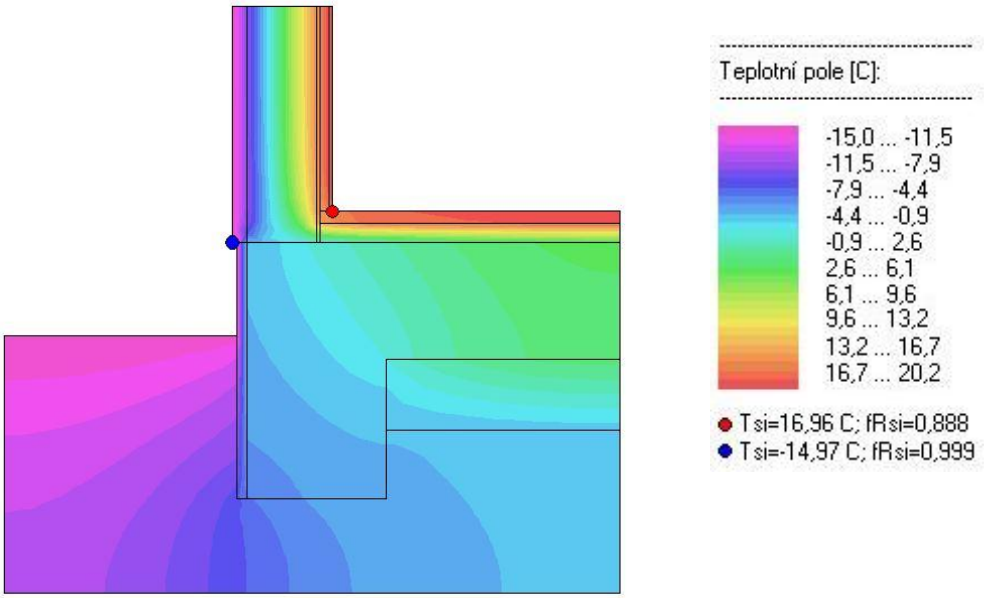
$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{420{,}47}{2106{,}79} = 0{,}20 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

Pro navrženou budovu byl splněn požadavek, průměrný součinitel prostupu tepla budovy je menší než požadovaná hodnota $U_{em,po\check{z}}$ = 0,35 W/(m^2.K).

8.3 Posouzení vybraných detailů v programu Area

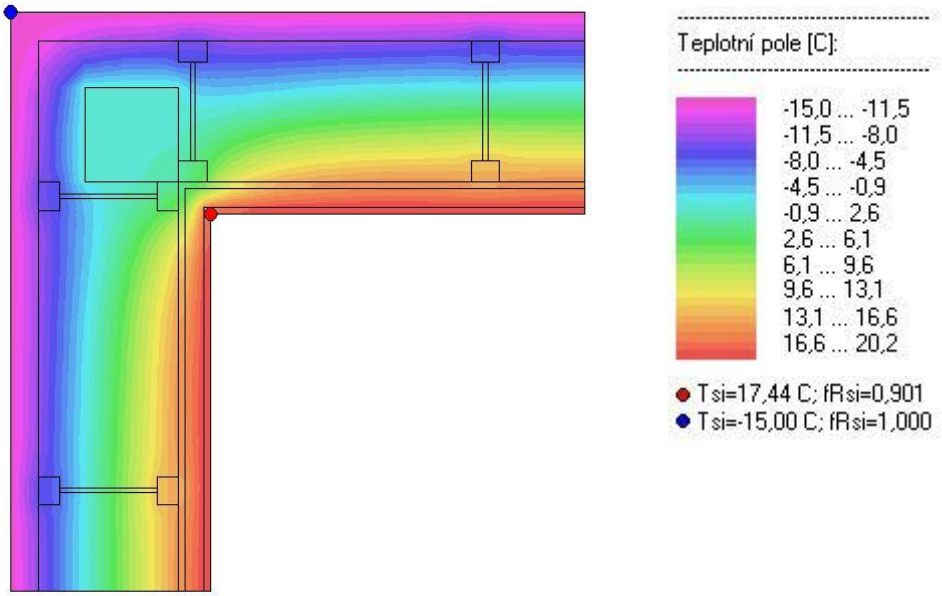
Povrchové teploty v kritických bodech jsou vyšší než je teplota rosného bodu a tudíž by nemělo docházet ke kondenzaci a tím i ke vzniku plísní na povrchu konstrukcí.

8.3.1 Detail soklu



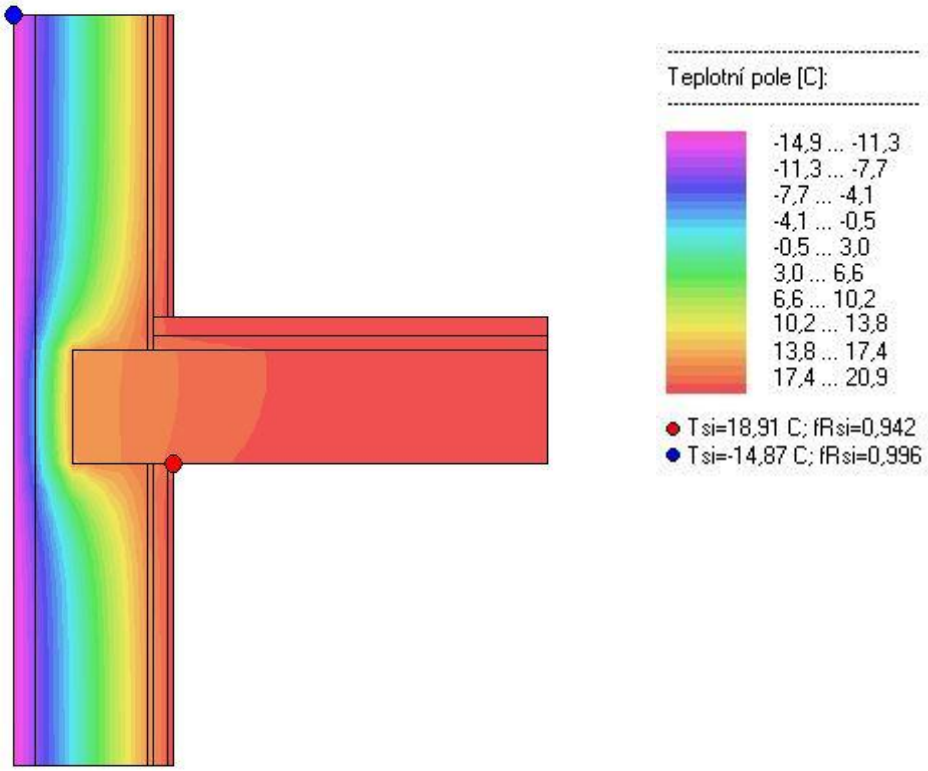
Obrázek 18: Detail soklu – výstup z programu Area (Svoboda software)

8.3.2 Roh obvodového pláště



Obrázek 19: Detail rohu obvodového pláště – výstup z programu Area (Svoboda software)

8.3.3 Styk stěny s tropu



Obrázek 20: Detail styku stěny a stropu – výstup z programu Area (Svoboda software)

9. Energetická koncepce budovy

9.1 Vytápění budovy

Budova má centrální zdroj vytápění. Jedná se o plynový kondenzační kotel umístěný v kotelně v 1. NP. Přívod vzduchu do kotelny je zajištěn větrací štěrbinou na východní fasádě.

Pro budovu byla spočítána potřeba tepla na vytápění Q_{nd} pomocí bilance tepelných ztrát a využitelných tepelných zisků za rok, kdy byl použit časový krok měsíc. Výpočet předpokládá konstantní vnitřní teplotu interiéru 21 °C a počet uživatelů budovy 40 osob s průměrnou obsazeností 70 %. Potřeba tepla na vytápění se vypočte jako rozdíl tepelných ztrát a tepelných zisků, které jsou vynásobené faktorem využitelnosti. Celkové tepelné ztráty jsou součtem tepelných ztrát prostupem a větráním. Celkové tepelné zisky jsou solárních a vnitřních tepelných zisků.

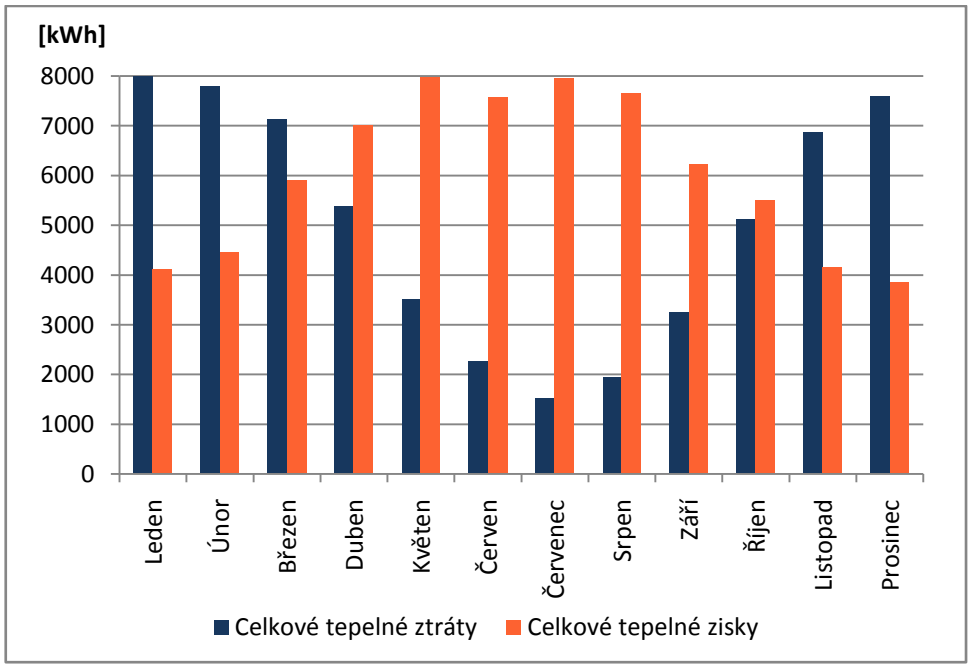
$$Q_{nd} = Q_I - \eta_g \cdot Q_g \qquad \text{[kWh]}$$

Q_I – celkové tepelné ztráty vytápěné zóny [kWh]

Q_g – celkové tepelné zisky vytápěné zóny [kWh]

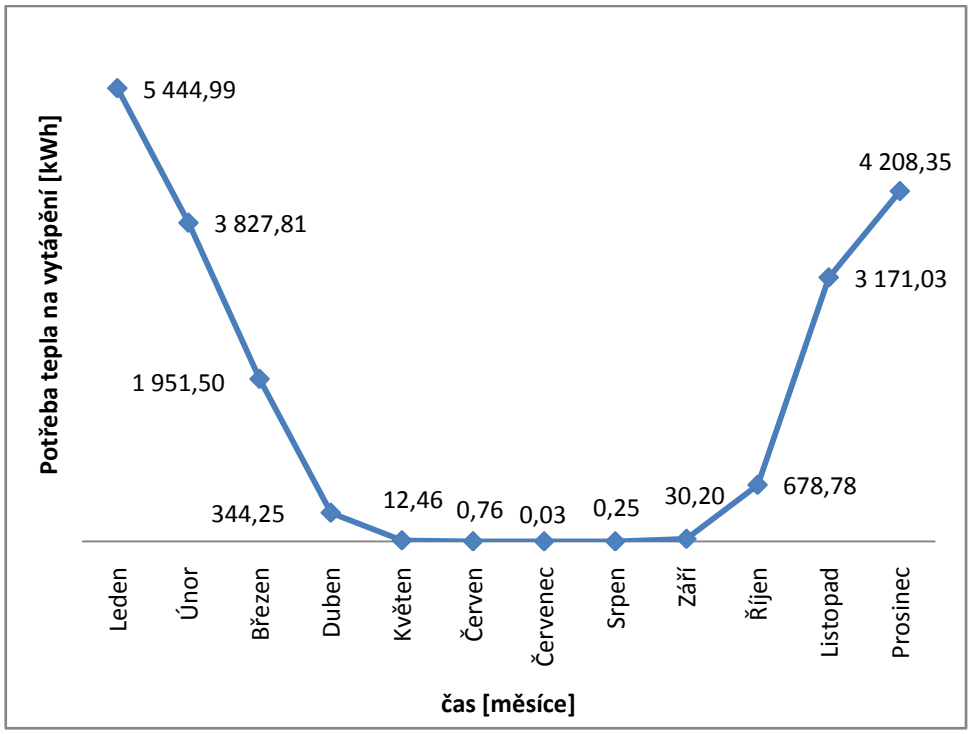
η_g – faktor využitelnosti tepelných zisků [-]

Graf 1: Porovnání celkových tepelných ztrát a zisků



Pro bytový dům byla spočítána měrná potřeba tepla na vytápění 13,07 kWh/(rok.m^2), čímž byl splněn požadavek pro pasivní domy Q_{nd} ≤ 15 kWh/(rok.m^2). Hodnota byla spočítána zjednodušeným výpočtem, kdy byla budova brána jako jedna zóna. Výpočet je v příloze č. 1 - Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění. Při výpočtu průkazu energetické náročnosti budovy v programu Energetika od společnosti DekSoft byla spočítána hodnoty 15,0 kWh/(rok.m^2). Rozdíl hodnot je nejspíše daný přesností výpočtu.

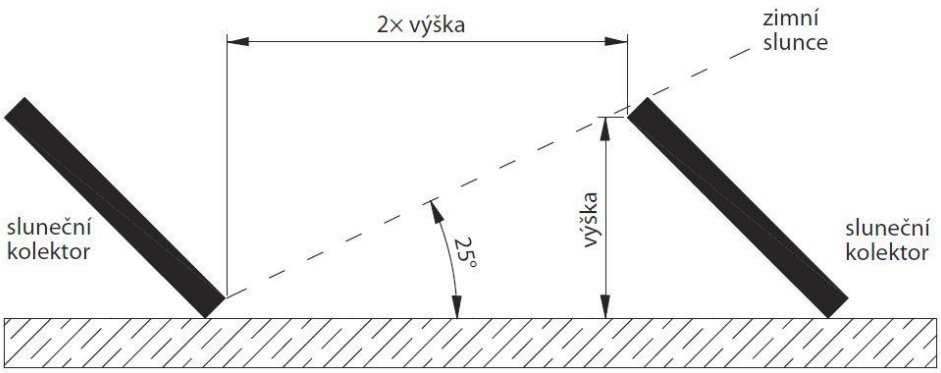
Graf 2: Potřeba tepla na vytápění během roku



9.2 Ohřev teplé vody

Ohřev teplé vody pro bytový dům zajišťují solární kolektory, které jsou umístěné na střeše budovy. Plocha solárních panelů činí 90 m^2 s celkovým pokrytím 55 %. Systém ohřívá vodu centrálně v akumulační nádrži o objemu 1 000 l. V zimním období, kdy solární kolektory ztrácejí svou účinnost, se podílí na ohřevu teplé vody i plynový kondenzační kotel. Schéma systému ohřevu teplé vody je znázorněn na obrázku č. 22 – Schéma Energetické koncepce budovy.

Solární kolektory jsou orientovány na jih pod sklonem 30°. Určení vzdálenosti kolektorů je znázorněna na obrázku č. 21 – Minimální vzdálenost kolektorových polí.

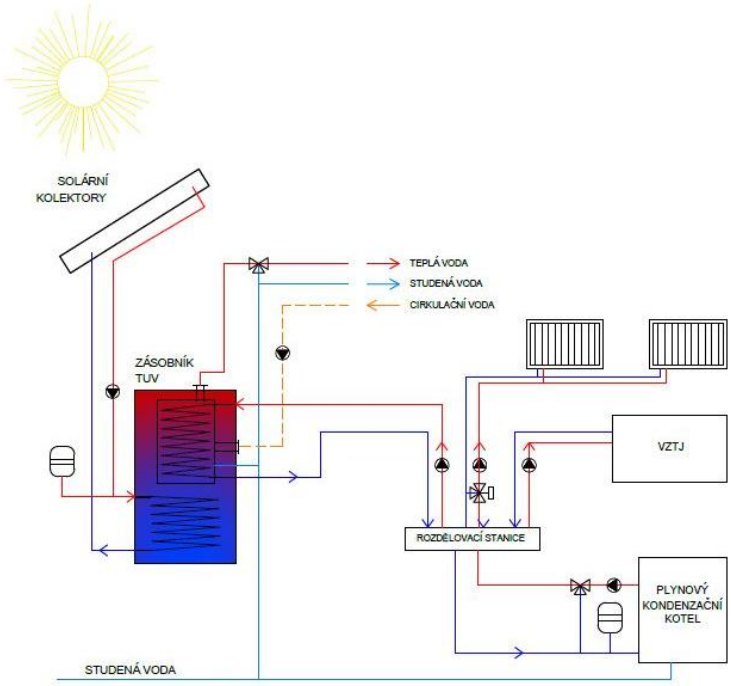


Obrázek 21: Minimální vzdálenost kolektorových polí, převzato z [38]

9.3 Systém větrání objektu

Do bytového domu byla navržena centrální vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla z odváděného vzduchu, která zajišťuje výměnu vzduchu v jednotlivých bytech. Jedná se o jednotku Duplex MultiEco 1 500. Pro prostory obchodů v 1. NP je navržena samostatná jednotka Duplex MulitEco 500 z důvodu odlišného režimu provozů. Přívod i odvod vzduchu k jednotkám je umístěn na fasádě. Rozvody vzduchotechniky a schéma zapojení je v samostatné části D.1.4 – Technika prostředí budov.

9.4 Schéma energetické koncepce budovy



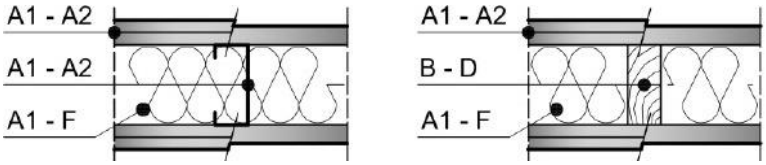
Obrázek 22: Schéma energetické koncepce budovy

10. Požární bezpečnost

Požární výška objektu je definována jako výška od podlahy prvního nadzemního podlaží do úrovně podlahy posledního nadzemního užitného podlaží. Pro dřevostavby je požární výška omezena hodnotou 12 m. Budova řešená v rámci diplomové práce má svislé i vodorovné nosné konstrukce z nehořlavých materiálů a tudíž není požární výška omezena. Požární výška objektu je 12,41 m.

10.1 Stavební konstrukce

Svislé a vodorovné nosné konstrukce jsou z nehořlavého materiálu a nesou označení DP1. Během požáru není ohrožena stabilita objektu. Obvodový plášť je ze smíšených konstrukcí, označován DP2, což znamená, že hořlavý dřevěný nosník je „opláštěn“ nehořlavými konstrukcemi. Vnitřní mezibytové stěny jsou z konstrukcí DP1, protože neobsahují dřevěné nosníky, ale jsou použity hliníkové profily. Tyto stěny musí být DP1, protože rozdělují požární úseky.



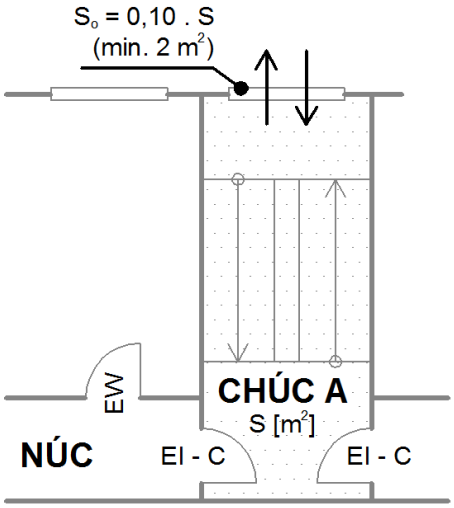
Obrázek 23: Typy konstrukcí, a) DP1, b) DP2, A1 – F jsou třídy reakce na oheň, převzato z [39]

10.2 Požární úseky

Každý požární úsek musí být oddělen nehořlavou konstrukcí DP1. Požárním úsekem je byt, úniková cesta, výtahová šachta, instalační šachty, strojovna VZT, kotelna, sklepní kóje a obchody.

10.3 Únikové cesty

Rozlišují se dva základní typy únikových cest – chráněná a nechráněná. V řešené budově je pouze chráněná úniková cesta splňující požadavek na mezní délku 120 m. Jedná se o chráněnou únikovou cestu typu A, která je větrána přirozeně okny. Větrací otvory jsou na každém podlaží. Obvodové konstrukce jsou železobetonové stěny DP1. Šířka schodiště (chráněné únikové cesty) je 1,2 m.



Obrázek 24: Chráněná úniková cesta typu A, převzato z [39]

10.4 Odstupové vzdálenosti

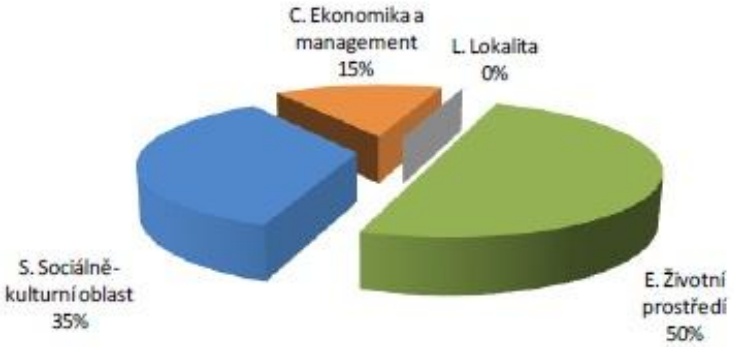
Odstupovými vzdálenostmi se určuje požárně nebezpečný prostor, který se hodnotí ze dvou hledisek – sálání tepla od požárně otevřených ploch na obvodovém plášti a odpadávání hořících částí konstrukcí. Požárně nebezpečný prostor je místo, kde se vyskytuje nebezpečí rozšíření požáru na další požární úseky či budovy. Určení odstupových vzdáleností vyžaduje podrobný výpočet, který v rámci práce nebyl prováděn. Při tvorbě projektové dokumentace pro stavební řízení by bylo nutné provést samostatné Požárně bezpečnostní řešení specialistou.

10.5 Technická zařízení

Chodba každého podlaží je vybavena hadicovým systémem v podobě nástěnných požárních hydrantů, které slouží především obyvatelům bytového domu k prvotnímu a rychlému zásahu.

11. Environmentální zhodnocení objektu

Jediný český nástroj pro hodnocení kvality budov a jejich dopad na životní prostředí se nazývá SBToolCZ. Metodika je založena na multikriteriálním pojetí. Jednotlivá kritéria zohledňují principy udržitelné výstavby a jsou rozdělena do čtyř základních skupin: environmentální kritéria, sociální kritéria, ekonomika, management a lokalita.



Obrázek 25: Váhy skupin kritérií, převzato z [39]

V rámci diplomové práce budou hodnoceny pouze dopady na životní prostředí, což znamená environmentální kritéria. Bude hodnoceno šest základních parametrů [39]:

- **PEI** Spotřeba primární energie [MJ]
- **GWP** Potenciál globálního oteplení [kg $CO_{2\ ekv.}$]
- **AP** Potenciál okyselování prostředí [g $SO_{2\ ekv.}$]
- **EP** Potenciál eutrofizace prostředí [g $(PO_4)^{3-}{}_{ekv.}$]
- **ODP** Potenciál ničení ozonové vrstvy [g R-11 $_{ekv.}$]
- **POCP** Potenciál tvorby přízemního ozonu [g $C_2H_{4\ ekv.}$]

Jednotlivé hodnoty jsou převzaty z internetových stránek *www.envimat.cz*, na kterých se nachází katalog materiálů a konstrukcí s přiřazenými parametry určující dopady jejich výroby na životní prostředí.

11.1 Zhodnocení budovy s nosným prefabrikovaným skeletem a obvodovým pláštěm na bázi dřeva

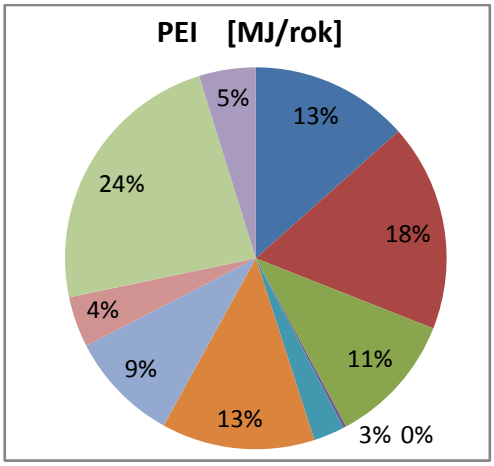
Výpočet byl proveden pro navrženou budovu. Popis konstrukcí je uveden v kapitole 7.2 Obálka budovy. V tabulce č. 2 jsou výsledky výpočtu environmentálního dopadu budovy ve fázi výstavby. Podrobný výpočet je uveden v příloze č. 2.

Tabulka 3: Environmentální dopad budovy ve fázi výstavby – varianta 1

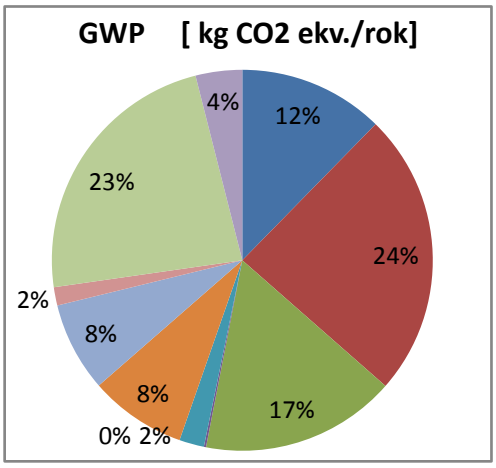
KONSTRUKCE	PEI	GWD	AP	EP	ODP	POCP
	[MJ/rok]	[kg CO_2 ekv./rok]	[g SO_2 ekv./rok]	[g $(PO_4)^{3-}$ ekv./rok]	[g R-11 ekv./rok]	[g C_2H_4 ekv./rok]
Základové konstrukce	15078,01	1040,70	3284,67	1596,89	0,065	375,16
Svislé nosné konstrukce	19718,06	2035,02	4241,72	1917,15	0,107	433,85
Vodorovné nosné konstrukce	12547,93	1399,47	3185,95	1431,90	0,052	332,64
Nosná konstrukce střechy	278,49	15,56	97,01	40,95	0,001	8,02
Nenosné obvodové konstrukce	2950,50	177,67	636,67	302,81	0,020	32,69
Tepelná izolace	14574,92	694,55	4145,12	921,73	0,043	469,05
Příčky	10559,74	641,16	2536,10	932,52	0,068	117,99
Střešní plášť	4819,92	131,08	698,53	255,61	0,032	48,82
Konstrukce podlah	26367,01	1965,95	5896,08	1863,89	0,091	377,88
Vnější výplně otvorů	5390,18	333,66	2052,52	715,63	0,026	97,32
CELKEM	**112284,75**	**8434,80**	**26774,39**	**9979,08**	**0,506**	**2293,42**

Na následující stránce jsou grafy znázorňující procentuální podíl dopadu konstrukce na životní prostředí pro jednotlivá kritéria. Konstrukcím byly přiřazeny barvy podle níže uvedené legendy:

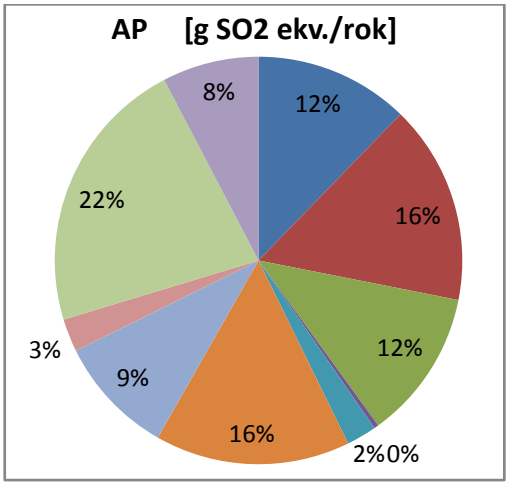
Graf 3: Spotřeba primární energie – V1



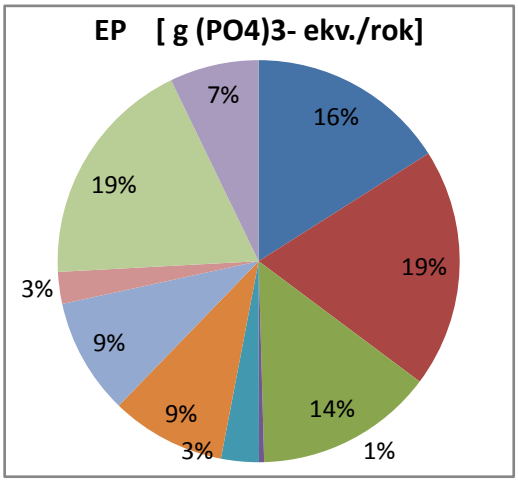
Graf 4: Potenciál globálního oteplení – V1



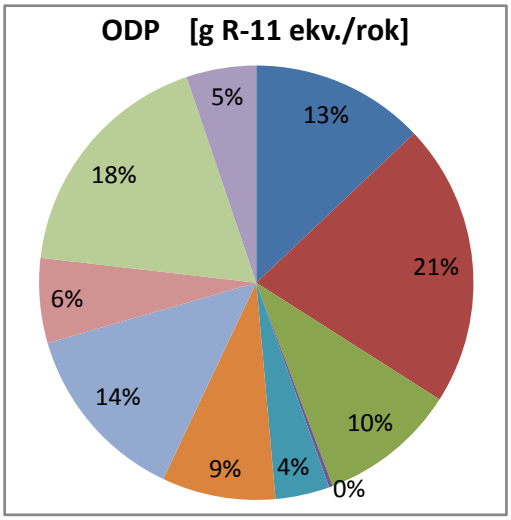
Graf 5: Potenciál okyselování prostředí – V1



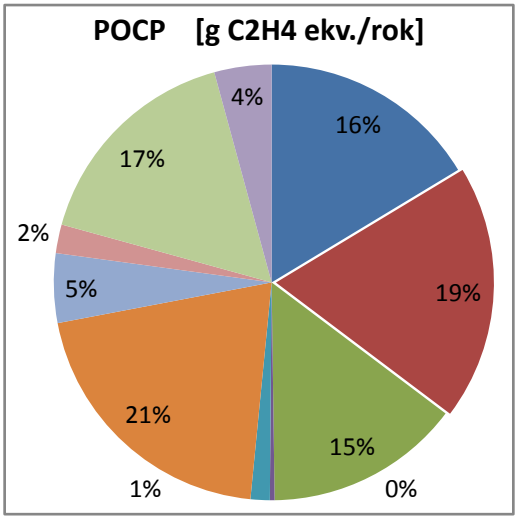
Graf 6: Potenciál eutrofizace prostředí – V1



Graf 7: Potenciál ničení ozonové vrstvy – V1



Graf 8: Potenciál tvorby přízemního ozonu – V1



11.2 Zhodnocení budovy se zděnými konstrukcemi s kontaktním zateplením

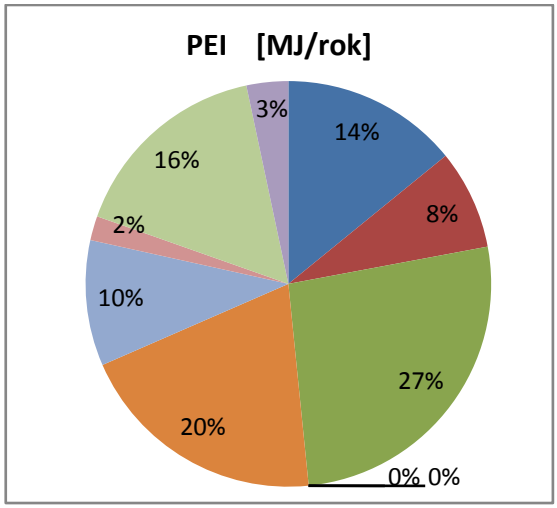
Pro porovnání byl proveden výpočet i pro budovu původní, tj. zděnou s železobetonovými monolitickými stropy. Obvodové stěny jsou z děrovaných keramických tvárnic tl. 365 mm zateplené pěnovým polystyrenem EPS 70F tl. 160 mm. Příčky jsou rovněž keramické v tloušťkách 115 mm a 240 mm. Střecha je plochá jednoplášťová zateplená pěnovým polystyrenem s minimální tloušťkou 300 mm. Celý výpočet je v příloze č. 3.

Tabulka 4: Environmentální dopad budovy ve fázi výstavby – varianta 2

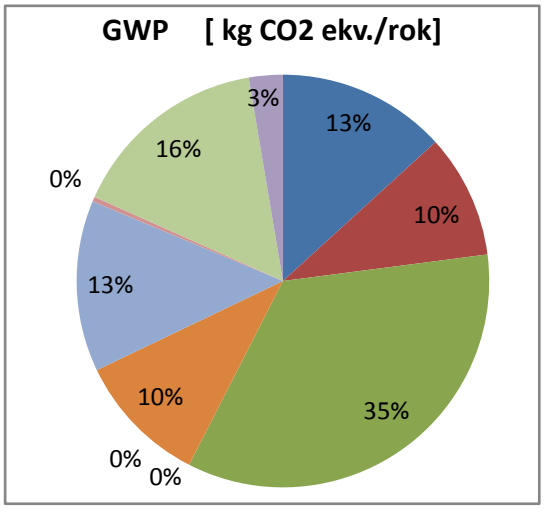
KONSTRUKCE	PEI	GWD	AP	EP	ODP	POCP
	[MJ/rok]	[kg CO_2 ekv./rok]	[g SO_2 ekv./rok]	[g $(PO_4)^{3-}$ ekv./rok]	[g R-11 ekv./rok]	[g C_2H_4 ekv./rok]
Základové konstrukce	22886,12	1662,55	5142,07	2572,21	0,092	611,70
Vodorovné nosné konstrukce	12852,15	1217,63	2739,47	855,38	0,089	196,28
Nosná konstrukce střechy	42686,96	4340,23	10677,13	5167,53	0,160	1239,16
Nenosné obvodové konstrukce	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tepelná izolace	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Příčky	32496,44	1302,70	4608,20	788,34	0,041	2089,00
Střešní plášť	16225,55	1683,75	3542,54	1060,04	0,111	236,29
Konstrukce podlah	3130,34	47,19	399,30	120,34	0,024	21,29
Vnější výplně otvorů	26367,01	1965,95	5896,08	1863,89	0,091	377,88
CELKEM	**162034,74**	**12553,65**	**35057,29**	**13143,36**	**0,63**	**4868,91**

Na následující stránce jsou grafy znázorňující procentuální podíl konstrukce na dopadu na životní prostředí pro jednotlivá kritéria. Konstrukcím byly přiřazeny barvy podle níže uvedené legendy:

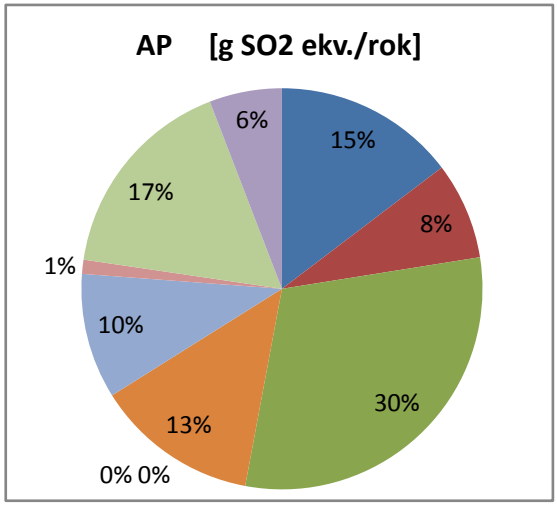
Graf 9: Spotřeba primární energie – V2



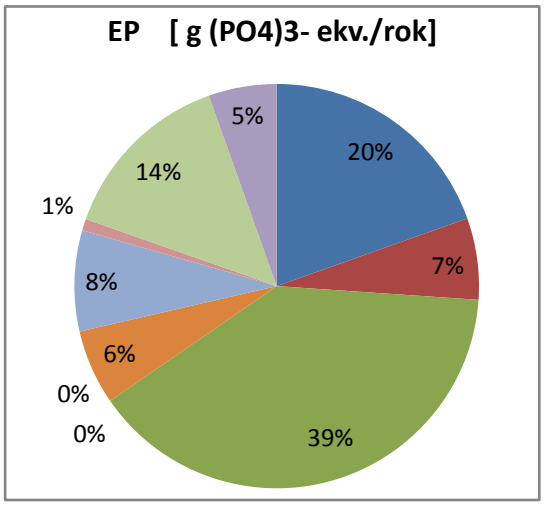
Graf 10: Potenciál globálního oteplení – V2



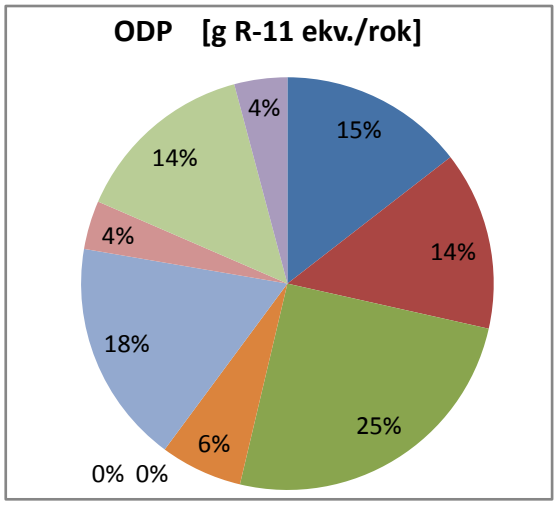
Graf 11: Potenciál okyselování prostředí – V2



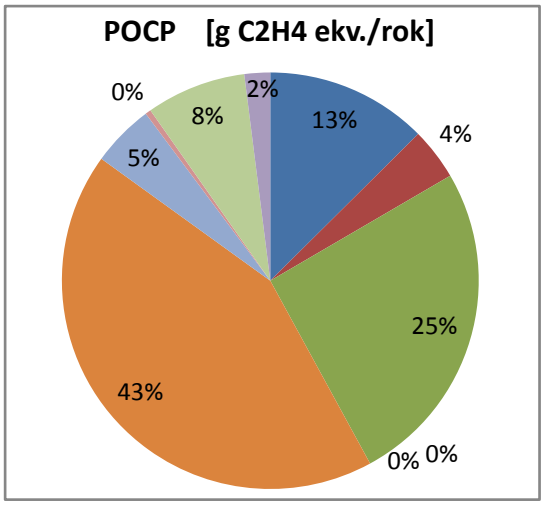
Graf 12: Potenciál eutrofizace prostředí – V2



Graf 13: Potenciál ničení ozonové vrstvy – V2



Graf 14: Potenciál tvorby přízemního ozonu – V2



11.3 Porovnání výsledků jednotlivých variant

Celkové výsledky dopadu budov jsou shrnuty do následujících tabulek. Dopad ve fázi provozu je pro obě varianty shodný. Z tabulek je patrné, že budova se zděnými obvodovými zdmi má větší dopad na životní prostředí ve všech kritériích.

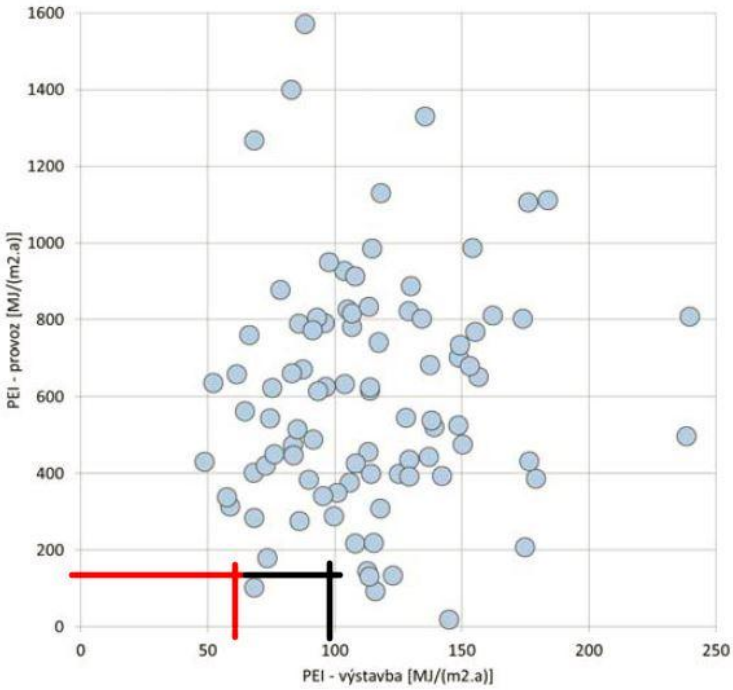
Tabulka 5: Celkový dopad budovy na životní prostředí - varianta 1

Kategorie dopadu	M.j.	výstavba	provoz	celkem	poměr
		v	p	v + p	v / (p+v)
PEI	MJ/(m^2.rok)	66,7361	175,8606	**242,5967**	**28 %**
GWP	kg/(m^2.rok)	5,0132	11,9628	**16,9760**	**30 %**
AP	g/(m^2.rok)	15,9133	24,7864	**40,6997**	**39 %**
EP	g/(m^2.rok)	5,9310	37,8490	**43,7800**	**14 %**
ODP	g/(m^2.rok)	0,0003	0,0002	**0,0005**	**57 %**
POCP	g/(m^2.rok)	1,3631	1,1722	**2,5353**	**54 %**

Tabulka 6: Celkový dopad budovy na životní prostředí - varianta 2

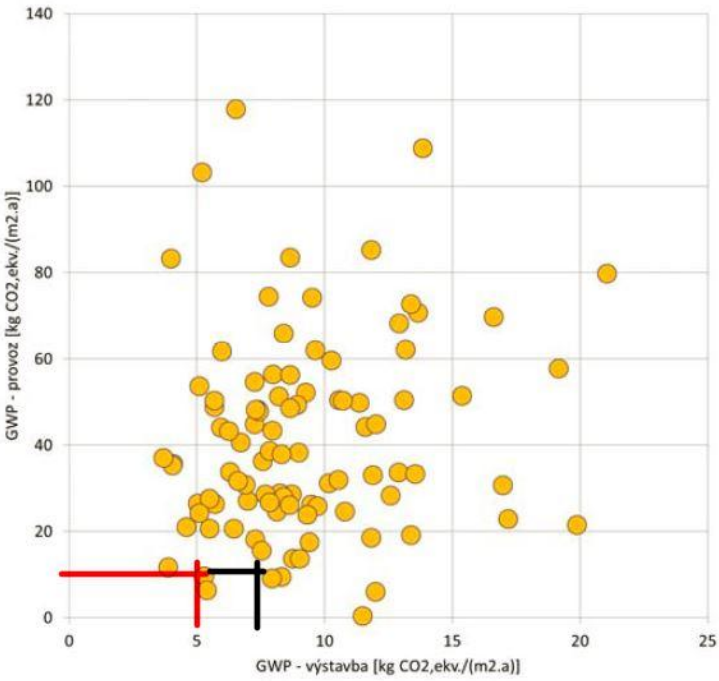
Kategorie dopadu	M.j.	výstavba	provoz	celkem	poměr
		v	p	v + p	v / (p+v)
PEI	MJ/(m^2.rok)	96,3048	175,8606	**272,1654**	**35 %**
GWP	kg/(m^2.rok)	7,4612	11,9628	**19,4240**	**38 %**
AP	g/(m^2.rok)	20,8362	24,7864	**45,6226**	**46 %**
EP	g/(m^2.rok)	7,8117	37,8490	**45,6607**	**17 %**
ODP	g/(m^2.rok)	0,0004	0,0002	**0,0006**	**62 %**
POCP	g/(m^2.rok)	2,8938	1,1722	**4,0660**	**71 %**

Výsledky jsou graficky znázorněny do grafů, které poskytl Ing. M. Vonka, Ph.D. Grafy 15 až 18 obsahují databázi výsledků, které zpracoval během několika posledních let v rámci cvičení předmětu *Integrované navrhování budov*. Červenou barvou jsou znázorněny výsledky pro variantu 1 a černou barvou výsledky varianty 2. Grafy jsou pouze pro čtyři kritéria.



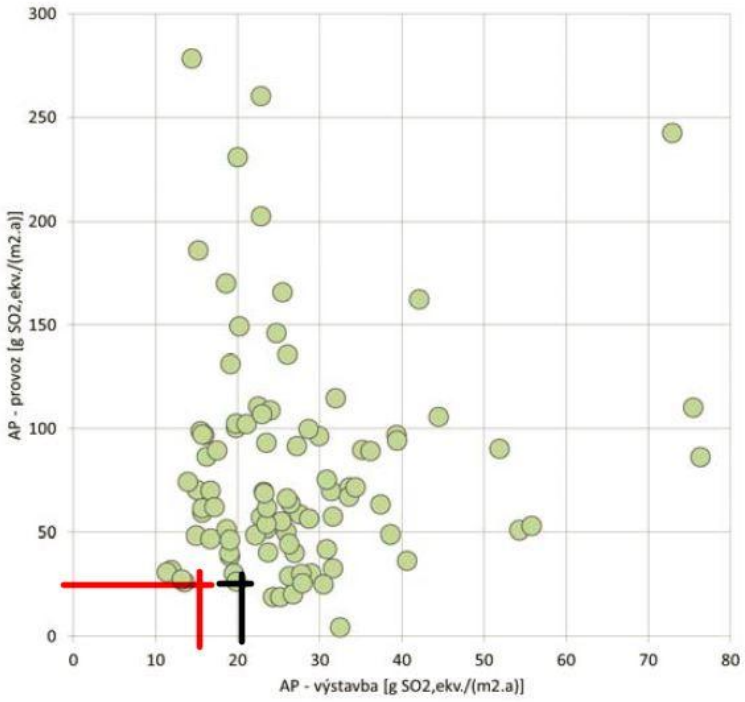
Graf 15: Výsledky – Spotřeba primární energie;

červeně – varianta 1 (nově navržená), černě – varianta 2 (původní)



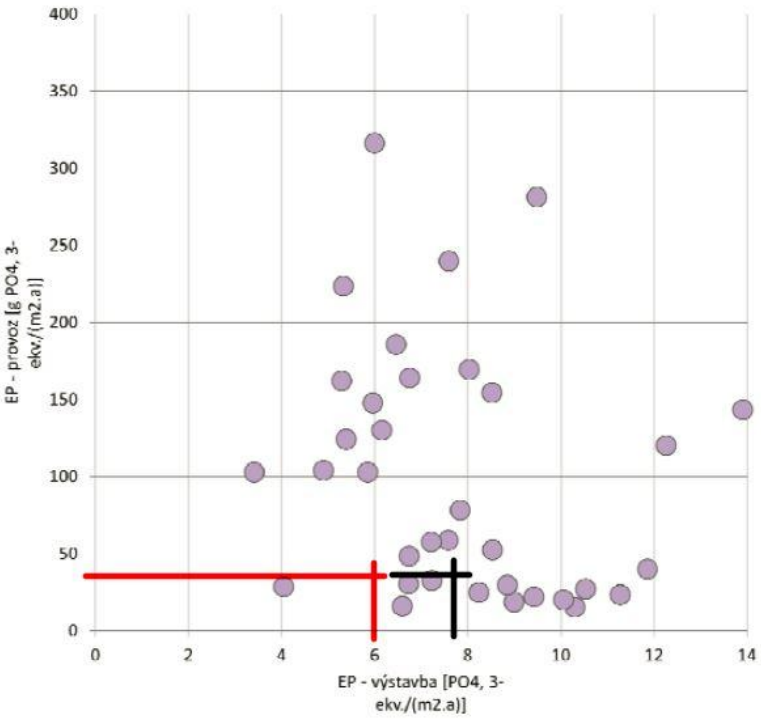
Graf 16: Výsledky – Potenciál globálního oteplení;

červeně – varianta 1 (nově navržená), černě – varianta 2 (původní)



Graf 17: Výsledky – Potenciál okyselování prostředí

červeně – varianta 1 (nově navržená), černě – varianta 2 (původní)



Graf 18: Výsledky – Potenciál eutrofizace prostředí

červeně – varianta 1 (nově navržená), černě – varianta 2 (původní)

12. Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh bytového domu ze subtilního prefabrikovaného skeletu a obvodového pláště na bázi dřeva na úrovni projektové dokumentace pro stavební řízení.

Návrh kombinace dvou odlišných systémů prokázal veliké množství výhod, ale samozřejmě i nevýhod. Nosný prefabrikovaný železobetonový skelet vyrobený z betonu vyšších pevností umožňuje návrh subtilnějších prvků, které je možné integrovat do obvodového pláště, aniž by nějak narušovaly interiér budovy. Vysoká kvalita betonu zaručuje mimo jiné i vysokou životnost konstrukce a bude tak možné objekt snadněji modernizovat. Další velkou výhodou systému je požární odolnost, která bývá u dřevostaveb velkým problémem.

Zhoršení vlastností obálky budovy vlivem přítomnosti železobetonových sloupů v tepelné izolaci je téměř zanedbatelné díky celkové tloušťce tepelné izolace a důmyslně vyřešeným detailům. Jednou ze zásadních nevýhod tohoto systému je nutnost dodržování technologické kázně a výrobních tolerancí, aby nedocházelo k nepřesnostem, které mohou způsobit poruchy.

Budova bytového domu byla dále posouzena z environmentálního hlediska. Ke srovnání výsledků byl použit původní návrh budovy vyzděný z keramických tvárnic a zateplený kontaktním zateplovacím systémem. Výsledky ukázaly, že řešená varianta s nosným železobetonovým skeletem a obvodovým pláštěm na bázi dřeva je šetrnější k životnímu prostředí.

13. Seznam zdrojů

[1] HÁJEK, Petr. Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě. *Časopis stavitelství* [online]. 2007, (11-12/07) [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope_N465

[2] BROTÁNKOVÁ, Klára a Aleš BROTÁNEK. *Jak se žije v nízkoenergetických a pasivních domech*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-3969-4.

[3] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů* [online]. Praha: © Grada Publishing, a.s., 2011 [cit. 2016-06-09]. ISBN 978-80-247-7521-0. Dostupné z: https://www.ereading.cz/nakladatele/data/ebooks/8390_preview.pdf

[4] TYWONIAK, Jan a kolektiv. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další* [online]. Praha: © Grada Publishing, a.s., 2012, s. 1-59 [cit. 2016-06-09]. ISBN 978-80-247-3832-1. Dostupné z: http://www.grada.cz/nizkoenergeticke-domy-3_6736/kniha/katalog/

[5] Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. *Www.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://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

[6] SMOLA, Josef. Dřevěné obvodové pláště pasivních budov. In: www.tzb-info.cz [online]. [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/7508-drevene-obvodove-plaste-pasivnich-budov

[7] Passivbürogebäude Energon. In: www.enob.info [online]. [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: http://www.enob.info/de/neubau/projekt/details/passivbuerogebaeude-energon/

[8] Energon - Technologie der Zukunft. In: www.energon-ulm.de [online]. [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: http://www.energon-ulm.de/Seiten/Passivhaus/passivhaus_frame.html

[9] SMOLA, Josef. Mezi administrativními budovami byl německý Energon první. In:www.pasivnidomy.cz [online]. 2012 [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: http://www.pasivnidomy.cz/mezi-administrativnimi-budovami-byl-nemecky-energon-prvni/t801

[10] Schematische Darstellung der Zulufterwärmung und Betonkerntemperierung. In: Wikipedia [online]. 2001 [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/Energon#/media/File:Grafik_erdsonden_l%C3%BCftung.001.jpg

[11] KOTALOVÁ, Kateřina. Pasívna materská škola. In: www.asb.sk [online]. 2012 [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: http://www.asb.sk/architektura/stavby/kulturne-sakralne/pasivna-materska-skola

[12] KATEŘINA, Mertenová a Augustin MARTIN. Stavby adaptované na změnu klimatu [online]. 2015 [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: http://www.sanceprobudovy.cz/assets/files/Reserse%20-%20stavby%20adaptovane%20na%20zmenu%20klimatu.pdf

[13] NOVÁK, Petr. Architektura pasivních domů na venkově [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=70835. Doktorská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Hana Urbášková.

[14] Bildungszentrum Tor zur Welt / Bof Architekten. Www.archdaily.com [online]. 2013 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.archdaily.com/404224/bildungszentrum-tor-zur-welt-bof-architekten

[15] Bildungszentrum Tor zur Welt [online]. Hamburg, 2013 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.iba-hamburg.de/fileadmin/Slideshows_post2013/02_Wissen/01_Whitepaper/131001_BildBildungszen_Tor_zur_Welt.pdf

[16] Bildungszentrum Tor zur Welt Hamburg-Wilhelmsburg. Www.german-architects.com [online]. Hamburg, 2013 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.german-architects.com/de/projects/42013_Bildungszentrum_Tor_zur_Welt

[17] Bildungszentrum „Tor zur Welt“ in Hamburg. Www.baunetzwissen.de [online]. [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.baunetzwissen.de/objektartikel/Boden-Bildungszentrum-Tor-zur-Welt-in-Hamburg_3287087.html

[18] Hamburg hat ein neues "Tor zur Welt". Www.ndr.de [online]. Hamburg, 2013 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.ndr.de/ratgeber/reise/hamburg/torzurwelt109.html

[19] Nízkoenergetický a nízkonákladový bytový dům - Sušice. In: www.unionarch.cz [online]. 2003 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.unionarch.cz/project/18

[20] KRIVOŠÍK, Juraj. Nízkoenergetický nízkonákladový bytový dům Sušice. Www.tzb-info.cz [online]. 2002 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/1162-nizkoenergeticky-nizkonakladovy-bytovy-dum-susice

[21] Bytový dům (nízkoenergetický) Sušice. Www.sumava.cz [online]. [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.sumava.cz/galerie_sekce/2628-bytovy-dum-nizkoenergeticky-susice/

[22] KAŇA, Zdeněk, David VAŠÍČEK a Martin JINDRÁK. Rekonstrukce základní školy na bytový dům energeticky pasivních parametrů - BD Dubňany. Www.tzb-info.cz [online]. 2011 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8051-rekonstrukce-zakladni-skoly-na-bytovy-dum-energeticky-pasivnich-parametru-bd-dubnany

[23] Dubňanské učiliště znovu ožije, změní se v byty i galerii. Www.ceskatelevize.cz [online]. 2012 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.ceskatelevize.cz/zpravodajstvi-brno/zpravy/166334-dubnanske-uciliste-znovu-ozije-zmeni-se-v-byty-i-galerii/

[24] Bytový dům Dubňany v pasivním standardu. Www.uspornebydleni.cz [online]. 2014 [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.uspornebydleni.cz/byty-na-prodej/

[25] TYWONIAK, Jan. Systémy budov. In: Www.kps.fsv.cvut.cz [online]. 2015 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: https://kps.fsv.cvut.cz/?Tok=6f307b61aef9c963527a1d4b765a6b79&Sign=1b03fbe1d21f987e57633428a6527cb7

[26] HÁJEK, Petr, Ctislav FIALA, Jan TYWONIAK a Vlastimil BÍLEK. Lehký prefabrikovaný skelet pro energeticky efektivní budovy [online]. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://docplayer.cz/9395629-Lehky-prefabrikovany-skelet-pro-energeticky-efektivni-budovy.html

[27] Kompozitní domy jsou budoucností stavitelství a Skeletsystem je jejich ideálním základem.Www.skeletsystem.cz [online]. [cit. 2016-06-10]. Dostupné z: http://www.skeletsystem.cz/kompozitni-stavba/

[28] Atrium Park Hůrka [online]. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://www.atrium-park-klatovy.cz/zakladni-informace.html

[29] Orientační mapa radonového indexu podloží 1:50 000. Www.geology.cz [online]. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=radon&y=834200&x=1107500&s=1

[30] Geologická mapa 1:50000. Www.geology.cz [online]. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z:http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=834200&x=1107500&s=1

[31] Stĺpové pätky HPKM. Www.peikko.sk [online]. [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: http://www.peikko.sk/product-sk/p=St%C4%BApov%C3%A9+p%C3%A4tky+HPKM

[32] Stenové pätky SUMO. Www.peikko.sk [online]. [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: http://www.peikko.sk/product-sk/p=Stenov%C3%A9+p%C3%A4tky+SUMO

[33] Konzolový systém PCS. Www.peikko.sk [online]. [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: http://www.peikko.sk/product-sk/p=Konzolov%C3%BD+syst%C3%A9m+PCs

[34] Dřevěná okna PROGRESSION. Www.slavona.cz [online]. [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: http://www.slavona.cz/okna-progression/

[35] TYWONIAK, Jan a kolektiv. Pozemní stavitelství VI pro SPŠ stavební: Stavební fyzika, zdravotní nezávadnost a požární bezpečnost. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-5102-3.

[36] SKŘIPSKÝ, Jiří a Viktor ZWIENER. Vzduchotěsnost dřevostaveb v souvislostech. In: Www.tzb-info.cz[online]. 2010 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/6758-vzduchotesnost-drevostaveb-v-souvislostech

[37] STANĚK, Kamil. Průměrný součinitel prostupu tepla: SPJ1 – Podklady pro cvičení. In: Www.ksp.fsv.cvut.cz[online]. 2016 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=vyuka&sub=obor&type=o-b&kod=124SPB1

[38] Solární soustava s kolektory KTU: Návod na montáž a provoz. In: Www.regulus.cz [online]. 2016 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/download/navody/cz/kolektory-trubicove-ktu---v1.3---a4---cz.pdf

[39] POKORNÝ, Marek. *Požární bezpečnost staveb: Sylabus pro praktickou výuku*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2014. ISBN 978-80-01-05456-7.

[40] VONKA, Martin. Český nástroj pro certifikaci kvality budov SBToolCZ a první certifikovaná budova X-LOFT. In: Www.tzb-info.cz [online]. 2011 [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/7167-cesky-nastroj-pro-certifikaci-kvality-budov-sbtoolcz-a-prvni-certifikovana-budova-x-loft

14. Seznam obrázků

Obrázek 1: Administrativní budova Energon 15
Obrázek 2: a) Obvodový plášť – Energon, b) Systém TZB - Energon 16
Obrázek 3: Hlavní vstup - MŠ Roberta Kocha 17
Obrázek 4: Jižní pohled - MŠ Roberta Kocha 17
Obrázek 5: Schéma konstrukce - MŠ Roberta Kocha 18
Obrázek 6: Vzdělávací centrum Tor zur Welt 19
Obrázek 7: Interiér vzdělávacího centra Tor zur Welt 20
Obrázek 8: Bytový dům v Sušici 21
Obrázek 9: Severní pohled na bytový dům v Sušici 22
Obrázek 10: Původní stav hornického učiliště v Dubňanech 23
Obrázek 11: Pasivní bytový dům v Dubňanech 24
Obrázek 12: Dům T 25
Obrázek 13: Konstrukční řešení rodinného domu T 26
Obrázek 14: Atrium Park Hůrka 28
Obrázek 15: Kotvení sloupu a stěny – Peikko 29
Obrázek 16: Kotvení průvlaku – Peikko PCS 30
Obrázek 17: Vzduchotěsná hranice 37
Obrázek 18: Detail soklu – výstup z programu Area 39
Obrázek 19: Detail rohu obvodového pláště – výstup z programu Area 40
Obrázek 20: Detail styku stěny a stropu – výstup z programu Area 40
Obrázek 21: Minimální vzdálenost kolektorových polí 43
Obrázek 22: Schéma energetické koncepce budovy 43
Obrázek 23: Typy konstrukcí, a) DP1, b) DP2, A1 – F jsou třídy reakce na oheň 44
Obrázek 24: Chráněná úniková cesta typu A 45
Obrázek 25: Váhy skupin kritérií 46

15. Seznam tabulek

Tabulka 1: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně 14

Tabulka 2: Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla konstrukcemi 38

Tabulka 3: Environmentální dopad budovy ve fázi výstavby – varianta 1 47

Tabulka 4: Environmentální dopad budovy ve fázi výstavby – varianta 2 49

Tabulka 5: Celkový dopad budovy na životní prostředí - varianta 1 51

Tabulka 6: Celkový dopad budovy na životní prostředí - varianta 2 51

16. Seznam grafů

Graf 1: Porovnání celkových tepelných ztrát a zisků 41

Graf 2: Potřeba tepla na vytápění během roku 42

Graf 3: Spotřeba primární energie – V1..... 48

Graf 4: Potenciál globálního oteplení – V1 48

Graf 5: Potenciál okyselování prostředí – V1..... 48

Graf 6: Potenciál eutrofizace prostředí – V1 48

Graf 7: Potenciál ničení ozonové vrstvy – V1 48

Graf 8: Potenciál tvorby přízemního ozonu – V1..... 48

Graf 9: Spotřeba primární energie – V2..... 50

Graf 10: Potenciál globálního oteplení – V2 50

Graf 11: Potenciál okyselování prostředí – V2..... 50

Graf 12: Potenciál eutrofizace prostředí – V2 50

Graf 13: Potenciál ničení ozonové vrstvy – V2 50

Graf 14: Potenciál tvorby přízemního ozonu – V2..... 50

Graf 15: Výsledky – Spotřeba primární energie..... 52

Graf 16: Výsledky – Potenciál globálního oteplení 52

Graf 17: Výsledky – Potenciál okyselování prostředí..... 53

Graf 18: Výsledky – Potenciál eutrofizace prostředí 53

17. Seznam použitých softwarů

AutoCAD 2014

Microsoft Office Word 2007

Microsoft Office Excel 2007

Teplo 2014 EDU, Svoboda software

Area 2014 EDU, Svoboda software

Energetika, Deksoft

18. Seznam příloh

Příloha č. 1: Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění

Příloha č. 2: Environmentální hodnocení budovy – varianta 1

Příloha č. 3: Environmentální hodnocení budovy – varianta 2

Příloha č. 1: Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění

1. Vstupní údaje

Počet osob	n_{os}	40	osob
Potřeba čerstvého vzduchu na osobu		30	$m^3/h \cdot os$
Součinitel průměrné obsazenosti	occup	0,7	-
Počet bytových jednotek	n_{byt}	15	bytů
Užitná podlahová plocha	A_f	1505,54	m^2
Objem vytápěné zóny	Va	5697,64	m^3
Násobnost výměny vzduchu	n_{50}	0,6	1/h
Součinitel větrné expozice	e	0,07	-
Účinnost rekuperace	η_{ZZT}	0,85	-
Objemová hmotnost vzduchu	ρ_a	1,2	kg/m^3
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_a	1010	J/kgK
Objemová tepelná kapacita vzduchu	$\rho_a \cdot c_a$	0,34	Wh/m^3K
Vliv tepelných vazeb	ΔU_{tb}	0,02	W/m^2K

2. Konstrukce

Název konstrukce	A_i [m^2]	U_i [W/m^2K]	b_i [-]	$H_{T,i}$ [W/K]	$U_{požadovaná}$ [W/m^2K]
Obvodová stěna 1.NP - 4.NP	685,34	0,106	1	72,65	0,18 - 0,12
Obvodová stěna 5.NP	192,44	0,129	1	24,82	0,18 - 0,12
Obvodová stěna - ztužující stěna	101,09	0,141	1	14,25	0,18 - 0,12
Obvodová stěna - vápenopísková	25,71	0,128	1	3,29	0,18 - 0,12
Stěna mezi budovami	199,61	0,277	0,62	34,28	0,5
Střecha	298,49	0,112	1	33,43	0,15 - 0,10
Terasa	53,01	0,111	1	5,88	0,15 - 0,10
Podlaha na zemině	351,70	0,141	0,81	40,17	0,22 - 0,15
Okna	183,81	0,75	1	137,9	0,8 - 0,6
Dveře	15,59	0,75	1	11,69	0,9
Σ	**2106,79**		Σ	**378,33**	

Měrný tepelný tok prostupem	H_T	**420,47**	**W/K**

Průměrný součinitel prostupu tepla	**Uem**	**0,20**	**[W/m^2K]**

$U_{em} = H_T/A$

3. Tepelná ztráta větráním Q_V

Měsíc	Počet dní [dny]	t [hod]	θ_i [°C]	θ_e [°C]	$\Delta\theta$ [°C]	Va [m^3/h]	H_V [W/K]	Q_V [kWh]
Leden	31	744	21	-2,6	23,6	365,30	122,98	2 159,41
Únor	28	672	21	-1,6	22,6	365,30	122,98	1 867,79
Březen	31	744	21	2,3	18,7	365,30	122,98	1 711,06
Duben	30	720	21	6,4	14,6	365,30	122,98	1 292,81
Květen	31	744	21	11,8	9,2	365,30	122,98	841,81
Červen	30	720	21	14,9	6,1	365,30	122,98	540,15
Červenec	31	744	21	17	4	365,30	122,98	366,00
Srpen	31	744	21	15,9	5,1	365,30	122,98	466,65
Září	30	720	21	12,2	8,8	365,30	122,98	779,23
Říjen	31	744	21	7,6	13,4	365,30	122,98	1 226,11
Listopad	30	720	21	2,4	18,6	365,30	122,98	1 647,01
Prosinec	31	744	21	1,1	19,9	365,30	122,98	1 820,86
Celkem za rok								**14 718,90**

4. Tepelná ztráta prostupem Q_T

Měsíc	Počet dní [dny]	t [hod]	θ_i [°C]	θ_e [°C]	$\Delta\theta$ [°C]	H_T [W/K]	Q_T [kWh]
Leden	31	744	21	-2,6	23,6	420,47	7 382,72
Únor	28	672	21	-1,6	22,6	420,47	6 385,71
Březen	31	744	21	2,3	18,7	420,47	5 849,86
Duben	30	720	21	6,4	14,6	420,47	4 419,94
Květen	31	744	21	11,8	9,2	420,47	2 878,01
Červen	30	720	21	14,9	6,1	420,47	1 846,69
Červenec	31	744	21	17	4	420,47	1 251,31
Srpen	31	744	21	15,9	5,1	420,47	1 595,42
Září	30	720	21	12,2	8,8	420,47	2 664,07
Říjen	31	744	21	7,6	13,4	420,47	4 191,88
Listopad	30	720	21	2,4	18,6	420,47	5 630,89
Prosinec	31	744	21	1,1	19,9	420,47	6 225,26
Celkem za rok							**50 321,75**

5. Solární tepelné zisky Q_{sol}

			jih	sever	východ	západ
Celková plocha okna	A_W	[m²]	25,24	0	63,18	110,98
Celková energetická propustnost zasklení	$g_\perp$	[-]	0,5	-	0,5	0,5
Korekční činitel pro zvýšené ztráty odrazem	F_W	[-]	0,9	-	0,9	0,9
Korekční součinitel rámu	F_F	[-]	0,75	-	0,75	0,75
Korekční součinitel clonění	F_C	[-]	1,0	-	1,0	1,0
Korekční činitel stínění	F_S	[-]	0,85	-	0,85	0,85
Dílčí činitel stínění horizontem	F_h	[-]	0,85	-	0,85	0,85
Dílčí činitel stínění markýzou	F_o	[-]	1,0	-	1,0	1,0
Dílčí činitel stínění bočními žebry	F_f	[-]	1,0	-	1,0	1,0
Plocha zasklení	A_{gl}	[m²]	18,93	-	47,39	83,24
Účinná solární sběrná plocha	A_S	[m²]	**6,33**	**0,00**	**17,84**	**32,80**

	Měsíční dávka ozáření na fasádu [kWh/m2]				Solární tepelné zisky Q_{sol} [kWh]				
Měsíc	jižní	severní	východní	západní	jižní	severní	východní	západní	celkem
Leden	31,2	8,6	14,1	14,0	197,44	0,00	251,33	457,81	906,58
Únor	50,9	14,1	23,0	25,6	322,16	0,00	409,60	839,01	1 570,78
Březen	68,8	24,1	45,0	44,7	435,29	0,00	802,15	1467,43	2 704,87
Duben	85,0	34,9	69,7	64,9	537,82	0,00	1243,24	2128,59	3 909,66
Květen	85,8	48,0	83,4	84,0	542,62	0,00	1488,05	2754,79	4 785,46
Červen	75,0	49,9	79,6	78,6	474,17	0,00	1419,88	2579,19	4 473,25
Červenec	77,2	48,7	82,3	85,7	488,12	0,00	1468,73	2809,21	4 766,06
Srpen	88,9	42,0	76,8	76,9	562,24	0,00	1369,00	2521,84	4 453,08
Září	75,5	28,8	50,7	53,5	477,89	0,00	904,19	1756,09	3 138,17
Říjen	72,5	18,8	35,4	36,6	458,90	0,00	631,01	1199,39	2 289,30
Listopad	36,3	10,0	16,9	15,9	229,95	0,00	302,07	522,18	1 054,19
Prosinec	23,6	6,5	10,2	9,8	149,17	0,00	182,62	321,91	653,70
Celkem za rok									**34 705,11**

6. Vnitřní tepelné zisky Q_{int}

Tepelný výkon za přítomnou osobu	0,1	kW/os
Tepelný výkon na bytovou jednotku	0,1	kW/byt

Vnitřní tepelné zisky Q_{int}	Q_{int}	**4,30**	**kW**

7. Celková bilance - vytápění

Měsíc	Tepelná ztráty Q_l větrání [kWh]	prostup [kWh]	celkem [kWh]
Leden	2 159,41	7 382,72	9 542,13
Únor	1 867,79	6 385,71	8 253,50
Březen	1 711,06	5 849,86	7 560,93
Duben	1 292,81	4 419,94	5 712,76
Květen	841,81	2 878,01	3 719,81
Červen	540,15	1 846,69	2 386,84
Červenec	366,00	1 251,31	1 617,31
Srpen	466,65	1 595,42	2 062,07
Září	779,23	2 664,07	3 443,31
Říjen	1 226,11	4 191,88	5 417,99
Listopad	1 647,01	5 630,89	7 277,90
Prosinec	1 820,86	6 225,26	8 046,12
Celkem za rok			**65 040,65**

Měsíc	Tepelná zisky Q_g solární [kWh]	vnitřní [kWh]	celkem [kWh]
Leden	906,58	3 199,20	4 105,78
Únor	1 570,78	2 889,60	4 460,38
Březen	2 704,87	3 199,20	5 904,07
Duben	3 909,66	3 096,00	7 005,66
Květen	4 785,46	3 199,20	7 984,66
Červen	4 473,25	3 096,00	7 569,25
Červenec	4 766,06	3 199,20	7 965,26
Srpen	4 453,08	3 199,20	7 652,28
Září	3 138,17	3 096,00	6 234,17
Říjen	2 289,30	3 199,20	5 488,50
Listopad	1 054,19	3 096,00	4 150,19
Prosinec	653,70	3 199,20	3 852,90
Celkem za rok			**72 373,11**

Užitná podlahová plocha vytápěné zóny	A_f	1505,54	m^2
Účinná vnitřní tepelná kapacita vyt. zóny	C_m	165609400	J/K

Měsíc	Q_l [kWh]	Q_g [kWh]	τ [h]	a [-]	γ [-]	η_g [-]	Celková bilance [kWh]
Leden	9 542,13	4 105,78	84,65	6,64	0,43	1,00	5 444,99
Únor	8 253,50	4 460,38	84,65	6,64	0,54	0,99	3 827,81
Březen	7 560,93	5 904,07	84,65	6,64	0,78	0,95	1 951,50
Duben	5 712,76	7 005,66	84,65	6,64	1,23	0,77	344,25
Květen	3 719,81	7 984,66	84,65	6,64	2,15	0,46	12,46
Červen	2 386,84	7 569,25	84,65	6,64	3,17	0,32	0,76
Červenec	1 617,31	7 965,26	84,65	6,64	4,93	0,20	0,03
Srpen	2 062,07	7 652,28	84,65	6,64	3,71	0,27	0,25
Září	3 443,31	6 234,17	84,65	6,64	1,81	0,55	30,20
Říjen	5 417,99	5 488,50	84,65	6,64	1,01	0,86	678,78
Listopad	7 277,90	4 150,19	84,65	6,64	0,57	0,99	3 171,03
Prosinec	8 046,12	3 852,90	84,65	6,64	0,48	1,00	4 208,35
Celkem za rok							**19 670,42**

Potřeba tepla na vytápění	**13,07**	**kWh/rok·m²**

Příloha č. 2: Environmentální hodnocení budovy – varianta 1

Typ konstrukce					hmotnost	životnost	PEI	PEI	GWP	GWP	AP	AP	EP	EP	ODP	ODP	POCP	POCP
					[kg]	[rok]	[MJ/kg]	[MJ/rok]	[kg CO_2 ekv./kg]	[kg CO_2 ekv./rok]	[g SO_2 ekv./kg]	[g SO_2 ekv./rok]	[g $(PO_4)^{3-}$ ekv./kg]	[g $(PO_4)^{3-}$ ekv./rok]	[g R-11 ekv./kg]	[g R-11 ekv./rok]	[g C_2H_4 ekv./kg]	[g C_2H_4 ekv./rok]
Základové konstrukce																		
Beton v základové desce	194,55	m^3	2 400	kg/m^3	466 920,00	80	0,483779	2823,57613	0,0669686	390,862234	0,138914	810,771561	0,037	215,9505	2,9507E-06	0,01722194	0,00518155	30,2421166
Výztuž	3,891	m^3	7 800	kg/m^3	30 349,80	80	22,5279	8546,46574	1,482	562,230045	5,0948	1932,82701	3,133	1188,57404	0,00006	0,02276235	0,81161	307,902515
KARI síť s oky 150x150 mm tl. 6 mm	73	ks	18	kg/ks	1 333,53	80	22,5279	375,520146	1,482	24,7036278	5,0948	84,925805	3,133	52,224336	0,00006	0,00100015	0,81161	13,5288201
Drcené pěnové sklo tl. 300 mm	105,51	m^3	1 900	kg/m^3	200 469,00	80	0,124287	311,446133	0,0043984	11,0217856	0,025413	63,6814837	0,009	22,5527625	4,8857E-07	0,00122429	0,0010997	2,75569699
Asfaltový pás (2x)	351,70	m^2	9,76	kg/m^2	3 432,59	50	43,4655	2983,98655	0,65521	44,9813721	5,5443	380,626397	1,671	114,717225	0,00033552	0,02303407	0,29556	20,2907378
Betonová dlažba tl. 50 mm	1,28	m^3	2 300	kg/m^3	2 932,50	50	0,631166	37,0178859	0,117658	6,9006417	0,201862	11,8392063	0,049	2,87385	3,9734E-06	0,00023304	0,00755438	0,44306439
					705 437,42			15078,0126		1040,69971		3284,67147		1596,89272		0,06547583		375,162951
Svislé nosné konstrukce																		
Železobetonové prefabrikované sloupy a stěny	116,21	m^3	2 400	kg/m^3	278 907,07	80	3,24998	11330,5301	0,4117	1435,32552	0,67442	2351,25634	0,233	812,316847	2,3165E-05	0,08076103	0,042531	148,277458
Výztuž	2,324	m^3	7 800	kg/m^3	18 128,96	80	22,5279	5105,09238	1,482	335,838978	5,0948	1154,5428	3,133	709,975383	0,00006	0,01359672	0,81161	183,920562
Peikko styky	1,162	m^3	7 800	kg/m^3	9 064,48	80	22,5279	2552,54619	1,482	167,919489	5,0948	577,271399	3,133	354,987692	0,00006	0,00679836	0,81161	91,960281
Zdivo vápenopískové tl. 240 mm	6,170	m^3	1 530	kg/m^3	9 440,71	50	1,27912	241,516071	0,13037	24,6157125	0,21284	40,1872228	0,057	10,7624117	1,1736E-05	0,00221592	0,02223	4,19734056
Dif. otevřená silikonová omítka tl. 6 mm	6,692	m^3	2 000	kg/m^3	13 383,30	40	1,45966	488,376692	0,21317	71,3229515	0,35407	118,465626	0,087	29,1086775	9,665E-06	0,00323374	0,016414	5,49183716
					328 924,52			19718,0614		2035,02265		4241,72339		1917,15101		0,10660577		433,847479
Vodorovné konstrukce a schodiště																		
Žb. prefabrikované panely tl. 300 mm	153,5	m^3	2 500	kg/m^3	383 751,00	80	0,690793	3313,65631	0,133156	638,734352	0,221713	1063,53232	0,054	259,031925	4,3918E-06	0,02106697	0,0082418	39,5349874
Vložka panelů (recyk. liaporbeton)	187,61	m^3	500	kg/m^3	93 805,80	80	0,344905	404,426118	0,055726	65,3427751	0,110009	128,993528	0,029	34,0046025	2,2098E-06	0,00259117	0,00400717	4,69869734
Zálivka - beton	1,05	m^3	2 400	kg/m^3	2 520,00	80	0,690793	21,7599795	0,133156	4,194414	0,221713	6,9839595	0,054	1,701	4,3918E-06	0,00013834	0,0082418	0,2596167
Výztuž panelů	3,07	m^3	7 800	kg/m^3	23 946,06	80	22,5279	6743,18124	1,482	443,600806	5,0948	1525,00498	3,133	937,787669	0,00006	0,01795955	0,81161	242,935796
Železobetonové prefabrikované překlady	9,624	m^3	2 400	kg/m^3	23 097,60	80	0,690793	199,445755	0,133156	38,4448003	0,221713	64,0129774	0,054	15,59088	4,3918E-06	0,001268	0,0082418	2,3795725
Výztuž průvlaků	0,19248	m^3	7 800	kg/m^3	1 501,34	80	22,5279	422,776594	1,482	27,8123976	5,0948	95,6130926	3,133	58,7963844	0,00006	0,00112601	0,81161	15,2313225
Peikko styky	0,096	m^3	7 800	kg/m^3	750,67	80	22,5279	211,388297	1,482	13,9061988	5,0948	47,8065463	3,133	29,3981922	0,00006	0,000563	0,81161	7,61566127
Prefabrikované železobetonové schodiště	7,392	m^3	2 400	kg/m^3	17 740,80	80	0,690793	153,190256	0,133156	29,5286746	0,221713	49,1670749	0,054	11,97504	4,3918E-06	0,00097393	0,0082418	1,82770157
Výztuž schodišťového ramene	0,11088	m^3	7 800	kg/m^3	864,86	80	22,5279	243,544621	1,482	16,0216056	0,221713	2,3968949	3,133	33,8702364	0,00006	0,00064865	0,81161	8,77415339
Vnitřní vápenocementová omítka tl. 10 mm	11,435	m^3	2 000	kg/m^3	22 870,00	40	1,45966	834,560605	0,21317	121,879948	0,35407	202,439523	0,087	49,74225	9,665E-06	0,00552596	0,016414	9,3847045
					570 848,14			12547,9298		1399,46597		3185,9509		1431,89818		0,05186158		332,642214
Nosná konstrukce střechy																		
Dřevěný vazník	10,151	m^3	400	kg/m^3	4 060,51	50	3,35264	272,268699	0,187358	15,2153881	1,16793	94,8478756	0,493	40,0366483	1,7339E-05	0,00140806	0,096565	7,84206683
Vodorovné ztužení	0,232	m^3	400	kg/m^3	92,74	50	3,35264	6,21820846	0,187358	0,34749663	1,16793	2,16618313	0,493	0,91437696	1,7339E-05	3,2158E-05	0,096565	0,17910104
					4 153,25			278,486907		15,5628848		97,0140587		40,9510253		0,00144022		8,02116786
Nenosné obvodové konstrukce																		
Sádrovláknitá deska Fermcell, tl. 15 mm	13,083	m^3	1 000	kg/m^3	13 082,69	50	4,72661	1236,73499	0,29296	76,654068	0,90989	238,076085	0,413	108,062978	3,5304E-05	0,00923742	0,038717	10,1304463
Sádrovláknitá deska Fermacell Vapor, tl. 13 mm	11,338	m^3	1 000	kg/m^3	11 338,33	50	4,72661	1071,837	0,29296	66,4335256	0,90989	206,332607	0,413	93,654581	3,5304E-05	0,00800577	0,038717	8,77972013
Dřevěné I-nosníky	6,566	m^3	495	kg/m^3	3 250,24	50	7,9543	517,067481	0,417879	27,1641303	2,35717	153,227305	1,073	69,7501235	3,841E-05	0,00249684	0,171402	11,1419484
Kotevní prvky	0,01	m^3	7 800	kg/m^3	78,00	50	22,5279	35,143524	1,482	2,31192	5,0948	7,947888	3,133	4,88748	0,00006	0,0000936	0,81161	1,2661116
Hliníkový rošt	0,180	m^3	2 700	kg/m^3	486,28	40	7,37959	89,714142	0,41988	5,1045077	2,5571	31,0868263	2,176	26,4537695	4,4835E-05	0,00054506	0,11324	1,37666584
					28 235,53			2950,49714		177,668152		636,670712		302,808932		0,02037869		32,6948923
Tepelná izolace																		
Dřevovláknitá deska tl. 60 mm	45,209	m^3	300	kg/m^3	13 562,71	30	5,09544	2303,59951	0,185353	83,7963119	0,629567	284,621197	0,235	106,241244	2,5519E-05	0,01153703	0,0399833	18,0760661
Minerální vata Isover Fassil tl. 280 mm	210,122	m^3	32	kg/m^3	6 723,91	30	20,1923	4525,70461	1,1331	253,961951	8,3583	1873,34761	1,83	410,1583	5,5368E-05	0,01240964	0,44541	99,8298407
Minerální vata Isover Uni tl. 40 mm	34,887	m^3	32	kg/m^3	1 116,39	30	20,1923	751,415468	1,1331	42,1660171	8,3583	311,037173	1,83	68,0997363	5,5368E-05	0,00206041	0,44541	16,5750293
Minerální vata Isover Uni tl. 120 mm	21,716	m^3	32	kg/m^3	694,92	30	20,1923	467,732499	1,1331	26,2470196	8,3583	193,610859	1,83	42,3899443	5,5368E-05	0,00128254	0,44541	10,3174345
Minerální vata Rockwool Frontrock tl. 160 mm	29,858	m^3	32	kg/m^3	955,45	30	20,1923	643,093417	1,1331	36,0874764	8,3583	266,198883	1,83	58,2826598	5,5368E-05	0,00176338	0,44541	14,1856172
Foukaná celulóza Isocel tl. 400 mm	121,16	m^3	50	kg/m^3	6 057,80	30	7,14406	1442,57622	0,36779	74,2666087	2,9049	586,576774	0,638	128,829213	0,00004046	0,00816995	0,12182	24,5987065
EPS 150S tl. 300 mm	18,182	m^3	30	kg/m^3	545,45	30	105,073	1910,38475	4,2121	76,5822962	14,9	270,90435	2,549	46,3446435	0,00013195	0,00239905	6,7545	122,806942
EPS 150S tl. 80 mm	24,082	m^3	30	kg/m^3	722,47	30	105,073	2530,41002	4,2121	101,437477	14,9	358,82776	2,549	61,3860376	0,00013195	0,00317767	6,7545	162,664571
					30 379,10			14574,9165		694,545158		4145,1246		921,731779		0,04279968		469,054207

Příčky																		
Sádrovláknitá deska Fermcell, tl. 15 mm	14,51	m^3	1 000	kg/m^3	14 511,30	30	4,72661	2286,30852	0,29296	141,707682	0,90989	440,122892	0,413	199,77223	3,5304E-05	0,0170769	0,038717	18,7278001
Sádrovláknitá deska Fermcell, tl. 12,5 mm	38,062	m^3	1 000	kg/m^3	38 062,00	30	4,72661	5996,80766	0,29296	371,688117	0,90989	1154,40777	0,413	523,986867	3,5304E-05	0,04479136	0,038717	49,1215485
Minerální vata Isover Uni, tl. 60 mm	29,0226	m^3	32	kg/m^3	928,72	30	20,1923	625,101916	1,1331	35,0778753	8,3583	258,751571	1,83	56,6521152	5,5368E-05	0,00171405	0,44541	13,7887534
Minerální vata Isover Uni, tl. 100 mm	76,124	m^3	32	kg/m^3	2 435,97	30	20,1923	1639,59322	1,1331	92,0065114	8,3583	678,685044	1,83	148,594048	5,5368E-05	0,00449582	0,44541	36,1668169
Hliníkový rošt	0,030	m^3	2 700	kg/m^3	80,82	50	7,37959	11,9278456	0,41988	0,67866424	2,5571	4,13311498	2,176	3,51713198	4,4835E-05	7,2468E-05	0,11324	0,1830331
					56 018,81			10559,7392		641,15885		2536,10039		932,522392		0,0681506		117,987952
Střešní plášť																		
2x asfaltový modifikovaný pás	369,0	m^2	9,76	kg/m^2	3 600,95	50	43,4655	3130,34358	0,65521	47,1875952	5,5443	399,295163	1,671	120,343816	0,00033552	0,02416383	0,29556	21,2859475
OSB deska tl. 18 mm	5,452	m^3	650	kg/m^3	3 543,81	50	12,5057	886,357245	0,481323	34,1143741	2,03708	144,380612	0,917	64,9935304	2,4611E-05	0,00174432	0,295185	20,9216088
Sádrovláknitá deska Fermacell Vapor, tl. 13 mm	3,938	m^3	1 000	kg/m^3	3 937,57	50	4,72661	372,227155	0,29296	23,0710101	0,90989	71,6551113	0,413	32,5243282	3,5304E-05	0,00278024	0,038717	3,04901795
Hliníkové profily podhledu	0,056	m^3	400	kg/m^3	22,30	50	3,35264	1,49522112	0,187358	0,08355852	1,16793	0,52087716	0,493	0,21986972	1,7339E-05	7,7327E-06	0,096565	0,04306637
Sádrovláknitá deska Fermcell, tl. 15 mm	4,543	m^3	1 000	kg/m^3	4 543,35	50	4,72661	429,492871	0,29296	26,6203963	0,90989	82,6789746	0,413	37,528071	3,5304E-05	0,00320797	0,038717	3,51809764
					15 647,98			4819,91607		131,076934		698,530738		255,609615		0,03190409		48,8177382
Konstrukce podlah																		
Betonová mazanina tl. 50 mm	69,30	m^3	2 400	kg/m^3	166 320,00	30	0,98422	5456,51568	0,1704	944,6976	0,31388	1740,15072	0,082	454,608	6,535E-06	0,03623004	0,012107	67,121208
KARI síť s oky 150x150x6 mm	277	ks	18,2	kg/ks	5 045,04	30	22,5279	3788,47189	1,482	249,224976	5,0948	856,782326	3,133	526,870344	0,00006	0,01009008	0,81161	136,48683
Minerální vata Isover T-N tl. 40 mm	55,44	m^3	100	kg/m^3	5 544,00	30	20,1923	3731,53704	1,1331	209,39688	8,3583	1544,61384	1,83	338,184	5,5368E-05	0,01023201	0,44541	82,311768
Keramická dlažba tl. 10 mm	5,042	m^3	2 200	kg/m^3	11 091,5	30	14,1064	5215,38059	0,78173	289,019131	2,7697	1024,0061	1,161	429,241824	9,1639E-05	0,03388053	0,13268	49,0540958
Koberec tl. 8 mm	3,139	m^3	160	kg/m^3	502,21	10		0		0		0		0		0		0
PVC tl. 4 mm	1,946	m^3	1 400	kg/m^3	2 724,76	20	60,006	8175,10943	2,0083	273,607177	5,3621	730,522852	0,844	114,985041	3,4371E-06	0,00046826	0,31491	42,9027716
					191 227,54			26367,0146		1965,94576		5896,07584		1863,88921		0,09090092		377,876674
Vnější výplně otvarů																		
Dřevěný rám	569,6	m	4	kg/m	2 278,40	30	28,9124	2195,80041	1,63466	124,146978	8,5015	645,660587	3,969	301,43232	0,00013152	0,00998858	0,517781	39,323741
Zasklení, trojsklo	141,7	m^2	17	kg/m^2	2 408,88	30	29,0637	2333,70176	1,89257	151,96599	12,7707	1025,4374	3,505	281,437831	0,00015283	0,01227189	0,495167	39,7599789
Dřevěné vstupní dveře	15,6	m^2	45	kg/m^2	701,55	30	36,8045	860,673233	2,46077	57,5451065	16,3107	381,42572	5,677	132,756645	0,00017274	0,00403957	0,779644	18,2319749
					5 388,83			5390,1754		333,658075		2052,52371		715,626796		0,02630005		97,3156949

Příloha č. 3: Environmentální hodnocení budovy – varianta 2

Typ konstrukce					hmotnost	životnost	PEI	PEI	GWP	GWP	AP	AP	EP	EP	ODP	ODP	POCP	POCP
					[kg]	[rok]	[MJ/kg]	[MJ/rok]	[kg CO_2 ekv./kg]	[kg CO_2 ekv./rok]	[g SO_2 ekv./kg]	[g SO_2 ekv./rok]	[g $(PO_4)^{3-}$ ekv./kg]	[g $(PO_4)^{3-}$ ekv./rok]	[g R-11 ekv./kg]	[g R-11 ekv./rok]	[g C_2H_4 ekv./kg]	[g C_2H_4 ekv./rok]
Základové konstrukce																		
Beton v základových patkách a pásech	136,344	m^3	2 400	kg/m^3	327 225,60	50	0,483779	3166,09747	0,0669686	438,276806	0,138914	909,12434	0,037	242,146944	2,9507E-06	0,01931109	0,00518155	33,9107162
Výztuž	4,090	m^3	7 800	kg/m^3	31 904,50	50	22,5279	14374,8259	1,482	945,649261	5,0948	3250,94052	3,133	1999,13572	0,00006	0,0382854	0,81161	517,88016
Podkladní beton tl. 150 mm	52,76	m^3	2 400	kg/m^3	126 612,00	50	0,483779	1225,04453	0,0669686	169,580568	0,138914	351,763587	0,037	93,69288	2,9507E-06	0,00747196	0,00518155	13,1209282
KARI síť s oky 150x150 mm tl. 6 mm	73	ks	18	kg/ks	1 333,53	50	22,5279	600,832234	1,482	39,5258045	5,0948	135,881288	3,133	83,5589376	0,00006	0,00160024	0,81161	21,6461121
Dcené pěnové sklo tl. 300 mm	105,51	m^3	1 900	kg/m^3	200 469,00	50	0,124287	498,313812	0,0043984	17,634857	0,025413	101,890374	0,009	36,08442	4,8857E-07	0,00195886	0,0010997	4,40911519
Asfaltový pás (2x)	351,70	m^2	9,76	kg/m^2	3 432,59	50	43,4655	2983,98655	0,65521	44,9813721	5,5443	380,626397	1,671	114,717225	0,00033552	0,02303407	0,29556	20,2907378
Betonová dlažba tl. 50 mm	1,28	m^3	2 300	kg/m^3	2 932,50	50	0,631166	37,0178859	0,117658	6,9006417	0,201862	11,8392063	0,049	2,87385	3,9734E-06	0,00023304	0,00755438	0,44306439
					693 909,72			22886,1184		1662,54931		5142,06572		2572,20998		0,09189464		611,700834
Svislé nosné konstrukce																		
Zdivo 365 mm	343,14	m^3	700	kg/m^3	240 194,53	50	2,5737	12363,7731	0,23862	1146,30437	0,5456	2621,00269	0,172	826,269176	1,7802E-05	0,08551886	0,039715	190,786514
Dif. otevřená silikonová omítka tl. 6 mm	6,692	m^3	2 000	kg/m^3	13 383,30	40	1,45966	488,376692	0,21317	71,3229515	0,35407	118,465626	0,087	29,1086775	9,665E-06	0,00323374	0,016414	5,49183716
					253 577,83			12852,1498		1217,62732		2739,46832		855,377854		0,0887526		196,278351
Vodorovné konstrukce a schodiště																		
Železobetonový strop tl. 300 mm	340,594	m^3	2 400	kg/m^3	817 425,6	50	0,690793	11293,4377	0,133156	2176,90246	0,221713	3624,67764	0,054	882,819648	4,3918E-06	0,0717994	0,0082418	134,741166
Výztuž stropu	8,51	m^3	7 800	kg/m^3	66 415,83	50	22,5279	29924,1835	1,482	1968,5652	5,0948	6767,50741	3,133	4161,61591	0,00006	0,079699	0,81161	1078,07504
Prefabrikované železobetonové schodiště	7,392	m^3	2 400	kg/m^3	17 740,80	50	0,690793	245,104409	0,133156	47,2458793	0,221713	78,6673198	0,054	19,160064	4,3918E-06	0,00155828	0,0082418	2,92432251
Výztuž schodišťového ramene	0,11088	m^3	7 800	kg/m^3	864,86	50	22,5279	389,671394	1,482	25,634569	0,221713	3,83503184	3,133	54,1923782	0,00006	0,00103784	0,81161	14,0386454
Vnitřní vápenocementová omítka tl. 10 mm	11,435	m^3	2 000	kg/m^3	22 870,00	40	1,45966	834,560605	0,21317	121,879948	0,35407	202,439523	0,087	49,74225	9,665E-06	0,00552596	0,016414	9,3847045
					925 317,1			42686,9576		4340,22806		10677,1269		5167,53025		0,15962047		1239,16387
Nosná konstrukce střechy																		
					0,00			0		0		0		0		0		0
Nenosné obvodové konstrukce																		
					0,00			0		0		0		0		0		0
Tepelná izolace																		
EPS GrayWall tl. 180 mm	169,217	m^3	30	kg/m^3	5 076,52	30	105,073	17780,1673	4,2121	712,760105	14,9	2521,33747	2,549	431,334847	0,00013195	0,02232822	6,7545	1142,97812
EPS 150S tl. 300 mm	115,975	m^3	30	kg/m^3	3 479,26	30	105,073	12185,8622	4,2121	488,49914	14,9	1728,03048	2,549	295,620785	0,00013195	0,01530293	6,7545	783,354488
EPS 150S tl. 80 mm	24,082	m^3	30	kg/m^3	722,47	30	105,073	2530,41002	4,2121	101,437477	14,9	358,82776	2,549	61,3860376	0,00013195	0,00317767	6,7545	162,664571
					9 278,25			32496,4395		1302,69672		4608,19571		788,341669		0,04080882		2088,99718
Příčky																		
Zdivo keramické, tl. 115 mm	111,25	m^3	850	kg/m^3	94 565,31	50	2,5737	4867,65451	0,23862	451,303462	0,5456	1031,89661	0,172	325,304649	1,7802E-05	0,03366903	0,039715	75,1132218
Zdivo keramické AKU, tl. 240 mm	182,6976	m^3	850	kg/m^3	155 292,96	50	2,5737	7993,54982	0,23862	741,120122	0,5456	1694,55678	0,172	534,207782	1,7802E-05	0,05529051	0,039715	123,349198
Omítka vápenocementová, tl. 10 mm	34,5732	m^3	2 000	kg/m^3	69 146,40	30	1,45966	3364,34114	0,21317	491,33127	0,35407	816,088862	0,087	200,52456	9,665E-06	0,02227667	0,016414	37,8323003
					319 004,67			16225,5455		1683,75485		3542,54225		1060,03699		0,1112362		236,29472
Střešní plášť																		
2x asfaltový modifikovaný pás	369,0	m^2	9,76	kg/m^2	3 600,95	50	43,4655	3130,34358	0,65521	47,1875952	5,5443	399,295163	1,671	120,343816	0,00033552	0,02416383	0,29556	21,2859475
					3 600,95			3130,34358		47,1875952		399,295163		120,343816		0,02416383		21,2859475
Konstrukce podlah																		
Betonová mazanina tl. 50 mm	69,30	m^3	2 400	kg/m^3	166 320,00	30	0,98422	5456,51568	0,1704	944,6976	0,31388	1740,15072	0,082	454,608	6,535E-06	0,03623004	0,012107	67,121208
KARI síť s oky 150x150x6 mm	277	ks	18,2	kg/ks	5 045,04	30	22,5279	3788,47189	1,482	249,224976	5,0948	856,782326	3,133	526,870344	0,00006	0,01009008	0,81161	136,48683
Minerální vata Isover T-N tl. 40 mm	55,44	m^3	100	kg/m^3	5 544,00	30	20,1923	3731,53704	1,1331	209,39688	8,3583	1544,61384	1,83	338,184	5,5368E-05	0,01023201	0,44541	82,311768
Keramická dlažba tl. 10 mm	5,042	m^3	2 200	kg/m^3	11 091,5	30	14,1064	5215,38059	0,78173	289,019131	2,7697	1024,0061	1,161	429,241824	9,1639E-05	0,03388053	0,13268	49,0540958
Koberec tl. 8 mm	3,139	m^3	160	kg/m^3	502,21	10		0		0		0		0		0		0
PVC tl. 4 mm	1,946	m^3	1 400	kg/m^3	2 724,76	20	60,006	8175,10943	2,0083	273,607177	5,3621	730,522852	0,844	114,985041	3,4371E-06	0,00046826	0,31491	42,9027716
					191 227,54			26367,0146		1965,94576		5896,07584		1863,88921		0,09090092		377,876674
Vnější výplně otvarů																		
Dřevěný rám	569,6	m	4	kg/m	2 278,40	30	28,9124	2195,80041	1,63466	124,146978	8,5015	645,660587	3,969	301,43232	0,00013152	0,00998858	0,517781	39,323741
Zasklení, trojsklo	141,7	m^2	17	kg/m^2	2 408,88	30	29,0637	2333,70176	1,89257	151,96599	12,7707	1025,4374	3,505	281,437831	0,00015283	0,01227189	0,495167	39,7599789
Dřevěné vstupní dveře	15,6	m^2	45	kg/m^2	701,55	30	36,8045	860,673233	2,46077	57,5451065	16,3107	381,42572	5,677	132,756645	0,00017274	0,00403957	0,779644	18,2319749
					5 388,83			5390,1754		333,658075		2052,52371		715,626796		0,02630005		97,3156949