

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Barbora Motlová

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Motlová** Jméno: **Barbora** Osobní číslo: **468656**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Projektový management a inženýring**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Ekonomicko-ekologické posouzení udržitelné výstavby rodinného domu

Název diplomové práce anglicky:

Economic-ecological assessment of sustainable family house construction

Pokyny pro vypracování:

Udržitelný rozvoj, udržitelná výstavba, energetická náročnost budov, zdroje energie, alternativní zdroje energie, odpadové hospodářství, vnitřní mikroklima budov, stavební materiály, rozpočet, náklady, náklady životního cyklu stavby

Seznam doporučené literatury:

MOLDAN, Bedřich. Ekologická dimenze udržitelného rozvoje. Praha: Karolinum, 2001. ISBN 80-246-0246-6.
SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. Udržitelné pořizování staveb: ekonomické aspekty. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011. ISBN 978-80-7357-642-4.
KOČÍ, Vladimír. LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví. Praha: Česká rada pro šetrné budovy, 2012. ISBN 978-80-260-3504-6.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Lucie Brožová, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSv

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

Datum zadání diplomové práce: **27.09.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **02.01.2022**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Lucie Brožová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

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

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma Ekonomicko-ekologické posouzení udržitelné výstavby rodinného domu vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady uvedené v soupisu citované literatury.

V Praze, dne 02. 01. 2022

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce Ing. Lucii Brožové, Ph.D. za cenné rady a podnětné komentáře, které mi napomohly při tvorbě této diplomové práce.

V Praze, dne 02. 01. 2022

Podpis

EKONOMICKO-EKOLOGICKÉ POSOUZENÍ UDRŽITELNÉ
VÝSTAVBY RODINNÉHO DOMU

ECONOMIC-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF
SUSTAINABLE FAMILY HOUSE CONSTRUCTION

Anotace

Tato práce se zabývá tematikou udržitelné výstavby, konkrétně udržitelnou výstavbou rodinných domů, alternacemi materiálů s ohledem na emise CO₂, návrhy dalších ekologických opatření a vliv na cenu. V práci je obsažena tematika udržitelného rozvoje. Dále jsou rozebrány zásady navrhování udržitelných staveb. V praktické části jsou pak opatření aplikovány na referenční rodinný dům, a následně srovnány ceny a emise CO₂ obou variant a důsledky zhodnoceny.

Annotation

This work deals with the topic of recycling in construction, specifically recycled materials in construction, the exchange of traditional materials and the impact on the total cost of construction. The thesis contains the topic of recycling in general and sustainable development. The thesis contains the topic of recycling in general and sustainable development. Furthermore, recycled building materials, their production and use are analysed. Furthermore, the materials are applied to the family house, and then the prices of both variants are compared and the impact on the price of the building is evaluated.

Klíčová slova

Udržitelný rozvoj, udržitelná výstavba, energetická náročnost budov, zdroje energie, alternativní zdroje energie, odpadové hospodářství, emise CO₂, hospodaření s vodou, vnitřní mikroklima budov, stavební materiály, rozpočet, náklady, náklady životního cyklu stavby

Key words

Sustainable development, sustainable construction, energy performance of buildings, energy sources, alternative energy sources, waste management, CO₂ emissions, water management, microclimate of buildings, building materials, budget, costs, construction life cycle costs

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod | 1 |
| 1 Koncepce trvale udržitelného rozvoje a udržitelné výstavby | 2 |
| 1.1 Legislativa | 3 |
| 1.1.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepřacování) | 3 |
| 1.1.2 Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí..... | 3 |
| 1.1.3 Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií | 3 |
| 1.1.4 Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech | 3 |
| 2 Udržitelná výstavba | 4 |
| 2.1 Energetická náročnost budov..... | 5 |
| 2.1.1 BREEM..... | 5 |
| 2.1.2 LEED | 6 |
| 2.1.3 PENB..... | 7 |
| 2.1.4 Možnosti snižování energetické náročnosti budov | 8 |
| 2.2 Hodnocení životního cyklu (LCA)..... | 8 |
| 2.2.1 Životní cyklus stavebních materiálů | 9 |
| 2.2.2 Životní cyklus stavby | 9 |
| 2.3 Spotřeba energie ve stavebnictví..... | 11 |
| 2.3.1 Alternativní zdroje energie a jejich využití | 11 |
| 3 Zásady navrhování udržitelných budov..... | 13 |
| 3.1 Stavební konstrukce a materiály | 13 |
| 3.1.1 Obnovitelné a přírodní zdroje materiálů | 14 |
| 3.1.2 Životnost materiálů a konstrukcí | 14 |
| 3.1.3 Recyklace materiálů | 14 |
| 3.1.4 Energetická bilance | 15 |
| 3.2 Voda a její využití | 19 |
| 3.3 Vnitřní mikroklima budov | 20 |
| 3.3.1 Tepelně-vlhkostní mikroklima..... | 20 |
| 3.3.2 Světelné mikroklima | 20 |
| 3.3.3 Akustické mikroklima..... | 21 |
| 3.3.4 Oděrové mikroklima | 21 |
| 3.3.5 Psychické | 21 |
| 4 Referenční objekt | 22 |
| 4.1 Výkopové práce..... | 24 |
| 4.2 Základové konstrukce | 24 |
| 4.3 Svislé konstrukce | 24 |
| 4.4 Vodorovné konstrukce a střecha..... | 24 |
| 4.5 Vnitřní úpravy povrchů | 25 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.6 | Vnější úpravy povrchů..... | 25 |
| 4.7 | Podlahové konstrukce..... | 26 |
| 5 | Praktická část..... | 27 |
| 5.1 | Změny v projektu na cestě k udržitelnosti..... | 28 |
| 5.1.1 | Beton..... | 28 |
| 5.1.2 | Ocelová výztuž..... | 30 |
| 5.1.3 | Pórobetonové tvárnice Ytong..... | 31 |
| 5.1.4 | Tepelná izolace..... | 32 |
| 5.1.5 | Obklad fasády..... | 38 |
| 5.1.6 | Zelená střecha..... | 40 |
| 5.1.7 | Zdroj energie pro vytápění a ohřev TUV..... | 43 |
| 5.1.8 | Akumulační nádrž na dešťovou vodu..... | 43 |
| 5.2 | Náklady na provoz objektu..... | 44 |
| 5.2.1 | Náklady na obnovu a údržbu rodinného domu..... | 44 |
| 5.2.2 | Pojištění nemovitosti..... | 49 |
| 5.2.3 | Daň z nemovitosti..... | 50 |
| 5.2.4 | Náklady na energie..... | 51 |
| 5.2.5 | Svoz komunálního odpadu..... | 65 |
| 5.2.6 | Vodné a stočné..... | 66 |
| 5.3 | Ekonomicko-ekologické porovnání..... | 69 |
| 5.3.1 | Porovnání investičních nákladů..... | 69 |
| 5.3.2 | Porovnání provozních nákladů..... | 73 |
| 5.3.3 | Celkové porovnání nákladů..... | 74 |
| 5.4 | Závěr..... | 78 |

Úvod

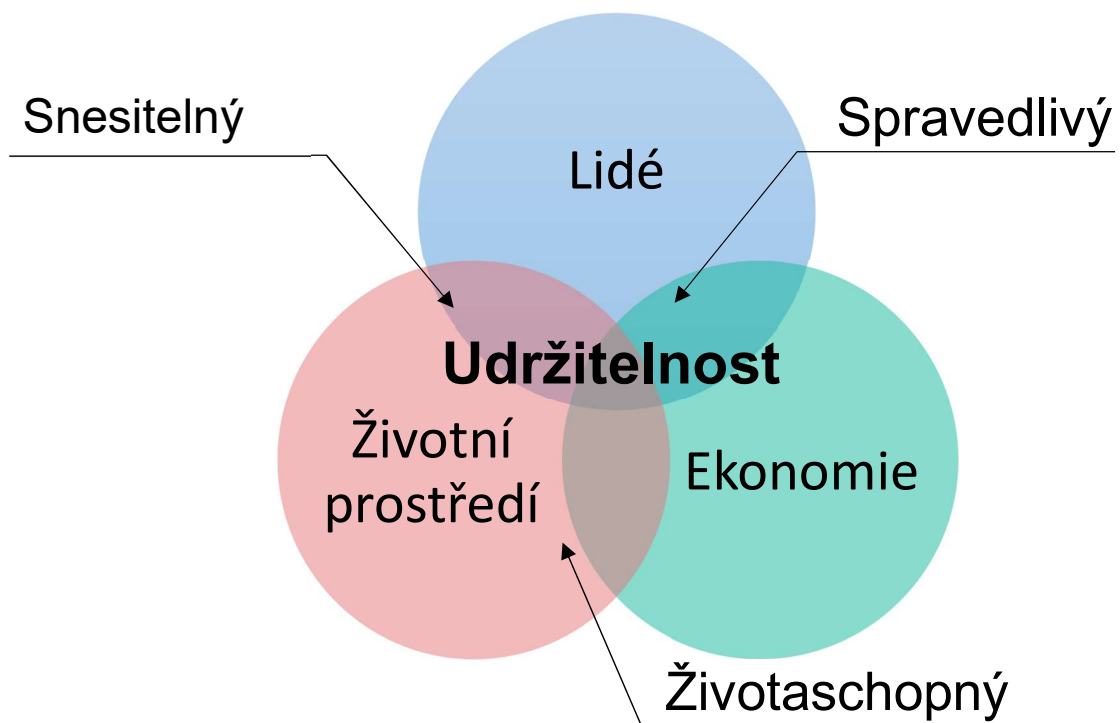
Udržitelná výstavba, využití alternativních zdrojů energie, odpadové hospodářství a hospodaření s vodou jsou důležitá témata 21. století. Konkrétně energie se kvůli extrémním nárůstům cen plynu a elektrické energie v letošním roce staly horkým tématem. Uhlíkovou stopu nejvíce ovlivňuje potřeba energie a využití zelených zdrojů energií. Stavebnictví a užívání staveb má nemalý podíl na spotřebě materiálů a energie a hraje významnou roli ve zlepšování kvality lidského života. Tato práce se konkrétně zaměřuje na výstavbu rodinných domů, jelikož se jedná o odvětví, které osobně zasáhne největší množství jedinců a tím pádem jsou nejvíce schopni produkcí emisí ovlivnit.

Cílem práce je získat informaci o tom, jak je možné ovlivnit emise CO₂ při výstavbě rodinného domu a jaký vliv budou mít provedená opatření na náklady 40 let života stavby. Do těchto nákladů budou zařazeny náklady investiční a náklady provozní. V první části bude pozornost zaměřena na konkrétní materiály, které spadají do nákladů investičních. Budou prozkoumány jejich vhodné alternace a vyčísleny emise CO₂. Uhlíková stopa bude hlavním kritériem výběru materiálu. Následně budou provedeny náhrady nebo doplnění zařízení, které mohou ovlivnit provozní náklady objektu v průběhu jeho života. Pozornost bude věnována především úspoře energií, využitím alternativních zdrojů energie a úspoře pitné vody. Dále budou porovnány obě složky nákladů původní varianty rodinného domu s novou udržitelnější variantou na základě ceny a emisí CO₂. Závěrem práce bude vyhodnocení dopadu změn na cestě za udržitelnou výstavbou domu.

1 Koncepce trvale udržitelného rozvoje a udržitelné výstavby

Asi nejsrozumitelnější interpretací udržitelného rozvoje je proces, který současné generaci umožňuje uspokojovat vlastní potřeby a požadavky, aniž by byl ohrožen život a růst budoucích generací. Populace roste tak intenzivním tempem, jaké nikdy nedosáhlo v polovině 20. století, proto je cílem hledat udržitelné hodnoty, pečovat o ně a snažit se o růst a rozvoj z hlediska využívání zdrojů. Města hrají stále větší roli při vzniku a řešení globálních problémů, je tedy žádoucí soustředit se na udržitelnou výstavbu budov. Udržitelný rozvoj musí zohledňovat tři základní aspekty:

- sociální,
- environmentální,
- ekonomický. [1] [2]



Obr. 1: Aspekty udržitelného rozvoje [3] *tvorba vlastní*

1.1 Legislativa

1.1.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepracování)

Tato směrnice se zaměřuje na snížení energetické náročnosti budov v rámci Evropské unie. Při snižování spotřeby energie se musí brát ohled na klimatické podmínky v jednotlivých členských zemích. Dále se zaměřuje na využití inteligentních technologií pro optimalizaci spotřeby energie. Směrnice také uvádí konkrétní opatření pro stavebnictví k řešení problémů, aktualizaci a změnu mnoha předchozích pravidel. EU se zavázala do roku 2030 ambiciózní a závazný cíl dosáhnout podílu 32 % pro obnovitelné zdroje energie v energetickém mixu EU a zároveň taktéž do roku 2030 zvýšení energetické účinnosti oproti současné úrovni o nejméně 32,5 %. [4]

1.1.2 Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí

Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a veškeré s ním spojené předpisy udává způsoby posuzování dopadů staveb na lidi, veřejné zdraví a ohrožení životního prostředí. Do posuzování je zahrnut také vliv na živočichy, vodu, půdu a přírodní zdroje. Účelem posuzování těchto dopadů je získání odborného podkladu pro vydání výnosu o míře vlivu, a nařízení případných opatření, které přispívají trvale udržitelnému rozvoji společnosti. [5]

1.1.3 Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií

V zákoně jsou zapracovány některé předpisy Evropské unie a úpravy v návaznosti na tyto předpisy. Zabývá se především hospodárným využitím energií a pro fyzické i právnické osoby stanovuje nakládání s energiemi. Pro sektor stavebnictví upravuje požadavky na ekodesign stavebních výrobků. Dále se zabývá vzdělaností a dostupností informací v oblasti využití obnovitelných zdrojů energie, úspor energií a poskytování energetických služeb. [6]

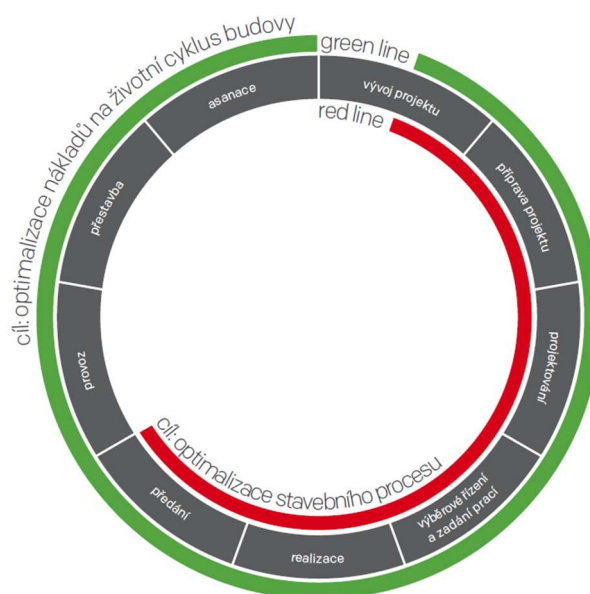
1.1.4 Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech

Hlavním smyslem tohoto zákona je posílit ochranu životního prostředí, především zdraví osob, zvířat a ochranu přírodních zdrojů. Zaměřuje se na katalogizaci odpadů a nakládání s nimi. V příloze jsou stanoveny cíle odpadového hospodářství, kterých by mělo být dosaženo. [7]

2 Udržitelná výstavba

Stavebnictví je podle odhadu zodpovědné přibližně za 40 % celkové spotřeby energie a 30 % emisí CO₂ v EU, což z nich činí jediného největšího spotřebitele energie v Evropě. Dále se výstavba budov stala důvodem 40 % produkce pevných odpadů. Udržitelné budovy se zejména snaží maximalizovat energetickou účinnost zařízení a účinnost zdrojů, podporovat výrobu a využití obnovitelné energie pro soběstačnost, podporovat snížení uhlíkové stopy na minimum a redukovat znečištění životního prostředí. Ačkoli jsou koncepty udržitelné výstavby pro život budoucích generací životně důležité, existuje mnoho potenciálních překážek a překážek, které mohou v současnosti stát v cestě implementaci. [2] [8]

V udržitelné výstavbě se rovněž řídíme hlediskem ekonomickým, environmentálním a sociálním. Z hlediska ekologického je to, jak již bylo zmíněno, ochrana přírody a ekosystémů a ochrana přírodních zdrojů jak obnovitelných, tak neobnovitelných. Pokud se pozornost zaměří na hledisko sociální a kulturní, je třeba brát zřetel na vzhled a estetiku staveb a snažit se o nejpříjemnější mikroklima objektů pro zajištění zdraví uživatelů a jejich duševní pohody. Pokud zahrneme hledisko ekonomické je hlavním cílem snížení nákladů na provoz a údržbu staveb a optimalizace investičních nákladů. Tato snaha není vždy splnitelná, jelikož právě jednou z klíčových překážek udržitelné výstavby jsou investiční náklady projektů, které bývají o 2 až 7 % vyšší než náklady standardně navrhovaných budov. Na všechny tyto aspekty je třeba zaměřit se již v iniciační fázi projektů, i přestože nejdou ruku v ruce s optimalizací stavebního procesu viz Obr. 2. [8] [9]



Obr. 2: Optimalizace nákladů vs. optimalizace stavebního procesu [10]

2.1 Energetická náročnost budov

Kromě toho, že stavebnictví je sektor s největší spotřebou energie v Evropě, přibližně 35 % těchto budov je starších 50 let. Téměř 75 % z celkového fondu budov je energeticky neefektivních. Posuzování energetické náročnosti budov se v posledních letech zdokonalilo jak ve výpočtech, tak v měření skutečných hodnot, kde se zaměřujeme především na energetickou náročnost provozu budovy. Druhým aspektem, který je zapotřebí zkoumat je energetická náročnost celého výstavbového procesu předtím, než je budova v užívání. [11]

Pro zvýšení snahy o udržitelnost výstavby byly vyvinuty systémy hodnocení udržitelných budov. Do vyhodnocení se zahrnují následující kritéria spojená s bydlením:

- prostup tepla konstrukcemi,
- vizuální hledisko stavby,
- sluchový komfort uživatelů budovy,
- hospodaření s vodou, a systémy zachycování dešťové vody,
- materiály, které splňují ekologické normy,
- minimalizace vzniku odpadů a škodlivých emisí. [12] [13]

Systémy hodnocení udržitelných budov jsou vyvíjeny s cílem snížit dopad výstavby na životní prostředí a přispět k udržitelnému rozvoji. Tyto systémy hodnocení upřednostňují kritéria spojená s provozní fází, tedy energetickou náročnost provozu budovy, což má menší význam pro udržitelnost výstavbového procesu. Tato skutečnost je důvodem, že i budovy certifikované jako nízkoenergetické jsou stavěny konvenčními metodami a při výstavbě jsou používány neefektivní a neudržitelné procesy, při kterých se spotřebovává velké množství energie a produkují nadbytečné emise CO₂. Ve světě mezi nejčastěji používanými certifikáty hodnocení udržitelnosti staveb patří BREEAM a LEED. V české republice je běžně užíván energetický štítek PENB, především pro residenční stavby. [13]

2.1.1 BREEM

BREEAM je zkratka pro "Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology" a je spravován mateřskou společností Building Research Establishment (BRE). Tato metoda posuzování a certifikace ekologické udržitelnosti staveb vznikla ve Velké Británii. BREEAM byla představena v roce 2008, jako první

certifikační systém třetí strany pro budovy. Certifikace BREEAM využívá licencované hodnotitele, kteří zkoumají stavbu podle kreditních kritérií. [14] [15]

Mezi těchto pět technických kategorií patří

- správa,
- využití půdy a ekologie,
- zdroje a energie,
- sociální a ekonomický blahobyt,
- doprava a transport.

Tyto kategorie zahrnují 40 odstupňovaných ukazatelů, které mohou dosáhnout až 126 bodů. Pokud BRE rozhodne, že budova splňuje požadované hodnoty kritérií, je vydána akreditace BREEAM a certifikát. Certifikát BREEM lze získat v šesti úrovních:

- Outstanding (Mimořádný),
- Excellent (Vynikající),
- Very good (Velmi dobrý),
- Good (Dobrý),
- Pass (Prošel),
- Unclassified (Neklasifikován). [14] [15]

2.1.2 LEED

Zkratka „LEED“ znamená „Leadership in Energy and Environmental Design“. Jde o certifikační systémy hodnocení udržitelnosti provozovaný neziskovou organizací US Green Building Council (USGBC) a zahrnuje hodnocení budov od návrhu, přes výstavbu, provoz a údržbu domů, budov, a dokonce i celých čtvrtí. LEED projekty hodnotí podle pěti kategorií:

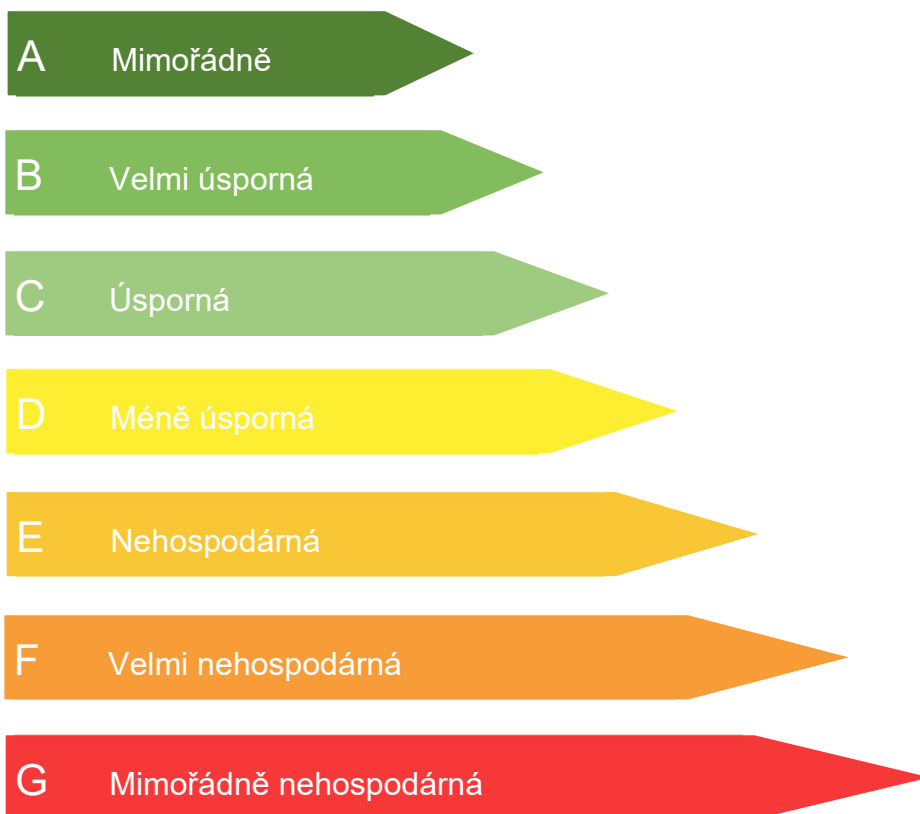
- lokalita,
- hospodaření s vodou,
- energie a ovzduší,
- materiály a zdroje
- kvalita vnitřního prostředí,
- inovace,
- místní priority. [14] [15]

Na rozdíl od BREEAM certifikace LEED nepoužívá licencované hodnotitele ke sbírání dat pro udělení certifikátu. Místo toho projektový tým budovy shromažďuje data a posílá je do USGBC. Jakmile jsou data prozkoumána, je udělena certifikace LEED, přičemž minimální zisk je 40 hodnotících bodů. Kategorie certifikátu jsou:

- Certified (Certifikováno),
- Silver (Stříbrný),
- Gold (Zlatý),
- Platinum (Platinový). [14] [15] [16]

2.1.3 PENB

Průkaz energetické náročnosti budovy neboli PENB může být vydáván jak pro novostavby, tak pro stávající budovy. PENB udává informace o spotřebě energie na provoz budovy, podle níž je zařazena do tříd energetické náročnosti. Třídy jsou označeny písmeny od A, která znamená mimořádně úsporná, až po G, která je mimořádně neúsporná viz



Obr. 3: Třídy energetické náročnosti budov dle PENB [17] *tvorba vlastní*

Pro stanovení energetické náročnosti se využívá metodika porovnávání s referenčními objekty, které mají shodné parametry. Metodika PENB hodnotí tyto parametry:

- prostup tepla obálkou budovy,
- vytápění,
- chlazení,
- větrání,
- úpravu vlhkosti,
- přípravu teplé vody,
- osvětlení. [17]

2.1.4 Možnosti snižování energetické náročnosti budov

Současné stavebnictví vyžaduje rozsáhlejší využívání udržitelné výroby a postupů řízení ke kontrole negativních dopadů stavebních činností na ekonomiku, společnost a životní prostředí. Vyšší energetická účinnost, minimalizace odpadu a snížení environmentálních rizik by mělo být plánováno již ve fázi navrhování stavby a plánování stavebního procesu. Mezi základní energeticky úsporná opatření patří návrh účinnějších systémů vytápění a využití alternativních zdrojů energie. Vytápění objektu se zároveň týká prostup tepla obálkou budovy. Minimalizace prostupu tepla je možné dosáhnout návrhem účinnějšího zateplení objektu, kvalitnějších výplní otvorů, násobným zasklením a kvalitním řešením detailů ve fázi projektu stavby. [18]

2.2 Hodnocení životního cyklu (LCA)

Hodnocení životního cyklu (LCA) je metodika pro hodnocení environmentální zátěže procesů a produktů během jejich života. Ve stavebnictví je tato metodika účelným nástrojem pro hodnocení budov. Využívá se již od roku 1990. Díky této metodě lze zhodnotit nejen fázi vývoje stavby, ale také fáze návrhu a uvedení do provozu. [18] [19]

Zvyšováním životnosti stavby lze snižovat dopad na životní prostředí. Při dosažení průměrné životnosti staveb 80 let je možné snížit environmentální dopad o 29 % oproti standardní době 50 let. Při životnosti 100 let se lze dostat na hodnotu o 38 % nižší. Budova je tvořena různými konstrukcemi, jako jsou stěny, stropy, okna atd., které mají různou životnost. Pokud se zjišťuje LCA celé budovy, měla by být zavedena hodnota životnosti pro celou budovu. Obecně přijímaným kritériem je vzít hodnotu životnosti nosných konstrukcí jako směrodatnou hodnotu pro celou budovu, jelikož na nich závisí stabilita konstrukcí. [19]

2.2.1 Životní cyklus stavebních materiálů

Životní cyklus stavebního materiálu začíná u těžby surovin potřebných na jeho výrobu. Následuje samotná výroba materiálu, která může probíhat různými chemickými i mechanickými postupy. Jakmile je produkt vyroben, musí být dopraven na stavbu. Následně je zabudován v konstrukci stavby a stavba je uvedena do provozu. V provozní fázi stavby materiál plní svůj účel a chátrá. Jakmile je materiál na konci své životnosti, dochází k jeho demolici, případně demontáži a poté je likvidován, nebo v ideálním případě recyklován. [9]



Obr. 4: Životní cyklus stavebních materiálů [9] *tvorba vlastní*

2.2.2 Životní cyklus stavby

Životní cyklus staveb je rozdělen do čtyř základních fází:

- předinvestiční fáze,
- investiční fáze,
- provozní fáze,
- likvidační fáze. [9] [20]

Během fáze předinvestiční dochází ke dvěma zásadním krokům. Prvním z nich je iniciace o projektu. V této chvíli vzniká první myšlenka o projektu a vytváří se první cíle a představy. Volně navazuje definování projektu, kdy jsou stanoveny základní cíle a

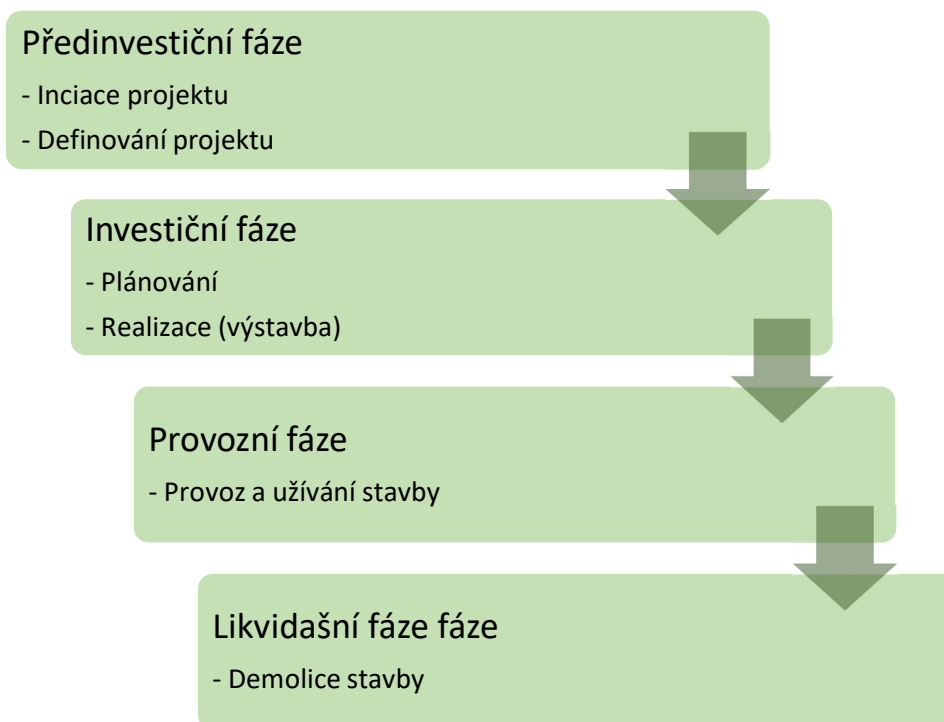
představy o investičním záměru. V této fázi je zapotřebí zodpovědět si podstatné otázky o projektu a rozhodnout se o realizaci. V této fázi lze nejvíce ovlivnit náklady životního cyklu stavby. [20]

Na počátku investiční fáze dochází k plánování stavby. Během plánování stavby je vyhotovena projektová dokumentace a následuje samotná výstavba. Ve fázi investiční dochází k vynaložení největšího objemu nákladů, ale není už možné je značnou mírou ovlivnit. Po dokončení a předání stavby následuje fáze provozní. [9] [20]

Během provozní fáze je stavba uvedena do užívání. Náklady jsou během provozu stavby směřovány na opravy a údržbu konstrukcí a zařízení s kratší dobou životnosti, než je celková doba životnosti stavby. Mezi prvky s kratší dobou životnosti patří například povrchové úpravy stěn, podlahy, oplechování a další. Konstrukce, jejichž životnost přesahuje 80 let se označují za prvky s dlouhou životností. [20]

Poslední fází je likvidace stavby. Dochází k ní na konci životnosti stavby po zhodnocení stavu nosných konstrukcí a celkového přínosu budovy. Stavba je vhodná k demolicí v případě, že náklady na její údržbu a opravy začnou převyšovat její ekonomický užitek či kulturní hodnotu. V této fázi má stavba vysoký dopad na životní prostředí, kvůli vzniklému odpadu z demolice. [9] [20]

Na Obr. 5 je zobrazen tento životní cyklus stavby.



Obr. 5: Životní cyklus stavby [20] *tvorba vlastní*

2.3 Spotřeba energie ve stavebnictví

Spotřeba energie je ústředním tématem ve stavebním průmyslu, jelikož energie obecně je jedním z nejdůležitějších zdrojů používaných v budovách po dobu jejich životnosti. Provozní fáze objektu představuje majoritní část spotřeby energie při běžném užívání. Energie ve fázi investiční tvoří ve většině případů jen asi 10 až 15 % celkové spotřeby. Provozní energii lze výrazně snížit zlepšením izolace obálky budovy a technickým řešením objektu. Taková energeticky úsporná opatření naopak zvýší spotřebu energie ve fázi investiční. Proto je zapotřebí najít optimální řešení, které vyhoví jak z hlediska ceny, tak úspory energie. [21]

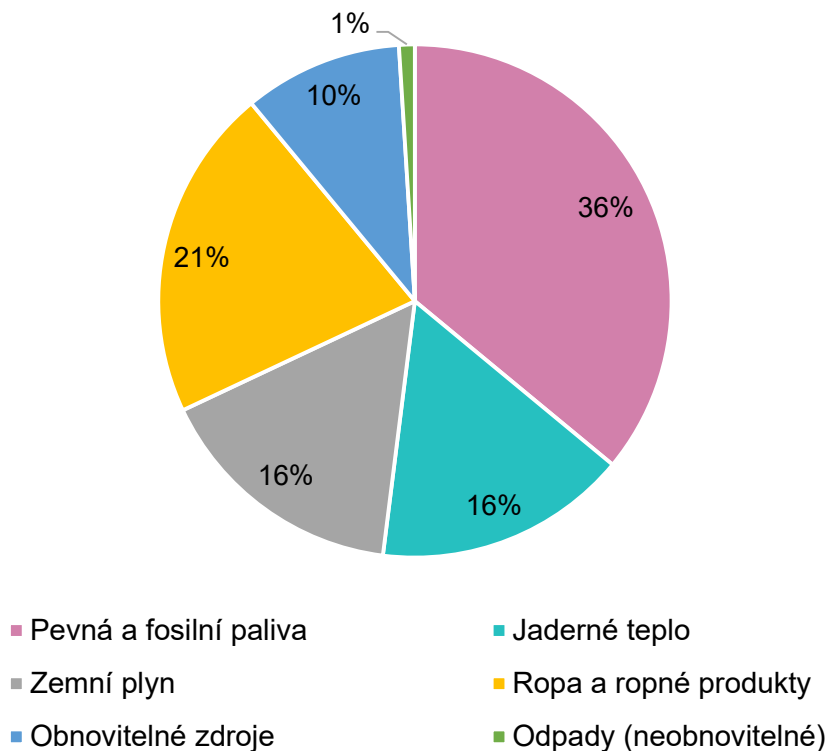
2.3.1 Alternativní zdroje energie a jejich využití

K využívání alternativních zdrojů energií je společnost nucena nejen z hlediska environmentálního, ale také kontinuálním zvyšováním cen energií a paliv. Alternativními zdroji energií se rozumí zdroje obnovitelné, které se využívají jako náhrada k fosilním zdrojům. Mezi tyto alternativní neboli zelené zdroje energie spadají:

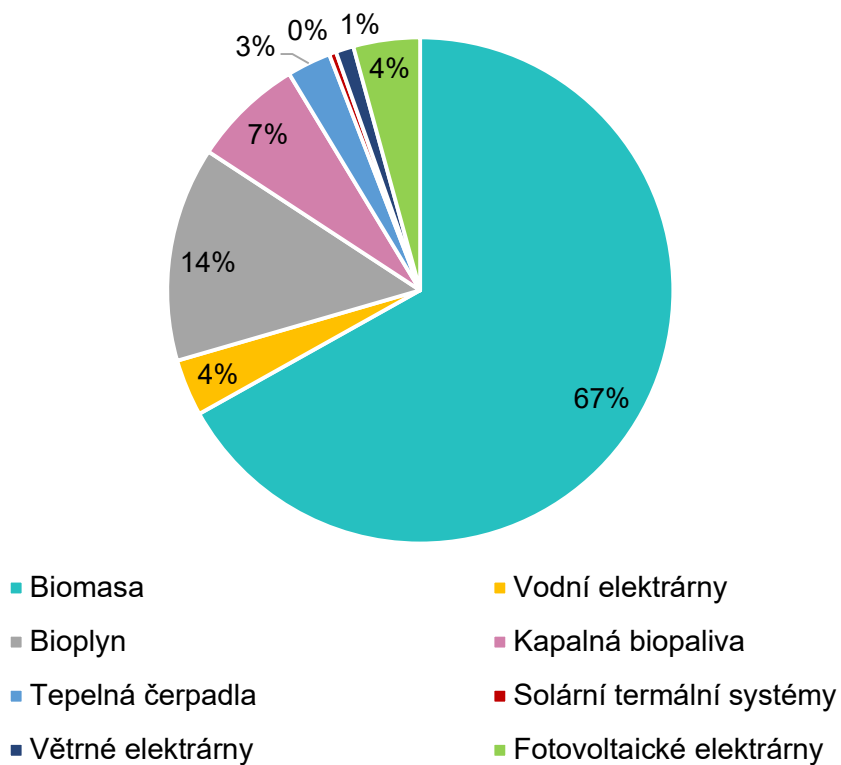
- solární energie,
- větrná energie,
- vodní energie,
- geotermální energie,
- biopaliva,
- energie přílivu a mořských vln a další. [22] [23]

Kromě výše zmíněných se do kategorie obnovitelných zdrojů energie zahrnují například bioplyn a energie získaná zpracováním odpadů. V současnosti se polemizuje o zařazení jaderné energie do kategorie zelené zdroje energie jako náhrada za fosilních paliva. Toto rozhodnutí by mohlo pomoci české republice, jelikož většina obnovitelných zdrojů na našem území nemá podmínky pro využití. [22] [23]

V české republice jsou obnovitelné zdroje energie využívány v 10 % případů. Největší podíl stále tvoří pevná a fosilní paliva a na druhém místě ropa a ropné produkty viz Graf 1. Z primárních zdrojů energie je v České republice s 67 % nejvíce využívána energie získaná z biomasy a hned na druhém místě je bioplyn s 16 % viz Graf 2. [24]



Graf 1: Využití primárních zdrojů energie v ČR [24] *tvorba vlastní*



Graf 2: Využití obnovitelných zdrojů energie v ČR [24] *tvorba vlastní*

3 Zásady navrhování udržitelných budov

Při navrhování udržitelných budov je zapotřebí řídit se základními principy udržitelné výstavby. Základem je využití ekologických stavebních materiálů. Dále je pozornost věnována spotřebě energie a využitím alternativních zdrojů. A v neposlední řadě z hlediska technických zařízení budov je zapotřebí soustředit se na možnosti úspory vody a využití dešťové vody, cirkulaci vzduchu a obecně vnitřní mikroklima budovy. [9]

Požadavky na energetickou náročnost budovy jsou dány legislativními předpisy a stavebními normami. Dle těchto požadavků by měly budovy s nízkou energetickou náročností dosahovat úspory energie až o 30–50 % oproti standardně navrhovaným budovám. [9]

3.1 Stavební konstrukce a materiály

Stavebnictví je typické svou velkou spotřebou materiálů. Využívání obnovitelných, recyklovaných či přírodních materiálů je skvělým začátkem ve snaze snížit dopady výstavby na životní prostředí. Využívání recyklovaných materiálů napomáhá hrozbě vyčerpávání přírodních zdrojů, které je dalším rizikem udržitelnosti způsobeným používáním stavebních materiálů. [18]

Materiály mohou být posuzovány na základě environmentálního prohlášení o výrobku (EPD) a ekodesignu. EPD obsahuje informace o získávání surovin, spotřebě energie, obsahu materiálů a chemických látek, emisích do ovzduší, půdy a vody a tvorbě odpadu. [19]

Na druhou stranu Ekodesign se primárně zaměřuje na vztah mezi produktem a prostředím. Je jedním z preventivně zaměřených dobrovolných regulačních nástrojů politiky životního prostředí. Ekodesign zároveň shrnuje techniky ke snížení dopadu na životní prostředí v různých fázích životního cyklu. [19] [25]

Při výběru udržitelného materiálu je tedy nejdůležitější zaměřit se na:

- obnovitelné a přírodní zdroje materiálů,
- životnost materiálů a konstrukcí,
- recyklace materiálů,
- energetická bilance,
- místní zdroje. [26]

3.1.1 Obnovitelné a přírodní zdroje materiálů

Zaměření na obnovitelné a přírodní zdroje materiálů pro výstavbu je důležitým aspektem při výběru materiálu. Je žádoucí využívat obnovitelné a recyklovatelné zdroje materiálů, čímž se zabraňuje. Přírodní zdroje přispívají snížení emisí CO₂ a častou jsou dále recyklovatelné, na druhou stranu je třeba brát zřetel na neobnovitelné přírodní zdroje, aby nedošlo k jejich vyčerpání. Je důležité uvědomit si jejich vzácnost při výběru vhodného materiálu. [26] [27]

3.1.2 Životnost materiálů a konstrukcí

Životnost stavebních konstrukcí má vliv nejen na náklady životního cyklu stavby, jelikož je zapotřebí konstrukce v průběhu života stavby obnovovat, ale také na spotřebu energií, odpady a emise CO₂. Materiály s krátkou dobou životností musí být častěji likvidovány, čímž vznikají odpady a zároveň obnovovány materiály novými, na jejichž výrobu je zapotřebí další množství energie a uvolňují se emise do ovzduší. Tyto nežádoucí aspekty lze minimalizovat právě výběrem materiálu s dlouhou dobou životností a výběrem materiálů, při jejichž výrobě se spotřebovává menší množství energie. [26] [27]

3.1.3 Recyklace materiálů

V České republice se ročně vyprodukuje 37 362 257 tun odpadu z toho 23 534 431 tun je stavební a demoliční odpad, tedy téměř 63 % celkové produkce. Pro zmírnění této masivní produkce odpadů je výběr recyklovaných materiálů pouze jednou částí. Využitím recyklovaných materiálů se snížena produkce nových a omezen odpad, který by byl nevyužit. Druhým důležitým aspektem je využití nejen recyklovaných ale recyklovatelných nebo znovupoužitelných materiálů.

Pro zajištění možnosti recyklace je nezbytné oddělit materiály, ve kterých jsou obsaženy nebezpečné látky a oddělit cizorodé části od jednodruhových sutí určených k recyklaci. [26] [28]

Stavební a demoliční odpad se běžně dělí do několika kategorií:

- beton a betonové výrobky,
- cihelné zdivo,
- střešní tašky a keramické výrobky,
- sklo,
- asfaltové směsi a asfaltové kryty,
- zemina a kamenivo,
- stavební materiály na bázi sádry,
- izolační materiály. [26] [28] [29]

Jednou z možností, jak vyjádřit u stavby dále možnost recyklace je recyklační potenciál. Vyjadřuje veškeré vstupy, tedy energie a přírodní zdroje, které byly použity při výstavbě nebo na výrobu prvku budovy. [30]

3.1.4 Energetická bilance

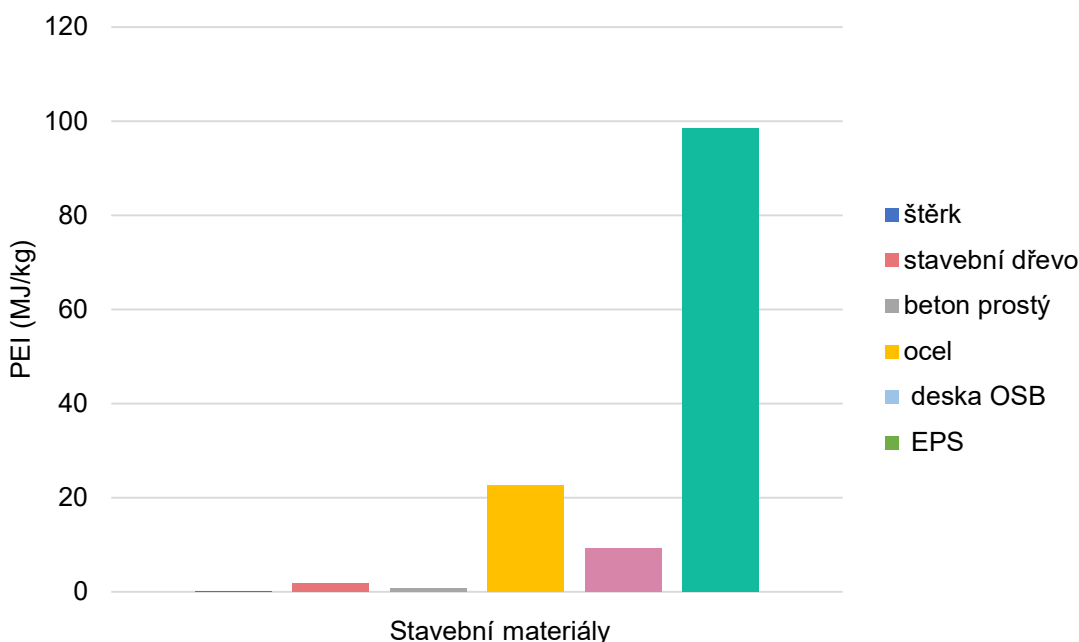
Do roku 1990 docházelo s narůstajícím počtem obyvatel na zemi ke stále větší spotřebě energie na výrobu stavebních materiálů a produkci emisí. V 90. letech se začaly projevovat první tendence k úspoře energií a omezení emisí, čímž se tento nárůst začal zpomalovat. Při výběru lze na stavební materiály nahlížet z pohledu jejich ekologické stopy a tím přispívat energetické úspornosti. Tuto ekologickou stopu lze kvantifikovat z několika hledisek, přičemž nejčastějšími jsou:

- množství vázané primární energie,
- emise CO₂,
- emise SO₂, NO_x [26] [27]

Pro určení množství primární energie materiálu se používá jednotka PEI neboli primární vázaná energie. Primární vázaná energie je někdy označována jako energie šedá a zahrnuje v sobě veškerou energii, která byla spotřebována na získání suroviny, dále energie na zpracování a výrobu materiálu a energie na dopravu materiálu. Primární energie se udává jako MJ.kg, přičemž 1 MJ odpovídá 0,27 kWh. V rámci průkazu energetické náročnosti budovy může mít stavba statut pasivní, ovšem pokud se přihlédne k množství šedé energie svázané s výstavbou, může být zároveň energeticky neekologický. [27] [31]

Primární vázaná energie PEI vybraných stavebních materiálů:

- štěrky 0,080 MJ/kg
- stavební dřevo 1,890 MJ/kg
- beton prostý 0,689 MJ/kg
- ocel 22,700 MJ/kg
- deska OSB 9,320 MJ/kg
- EPS 98,500 MJ/kg



Graf 3: Porovnání primární vázané energie stavebních materiálů [27] tvorba vlastní

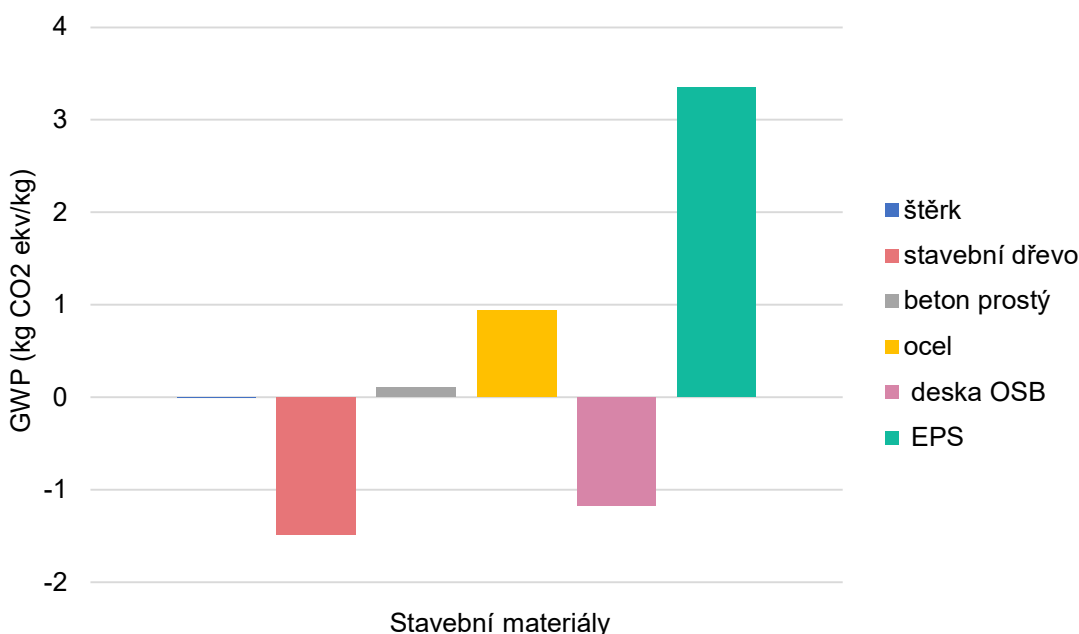
Z vybraných stavebních materiálů má největší množství vázané energie expandovaný polystyren viz Graf 3: Porovnání primární vázané energie stavebních materiálů

Druhým porovnávacím hlediskem ekologického vlivu materiálů je potenciál globálního oteplování neboli GWP. Jedná se o parametr emisí plynů, kvůli kterým dochází ke skleníkovému efektu. Nejvhodnějším zástupcem těchto plynů pro porovnávání je oxid uhličitý, jelikož se vyskytuje v ovzduší v největší koncentraci. Vliv ostatních skleníkových plynů je to potenciálu globálního oteplování ekvivalentně započítán, to znamená že jejich vliv je přepočten na množství CO₂ se stejným efektem. Jednotkou potenciálu globálního oteplování je kg CO₂ ekv.kg⁻¹ Potenciál globálního oteplování může nabývat jak kladných, tak záporných hodnot. Záporných hodnot mohou nabývat některé přírodní

materiály jako například dřevo a výrobky z něj, jelikož je do něj započtena absorpce CO₂ v průběhu let růstu před pokácením. [27] [31]

Potenciál globálního oteplování GWP vybraných stavebních materiálů:

- štěrk 0,004 kg CO₂ ekv/kg
- stavební dřevo -1,490 kg CO₂ ekv/kg
- beton prostý 0,103 kg CO₂ ekv/kg
- ocel 0,935 kg CO₂ ekv/kg
- deska OSB -1,168 kg CO₂ ekv/kg
- EPS 3,350 kg CO₂ ekv/kg



Graf 4: Porovnání potenciálu globálního oteplování stavebních materiálů [27] *tvorba vlastní*

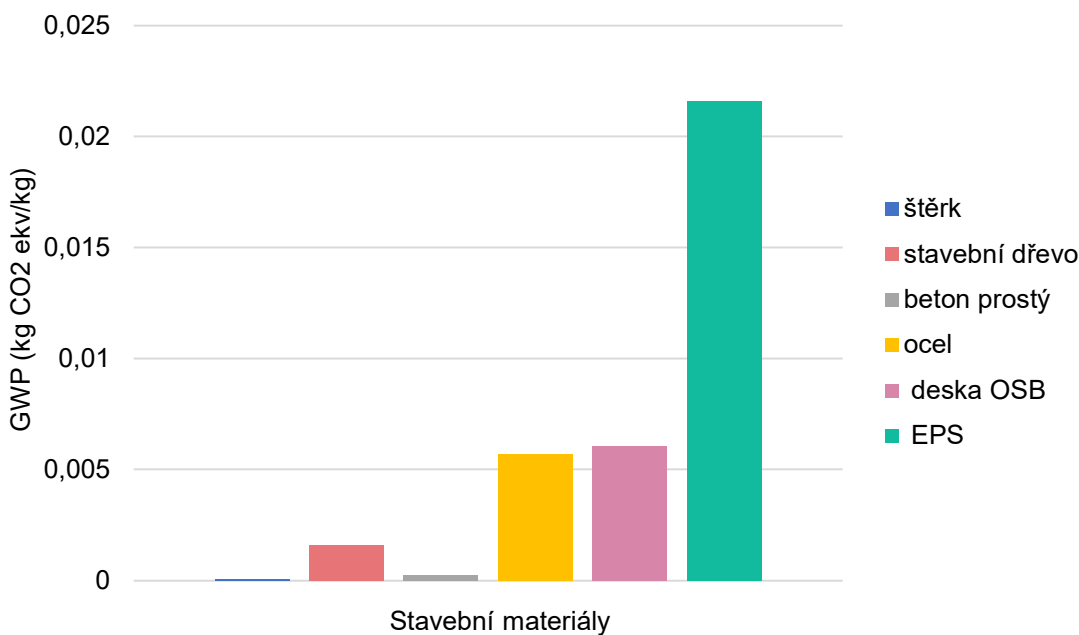
Potenciál globálního oteplování vychází záporný u dvou přírodních materiálů, a to u dřeva a OSB desek. Naopak velké množství emisí CO₂ je způsobeno výrobou a zpracováním ocele, a především EPS viz Graf 4.

Třetím významným měřítkem při posuzování vlivu stavebního materiálu na životní prostředí je potenciál okyselení prostředí, označovaný jako AP. Jednotkou potenciálu je kg SO₂ ekv.kg⁻¹. Shodně jako v případě potenciálu globálního oteplování je zde oxid siřičitý pouze jako ekvivalentní plyn pro srovnání a ostatní plyny, které se podílí na zakyselení ovzduší a půdy, jsou do potenciálu přepočteny adekvátním dopadem na

ovzduší. Potenciál okyselení prostředí udává informaci o znečištění kyselými sloučeninami bohatými na síru. Důsledkem tohoto znečištění jsou kyselé deště, které narušují přírodu a ekosystémy na zemi. Kromě oxidu siřičitého jsou do potenciálu zahrnuty také oxidy dusíku a amoniak. [27] [31]

Potenciál okyselení prostředí AP vybraných stavebních materiálů:

- štěrk 0,00005 MJ/kg
- stavební dřevo 0,00161 MJ/kg
- beton prostý 0,00024 MJ/kg
- ocel 0,00567 MJ/kg
- deska OSB 0,00603 MJ/kg
- EPS 0,02160 MJ/kg

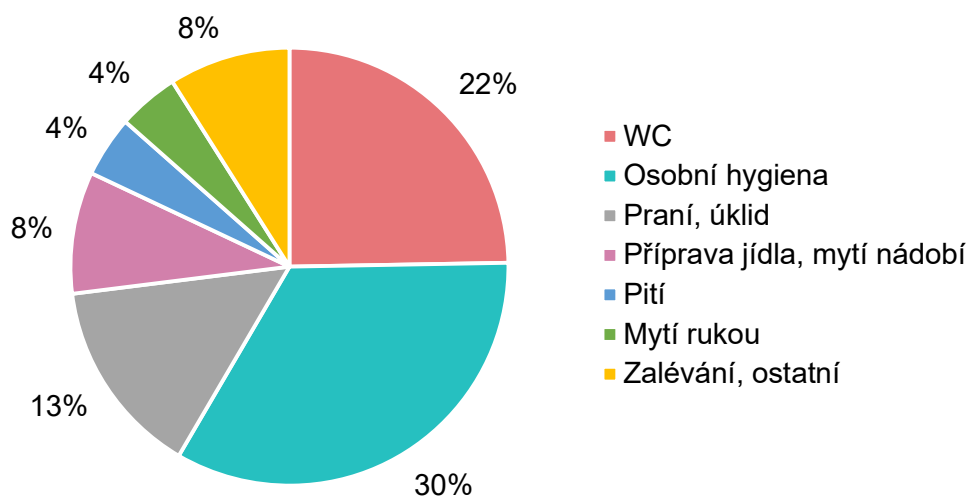


Graf 5: Porovnání potenciálu okyselení prostředí stavebních materiálů [27] *tvorba vlastní*

V případě potenciálu okyselení prostředí má opět největší negativní vliv expandovaný polystyren, značný vliv mají také OSB desky, ocel a ocelové výrobky.

3.2 Voda a její využití

Z celkového objemu vody na světě jsou pro užitek jeho obyvatel pouze 3 tisícin procenta lehce dostupné. Mezi budovy s největší spotřebou pitné vody patří budovy služeb, obytné objekty a administrativní budovy. Prozkoumáním účelu spotřeby vody, lze posoudit, zda je možné ji nahradit částečně upravenou vodou odpadní, nebo dešťovou. V domácnostech je voda spotřebována z největší části na osobní hygienu, splachování WC a přípravu jídla viz Graf 6. [9] [32]



Graf 6: Spotřeba vody v domácnostech a její účel [32] *tvorba vlastní*

Spotřeba pitné vody v objektech může být ovlivněna výběrem vhodných spotřebičů v domácnosti a instalováním baterií s redukováním průtokem vody. Další možností je redukce objemu vody při splachování toalet a pisoárů. Tato opatření jsou vhodným řešením pro komerční a administrativní budovy. [9]

Největší úsporu vody především v obytných budovách může přinést recyklace vody. V první řadě je možné využít šedou vodu, tedy odpadní vodu z umyvadel, van a sprch ke splachování toalet. Takové opatření může uspořit až 35 % pitné vody. Druhou možností je využití dešťové vody. Abychom mohli využívat dešťovou vodu, je zapotřebí zajistit dostatečně velkou sběrnou plochu. Ke sběru dešťové vody jsou vhodné především střechy a upravené zpevněné plochy v okolí domu. Důležitým faktorem je také roční úhrn srážek v oblasti, který uvádí, kolik mm srážek ročně dopadne na zem. Základními komponenty systému jsou akumulační nádrž na dešťovou vodu a domácí vodárna pro distribuci vody po domě při dostatku a dopouštění pitné vody při nedostatečném množství srážek. [9] [33]

3.3 Vnitřní mikroklima budov

Vnitřní prostředí budov má vliv především na kvalitu života a pohodu jejích obyvatelů. Průměrný člověk tráví doma 68 % svého času, a proto je třeba se vnitřním mikroklimatem budov zabývat. Pokud je řeč o trvale udržitelných stavbách, musí být tyto stavby zároveň komfortní. [34]

3.3.1 Tepelně-vlhkostní mikroklima

Každý jednotlivec vnímá jinou teplotu okolí jako optimální. Pro většinu lidí se ovšem tato teplota pohybuje okolo 20 °C. Tepelná pohoda člověka může být ovlivněna nejen teplotou okolního vzduchu ale i vlhkostí, činností, kterou právě vykonává, vlhkostí vzduchu a okolního proudění vzduchu. Nepohoda může být způsobena také špatnou cirkulací vzduchu uvnitř objektu a rozdílnými teplotami při zemi a u stropu. Za příjemné tepelně-vlhkostní mikroklima se považuje spokojenost 80 % dotčených osob. Zpravidla nejdůležitějšími kritérii pro hodnocení tepelně-vlhkostní pohody jsou:

- Teplota okolního vzduchu,
- proudění vzduchu,
- povrchová teplota podlahy,
- asymetrie teploty, rozdílné teploty v rámci místnosti. [9] [34]

3.3.2 Světelné mikroklima

Základem příjemného světelného mikroklimatu je zajištění optimálního světla v objektu. Přírozené světlo je nejlepším zdrojem světla, jaké lze využít. Při navrhování otvorů ve stěnách je důležité dbát na polohu objektu vzhledem ke světovým stranám a situovat je primárně na jižní stranu. Na místa, kde není možné umístit standardní okno, existuje možnost využití světlovodů. Dalším zdrojem je světlo umělé. Při návrhu je zapotřebí využívat efektivní a úsporné osvětlení s vyšším světelným výkonem na jednotku příkonu. Světlo v prostoru lze nejlépe ovlivnit:

- Velikostí a počtem prosklených výplní otvorů
- typem světelného zdroje a teplotou světla,
- rozložením jasu v prostoru díky správnému rozmístění světel,
- barvami použitými na zdech a nábytku v prostoru,
- rozmístěním nábytku,
- geometrickými rozměry prostoru. [9] [34]

3.3.3 Akustické mikroklima

Příjemné akustické mikroklima může být narušováno vnějším hlukem způsobeným dopravou či výstavbou. Pokud by hladina venkovního hluku překračovala únosnou hranici, lze uvažovat o nahrazení přirozeného větrání větráním nuceným. Jestliže je tento problém známý před zahájením stavby, měla by být kromě tepelné izolace navržena izolace akustická. S technickým pokrokem se do domácnosti dostává velké množství zařízení, přičemž každé způsobuje hluk, který ovlivňuje akustickou pohodu obyvatelů. Nadměrné hodnoty hluku jsou stanoveny legislativně. Kritéria pro zhodnocení akustické pohody jsou:

- intenzita zvuku,
- frekvence zvuku,
- ozvěna, doba dozvuku. [9] [34] [35]

3.3.4 Odérové mikroklima

Vnitřní odérové mikroklima je ovlivňováno plynnými složkami vzduchu. Tyto plyny mohou být původu jak organického, tak anorganického. Nejčastěji jsou těmito složkami CO₂, tělesné pachy, ftaláty, vodní pára, částičky z kosmetických a čistících přípravků, formaldehyd a další. V obytných prostorách budov je koncentrace odérů upravena předpisy. Hodnotící kritéria v případě odérového mikroklimatu jsou:

- koncentrace a obsah různorodých plynů ve vzduchu,
- intenzita větrání,
- vlhkost vzduchu,
- proudění vzduchu. [34] [35]

3.3.5 Psychické

Psychický komfort je nesnadné objektivně posoudit a vliv na něj mohou mít veškeré výše zmíněné složky vnitřního prostředí. Psychické mikroklima je totiž z velké části ovlivněno osobní psychickou pohodou či nepohodou jedince. I tak existují faktory související s prostředím, které mají vliv na člověka. Těmito hodnotícími faktory jsou:

- barevnost povrchů (sytnost, světlost),
- velikost prostoru, dispozice, umístění a množství nábytku,
- kvalita provedení. [35]

4 Referenční objekt

Jako referenční objekt pro praktickou část jsem zvolila rodinný dům obdélníkového tvaru s plochou střechou a přilehlými zpevněnými plochami. Dům je situován ve Františkových Lázních v části Aleje. Objekt, jehož vizualizace je vyobrazena na Obr. 6, a půdorys na Obr. 7, je tvořen hlavním domem a přilehlou garáží pro jeden automobil. K rodinnému domu přiléhají pojízdné a pochozí zpevněné plochy (terasa) a okapový chodník.

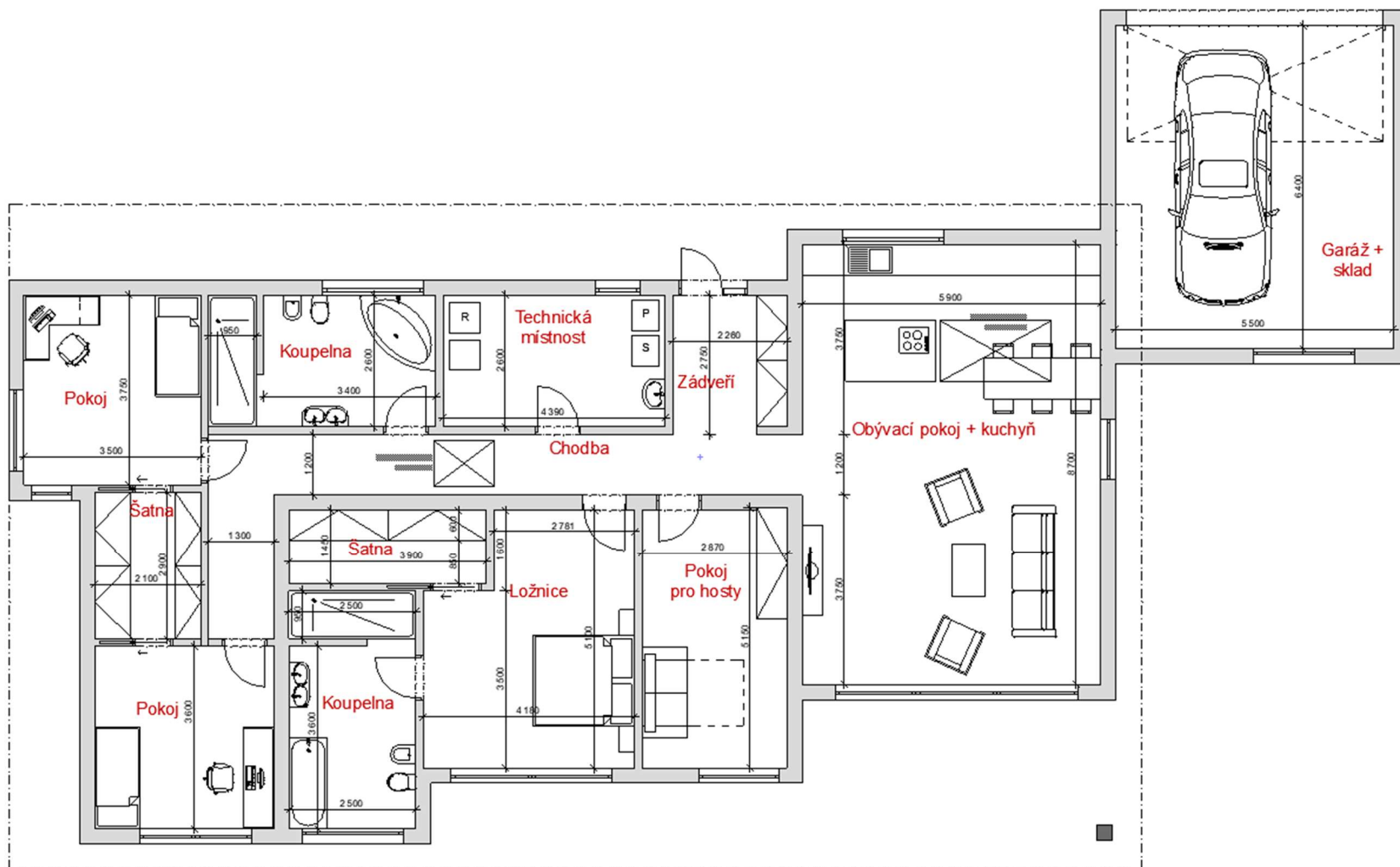
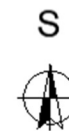
Obecné technické údaje stavby:

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| Zastavěná plocha RD: | 266,10 m ² |
| Zpevněné pojezdové plochy: | 80,21 m ² |
| Zpevněné pochozí plochy: | 63,04 m ² |
| Obestavěný prostor: | 825 m ³ |
| Počet bytových jednotek: | 1 |
| Světlá výška 1.NP | 2650 mm |



Obr. 6: 3D vizualizace referenčního objektu [projektová dokumentace]

Půdorys



Obr. 7: Půdorys referenčního objektu [projektová dokumentace]

4.1 Výkopové práce

Před provedením výkopů pro základové konstrukce je nutné sejmout vrstvu ornice o výšce 200 mm. Výkop je proveden v zemině třídy 3-4. Následně je zemina uložena na mezideponii a při konečných úpravách pozemku bude použita na zarovnání nerovností terénu na pozemku. Výkopy jsou provedeny do hloubky 1,65 m.

4.2 Základové konstrukce

Základy rodinného domu jsou tvořeny základovými pasy se základovými zdmi, základovou patkou pod sloupem na terase a základovou deskou pod objektem. Základové pasy a patka jsou vylity přímo do předem připraveného výkopu. Základy jsou provedeny z betonu C25/30 XC2 a šířka pasu je 600 mm. Pro základové zdi jsou použity tvárnice ztraceného bednění BEST 30.

4.3 Svislé konstrukce

Svislé konstrukce objektu jsou tvořeny pórobetonovým systémem. Použity jsou tvárnice Ytong Univerzal P3- 450 tloušťky 300 mm. Zdivo atiky je tvořeno tvárnici Ytong Klasik P2-500 tloušťky 150 mm. Sloup na terase je navržen jako železobetonový z betonu C30/37. Pro příčky je stejně jako pro patku použito pórobetonové zdivo Ytong klasik v různých tloušťkách (100 mm a 150 mm). Překlady nad okny se standardní šířkou a nad dveřmi jsou typové ze systému Ytong a nad nadstandardně širokými okny jsou odlity ze železobetonu. Obvodové konstrukce jsou zateplené izolací z EPS 100 F tloušťky 100 mm.

4.4 Vodorovné konstrukce a střecha

Stropní deska je monolitická železobetonová z betonu C30/37 o tloušťce 220 mm. Deska je vyztužena kari sítěmi a klasickou výztuží z betonářské ocele 10 505. Nad stropní a zároveň střešní deskou následuje hydroizolace ve dvou vrstvách viz. skladba S2. Tepelnou izolaci střešní konstrukce tvoří 2 vrstvy EPS. Jedna klasická vrstva o tloušťce 160 mm a druhá spádová vrstva o průměrné tloušťce 100 mm. Jako střešní krytina je použita střešní fólie PVC-P Dekplan 77 tloušťky 1,5 mm. Celá střecha je zatížena vrstvou praného kameniva (kačírku), o tloušťce 50 mm. Strop tvoří zavěšené sádkartonové desky s finálním nátěrem. V objektu jsou použity bílé standardní SDK desky a zelené impregnované desky v místnostech se zvýšenou vlhkostí.

Skladba S2 – střecha

- Přitěžující zásyp – prané kamenivo frakce 16/32 tl. 50 mm
- Geotextílie netkaná Filtek 300 g/m²
- Střešní fólie PVC-P Dekplan 77 tl. 1,5 mm
- Geotextílie netkaná Filtek 300 g/m²
- Tepelná izolace EPS 100 tl. 40–160 mm – spádové klíny
- Tepelná izolace EPS 100 tl. 160 mm – celoplošně
- Hydroizolace Glastek 40 special mineral
- Asfaltová penetrační emulze Dekprimer
- Železobetonová stropní deska tl. 200 mm
- Ocelový rošt pro zavěšení SDK pohledu – profil CD+UD
- Pohled ze sádkartonových desek KNAUF GKB tl. 12,5 mm
- Finální nátěr – bílá barva

4.5 Vnitřní úpravy povrchů

Stěny uvnitř objektu jsou opatřeny štukovou vápenocementovou omítkou a finálním nátěrem v barevném provedení dle výběru klienta. V koupelně a na WC jsou stěny obloženy keramickým obkladem do výšky stropu místnosti.

4.6 Vnější úpravy povrchů

Vnější stěny jsou opatřeny jemnozrnnou omítkou, pod kterou je sklovláknitá tkanina vtlačena do podkladního tmele. Fasáda je v bílé barvě a na některých místech je navržen obklad z dřevěných lamel z borovice Thermowood upevněných na dřevěném roštu viz Obr. 8.



Obr. 8: Pohledy na referenční rodinný dům [projektová dokumentace]

4.7 Podlahové konstrukce

Podlaha je tvořena výše zmíněnou deskou z železobetonu, která je z vrchu izolována stejně jako střešní desky dvěma vrstvami hydroizolace. Tepelnou izolaci podlahy tvoří dvě vrstvy expandovaného polystyrenu EPS 100 v tloušťkách 70 mm + 60 mm. Nad tepelnou izolací je vrstva anhydritu, ve které je zalito trubkové teplovodní podlahové vytápění. Tloušťka anhydritu je 60 mm. Finální vrstvu tvoří podlahové krytiny.

Skladba S1 – podlaha

- Podlahová krytina tl. 10–12 mm
- Anhydrit tl. 60 mm
- Tepelná izolace EPS 100 tl. 130 mm (60 mm+70 mm)
- Hydroizolace Glastek 40 special mineral
- Asfaltová penetrační emulze Dekprimer
- Železobetonová základová deska tl. 150 mm
- Geotextílie netkaná Filtek 300 g/m²
- Podsyp ze štěrkodrti frakce 0–63 tl. cca 150 mm
- Rostlý terén

5 Praktická část

V praktické části je porovnáván životní cyklus stavby na příkladu rodinný dům. V první variantě je rodinný dům navržený standardně, dle legislativních předpisů, ovšem bez zvýšených nároků na udržitelnost. Ve druhé variantě jsou navrženy takové úpravy, aby objekt co nejvíce splňoval požadavky na udržitelnou výstavbu rodinných domů.

Důležitými aspekty, které jsou porovnány v praktické části, jsou emise CO₂ materiálů použitých na výstavbu domu a produkce emisí CO₂, které jsou vypuštěny do ovzduší zdrojem vytápění. Dále je zkoumán podíl zelených ploch a možnosti, jak jej navýšit, a hospodaření s vodou. Faktorem zohledněným při celkovém vyhodnocení je cena použitých materiálů a pořizovací cena zařízení. Vzhledem k existenci dotačního programu "Nová zelená úsporám" jsou ceny v prvním případě stanoveny bez získání dotace a ve druhém případě při dosažení na nejvyšší možnou dotaci z tohoto programu.

Pro účely této práce bylo zvoleno zkoumané období 40 let. V nákladech životního cyklu jsou započteny náklady na výstavbu, opravy a údržbu, případně výměnu zařízení a jejich ekologickou likvidaci. Do výpočtu nákladů nejsou započteny náklady na likvidaci stavby, jelikož celková životnost překračuje zkoumané období.

K cenovému porovnání byl pro přesnost využit program KROS 4 s cenovou soustavou ÚRS (CS ÚRS 2021 01) nebo aktuální nabídky dodavatelů na klíč. Ceny v porovnáních nákladů jednotlivých změn jsou uváděny za kompletní dodávku a montáž včetně přesunů hmot.

Ceny jsou uváděny bez DPH.

5.1 Změny v projektu na cestě k udržitelnosti

Nejprve se práce zaměřuje na možnosti náhrady materiálů použitých při výstavbě. Pro výběr materiálů, které jsou vhodné k alternování, je důležité určit si nosné neboli nejvíce zastoupené materiály. Z původního rozpočtu rodinného domu byla vyexportována limitka materiálů. Jednotlivé položky byly seskupeny a omezeny na sedm nosných materiálů / materiálů vhodných k náhradě viz Tab. 1.

| Nosný materiál | Výměra | Jednotka |
|--|-----------|----------------|
| Beton | 165,313 | m ³ |
| Ocelová výztuž – Kari sítě/ | 8,663 | t |
| Pórobetonové tvárnice Ytong | 2 762,000 | kus |
| Izolace Isover EPS 100 | 1 263,525 | m ² |
| Obklad fasády z desek Cetris | 26,930 | m ² |
| Hydroizolace Glastek 40 special mineral | 710,919 | m ² |
| Geotextílie | 1 113,127 | m ² |

Tab. 1: Limitka vybraných nosných materiálů *tvorba vlastní*

5.1.1 Beton

Jedním z nosných materiálů použitých ve výstavbě je beton v několika pevnostech. Beton je využit v základových konstrukcích a jako zálivka v tvárnících ztraceného bednění. Celkově je pro stavbu potřeba 165,313 m³ betonu. V případě základových konstrukcí není vhodný materiál pro alternaci, proto jediné, na co se lze zaměřit je dodavatel. S ohledem na emise z nákladní dopravy je vhodné soustředit se na místní dodavatele betonu. Stavba je umístěna poblíž města Františkovy lázně. Pro tuto lokalitu přicházejí v úvahu tři místní betonárny, které se nachází v okruhu do 10 km, viz Tab. 2. [36]

| Betonárna | Vzdálenost od stavby |
|---|----------------------|
| BETON Hradiště, s.r.o. | 8 km |
| FRISCHBETON s.r.o. – Cheb | 9 km |
| Českomoravský beton, a.s., provoz Cheb | 10 km |

Tab. 2: Seznam místních betonáren [36] *tvorba vlastní*

Při předpokladu použití autodomíchávače pro transport betonu, lze přímé emise snadno dopočítat přenásobením spotřeby koeficientem 23,69. [37]

Průměrná spotřeba autodomíchávač – 45 l/100 km

Koeficient. – 23,69

Emise = 45 * 23,69 = 1062 g CO₂ za 1 km

1062 g CO₂ za 1 km ~ 1,062 kg CO₂ za 1 km

Autodomíchávač s průměrnou spotřebou 45 l/100 km tedy vyprodukuje 1,062 kg CO₂ za 1 ujetý km.

Pokud by byl při výběru betonárny brán zřetel pouze na cenu a vzdálenost omezena pouze do 100 km z praktického hlediska, přicházela by v nejlépe v úvahu betonárna TBG SEVEROZÁPADNÍ ČECHY s.r.o., provoz Karlovy Vary Otovice, která je vzdálena 49 km. Z těchto údajů lze dopočítat, kolik emisí CO₂ lze ušetřit výběrem místní betonárny viz Tab. 3.

| Parametr | BETON Hradiště, s.r.o. | TBG SEVEROZÁPADNÍ ČECHY s.r.o., |
|---|------------------------|---------------------------------|
| Vzdálenost tam a zpět (km) | 16 | 98 |
| Objem autodomíchávače (m ³) | 7 | |
| Celkový objem betonu (m ³) | 165,313 | |
| Počet cest | 24 | |
| Celková ujetá vzdálenost (km) | 384 | 2352 |
| Emise (kg CO ₂ za 1 km) | 1,062 | |
| Emise celkem (kg CO ₂) | 407,81 | 2497,82 |
| Rozdíl | -2090,02 | |

Tab. 3: Porovnání betonáren na základě emisí CO₂ *tvorba vlastní*

Výběrem místní betonárny lze ušetřit -2090,02 kg emisí CO₂.

Celkem je potřeba pro výstavbu 165,313 m³ betonu, jehož emise jsou 0,103 kg CO₂ na 1 kg materiálu. Objemová hmotnost betonu je 2300 kg na 1 m³.

$$V_{\text{beton}} = 165,313 \text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{beton}} = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Emise}_{\text{beton}} = 0,103 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv /kg}$$

$$\text{Emise}_{\text{beton}} = 0,103 * 2300 = 236,9 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv /m}^3$$

$$\text{Emise celkem}_{\text{beton}} = 236,9 * 165,313 = 39\,162,65 \text{ kg CO}_2$$

Celkové emise CO₂ z betonu použitého pro výstavbu jsou 39 162,65 kg CO₂.

$$\text{Procento emisí z dopravy} = \frac{2090,02}{39162,65 + 2497,82} * 100 = \mathbf{5\%}$$

Využitím místní betonárny lze ušetřit 5 % z celkových emisí betonu ve výstavbě. (Pro lokalitu Františkovy Lázně) V jiných lokalitách se tyto hodnoty mohou lišit s ohledem na dostupnost betonáren a ceny betonu.

5.1.2 Ocelová výztuž

V případě výztuže betonových konstrukcí je stejný problém jako v případě betonu samotného. Pro ocel neexistuje náhrada běžně používaná ve stavebnictví rodinných domů. Celkem je potřeba pro výstavbu 8,663 tun ocele. Emise jsou 0,935 kg CO₂ na 1 kg materiálu.

$$\text{Emise}_{\text{ocel}} = 0,935 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv /kg}$$

$$\text{Emise celkem}_{\text{ocel}} = 0,935 * 8\,663 = 8\,099,905 \text{ kg CO}_2$$

V poměru k betonu jsou emise ocele výrazně nižší a pro dopravení na stavbu není nutné cestu tolikrát opakovat. Výpočet emisí způsobených dopravou by v případě ocele neměl vypovídající hodnotu.

5.1.3 Pórobetonové tvárnice Ytong

Dalším nosným materiálem použitým pro výstavbu jsou pórobetonové tvárnice Ytong. Emise pórobetonu jsou 0,331 kg emisí CO₂ na 1 kg materiálu. Jako alternativní materiál se v tomto případě nabízí děrované cihly, nebo vápenopískové cihly, jejichž emise CO₂ na 1 kg jsou nižší než v případě pórobetonu. Porovnání jednotlivých materiálů viz Tab. 4.

| Stavební materiál | Objemová hmotnost (kg/m ³) | GWP (kg CO ₂ ekv /kg) | Emise (kg CO ₂ ekv /m ²) |
|---------------------------------|--|----------------------------------|---|
| Pórobetonové tvárnice | 400 | 0,331 | 132,400 |
| Dutinové keramické cihly | 800 | 0,176 | 140,800 |
| Vápenopískové cihly | 1810 | 0,105 | 190,050 |

Tab. 4: Porovnání emisí materiálů na obvodové zdivo [27] *tvorba vlastní*

Co se týče emisí na 1 kg materiálu vychází pórobeton nejhůře. S přihlédnutím k objemové hmotnosti jednotlivých materiálů pak vychází emise pórobetonu nejlépe. Pórobetonové tvárnice mají zároveň nejlepší tepelně-izolační vlastnosti tudíž by byla zapotřebí větší tloušťka v ostatních případech

Pórobetonové tvárnice Ytong tedy už v původní variantě vychází nejlépe.

Celkem je potřeba pro výstavbu 2 762 ks tvárníc. Emise jsou 0,331 kg CO₂ na 1 kg materiálu. Hmotnost jedné tvárnice je 24 kg.

$$m_{Ytong} = 24 \text{ kg/ks}$$

$$m_{Ytong} = 24 * 2\,762 = 66\,288 \text{ kg}$$

$$\text{Emise}_{Ytong} = 0,331 \text{ kg CO}_2 \text{ ekv /kg}$$

$$\text{Emise celkem}_{Ytong} = 0,331 * 66\,288 = 21\,941,33 \text{ kg CO}_2$$

Celkové emise CO₂ z pórobetonu použitého pro výstavbu jsou 21941,33 kg CO₂.

5.1.4 Tepelná izolace

V projektu je navrženo velké množství tepelné izolace z expandovaného polystyrenu EPS 100, který může být nahrazen ekologičtějším, ideálně přírodním materiálem.

5.1.4.1 Tepelná izolace fasády

Pro zateplení obvodových konstrukcí je v původním návrhu použit kontaktní zateplovací systém, konkrétně desky EPS 100 F. Vhodnou alternativou dle potenciálu globálního oteplování se zdá v tomto případě minerální pěnová izolace Multipor GWP izolačních desek Multipor je 0,474 kg CO₂ ekv /kg což 7krát méně než v případě expandovaného polystyrenu. Když je zvolena ekvivalentní tloušťka izolace v závislosti na požadovaném tepelném odporu a emise CO₂ jsou přepočteny na 1 m² spotřebovaného materiálu, výsledek je řádově srovnatelný s použitím EPS.

Jako optimální udržitelný materiál pro srovnání byl vyhodnocen korek, konkrétně expandované izolační korkové desky XPMD s tloušťkou 110 mm, která vyhovuje dle technických požadavků. GWP korkových izolačních desek je -1,23 kg CO₂ ekv /kg a tepelný odpor je 3,025 m²K/W. Celkově konstrukce splňuje doporučenou hodnotu prostupu tepla vnější stěnou, která je pro pasivní domy 0,18 W/m²K. Základní parametry hodnocených materiálů jsou zaznamenány v Tab. 5.

$$R_{\text{korková izolace}} = 3,025 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{ytong universal}} = 2,73 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_i}$$

$$U = \frac{1}{2,73 + 3,025} = 0,1738 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$0,1738 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

| Stavební materiál | Objemová hmotnost (kg/m ³) | R (m ² K/W) | Tloušťka (mm) |
|---------------------------|--|------------------------|---------------|
| EPS 100 F | 20 | 2,780 | 110 |
| Desky Multipor | 115 | 2,780 | 125 |
| Korkové desky XPMD | 152 | 3,025 | 110 |

Tab. 5: Porovnání základních parametrů – Tepelná izolace fasády [38] *tvorba vlastní*

V následující Tab. 6 jsou porovnány emise CO₂ na 1 m² materiálu v požadované tloušťce a zároveň celkové emise z materiálu pro celý rodinný dům.

| Stavební materiál | GWP (kg CO ₂ ekv /kg) | Emise (kg CO ₂ ekv /m ²) | Emise (kg CO ₂ celkem) |
|---------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| EPS 100 F | 3,350 | 7,370 | 2695 |
| Desky Multipor | 0,474 | 6,814 | 2491 |
| Korkové desky XPMD | -1,230 | -20,566 | -7519 |
| Rozdíl: | -4,580 | -27,936 | -10214 |

Tab. 6: Porovnání produkce emisí – Tepelná izolace fasády [27] *tvorba vlastní*

Porovnání je provedeno mezi materiály EPS 100 F a Korkovými deskami XPDM. Celkově použití expandovaného polystyrenu vypustí do ovzduší 2 695 kg CO₂. Naopak použitím korkové desky je ušetřeno 7 519 kg CO₂.

Z tabulky lze vyčíst, že při přepočtu emisí na 1 m² vychází expandovaný polystyren dokonce lépe než minerální desky Multipor, který má lepší hodnoty na 1 kg výrobku. Při využití korkových desek se naopak hodnota emisí dostává do záporných čísel. Využitím korkové desky se tedy podílí na snižování skleníkového jevu, díky procesu růstu korkového dubu.

Následně jsou v Tab. 7 porovnány jednotkové ceny materiálů a zároveň celkové ceny pro celý objekt. Do ceny je zahrnuta kompletní cena tepelné izolace včetně montáže materiálu a příslušného přesunu hmot.

| Stavební materiál | Výměra (m ²) | Cena (Kč/m ²) | Cena (Kč) |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| EPS 100 F tl. 100 mm | 342,336 | 394,57 Kč | 135 075,39 Kč |
| Korkové desky XPMD | 342,336 | 2 389,80 Kč | 818 114,24 Kč |
| Rozdíl: | | 1 995,23 Kč | 683 038,85 Kč |

Tab. 7: Porovnání jednotkových a celkových cen – Tepelná izolace fasády *tvorba vlastní*

Korková izolace už z hlediska jedinečnosti a nízké konkurence na trhu vychází mnohonásobně draž než izolace expandovaným polystyrenem, který je masově produkován nespočtem výrobců. Izolace z korkových desek vychází na 818 114,24 Kč a izolace z desek EPS 100 F na 135 075,39 Kč. Rozdíl činí 683 038,85 Kč.

5.1.4.2 Tepelná izolace podlahy

Projektantem navržená izolace podlahy je podlahový EPS 130 mm (60 mm + 70 mm). Pro podlahy byla jako alternativa k polystyrenu navržena taktéž izolační korkovou desku, tentokrát desku SPLD.

Pro splnění požadavků dle projektanta by postačila tloušťka 130 mm (60 mm + 70 mm), která má shodný tepelný odpor jako desky z EPS. Aby bylo docíleno doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro pasivní domy, byla navržena větší tloušťka 170 mm (80 mm + 90 mm) viz Tab. 8.

$$R_{\text{korková izolace}} = 4,250 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{železobeton}} = 0,237 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{anhydrit}} = 0,072 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_i}$$

$$U = \frac{1}{4,25 + 0,237 + 0,072} = 0,2193 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$0,2193 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

| Stavební materiál | Objemová hmotnost (kg/m ³) | R (m ² K/W) | Tloušťka (mm) |
|---------------------------|--|------------------------|---------------|
| EPS 100 | 20 | 3,25 | 130 |
| Korkové desky SPLD | 170 | 4,25 | 170 |

Tab. 8: Porovnání základních parametrů – Tepelná izolace podlahy [38] *tvorba vlastní*

V Tab. 9 je porovnána produkce emisí vzniklých v celém procesu výroby těchto materiálů. Shodně jako při zateplení fasády domu využití desek EPS negativně přispívá ke skleníkovému jevu na rozdíl od využití desek korkových.

| Stavební materiál | GWP (kg CO ₂ ekv /kg) | Emise (kg CO ₂ ekv /m ²) | Emise (kg CO ₂ celkem) |
|---------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| EPS 100 | 3,350 | 8,71 | 1965 |
| Korkové desky SPLD | -1,230 | -35,547 | -8020 |
| Rozdíl: | -4,580 | -44,257 | -9985 |

Tab. 9: Porovnání produkce emisí – Tepelná izolace podlahy [27] *tvorba vlastní*

Srovnání na základě cen je provedeno v Tab. 10. Cena za 1 m² expandovaného polystyrenu je 215,27 Kč, naproti tomu cena korkové izolace je několikanásobně vyšší, konkrétně 3 220,69 Kč za čtvereční metr. Do ceny je zahrnuta kompletní cena tepelné izolace včetně montáže materiálu a příslušného přesunu hmot.

| Stavební materiál | Výměra (m ²) | Cena (Kč/m ²) | Cena (Kč) |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| EPS 100 | 225,61 | 268,28 Kč | 60 526,65 Kč |
| Korkové desky SPLD | 225,61 | 3 220,69 Kč | 726 619,77 Kč |
| Rozdíl: | | 2 952,41 Kč | 666 093,12 Kč |

Tab. 10: Porovnání jednotkových a celkových cen – Tepelná izolace podlahy *tvorba vlastní*

Celkově rozdíl mezi použitím izolace z expandovaného polystyrenu a korkové izolace SPLD činí 666 093,12 Kč.

Je nutné upozornit, že pro splnění požadavků pro pasivní domy byla navržena tloušťka tepelné izolace o 40 mm větší, než by bylo odpovídající hodnotám expandovaného polystyrenu. Pokud by bylo cílem porovnat pouze výměnu materiálu, celková cena za izolaci z desek SPLD by se rovnala 555 650,41 Kč a rozdíl by byl 495 123,76 Kč.

5.1.4.3 Tepelná izolace střechy

V rámci střechy bylo provedeno hned několik změn, jedna z nich se týká také zateplení ploché střechy. V původním návrhu je střecha, stejně jako fasáda a podlaha zateplena expandovaným polystyrenem EPS 100. Stejně jako v předchozích případech byla alternativně karkovou izolací, která je vhodná i pro zelené střechy.

Požadovaný tepelný odpor izolace je dle projektové dokumentace 4,30 m²K/W. Tepelná izolace střechy v projektu se skládá z několika vrstev, přičemž nejtenčí vrstva má 210 mm. Dále je složena ze spádových klínů, které jsou tvořeny také z materiálu EPS. Pro vyhovění požadavků by postačila korková izolace ve dvou vrstvách o celkové tloušťce 160 mm (80 mm + 80 mm), která má tepelný odpor 4,40 m²K/W. Pro splnění požadavků pro pasivní domy na součinitele prostupu tepla, při zachování ostatních konstrukcí stavby, je nutná tloušťka 240 mm (2x 120 mm). Taková to tloušťka má tepelný odpor 6,6 m²K/W.

$$R_{\text{korková izolace}} = 6,600 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{železobeton}} = 0,316 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{substrát pro zelené střechy}} = 0,210 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_i}$$

$$U = \frac{1}{6,6 + 0,316 + 0,21} = 0,1403 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$0,1403 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Základní parametry materiálů tepelné izolaci střechy jsou porovnány v Tab. 11: Porovnání základních parametrů – Tepelná izolace střechy

| Stavební materiál | Objemová hmotnost (kg/m ³) | R (m ² K/W) | Tloušťka (mm) |
|---------------------------|--|------------------------|---------------|
| EPS 100 | 20 | 4,3 | 210 |
| Korkové desky XPLD | 115 | 6,6 | 240 |

Tab. 11: Porovnání základních parametrů – Tepelná izolace střechy [38] *tvorba vlastní*

Tab. 12 udává hodnoty emisí CO₂ obou materiálů a jejich porovnání. Ve druhém sloupci jsou uvedeny emise na 1 m² a ve třetím celkové.

| Stavební materiál | GWP (kg CO ₂ ekv /kg) | Emise (kg CO ₂ ekv /m ²) | Emise (kg CO ₂ celkem) |
|---------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| EPS 100 | 3,350 | 14,070 | 4274 |
| Korkové desky XPLD | -1,230 | -33,948 | -10 313 |
| Rozdíl: | -4,580 | -48,018 | -14 587 |

Tab. 12: Porovnání produkce emisí – Tepelná izolace střechy [27] *tvorba vlastní*

Celkově záměna tepelné izolace střechy z EPS za korkové desky přináší úsporu 14 587 kg CO₂.

Izolace z korkových desek má shodnou hodnotu potenciálu globálního oteplování, který je udáván na 1 kg materiálu, což znamená, že rozdíl emisí jak celkových, tak na jednotku bude v případě střechy větší z důvodu větší tloušťky, a tím i spotřeby materiálu. Do ceny je zahrnuta kompletní cena tepelné izolace včetně montáže materiálu a příslušného přesunu hmot Tab. 13.

| Stavební materiál | Výměra (m ²) | Cena (Kč/m ²) | Cena (Kč) |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| EPS 100 | 303,78 | 491,30 Kč | 151 045,89 Kč |
| Korkové desky XPLD | 303,78 | 5 366,55 Kč | 1 630 251,12 Kč |
| Rozdíl: | | 4 875,25 Kč | 1 479 205,23 Kč |

Tab. 13: Porovnání jednotkových a celkových cen – Tepelná izolace střechy *tvorba vlastní*

Celková cena pro původní variantu je 149 248,02 Kč v případě expandovaného polystyrenu spolu s vrstvou spádových klínů a 1 630 251,12 Kč v případě korkových desek XPLD. Rozdíl činí extrémních 1 479 205,23 Kč, což vyvolává otázku, zda je tato náhrada smysluplná. Rozdíl mezi jednotlivými materiály je řádově desetinásobný.

5.1.5 Obklad fasády

V původním návrhu je na fasádu objektu navrženo dekorativní obložení stěn cementotřískovými deskami Cetrís Profil Finish v dekoru dřeva tloušťky 12 mm na podkladním dřevěném roštu. Vhodnou alternativou v tomto případě je použití dřevěného obkladu z palubek. Touto alternací zachováme způsob montáže na dřevěný rošt a také finální vzhled stavby, za použití zcela přírodního materiálu. Jako náhrada byly použity palubky obkladové smrk o shodné tloušťce 12 mm. V tomto případě se nemusí řešit tepelná odolnost, jelikož navržená konstrukce obvodových zdí již splňuje stanovené požadavky. Rozdíl se projeví v nákladech na opravy a údržbu, jelikož dřevo je zapotřebí udržovat pravidelným nátěrem.

Základní parametry obkladových materiálů jsou porovnány v Tab. 14.

| Stavební materiál | Objemová hmotnost (kg/m ³) | Tloušťka (mm) |
|-----------------------|--|---------------|
| Cetrís desky | 1200 | 12 |
| Dřevěný obklad | 735 | 12 |

Tab. 14: Porovnání základních parametrů – Obklad fasády [27] *tvorba vlastní*

Tab. 15 udává hodnoty emisí CO₂, jak na jednotku 1 m² tak celkově, obou materiálů, a jejich porovnání.

| Stavební Materiál | GWP (kg CO ₂ ekv /kg) | Emise (kg CO ₂ ekv /m ²) | Emise (kg CO ₂ celkem) |
|-----------------------|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| Cetrís desky | 0,622 | 8,954 | 241 |
| Dřevěný obklad | -1,140 | -10,055 | -271 |
| Rozdíl: | -1,762 | -19,009 | -512 |

Tab. 15: Porovnání produkce emisí – Obklad fasády [38] *tvorba vlastní*

Celkově zvolená alternace obložení fasády ušetří 512 kg CO₂, vzhledem k tomu, že je využívána pouze plocha střechy jde o významnou úsporu.

Do celkové hodnoty emisí musí být zahrnut také podkladový rošt, který zůstává v obou případech neměnný viz Tab. 16.

| Stavební materiál | Hmotnost (kg) | GWP (kg CO ₂ ekv /kg) | Emise (kg CO ₂ celkem) |
|---------------------|---------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Dřevěný rošt | 235 | -1,140 | -268 |

Tab. 16: Porovnání produkce emisí – Dřevěný rošt [27] *tvorba vlastní*

Po přičtení emisí z dřevěného roštu vychází emise obložení fasády z Cetris desek -27 kg CO₂ a z dřevěného obkladu -539 kg CO₂. I když se díky využití dřeva na podkladový rošt emise CO₂ pro Cetris desky dostaly do záporných hodnot, stále zde máme úsporu 512 kg CO₂.

Do porovnání cen obou variant byly zahrnuty veškeré náklady spojené s výstavbou. Cena zahrnuje dodávku a montáž desek, respektive dřeva, dodávku a montáž dřevěného roštu, spojovací prvky a materiál, přesun hmot a v případě dřevěného obkladu také lakování viz Tab. 17.

| Stavební materiál | Výměra (m ²) | Cena (Kč/m ²) | Cena (Kč) |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Cetris desky | 26,93 | 1 899,93 Kč | 51 165,01 Kč |
| Dřevěný obklad | 26,93 | 1 147,32 Kč | 30 897,34 Kč |
| Rozdíl: | | -752,61 Kč | -20 267,67 Kč |

Tab. 17: Porovnání jednotkových a celkových cen – Obklad fasády *tvorba vlastní*

Celková cena pro původní variantu je 149 248,02 Kč v případě expandovaného polystyrenu spolu s vrstvou spádových klínů a 1 630 251,12 Kč v případě korkových desek XPLD. Rozdíl činí extrémních 1 479 205,23 Kč, což hned vyvolává otázku, zda je tato náhrada vůbec smysluplná. Rozdíl mezi jednotlivými materiály je řádově desetinásobný. [39] [27]

5.1.6 Zelená střecha

Na referenčním objektu byla navržena plochá střecha s vrstvou praného kame-niva pro přitížení a také pro ochranu fóliové krytiny. Optimální náhradou a udržitelnou variantou je zde zelená střecha. Jeden metr čtvereční standardní zelené střechy dokáže pohltit až 5 kg CO₂ ročně. Navíc touto záměnou lze získat 294,5 m² zelené plochy navíc, což je při hodnocení udržitelnosti důležitý faktor.

Pro střechu byla navržena nová skladba viz níže Skladba S2 ALTERNATIVNÍ. Skladba byla navržena dle vzoru skladby DEKROOF 09 A, splňuje veškeré požadavky na hydroizolace, pouze je zaměněna vrstva tepelné izolace. Korkové desky XPLD jsou dle výrobce vhodnou alternativou pro zelenou střechu. Jako finální vrstva byl zvolen tra-vinatý koberec pro svou vysokou pohltivost CO₂. Část týkající se tepelné izolace je vyřešena v předchozí kapitole, následující výpočty se týkají ostatních nenosných vrstev ploché střechy nad železobetonovou deskou.

Skladba S2 ALTERNATIVNÍ – střecha

- Vegetační substrát s položením koberce z travin
- Geotextílie netkaná Filtek 200 g/m²
- Nopová fólie s perforacemi s drenážní vrstvou – Dekdren T20 Garden
- Geotextílie netkaná Filtek 300 g/m²
- Střešní fólie PVC-P Dekplan 77 tl. 1,5 mm
- Geotextílie netkaná Filtek 300 g/m²
- Tepelná izolace Korkové desky XPLD tl. 240 mm
- Hydroizolace Glastek 40 special mineral
- Asfaltová penetrační emulze Dekprimer
- Železobetonová stropní deska tl. 200 mm
- Ocelový rošt pro zavěšení SDK podhledu – profil CD+UD
- Podhled ze sádrokartonových desek KNAUF GKB tl. 12,5 mm
- Finální nátěr – bílá barva

Pokud skladbu porovnáme s původní variantou jediným rozdílem jsou vrchní tři vrstvy v případě zelené střechy (vegetační substrát, geotextílie a nopová fólie), na místo navrženého zasypu z kačírku.

Důležitými parametry jsou v případě zelené střechy pouze objemová hmotnost a tloušťka vrstvy viz Tab. 18.

| Stavební materiál | Objemová hmotnost (kg/m ³) | Tloušťka (mm) |
|--|--|---------------|
| Kačírek | 1650 | 50 |
| Stavební materiál | Objemová hmotnost (kg/m ³) | Tloušťka (mm) |
| Dekdren T20 Garden | 1 | 20 |
| Geotextílie 200 g/m² | 0,2 | zanedbatelná |

Tab. 18: Porovnání základních parametrů – zelená střecha [27] *tvorba vlastní*

Pokud vezmeme v úvahu, že 1 metr čtvereční zelené střechy dokáže za rok pohltit až 5 kg emisí CO₂, můžeme snadno dopočítat celkovou hodnotu pro střechu rodinného domu o výměře 303,78 – 9,3 m² (musíme odečíst plochu, kterou na střeše zabírají světlíky) za 40 let.

Celkové emise CO₂ pro travnatou střechu

Celkové emise CO₂ = -5 * počet let * výměra střechy

Celkové emise CO₂ = -5 * 40 * (303,78 – 9,3) = 200 kg CO₂ ekv /m²

| Stavební materiál | GWP (kg CO ₂ ekv /kg) | Emise (kg CO ₂ ekv /m ²) | Emise (kg CO ₂ celkem) |
|--|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| Kačírek | 0,011 | 0,908 | 267 |
| Stavební materiál | GWP (kg CO ₂ ekv /kg) | Emise (kg CO ₂ ekv /m ²) | Emise (kg CO ₂ celkem) |
| Dekdren T20 Garden | 2,200 | 1,467 | 432 |
| Geotextílie 200 g/m² | 0,200 | 0,040 | 12 |
| Zelená střecha | - | -200,000 | -58896 |
| Rozdíl | 2,389 | -199,401 | -58719 |

Tab. 19: Porovnání produkce emisí – zelená střecha [27] *tvorba vlastní*

Porovnání vyprodukovaných emisí obou variant střechy je provedeno v Tab. 19. Hydroizolace nopovou fólií a geotextilií v souhrnu zapříčiní uvolnění většího množství emisí než pouze přitěžující vrstva praného kameniva. Jakmile do rovnice zahrneme množství CO₂, které může během životnosti pohltit vrstva zelené střechy dostáváme se k úspoře 58 719 kg CO₂ celkem.

V Tab. 20 jsou porovnány ceny jednotlivých souvrství do varianty kačírek je započtena dodávka a montáž praného kameniva včetně přesunů hmot materiálu. Do varianty zelená střecha jsou zahrnuta všechna dodatečná souvrství (nopová fólie, geotextilie, substrát, trávnickový koberec) včetně montáže a přesunu hmot materiálu.

| Stavební materiál | Výměra (m ²) | Cena (Kč/m ²) | Cena (Kč) |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Var. Kačírek | 303,78 | 165,66 Kč | 50 323,98 Kč |
| Var. Zelená střecha | 303,78 | 793,08 Kč | 240 920,88 Kč |
| Rozdíl: | | 627,42 Kč | 190 596,90 Kč |

Tab. 20: Porovnání jednotkových a celkových cen – zelená střecha *tvorba vlastní*

Z tabulky lze vyčíst, že celková cena za novou variantu střechy je o 190 597 Kč vyšší než v případě původní.

V případě zelené střechy pro rodinné domy je možné díky dotačnímu programu "Nová zelená úsporám" získat dotaci podle typu zelené střechy 700–1000 Kč na 1 metr čtvereční plochy vegetačního souvrství ovšem maximální výše příspěvku je 100 000 Kč. Vzhledem k velikosti plochy zkoumané střechy je možné dosáhnout na maximální výši dotace. S touto dotací by se cena snížila téměř o 50 % původní ceny viz Tab. 21.

| Stavební materiál | Výměra (m ²) | Cena po započtení dotace (Kč/m ²) | Cena po započtení dotace (Kč) |
|----------------------------|--------------------------|---|-------------------------------|
| Var. Kačírek | 303,78 | 165,66 Kč | 50 323,98 Kč |
| Var. Zelená střecha | 303,78 | 463,89 Kč | 140 920,88 Kč |
| Rozdíl: | | 298,23 Kč | 90 596,90 Kč |

Tab. 21: Porovnání jednotkových a celkových cen – zelená střecha / po započtení dotace *tvorba vlastní*

Po započtení dotace se celkový rozdíl mezi variantami rovná 90 596,90 Kč.

5.1.7 Zdroj energie pro vytápění a ohřev TUV

V původním návrhu je jako zdroj vytápění použit plynový kondenzační kotel Vaillant VU 20CS/1-5 ecoTEC plus. Pro objekt je navrženo teplovodní podlahové vytápění, které bude vytápět plynový kondenzační kotel. Ohřev TUV je zajišťován v zásobníkovém ohřivači o objemu 300 litrů, který je nahříván otopnou vodou z kotle.

Kompletní cena zařízení včetně montáže, potřebných zkoušek a uvedení do provozu je 134 090,37 Kč.

Pro zefektivnění a úsporu byla nově navržena pro krytí potřeby kombinace fotovoltaiky s tepelným čerpadlem + zásobníkový ohřivač. Fotovoltaika obsahuje 14 monokrystalických panelů AEG 450 Wp. Roční výroba energie se pohybuje mezi 6 200–6 400 Wp, předpoklad je tedy 6,3 kWp. Přebytky jsou ukládány do akumulátoru Rsen/SYL HomeESS HV3700; 14,8 kWh. Tepelné čerpadlo vzduch–voda AERO ALM 4-12 kW je navrženo s ohledem na požadavky objektu. V létě se pro chlazení využije potrubí podlahového nebo stěnového vytápění. [40]

Kompletní cena sestavy od dodavatele na klíč se rovná 937 200 Kč. [40]

Kombinace fotovoltaiky a tepelného čerpadla, které je využito na přípravu teplé vody, umožňuje dosáhnout na dotaci díky dotačnímu programu “Nová zelená úsporám” až 260 000 Kč. Kompletní cena po započtení dotace činí 677 200 Kč.

Náklady na energie, jejich celkové spotřeby a vliv na emise CO₂ jsou podrobně řešeny v kapitole 5.2.4 Náklady na energie.

5.1.8 Akumulační nádrž na dešťovou vodu

Jako úsporné opatření v rámci šetření s pitnou vodou byla navržena podzemní akumulční nádrž na dešťovou vodu, která bude využita k zalévání, praní a úklid a splachování toalety. Navržena byla podzemní nádrž Podzemní nádrže COLUMBUS XL o objemu 10 000 litrů s filtrační šachtou.

Cena kompletní dodávky akumulční nádrže na klíč včetně dodávky a montáže potrubí a všech součástí je 204 405 Kč.

Díky programu “Nová zelená úsporám” lze získat dotaci 65 000 Kč. Nová cena kompletního zařízení po započtení dotace činí 139 405,00 Kč.

5.2 Náklady na provoz objektu

Pro vypovídající vyhodnocení a srovnání nákladů obou variant objektu je nutné dopočítat také náklady na provoz v obou variantách. Do provozních nákladů jsou zahrnuty cenově významné náklady, které se projeví v průběhu života stavby. Důležitými složkami provozních nákladů jsou náklady na obnovu a údržbu rodinného domu, pojištění nemovitosti a daň z nemovitosti, náklady na energie a náklady na svoz komunálního odpadu.

Při výpočtu nákladů na provoz stavby je zohledněn meziroční nárůst cen stanovený na 2 % ročně a pro elektřinu 3,5 % ročně vzhledem k současné situaci na trhu s energiemi.

Veškeré ceny jsou pro lepší vypovídající hodnotu přepočteny na čistou současnou hodnotu, a tím je zohledněn přirozený růst cen. Diskontní sazba pro výpočet byla stanovena na 4 %.

5.2.1 Náklady na obnovu a údržbu rodinného domu

Náklady na provoz a údržbu stavby jsou nedílnou součástí celkových provozních nákladů stavby. V této složce nákladů jsou zohledněny potřebné opravy a výměny konstrukcí, jejich částí a výměny jednotlivých zařízení na základě jejich životnosti s určitou periodicitou. V rámci této práce je počítáno s výměnou/obnovou konstrukcí a zařízení, jejichž životnost je kratší než 40 let.

Náklady na obnovu a údržbu jsou rozpočteny do jednotlivých let a je v nich započten meziroční nárůst cen 2 % a diskontní sazba 4 %. Některé opravy či výměny zařízení jsou předpokládány s určitou periodicitou a některé naopak procentuálně v průběhu let.

Následující Tab. 22 a Tab. 23 zobrazují náklady shrnuté po 5 letech nejprve pro původní variantu a poté pro variantu novou. V tabulkách je ve druhém sloupci zobrazena periodičita, s jakou jsou jednotlivé konstrukce renovovány nebo vyměňovány.

| Konstrukce | Per. (rok) | 10 let | 20 let | 30 let | 40 let | Suma |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| Svislé a kompletní konstrukce | 20 | - Kč | 3 324 Kč | - Kč | 2 254 Kč | 5 579 Kč |
| Vodorovné konstrukce | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Zpevněné plochy | 5 | 5 940 Kč | 4 891 Kč | 4 028 Kč | 3 317 Kč | 18 176 Kč |
| Úprava povrchů vnitřních | 7 | 2 139 Kč | 1 868 Kč | 3 053 Kč | 1 242 Kč | 8 302 Kč |
| Úprava povrchů vnějších | 30 | - Kč | - Kč | 47 606 Kč | - Kč | 47 606 Kč |
| Podlahy a podlahové konstrukce | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Osazování výplní otvorů | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Izolace proti vodě | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Povlakové krytiny | 20 | - Kč | 61 870 Kč | - Kč | 41 958 Kč | 103 828 Kč |
| Izolace tepelné | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Zdravotechnika | 7 | 37 928 Kč | 43 568 Kč | 107 532 Kč | 66 034 Kč | 255 063 Kč |
| Ústřední vytápění | 20 | - Kč | 89 153 Kč | - Kč | 60 460 Kč | 149 613 Kč |
| Elektroinstalace | 1 | 22 158 Kč | 18 168 Kč | 14 961 Kč | 12 321 Kč | 67 607 Kč |
| Vzduchotechnika | 15 | - Kč | 102 539 Kč | 76 629 Kč | - Kč | 179 168 Kč |
| Konstrukce tesařské | 8/20 | 3 357 Kč | 27 447 Kč | 2 461 Kč | 20 575 Kč | 53 840 Kč |
| Konstrukce suché výstavby | 1 | 14 186 Kč | 11 683 Kč | 9 621 Kč | 7 923 Kč | 43 412 Kč |
| Konstrukce klempířské | 8 | 28 489 Kč | 6 007 Kč | 5 143 Kč | 8 172 Kč | 47 811 Kč |
| Konstrukce truhlářské | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Podlahy z dlaždic | 25 | - Kč | - Kč | 50 653 Kč | - Kč | 50 653 Kč |
| Podlahy povlakové | 15 | - Kč | 139 433 Kč | 104 200 Kč | - Kč | 243 634 Kč |
| Dokončovací práce – obklady | 25 | 10 207 Kč | 8 406 Kč | 83 203 Kč | 5 701 Kč | 107 516 Kč |
| Dokončovací práce – nátěry | 0 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Dokončovací práce – malby | 5 | 38 668 Kč | 31 843 Kč | 26 223 Kč | 21 595 Kč | 118 329 Kč |
| Havarijní a hromadné opravy | 1 | 88 630 Kč | 72 671 Kč | 59 845 Kč | 49 283 Kč | 270 429 Kč |
| SUMA: | | 251 703 Kč | 622 871 Kč | 595 158 Kč | 300 835 Kč | 1 770 568 Kč |

Tab. 22: Náklady na obnovu a údržbu – původní varianta *tvorba vlastní*

V případě svislých nosných konstrukcí bylo počítáno pouze s drobnými opravami s periodicitou 20 let, jelikož jsou všechny zabudovány do stavby a opatřeny ochrannými konstrukcemi.

Mezi vodorovné konstrukce v rodinném domě patří především konstrukce stropu, kde se nepředpokládají opravy, jelikož jeho životnost je minimálně 50 let.

Opravy zpevněných ploch byly předpokládány každých 5 let pouze v drobném rozsahu. Týkají se obrubníků, okapového chodníku a zámkové dlažby.

Opravy vnitřních povrchů taktéž v malém rozsahu každých 7 let a úpravy povrchů vnějších, tedy fasáda objektu by měla být kompletně obnovena po 30 letech.

Další předpokládané opravy se týkají výměny povlakových krytin, jejichž životnost nepřekračuje 20 let. Byla započtena také částečná obnova kačírku.

U zdravotnických se předpokládá pouze výměna zařizovacích předmětů a to přibližně 15 % každých 7 let, do 50 let by tedy měli být vyměněny kompletně.

Životnost plynového kondenzačního kotle je 20 let. Bude tedy vyměněn 2krát.

Opravy a obnova elektroinstalací je zohledněna ročně v nejnižším rozsahu s ohledem na životnost technologií a drobnou modernizace, přičemž nebylo počítáno s elektrickými přístroji.

Co se týče vzduchotechniky, opravy a výměna rekuperační jednotky jsou předpokládány každých 15 let.

Do oprav a údržby tesařských konstrukcí je započítána výměna podbití oplechování střešních prvků, vždy periodicky s rekonstrukcí částí oplechování každých 8 let. V případě původní varianty je navíc započítána výměna cementotřískových desek každých 20 let. Zde plní Cetriz desky také funkci estetickou, jinak mohou mít životnost delší.

Do konstrukcí suché výstavby se započítávají opravy způsobené běžným užíváním domu a nutné opravy kvůli výměnám technologií.

Klempířské konstrukce, které zahrnují především oplechování atiky budou opravovány periodicky každých 8 let spolu s podbitím viz výše.

Podlahy z dlaždic mají životnost 30 let, jejich výměna je předpokládána po 25 letech, jelikož rekonstrukce by proběhla s největší pravděpodobností dříve. Stejný předpoklad je v případě keramických obkladů, pouze jsou připočítány drobné úpravy průběžně s výměnou zařizovacích předmětů.

Výměna povlakových podlah z PVC je předpokládána jednou za 15 let.

Malby konstrukcí jsou obnovovány periodicky každých 5 let, a to na polovině plochy vnitřních stěn a stropů.

Dále byly do nákladů započteny nepředvídatelné havarijní opravy 10 000 Kč ročně.

| Konstrukce | | 10 let | 20 let | 30 let | 40 let | Suma |
|--------------------------------|------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| Svislé a kompletní konstrukce | 20 | - Kč | 3 324 Kč | - Kč | 2 254 Kč | 5 579 Kč |
| Vodorovné konstrukce | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Zpevněné plochy | 5 | 5 940 Kč | 4 891 Kč | 4 028 Kč | 3 317 Kč | 18 176 Kč |
| Úprava povrchů vnitřních | 7 | 2 139 Kč | 1 868 Kč | 3 053 Kč | 1 242 Kč | 8 302 Kč |
| Úprava povrchů vnějších | 30 | - Kč | - Kč | 47 606 Kč | - Kč | 47 606 Kč |
| Podlahy a podlahové konstrukce | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Osazování výplní otvorů | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Izolace proti vodě | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Povlakové krytiny | 20 | - Kč | 61 870 Kč | - Kč | 41 958 Kč | 103 828 Kč |
| Izolace tepelné | 50 | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Zdravotechnika | 7 | 54 431 Kč | 57 158 Kč | 118 724 Kč | 75 251 Kč | 305 564 Kč |
| Ústřední vytápění | 20 | - Kč | 338 399 Kč | - Kč | 229 491 Kč | 567 889 Kč |
| Elektroinstalace | 1 | 22 158 Kč | 18 168 Kč | 14 961 Kč | 12 321 Kč | 67 607 Kč |
| Vzduchotechnika | 15 | - Kč | 102 539 Kč | 76 629 Kč | - Kč | 179 168 Kč |
| Konstrukce tesařské | 8/20 | 3 357 Kč | 2 874 Kč | 2 461 Kč | 3 910 Kč | 12 603 Kč |
| Konstrukce suché výstavby | 1 | 14 186 Kč | 11 683 Kč | 9 621 Kč | 7 923 Kč | 43 412 Kč |
| Konstrukce klempířské | 8 | 28 489 Kč | 6 007 Kč | 5 143 Kč | 8 172 Kč | 47 811 Kč |
| Konstrukce truhlářské | 35 | - Kč | - Kč | - Kč | 16 865 Kč | 16 865 Kč |
| Podlahy z dlaždic | 25 | - Kč | - Kč | 50 653 Kč | - Kč | 50 653 Kč |
| Podlahy povlakové | 15 | - Kč | 139 433 Kč | 104 200 Kč | - Kč | 243 634 Kč |
| Dokončovací práce – obklady | 25 | 10 207 Kč | 8 406 Kč | 83 203 Kč | 5 701 Kč | 107 516 Kč |
| Dokončovací práce – nátěry | 3 | 12 262 Kč | 10 296 Kč | 11 207 Kč | 6 848 Kč | 40 613 Kč |
| Dokončovací práce – malby | 5 | 38 668 Kč | 31 843 Kč | 26 223 Kč | 21 595 Kč | 118 329 Kč |
| Havarijní a hromadné opravy | 1 | 88 630 Kč | 72 671 Kč | 59 845 Kč | 49 283 Kč | 270 429 Kč |
| SUMA: | | 280 468 Kč | 871 430 Kč | 617 557 Kč | 486 131 Kč | 2 255 586 Kč |

Tab. 23: Náklady na obnovu a údržbu – nová varianta *tvorba vlastní*

První změna v nákladech na obnovu a údržbu v nové variantě rodinného domu se týká ústředního vytápění. Tepelné čerpadlo je vyměňováno také s periodicitou 20 let ovšem rozdíl je v ceně této výměny. A dále byly navýšeny náklady zdravotnické.

Další rozdíl se týká tesařských konstrukcí, kde nejsou započteny výměny Cetris desek, ale pouze výměny podbití v rámci rekonstrukce klempířských prvků. Naopak k truhlářským konstrukcím vzrostly náklady v konstrukcích tesařských, kde je započtena výměna dřevěného obložení po 35 letech s ohledem na jeho životnost.

Spolu se záměnou obložení fasády přibýly náklady také v oddílu nátěry, jelikož dřevěný obklad fasády vyžaduje nátěr každé 3 roky.

Z první tabulky lze vyčíst, že náklady na obnovu a údržbu pro původní variantu rodinného domu vycházejí 1 770 568 Kč. Pro novou variantu vycházejí 2 255 586 Kč. Celkový rozdíl činí 485 018 Kč. V Tab. 24 jsou znázorněny původní kompletní ceny jednotlivých oddílů stavby, jak pro původní variantu, tak pro variantu novou. Dále jsou po oddílech rozepsány celkové sumy nákladů za 40 let. V posledním sloupci jsou jednotlivé náklady porovnány.

| Konstrukce | Cena původní varianty | Cena nová varianta | Opravy a údržba původní varianty | Opravy a údržba nová varianta | Rozdíl |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Svislé a kompletní konstrukce | 604 228 Kč | 604 228 Kč | 5 579 Kč | 5 579 Kč | - Kč |
| Vodorovné konstrukce | 707 686 Kč | 707 686 Kč | | - Kč | - Kč |
| Zpevněné plochy | 199 422 Kč | 199 422 Kč | 18 176 Kč | 18 176 Kč | - Kč |
| Úprava povrchů vnitřních | 320 986 Kč | 320 986 Kč | 8 302 Kč | 8 302 Kč | - Kč |
| Úprava povrchů vnějších | 265 086 Kč | 265 086 Kč | 47 606 Kč | 47 606 Kč | - Kč |
| Podlahy a podlahové konstrukce | 198 553 Kč | 198 553 Kč | | - Kč | - Kč |
| Osazování výplní otvorů | 688 051 Kč | 688 051 Kč | | - Kč | - Kč |
| Izolace proti vodě | 101 771 Kč | 101 771 Kč | | - Kč | - Kč |
| Povlakové krytiny | 318 373 Kč | 508 970 Kč | 103 828 Kč | 103 828 Kč | - Kč |
| Izolace tepelné | 381 303 Kč | 3 208 078 Kč | | - Kč | - Kč |
| Zdravotechnika | 224 529 Kč | 428 934 Kč | 255 063 Kč | 305 564 Kč | 50 501 Kč |
| Ústřední vytápění | 263 920 Kč | 1 067 030 Kč | 149 613 Kč | 567 889 Kč | 418 276 Kč |
| Elektroinstalace | 290 525 Kč | 290 525 Kč | 67 607 Kč | 67 607 Kč | - Kč |
| Vzduchotechnika | 174 943 Kč | 174 943 Kč | 179 168 Kč | 179 168 Kč | - Kč |
| Konstrukce tesařské | 121 901 Kč | 72 087 Kč | 53 840 Kč | 12 603 Kč | -41 238 Kč |
| Konstrukce suché výstavby | 167 189 Kč | 167 189 Kč | 43 412 Kč | 43 412 Kč | - Kč |
| Konstrukce klempířské | 203 658 Kč | 203 658 Kč | 47 811 Kč | 47 811 Kč | - Kč |
| Konstrukce truhlářské | 84 659 Kč | 154 988 Kč | - Kč | 16 865 Kč | 16 865 Kč |
| Podlahy z dlaždic | 83 952 Kč | 83 952 Kč | 50 653 Kč | 50 653 Kč | - Kč |
| Podlahy povlakové | 215 676 Kč | 215 676 Kč | 243 634 Kč | 243 634 Kč | - Kč |
| Dokončovací práce – obklady | 138 240 Kč | 138 240 Kč | 107 516 Kč | 107 516 Kč | - Kč |
| Dokončovací práce – nátěry | 11 026 Kč | 25 997 Kč | - Kč | 40 613 Kč | 40 613 Kč |
| Dokončovací práce – malby | 55 964 Kč | 55 964 Kč | 118 329 Kč | 118 329 Kč | - Kč |
| Havarijní a hromadné opravy | | | 270 429 Kč | 270 429 Kč | - Kč |
| SUMA: | 5 821 639 Kč | 9 882 013 Kč | 1 770 568 Kč | 2 255 586 Kč | 485 018 Kč |

Tab. 24: Porovnání nákladů na obnovu a údržbu *tvorba vlastní*

5.2.2 Pojištění nemovitosti

Roční sazba pojištění nemovitosti byla stanovena průměrem dle online srovná-
vače pojištění viz Tab. 25. Ve výpočtu byla zohledněna lokalita, materiál nosných
konstrukcí, typ střešní konstrukce, počet nadzemních a podzemních podlaží a užitná
plocha. Takto stanovená částka vychází 2 219 Kč.

| Název pojišťovny | Roční sazba pojištění |
|------------------|-----------------------|
| Axa | 1 777 Kč |
| Maxima | 1 828 Kč |
| ČPP | 2 397 Kč |
| Slavia | 2 420 Kč |
| ČSOB | 2 673 Kč |
| Průměr: | 2 219 Kč |

Tab. 25: Porovnání cen pojištění nemovitosti [41] *tvorba vlastní*

Celkové náklady na pojištění nemovitosti jsou stanoveny kumulativně za 40 let
viz Tab. 26. Ve výpočtu je zahrnut dvouprocentní meziroční růst cen na řádku č. 1 a na
řádku č. 2 jsou hodnoty převedeny na čistou současnou hodnotu. Řádek č. 3 znázorňuje
kumulativní náklady v každém roce. Pro přehlednost byly v tabulce vypuštěny hodnoty
nákladů v prostředních letech.

| Pojištění nemovitosti | Roční sazba | Rok 1 | Rok 39 | Rok 40 |
|-------------------------------|-------------|----------|-----------|-----------|
| Meziroční růst cen 2 % | 2 219 Kč | 2 263 Kč | 4 804 Kč | 4 900 Kč |
| Čistá současná hodnota | 2 219 Kč | 2 176 Kč | 1 041 Kč | 1 021 Kč |
| Kumulované náklady | 2 219 Kč | 4 395 Kč | 62 320 Kč | 63 340 Kč |

Tab. 26: Celkové náklady na pojištění nemovitosti *tvorba vlastní*

Celkové náklady na pojištění za 40 let života vychází na 63 340 Kč.

Cena pojištění zůstává v obou variantách neměnná.

5.2.3 Daň z nemovitosti

Pro výpočet daně z nemovitosti byla použita online kalkulačka daně z nemovitosti. Ve výpočtu bylo zahrnuto, o jaký typ nemovitosti se jedná, zastavěná plocha nemovitosti a počet nadzemních podlaží. Koeficient podle velikosti obce je na konkrétní parcelu 283/71 v katastrálním území Františkovy Lázně dle daňového portálu 3,5 a místní koeficient není pro lokalitu stanoven. Roční daň z nemovitosti vychází 1 568 Kč. [42]

Celkové náklady na daň z nemovitosti jsou stanoveny, stejně jako v případě pojištění nemovitosti, kumulativně za 40 let viz Tab. 27, Ve výpočtu je využit meziroční nárůst cen o 2 % a diskontní sazba pro výpočet čisté současné hodnoty je 4 %.

| Daň z nemovitosti | Roční sazba | Rok 1 | Rok 39 | Rok 40 |
|-------------------------------|-------------|----------|-----------|-----------|
| Meziroční růst cen 2 % | 1 568 Kč | 1 599 Kč | 3 394 Kč | 3 462 Kč |
| Čistá současná hodnota | 1 568 Kč | 1 538 Kč | 735 Kč | 721 Kč |
| Kumulované náklady | 1 568 Kč | 3 106 Kč | 44 037 Kč | 44 758 Kč |

Tab. 27: Celkové náklady na daň z nemovitosti *tvorba vlastní*

Celkové náklady na daň z nemovitosti činí za 40 let 44 758 Kč.

Daň z nemovitosti zůstává v obou variantách neměnná.

5.2.4 Náklady na energie

V původním návrhu je jako zdroj vytápění použit plynový kondenzační kotel Vaillant VU 20CS/1-5 ecoTEC plus. Pro objekt je navrženo teplovodní podlahové vytápění, které bude vytápět plynový kondenzační kotel. Ohřev TUV je zajišťován v zásobníkovém ohříváči, který je nahříván otopnou vodou z kotle.

V následující Tab. 28 jsou vypsány geometrické parametry budovy, které jsou důležité pro výpočet spotřeby energie.

| Geometrické parametry budovy | Jednotky | Hodnota |
|---|--------------------------------|---------|
| Objem budovy s upravovaným vnitřním prostředím | m ³ | 825,00 |
| Celková plocha hodnocené obálky budovy | m ² | 709,40 |
| Objemový faktor tvaru budovy | m ² /m ³ | 0,86 |
| Celková energeticky vztažná plocha budovy | m ² | 232,10 |
| Podíl průsvitných konstrukcí v ploše svislých konstrukcí | % | 20,00 |

Tab. 28: Geometrické parametry budovy *tvorba vlastní*

Celkové ztráty energie budovy jsou tvořeny prostupem tepla přes konstrukce obálky budovy, cíleným větráním a neřízeným větráním netěsnostmi – infiltrací. Ztráty energie jsou z části pokryty využitelnými solárními a vnitřními zisky. Výsledná bilance představuje potřebu energie na vytápění budovy, kterou je nutné dodat soustavou vytápění.

Pro co nejpřesnější stanovení úspory, které vzniknou výměnou kontaktního zateplení a zateplení střechy a podlahy, musíme vypočítat ztráty tepla z prostupu obálkou budovy. Ostatní hodnoty tepelných zisků a ztrát, kromě tepelných ztrát prostupem tepla obálkou budovy jsou neměnné pro obě varianty.

Výpočet pro ztráty tepla podlahou v původní variantě je zaznamenán v Tab. 29 a výpočty pro ostatní konstrukce, které nejsou v kontaktu se zemínou jsou znázorněny v Tab. 30. Tyto výpočty se týkají střechy, obvodového pláště a výplní otvorů.

| Typ plochy | Výměra (m ²) | Suma Ri (m ² K/W) | Rsi (m ² K/W) | Rse (m ² K/W) | Rt (m ² K/W) | Ui (W/m ² K) |
|----------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Podlaha | 232,100 | 3,559 | 0,170 | 0,000 | 3,729 | 0,268 |

Tab. 29: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla podlahou – původní varianta 1 *tvorba vlastní*

| Typ plochy | Výměra (m ²) | Suma Ri (m ² K/W) | Rsi (m ² K/W) | Rse (m ² K/W) | Rt (m ² K/W) | Ui (W/m ² K) |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Střecha | 232,100 | 4,616 | 0,100 | 0,040 | 4,756 | 0,210 |
| Obvodový plášť | 189,100 | 5,510 | 0,130 | 0,040 | 5,680 | 0,176 |
| Okna | 44,000 | | | | | 0,700 |
| Střešní světlík | 6,400 | | | | | 1,100 |
| Dveře | 3,300 | | | | | 1,000 |
| Celkem: | | | | | | 3,186 |

Tab. 30: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla ostatními konstrukcemi – původní varianta 1 *tvorba vlastní*

Výpočet ztráty prostupem tepla obálkou budovy:

Stanovení měrného tepelného toku prostupem tepla

$$H_{tr} = \sum_{n=1}^{\infty} (U_i \cdot A_i)$$

$$H_{trvz} = 0,21 \cdot 232,1 + 0,176 \cdot 189,1 + 0,7 \cdot 44 + 1,1 \cdot 6,4 + 1 \cdot 3,3$$

$$H_{trvz} = 123,163 \text{ W/K}$$

$$H_{trzem} = 0,211 \cdot 232,1$$

$$H_{trzem} = 62,203 \text{ W/K}$$

Následně je možné vypočítat tepelnou ztrátu prostupem tepla obálkou budovy. Výpočet ztrát prostupem tepla pro podlahu dle vzorce viz níže je znázorněn v Tab. 31 a pro ostatní konstrukce v Tab. 32.

$$Q_{tr,m} = H_{tr} \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot h$$

$Q_{tr,m}$ – Tepelná ztráta prostupem tepla

θ_i – Návrhová teplota v interiéru

θ_e – Průměrná teplota v exteriéru

h – Počet hodin v počítaném období

| Měsíc | Průměrná teplota (°C) | Počet dní | Počet hodin | Htr (W/K) | Tepelná ztráta prostupem (Wh) | Tepelná ztráta prostupem (MWh) |
|----------------|-----------------------|-----------|-------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|
| leden | 5 | 31 | 744 | 62,2028 | 694183 | 0,69 |
| únor | 5 | 28 | 672 | 62,2028 | 627004 | 0,63 |
| březen | 5 | 31 | 744 | 62,2028 | 694183 | 0,69 |
| duben | 5 | 30 | 720 | 62,2028 | 671790 | 0,67 |
| květen | 5 | 31 | 744 | 62,2028 | 694183 | 0,69 |
| červen | 5 | 30 | 720 | 62,2028 | 671790 | 0,67 |
| červenec | 5 | 31 | 744 | 62,2028 | 694183 | 0,69 |
| srpen | 5 | 31 | 744 | 62,2028 | 694183 | 0,69 |
| září | 5 | 30 | 720 | 62,2028 | 671790 | 0,67 |
| říjen | 5 | 31 | 744 | 62,2028 | 694183 | 0,69 |
| listopad | 5 | 30 | 720 | 62,2028 | 671790 | 0,67 |
| prosinec | 5 | 31 | 744 | 62,2028 | 694183 | 0,69 |
| Celkem: | | | | | | 8,17 |

Tab. 31: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla podlahou – původní varianta 2 *tvorba vlastní*

| Měsíc | Průměrná teplota (°C) | Počet dní | Počet hodin | Htr (W/K) | Tepelná ztráta prostupem (Wh) | Tepelná ztráta prostupem (MWh) |
|----------------|-----------------------|-----------|-------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|
| leden | 0,4 | 31 | 744 | 123,163 | 1796006 | 1,80 |
| únor | 2,6 | 28 | 672 | 123,163 | 1440116 | 1,44 |
| březen | 2,7 | 31 | 744 | 123,163 | 1585250 | 1,59 |
| duben | 8,4 | 30 | 720 | 123,163 | 1028654 | 1,03 |
| květen | 9,9 | 31 | 744 | 123,163 | 925493 | 0,93 |
| červen | 15,1 | 30 | 720 | 123,163 | 434518 | 0,43 |
| červenec | 16,5 | 31 | 744 | 123,163 | 320715 | 0,32 |
| srpen | 17,6 | 31 | 744 | 123,163 | 219919 | 0,22 |
| září | 12,6 | 30 | 720 | 123,163 | 656210 | 0,66 |
| říjen | 7,7 | 31 | 744 | 123,163 | 1127086 | 1,13 |
| listopad | 3 | 30 | 720 | 123,163 | 1507510 | 1,51 |
| prosinec | 0,6 | 31 | 744 | 123,163 | 1777680 | 1,78 |
| Součet: | | | | | | 12,82 |

Tab. 32: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla ostatními konstrukcemi – původní varianta 2
tvorba vlastní

Tepelná ztráta prostupem ročně vychází v původní variantě objektu **20,99 MWh**.

Následně je nutné výpočet zopakovat pro novou variantu, kde byl nahrazen kontaktní zateplovací systém. Expandovaný polystyren byl nahrazen korkovou izolací a jeho množství navýšeno, tak aby splňoval kritéria pro udržitelnou výstavbu.

Výpočet pro ztráty tepla podlahou v nové variantě je zaznamenán v Tab. 33 a výpočty pro konstrukce, které jsou v kontaktu se vzduchem v Tab. 34.

| Typ plochy | Výměra (m ²) | Suma Ri (m ² K/W) | Rsi (m ² K/W) | Rse (m ² K/W) | Rt (m ² K/W) | Ui (W/m ² K) |
|----------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Podlaha | 232,100 | 4,559 | 0,170 | 0,000 | 4,729 | 0,211 |

Tab. 33: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla podlahou – nová varianta 1 *tvorba vlastní*

| Typ plochy | Výměra (m ²) | Suma Ri (m ² K/W) | Rsi (m ² K/W) | Rse (m ² K/W) | Rt (m ² K/W) | Ui (W/m ² K) |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Střecha | 232,100 | 7,126 | 0,100 | 0,040 | 7,266 | 0,138 |
| Obvodový plášť | 189,100 | 5,755 | 0,130 | 0,040 | 5,925 | 0,169 |
| Okna | 44,000 | | | | | 0,700 |
| Střešní světlík | 6,400 | | | | | 1,100 |
| Dveře | 3,300 | | | | | 1,000 |
| Celkem: | | | | | | 3,106 |

Tab. 34: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla ostatními konstrukcemi – nová varianta 1 *tvorba vlastní*

Výpočet ztráty prostupem tepla obálkou budovy:

Výpočet totožný viz výše.

$$H_{trvz} = 105,128 \text{ W/K}$$

$$H_{trzem} = 48,973 \text{ W/K}$$

Následně jsem stejně jako v původní variantě vypočetla tepelnou ztrátu prostupem tepla obálkou budovy. Parametry pro výpočet zůstávají neměnné. Výpočet je znázorněn v Tab. 35.

| Měsíc | Průměrná teplota (°C) | Počet dní | Počet hodin | Htr (W/K) | Tepelná ztráta prostupem (Wh) | Tepelná ztráta prostupem (MWh) |
|----------------|-----------------------|-----------|-------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|
| leden | 5 | 31 | 744 | 48,973 | 546539 | 0,55 |
| únor | 5 | 28 | 672 | 48,973 | 493648 | 0,49 |
| březen | 5 | 31 | 744 | 48,973 | 546539 | 0,55 |
| duben | 5 | 30 | 720 | 48,973 | 528908 | 0,53 |
| květen | 5 | 31 | 744 | 48,973 | 546539 | 0,55 |
| červen | 5 | 30 | 720 | 48,973 | 528908 | 0,53 |
| červenec | 5 | 31 | 744 | 48,973 | 546539 | 0,55 |
| srpen | 5 | 31 | 744 | 48,973 | 546539 | 0,55 |
| září | 5 | 30 | 720 | 48,973 | 528908 | 0,53 |
| říjen | 5 | 31 | 744 | 48,973 | 546539 | 0,55 |
| listopad | 5 | 30 | 720 | 48,973 | 528908 | 0,53 |
| prosinec | 5 | 31 | 744 | 48,973 | 546539 | 0,55 |
| Součet: | | | | | | 6,44 |

Tab. 35: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla podlahou – nová varianta 2 tvorba vlastní

| Měsíc | Průměrná teplota (°C) | Počet dní | Počet hodin | Htr (W/K) | Tepelná ztráta prostupem (Wh) | Tepelná ztráta prostupem (MWh) |
|----------------|-----------------------|-----------|-------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|
| leden | 0,4 | 31 | 744 | 105,128 | 1533014 | 1,53 |
| únor | 2,6 | 28 | 672 | 105,128 | 1229237 | 1,23 |
| březen | 2,7 | 31 | 744 | 105,128 | 1353120 | 1,35 |
| duben | 8,4 | 30 | 720 | 105,128 | 878027 | 0,88 |
| květen | 9,9 | 31 | 744 | 105,128 | 789972 | 0,79 |
| červen | 15,1 | 30 | 720 | 105,128 | 370891 | 0,37 |
| červenec | 16,5 | 31 | 744 | 105,128 | 273753 | 0,27 |
| srpen | 17,6 | 31 | 744 | 105,128 | 187716 | 0,19 |
| září | 12,6 | 30 | 720 | 105,128 | 560120 | 0,56 |
| říjen | 7,7 | 31 | 744 | 105,128 | 962045 | 0,96 |
| listopad | 3 | 30 | 720 | 105,128 | 1286763 | 1,29 |
| prosinec | 0,6 | 31 | 744 | 105,128 | 1517371 | 1,52 |
| Součet: | | | | | | 10,94 |

Tab. 36: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi – nová varianta 2 tvorba vlastní

Tepelná ztráta prostupem vychází ročně pro novou variantu s navýšením kontaktního zateplení **17,38 MWh**.

Celková bilance pro režim vytápění je sestavena dle výpočtů ztrát obálkou budovy a dle hodnot z průkazu energetické náročnosti budovy viz Tab. 37. Potřeba energie na vytápění je dopočtena jako rozdíl mezi ztrátami a zisky energie.

| Ztráty tepla (MWh/rok) | Původní varianta | Nová varianta |
|--|------------------|---------------|
| Prostup tepla obálkou budovy | 20,990 | 17,380 |
| Větrání | 1,185 | 1,185 |
| Netěsnosti obálky – infiltrace | 1,529 | 1,529 |
| Celkem | 23,704 | 20,094 |
| Zisky tepla (MWh/rok) | Původní varianta | Nová varianta |
| Solární zisky | 5,167 | 5,167 |
| Vnitřní zisky – lidé | 1,310 | 1,310 |
| Vnitřní zisky – osvětlení a technologie | 1,024 | 1,024 |
| Celkem | 7,501 | 7,501 |
| Potřeba energie (MWh/rok) | Původní varianta | Nová varianta |
| Potřeba energie na vytápění | 16,203 | 12,593 |

Tab. 37: Potřeba energie na vytápění objektu *tvorba vlastní*

Celková potřeba energie na vytápění v původní variantě před alternováním kontaktního zateplení vychází **16,203 MWh/rok** a zahrnutí úsporných opatření vychází **12,593 MWh/rok**, což znamená úsporu **3,61 MWh/rok**.

Kromě vytápění je energie v domě využívána na nucené větrání, jelikož součástí systémů TZB je rekuperace, dále energie na osvětlení a příprava TUV. Tyto hodnoty byly převzaty z PENB viz Tab. 38. Dále byla pomocí online kalkulačky dopočtena potřeba elektrické energie na základní spotřebiče pro rodinný dům.

| Potřeba energie (MWh/rok) | Původní varianta | Nová varianta |
|----------------------------|------------------|---------------|
| Vytápění | 16,203 | 12,593 |
| Nucené větrání | 0,464 | 0,464 |
| Příprava teplé vody | 6,035 | 6,035 |
| Osvětlení | 0,464 | 0,464 |
| Spotřebiče | 3,631 | 3,631 |
| Celkem | 26,797 | 23,187 |

Tab. 38: Celková potřeba energie [43] *tvorba vlastní*

Výpočet nákladů na energii – původní varianta

V původní variantě bylo počítáno se dvěma zdroji energie, a to konkrétně plyn a elektrická energie dodávaná ze sítě. Plyn jako energonositel je použit pro vytápění a ohřev TUV, elektřina pro nucené větrání, osvětlení a provoz spotřebičů v domácnosti. Cena energií byla stanovena pomocí online kalkulátoru aktuálních cen energií a následně byl započten roční nárůst cen energií a diskontován sazbou 4 %. Roční nárůst cen plynu.

Potřeba energie na vytápění – 16,203 MWh/rok

Potřeba energie na přípravu TUV – 6,035 MWh/rok

Celkem (plyn) – 22,238 MWh/rok

Celkem (elektřina) – 4,559 MWh/rok

Cena energií v současnosti zažívá extrémní nárůst, ovšem po posledním skokovém navýšení se nepředpokládá, že se cena bude dále zvyšovat takovýmto způsobem, ale zároveň se nevrátí na původní hodnotu, proto byl zvolen meziroční nárůst cen elektrické energie 3,5 % a u plynu stejné procento.

Roční sazba plynu byla stanovena porovnáním dostupných cen energií od dodavatelů na trhu viz Tab. 39. Ceny jsou uvedeny za 22,238 MWh/rok.

| Dodávka plynu | Roční sazba |
|----------------------|------------------|
| E-on | 29 213 Kč |
| Quantum | 29 622 Kč |
| Dobrá Energie | 34 194 Kč |
| Inogy | 34 933 Kč |
| Čez | 36 605 Kč |
| Průměr | 32 913 Kč |

Tab. 39: Porovnání ročních cen plynu [44] *tvorba vlastní*

Celkové náklady na plyn jsou stanoveny, stejně jako v předchozích případech výpočtu nákladů, kumulativně za 40 let viz Tab. 40, Ve výpočtu je využit meziroční nárůst cen 3,5 % a diskontní sazba pro výpočet čisté současné hodnoty je 4 %.

| Dodávka plynu | Roční sazba | Rok 1 | Rok 39 | Rok 40 |
|---------------------------------|-------------|-----------|--------------|---------------------|
| Meziroční růst cen 3,5 % | 32 913 Kč | 34 065 Kč | 125 906 Kč | 130 313 Kč |
| Čistá současná hodnota | 32 913 Kč | 32 755 Kč | 27 274 Kč | 27 143 Kč |
| Kumulované náklady | 32 913 Kč | 65 669 Kč | 1 200 304 Kč | 1 227 447 Kč |

Tab. 40: Celkové náklady na energii – plyn *tvorba vlastní*

Celkové náklady na plyn za 40 let jsou 1 227 447 Kč.

Roční sazba elektrické energie byla stanovena stejným porovnáním cen dle on-line kalkulátoru. Sazba je zjišťována za 4,559 MWh/rok. Jelikož elektřinu v domácnosti není využívána pro vytápění ani ohřev TUV, ale pouze pro běžnou potřebu, byla zvolena jednotarifová sazba D02d, což je standardní sazba pro domácnosti.

| Dodávka elektrické energie | Roční sazba |
|----------------------------|-------------|
| E-on | 27 067 Kč |
| PRE | 30 033 Kč |
| Eneka | 30 036 Kč |
| Dobrá Energie | 30 916 Kč |
| Čez | 32 374 Kč |
| Průměr | 30 085 Kč |

Tab. 41: Porovnání ročních cen elektrické energie – původní varianta [44] *tvorba vlastní*

Průměrná roční cena energie na aktuálním trhu je 30 085 Kč.

Celkové náklady na elektrickou energii jsou stanoveny stejným způsobem jako náklady na plyn viz Tab. 42, Ve výpočtu je využito meziroční nárůst cen 3,5 % a diskontní sazba pro výpočet čisté současné hodnoty je 4 %.

| Dodávka elektřiny | Roční sazba | Rok 1 | Rok 39 | Rok 40 |
|---------------------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| Meziroční růst cen 3,5 % | 30 085 Kč | 31 138 Kč | 115 087 Kč | 119 115 Kč |
| Čistá současná hodnota | 30 085 Kč | 29 941 Kč | 24 930 Kč | 24 810 Kč |
| Kumulované náklady | 30 085 Kč | 60 026 Kč | 1 097 164 Kč | 1 121 974 Kč |

Tab. 42: Celkové náklady na energii – elektrická energie, původní varianta *tvorba vlastní*

Celkové náklady na elektřinu pro původní variantu za 40 let jsou 1 121 974 Kč.

Celkové náklady na energii se získají jako suma nákladů na plyn a nákladů na elektrickou energii.

$$1\,227\,447 + 1\,121\,974 = 2\,349\,421 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na energii za 40 let života rodinného domu vycházejí pro původní variantu rodinného domu **2 349 421 Kč**.

V České republice je oficiální emisní faktor elektřiny asi 0,43 t CO₂/MWh. Při celkové spotřebě 4,559 MWh/rok lze dopočítat celkové emise CO₂. [45]

Emisní faktor elektřiny CO₂ = 0,43 t CO₂/MWh

Roční potřeba elektřiny = 4,559 MWh/rok

Emise elektřina roční = 0,43 * 4,559

Emise elektřina roční = 1,964 t CO₂/rok

Emise elektřina celkem = 1,964 * 40 let

Emise elektřina celkem = 78,56 t CO₂

Celkem je do ovzduší vypuštěno z důvodu potřeby elektrické energie pro původní variantu rodinného domu 78,56 tun CO₂

Emisní faktor zemního plynu pro Českou republiku je 0,20 t CO₂/MWh. [46]

Emisní faktor zemního plynu CO₂ = 0,2 t CO₂/MWh

Roční potřeba elektřiny = 22,238 MWh/rok

Emise plyn roční = 0,2 * 22,238

Emise plyn roční = 4,448 t CO₂/rok

Emise plyn celkem = 4,448 * 40 let

Emise plyn celkem = 177,92 t CO₂

Celkem je do ovzduší vypuštěno z důvodu potřeby zemního plynu pro původní variantu rodinného domu 177,92 tun CO₂.

Celkové emise z obou energií pro původní variantu jsou 256,48 tun CO₂.

Emise celkem = Emise elektřina celkem + Emise plyn celkem

Emise celkem = 78,56 + 177,92

Emise celkem = 256,48 tun CO₂

Výpočet nákladů na energii – nová varianta

V nové variantě je uvažováno se 14 FV panely s nominálním výkonem 450 Wp. Panel o nominálním výkonu 1 kWp dokáže ročně vyprodukovat 1 MWh elektrické energie za rok. Při 14 kusech vychází celkový výkon 6,30 MWh elektrické energie.

0,45 kWp odpovídá 0,45 MWh elektrické energie

$$0,45 * 14 = 6,30$$

6,30 kWp odpovídá 6,30 MWh elektrické energie

Dle výpočtu je zapotřebí 12,593 MWh/rok na vytápění. Topný faktor COP tepelného čerpadla je 4,58, což znamená, že z každého 1 kW elektrické energie vyrobí 4,58 kWh tepla. U plynového kondenzačního kotle je tento faktor přibližně 1. Přepočteme-li tedy potřebu energie na vytápění dostaneme potřebu elektrické energie 2,75 MWh/rok.

$$12,593 \text{ MWh/rok} / 4,58 = 2,75 \text{ MWh/rok}$$

Pokrytí potřeb energie pro účely rodinného domu z fotovoltaických panelů je znázorněno v následující Tab. 43.

| Potřeba energie (MWh/rok) | Nová varianta | Pokrytí energií z FV | Potřeba energie ze sítě |
|----------------------------|---------------|----------------------|-------------------------|
| Vytápění | 2,750 | 0,000 | 2,750 |
| Nucené větrání | 0,464 | 0,000 | 0,464 |
| Příprava teplé vody | 6,035 | 2,205 | 3,830 |
| Osvětlení | 0,464 | 0,464 | 0,000 |
| Spotřebiče | 3,631 | 3,631 | 0,000 |
| Celkem | 13,344 | 6,300 | 7,044 |

Tab. 43: Celková potřeba energie ze sítě – nová varianta *tvorba vlastní*

Po zohlednění topného faktoru tepelného čerpadla a zohlednění krytím zisků z fotovoltaických panelů vychází celková potřeba energie ze sítě 7,044 MWh/rok.

V případě nové alternované varianty je počítáno pouze s dodávkou elektrické energie. V tomto případě byla zvolena dvoutarifová sazba pro vytápění s tepelným čerpadlem D57d, která je zprovozněna od 1. dubna 2016. Pro výpočet je nutné rozdělit

spotřeby energie do tarifů, nízkého a vysokého, poměrem dle hodin (20 hodin nízký tarif a 4 hodiny vysoký tarif).

$$\text{Spotřeba}_{\text{nízký tarif}} = \text{Spotřeba energie} / 24 \text{ hodin} * \text{počet hodin pro nízký tarif (20)}$$

$$\text{Spotřeba}_{\text{nízký tarif}} = 7,044 / 24 * 20$$

$$\text{Spotřeba}_{\text{nízký tarif}} = 5,870 \text{ MWh/rok}$$

$$\text{Spotřeba}_{\text{vysoký tarif}} = \text{Spotřeba energie} / 24 \text{ hodin} * \text{počet hodin pro nízký tarif (4)}$$

$$\text{Spotřeba}_{\text{vysoký tarif}} = 7,044 / 24 * 4$$

$$\text{Spotřeba}_{\text{vysoký tarif}} = 1,174 \text{ MWh/rok}$$

Potřeba energie odebíraná v nízkém tarifu vychází 5,870 MWh/rok a ve vysokém tarifu 1,174 MWh/rok.

Pro tyto hodnoty byla zjištěna roční sazba za elektřinu stejným porovnáním cen dle online kalkulátoru viz Tab. 44.

| Dodávka elektrické energie | Roční sazba |
|----------------------------|-------------|
| PRE | 30 613 Kč |
| E-on | 37 381 Kč |
| Dobrá Energie | 37 432 Kč |
| Čez | 37 641 Kč |
| Rodinná energie | 38 220 Kč |
| Průměr | 36 257 Kč |

Tab. 44: Porovnání ročních cen elektrické energie – nová varianta [47]

Celkové roční náklady na elektrickou energii pro stanovený objem jsou na aktuálním trhu 36 257 Kč. Kompletní cenu, respektive její čistou současnou hodnotu získáme shodným výpočtem jako v předchozím případě lze vidět v Tab. 45.

| Dodávka elektřiny | Roční sazba | Rok 1 | Rok 39 | Rok 40 |
|---------------------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| Meziroční růst cen 3,5 % | 36 257 Kč | 37 526 Kč | 138 698 Kč | 143 552 Kč |
| Čistá současná hodnota | 36 257 Kč | 36 083 Kč | 30 045 Kč | 29 900 Kč |
| Kumulované náklady | 36 257 Kč | 72 340 Kč | 1 322 255 Kč | 1 352 155 Kč |

Tab. 45: Celkové náklady na energii – elektrická energie, nová varianta *tvorba vlastní*

Celkové náklady na energie za 40 let života rodinného domu vycházejí pro novou variantu rodinného domu **1 352 155 Kč**.

Emisní faktor elektřiny CO₂ = 0,43 t CO₂/MWh

Roční potřeba elektřiny = 7,044 MWh/rok

Emise_{roční} = 0,43 * 7,044

Emise_{roční} = 3,023 t CO₂/rok

Emise_{celkem} = 3,023 * 40 let

Emise_{celkem} = 120,92 t CO₂

Celkové emise způsobené odběrem elektrické energie ze sítě pro novou variantu činí 120,92 tun CO₂.

5.2.5 Svoz komunálního odpadu

Poplatek za svoz komunálního odpadu byl stanoven dle vyhlášky města Františkovy Lázně. Dle předpokladu, že dům je koncipován pro 4 osoby, jsou v poplatku zahrnuti tři kontejnery na tříděný odpad se svozem jednou za 14 dní a jeden na směsný odpad s vývozem jedenkrát týdně. Velikost kontejneru byla stanovena standardní pro rodinný dům viz tab. Tab. 46. Svoz v tomto složení vyšel na 3 984 Kč ročně. [48]

| Svoz komunálního odpadu nádob o objemu 120 litrů | Roční sazba / ks | Počet kontejnerů | Roční sazba celkem |
|--|------------------|------------------|--------------------|
| 1 x za 14 dní | 996 Kč | 2 | 1 992 Kč |
| 1 x za týden | 1 992 Kč | 1 | 1 992 Kč |
| Celkem: | | 3 | 3 984 Kč |

Tab. 46: Výpočet roční sazby za svoz komunálního odpadu [48] *tvorba vlastní*

Pro výpočet celkových nákladů na svoz komunálního odpadu za 40 let byla využita shodná tabulka jako v předchozích kapitolách při výpočtu pojištění nemovitosti a daně z nemovitosti viz Tab. 47.

| Svoz komunálního odpadu | Roční sazba | Rok 1 | Rok 39 | Rok 40 |
|-------------------------------|-------------|----------|------------|-------------------|
| Meziroční růst cen 2 % | 3 984 Kč | 4 064 Kč | 8 624 Kč | 8 797 Kč |
| Čistá současná hodnota | 3 984 Kč | 3 907 Kč | 1 868 Kč | 1 832 Kč |
| Kumulované náklady | 3 984 Kč | 7 891 Kč | 111 889 Kč | 113 722 Kč |

Tab. 47: Celkové náklady na svoz komunálního odpadu *tvorba vlastní*

Celkové náklady na svoz komunálního odpadu činí za 40 let 113 722 Kč.

Náklady na svoz komunálního odpadu zůstávají v obou variantách neměnné.

5.2.6 Vodné a stočné

Do provozních nákladů rodinného domu je nutné započítat náklady na vodné a stočné. Do těchto nákladů se započítávají jak náklady na pitnou vodu, tak i odpadní a dešťovou vodu, která je vypouštěna do kanalizační sítě. Spotřeba vody na jednu osobu byla stanovena dle dat z roku 2019 a činí 90 litrů. Běžné složení spotřeby vody je znázorněno v Tab. 48. Cena vodného a stočného byla určena od dodavatele vody ve Františkových Lázních, jímž je CHEVAK Cheb, a. s. Aktuální cena vodného v této oblasti činí 46,20 Kč za m³ a cena stočného za 47,85 Kč za m³.

Celkem tedy cena vodného a stočného činí **94,05 Kč za m³**.

V původní variantě je veškerá voda z místního vodovodu. Průměrné denní hodnoty v m³ jsou přepočteny sumou vodného a stočného.

| Účel spotřeby vody | Průměrné denní hodnoty v litrech | Průměrné denní hodnoty v m ³ | Průměrné denní hodnoty v Kč |
|------------------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------|
| WC | 22 | 0,022 | 2,07 Kč |
| Osobní hygiena | 30 | 0,030 | 2,82 Kč |
| Praní, úklid | 13 | 0,013 | 1,22 Kč |
| Příprava jídla, mytí nádobí | 8 | 0,008 | 0,75 Kč |
| Pití | 4 | 0,004 | 0,38 Kč |
| Mytí rukou | 4 | 0,004 | 0,38 Kč |
| Zalévání, ostatní | 8 | 0,008 | 0,75 Kč |
| Celkem: | 89 | 0,089 | 8,37 Kč |

Tab. 48: Výpočet ceny vodného a stočného na osobu a den – původní varianta *tvorba vlastní*

Cena vodného a stočného na osobu a den dle aktuálních cen vychází 8,37 Kč za osobu a den viz Tab. 48.

Roční náklady na vodné a stočné lze snadno dopočítat přenásobením počtem dní v roce a počtem osob žijících v domě. Dům je koncipován pro 4 osoby.

Roční náklady = 8,37 Kč * 365 dní * 4 os.

Roční náklady = **12 220,86 Kč** za domácnost a rok

Pro výpočet celkových nákladů na vodné a stočné za 40 let byla opět využita shodná tabulka jako v předchozích případech viz Tab. 49.

| Vodné a stočné | Roční sazba | Rok 1 | Rok 39 | Rok 40 |
|-------------------------------|-------------|-----------|------------|------------|
| Meziroční růst cen 2 % | 12 221 Kč | 12 465 Kč | 26 455 Kč | 26 984 Kč |
| Čistá současná hodnota | 12 221 Kč | 11 986 Kč | 5 731 Kč | 5 621 Kč |
| Kumulované náklady | 12 221 Kč | 24 207 Kč | 343 219 Kč | 348 839 Kč |

Tab. 49: Celkové náklady na vodné a stočné – původní varianta *tvorba vlastní*

Celkové náklady na vodné a stočné v původní variantě rodinného domu za 40 let se rovnají **348 839 Kč**.

V nové variantě je v objektu instalována nádrž na dešťovou vodu. Pro odvodňovanou plochu střechy, vychází roční zisk dešťových srážek na 160 m³ za rok. V objektu lze dešťovou vodu využít na splachování WC, praní, úklid a zalévání. Pro tyto účely je zapotřebí dle výpočtů 62,78 m³ za rok viz Tab. 50. Vzhledem k těmto parametrům byla vybrána nádrž Columbus o objemu 10 000 litrů s bezpečnostním přepadem do vsakování na pozemku.

| Účel spotřeby vody | Průměrné denní hodnoty v m ³ | Průměrné roční hodnoty v m ³ |
|---------------------|---|---|
| WC | 0,022 | 32,120 |
| Praní, úklid | 0,013 | 18,980 |
| Ostatní | 0,008 | 11,680 |
| Celkem: | 0,043 | 62,780 |

Tab. 50: Ušetřený objem vodného a stočného – nová varianta *tvorba vlastní*

Voda pro zbylé účely bude využita z místního vodovodu. Výpočet nákladů na vodné a stočné je proveden stejně jako v původní variantě rodinného domu.

| Účel spotřeby vody | Průměrné denní hodnoty v litrech | Průměrné denní hodnoty v m ³ | Průměrné denní hodnoty v Kč |
|------------------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------|
| Osobní hygiena | 30 | 0,030 | 2,82 Kč |
| Praní, úklid | 8 | 0,008 | 0,75 Kč |
| Příprava jídla, mytí nádobí | 4 | 0,004 | 0,38 Kč |
| Pití | 4 | 0,004 | 0,38 Kč |
| Celkem: | 46 | 0,046 | 4,33 Kč |

Tab. 51: Výpočet ceny vodného a stočného na osobu a den – nová varianta *tvorba vlastní*

Cena vodného a stočného na osobu a den dle aktuálních cen vychází pro novou variantu 4,33 Kč za osobu a den viz Tab. 51.

Roční náklady = 8,37 Kč * 365 dní * 4 os.

Roční náklady = **6 316,40 Kč** za domácnost a rok

V následující Tab. 52 jsou shodným způsobem vypočteny celkové náklady na vodné a stočné za 40 let.

| Vodné a stočné | Roční sazba | Rok 1 | Rok 39 | Rok 40 |
|-------------------------------|-------------|-----------|------------|------------|
| Meziroční růst cen 2 % | 6 316 Kč | 6 443 Kč | 13 673 Kč | 13 947 Kč |
| Čistá současná hodnota | 6 316 Kč | 6 195 Kč | 2 962 Kč | 2 905 Kč |
| Kumulované náklady | 6 316 Kč | 12 511 Kč | 177 394 Kč | 180 299 Kč |

Tab. 52: Celkové náklady na vodné a stočné – nová varianta *tvorba vlastní*

Celkové náklady na vodné a stočné činí pro novou variantu rodinného domu **180 299 Kč** což je téměř o polovinu méně než původních **348 839 Kč**.

5.3 Ekonomicko-ekologické porovnání

Rozpočet pro novou variantu rodinného domu byl vypracován provedením úprav v rozpočtu původním. V rámci diplomové práce byla pozornost věnována pouze stavebnímu objektu Rodinný dům a sním spojenými zpevněnými plochami.

5.3.1 Porovnání investičních nákladů

Základní rozpočtové náklady pro původní variantu rodinného domu činily **6 893 369,24 Kč** a pro novou udržitelnou variantu **10 953 743 Kč**. Vedlejší rozpočtové náklady byly stanoveny procentem, proto se jejich hodnoty různí. Celková cena pro původní variantu včetně vedlejších rozpočtových nákladů činí **7 100 170 Kč bez DPH** a pro variantu novou **11 282 355 Kč bez DPH**. Celkem cena stavby bez DPH narostla o **4 182 185 Kč**. Náklady jsou porovnány v Tab. 53.

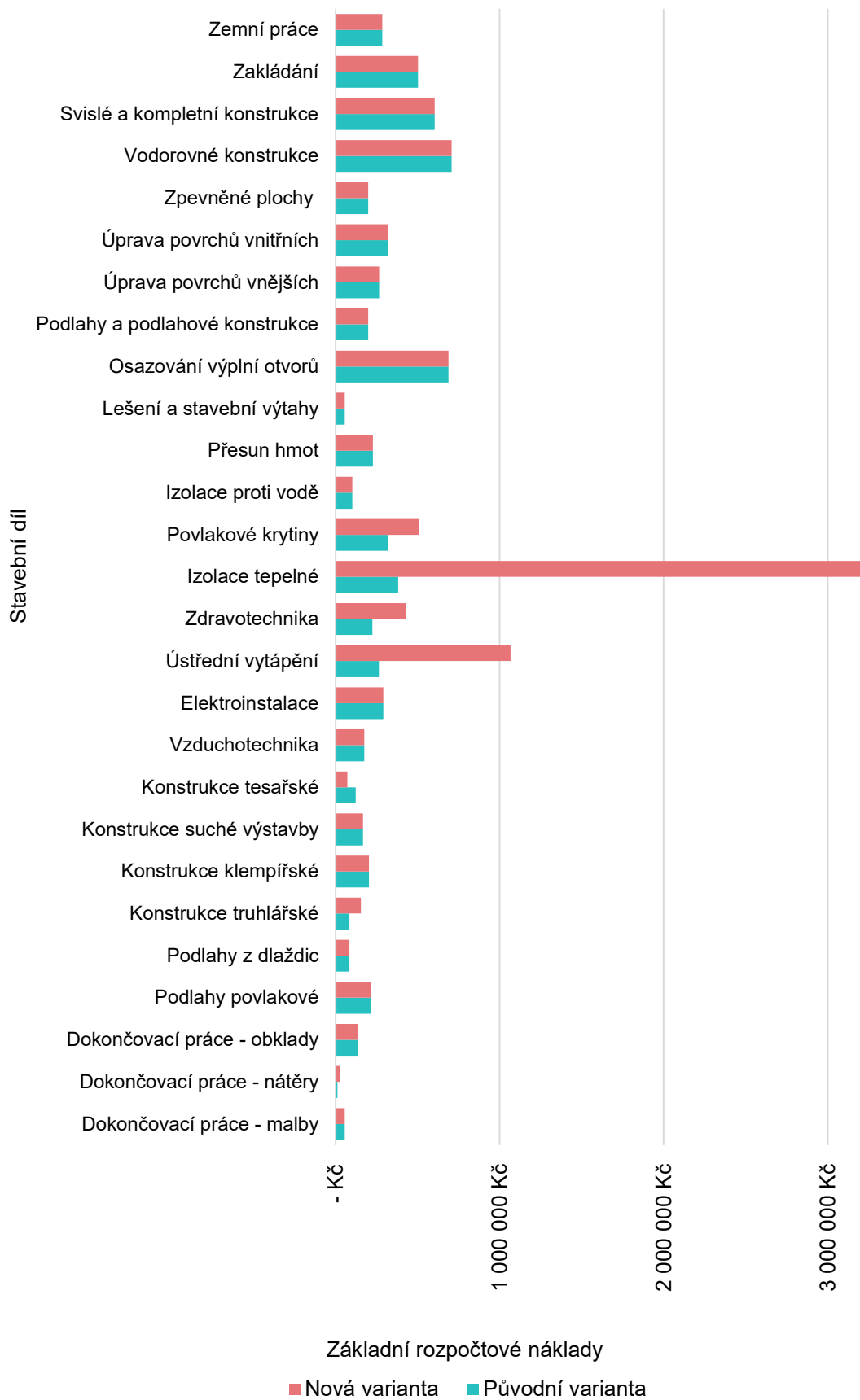
| Náklady z krycího listu | Původní varianta | Nová varianta | Rozdíl |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| ZRN | 6 893 369,24 Kč | 10 953 742,71 Kč | 4 060 373,47 Kč |
| VRN | 206 801,08 Kč | 328 612,28 Kč | 121 811,20 Kč |
| Celkem bez DPH | 7 100 170,32 Kč | 11 282 354,99 Kč | 4 182 184,67 Kč |
| Celkem s DPH | 8 165 195,87 Kč | 12 974 708,24 Kč | 4 809 512,37 Kč |
| DPH | 1 065 025,55 Kč | 1 692 353,25 Kč | 627 327,70 Kč |

Tab. 53: Vyhodnocení nákladů z krycího listu *tvorba vlastní*

Podrobněji jsou základní rozpočtové náklady po jednotlivých stavebních dílech rozepsány v Tab. 54. Pro původní variantu rodinného domu vyšly ZRN 6 893 369 Kč a pro novou variantu 10 749 337,71 Kč. Celkový rozdíl činí 3 855 968,47 Kč.

| Stavební díl | Cena Původní varianta | Cena Nová varianta | Cena Rozdíl |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Zemní práce | 285 115,98 Kč | 285 115,98 Kč | - Kč |
| Zakládání | 502 811,50 Kč | 502 811,50 Kč | - Kč |
| Svislé a kompletní konstrukce | 604 227,95 Kč | 604 227,95 Kč | - Kč |
| Vodorovné konstrukce | 707 685,75 Kč | 707 685,75 Kč | - Kč |
| Zpevněné plochy | 199 421,51 Kč | 199 421,51 Kč | - Kč |
| Úprava povrchů vnitřních | 320 986,14 Kč | 320 986,14 Kč | - Kč |
| Úprava povrchů vnějších | 265 085,75 Kč | 265 085,75 Kč | - Kč |
| Podlahy a podlahové konstrukce | 198 552,59 Kč | 198 552,59 Kč | - Kč |
| Osazování výplní otvorů | 688 051,39 Kč | 688 051,39 Kč | - Kč |
| Lešení a stavební výtahy | 56 037,77 Kč | 56 037,77 Kč | - Kč |
| Přesun hmot | 227 764,65 Kč | 227 764,65 Kč | - Kč |
| Izolace proti vodě | 101 770,86 Kč | 101 770,86 Kč | - Kč |
| Povlakové krytiny | 318 372,95 Kč | 508 969,73 Kč | 190 596,78 Kč |
| Izolace tepelné | 381 302,85 Kč | 3 208 078,42 Kč | 2 826 775,57 Kč |
| Zdravotecnika | 224 528,83 Kč | 428 933,83 Kč | 204 405,00 Kč |
| Ústřední vytápění | 263 920,37 Kč | 1 067 030,00 Kč | 803 109,63 Kč |
| Elektroinstalace | 290 525,15 Kč | 290 525,15 Kč | - Kč |
| Vzduchotechnika | 174 943,45 Kč | 174 943,45 Kč | - Kč |
| Konstrukce tesařské | 121 900,76 Kč | 72 087,08 Kč | -49 813,68 Kč |
| Konstrukce suché výstavby | 167 188,87 Kč | 167 188,87 Kč | - Kč |
| Konstrukce klempířské | 203 657,75 Kč | 203 657,75 Kč | - Kč |
| Konstrukce truhlářské | 84 658,90 Kč | 154 987,86 Kč | 70 328,96 Kč |
| Podlahy z dlaždic | 83 952,30 Kč | 83 952,30 Kč | - Kč |
| Podlahy povlakové | 215 676,02 Kč | 215 676,02 Kč | - Kč |
| Dokončovací práce – obklady | 138 239,64 Kč | 138 239,64 Kč | - Kč |
| Dokončovací práce – nátěry | 11 025,61 Kč | 25 996,82 Kč | 14 971,21 Kč |
| Dokončovací práce – malby a tapety | 55 963,95 Kč | 55 963,95 Kč | - Kč |
| SUMA: | 6 893 369,24 Kč | 10 953 742,71 Kč | 4 060 373,47 Kč |

Tab. 54: Porovnání základních rozpočtových nákladů *tvorba vlastní*



Graf 7: Porovnání základních rozpočtových nákladů tvorba vlastní

Rozdíly v základních rozpočtových nákladech mezi původní a novou variantou rodinného domu znázorňuje Graf 7. Největší rozdíl se týká tepelné izolace, kde došlo k nárůstu původní ceny o 2 826 775,57 Kč. Takto velký rozdíl je zapříčiněn jedinečností korkové izolace, která není běžně na našem trhu, a současně také navýšením tloušťky tepelných izolací pro dosažení parametrů pro nízkoenergetické domy. Na českém trhu se v dnešní době nevyskytují výrazně levnější materiály s takto nízkými emisemi CO₂, proto byl vybrán i přes jeho vysokou cenu.

Druhou položkou s poměrně vysokým nárůstem, přesně 803 109,63 Kč, je ústřední vytápění. Tento rozdíl je způsoben především přidáním fotovoltaických panelů, které v původní variantě nejsou navrženy.

Takto by výsledky porovnání vypadaly, pokud by nebyly započteny dotace z programu "Nová zelená úsporám", které jsou vyčísleny v Tab. 55.

| Materiál / Konstrukce | Cena Nová varianta | Výše dotace | Cena (po za- počtení dotace) |
|--|-----------------------|---------------|---------------------------------|
| Zelená střecha | 240 920,88 Kč | 100 000,00 Kč | 140 920,88 Kč |
| Tepelné čerpadlo + fotovoltaika | 937 200,00 Kč | 260 000,00 Kč | 677 200,00 Kč |
| Dešťovka | 204 405,00 Kč | 65 000,00 Kč | 139 405,00 Kč |
| Celkem | 1 382 526,00 Kč | 425 000,00 Kč | 957 526,00 Kč |

Tab. 55: Výše dotací z programu "Nová zelená úsporám" *tvorba vlastní*

Žádostí o dotace z programu by bylo možné uspořit až 425 000 Kč. Investiční náklady po započtení dotací jsou znázorněny v Tab. 56: Vyhodnocení nákladů z krycího listu / po započtení dotací *tvorba vlastní*.

| Náklady z krycího listu | Původní varianta | Nová varianta | Rozdíl |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| ZRN | 6 893 369,24 Kč | 10 528 742,71 Kč | 3 635 373,47 Kč |
| VRN | 206 801,08 Kč | 328 612,28 Kč | 121 811,20 Kč |
| Celkem bez DPH | 7 100 170,32 Kč | 10 857 354,99 Kč | 3 757 184,67 Kč |
| Celkem s DPH | 8 165 195,87 Kč | 12 485 958,24 Kč | 4 320 762,37 Kč |
| DPH | 1 065 025,55 Kč | 1 628 603,25 Kč | 563 577,70 Kč |

Tab. 56: Vyhodnocení nákladů z krycího listu / po započtení dotací *tvorba vlastní*

5.3.2 Porovnání provozních nákladů

Kromě investičních nákladů byly porovnány také náklady provozní. Provozní náklady pro jednotlivé varianty a jejich rozdíly jsou zaznamenány v Tab. 57. Do provozních nákladů jsou započteny náklady na opravy a údržbu, pojištění nemovitosti, daň z nemovitosti, náklady na energie, náklady na svoz komunálního odpadu a vodné a stočné.

| Účel provozních nákladů | Cena Původní varianta | Cena Nová varianta | Cena Rozdíl |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Opravy a údržba | 1 770 568 Kč | 2 205 085 Kč | 434 517 Kč |
| Pojištění nemovitosti | 63 340 Kč | 63 340 Kč | 0 Kč |
| Daň z nemovitosti | 44 758 Kč | 44 758 Kč | 0 Kč |
| Náklady na energie | 2 349 421 Kč | 1 352 155 Kč | -997 266 Kč |
| - Náklady na plyn | 1 227 447 Kč | 0 Kč | -1 227 447 Kč |
| - Náklady na elektřinu | 1 121 974 Kč | 1 352 155 Kč | 230 181 Kč |
| Svoz komunálního odpadu | 113 722 Kč | 113 722 Kč | 0 Kč |
| Vodné a stočné | 348 839 Kč | 180 299 Kč | -168 540 Kč |
| Celkem | 7 040 069 Kč | 5 311 514 Kč | -1 728 555 Kč |

Tab. 57: Porovnání provozních nákladů *tvorba vlastní*

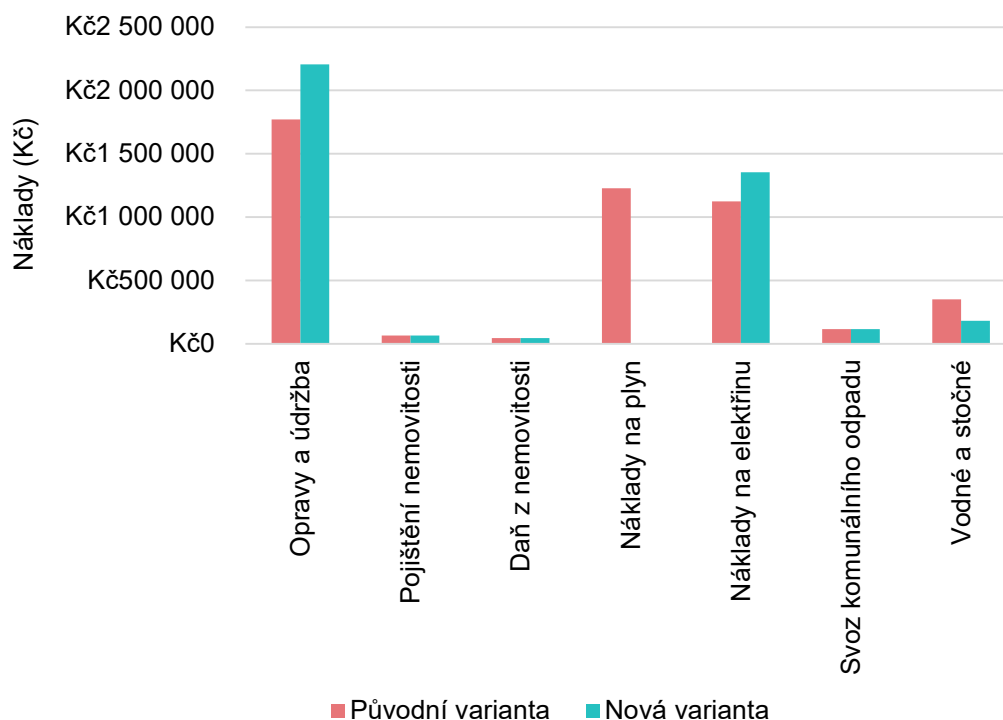
Pojištění nemovitosti, daň z nemovitosti a náklady na svoz komunálního odpadu se v obou variantách rovinného domu shodují, jelikož nejsou závislé na provedených energeticky úsporných opatřeních.

Navýšily se náklady na provoz a údržbu, jelikož přibyla nová zařízení oproti původní variantě.

Výrazně se snížily náklady na energie díky instalaci tepelného čerpadla a fotovoltaiky. Náklady byly sníženy z 2 349 421 Kč na 1 352 155 Kč.

Snížily se rovněž náklady na vodné a stočné vlivem částečného využití dešťové vody. Rozdíl mezi původní a novou variantou činí 168 540 Kč.

Celkově se provozní náklady snížily o 1 728 555 Kč v přepočtu na čistou současnou hodnotu. Srovnání viz

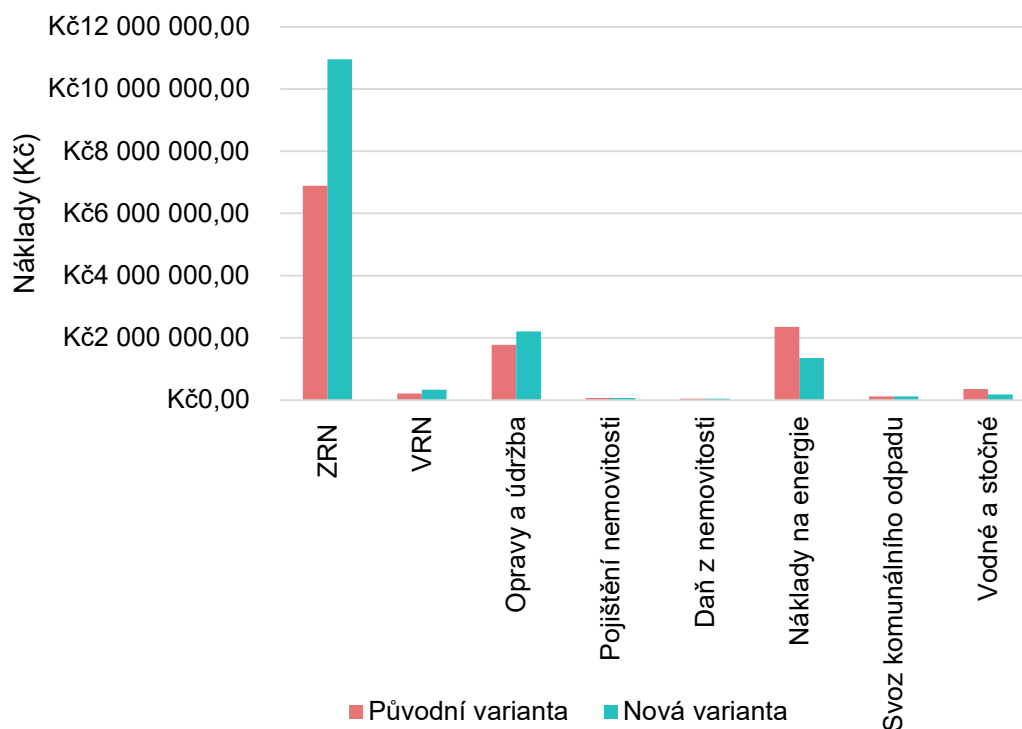
Graf 8: Porovnání provozních nákladů *tvorba vlastní*

5.3.3 Celkové porovnání nákladů

Pro vyhodnocení celkových nákladů životnosti stavby za 40 let, je zapotřebí sečíst investiční a provozní náklady. Pro komplexní zhodnocení byly započteny, i ty náklady, které se v rámci variant neliší viz Tab. 58. Náklady jsou vyznačeny v Graf 9.

| Náklady za 40 let | Původní varianta | Nová varianta | Rozdíl |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| ZRN | 6 893 369,24 Kč | 10 953 742,71 Kč | 4 060 373,47 Kč |
| VRN | 206 801,08 Kč | 328 612,28 Kč | 121 811,20 Kč |
| Opravy a údržba | 1 770 568 Kč | 2 205 085 Kč | 434 517 Kč |
| Pojištění nemovitosti | 63 340 Kč | 63 340 Kč | 0 Kč |
| Daň z nemovitosti | 44 758 Kč | 44 758 Kč | 0 Kč |
| Náklady na energie | 2 349 421 Kč | 1 352 155 Kč | -997 266 Kč |
| Svoz komunálního odpadu | 113 722 Kč | 113 722 Kč | 0 Kč |
| Vodné a stočné | 348 839 Kč | 180 299 Kč | -168 540 Kč |
| Celkem | 11 790 818 Kč | 15 241 714 Kč | 3 450 896 Kč |

Tab. 58: Porovnání celkových nákladů za 40 let *tvorba vlastní*

Graf 9: Porovnání celkových nákladů za 40 let *tvorba vlastní*

Bez započtení dotací vychází celkové náklady původní varianty rodinného domu na **11 790 818 Kč** a nové varianty o **3 450 896 Kč** více, tedy **15 241 714 Kč**. V Tab. 59: Porovnání celkových nákladů za 40 let jsou porovnány náklady se započtením dotací z programu "Nová zelená úsporám."

| Náklady za 40 let | Původní varianta | Nová varianta | Rozdíl |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| ZRN | 10 528 742,71 Kč | 3 635 373,47 Kč | 10 528 742,71 Kč |
| VRN | 206 801,08 Kč | 328 612,28 Kč | 121 811,20 Kč |
| Opravy a údržba | 1 770 568 Kč | 2 205 085 Kč | 434 517 Kč |
| Pojištění nemovitosti | 63 340 Kč | 63 340 Kč | 0 Kč |
| Daň z nemovitosti | 44 758 Kč | 44 758 Kč | 0 Kč |
| Náklady na energie | 2 349 421 Kč | 1 352 155 Kč | -997 266 Kč |
| Svoz komunálního odpadu | 113 722 Kč | 113 722 Kč | 0 Kč |
| Vodné a stočné | 348 839 Kč | 180 299 Kč | -168 540 Kč |
| Celkem | 11 790 818 Kč | 14 816 714 Kč | 3 025 896 Kč |

Tab. 59: Porovnání celkových nákladů za 40 let / po započtení dotací *tvorba vlastní*

Po započtení dotací vychází rozdíl mezi jednotlivými variantami **3 025 896 Kč**.

Druhým porovnávaným faktorem byl emise CO₂. Do srovnání jsou zahrnuty nosné položky v původním rozpočtu, tedy ty, které mají svým objemem významný podíl jak na ceně, tak na objemu celé stavby.

Emise CO₂ pro obě varianty objektu jsou porovnány v Tab. 60: Porovnání emisí CO₂ z konstrukcí a použitých materiálů.

| Materiál / Konstrukce | Emise (t CO ₂) Původní varianta | Emise (t CO ₂) Nová varianta | Emise (t CO ₂) Rozdíl |
|------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Beton | 39,162 | 39,162 | 0,000 |
| Ocelová výztuž | 8,100 | 8,100 | 0,000 |
| Pórobetonové tvárnice | 21,941 | 21,941 | 0,000 |
| Tepelná izolace | 8,934 | -25,852 | -34,786 |
| - TI Fasády | 2,695 | -7,519 | -10,214 |
| - TI Podlahy | 1,965 | -8,020 | -9,985 |
| - TI Střechy | 4,274 | -10,313 | -14,587 |
| Obklad fasády | -0,027 | -0,539 | -0,512 |
| Zelená střecha | 0,267 | -58,452 | -58,719 |
| SUMA: | 78,377 | -15,640 | -94,017 |

Tab. 60: Porovnání emisí CO₂ z konstrukcí a použitých materiálů *tvorba vlastní*

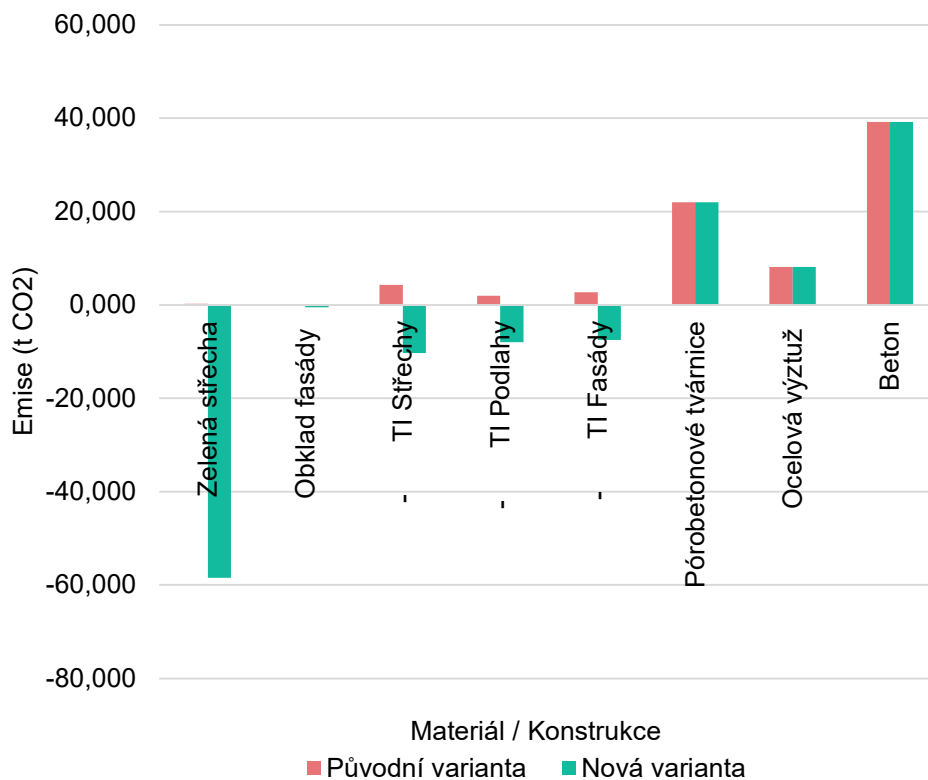
Provedené výměny materiálů a konstrukcí mohou ušetřit **94,017 tun CO₂**.

Emise způsobené odběrem energií činí 256,48 tun CO₂ pro původní variantu a 120,92 tun CO₂ pro novou variantu. Celkem je tedy zvolením rodinného domu ušetřeno tun CO₂ viz Tab. 61: Porovnání celkových emisí CO₂ *tvorba vlastní*.

| Materiál / Konstrukce | Emise (t CO ₂) Původní varianta | Emise (t CO ₂) Nová varianta | Emise (t CO ₂) Rozdíl |
|---------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Stavební materiály | 78,377 | -15,64 | -94,017 |
| Spotřeba energie | 256,48 | 120,92 | -135,56 |
| SUMA: | 334,857 | 105,28 | -229,577 |

Tab. 61: Porovnání celkových emisí CO₂ *tvorba vlastní*

V souhrnu lze zvolením nové varianty ušetřit **229,577 tun CO₂**.



Graf 10: Porovnání emisí CO₂ z konstrukcí a použitých materiálů *tvorba vlastní*

Graf 10: Porovnání emisí CO₂ z konstrukcí a použitých materiálů porovnává emise CO₂ způsobené použitými materiály a jejich zabudováním do konstrukcí. Největší úspora emisí je zapříčiněna návrhem zelené střechy místo původní s kačírkiem. Tato náhrada způsobí úsporu 58,719 tun CO₂. Druhou významnou úsporu přinese výměna tepelné izolace z expandovaného polystyrenu za korkové desky, konkrétně 34,786 tun CO₂. V poměru cena ku úspoře emisí vychází nejlépe zhotovení zelené střechy.

5.4 Závěr

Z celkového vyhodnocení práce lze usoudit, že využívání udržitelných materiálů s malým ekologickým dopadem a aplikování ekologicky úsporných opatření na výstavbu rodinných domů má smysl.

Při rozhodování lze narazit na dva zásadní problémy. Jedním z nich jsou vysoké investiční náklady úsporných variant zařízení a materiálů. S tímto zádrhelem mohou částečně napomoci účelné dotace. Druhou překážkou je malé procento udržitelných stavebních materiálů na našem trhu nacházející se alespoň v řádově stejné cenové kategorii.

Více možností dnes nabízí oblast technického zařízení budov. Největší úspory emisí vypouštěných do ovzduší přináší efektivní využívání energií a získávání energií z obnovitelných zdrojů. Další úspory mohou být v oblasti hospodaření s vodou využitím akumulčních nádrží na dešťovou vodu s jejím využitím pro částečné pokrytí potřeb pitné vody z místního vodovodního řádu. Výměnou technologických zařízení v objektu lze tedy snižovat budoucí provozní náklady, například náklady na energie a pitnou vodu.

Cíl práce byl naplněn, bez započtení dotací vyšly celkové náklady původní varianty rodinného domu na **11 790 818 Kč** a nové varianty **15 241 714 Kč**. Rozdíl mezi jednotlivými variantami činí **3 450 896 Kč**. Pokud do srovnání započteme dotace z programu "Nová zelená úsporám" byl by tento rozdíl **3 025 896 Kč**.

Náhrada tepelné izolace na objektu se dle výsledků jeví neekonomicky. Navýšení oproti původní variantě je řádově desetinásobné. Tento výsledek je způsoben právě nízkým zastoupením udržitelných materiálů na našem trhu a jejich vysoké ceně. V tomto případě je na pováženu, zda nezvolit levnější materiál za cenu vyšší uhlíkové stopy.

Závěrem práce je, že využívání udržitelných zdrojů energie a materiálů s nízkou ekologickou stopou má přínos pro společnost a je reálné i z hlediska ekonomického, pokud neusilujeme o komplexní náhradu všech konstrukcí.

Citovaná literatura

- [1] K. K. Y. K. P. K. C. M. Kostiantyn Niemets, *WORLD CITIES IN TERMS OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, 2021.
- [2] A. P. Mohammad Nasereddin, *Addressing the capital cost barrier to sustainable construction*, 2021.
- [3] E. Valinová, „Role ČSÚ v problematice udržitelného rozvoje,“ 2018.
- [4] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepřevládání)*, Úřední věstník Evropské unie, 2010.
- [5] *Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí a související předpisy*, 2001.
- [6] *Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií*, 2000.
- [7] *Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech a související předpisy*, 2020.
- [8] European Commission, „Clean energy for all Europeans package,“ 3 Červen 2021. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en. [Přístup získán 25 Prosinec 2021].
- [9] T. V. P. S. M. S. Jan Pejter, *UDRŽITELNÝ NÁVRH A REKONSTRUKCE BUDOV*, Česká energetická agentura, 2006.
- [10] Č. PRŮMYSL, „UDRŽITELNÁ VÝSTAVBA JDE RUKU V RUCE S ÚSPOROU,“ K-MEDIA production, 21 Zář 2017. [Online]. Available: <https://www.cesky-prumysl.cz/udrzitelna-vystavba-jde-ruku-v-ruce-s-usporou/>.
- [11] J. L.-H.-C. P. O.-A. L. M. L.-G. Luis M. López-Ochoa, „Towards nearly zero-energy buildings in Mediterranean countries: Fifteen years of implementing the Energy Performance of Buildings Directive in Spain (2006–2020),“ 2021.
- [12] I. Vaníček, „Cíle v oblasti udržitelné výstavby,“ 2007. [Online]. Available: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-cile-voblasti-udrzitelne-vystavby.html>.
- [13] A. V.-H. L. F. B. B. Paula Aristizábal-Monsalve, „Perceptions on the processes of sustainable rating systems and their combined application with Lean construction,“ 2021.
- [14] D. J.-E. Jose Manuel Diaz-Sarachaga, „Do sustainable community rating systems address resilience?,“ 2019.
- [15] Prologis, „What Is the Difference Between BREEAM and LEED Certified,“ 2021.
- [16] Enerfis, „Certifikace udržitelnosti budov - LEED,“ 2020.
- [17] ePrůkaz.cz, „Průkaz energetické náročnosti budovy,“ oekoplan Czech Republic s.r.o., [Online]. Available: <https://www.eprukaz.cz/meli-byste-vedet/prukaz-energeticke-narocnosti.html>. [Přístup získán 8 Prosinec 2021].
- [18] F. G. Mahmoud Ershadi, „Core capabilities for achieving sustainable construction project management,“ 2021.

- [19] F. C. G. S. Oscar Ortiz, „Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA,“ 2009.
- [20] E. Beránková, *Životní cyklus staveb*, TZB-info, 2013.
- [21] C. Thormark, *A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential*, 2002.
- [22] L. Š. J. Š. T. P. L. B. M. L. M. P. R. B. P. K. J. K. J. V. Jan Motlík, *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR*, Praha: ČEZ, a. s., 2007.
- [23] epet, *Jaké jsou alternativní zdroje energií? A co znamenají pro budoucnost*, epet.cz, 2019.
- [24] J. Veverková, *Pozice obnovitelných zdrojů energie v energetické bilanci České republiky*, TZB-info, 2019.
- [25] Ministerstvo životního prostředí, *EKODESIGN*, Praha, 2003.
- [26] P. Hájek, „Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě,“ *INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT s.r.o.*, 2007.
- [27] J. Chybík, *PŘÍRODNÍ STAVEBNÍ MATERIÁLY* - elektronická publikace, Praha: Grada Publishing, a.s., 2009.
- [28] M. Škopán, „Recyklace stavebních materiálů a jejich další využití,“ *Časopis Stavebnictví*, č. 08/2018, 23 Srpen 2018.
- [29] *Metodický návod odboru odpadů Ministerstva životního prostředí pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi*, Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2018.
- [30] C. Thormark, *A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential*, 2002.
- [31] P. Ryklová, *Posuzování environmentálních dopadů konstrukčního systému TiCo*, 2021.
- [32] Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., „Spotřeba vody,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>. [Přístup získán 29. Prosinec 2021].
- [33] TZB-info, „Nádrže pro akumulaci a využívání dešťové vody,“ 29. Červen 2016. [Online]. Available: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/14406-nadrze-pro-akumulaci-a-vyuzivani-destove-vody>. [Přístup získán 29. Prosinec 2021].
- [34] ASB Portal, „Vnitřní prostředí budov,“ 26. Červen 2015. [Online]. Available: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>. [Přístup získán 12. Prosinec 2021].
- [35] V. L. Vladimír Jelínek, „Interní mikroklima v bytových domech,“ TZB-info, 27. Říjen 2014. [Online]. Available: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11888-interni-mikroklima-v-bytovych-domech>. [Přístup získán 16. Prosinec 2021].
- [36] AUREA INVEST, a.s., „Beton - betonárny v ČR - BETON SERVER - BETON, VŠE Z BETONU A VŠE PRO BETON V ČR,“ 2021. [Online]. Available:

- <https://www.betonserver.cz/beton-a-cerpani/beton-betonarny-v-cr>. [Přístup získán 19 Prosinec 2021].
- [37] autolexicon.net, „Oxid uhličitý CO₂ – autolexicon.net,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/oxid-uhlicity-co2/>. [Přístup získán 18 Prosinec 2021].
- [38] TZB-info, „Katalog stavebních materiálů,“ [Online]. Available: https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_katalog.html. [Přístup získán 22 Prosinec 2021].
- [39] Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, „Envimat.cz - Materiály - Tepelné izolace,“ envimat.cz, 2021. [Online]. Available: <http://www.envimat.cz/materialy/deskove-materialy/>. [Přístup získán 18 Prosinec 2021].
- [40] S-Power, „Sestava kombinující fotovoltaiku a tepelné čerpadlo S-Power KOMBIX+,“ S-Power, 2021. [Online]. Available: <https://www.s-power.cz/kombinace-fotovoltaiky-a-tepelného-čerpadla-s-power-kombix-plus/>. [Přístup získán 10 Prosinec 2021].
- [41] Srovnávač.cz, „Srovnání pojištění nemovitosti,“ Srovnávač.cz, 2021. [Online]. Available: <https://www.srovnavec.cz/pojisteni-nemovitosti/online-srovnani>. [Přístup získán 1 prosinec 2021].
- [42] Měsíc.cz, „Daňová kalkulačka: daň z nemovitosti 2021,“ Internet Info, s.r.o., 2021. [Online]. Available: <https://www.mesec.cz/kalkulacky/vypocet-dane-z-nemovitosti/>. [Přístup získán 4 prosinec 2021].
- [43] TZB-info, „Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii,“ Topinfo s.r.o., 2021. [Online]. Available: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>. [Přístup získán 15 Prosinec 2021].
- [44] TZB Info, „Dodávka zemního plynu - porovnání nabídek,“ TZB Info, 2021. [Online]. Available: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/dodavka-zemniho-plynu-porovnani-nabidek>. [Přístup získán 12 Prosinec 2021].
- [45] TZB-info, „Český emisní faktor CO₂ výroby elektřiny v letech 2010–2020 a aktuální stav v Německu,“ Topinfo s.r.o., 2021. [Online]. Available: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/22337-cesky-emisni-faktor-co2-vyroby-elekriny-v-letech-2010-2020-a-aktualni-stav-v-nemecku>. [Přístup získán 22 Prosinec 2021].
- [46] TZB-info, „Emise CO₂ a jejich dopad na hodnocení zdrojů v budovách,“ Topinfo s.r.o., 2021. [Online]. Available: <https://vytapani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vytapani/17112-emise-co2-a-jejich-dopad-na-hodnoceni-zdroju-v-budovach>. [Přístup získán 23 Prosinec 2021].
- [47] TZB Info, „Dodávka elektrické energie - porovnání nabídek,“ Topinfo s.r.o., 2021. [Online]. Available: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/dodavka-elektricke-energie-porovnani-nabidek>. [Přístup získán 2 Prosinec 2021].

- [48] Městský úřad Františkovy Lázně, „KOMUNÁLNÍ ODPAD – PLATBA ZA ROK 2021,“ 19 Zář 2019. [Online]. Available: https://m.frantiskovy-lazne.cz/assets/File.ashx?id_org=3464&id_dokumenty=407418. [Přístup získán 20 Listopad 2021].
- [49] J. Slavík, „Vyčerpatelnost surovinových zdrojů, recyklace a krize na trhu druhotných surovin,“ *Acta Oeconomica Pragensia*, 2009.
- [50] C. Wegener, *Upcycling*, 2016.
- [51] Česká asociace odpadového hospodářství, „Co vlastně podle Vašeho názoru znamená „recyklace“?,“ 2019. [Online]. Available: <http://www.caoh.cz/odborne-clanky-a-aktuality/co-vlastne-podle-vaseho-nazoru-znamenarecyklace.html>. [Přístup získán 2 Duben 2020].
- [52] United States Environmental Protection Agency, „Recycling Basics,“ 13 Listopad 2019. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/recycle/recycling-basics#Benefits>. [Přístup získán 4 Duben 2020].
- [53] United States Environmental Protection Agency, „Recycling Economic Information (REI) Report,“ 31 Leden 2020. [Online]. [Přístup získán 4 Duben 2020].
- [54] TRÍDĚNÍODPADU.CZ, „Recyklace,“ 2007-2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/recyklace>. [Přístup získán 1 Duben 2020].
- [55] United States Environmental Protection Agency, „Frequent Questions on Recycling,“ 6 Prosinec 2019. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/recycle/frequent-questions-recycling>. [Přístup získán 6 Duben 2020].
- [56] KURAŠ, M. a kol. , *Odpady, jejich využití a zneškodňování.*, Praha: Český ekologický ústav, 1994, pp. 146-165.
- [57] P. Hájek, „BETONOVÉ KONSTRUKCE A UDRŽITELNÝ ROZVOJ,“ 2020.
- [58] Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí, Sběrka zákonů 05.12.1991.
- [59] P. Hájek, „Udržitelná výstavba v podmínkách České republiky,“ 2020.
- [60] TZB-info, redakce, „TZB-info: Pro trvale udržitelný rozvoj,“ Topinfo s.r.o., 2020. [Online]. Available: <https://www.tzb-info.cz/102246-pro-trvale-udrzitelny-rozvoj>. [Přístup získán 9 duben 2020].
- [61] Valinová, Eliška, oddělení statistiky životního prostředí, „Role ČSÚ v problematice udržitelného rozvoje,“ *STATISTIKA&MY*, č. 09/2018, 2018.
- [62] T. Pavlů, „Katalog výrobků a materiálů s obsahem druhotných surovin pro použití ve stavebnictví,“ Česká agentura pro standardizaci, s. p. o., Praha, 2018.
- [63] I. Vaníček, „Cíle v oblasti udržitelné výstavby,“ časopis Stavebnictví, 2007. [Online]. Available: https://www.casopisstavebnictvi.cz/cile-v-oblasti-udrzitelne-vystavby_N487. [Přístup získán 11 duben 2020].

- [64] M. Kuraš a V. Dirner, „Modul 6: Odpadové hospodářství,“ 2006. [Online]. Available: <https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/546/.content/galerie-souboru/Studijni-materialy/EV-modul6.pdf>. [Přístup získán 11 duben 2020].
- [65] Odpadové fórum, „ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADŮ,“ Odpadové fórum, Praha, 2010.
- [66] TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, „JAK SE RECYKLUJÍ STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY (SDO),“ TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, 2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluje-stavebni-odpad>. [Přístup získán 11 duben 2020].
- [67] TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, „Stavební odpad,“ TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, 2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/stavebni-odpad>. [Přístup získán 2 Duben 2020].
- [68] TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, „Recyklace,“ TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, 2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/recyklace>. [Přístup získán 1 Duben 2020].
- [69] CENIA, česká informační agentura životního prostředí, „Statistická ročenka životního prostředí ČR 2018,“ 2019. [Online]. Available: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2020/01/Statisticka_Rocenka_ZP_CR-2018.pdf. [Přístup získán 11 duben 2020].
- [70] Český statistický úřad, „Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.czso.cz/documents/10180/98121450/280029-19.pdf/a732554f-bc8f-431a-b41b-acd9b89b1f8a?version=1.0>. [Přístup získán 11 duben 2020].
- [71] Vyhláška č. 337/1997 Sb. Příloha č. 1 Katalog odpadů, Sbírka zákonů 31.12.1997.
- [72] Vysoké učení technické v Brně, „RECYCLING 2019 - Recyklace a využití stavebních odpadů jako druhotných surovin,“ v *sborník přednášek 24. ročníku konference ARSM*, Brno, 2019.
- [73] RECYKLACE - PROCHÁZKA s.r.o., „Cihelný recyklát,“ 2018. [Online]. Available: http://cihlovyrecyklat.cz/cihelny_recyklat.html. [Přístup získán 11 Květen 2020].
- [74] betonserver.cz, „ZÁKLADNÍ DRUHY RECYKLÁTŮ A MOŽNOSTI JEJICH VYUŽITÍ + JAKOSTNÍ NORMY,“ AUREA INVEST, a.s., 28 Duben 2011. [Online]. Available: <https://www.betonserver.cz/aktuality/zakladni-druhy-recyklatu-a-moznosti-jejich-vyuziti-jakostni-normy>. [Přístup získán 11 5 2020].
- [75] DUFONEV R.C., a.s., „Popis recyklátů,“ 2013. [Online]. Available: http://www.dufonev.cz/popis_recyklatu.php. [Přístup získán 11 Květen 2020].
- [76] NetinBag, „Co je recyklace sádrokartonu?,“ NetinBag, [Online]. Available: <https://www.netinbag.com/cs/manufacturing/what-is-drywall-recycling.html>. [Přístup získán 5 Květen 2020].
- [77] TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, „ZDŘEVĚNĚLÝ ODPAD,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/drevo>. [Přístup získán 11 Květen 2020].

- [78] M. Böhm, J. Reisner, J. Bomba a J. Lukášek, „Materiály na bázi dřeva,“ 2020. [Online]. Available: <http://drevene-materialy.fld.czu.cz/uvod/>. [Přístup získán 10 Květen 2020].
- [79] ASSMANN kontejnery a odpady, „Recyklace polystyrenu,“ ASSMANN & SYN odpady, s.r.o., 2020. [Online]. Available: <http://www.assmann.cz/blog-recyklace-polystyrenu-detail-31>. [Přístup získán 9 Květen 2020].
- [80] REC Group - Recyklační ekologické centrum, „Jak se vyrábí pěnové sklo A-GLASS,“ A-GLASS Recycling, 25 Říjen 2015. [Online]. Available: <http://www.recgroup.cz/jak-se-vyrabi-penove-sklo-a-glass/>. [Přístup získán 10 Květen 2020].
- [81] TZB-info, „Pěnové sklo,“ Topinfo s.r.o., 2020. [Online]. Available: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/300-penove-sklo>. [Přístup získán 10 Květen 2020].
- [82] TOPINFO S.R.O., „Konstrukční a pohledová deska PackWall je cenově příznivou náhradou OSB desek,“ ESTAV.cz, 12 Říjen 2018. [Online]. Available: <https://www.estav.cz/cz/6708.produkt-packwall-je-cenove-priznivou-nahradou-osb-desek>. [Přístup získán 11 Květen 2020].
- [83] Tetra Pak International S.A., „SBĚR A RECYKLACE NÁPOJOVÉHO KARTONU V ČR,“ Tetra Pak International S.A., 2020. [Online]. Available: <https://www.tetrapak.com/cz/sustainability/recyklace-a-sber-v-cr>. [Přístup získán 11 Květen 2020].
- [84] James Hardie Europe GmbH, „Sádrovláknité desky,“ Fermacell, 2020. [Online]. Available: <https://www.fermacell.cz/cz/produkty/sadrovlaknite-desky>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [85] F. Dvořák, „Sádrokarton nebo sádrovláknitá deska?,“ DŘEVOSTAVITEL ONLINE SVĚT DŘEVOSTAVEB, 23 Květen 2018. [Online]. Available: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/velkoplosne-materialy-2-dil>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [86] F. Dvořák, „Cementové desky: V čem jsou nejlepší?,“ DŘEVOSTAVITEL ONLINE SVĚT DŘEVOSTAVEB, 26 Květen 2018. [Online]. Available: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/velkoplosne-materialy-3-dil>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [87] CETRIS, „CETRIS Výzkum a vývoj,“ CIDEM Hranice a.s., 2020. [Online]. Available: <https://www.cetris.cz/o-nas/divize-cetris/>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [88] D. Čechová, „Izolace: 5 důvodů pro celulózu,“ <https://www.drevoastavby.cz/>, 16 Říjen 2014. [Online]. Available: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/izolace/2929-izolace-5-duvodu-pro-celulozu>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [89] C. Plus, „Co je to foukaná izolace?,“ Ciur, 2020. [Online]. Available: https://www.climatizer.cz/?gclid=CjwKCAjw8J32BRBCEiwApQEKgamUCsk0T9pRRbBPD LopxS3w23krNachj9kLPfchQGV2oSm1je6PERoCpPUQAvD_BwE. [Přístup získán 21 Květen 2020].

- [90] N. Fischer, „Denim Insulation: The Good And The Bad,“ BuildDirect, 9 Říjen 2015. [Online]. Available: <https://www.builddirect.com/blog/denim-insulation-the-good-and-the-bad/>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [91] IZOLACE - INFO, „IZOLACE Z MODRÉ DŽÍNOVINY , ULTRATOUCH NATURAL COTTON,“ IZOLACE - INFO, 2018. [Online]. Available: <https://www.izolace-info.cz/katalog/izolace-z-prirodnich-materialu/dzinovina/740727-izolace-z-modre-dzinoviny-ultratouch-natural-cotton-p.html>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [92] *Zákon č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů*, 2001.
- [93] P. Kološ, „Rýsuje se revoluce ve stavebnictví? Čeští betonáři přišli s patentem na takzvaný rebeton,“ Český rozhlas, 17 Říjen 2019. [Online]. Available: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/technologie/beton-recyklace-odpad-sut_1910151046_pj. [Přístup získán 22 Květen 2020].
- [94] WOODCOTE, „Cementotřísková deska CETRIS,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.woodcote.cz/stavebniny/cementotriskova-deska-cetris>. [Přístup získán 22 Květen 2020].
- [95] M. Čech, *Projektová dokumentace - Výstavba RD*, Cheb: FUTURE BAU s.r.o., 2020.
- [96] autolexicon.net, „Oxid uhličitý CO₂ – autolexicon.net,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/oxid-uhlicity-co2/>. [Přístup získán 18 Prosinec 2021].

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1: Aspekty udržitelného rozvoje [3] <i>tvorba vlastní</i> | 2 |
| Obr. 2: Optimalizace nákladů vs. optimalizace stavebního procesu [10] | 4 |
| Obr. 3: Třídy energetické náročnosti budov dle PENB [11] <i>tvorba vlastní</i> | 7 |
| Obr. 4: Životní cyklus stavebních materiálů [9] <i>tvorba vlastní</i> | 9 |
| Obr. 5: Životní cyklus stavby [19] <i>tvorba vlastní</i> | 10 |
| Obr. 7: 3D vizualizace referenčního objektu [projektová dokumentace]..... | 22 |
| Obr. 8: Pohledy na referenční rodinný dům [projektová dokumentace] | 25 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tab. 1: Limitka vybraných nosných materiálů <i>tvorba vlastní</i> | 28 |
| Tab. 2: Seznam místních betonáren [36] <i>tvorba vlastní</i> | 28 |
| Tab. 3: Porovnání betonáren na základě emisí CO ₂ <i>tvorba vlastní</i> | 29 |
| Tab. 4: Porovnání emisí materiálů na obvodové zdivo [27] <i>tvorba vlastní</i> | 31 |
| Tab. 5: Porovnání základních parametrů – Tepelná izolace fasády [38] <i>tvorba vlastní</i> | 32 |
| Tab. 6: Porovnání produkce emisí – Tepelná izolace fasády [27] <i>tvorba vlastní</i> | 33 |
| Tab. 7: Porovnání jednotkových a celkových cen – Tepelná izolace fasády <i>tvorba vlastní</i> | 33 |
| Tab. 8: Porovnání základních parametrů – Tepelná izolace podlahy [38] <i>tvorba vlastní</i> | 34 |
| Tab. 9: Porovnání produkce emisí – Tepelná izolace podlahy [27] <i>tvorba vlastní</i> | 35 |
| Tab. 10: Porovnání jednotkových a celkových cen – Tepelná izolace podlahy <i>tvorba vlastní</i> ... | 35 |
| Tab. 11: Porovnání základních parametrů – Tepelná izolace střechy [38] <i>tvorba vlastní</i> | 36 |
| Tab. 12: Porovnání produkce emisí – Tepelná izolace střechy [27] <i>tvorba vlastní</i> | 37 |
| Tab. 13: Porovnání jednotkových a celkových cen – Tepelná izolace střechy <i>tvorba vlastní</i> | 37 |
| Tab. 14: Porovnání základních parametrů – Obklad fasády [27] <i>tvorba vlastní</i> | 38 |
| Tab. 15: Porovnání produkce emisí – Obklad fasády [38] <i>tvorba vlastní</i> | 38 |
| Tab. 16: Porovnání produkce emisí – Dřevěný rošt [27] <i>tvorba vlastní</i> | 39 |
| Tab. 17: Porovnání jednotkových a celkových cen – Obklad fasády <i>tvorba vlastní</i> | 39 |
| Tab. 18: Porovnání základních parametrů – zelená střecha [27] <i>tvorba vlastní</i> | 41 |
| Tab. 19: Porovnání produkce emisí – zelená střecha [27] <i>tvorba vlastní</i> | 41 |
| Tab. 20: Porovnání jednotkových a celkových cen – zelená střecha <i>tvorba vlastní</i> | 42 |
| Tab. 21: Porovnání jednotkových a celkových cen – zelená střecha / po započtení dotace <i>tvorba vlastní</i> | 42 |
| Tab. 22: Náklady na obnovu a údržbu – původní varianta <i>tvorba vlastní</i> | 45 |
| Tab. 23: Náklady na obnovu a údržbu – nová varianta <i>tvorba vlastní</i> | 47 |
| Tab. 24: Porovnání nákladů na obnovu a údržbu <i>tvorba vlastní</i> | 48 |
| Tab. 25: Porovnání cen pojištění nemovitosti [41] <i>tvorba vlastní</i> | 49 |
| Tab. 26: Celkové náklady na pojištění nemovitosti <i>tvorba vlastní</i> | 49 |
| Tab. 27: Celkové náklady na daň z nemovitosti <i>tvorba vlastní</i> | 50 |
| Tab. 28: Geometrické parametry budovy <i>tvorba vlastní</i> | 51 |
| Tab. 29: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla podlahou – původní varianta 1 <i>tvorba vlastní</i> | 52 |
| Tab. 30: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla ostatními konstrukcemi – původní varianta 1 <i>tvorba vlastní</i> | 52 |
| Tab. 31: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla podlahou – původní varianta 2 <i>tvorba vlastní</i> | 53 |
| Tab. 32: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla ostatními konstrukcemi – původní varianta 2 <i>tvorba vlastní</i> | 54 |
| Tab. 33: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla podlahou – nová varianta 1 <i>tvorba vlastní</i> | 55 |
| Tab. 34: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla ostatními konstrukcemi – nová varianta 1 <i>tvorba vlastní</i> | 55 |

| | |
|--|----|
| Tab. 35: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla podlahou – nová varianta 2 <i>tvorba vlastní</i> | 56 |
| Tab. 36: Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi – nová varianta 2 <i>tvorba vlastní</i> | 56 |
| Tab. 37: Potřeba energie na vytápění objektu <i>tvorba vlastní</i> | 57 |
| Tab. 38: Celková potřeba energie [43] <i>tvorba vlastní</i> | 58 |
| Tab. 39: Porovnání ročních cen plynu [44] <i>tvorba vlastní</i> | 59 |
| Tab. 40: Celkové náklady na energii – plyn <i>tvorba vlastní</i> | 59 |
| Tab. 41: Porovnání ročních cen elektrické energie – původní varianta [44] <i>tvorba vlastní</i> | 60 |
| Tab. 42: Celkové náklady na energii – elektrická energie, původní varianta <i>tvorba vlastní</i> | 60 |
| Tab. 43: Celková potřeba energie ze sítě – nová varianta <i>tvorba vlastní</i> | 62 |
| Tab. 44: Porovnání ročních cen elektrické energie – nová varianta [47]..... | 63 |
| Tab. 45: Celkové náklady na energii – elektrická energie, nová varianta <i>tvorba vlastní</i> | 64 |
| Tab. 46: Výpočet roční sazby za svoz komunálního odpadu [48] <i>tvorba vlastní</i> | 65 |
| Tab. 47: Celkové náklady na svoz komunálního odpadu <i>tvorba vlastní</i> | 65 |
| Tab. 48: Výpočet ceny vodného a stočného na osobu a den – původní varianta <i>tvorba vlastní</i> | 66 |
| Tab. 49: Celkové náklady na vodné a stočné – původní varianta <i>tvorba vlastní</i> | 67 |
| Tab. 50: Ušetřený objem vodného a stočného – nová varianta <i>tvorba vlastní</i> | 67 |
| Tab. 51: Výpočet ceny vodného a stočného na osobu a den – nová varianta <i>tvorba vlastní</i> | 68 |
| Tab. 52: Celkové náklady na vodné a stočné – nová varianta <i>tvorba vlastní</i> | 68 |
| Tab. 53: Vyhodnocení nákladů z krycího listu <i>tvorba vlastní</i> | 69 |
| Tab. 56: Porovnání základních rozpočtových nákladů <i>tvorba vlastní</i> | 70 |
| Tab. 57: Výše dotací z programu “Nová zelená úsporám“ <i>tvorba vlastní</i> | 72 |
| Tab. 58: Vyhodnocení nákladů z krycího listu / po započtení dotací <i>tvorba vlastní</i> | 72 |
| Tab. 59: Porovnání provozních nákladů <i>tvorba vlastní</i> | 73 |
| Tab. 60: Porovnání celkových nákladů za 40 let <i>tvorba vlastní</i> | 74 |
| Tab. 61: Porovnání celkových nákladů za 40 let / po započtení dotací <i>tvorba vlastní</i> | 75 |
| Tab. 62: Porovnání emisí CO ₂ z konstrukcí a použitých materiálů <i>tvorba vlastní</i> | 76 |
| Tab. 63: Porovnání celkových emisí CO ₂ <i>tvorba vlastní</i> | 76 |

Seznam grafů

| | |
|--|----|
| Graf 1: Využití primárních zdrojů energie v ČR [24] <i>tvorba vlastní</i> | 12 |
| Graf 2: Využití obnovitelných zdrojů energie v ČR [24] <i>tvorba vlastní</i> | 12 |
| Graf 3: Porovnání primární vázané energie stavebních materiálů [21] <i>tvorba vlastní</i> | 16 |
| Graf 4: Porovnání potenciálu globálního oteplování stavebních materiálů [21] <i>tvorba vlastní</i> ... | 17 |
| Graf 5: Porovnání potenciálu okyselení prostředí stavebních materiálů [21] <i>tvorba vlastní</i> | 18 |
| Graf 6: Spotřeba vody v domácnostech a její účel [29] <i>tvorba vlastní</i> | 19 |
| Graf 7: Porovnání základních rozpočtových nákladů <i>tvorba vlastní</i> | 71 |
| Graf 8: Porovnání celkových nákladů za 40 let..... | 75 |
| Graf 9: Porovnání emisí CO ₂ z konstrukcí a použitých materiálů <i>tvorba vlastní</i> | 77 |

Seznam příloh

Příloha 1: Rozpočet původní varianty rodinného domu

Příloha 2: Rozpočet nové varianty rodinného domu