

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2020

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: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Recyklované stavební materiály, jejich užití ve stavebnictví a vliv na cenu stavby**

Název bakalářské práce anglicky:

**Recycled building materials and their use in construction and the impact on the price of construction**

Pokyny pro vypracování:

Recyklované stavební materiály  
Porovnání recyklovaných materiálů s tradičními  
Výhody a nevýhody jednotlivých materiálů  
Vliv užití recyklovaných materiálů na cenu stavby

Seznam doporučené literatury:

CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.  
KREŇKOVÁ, Věra. Odpady a druhotné suroviny II. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-871-2.  
SVOBODA, L. a kol. Stavební hmoty.3. vyd. elektronické Praha: Luboš Svoboda, 2013. ISBN 978-80-260-4972-2.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

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

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

\_\_\_\_\_

Datum zadání bakalářské práce: **17.02.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

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

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

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

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma Recyklované stavební materiály, jejich užití ve stavebnictví a vliv na cenu stavby vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady uvedené v soupisu citované literatury.

V Praze, dne 24. 5. 2020

Podpis .....

## Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce Ing. Lucii Brožové, Ph.D. za kvalitní vedení mé práce, podnětné rady a přínosné komentáře, bez nichž by tato práce v této nelehké době nevznikla.

RECYKLOVANÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY, JEJICH UŽITÍ  
VE STAVEBNICTVÍ A VLIV NA CENU STAVBY

RECYCLED BUILDING MATERIALS AND THEIR USE  
IN CONSTRUCTION AND THE IMPACT ON THE PRICE  
OF CONSTRUCTION

## Anotace

Tato práce se zabývá tematikou recyklace ve stavebnictví, konkrétně recyklovanými materiály ve výstavbě, záměnou za tradiční materiály a dopadem na celkovou cenu stavby. V práci je obsažena tematika recyklace obecně a udržitelný rozvoj. Dále jsou rozebrány recyklované stavební materiály, jejich výroba a využití. Dále jsou pak materiály aplikovány na rodinný dům, následně srovnány ceny obou variant a vyhodnocen dopad na cenu stavby.

## 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. Furthermore, recycled building materials, their production and use are analyzed. 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

Recyklace, udržitelný rozvoj, recyklované materiály, stavební materiály, rozpočet, náklady, náklady stavby

## Key words

Recycling, sustainable development, recycled materials, building materials, budget, costs, construction costs

# Obsah

Úvod .....	1
1 Legislativa .....	2
1.1 Základní pojmy.....	2
2 Udržitelný rozvoj a udržitelná výstavba .....	3
2.1 Udržitelný rozvoj.....	3
2.2 Udržitelná výstavba.....	4
3 Recyklace .....	7
3.1 Kroky recyklace.....	7
3.2 Upcycling a Downcycling.....	9
3.3 Výhody recyklace .....	9
3.4 Překážky a rizika .....	11
3.5 Recyklace stavebního odpadu .....	11
3.5.1 SDO .....	12
3.5.2 Situace v ČR.....	13
3.5.3 Technologie .....	15
3.5.4 Technika a zařízení .....	16
4 Recyklované materiály a produkty ve stavebnictví .....	17
4.1 Recyklované materiály ze stavebního průmyslu .....	17
4.1.1 Zdivo a keramika .....	17
4.1.2 Beton a betonové výrobky .....	19
4.1.3 Sádkartón .....	20
4.1.4 Dřevo a výrobky ze dřeva .....	20
4.1.5 Tepelné a akustické izolace.....	21
4.2 Recyklované materiály z jiných odvětví .....	22
4.2.1 Pěnové sklo .....	22
4.2.2 Tetrapak .....	23
4.2.3 Sádrovláknité desky.....	24
4.2.4 Cementotřískové desky .....	25
4.2.5 Celulóza .....	26
4.2.6 Džínovina .....	27
5 Referenční objekt.....	28
5.1.1 Výkopové práce.....	31
5.1.2 Základové konstrukce.....	31
5.1.3 Svislé konstrukce.....	31
5.1.4 Vodorovné konstrukce .....	31
5.1.5 Střecha .....	32
5.1.6 Podhledy .....	32
5.1.7 Podlahové konstrukce .....	32
5.1.8 Konstrukce ze dřeva a výrobků na bázi dřeva.....	33
5.1.9 Zpevněné plochy .....	33
6 Porovnání recyklovaných materiálů s tradičními .....	34
6.1 Základní kritéria pro srovnání .....	34
6.2 Podsyp pod základové konstrukce .....	36
6.3 Základové konstrukce a konstrukce z betonu .....	37
6.4 Obvodové konstrukce .....	38
6.5 Příčky.....	39
6.6 Podhledy z deskových materiálů .....	42
6.7 Tepelné izolace.....	44
7 Vliv náhrady tradičních materiálů za recyklované a dopad na celkovou cenu referenčního objektu.....	45
7.1 Vyhodnocení změn jednotlivých částí stavby .....	45



7.1.1	Podsypy pod základové konstrukce.....	45
7.1.2	Příčky .....	46
7.1.3	Podhledy .....	47
7.1.4	Tepelné izolace a obložení fasády.....	48
7.1.5	Zásyp ploché střechy.....	50
7.1.6	Zpevněné plochy .....	51
7.2	Celkové vyhodnocení.....	52
Závěr.....		59

## Úvod

Recyklace, obnovitelné zdroje, neobnovitelné zdroje a získávání druhotných surovin jsou v dnešní době opětovně propíraná témata nejen na úrovni České republiky, nebo Evropské unie, ale celého světa. Každý jeden člověk je producentem odpadu a zároveň je do jisté míry schopen ovlivnit, kam se bude nakládání s odpady v budoucnu ubírat. Stavební a demoliční odpady zaujmají největší objem na celkové produkci odpadu, a proto je důležité pokusit se ho omezit právě v tomto odvětví.

Jednou z možností využití recyklovaných, nebo alespoň částečně recyklovaných materiálů ve výstavbě. V současnosti dochází k rozvoji v oblasti recyklace a opětovném využití odpadů. Vznikají nové recyklované materiály, nebo se společnosti pokoušejí využít druhotné suroviny. Ministerstvo obchodu a průmyslu motivuje města, obce a podnikatele v oblasti stavebnictví k využívání druhotných surovin a řádné recyklaci stavebního a demoličního odpadu. Stále ale recyklované materiály naráží na nejistotu odběratelů ve vztahu ke kvalitě materiálů a požadovaným vlastnostem

Cílem práce je ukázat, jak se změní náklady na výstavbu rodinného domu náhradou tradičních materiálů navržených projektantem, za materiály recyklované, nebo materiály s podílem druhotných surovin. Nejprve bude provedeno srovnání konkrétních materiálů aplikovatelných na referenční rodinný dům na základě předem zvolených kritérií. Následně budou porovnány celkové náklady na stavební objekt jak ve variantě tradiční, tak variantě s recyklovanými materiály. Závěrem práce bude vyhodnocení dopadu užití recyklovaných materiálů na celkovou cenu rodinného domu.

# 1 Legislativa

V případě nakládání s odpady, využívání odpadů, jejich shromažďování atd. je důležité řídit se náležitými předpisy. V České republice veškeré tyto skutečnosti spravuje **Zákon č. 185/2001 Sb.** Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

## 1.1 Základní pojmy

**Downcycling** – Recyklační procesy, které upravují, odpadní materiály a výrobky tak, aby mohly být znovu využity. Při procesu dochází ke snížení kvality (znehodnocení) výstupu.

**Druhotná surovina** – Recyklované materiály, která lze použít ve výrobních postupech jako náhradu původních surovin nebo společně s nimi.

**Nakládání s odpady** – Obchodování s odpady, shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů.

**Odpad** – Každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.

**Odpadové hospodářství** – Činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.

**Opětovné použití** – Postupy, kterými jsou výrobky nebo jejich části, které nejsou odpadem, znovu použity ke stejnému účelu, ke kterému byly původně určeny.

**Recyklace** – Jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití.

**Skladování odpadů** – Přechodné soustředování odpadů v zařízení k tomu určeném po dobu nejvýše 3 let před jejich využitím nebo 1 roku před jejich odstraněním.

**Upcycling** – Recyklační procesy, které upravují, odpadní materiály a výrobky tak, aby mohly být znovu využity bez snížení kvality.

**Zpracování odpadů** – Využití nebo odstranění odpadů zahrnující i přípravu před využitím nebo odstraněním odpadů. [1] [2]

## 2 Udržitelný rozvoj a udržitelná výstavba

Za posledních dvě stě let došlo na světě k několikanásobnému zrychlení rozvoje techniky. Tento jev za sebou nechává nemalé množství problémů. S vývojem techniky narůstá znečištění prostředí, navyšují se objemy emisí a dochází k čerpání přírodních zdrojů neúměrně k možnostem jejich obnovení. Proto je důležité, aby se část nově vznikajících technologií investovala právě do omezení dopadu současného rozvoje. Během posledních padesáti let ve světě výroba zboží a poskytování služeb vzrostlo na sedmínásobek a spotřeba pitné vody je za posledních sto let šestinásobná. Zároveň stále pětina obyvatel naší planety nemá přístup k pitné vodě. Je zřejmé, že lidská spotřeba zdrojů není v rovnováze [3] [4].

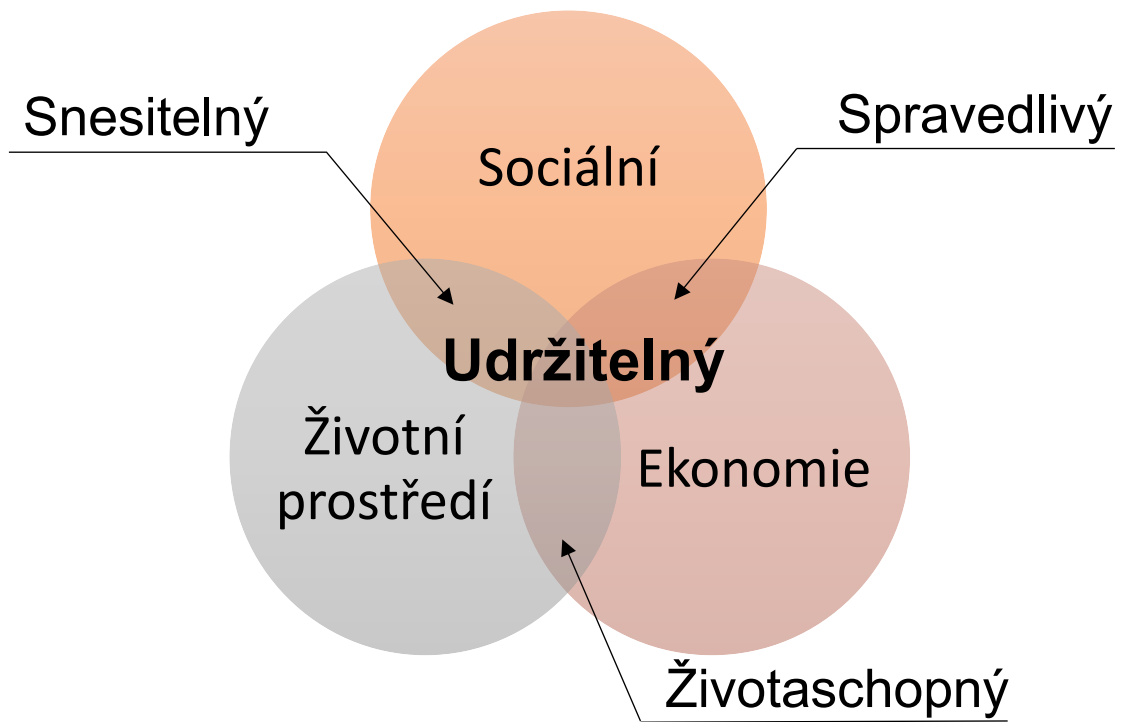
### 2.1 Udržitelný rozvoj

Dle českého zákona č. 17/1992 Sb. o životním prostředí odstavce 6 „*Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.*“ [5]

Pojem trvale udržitelný rozvoj byl poprvé zmíněn na konferenci OSN v roce 1987. Tento termín je často nesprávně zaměňován pouze s ochranou přírody. Zachování životního prostředí je důležitým aspektem udržitelného rozvoje, ale není jediným. Udržitelný rozvoj stojí na třech zásadních pilířích, vyobrazených na Obr. 1, které musí být v naprosté rovnováze:

- ekonomický,
- sociální,
- environmentální.

Díky spolupůsobení těchto aspektů může dojít k technickému a zároveň sociálnímu pokroku, který nepřinese tak masivní oběti naší planety, aby ovlivnil život dalším generacím [3] [6] [7].



Obr. 1: Aspekty udržitelného rozvoje [7] *tvorba vlastní*

## 2.2 Udržitelná výstavba

Stavební průmysl má v dnešní době nesmírný dopad na udržitelný rozvoj. Výstavba a provoz budov jsou v současnosti největšími spotřebiteli energií a materiálů ze všech odvětví. Mimo nemalou spotřebu primárních surovin je producentem přibližně 40 % veškerého odpadu. Tyto skutečnosti poukazují na nutnost změn v přístupu a vedou k narůstajícím nárokům ve stavebnictví:

- Využívání obnovitelných zdrojů energie,
- substituce primárních zdrojů recyklovanými,
- efektivní využití půdy, výstavba na brownfields,
- neplýtvání vodou,
- minimalizace vzniku odpadů a škodlivých emisí,
- riziková analýza [3] [8].

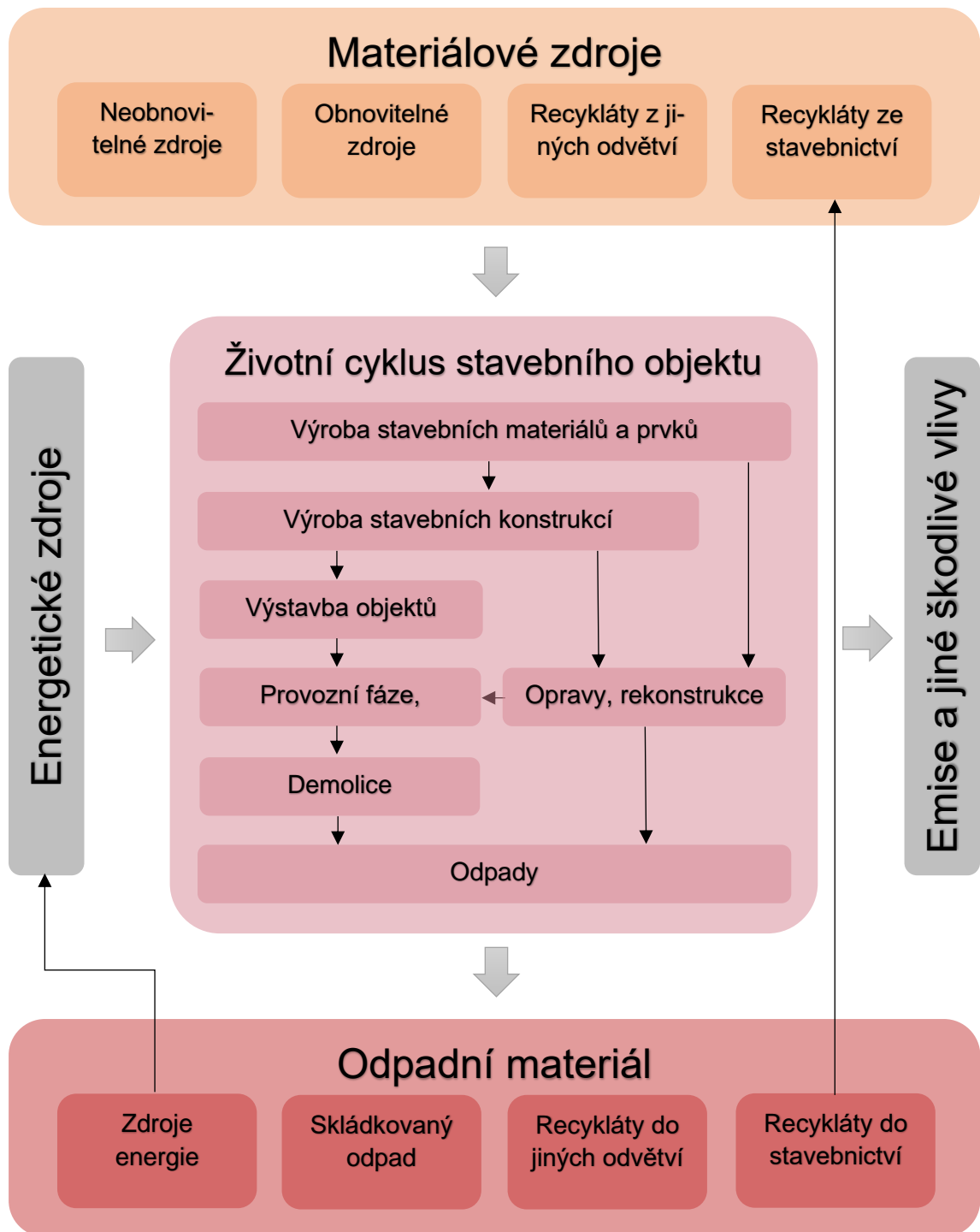
Využívání obnovitelných zdrojů materiálů i energie a recyklace jsou základními kameny udržitelné výstavby. Je ovšem důležité soustředit se na více aspektů. Jedním z nich je efektivní využití půdy při výstavbě nových objektů. V současnosti ve světě i v České republice dochází k restrukturalizaci a ubývá množství ploch určených k těžbě, těžkému průmyslu, ploch využívaných armádou. Zároveň dochází k nárůstu standardů na stavební pozemky a tím se tato území stávají nezajímavými a lidé preferují výstavbu na greenfields, tedy na nových prozatím nezastavěných pozemcích. Množství nových záborů roste enormní rychlostí a cílem udržitelné výstavby je v co nejvyšší míře využít k výstavbě takzvaná brownfields, tedy pozemky již dříve využitě. [8].

Stavební konstrukce prochází během doby životnosti několika fázemi. Při výrobě stavebního materiálu nebo výrobku je spotřebována energie, lidské a primární zdroje. Tento materiál je spotřebován při výstavbě a je zapotřebí další velké množství energie. Zároveň při výstavbě vzniká velké množství odpadu ze stavebního procesu a z obalového materiálu a také škodlivé emise ze strojů a dopravy. Po dokončení stavby nastává proces provozování. Ve fázi užívání a oprav je čerpána energie na provoz budov a staveb a produkuje se další odpad. V provozní fázi je životní prostředí zatěžováno také nevyhnutelnými opravami. V konečné fázi dochází k demolici objektu a produkci masivního objemu odpadního materiálu a sutí, kde je zapotřebí tento odpad v maximální míře využít. Nejefektivnějším způsobem je recyklace a znovupoužití ve stavebnictví nebo v jiném odvětví. Dále pak může být využit jako zdroj energie nebo uložen na skládce. Zmíněný cyklus jsem vykreslila do schématu na Obr. 2 [3].

Při posuzování vlivu stavebních konstrukcí na životní prostředí neboli LCA<sup>1</sup>, je důležité znát kompletní cyklus, aby do výpočtu mohli být zaneseny všechny proměnné. Při posouzení tedy bereme v úvahu i těžbu surovin, jež byly spotřebovány v počátečním cyklu, nebo například transport. Posuzování vlivu má kvůli nedostatku dat o environmentálních dopadech jednotlivých materiálů a současně často milné predikci chování provozovatelů stavebních objektů konstrukcí zatím hranice. [3]

---

<sup>1</sup> LCA je posuzování životního cyklu a jeho vliv na životní prostředí



Obr. 2: Životní cyklus stavebního objektu [3] tvorba vlastní

## 3 Recyklace

Recyklace je proces (cyklického) zpracování odpadu jako druhotné suroviny ve výrobním procesu pro jeho opětovné využití, jako substitut primárního zdroje, ať už pro původní účel, nebo účel nový.

Na začátku je důležité si uvědomit, že samotný proces recyklace není ekologický. Často je velice náročný na spotřebu energie, vody ale také lidských zdrojů. Paradoxně i recyklačními procesy se vytváří nové odpady a zplodiny. Přesto je recyklace pro životní prostředí velice významná a přispívá k menší míře jeho poškozování. Pomocí recyklace můžeme dosáhnout snížení produkce v odvětvích, které životní prostředí zatěžují nerosvnatelně více. Jedná se například o hutnictví, těžba nerostných surovin, rafinace, těžké strojírenství, zpracování plastů atd. [9] [10].

### 3.1 Kroky recyklace

Recyklace zahrnuje tři zásadní kroky tvořící cyklus, který vedl ke vzniku její mezinárodního symbolu. Je znázorněn na Obr. 3.



Obr. 3: Symbol recyklace [11]

Prvním krokem recyklačního cyklu je sběr a zpracování odpadů vhodných pro výrobu druhotných surovin. Nejdůležitější částí je pečlivé třídění, a to už v počátcích tohoto kroku. Sběr a třídění odpadu mohou být realizovány pomocí sběrných dvorů, výkupních center, sběru komunálního tříděného odpadu a programů zálohování nebo vrácení peněz.

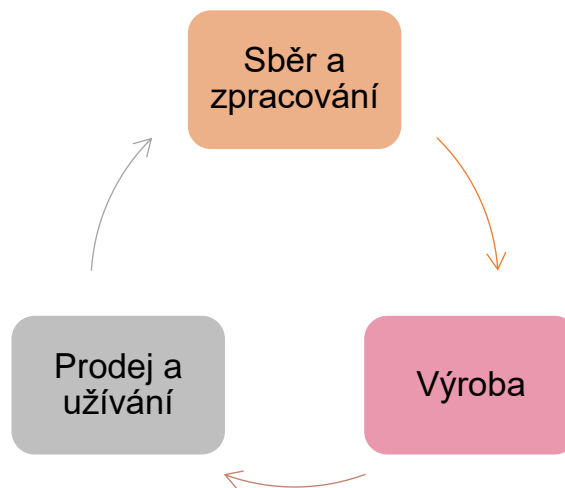
Po sběru je materiál ve sběrnách tříděn, čištěn a zpracován do podoby, která je vyhovující k následnému prodeji. Materiál může být zpracován samostatně, nebo je smíchán s primární surovinou k výrobě nového materiálu s procentuálním obsahem



recyklátu. Recyklovatelný materiál je na trhu komoditou jako každá jiná a jeho cena je proměnlivá v závislosti na nabídce a poptávce.

Následuje proces samotné recyklace, který je specifický nejen pro každý materiál ale současně i pro každé odvětví výroby. V této fázi dochází k výrobě recyklovaných produktů.

V konečné fázi jsou tyto výstupy uvedeny na trh a uvedeny do užívání. V ideálním případě se po skončení jejich životnosti, znovu přemění v recyklovatelný odpad, a tím uzavřou smyčku recyklace. Zmíněné kroky jsou znázorněny na Obr. 4 [9] [12].



Obr. 4: Kroky recyklace [12] *tvorba vlastní*

## 3.2 Upcycling a Downcycling

Při recyklaci je nutné se zabírat otázkou, jakou ekonomickou hodnotu bude mít výsledný produkt. Termínem Upcycling rozumíme proces přeměny materiálů a potenciálního odpadu na produkty s vyšší hodnotou než na počátku. Tímto způsobem vzniká na produktu (materiálu) přidaná hodnota. S prvopočátky upcyklace jsme se mohli setkat již v historii, kdy lidé v krizových situacích, například při válečném stavu, musely využít veškeré zdroje k výrobě potřebných věcí. Dnes se s upcyklací setkáváme především v umění, řemeslné výrobě, módě atd. Procesy upcyklace demonstrují vzájemný vztah mezi starými a novými a rozpouští staré a nové jako odlišné kategorie. Jeden z prvních projektů zabývajících se upcyklací v České republice je Zdrojovna, která se stala moderní a neotřelou obdobou sběrného dvora, kde si lidé mohou vytvořit vlastní díla z nepotřebného materiálu. Dalším příkladem je Kovofoo.

Pravdou je, že ve většině případů vytváření druhotných produktů se jedná o downcycling, při níž naopak výstupné produkty mají nižší hodnotu než vstupy. Jedná se například o recyklaci plastů. Dochází při ní k poklesu hodnoty, znehodnocování kvality, snížení znovupoužitelnosti materiálu nebo úplnému zastavení recyklačního cyklu, přičemž se tento produkt po skončení doby životnosti stává nerecyklovatelným odpadem. I přesto je downcyklace důležitá pro šetření přírodními zdroji. Downcyklace má smysl tehdy, pokud jsou výsledné produkty stále konkurenceschopné na trhu s primárními zdroji a jejich cena odpovídá kvalitě. [10] [13].

## 3.3 Výhody recyklace

Existuje několik způsobů nakládání s odpady, které jsou mnohem rozšířenější a často méně nákladné. Nejprimitivnějším a zároveň nejstarším způsobem, který člověk vymyslel, je uložení odpadu na skládce. Skladování odpadu nepřináší žádný nový užitek, naopak se jimi problém s odpadem často jen odkládá. Jednou z možností je energetické využití odpadního materiálu. Spalováním se využívá energie vázaná v odpadech k výrobě tepla a elektrické energie. Umožňuje nám využít tuto energii a ušetřit klasická fosilní paliva. Další alternativou je zplynování nebo pyrolýza odpadů. Proč tedy recyklovat [14]?

Za základní pozitiva recyklace se považují:

- Snižování množství skladovaného odpadu,
- snižování množství spalovaného odpadu,
- náhrada a ochrana přírodních zdrojů,
- úspora energie,
- úspora investic,
- náhrada importovaných produktů tuzemskými recykláty,
- snížení fondu pracovních hodin,
- vytváření pracovních míst,
- ochrana životního prostředí [12] [15].

Pomocí recyklace snižujeme množství odpadu, které končí na skládkách, kde již nevzniká žádný přínos. Efektivní recyklací potenciálního odpadu docílíme vzniku nových materiálů, které mohou na trhu nahradit přírodní zdroje a tím je ušetřit. V případě 100 % recyklovaných produktů je možné eliminovat spotřebu přírodních zdrojů a u částečně recyklovaných ji alespoň omezit. Zároveň vhodnými způsoby recyklace můžeme ušetřit velké množství energie, které by bylo potřebné k výrobě nových produktů a materiálu za použití primárního způsobu výroby.

Podle EPA<sup>2</sup> je možné recyklací deseti plastových lahví ušetřit množství energie pro napájení notebooku na přibližně 25 hodin. Zároveň kupříkladu objem energie ušetřený recyklací jedné tuny kancelářského papíru je ekvivalentní ke spotřebě přes 1200 litrů benzínu [12] [16].

V rámci státu může recyklace přispět k podpoře národní ekonomiky, v případě, že recykláty substituují na trhu produkty, které by země musela importovat. Recyklací se vytváří pracovní místa ve zpracovatelském a recyklačním průmyslu, ale zároveň se šetří spotřeba lidské práce, jelikož výroba recyklovaného produktu vyžaduje méně pracovních hodin než výroba produktu z primárních zdrojů. Z ekonomického hlediska se může jednat o úsporu investic do výroby. Například při zpracování kovového šrotu je investice čtyř až desetkrát nižší než při získávání kovu z rud. Dále mohou klesat náklady na dopravu.

---

<sup>2</sup> EPA je americká vládní Agentura pro ochranu životního prostředí

Zároveň recyklací šetříme přírodní zdroje nejen z hlediska jejich vyčerpání, ale také se dá hovořit o ochraně životního prostředí, omezením jejich získávání pomocí do-lování, kácení stromů atd. [12] [15].

### 3.4 Překážky a rizika

V dnešní době recyklace naráží hned na několik limitů. Prvním a rovněž nejpodstat-nějším z nich je ekonomická stránka, a to především rentabilita investice. Problém nastává ve chvíli, kdy cena zpracování odpadu převyší hodnotu výsledného recyklátu. Recyklace takovýchto odpadů se pak stává ekonomicky prodělečnou. Další skutečností je, že recyklace má význam, pokud cena druhotných produktů výrazně nepřesáhne cenu tradičních surovinových zdrojů získaných například těžbou. Druhotné produkty, které nejsou cenově konkurenceschopné, na trhu neobstojí.

Významným problémem při recyklaci je technologie. Existují materiály, které nedo-kážeme recyklovat při využití současných technologií. Jsou jimi například linoleum, teflon, kartony od vajec, celofán, zrcadla, silikony a další, nebo je jejich recyklace kom-plikovaná. Příkladem je recyklace PVC neboli polyvinylchloridu, která se kvůli obsahu chlóru a jeho možnému úniku do ovzduší provádí mechanicky. Dalším limitujícím fakto-rem je míra nehomogenity a koncentrace příměsí v recyklovatelných materiálech, jelikož výrobní stroje jsou nastaveny na vstupní produkty se specifickými vlastnostmi. Náročná technologie zpracování některých odpadů může navíc vnášet nové nežádoucí příměsi do výsledných produktů a tím znehodnocovat jejich kvalitu.

Samozřejmě aby samotný recyklační proces měl význam pro životní prostředí, musí být použité postupy dostatečně šetrné a množství odpadu vzniklé během recyklace co nejnižší [9] [10].

### 3.5 Recyklace stavebního odpadu

Stavební průmysl je spolu s energetickým největším producentem odpadu. Je dů-ležité si uvědomit, že vedle častokrát zmiňovaných neobnovitelných zdrojů jako je ropa, uhlí a zemní plyn, existují takové suroviny, která se spotřebovávají především ve staveb-nictví pro výrobu betonu a cihel. Zejména se jedná o kamenivo, písek a cihlářskou hlínu. Výhodou stavebního odvětví je schopnost recyklace velkého množství odpadu. Hlavním zdrojem pro výrobu druhotných surovin je stavební a demoliční odpad [17] [18].

### 3.5.1 SDO

Recyklace stavebního a demoličního odpadu je proces často náročný na techniku a logistiku. Základem pro získávání odpadu pro recyklaci, aby bylo dosaženo kvalitních recyklátů, je co nejdůkladnější třídění odpadu již při demolici a zároveň kvalita demoličních prací. Totožně jako v ostatních odvětvích musí být výsledný recyklát nejen kvalitní a splňovat veškeré předpisy, ale zároveň prodejny. Cena musí být úměrná kvalitě a ceně primárních zdrojů.

Největším problémem recyklace SDO je právě v nízké variabilitě využití recyklátů, ve většině případů se totiž jedná o downcyklaci. Nejprimitivnějším způsobem je využití demoličního odpadu při hrubých úpravách terénu pro vyrovnání podkladu. Díky recyklačním technologiím se však vybraný odpad může navrátit do životního cyklu stavebního objektu v plném využití. Z hlediska maximálního využití by se při demolici objektu měli zachovat co největší prvky a dílce stavebních konstrukcí. V ideálním případě by mělo docházet spíše k demontáži než k demolici [17] [18]

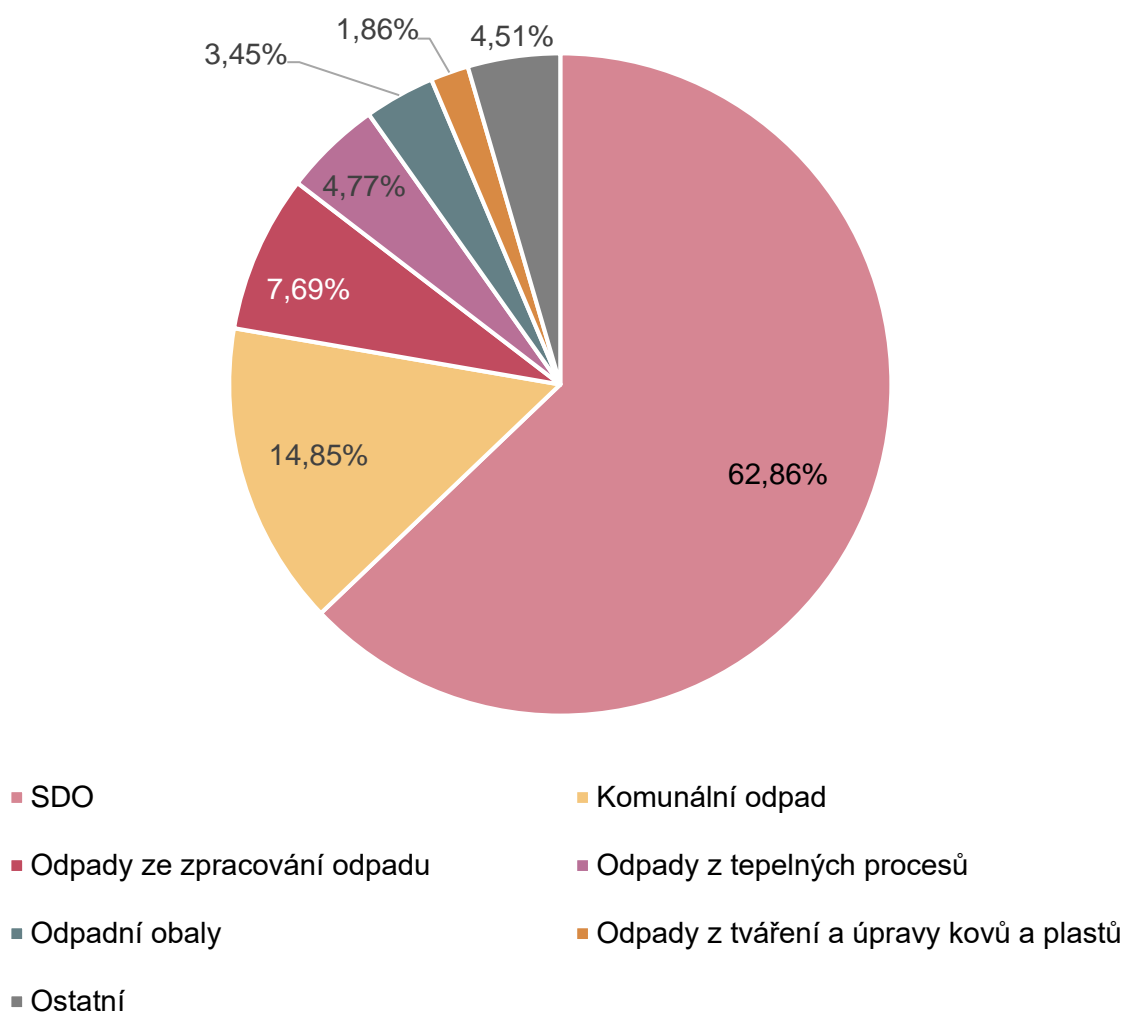
SDO je dle Katalogu odpadů ČR a současně dle Evropského katalogu odpadů zaříděn v samostatné skupině pod číslem 17 a podrobněji rozdělen do kategorií:

- 17 01 00 - beton, cihla, hrubá a jemná keramika a výrobky ze sádry a azbestu
- 17 02 00 - dřevo, sklo, plasty
- 17 03 00 - asfalt, dehet, výrobky z dehtu
- 17 04 00 - kovy a slitiny kovů
- 17 05 00 - zemina vytěžená
- 17 06 00 - izolační materiály
- 17 07 00 - směsný stavební a demoliční odpad [19]

Nejvyšší podíl zastoupení stavebního a demoličního odpadu je vytěžená zemina, která tvoří 67 až 71 % celkového objemu. Dalšími v pořadí jsou beton, popřípadě železobeton a cihly. V pořadí následují kovy, především z ocelových konstrukcí a betonářská ocel. Menší zastoupení mají dřevo a plasty a izolační materiály [20].

### 3.5.2 Situace v ČR

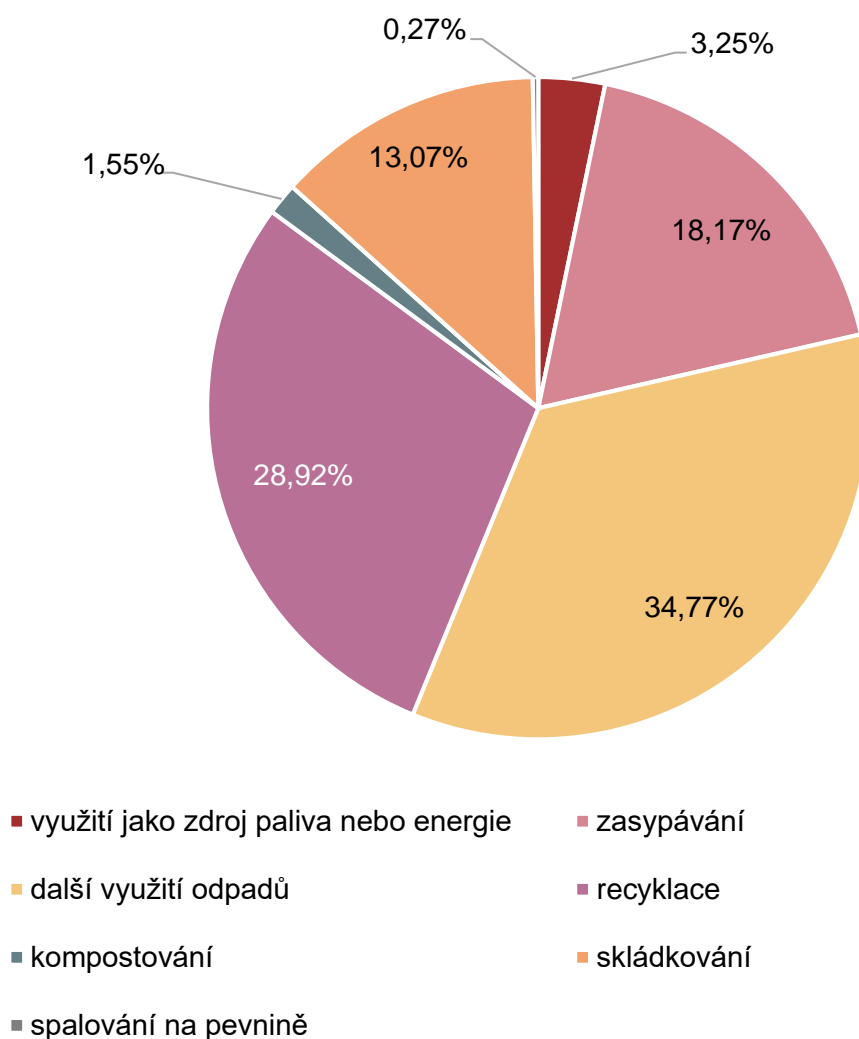
Celková produkce stavebních odpadů od roku 2017 je v průměru 23,7 miliónů tun za rok z celkového množství odpadů 37,8 tun za rok, což je necelých 63 %. Původ produkce odpadů je znázorněn na Obr. 5. Nakládání s odpady v České republice spravuje několik institucí, jako jsou MPO, MZP a další a zároveň ovlivněno vnějšími předpisy jako jsou Protokol EU o nakládání se stavebními a demoličními odpady z roku 2016 a Směrnice pro audit odpadů před demolicí a renovací budov z roku 2018 [21] [20].



Obr. 5: Původ produkce odpadů v ČR [21] *tvorba vlastní*

Dle odhadů se v ČR zrecykluje asi 12 % stavebního odpadu, přičemž v Praze se pohybujeme mezi 25 až 30 %. Běžná hodnota pro evropská velkoměsta je ovšem okolo 60 %, což je nesrovnatelně více. Ukázkovým příkladem je město Drážďany, kde dochází k recyklaci 90 % stavebního odpadu [21] [20].

Celkové množství recyklovaného odpadu je podle Českého statistického úřadu do 30 %. Je třeba brát v úvahu, že velké množství odpadu, se kterým není efektivně nakládáno, není řádně evidován úřady, a proto je toto procento ještě nižší. Graf nakládání s odpady je zobrazen na Obr. 6.



Obr. 6: Nakládání s odpady v ČR v roce 2018 [22] *tvorba vlastní*

### 3.5.3 Technologie

Pokud z rovnice vynecháme recyklaci klasických materiálů, jimiž jsou dřevo, ocel a ostatní kovy, sklo, papír apod., které lze recyklovat samostatně, zůstane stavební a demoliční odpad. Recyklace SDO může probíhat in situ, tedy v místě stavebních, rekonstrukčních či bouracích prací, nebo off situ, kdy je recyklát transportován do recyklačního podniku, kde se zpracovává ve stacionárních recyklačních linkách. V případě in situ je odpad zpracováván v mobilních recyklačních linkách.

Mobilní linky vyžadují malou plochu a jejich obsluha je poměrně nenáročná. Využitím mobilní linky se snižují náklady na transport materiálu a také poplatky za uložení suti na skládce. V České republice se touto variantou dle dostupných zdrojů zpracovává okolo 35 % stavebního odpadu. Výkon mobilní linky je patnáct až sto tun odpadu za hodinu. Nevýhodou je nutnost povolení k umístění linky a také možná nízká kvalita výsledného recyklátu, který končí nevyužit.

V praxi se nejčastěji využívají stacionární recyklační linky. Jedná se o systémy strojů a zařízení, které jsou využívány v recyklačních podnicích. Tyto linky umožňují recyklaci i malého objemu odpadu a zároveň je přípustné recyklovat různorodé materiály na jednom místě. Při využití stacionárních linek méně zatěžíme místo stavby. Nevýhodou jsou pořizovací náklady, poplatky za skládkovné a míra byrokracie, způsobená zatříděním přijímaných odpadů [17] [23].



### 3.5.4 Technika a zařízení

V recyklační lince prochází odpad systémem strojů a těžké techniky, aby došlo k účelné výrobě recyklátu. Po hrubém vytřídění odpadu a separaci příměsí se v lince odpad nejprve dostane do primárního (čelistového) drtiče. Drtič využívá k rozmělnění odpadu kombinaci tlaku smyku a nárazové energie. V některých případech ještě dochází k rozrušení příliš objemných kusů. Za primárním drtičem bývá instalován odlučovač železa, jehož úkolem je separovat nevytříděné kusy. Nejběžněji je aplikován při zpracování železobetonového odpadu. Následuje vibrační drtič, který odděluje přebytečnou zeminu a písek. Materiál je transferován do sekundárního drtiče. Výsledkem sekundárního drcení je poměrně kvalitní granulovaný recyklát. Na konci procesu materiál projde magnetickým separátorem k odstranění posledních fragmentů kovů. Pokud je žádoucí odloučení plastových, dřevěných či prachových částic, je využit vodní separátor. Výsledkem recyklačního procesu je granulový recyklát, který má dostatečné vlastnosti, aby substituoval přírodní materiál [23].

## 4 Recyklované materiály a produkty ve stavebnictví

Základem pro vznik recyklovaných stavebních materiálů je ve velké míře SDO. Ve stavebnictví, stejně jako v dalších oblastech, není nutné se omezovat jen na materiály vzniklé v tomtéž odvětví. V následujících dvou podkapitolách jsou podrobněji popsány vybrané materiály a výrobky z nich s potenciálním využitím ve stavebnictví, a to konkrétně v pozemních stavbách [1].

### 4.1 Recyklované materiály ze stavebního průmyslu

Odpad vzniklý přímo ve stavebnictví má větší potenciál proměnit se v druhotnou surovinu díky materiálovému složení. V ideálním případě by před demolicí objektu došlo k demontáži všeho, co je možné znovu využít. V praxi se setkáváme spíše s recyklací pouze těch částí objektu, které předepisuje zákon [18].

#### 4.1.1 Zdivo a keramika

První statisticky významnou skupinou stavebního a demoličního odpadu jsou zdící prvky a keramika. V katalogu odpadů ČR se spolu s betonem řadí do skupiny 17 01 00. Jedná se o směs keramických, ale i vápenopískových a pórobetonových zdících prvků, keramických dlažeb a obkladů, sanitární keramiky a dalších. Základní zpracování je přeměna na cihelný recyklát [1].

##### **Výroba**

Cihelný recyklát se vyrábí v recyklačních linkách a odehrává se ve třech krocích. Prvním krokem je separace materiálu, kdy dochází k odstranění nežádoucích látek. Dále dochází k drcení a následně k sortování. Cihelný recyklát se standardně v ČR kategorizuje dle zrnitosti do tří tříd, a to 0-8 mm, 8-32 mm a 32-85 mm. Výroba může probíhat in situ, avšak závisí na objemu produkce odpadu. Viz kapitola 3.5 [24].

##### **Využití**

Směs keramických a zdících prvků má ve stavebnictví v zásadě tři větší oblasti využití. Jednou z nich je výroba cihlobetonu. Ten svou pevností a tepelněakumulačními vlastnostmi často odpovídá spíše zdivu než klasickému betonu, a proto se využívá při výstavbě monolitických výplňových konstrukcí, betonových dlažeb a bloků. Zároveň ho

lze využít pro výrobu vibrolisovaných zděcích prvků. Cihlobetonové tvárnice mohou dosáhnout pevnosti tlaku až 8 MPa. Pomocí lisování dochází k eliminaci dotvarování, ke kterému dochází při tuhnutí cihlobetonu na stavbě.

Druhým a zároveň nejobjemnějším způsobem použití cihelného recyklátu jako kamenivo pro násypy, obsypy a další terénní úpravy. Kamenivo z cihelné drti nemá dostatečnou pevnost a únosnost, aby bylo vhodné jeho využití pro podsypy základových konstrukcí. Vhodným způsobem je náhrada kameniva při výstavbě inženýrských sítí, či zlepšování podloží v podobě násypů a obsypů, kde jsou kladeny nižší nároky na únosnost.

Třetí způsob využití se týká frakce kameniva do 4 mm. Drobné frakce mohou být využity jako příměsi nebo částečné náhrady cementu do malt pro zdění. Malty s plnivem z cihelného recyklátu mají znatelně nižší součinitel prostupu tepla než standardní malty s přírodním kamenivem, a tedy lepší izolační schopnost. Pevnost takovéto malty může dosahovat hodnoty až 10 MPa [1] [24].



Obr. 7: Beton s cihelným recyklátem Rebetong [25]

## 4.1.2 Beton a betonové výrobky

Betony a betonové konstrukce představují další objemnou skupinu materiálů s potenciálem využití jako druhotných surovin. Jedním ze zdrojů betonu mohou být budovy, stavby a jejich části jako jsou podlahové betony, zdi, základové konstrukce, betonové zdící prvky a další. Dále se jedná o konstrukce dopravních staveb [1].

### **Výroba**

Výroba betonového recyklátu probíhá obdobně, jako je tomu u cihelného. V prvním kroku dochází k oddělení nežádoucích materiálů. V případě betonu se jedná hlavně o separaci ocelových výztuží. Dále dochází k drcení a třídění dle kategorií. Běžnými frakcemi betonového recyklátu jsou 0/16, 0/20 0/32, 16/32, 0/63 a další větší frakce.

### **Využití**

Betonový recyklát má oproti cihelnému výrazně lepší pevnost a únosnost, tudíž je jeho využití rozmanitější. Jedním ze způsobů je využití jako kamenivo do násypů a obšypů inženýrských sítí a podsypů pod základové konstrukce menších staveb. Při použití v základových konstrukcích musí být zjištěny informace jak o únosnosti, tak o spodní vodě.

Druhou oblastí je výroba sekundárních, méně únosných betonů s filerem z betonového recyklátu. Pro tyto účely musí být kladen důraz na kvalitu původního betonu. Vhodné jsou například recykláty z betonů použitých v dopravních stavbách nebo při konstrukci nosných prvků budov. Problémem při zpracování může být nedostatečné oddělení výztuže. Beton s recyklovaným kamenivem ztrácí na pevnosti asi o 15–20 % a součinitel dotvarování může narůst až o 50 %. Proto je jeho použití třeba odborně zvážit. Takovýto beton může být využit také na výrobu prefabrikátů, například tvárnic a bloků [1] [26] [27].

### 4.1.3 Sádrokarton

Spotřeba sádrokartonu s stavbách v posledních letech čím dál tím více roste a jeho zdrojem jsou převážně sádrokartonové podhledy, příčky a desky použité na dotepení. Některé společnosti jako je například Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., která vyrábí SDK desky Rigips v současnosti na výrobu využívají až z 10 % recyklovanou sádro a téměř 100 % recyklovaný papír. Hlavní složkou sádrokartonů je sádrovec, který tvoří 95 % výrobku.

#### **Výroba**

Hlavní složkou sádrokartonů je sádrovec, který tvoří 95 % výrobku. Samotný sádrovec lze opakovaně recyklovat, pokud nedojde ke znečištění. V důsledku nákladnosti a náročnosti recyklace sádrokartonů dochází v současnosti k jeho skládkování a tím dochází k jeho znečištění, což znemožňuje jeho budoucí využití. Proces zpracování spočívá v oddělení papíru od lisované sádrové hmoty, přičemž největším problémem je velké množství prachu.

#### **Využití**

Recyklovaná sádra může být opětovně využita na výrobu sádrokartonových či sádrovláknitých desek, nebo sádrových malt pro vnitřní omítky či sádrových pojiv [1] [28].

### 4.1.4 Dřevo a výrobky ze dřeva

Dřevo je ve stavebním průmyslu hojně využíváno nejen v dřevostavbách, ale také například v konstrukcích krovů.

#### **Využití**

Recyklace dřeva může probíhat ve dvou rovinách. Primární variantou je za ideálních podmínek demontáž dřevěných konstrukcí a znovupoužití celých konstrukčních prvků. Znamenalo by to velkou úsporu v nákladech na zpracování. Reálně je ale konstrukční dřevo znečištěno nevhodnými nátěry, zamořeno dřevokaznými houbami nebo mechanicky poškozeno. V případech, kdy jsou dřevěné konstrukce nevhodné k použití jako celky, ale jinak nezneškodněné, mohou být využity na výrobu desek na bázi dřeva. Obsah dřevěného recyklátu v dřevotřískových deskách dosahuje průměrně přes 70 %. V některých zemích se tato hodnota blíží 100 %, v důsledku absence kvalitního dřeva nejen pro dřevostavby [1] [29].

#### 4.1.4.1 Výroba

Desek na bázi dřeva existuje celá řada. Nejpoužívanější jsou desky dřevotřískové, které se vyrábí z dřevěných třísek hoblin a pilin lisováním za tepla spolu s lepidlem. Ikonickým zástupcem jsou desky OSB z plochých orientovaných třísek. Druhým známým zástupcem jsou překližované desky, které jsou tvořené více vrstvami lepených dýh. Dále existují desky s cementovým pojivem, dřevovláknité nebo například spárovky [30].

#### 4.1.5 Tepelné a akustické izolace

Současně se využívají k izolacím různorodé materiály. Nejobjemnějšími zástupci jsou EPS (expandovaný polystyren), XPS (extrudovaný polystyren), skelná a minerální vata. Nejsnadněji se recyklují izolace, které byly umístěny v roštu nebo mezi krokvemi. Problém nastává u izolací, které byly znečištěny lepidly, například izolace podlah. Dalším problémem je recyklace izolací s povrchovou úpravou (omítky).

##### **Pěnový polystyren**

Pěnovými polystyreny se ročně v Evropě zateplí 2 miliardy metrů čtverečních budov a průměrná tloušťka se pohybuje okolo 200 milimetrů. Největší překážkou v jejich recyklaci jsou aditiva použita při výrobě. Jedná se o toxické retardéry hoření, které se při znovuzpracování uvolňují do ovzduší. Znečištěný polystyren lze použít jako filer do lehkých betonů, na výrobu izolačních omítek nebo jako zásyp [1] [18] [31].

##### **Skelná a minerální vata**

Oba izolační materiály jsou si podobné ve způsobu výroby a současně ve využití. Skelná vata obsahuje 65 % křemičitého písku, 15 % sody a různé typy hornin. Při výrobě minerální vaty se spotřebovává vulkanický diabas, dolomit nebo čedič. Proces výroby spočívá v tavení hornin, ze kterých lze vyrobit umělá vlákna, která jsou vázána pojivem. V současnosti je reálné znovupoužití izolačních vat v případě demontáže z konstrukce, či využití odpadních kusů materiálu. Recyklace a znovuzhodnocení jsou procesy náročné na technologie a finance. Dalším problémem je kontaminace materiálu lepidly a omítkami využitých při stavbě. Díky inertní vlastnosti materiálu je umožněno uskladnění materiálu.

## 4.2 Recyklované materiály z jiných odvětví

### 4.2.1 Pěnové sklo

Pěnové sklo je izolační stavební materiál, který se vyrábí v zásadě ve dvou formách. První formou jsou bloky, respektive desky z pěnového skla.

#### **Využití**

V této podobě se využívá jako izolace v případech, kdy je zatížena vysokým tlakovým namáháním. Příkladem jsou základové konstrukce, nebo průmyslové stavby. Dále se využívá pro konstrukce kompaktních střech, jelikož svými vlastnostmi zabraňuje propustnosti vodní páry. Pěnové sklo vyniká svými vlastnostmi oproti tradičním izolacím. Je zcela parotěsné, nenamrzavé, tvarově stálé, odolné proti biologickým vlivům a objemová hmotnost se pohybuje mezi 120-190 kg/m<sup>3</sup>. Zároveň je 100 % opět recyklovatelné. Ovšem cena může být několikanásobně vyšší než u standardních izolačních materiálů.

Druhou formou je štěrk z pěnového skla. Využívá se pro podsypy a zásypy konstrukcí. Díky svým tepelně izolačním vlastnostem při použití v základech dostatečná vrstva štěrku odizoluje stavbu a zároveň funguje jako drenáž. Menší frakce se využívají v konstrukcích podlah.

#### **Výroba**

Pěnové sklo se vyrábí z odpadního skla, konkrétně z malých skelných střepek, které prošly tříděním a nemají dostatečnou velikost pro následné využití ve sklárnách. Skleněné střepek jsou rozdrceny na prach. Ten je pak za přítomnosti uhlíkového prachu, který vyvolá zpěnění a zvětšení objemu na dvacetinásobek, pečen při 800 °C. Výroba granulátu je obdobná, přičemž následuje drcení a třídění [32] [33].

## 4.2.2 Tetrapak

Nápojový karton neboli tetrapak, je kompozit tvořený ze 70 až 85 % papírem, respektive kartonem, okolo 20 % polyetylenem a 5 % hliníkem. Hliník obsahují pouze obaly aseptické, které chrání obsah před světlem a přístupem vzduchu a používají se k uchování trvanlivých potravin.

### Využití

Ve stavebnictví se tetrapak recykluje za účelem výroby stavebních a izolačních desek, které se využívají při suché výstavbě nebo při výstavbě dočasných staveb a přístřešků. Výsledná desky jsou mechanicky odolné a tvarově stálé, hygienicky nezávadné a mají dobré akustické vlastnosti. Desky jsou vhodnou náhradou desek OSB při konstrukci záklopů, podlah, příčkových stěn, bednění či podkroví. V konstrukcích podhledů jsou vhodnou alternativou k sádkartonovým deskám. Desky z nápojových kartonů nejsou vhodné do vlhkého prostředí bez povrchových úprav a jako nosné konstrukce.

### Výroba

V první řadě jsou vyříděné nápojové kartony rozdrceny, následně k vyprány a usušeny. Vzniklá směs je při teplotě 200 °C lisována, a nakonec jsou desky nařezány do příslušných formátů a hrany jsou seřezány dle požadovaných úprav. Z lisovaných desek mohou být následně vyráběny panely, které jsou tvořeny dvěma deskami vyplněnými polystyrenem. Polystyren je s deskami spojen disperzním lepidlem. V České republice je výrobcem desek PackWall společnost Flexibau s.r.o. a výrobcem desek a panelů Tetra K z tetrapaku je slovenská firma Kuruc Company spol. s r.o. [34] [35].



Obr. 8: Deska z tetrapaku [35]



### 4.2.3 Sádroláknité desky

Sádroláknité desky se velice podobají deskám sádrokartonovým, hlavními složkami desek jsou sádra a papírová vlákna. Tato vlákna slouží k vyztužení desky a získávají se recyklací papíru, například novinového. Sádroláknité desky jsou zdravotně nezávadné. Desky mají oproti sádrokartonovým lepší akustické vlastnosti, jsou výrazně pevnější a mají tvrdší povrch, Nevýhodou je značně vyšší cena a náročnější opracovatelnost.

#### **Využití**

Obdobně jako sádrokartonové či jiné deskové materiály se využívají zejména pro konstrukci podhledů. Dnes se již vyrábějí i povrchovou úpravou či upravenými vlastnostmi pro použití do vlhkého prostředí. Od tohoto faktu se opět odvíjí také vyšší cena. Dále jsou vhodné pro použití jako příčky či předstěny a díky dobrým akustickým vlastnostem také jako doplňková akustická izolace. Třetí možností využití je do skladeb podlahových konstrukcí.

#### **Výroba**

Při výrobě dochází nejprve k míchání základních surovin, jimiž jsou sádra a papírová vlákna. Následně se pro spojení přidá voda a dochází k lisování desek za vysokého tlaku. Do směsi se nepřidávají žádná pojiva ani jiná aditiva. Výsledné desky se usuší a následně opatří impregnací pro odpuzení vody. Známým výrobcem je společnost Fermacell [36] [37].

#### 4.2.4 Cementotřískové desky

Jak vypovídá název, hlavními složkami cementotřískových desek jsou cement a dřevěné třísky. Nejznámějším výrobcem těchto desek je společnost CETRIS. Jejich desky obsahují 63 % dřevěných třísek, 25 % portlandského cementu, 10 % vody a 2 % hydratačních přísad. Cementotřískové desky se vyznačují vysokou pevností ve srovnání s ostatními deskovými materiály. Jsou zdravotně nezávadné, odolné proti vodě, mají dobré akustické vlastnosti a jsou šetrné k životnímu prostředí. Na jejich výrobu se jako druhotná surovina využívají dřevěné třísky, které by jinak skončily jako odpadní materiál. Obdobou cementotřískových desek jsou desky cementovláknité.

##### Využití

Cementotřískové desky mají širokou škálu využití nejen pro dřevostavby. Využívají se pro odvětrávané fasády, do podlahových konstrukcí, střešních konstrukcí, dále jako podhledy, či do střešních konstrukcí. Desky s povrchovou úpravou jsou vhodné pro obložení stěn, opláštění konstrukcí, nebo do výplní balkónového zábradlí.

##### Výroba

Výroba spočívá taktéž v lisování dřevěných třísek s přidáním vody a portlandského cementu. Za přítomnosti vody je hydraulický cement vytvrzován a stává se kvalitním vodoodpudivým pojivem [38] [39].



Obr. 9: Cetrís deska [48]

### 4.2.5 Celulóza

V textilním a papírenském průmyslu se celulóza vyrábí z čerstvého dřeva. Na rozdíl od toho celulóza používaná ve stavebním se získává recyklací novinového papíru. Takto vyrobená celulóza najde díky svým tepelně izolačním vlastnostem, využití jako tepelná izolace objektů aplikovaná foukáním.

#### **Využití**

Foukaná celulózová izolace se využívá při zateplení dřevostaveb, provětrávaných fasád nebo zateplení šikmých střech mezi krokvy. Nejčastějším způsobem aplikace je foukání pod tlakem, či nástřikem. Pro tento způsob je zapotřebí do směsi přidat vodu a přilnavá aditiva. Foukaná izolace dokonale vyplní prostor a není zapotřebí žádné řezání.

#### **Výroba**

Celulóza se vyrábí rozmělněním novinového papíru na jemné vločky. Pro dosažení požární odolnosti a odolnosti proti mikroorganismům se do hmoty přidávají soli hořčíku a bóru. K výrobě se využívá zásadně novinový papír bez obsahu těžkých kovů. Celulóza má dobré tepelněizolační vlastnosti nejen díky složení papíru, ale zásadně díky mezerám vzduchu mezi částčkami. Dalším superlativem je relativně malá spotřeba energie na její výrobu [40] [41].

## 4.2.6 Džínovina

Džínovinová neboli bavlno-vláknitá izolace se vyrábí z kvalitních recyklovaných vláken. Izolace neobsahuje formaldehyd, je šetrná k životnímu prostředí, zdravotně nezávadná při instalaci. Nevýhodou je potřeba dodatečné parozábrany, která sebou nese další náklady a poměrně náročné řezání do výsledných tvarů. Má velice dobré akustickoizolační vlastnosti.

### Využití

Foukaná celulózová izolace se využívá při zateplení dřevostaveb, provětrávaných fasád nebo zateplení šikmých střech mezi krokvemi. Nejčastějším způsobem aplikace je foukání pod tlakem, či nástřikem. Pro tento způsob je zapotřebí do směsi přidat vodu a přílnavá aditiva. Foukaná izolace dokonale vyplní prostor a není zapotřebí žádné řezání.

### Výroba

NA výrobu se využívají odstřížky od maloobchodníků i velkých průmyslových továren a celé recyklované kusy džínů. Tkanina je rozmělněna na vlákna, ze kterých se vyrábí pásy izolace. Vlákna jsou ošetřena boritou solí [42] [43].



Obr. 10: Izolace z džínoviny [43]

## 5 Referenční objekt

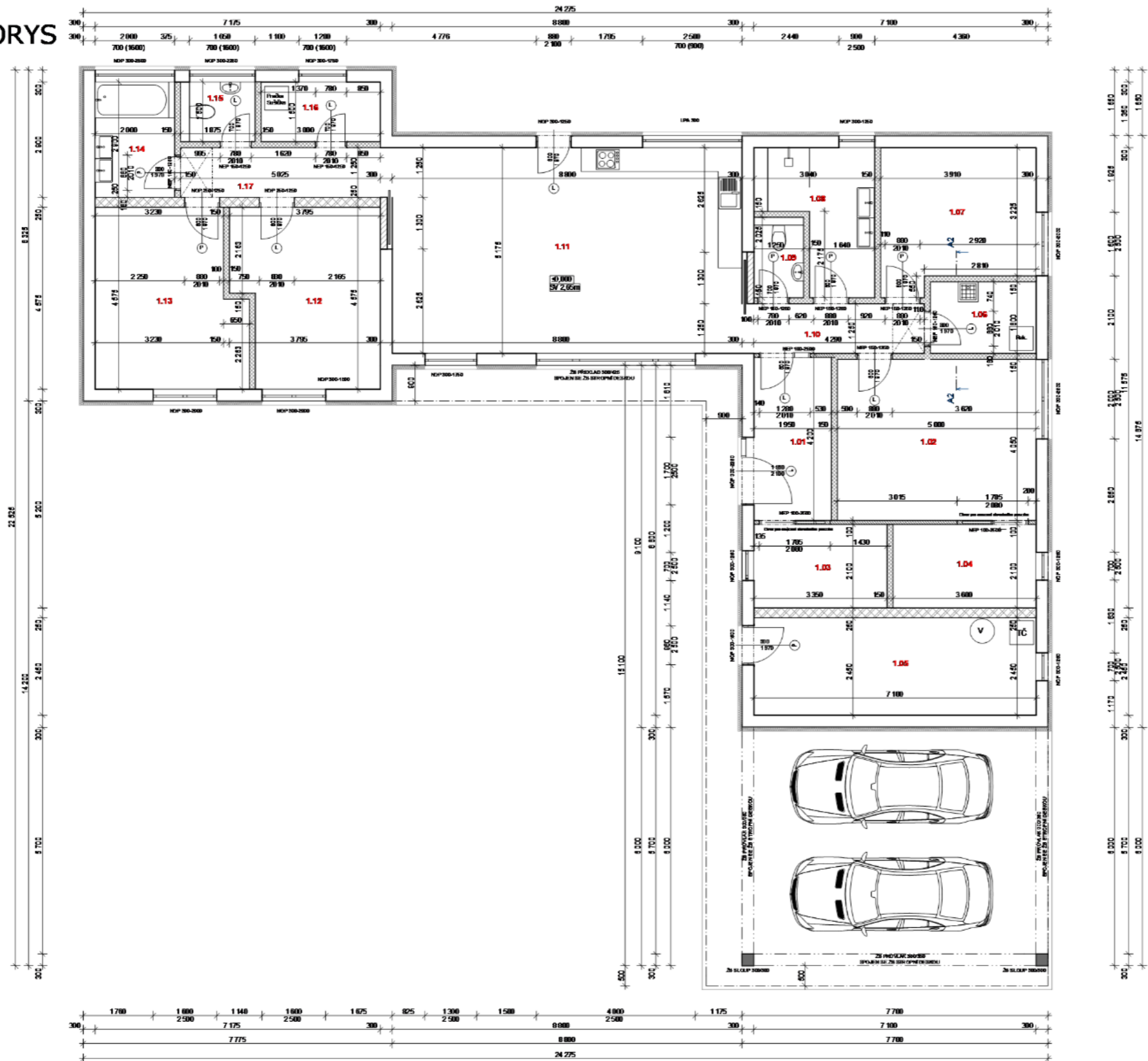
Jedná se o jednopodlažní rodinný dům s plochou železobetonovou střechou. Vizualizace je na Obr. 11. Některé detaily byly doladěny až v průběhu projektu, proto 100 % neodpovídá PD.



Obr. 11: Vizualizace referenčního rodinného domu [44]

Zastavěná plocha RD je 230,08 m<sup>2</sup> a je situován na pozemku s celkovou plochou 1018 m<sup>2</sup>. Zpevněné plochy zaujímají 159,14 m<sup>2</sup>. Projektem řešený pozemek p. p. č. 953/60 k. ú. Cheb se nachází na Zlaté louce v Chebu. Na je znázorněn půdorys objektu a na charakteristický řez.

# PŮDORYS



### Legenda místnosti

Č.	ÚČEL	PODLAHA	PLOCHA m <sup>2</sup>
1.01	VSTUP - CHODBA	Linoleum	7,80
1.02	LOŽNICE	Linoleum	20,00
1.03	SÁLNA	Linoleum	7,08
1.04	SÁLNA	Linoleum	7,56
1.05	ZAHRABNÍ SKLAD	Keramická dlažba	17,40
1.06	TECHNICKÁ MÍSTNOST	Keramická dlažba	4,54
1.07	POKoj	Linoleum	13,11
1.08	KOUPELNA	Keramická dlažba	7,82
1.09	WC	Keramická dlažba	2,38
1.10	CHODBA	Linoleum	3,36
1.11	OPĚVACÍ POKOJ + KUCHYŇ	Linoleum	45,54
1.12	POKoj	Linoleum	25,79
1.13	POKoj	Linoleum	36,75
1.14	KOUPELNA	Keramická dlažba	5,80
1.15	WC	Keramická dlažba	2,81
1.16	PRÁDELNA	Linoleum	4,30
1.17	CHODBA	Linoleum	6,62

### Legenda materiálů

- YTONG Universal PDK P3-450 tl. 300mm
- YTONG Universal PDK P3-450 tl. 250mm
- YTONG Klasik P2-500 tl. 150mm
- YTONG Klasik P2-500 tl. 100mm
- YTONG Síťka S20-2000 tl. 175mm
- ETICS EPS 100 F tl. 100mm R - 2,78 m² K/W

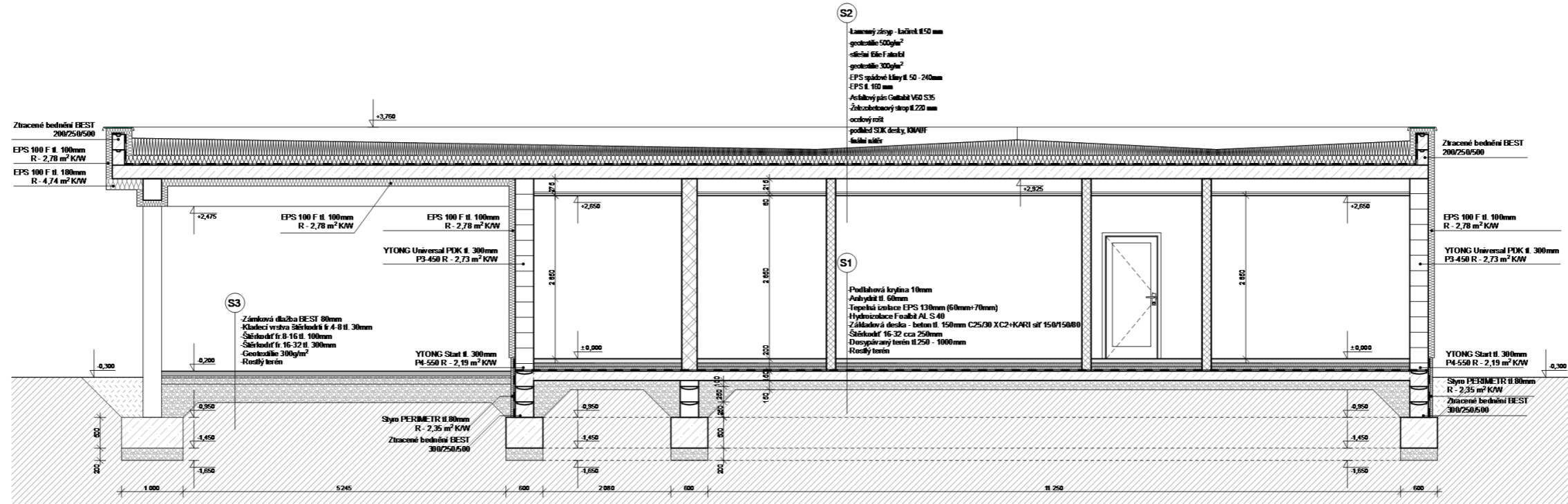
### Výpis překladů

- NOP 300-1250 5ks
- NOP 300-1500 1ks
- NOP 300-1750 2ks
- NOP 300-2000 3ks
- NOP 300-2250 2ks
- NOP 300-2500 2ks
- NOP 250-1250 2ks
- UPA 300 1ks
- NEP 150-1250 8ks
- NEP 100-2500 3ks

<b>ZOOP. PROJEKTANT</b> Ing. Miroslav ČEKAIT 0300564			
<b>VYPRACOVAL</b> Pavel Novák			
<b>INVESTOR</b> Bydlení, Investiční a KAP, s.r.o.			
<b>Výstavba RD</b> Město: p.p.č.: 993/60 k.ú. Chab.			
<b>PŮDORYS</b>			
FORMÁT A2	DATUM 03/2020	STUPEŇ DSP	Č. ZAKÁZKY 032020/2
MĚŘÍTKO 1:75	Č. VÝKRESU D.1.1.b2		

Obr. 12: Půdorys referenčního objektu [44]

# ŘEZ A-A'



 K. BENEŠOVA 2581/2 Cheb, 350 02 tel.: 732 230 725 www.futurebau.cz			
<b>ZODP. PROJEKTANT</b> Ing. Miroslav Čech ČKAIT 0300564			
<b>WYPRACOVAL</b> Pavel Novák			
<b>INVESTOR</b> Papoušek Jindřich, Francouzská 146/3, 35101 Františkovy Lázně Papoušková Tereza MDK, Osvobození 131, 34764 Čáslav			
<b>Výstavba RD</b>			
Místo: p.p.č.: 953/60 k.ú. Cheb			
<b>ŘEZ A-A'</b>			
FORMÁT	DATUM	STUPEŇ	Č. ZAKÁZKY
A3	03/2020	DSP	032020/2
MĚŘÍTKO	Č. VÝKRESU		
<b>1:60</b>	<b>D.1.1.b4</b>		

Obr. 13: Řez referenčním objektem [44]

### 5.1.1 Výkopové práce

Před samotným výkopem bude provedeno sejmutí ornice do hloubky 20 cm. Následně bude proveden hlavní výkop pro základové pasy. Výkop se předpokládá v zeminách třídy 3–4. Zemina bude uložena na mezideponii, která bude umístěna na pozemku investora.

### 5.1.2 Základové konstrukce

Do připravených výkopů pro základové pasy bude nejprve zhutněn podklad z hrubého kameniva frakce 16–32 mm tloušťky 20 cm. Základové pasy budou provedeny z betonu C25/30 XC2. Nad nimi budou zřízeny nadzákladové zdi z tvárnic ztraceného bednění BEST 30 (dutinové zdicí tvarovky 250/300/500) vyztužených a vyplněných záhlivkou z betonu C25/30 XC2. Základová deska je navržena také z betonu C25/30 XC2 tloušťky 150 mm a vyztužená svařovanými sítěmi Kari.

### 5.1.3 Svislé konstrukce

Objekt je navržen z pórobetonového systému Ytong. První řada tvárnic je založena na zakládací tvárnici Ytong Start 300 P4-550 o výšce 125 mm. Obvodové zdivo je navrženo z tvárnic Ytong Univerzal P3-450 tloušťky 300 mm. Vnitřní nosné zdivo je navrženo z tvárnic Ytong Univerzal P3-450 tloušťky 250 mm a vápenopískových tvárnic Silka S20-2000 tloušťky 175 mm. Atika bude vystavěna z tvárnic ztraceného bednění BEST 25 (dutinové zdicí tvarovky 250/250/500). Sloupy, které nesou střechu nad garážovým stáním, jsou vyprojektovány z železobetonu s betonem C30/37. Příčky jsou řešeny ze systému Ytong Klasik. Jsou použity tvárnice o tloušťce 150 a 100 mm. Překlady jsou zvoleny systémové nosné Ytong NOP, nenosné Ytong NEP a z profilu Ytong UPA s betonovou záhlivkou.

### 5.1.4 Vodorovné konstrukce

Stropní desky na vyprojektována z betonu třídy C30/37 vyztuženou svařovanými sítěmi Kari a betonářskou ocelí 10 505. Tloušťka desky je 220 mm. Průvlaky nad garážovým stáním jsou navrženy jako železobetonové z betonu C30/37 a vyztužené betonářskou ocelí 10 505.



### 5.1.5 Střecha

Skladby střechy je tvořena železobetonovou stropní deskou s hydroizolací asfaltovými pásy NAIP. Tepelně je izolována deskami z pěnového polystyrenu EPS 100 tloušťky 160 mm a následně izolačními klíny také z EPS 100, které zároveň tvoří spád střechy.

#### **Skladba střechy RD:**

- Kamenný zásyp – kačírek frakce 16/32 tl. 50 mm
- Geotextílie 500g/m<sup>2</sup>
- Střešní fólie Fatrafol 818/V-UV
- Geotextílie 300g/m<sup>2</sup>
- TI EPS 100 spádové klíny tl. 50 – 240 mm
- TI EPS 100 tl. 160 mm
- Asfaltový pás Guttabit V60 S35
- Železobetonový strop tl. 220 mm
- Ocelový rošt – profil CD+UD
- Podhled SDK desky tl. 12,5 mm
- Finální nátěr

### 5.1.6 Podhledy

V objektu jsou navrženy sádkartonové podhledy z desek tloušťky 12,5 mm. Podhledy budou montovány na rektifikační systémový rošt z tenkostěnných otevřených ocelových profilů CD+UD. V místnostech se zvýšenou vlhkostí jsou navrženy desky určené pro tento typ prostředí.

### 5.1.7 Podlahové konstrukce

Konstrukce podlahy je tvořena základovou deskou tloušťky 150 mm a opatřená hydroizolací Foalbit AL S 40 a tepelnou izolací EPS 100 provedenou ve dvou vrstvách tlouštěk 60 mm a 70 mm. V podlahové konstrukci je navrženo trubkové podlahové vytápění zalité vrstvou Anhydritu tloušťky 60 mm. Podlahové krytiny jsou navrženy z vinyly a keramické dlažby.

### **Skladba podlahy RD:**

- Podlahová krytina tl. 10 mm
- Anhydrit tl. 60 mm
- Tepelná izolace EPS 100 tl. 130 mm (60 mm + 70 mm)
- Hydroizolace Foalbit Al S 40
- Železobetonová základová deska tl. 150 mm

### **5.1.8 Konstrukce ze dřeva a výrobků na bázi dřeva**

Na fasádě RD na navrženo obložení stěn z měkkého dřeva připevněné na podkladovém roštu. Dále je navržena podkladní a vyrovnávací vrstva pod oplechování atiky z dřevotřískových desek OSB tloušťka 22 mm.

### **5.1.9 Zpevněné plochy**

Zpevněné plochy označené jako terasa jsou vyprojektovány ze zámkové dlažby BEST-BEATON v přírodní barvě tloušťka 60 mm a pojezdové plochy ze stejné dlažby tloušťky 80 mm. Dále je navržen okapový chodník okolo RD šířky 300 mm.

## 6 Porovnání recyklovaných materiálů s tradičními

V této části práce bude provedeno srovnání materiálů s recyklovanými alternativami na základě vybraných kritérií. Porovnány jsou materiály, které byly projektantem navrženy pro zvolený rodinný dům, s recyklovanými nebo alespoň částečně recyklovanými alternativami. V případech, kde to lze, bude vybráno více výrobců pro vypovídající srovnání. Parametry jsou vybrány s ohledem na srovnávaný materiál. Hodnoty pro srovnání jsou převzaty z ceníků výrobců a z technických listů. Při srovnání vezmeme úvahu materiály využívané v různých fázích výstavby, od základových konstrukcí, přes podsypy, izolace, stropy, podhledy a další.

### 6.1 Základní kritéria pro srovnání

Kritéria jsou vybrána tak, aby vypovídala o vlastnostech materiálu. Nejpodstatnějším kritériem bude cena materiálu, životnost a mechanické, či jiné fyzikální a chemické vlastnosti.

- **Cena** – Peněžní hodnota materiálu závislá na jednotce.
- **Životnost** – Doba, po kterou si materiál udrží původní nebo výrazně nezměněné vlastnosti, jako je například spolehlivost, mechanické vlastnosti, nebo estetické, a je tak schopen plně zastávat svou funkci.
- **Vliv na životní prostředí** – Může se hodnotit z hlediska energetické náročnosti výroby, nezávadnosti k životnímu prostředí nebo možnosti recyklace materiálu.
- **Tepelná vodivost  $\lambda$**  – Schopnost látky vést teplo. Materiály s nízkou tepelnou vodivostí mají dobré tepelně izolační vlastnosti.
- **faktor difuzního odporu  $\mu$**  – Definuje, kolikrát je lepší difuze vodní páry nehybnou vrstvou vzduchu oproti dané látce stejné tloušťky.
- **Pevnost  $f$**  – Schopnost materiálu odolávat silovým účinkům zatížení. Lze ji dále dělit dle způsobu namáhání na pevnost v tlaku, v tahu, ve smyku, v kroucení, nebo v tahu za ohybu.

- **součinitel prostupu tepla U** – Vyjadřuje sdílení tepla skrz izolační vrstvu. Udává, kolik tepla projde jedním čtverečním metrem konstrukce při rozdílu teplot 1 K na vnitřní a vnější straně konstrukce.
- **mrazuvzdornost** – Schopnost materiálu nasáklého vodou odolávat střídavému zmrazování a rozmrazování. Základní jednotkou je cyklus.
- **Požární odolnost** – Definuje vliv stavebních výrobků na rozvoj požáru. Může být vyjádřena pomocí třídy reakce na oheň nebo stupni hořlavosti. Zatřídění je srovnáno v Tab. 1 [45] [15].

Stupeň hořlavosti	Třída reakce na oheň	Hořlavost, vliv na růst požáru
A	A1	Nehořlavé
	A2	Nepřispívají významně k růstu požáru
B	B	Velmi omezeně přispívají růstu požáru
C1	C	Hořlavé
C2	D	Snadno hořlavé
C3	E	Velmi snadno hořlavé
	F	Nezařaditelné / Extrémně hořlavé

Tab. 1: Srovnání stupně hořlavosti a třídy reakce na oheň [45] *tvorba vlastní*

- **Požární odolnost** – Udává dobu, po kterou je konstrukce schopna odolávat působení vlivu požáru. Značí se zkratkou, například REI a minutami s členěním 15, 30, 45, 60, 90, 120 a 180 minut. [45]

## 6.2 Podsyp pod základové konstrukce

Podsypy pod základové konstrukce se v naprosté většině případů provádějí z hrubého těžebního kameniva – štěrku, proto byl vybrán jako zástupce tradičního materiálu. V případě recyklovaných materiálů se nabízí možnost využití betonového recyklátu, který je oproti cihelnému vhodný pro větší namáhání, ale pevnost v tlaku se snižuje o 10-15 % a dotvarování až o 50 %. Dále by bylo možné využít přímo recyklované kamenivo stejné frakce. Třetí variantou je využití štěrku z pěnového skla, na kterém je provedeno srovnání v

Tab. 2.

Kritéria hodnocení	Tradiční materiál	Recyklovaný materiál	
	Hrubé těžebné kamenivo frakce 16–32 mm	Štěrka z pěnového skla Refaglass frakce 16–32 mm	Štěrka z pěnového skla A-GLASS
Cena [Kč] za 1 t	310	1370	1450
Tepelná vodivost $\lambda$ [W/m·K]	0,93	0,078	0,08
Recyklovatelnost	100 %	100 %	100 %
Stupeň hořlavosti	A	A	A
Faktor difuzního odporu $\mu$ [ ]	5,0-23,0	parotěsný	parotěsný
Nasákavost	1–3 %	0 %	0 %
Únosnost materiálu po ztuhnutí [MPa]	0,25–0,35	0,63 - 1,2	0,25

Tab. 2: Porovnání podsypů pod základové konstrukce 1 *tvorba vlastní*

### Výhody:

- Tepelná vodivost
- Parotěsnost
- Nasákavost
- Objemová hmotnost

### Nevýhody:

- Cena
- Únosnost (v případě Refaglass)

## 6.3 Základové konstrukce a konstrukce z betonu

V případě základových konstrukcí ze železobetonu se nabízí náhrada standardního kameniva za recyklovaný materiál. Plnivo v betonu může tvořit recyklované kamenivo nebo například směsný recyklát. Tento recyklát by svou nižší pevností mohl výrazně ovlivnit mechanické vlastnosti betonové konstrukce. Jako alternativa pro srovnání byl vybrán beton s recyklovaným kamenivem. Betony jsou porovnány v Tab. 3. Firma ERC-TECH a. s. mi poskytla informaci, že za použití cihelného recyklátu cena plniva do beton může být 0 Kč, dokonce se kvůli malému odbytu kameniva může dostat do minusových hodnot.

Kritéria hodnocení	Tradiční materiál	Recyklovaný materiál
	Tradiční beton C25/30 CX2	Recyklovaný beton Rebetong beton C25/30
Cena [Kč] za 1 m <sup>3</sup>	2320	1556
Pevnost v tlaku [MPa]	25	25
Recyklovatelnost	100 %	100 %
Tepelná vodivost $\lambda$ [W/m·K]	1,36	0,68
Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	2 300	1 840
Stupeň hořlavosti	A	A

Tab. 3: Porovnání betonů do základových konstrukcí *tvorba vlastní*

### Výhody:

- Cena
- Objemová hmotnost
- Tepelná vodivost

### Nevýhody:

- Dostupnost

Jedním z hendikepů při použití recyklovaného betonu, který není tak snadno srovnatelný, je dostupnost. V ČR vyrábí recyklovaný beton pouze firma ERC-TECH a. s.

## 6.4 Obvodové konstrukce

Obvodové konstrukce jsou v referenčním domě navrženy ze systému Ytong Universal P3-450 tloušťka 300 mm, zateplené vrstvou EPS 100 tloušťka 100 mm. Jako alternativou by mohla být obvodová stěna EKO3 od společnosti EKOPANELY. Stěna se skládá z dřevovláknité desky tloušťky 20 mm Ekopanelem E60, což jsou stavební desky z lisované obilné slámy s recyklovanou lepenkou. Dále KVH hranoly s tepelnou izolací tloušťky 140 mm, druhou vrstvou Ekopanelu E60, dřevěným roštem a třetí vrstvou Ekopanelu E60. Druhou variantou je obvodová stěna Fermacell s nosnou konstrukcí Lindab o celkové tloušťce systému 295 mm. Stěna je tvořena nosnou ocelovou konstrukcí vyplněnou dvěma vrstvami minerální tepelné izolace tloušťka 120 mm a z obou stran opláštěna jedním panelem tloušťky 12,5 mm a jedním 15 mm. Materiály jsou srovnány v Tab. 4.

Kritéria hodnocení	Tradiční materiál	Recyklovaný materiál	
	YTONG Universal P3-450 tl. 300 mm	Obvodová stěna EKO3, tl. 380 mm EKOPANEL	Fermacell 4 S tl. 295 mm s konstrukcí Lindab
Cena [Kč] za m <sup>2</sup>	617	-	-
Tepelná vodivost $\lambda$ [W/m·K]	0,11	0,099	-
Souč. prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]	0,267	-	0,163
Recyklovatelnost	ne	100 %	100 %
Požární odolnost	REI 180	REI 45	REI 60
Akustický útlum [dB]	46	-	-
Třída reakce na oheň	A1	E	A2

Tab. 4: Srovnání svislých konstrukcí pro obvodový plášť *tvorba vlastní*

## 6.5 Příčky

Příčky a dělicí stěny v referenčním domě jsou navrženy kompletně ze systému pórobetonových tvárníc Ytong Klasik tloušťek 100 mm a 150 mm. Příčka Ytong Klasik 100 je použita v případě oddělení šatny od ložnice a dělicí příčka v chodbě. V obou případech nevedou ve stěně zdravotní instalace, tudíž lze využít odlišná řešení.

V případě příček K Klasik 150 byla jako první alternativa vybrána příčka E2 M tloušťky 160 mm společnosti EKOPANEL. Příčky jsou tvořeny dvěma vrstvami standardních Ekopanelů vyplněné zvukovou izolací. Přípustnou variantou jsou instalační příčky ze sádrovláknitých desek Fermacell jednoduše opláštěné deskou tloušťky 12,5 mm. Jsou tvořeny nosnou ocelovou konstrukcí s mezerou pro instalace, součástí je také izolace 60 mm. Třetím zástupcem recyklovaných materiálů je Panel Tetra K tloušťky 120 mm tvořené ze 73,5 % z nápojových a potravinových obalů. Srovnání variant je zaznamenáno v Tab. 5.

Kritéria hodnocení	Tradiční materiál	Recyklovaný materiál		
	YTONG Klasik P2-500 tl. 150 mm	Příčka E2 M, tl. 80 + EKOPANEL	Fermacell 1S13 tl. min. 185 mm, profil CW+UW, TI 60 mm	Panel Tetra K tl. 120 mm
Cena [Kč] za m <sup>2</sup>	617	650	671	770
Objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	500	379	-	810
Tepelná vodivost $\lambda$ [W/m·K]	0,13	0,099	-	0,083
Recyklovatelnost	ano	100 %	100 %	ne
Požární odolnost	EI 180	EI 60	EI 60	nedeklarovaná
Akustický útlum [dB]	41	51	60	-
Vliv na životní prostředí	nešetrné	ekologicky šetrné	částečně	ekologicky šetrné
Stupeň hořlavosti	A	C1	-	C1

Tab. 5: Porovnání příček – náhrada Ytong Klasik 150 *tvorba vlastní*



**Výhody:**

- Objemová hmotnost (v případě EKOPANELU)
- Tepelná vodivost
- Akustika (v případě EKOPANELU a Fermacell)
- Ekologicky šetrné
- Recyklovatelnost (v případě EKOPANELU a Fermacell)

**Nevýhody:**

- Cena (v případě Fermacell)
- Požární odolnost
- Stupeň hořlavosti

Ve druhém případě je případné využít obdobné alternativy, jimiž jsou Příklad E60 tl. 60 společnosti EKOPANEL, které již není vyplněna přídatnou izolací, sádrovláknitá příčka Fermavell s izolací 50 mm a opláštěním tloušťky 10 mm, tento typ má opět nosnou konstrukci z ocelových profilů, a Panel Tetra K tl. 60 mm. Tyto varianty jsou porovnány v Tab. 6.

Kritéria hodnocení	Tradiční materiál	Recyklovaný materiál		
	YTONG Klasik P2-500 tl. 100 mm	Příklad E60, tl. 60 EKOPANEL	Fermacell 1S10 tl. 95 mm, profil CW+UW, TI 50 mm	Panel Tetra K tl. 60 mm
Cena [Kč] za m <sup>2</sup>	402	295	487	498,80
Objemová hmotnost [Kg/m <sup>3</sup> ]	500	379	-	810
Tepelná vodivost $\lambda$ [W/m·K]	0,13	0,099	-	0,083
Recyklovatelnost	ne	100 %	100 %	/
Požární odolnost	EI 120	EI 30	EI 30	nedeklarovaná
Akustický útlum [dB]	37	33	48	/
Vliv na životní prostředí	nešetrné	ekologicky šetrné	částečně	ekologicky šetrné
Stupeň hořlavosti	A	C1	-	C1

Tab. 6: Porovnání příček – náhrada Ytong Klasik 100 *tvorba vlastní*

**Výhody:**

- Cena (minimálně srovnatelná)
- Objemová hmotnost (v případě EKOPANELU)
- Akustika (v případě Fremacell)
- Tepelná vodivost
- Recyklovatelnost (v případě EKOPANELU)
- Ekologicky šetrné

**Nevýhody:**

- Akustika (v případě EKOPANELU)
- Stupeň hořlavosti
- Požární odolnost

## 6.6 Podhledy z deskových materiálů

Podhledy jsou v celém rodinném domě navrženy ze sádrokartonových desek RIGIPS tloušťky 12,5 mm zavěšených na ocelovém roštu. V tomto případě se nabízí rozmanitější možnosti.

Jednou z variant jsou minerální podhledy ECOPHON, které využívají jako výchozí surovinu recyklované sklo ze 70 %. Alternativou je v případě RD stropní kazeta pro minerální podhled Opta A tloušťky 15 mm. Variací, která je příbuznější SDK podhledům, jsou sádrovláknité desky Fermacell. Hlavní složky těchto desek jsou sádra a papírová vlákna, která se získávají recyklací papíru. Pro srovnání byla zvolena deska Fermacell tloušťky 12,5 mm. Třetí náhradou jsou stavební desky PACKWALL z nápojových kartonů, a to konkrétně deska PACKWALL basic tloušťky 12 mm. Varianty jsou porovnány v Tab. 7.

Kritéria hodnocení	Tradiční materiál	Recyklovaný materiál		
	Sádrokartonová deska RIGIPS DF 12,5 mm	Stropní kazeta pro minerální podhled Opta A 15 mm	Sádrovláknitá deska Fermacell 12,5 mm	PACKWALL basic – standardní deska
Cena [Kč] za m <sup>2</sup>	74,20	148,72	152,04	111
Plošná hmotnost [Kg/m <sup>2</sup> ]	10,5	2,5	14,38	8,4
Tloušťka [mm]	12,5	15	12,5	12
Vliv na životní prostředí	Částečně recyklovatelné	ekologicky šetrné	ekologicky šetrné	ekologicky šetrné
Varianta do vlhkých prostor	Ano	Ne	Ano	Ne
Třída reakce na oheň	A2	A2	A2	D
Tepelná vodivost $\lambda$ [W/m·K]	0,21	0,033	0,32	0,127

Tab. 7: Porovnání podhledů z deskových materiálů *tvorba vlastní*

**Výhody:**

- Plošná hmotnost (v případě deska Opta A)
- Tepelná vodivost (v případě Opta A)
- Ekologicky šetrné

**Nevýhody:**

- Cena
- Nelze využít do vlhkých prostor (v případě desky Opta A a PACKWALL)
- Tepelná vodivost (v případě Fermacell)
- Třída reakce na oheň (v případě PACKWALL)

## 6.7 Tepelné izolace

Ačkoliv existuje široká škála recyklovaných tepelněizolačních materiálů nebo materiálů s podílem druhotných surovin, v případě referenčního rodinného domu nejsou možnosti příliš rozmanité. Tepelné izolace jsou navrženy z EPS nebo XPS. Expandovaný polystyren je navržen pro zateplení střechy a zároveň je využit systém spádových klínů, dále do souvrství podlahy a jako kontaktní zateplovací systém fasády. Extrudovaný polystyren je navržen pro zateplení soklu.

Pro zateplení soklu je navržen XPS Styrotrade Perimeter SD tloušťky 80 mm. Do konstrukce podlahy je navržen EPS 100 v tloušťce 60–70 mm. Optimální náhradou pro obě varianty jsou desky z pěnového skla. Jako referenční byly vybrány desky od výrobce Foamglass v různých tloušťkách, jak je popsáno v Tab. 8.

Kritéria hodnocení	Tradiční materiál		Recyklovaný materiál	
	Styrotrade Perimeter SD tl. 80 mm	Polystyren EPS 100 tl. 60 mm	Izolační deska Foamglass Wall Board tl. 80 mm	Izolační deska Foamglass T4+ tl. 60–70 mm
Cena [Kč] za m <sup>2</sup>	194	62 – 81,80	954	834–973
Tloušťka [mm]	80	60–70	80	60–70
Tepelná vodivost $\lambda$ [W/m·K]	0,034	0,04	0,041	0,04
Recyklovatelnost	ne	ano	100 %	100 %
Třída reakce na oheň	E	E	A1	A1
Vliv na životní prostředí	ne	ne	ekologicky šetrné	ekologicky šetrné
Pevnost v tlaku [KPa]	200	150	1600	1600

Tab. 8: Porovnání tepelných izolací soklu a v podlaze *tvorba vlastní*

### Výhody:

- Třída reakce na oheň
- Pevnost
- Ekologicky šetrné
- Recyklovatelnost

### Nevýhody:

- Cena (extrémní rozdíl)

## 7 Vliv náhrady tradičních materiálů za recyklované a dopad na celkovou cenu referenčního objektu

Tato část práce bude věnována substituci tradičních stavebních materiálů, které byly navrženy projektantem, za materiály recyklované, nebo s podílem recyklátu. Pro zachování statiky objektu nebudou nahrazeny nosné konstrukce objektu. Následně bude vyhodnocena cena domu s nahrazenými materiály a zároveň provedeno srovnání celkové ceny a ceny dílčích částí rozpočtu, kterých se záměna týká. Veškeré náhrady byly provedeny s ohledem na zachování funkčnosti, kvality a estetiky. K cenovému porovnání byl pro přesnost využit program KROS 4 s cenovou soustavou ÚRS (CS ÚRS 2020 01).

### 7.1 Vyhodnocení změn jednotlivých částí stavby

V této kapitole budou porovnány odpovídající si položky rozpočtu s tradičními materiály a upraveného rozpočtu s materiály recyklovanými a vyhodnocen cenový rozdíl.

#### 7.1.1 Podsypy pod základové konstrukce

Podklad z hrubého kameniva byl nahrazen podsypem z granulátu z pěnového skla. Nejvíce se cena projevila na ceně materiálu, jelikož cena pěnového skla je 1670 Kč oproti kamenivu, kde činí jen 479 Kč. V důsledku malé objemové hmotnosti pěnového skla se výrazně snížila cena za přesun hmot. Celkově tato změna zapříčinila nárůst ceny o 27 % za podsypy pod základové konstrukce. Materiály jsou zhodnoceny v Tab. 9.

TRADIČNÍ	Kód položky	Popis	Celková cena
	271532212	Podsyp pod základové konstrukce se zhutněním z hrubého kameniva frakce 16 až 32 mm	<b>73 750,62 Kč</b>
	998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	<b>34 381,50 Kč</b>
		CELKEM:	<b>108 132,12 Kč</b>
RECYKL.	Kód položky	Popis	Celková cena
	271532212	Podsyp pod základové konstrukce se zhutněním ze skleněného recyklátu (pěnového skla) 32 až 63 mm	<b>134 236,74 Kč</b>
	998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	<b>3 000,30 Kč</b>
		CELKEM:	<b>137 237,04 Kč</b>
		CENOVÝ ROZDÍL:	<b>29 104,92 Kč</b>
		PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL:	<b>26,92 %</b>

Tab. 9: Vyhodnocení cen podsypů pod základové konstrukce *tvorba vlastní*

## 7.1.2 Příčky

Navržené příčky ze systému Ytong Klasik, byly nahrazeny sádrovláknitými příčkami Fermacell dvou typů. Jako náhrada za příčku Ytong Klasik 150 byla použita instalační příčka Fermacell aby nebylo znemožněno průchodu instalací. Zároveň muselo být zohledněno, že v případě SVD (sádrovláknitých desek) nebude nanášeno sklovláknité pletivo ani štuková omítka. Záměna za recyklované materiály způsobila pokles ceny Příček o 27 %. Vyhodnocení je provedeno v Tab. 10.

	Kód položky	Popis	Celková cena
TRADIČNÍ	342272245	Příčka z tvárnic Ytong Klasik 150 na tenkovrstvou maltu tl 150 mm	<b>83 971,67 Kč</b>
	342272225	Příčka z tvárnic Ytong Klasik 100 na tenkovrstvou maltu tl 100 mm	<b>9 545,95 Kč</b>
	346272216	Obezdivka vany z tvárnic Ytong Obezdivka tl 50 mm	<b>842,81 Kč</b>
	346272236	Přizdivka z tvárnic Ytong Klasik tl 100 mm	<b>504,25 Kč</b>
	317142422	Překlad nenosný pórobetonový Ytong NEP 100-1250 dl 1250 mm	<b>1 597,35 Kč</b>
	317142442	Překlad nenosný pórobetonový Ytong NEP 150-1250 dl 1250 mm	<b>6 252,40 Kč</b>
	612142001	Potažení vnitřních stěn sklovláknitým pletivem vtačeným do tenkovrstvé hmoty	<b>51 961,60 Kč</b>
	612311131	Potažení vnitřních stěn vápenným štukem tl. do 3 mm	<b>66 510,85 Kč</b>
	642946111	Osazování pouzdra posuvných dveří s jednou kapsou pro jedno křídlo šířky do 800 mm do zděné příčky	<b>2 360,00 Kč</b>
	55331612	pouzdro stavební posuvných dveří jednopouzdrové 800mm standardní rozměr	<b>13 800,00 Kč</b>
	998771101	Přesun hmot tonážní pro konstrukce truhlářské v objektech v do 6 m	<b>3 054,60 Kč</b>
		<b>CELKEM:</b>	<b>226 601,48 Kč</b>
RECYKLOVANÉ	763211113	Sádrovláknitá příčka 1S10 tl 95 mm profil CW+UW 75 Fermacell 1x10 TI 40 mm 20 kg/m3 EI 30 DP1 Rw 48 dB	<b>14 616,42 Kč</b>
	763213123	Sádrovláknitá příčka instalační 1S13 tl min. 185 mm zdvojený profil CW+UW 75 desky Fermacell 1x12,5 mm TI tl. 60 mm 20 kg/m3 EI 30 DP1 Rw 60 dB	<b>138 160,76 Kč</b>
	763221123	Sádrovláknitá stěna předsazená 3S13 tl 112,5 mm CW+UW 100 deska Fermacell 1x12,5 TI 50 mm 20 kg/m3 EI 30 Rw 40 dB	<b>5 886,05 Kč</b>
	763183111	Montáž pouzdra posuvných dveří s jednou kapsou pro jedno křídlo šířky do 800 mm	<b>2 340,00 Kč</b>
	55331612	pouzdro stavební posuvných dveří jednopouzdrové 800mm standardní rozměr	<b>13 800,00 Kč</b>
	998763301	Přesun hmot tonážní pro sádrokartonové konstrukce v objektech v do 6 m	<b>4 580,78 Kč</b>
			<b>CELKEM:</b>
		<b>CENOVÝ ROZDÍL:</b>	<b>-61 017,47 Kč</b>
		<b>PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL:</b>	<b>-26,93 %</b>

Tab. 10: Vyhodnocení cen příček *tvorba vlastní*

### 7.1.3 Podhledy

Podhledy jsou v celém rodinném domě navrženy ze sádrokartonových desek tloušťka 12,5 mm. Do vlhkých prostor jsou navrženy desky pro tento typ prostředí určené. Aby byla tato podmínka dodržena, byl vybrán sádrovláknitý podhled Fermacell, který nabízí variantu do prostředí se zvýšenou vlhkostí, a to konkrétně deska Fermacell VAPOR. V tomto případě došlo k navýšení ceny v případě použití recyklovaných materiálů o 14 %, Viz. Tab. 11.

	Kód položky	Popis	Celková cena
TRADIČNÍ	763131431	SDK podhled deska 1xDF 12,5 bez izolace spodní kce profil CD+UD REI	<b>115 284,51 Kč</b>
	763131471	SDK podhled deska 1xDYH2 12,5 bez izolace spodní kce profil CD+UD REI	<b>13 209,26 Kč</b>
	998763301	Přesun hmot tonážní pro sádrokartonové konstrukce v objektech v do 6 m	<b>2 459,55 Kč</b>
		CELKEM:	<b>130 953,32 Kč</b>

	Kód položky	Popis	Celková cena
RECYKLOVANÉ	763131612	Montáž zavěšené dvouvrstvé nosné konstrukce z profilů CD, UD SDK podhled	<b>77 922,68 Kč</b>
	59030626	profil pro stropní konstrukce a předsazené stěny CD 60	<b>13 251,04 Kč</b>
	59030624	profil pro stropní konstrukce a předsazené stěny UD 28	<b>1 097,40 Kč</b>
	76313621	Montáž desek tl. 12,5 mm SDK podhled	<b>16 403,77 Kč</b>
	FMC.71133	SVD fermacell 12,5, 2750x1250x12,5mm	<b>31 745,33 Kč</b>
	FMC.71501	SVD fermacell VAPOR 12,5mm, 3000x1250x12,5mm *	<b>5 702,25 Kč</b>
	998763301	Přesun hmot tonážní pro sádrokartonové konstrukce v objektech v do 6 m	<b>3 135,25 Kč</b>
		CELKEM:	<b>149 257,72 Kč</b>

CENOVÝ ROZDÍL:	<b>18 304,40 Kč</b>
PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL:	<b>13,98 %</b>

Tab. 11: Vyhodnocení cen podhledů *tvorba vlastní*



### 7.1.4 Tepelné izolace a obložení fasády

V první řadě byla nahrazena izolace soklu, která byla původně navržena z XPS Styro PERIMETR tloušťky 80 mm, fasádními deskami z pěnového skla. V tomto případě došlo k poklesu ceny o 87,69 % a celková cena klesla o více než 200 000 Kč. Obě varianty jsou srovnány v Tab. 12.

	Kód položky	Popis	Celková cena
TRADIČNÍ	713131143	Montáž izolace tepelné stěn a základů lepením celoplošně v kombinaci s mechanickým kotvením rohoží, pásů, dílců, desek	<b>15 774,18 Kč</b>
	1420361100	XPS Styro PERIMETR 80 mm	<b>216 099,46 Kč</b>
	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	<b>2 622,10 Kč</b>
		CELKEM:	<b>234 495,74 Kč</b>
	Kód položky	Popis	Celková cena
RECYKLOVANÉ	713131141	Montáž izolace tepelné stěn a základů lepením celoplošně rohoží, pásů, dílců, desek	<b>12 338,22 Kč</b>
	63166862	deska tepelně izolační z pěnového skla fasádní $\lambda=0,033-0,035$ tl 80 mm	<b>15 989,03 Kč</b>
	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	<b>548,02 Kč</b>
		CELKEM:	<b>28 875,27 Kč</b>
		CENOVÝ ROZDÍL:	<b>-205 620,47 Kč</b>
		PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL:	<b>-87,69 %</b>

Tab. 12: Vyhodnocení cen tepelné izolace soklu *tvorba vlastní*

V případě tepelné izolace fasády je na objektu navržen kontaktní zateplovací systém z expandovaného polystyrenu tloušťka 100 mm. Tímtož EPS je zateplen také podhled garážového stání a přesahy střechy. V některých případech je použit EPS 180, ovšem dle projektanta je tomu tak pouze z estetického důvodu. Na fasádě je navržen obklad z palubek z měkkého dřeva na podkladovém roštu. KZS byl nahrazen provětrávanou fasádou na dřevěném roštu s izolací ISOVER Multimax ze skelné vaty, která má při stejné tloušťce tytéž vlastnosti, a cementovláknitou fasádní deskou určenou pro další úpravy fasády. Dřevěný obklad byl nahrazen obkladem z cementotřískových desek Cetris Profil Finish s dekorem dřeva připevněných na rošt provětrávané fasády. Srovnání komplexní náhrady je provedeno v Tab. 13. Tato změna měla největší dopad na celkovou cenu převážně v důsledku vysoké ceny montáže provětrávané fasády a vyšších cen za izolační materiál. Procentuální rozdíl cen je necelých 300 %.

Vliv náhrady materiálů na celkovou cenu stavebního objektu

TRADIČNÍ	Kód položky	Popis	Celková cena
	713111128	Montáž izolace tepelné spodem stropů lepením celoplošně s mechanickým kotvením rohoží, pásů, dílců, desek	<b>18 385,12 Kč</b>
	713131143	Montáž izolace tepelné stěn a základů lepením celoplošně v kombinaci s mechanickým kotvením rohoží, pásů, dílců, desek	<b>80 857,37 Kč</b>
	28375986	deska EPS 100 fasádní $\lambda=0,037$ tl 180mm	<b>7 586,25 Kč</b>
	28375950	deska EPS 100 fasádní $\lambda=0,037$ tl 100mm	<b>64 778,08 Kč</b>
	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	<b>3 575,11 Kč</b>
	766412212	Montáž obložení stěn plochy přes 1 m <sup>2</sup> palubkami z měkkého dřeva š do 80 mm	<b>14 500,00 Kč</b>
	61191157	palubky obkladové modřín profil klasický 21x121mm jakost A/B	<b>35 634,38 Kč</b>
	766417211	Montáž obložení stěn podkladového roštu	<b>17 875,00 Kč</b>
	60514103	řezivo jehličnaté lať 30x50mm	<b>2 846,83 Kč</b>
	998766101	Přesun hmot tonážní pro konstrukce truhlářské v objektech v do 6 m	<b>210,01 Kč</b>
	783213011	Napouštěcí jednonásobný syntetický biocidní nátěr tesařských prvků nezabudovaných do konstrukce	<b>10 640,00 Kč</b>
	783237101	Krycí jednonásobný epoxidový nátěr tesařských konstrukcí	<b>22 750,00 Kč</b>
<b>CELKEM:</b>			<b>279 638,15 Kč</b>

RECYKLOVANÉ	Kód položky	Popis	Celková cena
	621271001	Montáž odvětrávané fasády podhledů nýtováním na dřevěný rošt bez tepelné izolace	<b>176 780,00 Kč</b>
	622271001	Montáž odvětrávané fasády stěn nýtováním na dřevěný rošt bez tepelné izolace	<b>534 842,04 Kč</b>
	59152103	deska cementovláknitá fasádní plochá 1200x2500x6mm	<b>127 814,69 Kč</b>
	5901644632013	Isover MULTIMAX 30 - 100mm, $\lambda_D = 0,030$ (W·m-1·K-1), 1200x600x100mm, univerzální izolace do šikmých střech, stropů, provětrávaných fasád apod.	<b>182 891,10 Kč</b>
	998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	<b>2 688,30 Kč</b>
	762431235	Montáž obložení stěn deskami cementotřískovými na pero a drážku	<b>8 312,50 Kč</b>
	76245000	Spojovací prostředky pro montáž olištování, obložení stropů, střešních podhledů a stěn	<b>2 550,00 Kč</b>
	CDC.0008894	deska cementotřísková CETRIS PROFIL FINISH fasádní 125x335 cm tl.1,2 cm, LASUR, odstín A	<b>77 106,09 Kč</b>
	998762101	Přesun hmot tonážní pro kce tesařské v objektech v do 6 m	<b>1 649,56 Kč</b>
<b>CELKEM:</b>			<b>1 114 634,28 Kč</b>

CENOVÝ ROZDÍL:	<b>834 996,13 Kč</b>
PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL:	<b>298,60 %</b>

Tab. 13: Srovnání cen fasády tvorba vlastní

## 7.1.5 Zásyp ploché střechy

Dle projektu je zásyp střechy pro ochranu střešní fólie FATRAFOL a vytvoření drenážní vrstvy navržen z dekoračního kameniva neboli kačírku. Recyklovanou variantou je zásyp z betonového recyklátu stejné frakce ve stejné vrstvě. Vlivem nižší ceny za materiál se došlo k poklesu celkové ceny o necelých 17,5 %. Současně s tím lehce narostla cena za přesun hmot, kvůli větší objemové hmotnosti recyklátu. Ceny jsou vyhodnoceny v Tab. 14.

	Kód položky	Popis	Celková cena
TRADIČNÍ	712771201	Provedení drenážní vrstvy vegetační střechy z kameniva tloušťky do 100 mm sklon do 5°	<b>13 472,43 Kč</b>
	58337403	kamenivo dekorační (kačírek) frakce 16/32	<b>17 352,40 Kč</b>
	998712101	Přesun hmot tonážní tonážní pro krytiny povlakové v objektech v do 6 m	<b>18 258,53 Kč</b>
		CELKEM:	<b>49 083,36 Kč</b>

	Kód položky	Popis	Celková cena
RECYKL.	712771201	Provedení drenážní vrstvy vegetační střechy z kameniva tloušťky do 100 mm sklon do 5°	<b>13 472,43 Kč</b>
	5898112	recyklát betonový frakce 16/32	<b>6 171,68 Kč</b>
	998712101	Přesun hmot tonážní tonážní pro krytiny povlakové v objektech v do 6 m	<b>20 897,49 Kč</b>
		CELKEM:	<b>40 541,60 Kč</b>

CENOVÝ ROZDÍL:	<b>-8 541,76 Kč</b>
PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL:	<b>-17,40 %</b>

Tab. 14: Vyhodnocení ceny zásypu ploché střechy *tvorba vlastní*

### 7.1.6 Zpevněné plochy

Zpevněné plochy jsou navrženy dvojího typu zámkových dlažeb. Pro pojezdové plochy tloušťky 8 cm a pro pochozí plochy (terasu) 6 mm. Nabízí se varianta náhrady dlažby za dlažbu z recyklované pryže. Takováto dlažba esteticky ani kvalitou neodpovídá betonové zámkové dlažbě a její využití by bylo přípustné pouze v případě terasy. Z tohoto důvodu byl nahrazen pouze podsyp pod dlažbu, a to z cihelného recyklátu pod terasu a betonového recyklátu pro pojezdové plochy. Záměnou se cena za podklady pro zámkovou dlažbu snížila téměř o 44 %. Viz. Tab. 15: Vyhodnocení cen podkladů pod zámkovou dlažbu

TRADIČNÍ	Kód položky	Popis	Celková cena
	564730011	Podklad z kameniva hrubého drceného vel. 8-16 mm tl 100 mm	<b>12 586,00 Kč</b>
	564750111	Podklad z kameniva hrubého drceného vel. 16-32 mm tl 150 mm	<b>35 371,00 Kč</b>
		<b>CELKEM:</b>	<b>47 957,00 Kč</b>

RECYKL.	Kód položky	Popis	Celková cena
	564931212	Podklad z cihelného recyklátu tl 100 mm	<b>2 869,33 Kč</b>
	564931312	Podklad z betonového recyklátu tl 100 mm	<b>3 952,26 Kč</b>
	564951213	Podklad z cihelného recyklátu tl 150 mm	<b>7 958,72 Kč</b>
	564951313	Podklad z betonového recyklátu tl 150 mm	<b>11 149,40 Kč</b>
		<b>CELKEM:</b>	<b>25 929,71 Kč</b>

CENOVÝ ROZDÍL:	<b>-22 027,29 Kč</b>
PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL:	<b>-45,93 %</b>

Tab. 15: Vyhodnocení cen podkladů pod zámkovou dlažbu *tvorba vlastní*

## 7.2 Celkové vyhodnocení

Nový rozpočet byl zpracován na základě původního, který byl vypracován dle projektu. Projektová dokumentace zahrnovala několik stavebních objektů včetně přípojek a sjezdu. Pro tento účel byla pozornost omezena pouze na SO01, tedy rodinný dům s okapovým chodníkem, terasou a pojezdovou plochou pod garážovým zastřešením. Základní rozpočtové náklady objektu s tradičními materiály činily **7 909 553,53 Kč** a s použitím druhotných surovin **8 830 872,61 Kč**. Vedlejší rozpočtové náklady byly ponechány stejné, jelikož se rozsah díla nijak nezměnil. Celkem tedy cena stavby bez DPH narostla o **921 319,08 Kč**. Srovnání je provedeno v Tab. 16.

Náklady z krycího listu	Tradiční	Recyklované	Rozdíl
<b>ZRN</b>	<b>7 909 553,53 Kč</b>	<b>8 830 872,61 Kč</b>	<b>921 319,08 Kč</b>
<b>VRN</b>	65 000,00 Kč	65 000,00 Kč	0,00 Kč
<b>Celkem bez DPH</b>	7 974 553,53 Kč	8 895 872,61 Kč	921 319,08 Kč
<b>Celkem s DPH</b>	9 170 736,56 Kč	10 230 253,50 Kč	1 059 516,94 Kč
<b>DPH</b>	1 196 183,03 Kč	1 334 380,89 Kč	138 197,86 Kč

Tab. 16: Vyhodnocení nákladů z krycího listu *tvorba vlastní*

Krycí list rozpočtu s tradičními materiály je v Tab. 17 na následující straně. Druhý rozpočet je v Tab. 18.

<b>KRYCÍ LIST ROZPOČTU</b>																					
Název stavby	Výstavba RD - podklad pro bakalářskou práci			JKSO																	
Název objektu	Rodinný dům			EČO																	
				Místo																	
				IČO	DIČ																
Objednatel																					
Projektant																					
Zhotovitel				27968782	CZ27968782																
Zpracoval																					
	Rozpočet číslo	Dne		CZ-CPV																	
	01	21.03.2020		CZ-CPA																	
Měrné a účelové jednotky																					
Počet	Náklady / 1 m.j.	Počet	Náklady / 1 m.j.	Počet	Náklady / 1 m.j.																
0	0,00	0	0,00	0	0,00																
Rozpočtové náklady v CZK																					
A	Základní rozp. náklady	B	Doplňkové náklady	C	Náklady na umístění stavby																
1	HSV Dodávky 2 002 045,83	8	Práce přesčas 0,00	13	Zařízení staveniště 50 000,00																
2	Montáž 3 051 879,12	9	Bez pevné podl. 0,00	14	Geodetické zaměření 15 000,00																
3	PSV Dodávky 1 321 844,38	10	Kulturní památka 0,00	15	Územní vlivy 0,00																
4	Montáž 1 533 784,20	11		16	Provozní vlivy 0,00																
5	"M" Dodávky 0,00			17	Jiné VRN 0,00																
6	Montáž 0,00			18	VRN z rozpočtu 0,00																
7	ZRN (ř. 1-6) 7 909 553,53	12	DN (ř. 8-11)	19	VRN (ř. 13-18) 65 000,00																
20	HZS 0,00	21	Kompl. činnost 0,00	22	Ostatní náklady 0,00																
Projektant, Zhotovitel, Objednatel				<b>D Celkem bez DPH 7 974 553,53</b>																	
				<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">DPH</th> <th style="width: 10%;">%</th> <th style="width: 20%;">Základ daně</th> <th style="width: 20%;">DPH celkem</th> </tr> <tr> <td>snížená</td> <td>15,0</td> <td>7 974 553,53</td> <td>1 196 183,03</td> </tr> <tr> <td>základní</td> <td>21,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Cena s DPH</b></td> <td><b>9 170 736,56</b></td> </tr> </table>		DPH	%	Základ daně	DPH celkem	snížená	15,0	7 974 553,53	1 196 183,03	základní	21,0	0,00	0,00	<b>Cena s DPH</b>			<b>9 170 736,56</b>
DPH	%	Základ daně	DPH celkem																		
snížená	15,0	7 974 553,53	1 196 183,03																		
základní	21,0	0,00	0,00																		
<b>Cena s DPH</b>			<b>9 170 736,56</b>																		
				<b>E Přípočty a odpočty</b>																	
				Dodá zadavatel 0,00																	
				Klouzavá doložka 0,00																	
				Zvýhodnění 0,00																	

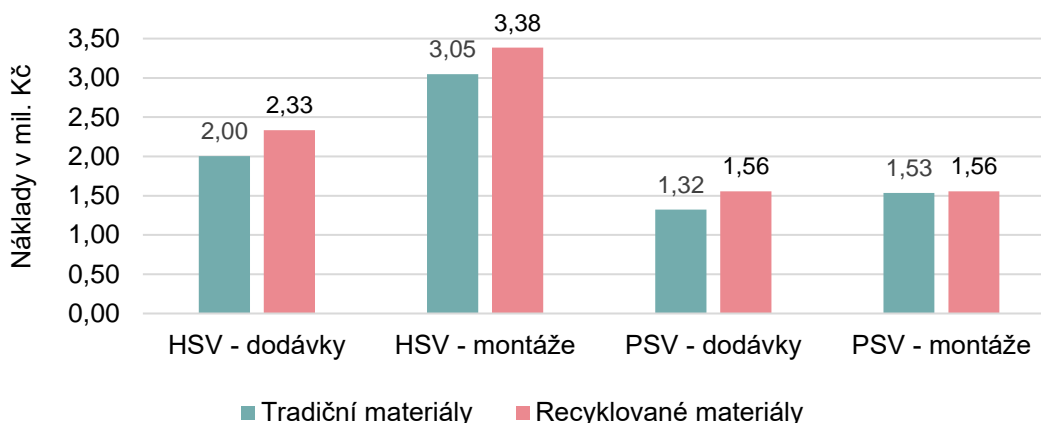
Tab. 17: Krycí list rozpočtu s tradičními materiály

Vliv náhrady materiálů na celkovou cenu stavebního objektu

<b>KRYCÍ LIST ROZPOČTU</b>																					
Název stavby	Výstavba RD - podklad pro bakalářskou práci			JKSO																	
Název objektu	Rodinný dům - recykláty			EČO																	
				Místo																	
				IČO	DIČ																
Objednatel																					
Projektant																					
Zhotovitel				27968782	CZ27968782																
Zpracoval																					
	Rozpočet číslo	Dne		CZ-CPV																	
	01	21.03.2020		CZ-CPA																	
Měrné a účelové jednotky																					
Počet	Náklady / 1 m.j.	Počet	Náklady / 1 m.j.	Počet	Náklady / 1 m.j.																
0	0,00	0	0,00	0	0,00																
Rozpočtové náklady v CZK																					
A	Základní rozp. náklady	B	Doplňkové náklady	C	Náklady na umístění stavby																
1	HSV Dodávky 2 334 772,25	8	Práce přesčas 0,00	13	Zařízení staveniště 50 000,00																
2	Montáž 3 384 197,25	9	Bez pevné podl. 0,00	14	Projektové práce 15 000,00																
3	PSV Dodávky 1 556 902,42	10	Kulturní památka 0,00	15	Územní vlivy 0,00																
4	Montáž 1 555 000,69	11		16	Provozní vlivy 0,00																
5	"M" Dodávky 0,00			17	Jiné VRN 0,00																
6	Montáž 0,00			18	VRN z rozpočtu 0,00																
7	ZRN (ř. 1-6) 8 830 872,61	12	DN (ř. 8-11)	19	VRN (ř. 13-18) 65 000,00																
20	HZS 0,00	21	Kompl. činnost 0,00	22	Ostatní náklady 0,00																
Projektant, Zhotovitel, Objednatel				<b>D Celkem bez DPH 8 895 872,61</b>																	
				<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">DPH</th> <th style="width: 10%;">%</th> <th style="width: 30%;">Základ daně</th> <th style="width: 50%;">DPH celkem</th> </tr> <tr> <td>snížená</td> <td>15,0</td> <td>8 895 872,61</td> <td>1 334 380,89</td> </tr> <tr> <td>základní</td> <td>21,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Cena s DPH</b></td> <td><b>10 230 253,50</b></td> </tr> </table>		DPH	%	Základ daně	DPH celkem	snížená	15,0	8 895 872,61	1 334 380,89	základní	21,0	0,00	0,00	<b>Cena s DPH</b>			<b>10 230 253,50</b>
DPH	%	Základ daně	DPH celkem																		
snížená	15,0	8 895 872,61	1 334 380,89																		
základní	21,0	0,00	0,00																		
<b>Cena s DPH</b>			<b>10 230 253,50</b>																		
				<b>E Přípočty a odpočty</b>																	
				Dodá zadavatel 0,00																	
				Klouzavá doložka 0,00																	
				Zvýhodnění 0,00																	

Tab. 18: Krycí list rozpočtu s recyklovanými materiály

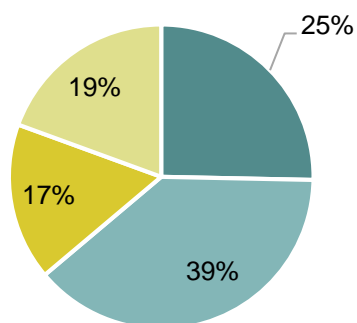
Rozdíl se výrazněji projevil v hlavní stavební výrobě. V případě jak dodávek, tak montáží se náklady zvýšily o více než 330 000 Kč. Náklady na přidruženou stavební výrobu se navýšily výrazněji v oblasti dodávek než montáží. Tato neúměrná změna je způsobena vyšší cenou recyklovaných materiálů oproti tradičním, přičemž pracovní postup prací, a tak i cena montáže zůstává stejná či podobná. Vystihujícím případem jsou sádkartonové (sádrovláknité) podhledy nebo tepelná izolace podlah a soklu. V následujícím grafu na Obr. 14 jsou porovnány tyto dodávky a montáže obou variant.



Obr. 14: Graf porovnání nákladů na dodávky a montáže HSV, PSV *tvorba vlastní*

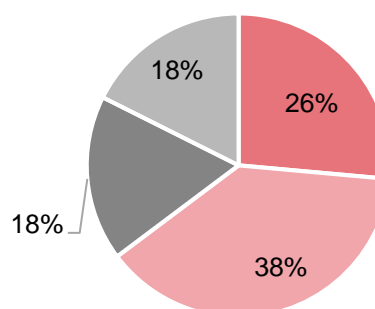
Ačkoliv se celková změna projevila významnými výkyvy v konkrétních oddílech viz kapitola 7.1 a Tab. 19, celkový podíl HSV a PSV na celkové ceně se nezměnil, jak je znázorněno na Obr. 15.

A - Podíl dodávek a montáží HSV, PSV na celkové ceně při použití tradičních materiálů



■ HSV - dodávky ■ HSV - montáže  
■ PSV - dodávky ■ PSV - montáže

B - Podíl dodávek a montáží HSV, PSV na celkové ceně při použití recyklovaných materiálů



■ HSV - dodávky ■ HSV - montáže  
■ PSV - dodávky ■ PSV - montáže

Obr. 15: Grafy podílů dodávek a montáží HSV, PSV na celkové ceně stavby A, B *tvorba vlastní*



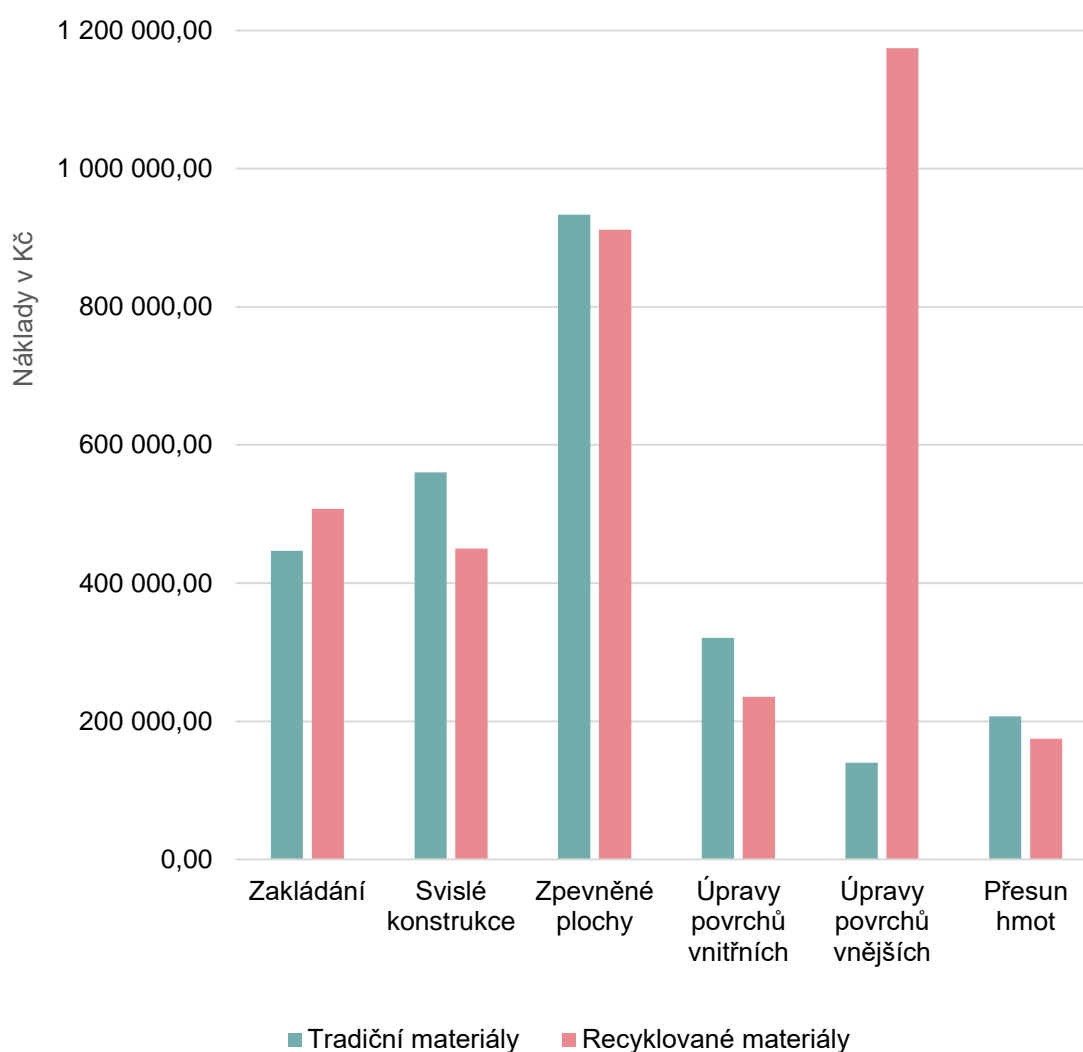
Vliv náhrady materiálů na celkovou cenu stavebního objektu

Náklady ze soupisu prací [Kč]	TRADIČNÍ	RECYKL.	ROZDÍL
<b>SUMA:</b>	<b>7 909 553,53</b>	<b>8 830 872,61</b>	<b>921 319,08</b>
<b>HSV - Práce a dodávky HSV</b>	4 544 873,57	5 209 918,12	665 044,55
1 - Zemní práce	554 007,59	554 007,59	0,00
2 - Zakládání	446 867,85	507 353,97	60 486,12
3 - Svislé a kompletní konstrukce	560 133,97	449 988,10	-110 145,87
4 - Vodorovné konstrukce	933 583,98	911 556,69	-22 027,29
46 - Zpevněné plochy	157 629,59	135 602,30	-22 027,29
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 765 423,77	2 534 875,76	769 451,99
61 - Úprava povrchů vnitřních	320 580,52	235 363,50	-85 217,02
62 - Úprava povrchů vnějších	137 873,59	1 174 492,98	1 036 619,39
63 - Podlahy a podlahové konstrukce	164 609,28	164 609,28	0,00
64 - Osazování výplní otvorů	965 580,38	960 410,00	-5 170,38
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	77 584,91	77 584,91	0,00
94 - Lešení a stavební výtahy	57 008,75	57 008,75	0,00
998 - Přesun hmot	207 271,50	174 551,10	-32 720,40
<b>PSV – Práce a dodávky PSV</b>	3 364 679,96	3 620 954,49	256 274,53
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	70 370,71	70 370,71	0,00
712 - Povlakové krytiny	205 711,73	197 142,97	-8 568,76
713 - Izolace tepelné	673 659,53	697 957,95	24 298,42
720 - Zdravotechnika	319 444,00	319 444,00	0,00
730 - Ústřední vytápění	527 360,00	527 360,00	0,00
740 - Elektromontáže	209 289,00	209 289,00	0,00
751 - Vzduchotechnika	249 628,00	249 628,00	0,00
76 - Centrální vysávání	57 000,00	57 000,00	0,00
762 - Konstrukce tesařské	19 982,97	107 070,37	87 087,40
763 - Konstrukce suché výstavby	136 534,21	318 081,68	181 547,47
764 - Konstrukce klempířské	58 278,92	58 278,92	0,00
766 - Konstrukce truhlářské	248 632,59	253 932,59	5 300,00
771 - Podlahy z dlaždic	99 641,43	99 641,43	0,00
776 - Podlahy povlakové	197 054,00	197 054,00	0,00
781 - Dokončovací práce - obklady	193 302,41	193 302,41	0,00
783 - Dokončovací práce - nátěry	33 390,00	0	-33 390,00
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	65 400,46	65 400,46	0,00

Tab. 19: Srovnání nákladů ze soupisů prací *tvorba vlastní*

Při podrobném zkoumání konkrétních oddílů HSV došlo k navýšení nákladů v případě zakládání, což bylo způsobeno vyššími náklady na materiál. K extrémnímu rozdílu došlo v oddíle úpravy vnějších povrchů, kdy jsou náklady v případě recyklovaných konstrukcí o 1 036 619 Kč vyšší. Příčinou je záměna KZS za provětrávanou fasádu. Velkou položkou je zde dřevěný rošt pro tento typ fasády a zároveň přesun nákladů na dodávku a montáž tepelných izolací do tohoto oddílu. Ve zbylých oddílech HSV došlo k poklesu nákladů. HSV jsou srovnány v grafu na Obr. 16.

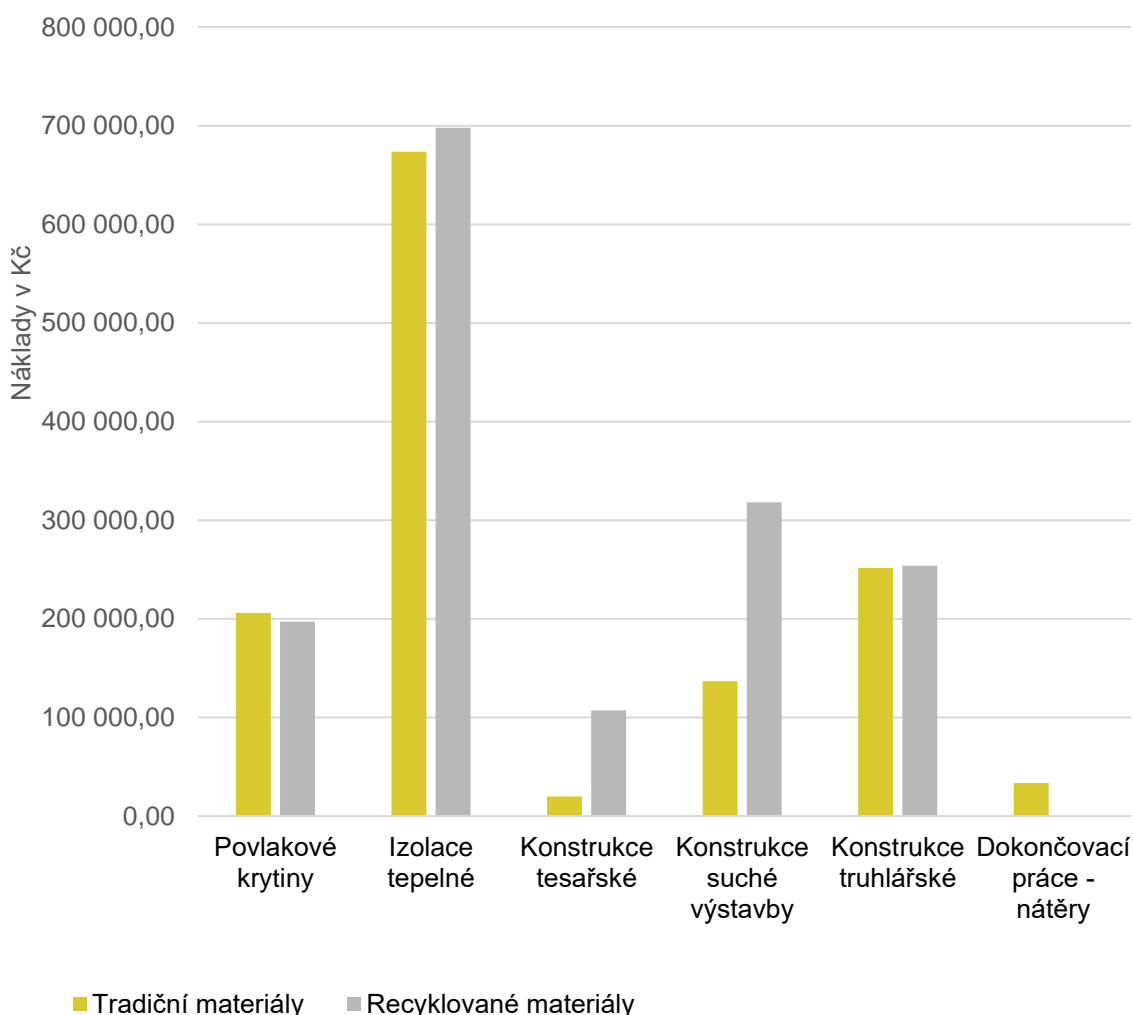
Celkem došlo k navýšení nákladů na HSV o **665 045 Kč**, tedy asi o **14,6 %**.



Obr. 16: Porovnání nákladů jednotlivých oddílů HSV *tvorba vlastní*

V pracích a dodávkách PSV se dle grafu na Obr. 17 největší změna týkala konstrukcí suché výstavby. Do tohoto oddílu se přesunula cena za příčky, které byly nahrazeny sádrovláknitými a zároveň je vyšší náklad na materiál na podhledu, které jsou rovněž sádrovláknité, místo původních sádrokartonových. Jelikož bylo nahrazeno původní dřevěné dekorační opláštění cementotřískovými deskami, byl ušetřen náklad na nátěry dřevěných konstrukcí. Z důvodu této záměny je ovšem vyšší cena také u tesařských konstrukcí. Cena za tepelné izolace se dle grafu zvýšila pouze o 3,6 %, avšak jak už bylo řečeno, značná část nákladů se přesunula do oddílu Úpravy vnějších povrchů. Proto není srovnání tohoto konkrétního oddílu příliš vypovídající.

Celkově se náklady na PSV zvýšily o sumu **256 275 Kč**, respektive o **7,6 %**.



Obr. 17: Porovnání nákladů jednotlivých oddílů PSV *tvorba vlastní*

## Závěr

Z výsledků vyhodnocení práce je zřejmé, že užití recyklovaných materiálů pro výstavbu rodinného domu je reálnou alternativou. Současně dostupné materiály nám ovšem nabízí pouze částečnou náhradu stavebních materiálů.

Poměrně početné zastoupení na trhu již mají tepelné izolace, a to v rozličných formách. Nabízí se foukané celulózové izolace, sklovláknité či džínovinové rohože a pásy nebo izolace z pěnového skla vhodné i pro větší zatížení. Dále existuje velké množství různorodých deskových materiálů na bázi dřeva, cementu, sádry, tetrapaku atd. Naopak nacházíme mezery v oblastech jako jsou náhrady tvárnic, hydroizolace a fólie.

Při srovnání vlastností materiálů se ve většině případů recyklované materiály jeví jako srovnatelné, v některých případech dokonce svými vlastnostmi předčily materiály tradiční. Tepelné izolace například vynikaly svou pevností či třídou reakce na oheň. Často byl problém s volně dostupnými informacemi o vlastnostech materiálu. Při užití konkrétních materiálů, aby mohly být aplikovány na referenční objekt musely být doplněny některé konstrukce, konkrétně dřevěný rošt pro zateplení skelnou vatou. Tato skutečnost sebou nesla doplňkové náklady.

Cíl práce byl naplněn, ve výsledném srovnání vyšla cena objektu s použitím recyklovaných materiálů o 11,5 % vyšší. Celková cena objektu s tradičními materiály byla 9,17 mil. Kč včetně DPH. Při stavbě takového měřítka činí rozdíl 11,5 % více než 1 mil. Kč, což je podstatná částka. Výsledná domu s recyklovanými materiály je 10,23 mil. Kč včetně DPH. Jako nejméně výhodné se ukázalo použití skelné vaty pro zateplení fasády, právě kvůli nutnosti dodatečné konstrukce a použití pěnového skla jako izolace do podlahy. Zároveň se jako přínosné projevily záměny podsypů pod základové konstrukce, zásypů ploché střechy, podsypů pod zpevněné plochy, záměny zděných příček za sádrovláknité a využití pěnového skla pro izolaci soklu. Poměrně srovnatelně vyšlo srovnání sádrokartonových a sádrovláknitých příček.

Závěrem mé práce je, že v současnosti z ekonomického hlediska není výhodná komplexní náhrada stavebních materiálů na rodinném domě za materiály recyklované. V některých případech jsou ovšem změny na pováženou a mohou přinést úsporu. Hlavní rozhodnutí zůstává na člověku, jeho finančním možnostem, rozsahu stavby a vztahu k udržitelnému rozvoji naší společnosti.

## Citovaná literatura

- [1] T. Pavlů, „Katalog výrobků a materiálů s obsahem druhotných surovin pro použití ve stavebnictví,“ Česká agentura pro standardizaci, s. p. o., Praha, 2018.
- [2] *Zákon č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů*, 2001.
- [3] P. Hájek, „Udržitelná výstavba v podmínkách České republiky,“ 2020.
- [4] 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].
- [5] Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí, Sbíрка zákonů 05.12.1991.
- [6] P. Hájek, „BETONOVÉ KONSTRUKCE A UDRŽITELNÝ ROZVOJ,“ 2020.
- [7] Valinová, Eliška, oddělení statistiky životního prostředí, „Role ČSÚ v problematice udržitelného rozvoje,“ *STATISTIKA&MY*, č. 09/2018, 2018.
- [8] I. Vaníček, „Cíle v oblasti udržitelné výstavby,“ časopis Stavebnictví, 2007. [Online]. Available: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/cile-v-oblasti-udrzitelne-vystavby\\_N487](https://www.casopisstavebnictvi.cz/cile-v-oblasti-udrzitelne-vystavby_N487). [Přístup získán 11 duben 2020].
- [9] TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, „Recyklace,“ TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, 2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/recyklace>. [Přístup získán 1 Duben 2020].
- [10] J. Slavík, „Vyčerpateľnost surovinových zdrojů, recyklace a krize na trhu druhotných surovin,“ *Acta Oeconomica Pragensia*, 2009.
- [11] 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-znamená-recyklace.html>. [Přístup získán 2 Duben 2020].
- [12] 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].
- [13] C. Wegener, *Upcycling*, 2016.
- [14] Odpadové fórum, „ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADŮ,“ Odpadové fórum, Praha, 2010.
- [15] KURAŠ, M. a kol. , *Odpady, jejich využití a zneškodňování.*, Praha: Český ekologický ústav, 1994, pp. 146-165.
- [16] 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].
- [17] 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].
- [18] TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, „Stavební odpad,“ TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, 2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/stavebni-odpad>. [Přístup získán 2 Duben 2020].
- [19] Vyhláška č. 337/1997 Sb. Příloha č. 1 Katalog odpadů, Sbíрка zákonů 31.12.1997.
- [20] Vysoké učení technické v Brně, „RECYCLING 2019 - Recyklace a využití stavebních odpadů jako druhotných surovin,“ v *sborník přednášek 24. ročníku konference ARSM*, Brno, 2019.
- [21] 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](https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2020/01/Statisticka_Rocenka_ZP_CR-2018.pdf). [Přístup získán 11 duben 2020].
- [22] 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].

- [23] TRÍDĚNÍODPADU.CZ, „JAK SE RECYKLUJÍ STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY (SDO),“ TRÍDĚNÍODPADU.CZ, 2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluje-stavebni-odpad>. [Přístup získán 11 duben 2020].
- [24] RECYKLACE - PROCHÁZKA s.r.o., „Cihelný recyklát,“ 2018. [Online]. Available: [http://cihlovyrecyklat.cz/cihelny\\_recyklat.html](http://cihlovyrecyklat.cz/cihelny_recyklat.html). [Přístup získán 11 Květen 2020].
- [25] 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](https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/technologie/beton-recyklace-odpad-sut_1910151046_pj). [Přístup získán 22 Květen 2020].
- [26] betonsrver.cz, „ZÁKLADNÍ DRUHY RECYKLÁTŮ A MOŽNOSTI JEJICH VYUŽITÍ + JAKOSTNÍ NORMY,“ AUREA INVEST, a.s., 28 Duben 2011. [Online]. Available: <https://www.betonsrver.cz/aktuality/zakladni-druhy-recyklatu-a-moznosti-jejich-vyuziti-jakostni-normy>. [Přístup získán 11 5 2020].
- [27] DUFONEV R.C., a.s., „Popis recyklátů,“ 2013. [Online]. Available: [http://www.dufonev.cz/popis\\_recyklatu.php](http://www.dufonev.cz/popis_recyklatu.php). [Přístup získán 11 Květen 2020].
- [28] NetinBag, „Co je recyklace sádrokartonu?,“ NetinBag, [Online]. Available: <https://www.netinbag.com/cs/manufacturing/what-is-drywall-recycling.html>. [Přístup získán 5 Květen 2020].
- [29] TRÍDĚNÍODPADU.CZ, „ZDŘEVĚNĚLÝ ODPAD,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/drevo>. [Přístup získán 11 Květen 2020].
- [30] 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].
- [31] 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].
- [32] 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].
- [33] 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].
- [34] 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].
- [35] 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].
- [36] James Hardie Europe GmbH, „Sádrovláknité desky,“ Fermacell, 2020. [Online]. Available: <https://www.fermacell.cz/cz/produkty/sadrovlaknite-desky>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [37] F. Dvořák, „Sádrokarton nebo sádrovlákníková deska?,“ DŘEVOSTAVITEL ONLINE SVĚT DŘEVOSTAVEB, 23 Květen 2018. [Online]. Available: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/velkoplosne-materialy-2-dil>. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [38] 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].
- [39] 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].
- [40] 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].
- [41] C. Plus, „Co je to foukaná izolace?,“ Ciur, 2020. [Online]. Available: <https://www.climatizer.cz/?gclid=CjwKCAjw8J32BRBCEiwApQEKgamUCsk0T9pRRbBPD>

- LopxS3w23krNachj9kLPfchQGV2oSm1je6PERoCpPUQAvD\_BwE. [Přístup získán 21 Květen 2020].
- [42] 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].
- [43] 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].
- [44] M. Čech, *Projektová dokumentace - Výstavba RD*, Cheb: FUTURE BAU s.r.o., 2020.
- [45] J. Chybík, *PŘÍRODNÍ STAVEBNÍ MATERIÁLY - elektronická publikace*, Praha: Grada Publishing, a.s., 2009.
- [46] United States Environmental Protection Agency, „Recycling Economic Information (REI) Report,“ 31 Leden 2020. [Online]. [Přístup získán 4 Duben 2020].
- [47] TRÍDĚNÍODPADU.CZ, „Recyklace,“ 2007-2020. [Online]. Available: <https://www.trideniodpadu.cz/recyklace>. [Přístup získán 1 Duben 2020].
- [48] WOODCOTE, „Cementotřísková deska CETRIS,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.woodcote.cz/stavebniny/cementotriskova-deska-cetris>. [Přístup získán 22 Květen 2020].

## Seznam obrázků

Obr. 1: Aspekty udržitelného rozvoje [7] <i>tvorba vlastní</i> .....	4
Obr. 2: Životní cyklus stavebního objektu [3] <i>tvorba vlastní</i> .....	6
Obr. 3: Symbol recyklace [11] .....	7
Obr. 4: Kroky recyklace [12] <i>tvorba vlastní</i> .....	8
Obr. 5: Původ produkce odpadů v ČR [21] <i>tvorba vlastní</i> .....	13
Obr. 6: Nakládání s odpady v ČR v roce 2018 [22] <i>tvorba vlastní</i> .....	14
Obr. 7: Beton s cihelným recyklátem Rebetong [25].....	18
Obr. 8: Deska z tetrapaku [35].....	23
Obr. 9: Cetris deska [47] .....	25
Obr. 10: Izolace z dřínoviny [43] .....	27
Obr. 11: Vizualizace referenčního rodinného domu [44] .....	28
Obr. 12: Půdorys referenčního objektu [44] .....	29
Obr. 13: Řez referenčním objektem [48].....	30
Obr. 14: Graf porovnání nákladů na dodávky a montáže HSV, PSV <i>tvorba vlastní</i> .....	55
Obr. 15: Grafy podílů dodávek a montáží HSV, PSV na celkové ceně stavby A, B <i>tvorba vlastní</i> .....	55
Obr. 16: Porovnání nákladů jednotlivých oddílů HSV <i>tvorba vlastní</i> .....	57
Obr. 17: Porovnání nákladů jednotlivých oddílů PSV <i>tvorba vlastní</i> .....	58



## Seznam tabulek

Tab. 1: Srovnání stupně hořlavosti a třídy reakce na oheň [44] .....	35
Tab. 2: Porovnání podsypů pod základové konstrukce 1 <i>tvorba vlastní</i> .....	36
Tab. 3: Porovnání betonů do základových konstrukcí <i>tvorba vlastní</i> .....	37
Tab. 4: Srovnání svislých konstrukcí pro obvodový plášť <i>tvorba vlastní</i> .....	38
Tab. 5: Porovnání příček – náhrada Ytong Klasik 150 <i>tvorba vlastní</i> .....	39
Tab. 6: Porovnání příček – náhrada Ytong Klasik 100 <i>tvorba vlastní</i> .....	40
Tab. 7: Porovnání podhledů z deskových materiálů <i>tvorba vlastní</i> .....	42
Tab. 8: Porovnání tepelných izolací soklu a v podlaze <i>tvorba vlastní</i> .....	44
Tab. 9: Vyhodnocení cen podsypů pod základové konstrukce <i>tvorba vlastní</i> .....	45
Tab. 10: Vyhodnocení cen příček <i>tvorba vlastní</i> .....	46
Tab. 11: Vyhodnocení cen podhledů <i>tvorba vlastní</i> .....	47
Tab. 12: Vyhodnocení cen tepelné izolace soklu <i>tvorba vlastní</i> .....	48
Tab. 13: Srovnání cen fasády <i>tvorba vlastní</i> .....	49
Tab. 14: Vyhodnocení ceny zásypu ploché střechy <i>tvorba vlastní</i> .....	50
Tab. 15: Vyhodnocení cen podkladů pod zámkovou dlažbu <i>tvorba vlastní</i> .....	51
Tab. 16: Vyhodnocení nákladů z krycího listu <i>tvorba vlastní</i> .....	52
Tab. 17: Krycí list rozpočtu s tradičními materiály.....	53
Tab. 18: Krycí list rozpočtu s recyklovanými materiály.....	54
Tab. 19: Srovnání nákladů ze soupisů prací <i>tvorba vlastní</i> .....	56

## Seznam příloh

Příloha 1: Položkový rozpočet RD Papež – s použitím tradičních materiálů

Příloha 2: Položkový rozpočet RD Papež – s použitím recyklovaných materiálů