

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2017

Kamila Kuntová



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kuntová Jméno: Kamila Osobní číslo: 424385  
Zadávací katedra: 126 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  
Název bakalářské práce anglicky: Recycled building materials

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod
2. Recyklované stavební materiály
3. Porovnání recyklovaných materiálů s tradičními materiály
4. Vyhodnocení a závěr

Seznam doporučené literatury:

SVOBODA, L. a kol. Stavební hmoty. 3. vyd. elektronické Praha: Luboš Svoboda, 2013. ISBN 978-80-260-4972-2.  
KIZLINK, Juraj. Odpady: sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa. 3., upr. a rozš. vyd., V Akademickém nakl. CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-884-7.  
KRENÍKOVÁ, 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.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Lucie Brožová, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma Recyklované stavební materiály vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady uvedené v soupisu použitých zdrojů.

V Praze, dne 28.5.2017

Podpis .....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto formou bych ráda poděkovala vedoucí bakalářské práce Ing. Lucii Brožové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a za cenné rady a připomínky, které byly nemalou součástí tvorby této práce.

**RECYKLOVANÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY**

**RECYCLED BUILDING MATERIALS**

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá tematikou recyklovaných stavebních materiálů. V úvodní části jsou popsány základní pojmy týkající se legislativy, trvale udržitelného rozvoje a procesu recyklace. Dále jsou zde uvedeny nejrozšířenější či nejzajímavější recyklované stavební materiály a jejich výroba, vlastnosti a využití. Následuje porovnání vlastností recyklovaných materiálů s tradičními a popsání jejich výhod a nevýhod. Praktická část posuzuje vliv použití recyklovaných stavebních materiálů na celkovou cenu stavby konkrétního rodinného domu.

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis deals with recycled building materials. The first part of the thesis describes basic concepts of legislation, sustainable development and recycling process. Most known and most interesting building materials, their production, properties and areas of application are mentioned afterwards. The following part focuses on comparison of properties of recycled materials with traditional ones and also describes their advantages and disadvantages. In the practical part of the thesis an estimation of impacts of usage of recycled materials on the total price of a particular family house construction was carried out.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Recyklace, stavební materiály, životní prostředí, rozpočet

## **KEY WORDS**

Recycling, building materials, environment, budget

# OBSAH

ÚVOD .....	- 1 -
<b>1. LEGISLATIVA .....</b>	<b>- 2 -</b>
1.1. Zákon 185/2001 Sb. O odpadech .....	- 2 -
1.2. Základní pojmy .....	- 2 -
<b>2. TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ .....</b>	<b>- 4 -</b>
2.1. Trvale udržitelná výstavba .....	- 4 -
<b>3. VLASTNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>4. RECYKLACE.....</b>	<b>- 7 -</b>
4.1. Recyklační technologie .....	- 8 -
4.2. Technika využívaná pro recyklaci .....	- 8 -
4.3. Výhody a nevýhody recyklace .....	- 9 -
<b>5. RECYKLOVANÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY.....</b>	<b>- 10 -</b>
5.1. Recyklované materiály ze stavebního a demoličního odpadu .....	- 10 -
5.1.1. Stavební a demoliční odpad .....	- 10 -
5.1.2. Cihelný recyklát.....	- 14 -
5.1.3. Betonový recyklát.....	- 15 -
5.1.4. Recyklovaný polystyren.....	- 17 -
5.2. Recyklované materiály vzniklé v jiných odvětvích.....	- 19 -
5.2.1. Celulóza .....	- 19 -
5.2.2. Pěnové sklo.....	- 21 -
5.2.3. Sádrovláknité desky Fermacell .....	- 22 -
5.2.4. Desky a panely z tetrapaku .....	- 24 -
5.2.5. Střešní krytina z recyklovaného plastu .....	- 26 -
5.2.6. Recyklovaná džínovina .....	- 27 -
5.2.7. Foukaná izolace ze skelných vláken .....	- 29 -
<b>6. POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ RECYKLOVANÝCH MATERIÁLŮ S MATERIÁLY TRADIČNÍMI .....</b>	<b>- 31 -</b>
6.1. Základní parametry.....	- 31 -
6.2. Podšypy základových konstrukcí .....	- 34 -
6.3. Obvodové konstrukce .....	- 35 -



6.4.	Zateplení střech, stropů, stěn .....	- 36 -
6.5.	Deskové materiály .....	- 40 -
6.6.	Střešní krytina .....	- 41 -
6.7.	Vyhodnocení vlastností recyklovaných materiálů .....	- 42 -
<b>7.</b>	<b>VLIV RECYKLOVANÝCH MATERIÁLŮ NA KONEČNOU CENU STAVBY.</b> .....	<b>- 44 -</b>
7.1.	Obecné informace o rodinném domu.....	- 44 -
7.2.	Konstrukční řešení rodinného domu .....	- 45 -
7.3.	Cena rodinného domu .....	- 49 -
7.3.1.	Tradiční materiály.....	- 49 -
7.3.2.	Recyklované materiály .....	- 51 -
7.3.3.	Vyhodnocení změny ceny jednotlivých stavebních konstrukcí .....	- 54 -
7.3.4.	Vyhodnocení změny ceny rodinného domu .....	- 62 -
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>- 65 -</b>
<b>BIBLIOGRAFIE</b>	.....	<b>- 66 -</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	.....	<b>- 69 -</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>- 70 -</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	.....	<b>- 71 -</b>

# ÚVOD

*„Žijeme v době, kdy člověk významně ovlivňuje podmínky pro život na planetě Zemi. Lidstvo je mocné, dokáže být i moudré?“ (Erazim Kohák)*

Žijeme v době, kdy stále roste počet obyvatel a současně s ním v důsledku moderního životního stylu roste i objem odpadů. Právě neustálý nárůst odpadu patří mezi hlavní problémy naší společnosti. Jednou z možností snížení množství odpadu a zachování čistého životního prostředí je využívání recyklovaných materiálů. Tyto materiály mohou nahradit tradiční materiály ve všech výrobních odvětvích – tedy i ve stavebnictví.

Člověk, který v současné době plánuje postavit rodinný dům, by měl nejenom chtít ušetřit peníze, ale měl by se snažit šetřit naši planetu i ekologicky. Právě stavebnictví totiž výrazným podílem zasahuje do životního prostředí. Nejen že je největším uživatelem přírodních materiálů, ale současně dokáže odlehčovat životnímu prostředí jako významný zdroj surovin druhotných vznikajících ze stavebních a demoličních odpadů.

Recyklované stavební materiály se během posledních let velmi rozšířily. Za rozšíření těchto materiálů může nejen omezenost zdrojů stávajících materiálů, ale i tlak na snížení množství odpadů a nákladů na jejich likvidaci. Na českém trhu působí velké množství firem, které recyklované materiály nabízejí. Některé už si svoji cestu k zákazníkům našly, k některým zákazníci ještě nemají důvěru z důvodu obav v horší vlastnosti. Využívání těchto materiálů by mělo vést nejen ke snížení ekologické zátěže, ale také k úsporám v oblasti ekonomiky a energetiky.

Tato práce je věnována možnostem nahrazení tradičních stavebních materiálů materiály recyklovanými. Cílem této práce je v teoretické části seznámení se se základními pojmy jako je recyklace, stavební a demoliční odpad či s jednotlivými druhy recyklovaného stavebního materiálu. Další část práce je zaměřena na porovnání vlastností recyklovaného materiálu s materiálem tradičním. Závěrem nebude chybět ani zjištění vlivu ceny recyklovaného materiálu na konečnou cenu stavby konkrétního rodinného domu.

# 1. LEGISLATIVA

Jak již bylo řečeno, společnost v dnešní době produkuje obrovské množství odpadu. Každá země má svůj příslušný právní předpis či nařízení vlády, kterým nakládání s odpady ošetřuje. V České republice se konkrétně jedná o zákon 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a jeho prováděcí předpisy.

## 1.1. Zákon 185/2001 Sb. O odpadech

Zákon 185/2001 Sb. O odpadech ve znění novely 223/2015 Sb. zapracovává nařízení Evropské unie. Tento zákon obsahuje nejen předpisy pro prevenci vzniku odpadů, ale zabývá se také tím, jak s odpady nakládat v závislosti na dodržování pravidel ochrany životního prostředí, ochrany zdraví osob či trvale udržitelného rozvoje. Dále upravuje povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství. (1)

Dle tohoto zákona se rozlišují dvě základní kategorie odpadu – odpad nebezpečný a odpad ostatní. V rámci Katalogu odpadů (Příloha k vyhlášce č. 93/2016 Sb. O katalogu odpadů), který představuje jediné oficiální dělení, se odpad následně člení do dvaceti skupin podle toho, v jakém odvětví či jakou technologií daný odpad vzniká. Každá skupina je dále rozčleněna do několika podskupin. V zákoně je také uvedeno, jak s každou podskupinou odpadu nakládat. (2)

## 1.2. Základní pojmy

Zákon 185/2001 Sb. O odpadech mimo jiné definuje základní pojmy týkající se recyklace a to následující:

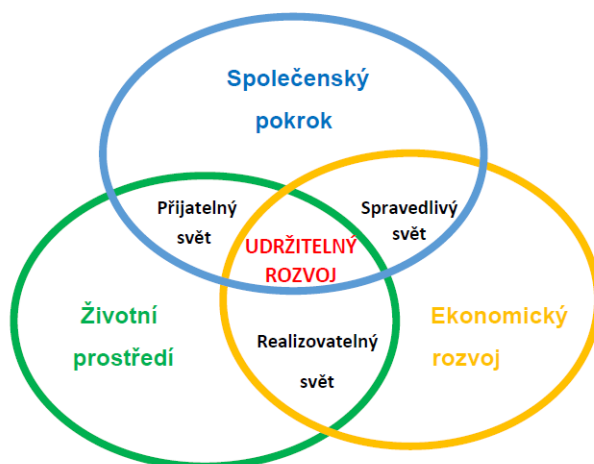
- **odpad** – Za odpad se považuje každá movitá věc, které se osoba zbavuje, případně má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé skupiny uváděné v zákoně.
- **druhotná surovina** – Jedná se o surovinu nebo materiál, který je získaný z odpadu a je způsobilý k dalšímu využití. Může to být materiál vzniklý zpracováním použitých výrobků či odpadů z výroby.

- **využívání odpadů** – Jde o činnosti uvedené v příloze zákona (regenerace, recyklace, aplikace do půdy apod.).
- **materiálové využití odpadů** – Rozumí se tím způsob využití odpadů zahrnující nejen recyklaci, ale i další způsoby využití odpadů jako materiálu k původnímu či jinému účelu, s výjimkou bezprostředního získání energie.
- **recyklace odpadů** – Tento pojem vyjadřuje jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní či jiné účely jejich použití. Recyklací odpadů není energetické využití a zpracování na výrobky, materiály či látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypový materiál. (1)

## 2. TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ

V současné době se stává stále častěji diskutovaným tématem trvale udržitelný rozvoj. Jedná se o způsob rozvoje, v rámci kterého by se současná generace měla snažit zachovat životní prostředí v co nejmenší změně pro generaci budoucí. Díky tomuto rozvoji by mělo docházet k hospodářským a společenským pokrokům, které budou v souladu s životním prostředím. Součástí trvale udržitelného rozvoje v oblasti stavebnictví je udržitelná výstavba. (3)

Obrázek 1: Principy trvale udržitelného rozvoje



Zdroj: Vytvořeno podle [http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=trvale\\_udrzitelny\\_rozvoj&site=spotreba, tvorba\\_vlastni](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=trvale_udrzitelny_rozvoj&site=spotreba, tvorba_vlastni)

### 2.1. Trvale udržitelná výstavba

V souvislosti s trvale udržitelnou výstavbou jsou na stavební materiály, konstrukce i stavby kladeny čím dál větší požadavky. Cíle trvale udržitelné výstavby se liší v závislosti na dané lokalitě, regionu či státu.

Mezi její hlavní cíle se řadí:

- zamezení nárůstu spotřeby energie použitím obnovitelných zdrojů,
- nahrazení neobnovitelných přírodních zdrojů recyklovanými a recyklovatelnými materiály,
- zamezení nárůstu znečištění ovzduší, snížením množství odpadu, který nelze recyklovat,
- zabránění neefektivní spotřebě pitné vody,
- efektivní využití půdy. (3)

### **3. VLASTNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ**

Kromě tradičních požadavků na stavební materiály jako jsou cena a funkční vlastnosti materiálu, jsou neméně důležité požadavky související s vlivem materiálů na životní prostředí a s vlivem materiálu na zdraví člověka.

#### **Cena**

Cena vyjadřuje peněžní ohodnocení materiálu. Odráží se od surovin, ze kterých je materiál vyráběn. Kromě surovin cenu také ovlivňuje energetická náročnost výroby materiálu či náklady na dopravu materiálu. (4)

#### **Funkční vlastnosti**

Mezi funkční vlastnosti materiálu lze zařadit únosnost nosných konstrukcí, nepropustnost, neprůzvučnost, tepelný odpor tepelných izolací, odolnost povrchových úprav, odolnost vůči biologickým jevům, pracnost aplikace či životnost materiálu. Po recyklovaných materiálech se požaduje, aby se svými vlastnosti vyrovnaly materiálům tradičním. (4)

#### **Environmentální vlastnosti**

Environmentální vlastnosti stavebních materiálů lze posuzovat v několika oblastech. Jedná se o původ materiálu, energetickou náročnost materiálu a možnost nakládání s materiálem po skončení jeho životnosti.

Energetická náročnost vyjadřuje množství vázané energie, která se spotřebuje od těžby suroviny přes výrobu materiálu až po jeho následnou dopravu. Vyjadřuje se buď přímo jako množství vázané energie v MJ/kg nebo ve formě dopadu na životní klima – ve formě emisí CO<sub>2</sub> a SO<sub>2</sub>. (4) Tyto emise vznikají při výrobě materiálu a negativně ovlivňují globální klimatické podmínky, především přispívají ke skleníkovému efektu a k okyselování životního prostředí. (5)

Dalším kritériem, podle kterého se hodnotí environmentální kvalita stavebních materiálů, je původ materiálů neboli zdroje využívané pro jejich výrobu. Podle nich se materiály na vstupu (výstavba) dělí na:

- obnovitelné materiály,
- recyklované materiály,
- neobnovitelné přírodní zdroje. (6)

Po skončení životnosti konstrukce jsou materiály hodnoceny podle možnosti jejich dalšího využití. Materiály na výstupu (demolice) se člení na:

- plnohodnotně recyklovatelné,
- částečně recyklovatelné,
- nerecyklovatelné (odpad).

Podle těchto stanovisek je možno zhodnotit environmentální kvalitu jednotlivých stavebních materiálů, konstrukcí, ale i celých budov. (6)

Při navrhování stavby by se měl projektant zabývat nejen konstrukčním řešením, ale současně by měl dbát i na materiálové řešení budovy tak, aby bylo co nejvíce dodrženo:

- použití materiálů s minimem vázané potřeby energie,
- použití materiálů s minimem emisí CO<sub>2</sub> a SO<sub>2</sub>,
- využití recyklovaných materiálů a obnovitelných zdrojů,
- návrh konstrukcí umožňujících oddělení jednotlivých materiálů a jejich následnou recyklaci. (6)

### **Vliv materiálu na zdraví člověka**

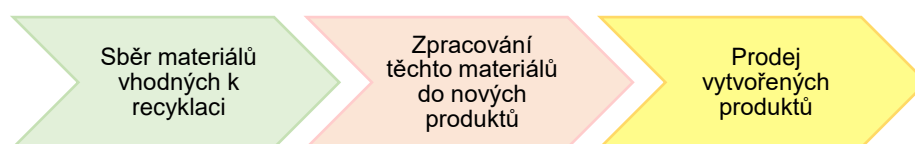
V první řadě jsou kladeny požadavky na bezpečnost materiálu. Tato bezpečnost souvisí jak se statikou konstrukce, tak i s požární ochranou. Pro člověka je neméně důležité, aby byl materiál schopný vytvářet hygienicky nezávadné prostředí. Podstatnou schopností materiálu je také vytváření optimálního mikroklima, které závisí převážně na ventilaci a stabilizaci vlhkosti vzduchu. (4)

## 4. RECYKLACE

Recyklace je definována jako znovuvedení odpadu do cyklu a představuje nejefektivnější a zároveň nejvyužívanější způsob v České republice, jak s odpady nakládat (viz. Obrázek 3: Způsob nakládání s odpadem ČR). Za méně efektivní způsob zacházení s odpady lze považovat jejich spalování a nejméně efektivním způsobem je jejich uskladnění na skládce. Recyklace umožňuje znovuvyužití odpadních materiálů jako druhotné suroviny a zároveň tím šetřit primární zdroje a životní prostředí. (7)

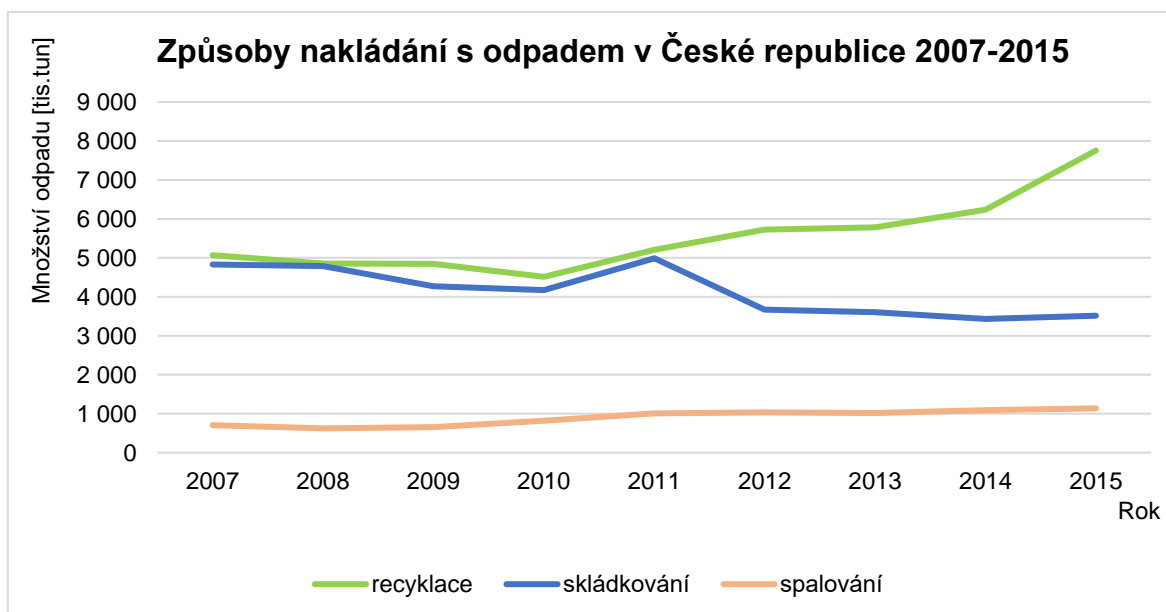
O podstatě recyklace se vědělo už v 19. století, kdy se starý papír a textilní zbytky využívaly pro výrobu papíru. (8)

Obrázek 2: Obvyklé 3 fáze recyklace



Zdroj: Vytvořeno podle <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Recycling+technology>, tvorba vlastní

Obrázek 3: Způsoby nakládání s odpadem v České republice 2007-2015



Zdroj: Vytvořeno podle <https://www.czso.cz/documents/10180/32782508/280020-1609.pdf/9a3d45dd-0462-4399-98cc-0d8afd9fe34e?version=1.0>, tvorba vlastní



## 4.1. Recyklační technologie

Recyklační technologie představuje souhrn navazujících procesů či technologických operací, které mají za úkol přeměnit odpad na surovinu způsobilou k dalšímu využití tzv. druhotnou surovinu.

Ve výrobním procesu lze obecně rozeznávat následující druhy recyklačních technologií:

- primární = maloodpadové,
- sekundární,
- terciální. (9)

Primární neboli maloodpadová recyklační technologie je postup, při kterém je zpracování odpadu součástí výrobního procesu. Mezi vznikem a využitím odpadu tak nevzniká žádný prostorový ani časový posun.

Sekundární recyklační technologie využívá ve výrobním procesu odpadové látky z jiných technologií.

Terciální recyklační technologie využívá při výrobě nových materiálů výroby s ukončenou dobou životnosti.

Recyklační technologie jsou velice často v podobě dodatkových investic. Ve stavebnictví se pro vznik nových materiálů využívají výhradně sekundární či terciální technologie recyklace.

V budoucnu se plánuje prosadit koncept nulového odpadu, který bude dbát na maximální využití recyklace. (8)

## 4.2. Technika využívaná pro recyklaci

Pro každý druh odpadu se používá speciální technika. Pro stavební a demoliční odpad jsou to převážně drtící zařízení doplněná dalšími stroji, jako je separátor železa či vibrační třídíč. Při recyklaci novinového papíru se používá zejména rozvlákňovací turbína, která tento papír rozloží na dále zpracovávaná vlákna. Při výrobě materiálů z recyklovaného skla se využívá technika na rozemletí původního skelného materiálu. Pro materiály vzniklé recyklací tetrapaku se používají drtící zařízení společně

s technikou potřebnou pro lisování materiálů. K výrobě recyklovaných materiálů z textilu slouží rotační sekací stroje. (10)

Jednotlivé výrobní procesy a využívaná technika jsou detailněji popsány u jednotlivých druhů odpadů, popřípadě u stavebních materiálů z nich vzniklých, kterým je tato práce věnována.

### **4.3. Výhody a nevýhody recyklace**

Recyklace v žádném případě nepokryje veškerou spotřebu materiálů v hospodářství vyspělých zemí a ani kvalita všech recyklovaných materiálů nespĺňuje požadované parametry. I přesto se recyklační průmysl nadále rozvíjí a zpracovává až 600 milionů tun druhotných surovin ročně. (7)

Mezi hlavní výhody recyklace lze zařadit:

- ochranu životního prostředí,
- úsporu přírodních zdrojů,
- úsporu energie a pracovních sil,
- úsporu investic.

Pro příklad sběr jedné tuny papíru ušetří životnímu prostředí až dvě tuny dřeva. Dalším příkladem je výroba oceli, kdy u výroby jedné tuny oceli z rudy stráví zaměstnanec 80 hodin práce, oproti tomu výroba stejného množství oceli ze železného šrotu zabere až desetkrát méně času. (7)

Mezi nevýhody recyklace pak patří:

- vysoké náklady na recyklaci některých odpadů,
- neopatrné zacházení s odpady a následná manipulace s nimi vede k příměsi cizorodých látek, které negativně ovlivňují výsledné vlastnosti materiálu.

## 5. RECYKLOVANÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY

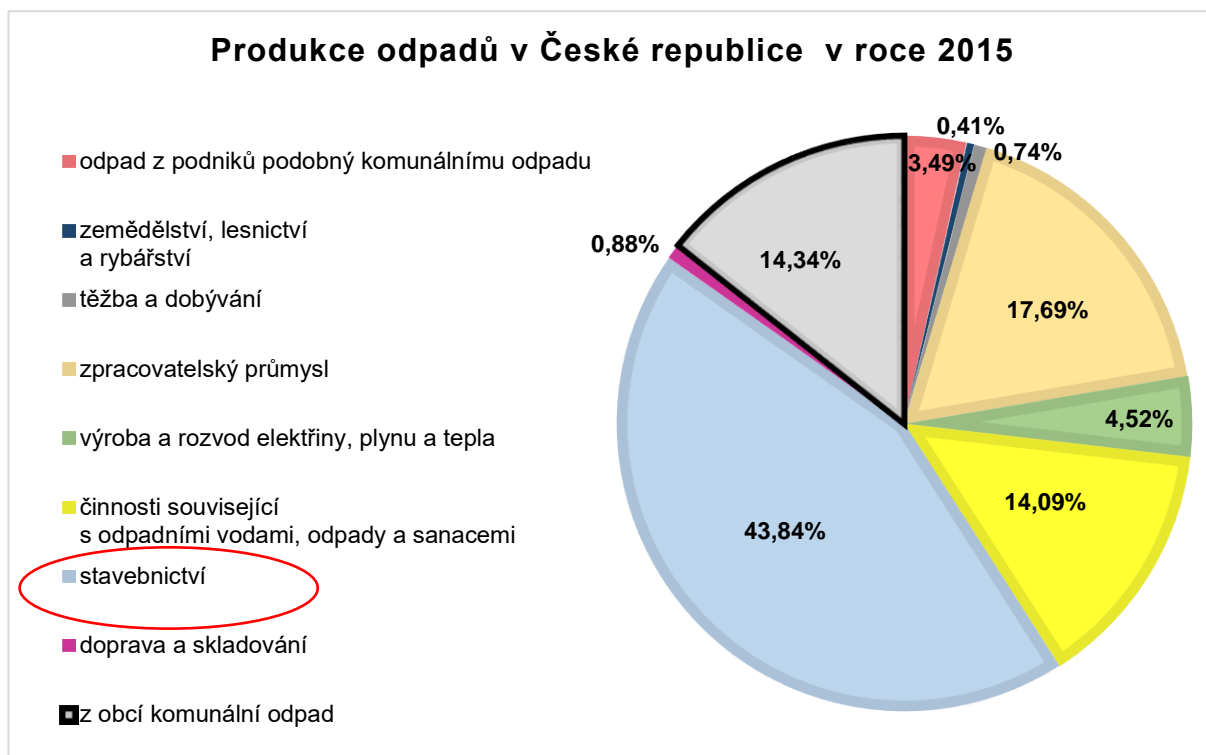
### 5.1. Recyklované materiály ze stavebního a demoličního odpadu

#### 5.1.1. Stavební a demoliční odpad

Významná část, téměř 44 % celkového odpadu v České republice, je produkována stavebnictvím (viz. Obrázek 4: Produkce odpadů v České republice v roce 2015). Stavební a demoliční odpad vzniká nejen při výstavbě, údržbě, rekonstrukcích, ale i při likvidaci staveb. Struktura stavebního odpadu je dána charakterem stavby. Největší část demoličního odpadu tvoří cihly a beton, hned za tím následuje množství dřeva a nejmenším množstvím jsou zde zastoupeny omítky a kovy.

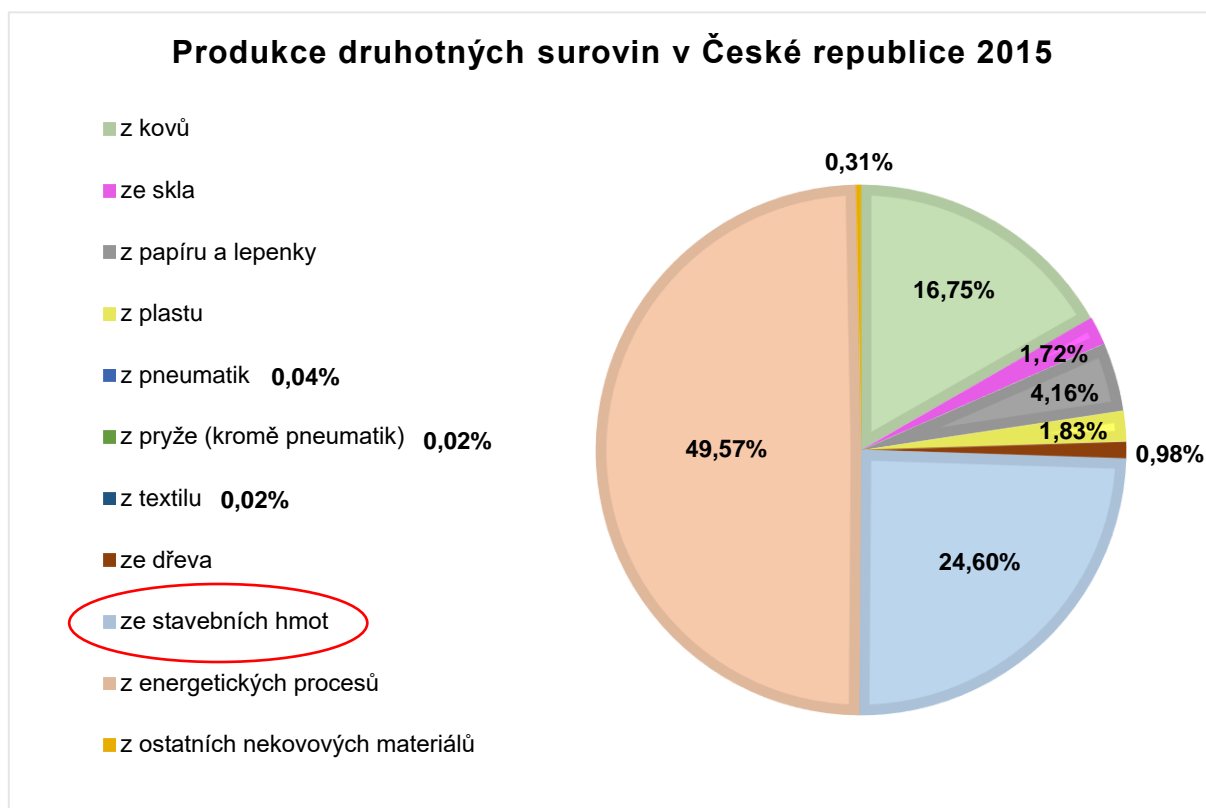
Zároveň se ve stavební výrobě velmi rozšiřuje využití recyklovaných materiálů z tohoto odpadu (viz. Obrázek 5: Produkce druhotných surovin v České republice 2015). Použití těchto materiálů převládá především při výstavbě inženýrských sítí jako obsypy nebo podkladní materiály oproti využití pro výrobu materiálů použitelných pro nosné konstrukční prvky. (10)

Obrázek 4: Produkce odpadů v České republice v roce 2015



Zdroj: Vytvořeno podle <https://www.czso.cz/documents/10180/32782508/280020-1601.pdf/d3ad044f-d082-4b95-bcb1-dd5ad6015bbc?version=1.0>, tvorba vlastní

Obrázek 5: Produkce druhotných surovin v České republice 2015



Zdroj: Vytvořeno podle <https://www.czso.cz/documents/10180/32782508/280020-1613.pdf/133b87f7-27ab-4f0d-9ca4-4a4699d045d3?version=1.0>, tvorba vlastní

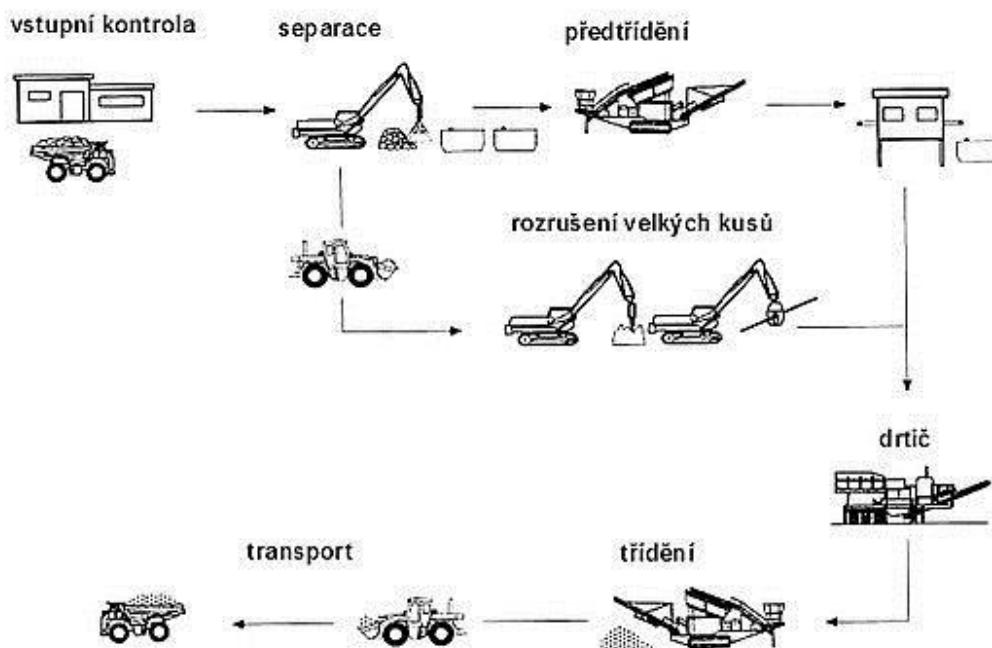
#### 5.1.1.1. Technologie recyklace stavebního a demoličního odpadu

Technologie recyklace odpadu ze stavebnictví je velmi komplikovaný a náročný proces, v rámci kterého se stavební odpad přeměňuje na recyklát. Na kvalitu vzniklého recyklátu má velký vliv kvalita přijímaného stavebního odpadu. Proces se neobejde bez kvalitních strojů a kvalifikovaných pracovníků. (10)

Na začátku procesu pracovník ručně vytřídí materiál, který se po očištění může znovu použít. Jedná se například o cihly, dlaždice, střešní tašky a podobně. Následuje oddělení materiálů jako je sklo, plast, kov a další. Proces pokračuje následným drcením a tříděním. Velké monolitické bloky, které přesahují svým rozměrem vstupní otvor drtiče, se pomocí hydraulického kladiva rozbijí na menší části a společně se zbylou sutí pokračují k zásobníku drtiče. V tomto zásobníku dochází k rozdrčení. Díky možnosti nastavení čelistí stroje lze určit velikost rozdrčených částic. Rozdrčené částice následně pokračují k třídícímu zařízení, kde nejprve elektromagnetický

separátor zbaví drť železných předmětů, jako jsou hřebíky a podobně. V poslední části procesu je drť roztříděna pomocí sít na různé frakce, které jsou následně připraveny k distribuci. (9)

Obrázek 6: Technologie recyklace stavebního odpadu



Zdroj: <http://www.cihlovyrecyklat.cz/zpracovani.html>

### 5.1.1.2. Technika používaná pro recyklaci stavebního a demoličního odpadu

Rozlišují se dva základní systémy pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů, a to:

- mobilní recyklační linky,
- stacionární recyklační linky.

Pro recyklaci stavební suti mobilními recyklačními linkami se používá čelistový nebo odrazový drtič, který je doplněný separátorem železa a vibrační třídíče. Linka dosahuje výkonu 15 až 100 t/h. Takto získaný recyklovaný materiál má největší uplatnění pro zásypy a drobné terénní úpravy.

V zemích Evropské unie se staví stacionární recyklační závody se dvěma drtiči – primární čelistový a sekundární odrazový drtič. Součástí linky jsou třídíče,

separátory, odlučovače železa a další zařízení s kapacitou mezi 200 až 300 t/h. Takto získaný recyklát je kvalitnější, ale v důsledku vysokých nákladů i dražší. (10)

Mobilní linky jsou pro provozovatele ekonomicky výhodnější a nejspíše i z tohoto důvodu se v České republice stacionární recyklační linky nepoužívají. Mobilní recyklační linky jsou zde využívány dvěma způsoby. K výrobě recyklátu ze stavebních odpadů dochází buď v prostorách určených k recyklaci materiálu, nebo přímo v místě, kde probíhá demolice. Druhý zmiňovaný způsob je šetrnější k životnímu prostředí, neboť odpadá přeprava stavebního odpadu a popřípadě i následné přivezení recyklátu zpět na staveniště. Nicméně se takovýmto způsobem recykluje méně než polovina stavebního odpadu u nás. (11)

Obrázek 7: Recyklační mobilní linka



Zdroj: [http://work.adamna.net/stavebni\\_stroj/predmet-bw03/prednaska-11#recyklační-linky](http://work.adamna.net/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-11#recyklační-linky)

Obrázek 8: Stacionární recyklační linka



Zdroj: [http://work.adamna.net/stavebni\\_stroj/predmet-bw03/prednaska-11#recyklační-linky](http://work.adamna.net/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-11#recyklační-linky)

### **5.1.2. Cihelný recyklát**

Vybourané cihelné zdivo tvoří poměrně velkou část stavebního odpadu, tím pádem i recyklovaný materiál vyrobený ze starého zdiva je výrazně rozšířen.

#### **Výroba:**

Výroba cihelného recyklátu probíhá ve třech základních krocích. První krok je předtřídění, kdy se ze zpracovávaného odpadu vyřadí nechtěné části jako je železo či dřevo. Následuje proces drcení, ke kterému dochází v drtiči. Zároveň je odstraněna i výztuž. Ve třetím kroku následuje třídění. Rozdrcené cihelné zdivo se roztřídí podle frakce od velikosti frakce 0-8 mm až po frakci 32-85 mm. V případě, že některé recykláty nesplňují velikost, jsou vráceny zpět do drtiče.

Výroba cihelného recyklátu probíhá na mobilních recyklačních linkách, a to buď v místě demolice nebo v místě určeném k recyklaci. (12)

#### **Vlastnosti:**

Největší vliv na výsledné vlastnosti recyklovaného materiálu má kvalita surovin, ze kterého je materiál vyráběn a následná kvalita výrobního procesu. U cihelného recyklátu je největším problémem velká nasákavost, která negativně souvisí s namrzavostí materiálu. Další vlastností bránící širšímu využití je poměrně nízká hodnota odolnosti proti drcení, která dosahuje přibližně jen 70 %. Z tohoto důvodu se nedoporučuje, aby se cihelný recyklát používal do konstrukčních vrstev vozovek. (12)

#### **Využití:**

Využití cihelného recyklátu závisí na velikosti frakce. Nejrozšířenější využití cihelného recyklátu je jako zásypový materiál, například při provádění rozvodů energií. Při této aplikaci se používá v nejjemnějších frakcích. Další možností, jak tento materiál využívat, je pro výrobu stavebních směsí jako plniva malt či pro výrobu cihlobetonu. Cihlobeton je spojením cihelného střepe a cementu. Používá se převážně jako výplňové zdivo u monolitických konstrukcí. Ve frakci od 32 mm se cihelný recyklát využívá například při stavbě lesních cest. (8)

Výrobou cihelných recyklátů se v České republice zabývá velké množství firem například firma OPEN re-eco s.r.o.



Obrázek 9: Cihelný recyklát



Zdroj: <http://www.i-bazar.cz/pictures/pics/cihlovy-recyklat-9538656.jpg>

### 5.1.3. Betonový recyklát

Vývojem nových technologií recyklace, zejména rozvojem postupu drcení a separace výztuže, získal betonový recyklát mnoho způsobů využití. Ty závisí jak na kvalitě betonu, který se recykluje, tak právě i na způsobu zpracování či na znalosti výsledných vlastností vyrobeného recyklátu.

#### **Výroba:**

Výroba betonového recyklátu probíhá z betonu i ze železobetonu. Betonový recyklát musí obsahovat minimálně 90 % betonu, zbylé množství mohou tvořit cihelné či skelné prvky. Proces zhotovení tohoto produktu je velmi obdobný jako u cihelného recyklátu. První krok výroby je předtřídění, následuje drcení betonu, kdy zároveň dochází i k odstranění výztuže. Ve třetím kroku následuje třídění do jednotlivých frakcí od frakce 0 až 8 mm až po frakci o velikosti 63 až 120 mm. Výroba tohoto materiálu probíhá taktéž v mobilních drtičích. (13)



**Vlastnosti:**

Vlastnosti betonového recyklátu, jak už bylo výše zmíněno, výrazně ovlivňuje kvalita recyklovaného betonu. Čistota výsledného recyklátu má významný vliv na mrazuvzdornost a nasákavost vzniklého materiálu. Obecně platí, že betonový recyklát má nižší objemovou hmotnost než přírodní kamenivo a vyšší nasákavost. (13)

**Využití:**

Betonový recyklát nejčastěji nahrazuje štěrkopísek či štěrkodrt'. Jako u cihelného recyklátu je i používání betonového recyklátu odlišné od velikosti frakce. Nejsnazší možnost jeho využití je jako zásypový materiál při provádění inženýrských sítí. Dále může být tento materiál použit do nestmelených podkladních vrstev vozovky či jako různé podsypy silnic či podsypy pod podlahy betonových konstrukcí. Betonový recyklát také dokáže nahradit kamenivo do betonů, ale tento způsob využití je omezen na betony nižších tříd, kde nejsou kladeny tak vysoké požadavky právě na kvalitu kameniva. (11)

Firma OPEN re-eco s.r.o. mimo cihelných recyklátů nabízí i betonové recykláty, další společností je například SETRA, spol. s.r.o. či DUFONEV R. C. s.r.o.

Obrázek 10: Betonový recyklát 0-8 mm



Zdroj: <http://www.recyklacebrno.cz/recyklaty>

Obrázek 11: Betonový recyklát 8-32 mm



Zdroj: <http://www.recyklacebrno.cz/recyklaty>

Obrázek 12: Betonový recyklát 32–85 mm



Zdroj: <http://www.recyklacebrno.cz/recyklaty>

#### **5.1.4. Recyklovaný polystyren**

Expandovaný polystyren se vyskytuje ve většině konstrukcí domu – od zateplení obvodového pláště, podlah až po zateplení střech. Izolační vrstva se nejčastěji připevňuje pomocí lepidla. Díky účinkům vysoké pevnosti lepidla vzniká ze spojení směsný odpad, který je dále nepoužitelný k recyklaci.

Z důvodu možnosti dalšího využití polystyrenu je vhodné používat technologie, které využívají kotvicí zařízení a povrchová úprava je tvořena vápenocementovou omítkou. Po oddělení takového souvrství vznikne materiál vhodný k recyklaci. Získaný recyklát tak nahrazuje prvotní suroviny, kde základní složku tvoří ropa. (10)

### **Výroba:**

Výroba začíná procesem třídění, kdy je starý polystyren roztříděn podle stupně znečištění. Pro výrobu tepelné izolace je třeba polystyren bez cizích příměsí. Po roztřídění následuje mechanické drcení polystyrenu. Výsledkem tohoto kroku je čistý recyklát. Použitím jednoduché technologie založené na tepelném zpracování se recyklát zpracuje na bloky daných rozměrů, které obsahují 50–70 % recyklátu a zbylé množství tvoří předpěněný polystyren. Bloky se následně rozřezávají odporovým drátem na požadované rozměry.

U znečištěného polystyrenu, například od malt či betonu, dochází také k mechanickému drcení. Tím ale proces výroby končí. Nadrcené částice polystyrenu se využívají jako plnivo. (10)

### **Vlastnosti:**

Vzniklé tepelné izolace z recyklovaného materiálu mají nízký difuzní odpor, způsobený možným průnikem vodní páry kanálky vytvořenými mezi původními částicemi recyklátu. Tepelná vodivost materiálu závisí na tepelné vodivosti původního polystyrenu díky tomu, že během výroby nedochází k žádné chemické změně. (14)

### **Využití:**

Použití recyklované tepelné izolace nabízí stejné možnosti jako použití tradičního expandovaného polystyrenu při zateplování podlah, plochých střech či stropů. Recyklát vyrobený ze znečištěného polystyrenu se ve formě nadrcených kuliček používá jako přísada při výrobě lehčeného betonu či tepelné omítky.

Mezi výrobce tepelné izolace z recyklovaného polystyrenu v České republice patřila firma SEPAS a.s. s izolací EKO SEPAS. Nyní však na trhu už tyto desky nenabízí. Může se jednat o stáhnutí z trhu díky nízkému zájmu zákazníků.

## 5.2. Recyklované materiály vzniklé v jiných odvětvích

### 5.2.1. Celulóza

Celulóza patří mezi jeden z nejvíce využívaných recyklovaných stavebních materiálů. Celulózová vlákna nabízejí ekologickou variantu tepelných izolací vyrobených z minerálních či skelných vláken.

#### **Výroba:**

Hlavní surovinou, která se využívá pro výrobu celulózy, je starý nejčastěji novinový papír. V rozvláknovací turbíně dojde k rozvláknění papíru. Zejména kvůli zvýšení požární odolnosti a odolnosti vůči parazitům se k vláknům přidává kyselina boritá přibližně v množství 4 % hmotnosti a síran hořečnatý v množství asi 12 % hmotnosti. Celulóza ve formě jemných vláken či granulí se nasype do pytlů a následně je připravena k distribuci. (15)

Aplikace celulózových vláken je možná vícero způsoby. Nejsnadnější způsob je volné nasypání celulózových vláken do dutin. Nevýhoda tohoto způsobu spočívá hlavně v nemožné regulaci objemové hmotnosti zásypového materiálu.

Druhá, a zároveň nejvyužívanější možnost aplikace umožňující jak nastavení dávkování materiálu, tak i regulaci objemové hmotnosti, je aplikace pomocí speciálního foukacího zařízení. Jako další možnost se nabízí aplikace nástřikem, kdy se k vláknům přidá voda či lepidlo. (15)

#### **Vlastnosti:**

Objemová hmotnost celulózy závisí především na způsobu aplikace. V případě, že se využije aplikace foukacím zařízením, pak objemová hmotnost dosahuje hodnot 30 až 60 kg/m<sup>3</sup>. Nejvyšších hodnot dosahuje při nástřiku s lepidlem, kdy tyto hodnoty jsou v rozmezí 45 až 90 kg/m<sup>3</sup>. Celulóza také disponuje výbornými tepelně izolačními vlastnostmi. Součinitel tepelné vodivosti se nachází v intervalu od  $\lambda = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  do  $0,045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Materiál má nízký difuzní odpor a je klasifikován jako vysoce hořlavý. (15)



## **Využití:**

Celulózu aplikovanou foukacím zařízením lze používat při zateplování stropů, podkroví, šikmých střech, ale i při zateplování svislých konstrukcí, například u předstěn či při zateplování fasád. U zděných staveb je potřeba při zateplování obvodových stěn celulózou využít ještě pomocné dřevěné konstrukce.

Granule vyrobené z celulózy se používají převážně do konstrukcí stropů a podlah. Výhodou granulí je, že k aplikaci není potřeba foukací zařízení a jejich nižší prašnost. (15)

V České republice mezi výrobce foukané izolace patří Enroll cz spol. s.r.o., který vyrábí foukané izolace Česká celulóza a Tempelan či firma Ciur a.s. s izolací Climatizer plus.

*Obrázek 13: Izolace z celulózy*



*Zdroj: <http://www.celbar.com/wp-content/themes/celbar/images/celbarcellulose.png>*

### **5.2.2. Pěnové sklo**

Pěnové sklo je stavební materiál s tepelně izolačními a protipožárními vlastnostmi, který se vyrábí z recyklovaného skla.

#### **Výroba:**

Základní surovinou pro výrobu pěnového skla je odpadní obalové sklo. V prvním kroku dojde k rozemletí základní suroviny na skleněný prach. Následuje smíchání prachu se speciálními chemickými činidly, které umožňují regulovat jak tavení hmoty, tak i nakypření dané látky. Vzniklá smíchaná hmota se do stanovené výšky rozprostře na pás vyložený speciálním rounem, na kterém hmota pokračuje do pece. Při dalším kroku proběhne řízené vypalování, kdy hmota za teploty až 900 °C nejprve nabobtná a poté díky řízenému ochlazení dojde k jejímu vytvrzení. Posledním krokem při výrobě pěnového skla je drcení vychladlé hmoty na kamenivo pomocí drtiče. Kamenivo je následně tříděno podle velikosti frakce. (16)

Pěnové sklo lze vyrábět i ve formě bloků. Způsob výroby je obdobný jako u kameniva z pěnového skla, pouze místo drcení se potřebné tvary a velikosti upravují pomocí ruční pily. (15)

#### **Vlastnosti:**

Pěnové sklo disponuje vysokou pevností v tlaku. Objemová hmotnost tohoto materiálu je přibližně šestkrát větší než objemová hmotnost běžného polystyrenu. Mezi největší výhody pěnového skla patří jeho nehořlavost, odolnost vůči chemickým a jiným vlivům a nenasákavost téměř pro veškeré kapaliny. (11)

#### **Využití:**

Využití pěnového skla ve formě kameniva je především jako izolační zásypy používané jak při zakládání staveb, tak i při rekonstrukcích jako zásypy do podlah. Pěnové sklo ve formě bloků se používá jako tepelná izolace střech, podlah a stěn. Jelikož je pěnové sklo velmi mechanicky odolné, lze ho používat i na střechy pochozí a pojízdné. (15)

V České republice se prodávají výrobky z pěnového skla pod obchodními značkami Geocell, Refaglass či Foamglas.

Obrázek 14: Pěnové sklo



Zdroj: [http://www.saaf.cz/eshop/img/news/penove\\_sklo.jpg](http://www.saaf.cz/eshop/img/news/penove_sklo.jpg)

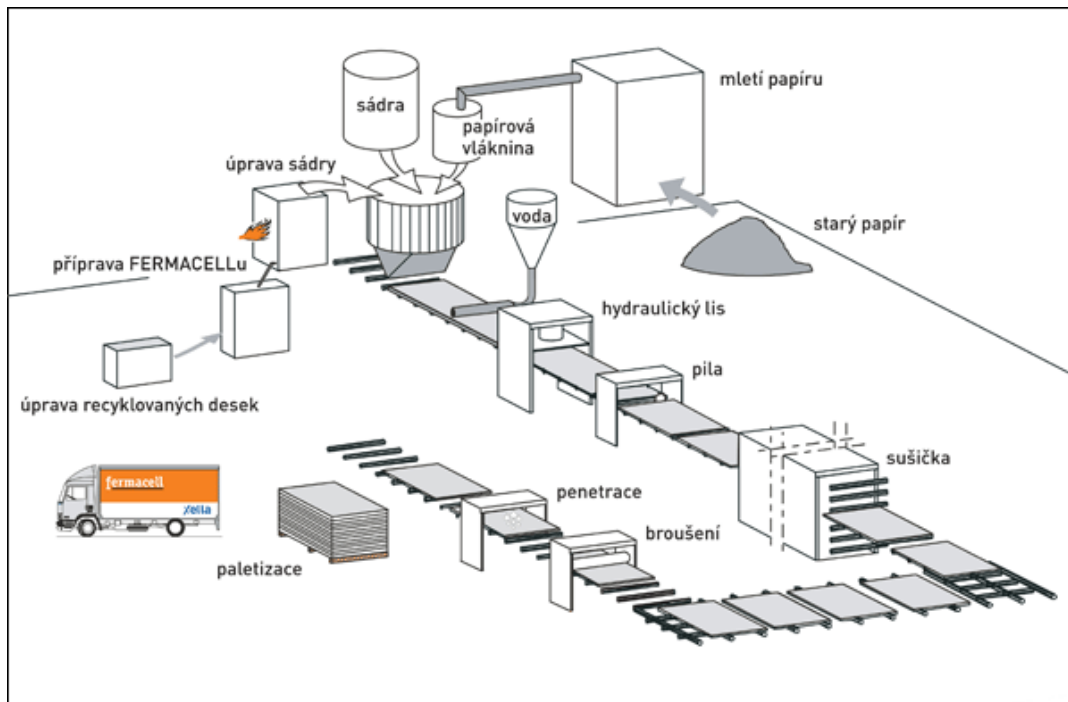
### 5.2.3. Sádroláknité desky Fermacell

Sádroláknité desky se podobají sádrokartonu, ale na rozdíl od sádrokartonu, který se skládá ze sádrové desky a z obou stran chránícím kartonem, je u sádroláknitých desek sádrová deska vyztužená celulóзовými vlákny.

#### **Výroba:**

Mezi primární suroviny pro výrobu desek Fermacell se tedy řadí sádra a celulózová vlákna. Pomocí recyklace novinového papíru se získají celulózová vlákna. V prvním kroku dojde k promíchání výše zmíněných surovin, kdy sádra a celulózová vlákna jsou přibližně v poměru 1:5. Následně se ke směsi přidá voda. Proces pokračuje lisováním do desek za použití vysokého tlaku. Desky se následně vysuší, naimpregnují a jsou řezány do požadovaných rozměrů. (17)

Obrázek 15: Výroba desek Fermacell



Zdroj: [http://www.fermacell.cz/fermacell\\_sadrovlaknite\\_desky\\_vyroba.php](http://www.fermacell.cz/fermacell_sadrovlaknite_desky_vyroba.php)

### Vlastnosti:

Objemová hmotnost materiálu se nachází v intervalu od 1 000 do 1 150 kg/m<sup>3</sup>. Vlastnosti sádrovláknitých desek jsou v oblasti pevnostních charakteristik lepší než u desek ze sádrokartonu. Hodnota součinitele tepelné vodivosti těchto desek je dle výrobce stanovena na  $\lambda = 0,32 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Desky jsou klasifikovány jako nehořlavé. (18)

### Využití:

Sádrovláknité desky Fermacell mají několik možností využití, kdy nejčastěji nahrazují sádrokartonové desky. Jejich vlastnosti jim umožňují použití v konstrukcích, na které jsou kladeny vysoké požadavky na mechanickou odolnost povrchu, únosnost, požární odolnost či akustickou izolaci. Díky jejich naimpregnování je lze aplikovat i do vlhkých prostor.

Desky se používají jak při stavbě nenosných i nosných příček, kdy spodní nosná konstrukce je tvořena kovem či dřevem, tak i při montáži požárních, štítových a předsazených stěn. Další možností využití těchto desek je jejich použití namísto roznášecí vrstvy do podlah či jako obklad stropů a podhledů. (15)



Sádrovláknité desky pod firemním názvem Fermacell nabízí a vyrábí nadnárodní koncern Xella International, v České republice zastoupen společností Xella CZ s.r.o.

Obrázek 16: Sádrovláknité desky Fermacell



Zdroj: <http://www.baulinks.de/webplugin/2016/i/1083-fermacell.png>

#### **5.2.4. Desky a panely z tetrapaku**

Každý rok se zvětšuje množství materiálů vyrobených recyklací z vysbíraných nápojových kartonů z takzvaných tetrapaků. Recyklační technologie se neustále zlepšují a jsou základem pro produkty, které před několika lety neexistovaly. Mezi tyto produkty právě patří i desky a panely z tetrapaku. (19)

##### **Výroba:**

Hlavní surovinou pro výrobu desek a panelů z tetrapaku jsou použité vrstvené obaly skládající se z vrstvy papíru, polyethylenu a hliníkové folie. Tyto obaly pocházejí jak z komunálního odpadu, tak i z technologického odpadu, který vzniká při výrobě vrstvených papírových kartonů. Proces výroby začíná vypráním tetrapaku. Druhým krokem je drcení tetrapaku pomocí drtícího zařízení. Rozdrcené vrstvené obaly se následně rovnoměrně rozprostřou do forem. Za použití daného tlaku a teploty se slisují

do desek. Vlákna a folie se spojí díky roztavenému polyetylenu. Při výrobě se nepoužívá lepidlo ani jiná chemická činidla. (20) Na výrobu jedné desky se přibližně spotřebuje 255 kusů litrových obalů od mléka. (19)

Při výstavbě lze desky využívat samostatně nebo jako izolační či sendvičové panely, kdy se mezi desky vkládá expandovaný polystyren či pěnový polyuretan. (20)

### **Vlastnosti:**

Desky z tetrapaku zevnějškem připomínají sádrokarton, ale jejich vlastnosti jsou nejen sádrokartonu konkurenceschopné, ale v některých oblastech dokonce lepší. Objemová hmotnost desek z tetrapaku činí přibližně  $743 \text{ kg/m}^3$ . Součinitel tepelné vodivosti desek se pohybuje okolo hodnoty  $\lambda = 0,177 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Desky jsou klasifikovány jako obtížně hořlavé. Také disponují nízkou nasákavostí a prezentují se vynikající pevností a pružností.

Pokud se jedná o izolační či sendvičové panely, které společně s deskou, popřípadě mezi deskami o tloušťce 10 až 20 mm, obsahují polystyren o tloušťce 40 až 200 mm, součinitel tepelné vodivosti se pohybuje v rozmezí od  $\lambda = 0,044$  do  $\lambda = 0,053 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  v závislosti na tloušťce izolace. (20)

### **Využití:**

Nejčastěji se desky využívají jako obkladový materiál, který se může aplikovat uvnitř i vně stavby, kde bude následně deska opatřena omítkou či obkladem. Dále lze tyto desky využívat jako ztracené bednění, například při betonáži svislých konstrukcí. Samozřejmostí je použití desek jako podkladů při řešení podlah či použití modifikovaných desek u podlahového vytápění. Sendvičové panely se využívají při výstavbě příček, izolační panely při zateplování staveb.

V posledních letech se také rozšířilo používání sendvičových panelů z tetrapaku pro obvodové konstrukce při výstavbě montovaných jednopodlažních rodinných domů, kdy nosná část je tvořena dřevěnou či ocelovou konstrukcí. (21)

Na českém trhu jsou k dispozici desky a panely z tetrapaku od výrobce Flexibuild, který nabízí desky pod stejnojmennou obchodní značkou či desky od slovenské společnosti Kuruc Company s názvem Tetra K.

Obrázek 17: Tetra K deska



Zdroj: <http://www.designcabinet.cz/doporucujeme/tetra-k-desky>

### 5.2.5. Střešní krytina z recyklovaného plastu

Střešní krytina vyráběné z recyklovaného materiálu nejsou v České republice tak rozšířené. Nabízejí však jednu z možností, jak nahradit už tradiční břidlice nebo šindele, které jsou pro zákazníka cenově náročnější, či možnost, jak nahradit pro zdraví člověka závadný eternit.

#### **Výroba:**

Recyklovaná střešní krytina se vyrábí z odpadního plastu. Tento plast má původ především v automobilovém průmyslu či u kabelových izolantů. Potřebné suroviny polyvinylchlorid, popřípadě polyetylen a polypropylen, se z odpadu získávají pomocí separace. K těmto surovinám se následně přidají různá činidla, která vedou ke zlepšení vlastností střešní krytiny. (18)

#### **Vlastnosti:**

Střešní krytina vyrobená z recyklovaného plastu má stejný vzhled jako tradičně využívané břidlicové či šindelové krytiny. Mezi základní vlastnosti střešní krytiny patří jak odolnost vůči mechanickému opotřebení, tak odolnost vůči vnějším klimatickým jevům a UV záření. Dalšími kladnými vlastnostmi je velmi malá hmotnost, vysoká pevnost, snadná tvarovatelnost krytiny, nenasákavost či dlouhá životnost. (18)

### **Využití:**

Jak již bylo řečeno výše, střešní krytina z recyklovaného plastu nabízí možnost nahradit tradiční střešní materiály při stavbě či rekonstrukcích šikmých střech.

Recyklovanou střešní krytinu nabízí český výrobce Regra Plast pod obchodním názvem Eureka či firma Capacco se stejnojmennou střešní krytinou.

Náhradu za keramické či betonové střešní tašky nabízí česká firma Tři pyramidy s.r.o. Produktem této firmy je plastbetonová krytina vyrobená z drceného polyethylenu a křemičitého písku. (18)

*Obrázek 18: Střešní krytina EUREKO*



*Zdroj: [http://www.sindel-stresni.cz/fotky16080/fotom/\\_f\\_157DSCN8971.jpg](http://www.sindel-stresni.cz/fotky16080/fotom/_f_157DSCN8971.jpg)*

### **5.2.6. Recyklovaná džínovina**

V České republice je recyklovaná džínovina nejméně známý a používaný recyklovaný materiál ve stavebnictví.

#### **Výroba:**

Zhotovení recyklované džínoviny je časově i energeticky nenáročné. Hlavní surovina pro výrobu tohoto materiálu jsou vlákna bavlny. Tato vlákna jsou získávána ze zbytků textilu, především džínů, vznikajících ve výrobních továrnách. (21) V prvním kroku pracovníci textil ručně roztřídí podle různých kritérií například barvy, čistoty,

pevnosti či složení materiálu. V dalším kroku se textil zbaví nechtěných součástí, například zipů. Následuje sekání materiálu v rotačních sekacích strojích, poté jsou použity trhací stroje, které pomocí ocelových kolíků z materiálu vytrhávají vlákna. (22) K recyklovaným vláknům, která tvoří až 85 % výsledného produktu, se poté přidají přípravky na bázi boritanu spolu s olefinovými vlákny, které přispívají jak k požární odolnosti, tak odolnosti proti škůdcům a plísním. (21)

### **Vlastnosti:**

Recyklovaná džínovina se vyrábí v rozměrech od 50 do 200 mm tloušťky a výborně izoluje tepelně i zvukově. Součinitel tepelné vodivosti tohoto materiálu se pohybuje okolo hodnoty  $\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Materiál je klasifikován jako nehořlavý. (23)

### **Využití:**

Tento materiál se může využívat pro zateplování vodorovných konstrukcí, jako stropů a střeš, či pro zateplení svislých konstrukcí, například příček.

Recyklovaná džínovina není na českém trhu zatím dostupná, v zahraničí se prodává pod obchodním názvem ULTRATOUCH.

*Obrázek 19: Tepelná izolace z recyklované džínoviny*



*Zdroj: <https://continuingeducation.bnpmmedia.com/courses/resilient-floor-covering-institute-rfc/whole-system-acoustical-treatments/5/>*

### **5.2.7. Foukaná izolace ze skelných vláken**

Popularita foukaných izolací v naší republice stále roste. Přispívají k tomu zvyšující se energetické požadavky na zateplení budov i snadnost její aplikace. Dalším kladem těchto izolací je, že jsou spotřebovávány beze zbytku. Mimo již zmíněnou foukanou izolaci z celulózy stojí jistě za pozornost i foukaná izolace ze skelných vláken. Hlavní složkou této izolace je recyklované sklo.

#### **Výroba:**

Základní surovinou pro výrobu foukané izolace ze skelných vláken je recyklované sklo, popřípadě skelná vlna. Při výrobě se nepoužívají žádná pojiva, nebo pouze pojiva přírodní. Ta nahradila dříve používané přísady z ropy.

Nejprve se v peci sklo rozžhaví na teplotu asi 1400 °C a díky rotačního bubnu se vloží do kanálků, kde dojde k jeho rozvláknění. Vzniklá vlákna následně padají na pás do vytvrzovací pece. Případné použití pojiva zlepšuje následnou pevnost, pružnost a životnost izolací. (24)

#### **Vlastnosti:**

Objemová hmotnost tepelné izolace z recyklovaného skla se pohybuje od 12 do 35 kg/m<sup>3</sup>. V závislosti na objemové hmotnosti je součinitel tepelné vodivosti stanoven na hodnotu 0,034 až 0,042 W/(m·K). Materiál je klasifikován jako nehořlavý. Další důležitou vlastností této izolace je její nenasákavost. (25)

#### **Využití:**

Tato izolace je určena pro aplikaci pomocí foukacího zařízení. Používá se k zateplení vodorovných konstrukcí jako podkroví a stropů. Další využití je aplikace do dutin v trámových střepech či do dvouplášťových plochých střech. Tento princip zateplení se využívá především u pasivních a nízkoenergetických domů. (25)



Výrobou izolací z recyklované skelné vlny se zabývá firma Knauf Insulation s.r.o s izolací Supafil Loft 045, která je bez přídavku pojiv a s izolací Thermo, která se vyrábí s přídavkem přírodních pojiv. Izolaci Supafil Loft 045 je možné použít i při zateplení šikmých a svislých konstrukcí. (25)

Obrázek 20: Foukaná izolace Thermo



Zdroj: [http://registrace.novazelenausporam.cz/gallery/923/277079-thermo\\_046.jpg](http://registrace.novazelenausporam.cz/gallery/923/277079-thermo_046.jpg)

## 6. POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ RECYKLOVANÝCH MATERIÁLŮ S MATERIÁLY TRADIČNÍMI

V této části práce budou porovnávány materiály využívané při různých fázích výstavby, od podsypů základových konstrukcí, přes obvodové konstrukce, deskové materiály až po tepelné izolace používané při zateplení střech, stropů či fasád. Materiálů je zde vždy uvedeno několik druhů od více výrobců, aby bylo zajištěno co nejvíce srovnání. Hodnoty u jednotlivých materiálů jsou použity z ceníků a technických listů výrobců. Od počátku se však vyskytovaly problémy s nedostatkem informací uváděných výrobcem.

### 6.1. Základní parametry

Mezi základní parametry sloužící k porovnání stavebních materiálů patří následující měřítka:

- **cena** – Cenou je vyjádřena peněžní hodnota materiálu.
- **součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$**  – Tento součinitel vystihuje schopnost materiálu vést teplo. Čím je tato hodnota menší, tím se zlepšují tepelně izolační vlastnosti materiálu. (5)
- **měrná tepelná kapacita  $c$**  – Měrná tepelná kapacita vyjadřuje teplo potřebné k ohřátí jedné jednotky hmotnosti dané látky v kilogramech o jeden stupeň Celsia. (5)
- **faktor difuzního odporu  $\mu$**  – Tento parametr určuje, kolikrát je lepší propustnost vodní páry nehybnou vrstvou vzduchu oproti propustnosti stejnou tloušťkou dané látky. Čím je hodnota tohoto faktoru vyšší, tím narůstá odpor materiálu vůči propustnosti vodní páry. (26)
- **ekologicky šetrný materiál** – Rozumí se tím, že materiál je nezávadný k životnímu prostředí a popřípadě se dá i po skončení životnosti recyklovat. (27)



- **životnost** – Jedná se o průměrnou dobu, po kterou stavební materiál splňuje svůj úkol v rámci stanovených provozních podmínek a jeho opotřebení je v rámci předepsané tolerance. (28)
- **třída reakce na oheň** – Tento parametr udává, jak daný materiál přispívá k šíření ohně neboli jakou rychlostí materiál hoří. Rozlišuje se sedm základních skupin. (5)

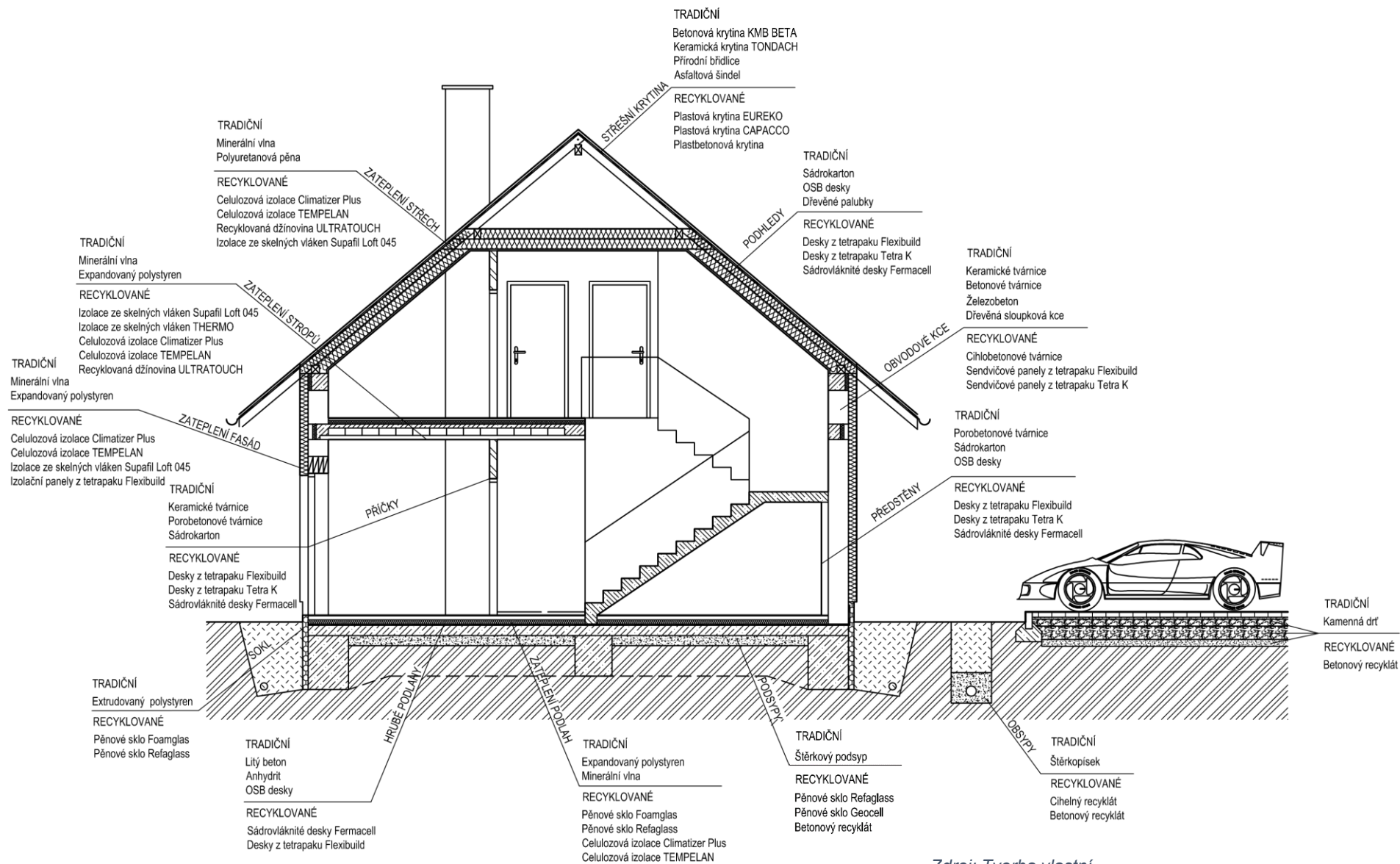
Tabulka 1: Třída reakce na oheň

TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ	JAK PŘÍSPÍVÁ K POŽÁRU
A1	Nehořlavé
A2	Téměř nehořlavé
B	Velmi omezeně přispívá ke vzniku požáru
C	Omezeně, ale postřehnutelně přispívá ke vzniku požáru
D	Podstatně přispívá ke vzniku požáru
E	Značně přispívá ke vzniku požáru
F	Výrobky, které nelze zařadit výše

Zdroj: Vytvořeno podle <http://www.rockwool.cz/kamenna-vlna/pozarni-bezpecnost/ohen/reakce-na-ohen>, tvorba vlastní

- **mrazuvzdornost** – Mrazuvzdornost představuje odolnost materiálu vůči mrazu. Základní jednotkou mrazuvzdornosti je cyklus. Během jednoho cyklu dochází k nasycení materiálu vodou, zmrazení z hodnoty 20 °C na -20 °C a následnému zahřátí zpět na původní teplotu. (15)

Obrázek 21: Recyklované a tradiční stavební materiály



Zdroj: Tvorba vlastní

## 6.2. Podsyпы základových konstrukcí

Do porovnání byly nejprve vybrány materiály využívané jako podsyпы při zakládání staveb. Jako zástupce tradičního materiálu byl zvolen štěrkový podsyп, z recyklovaného materiálu pak štěrk z pěnového skla.

Tabulka 2: Porovnání podsyпů základových konstrukcí

	MATERIÁL TRADIČNÍ		MATERIÁL RECYKLOVANÝ	
	Štěrkový podsyп 11/22 mm		Štěrk z pěnového skla Refaglass 16/32 mm	Štěrk z pěnového skla Geocell 10/30 mm
Cena za 1 t bez DPH [Kč]	250 Kč		5 148 Kč	5 530 Kč
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]	0,930		0,081	0,080
Měrná tepelná kapacita $c$ [J/kgK]	840		840	850
Faktor difuzního odporu $\mu$ [-]	5-23		zcela parotěsný	zcela parotěsný
Ekologicky šetrný výrobek	/		Recyklovatelné	Recyklovatelné
Třída reakce na oheň [-]	/		A1	A1

/ informace nebyly nalezeny

Zdroj: Tvorba vlastní

Při tomto porovnání byly zjištěny výhody a nevýhody štěrku z pěnového skla:

### Výhody:

- Výborné tepelně izolační vlastnosti
- Nenasákavost
- 100 % recyklovatelné
- Nehořlavý
- Vysoká pevnost v tlaku

### Nevýhody:

- Cena

### 6.3. Obvodové konstrukce

Možností nahrazení tradičních materiálů za recyklované v obvodových konstrukcích není mnoho. Za jednu z nich lze považovat cihlobetonové tvárnice či sendvičové panely z tetrapaku. Hlavním problémem při hledání informací o těchto materiálech bylo jejich nedostatečné množství uváděné výrobcí.

Tabulka 3: Porovnání obvodových konstrukcí

	MATERIÁL TRADIČNÍ			MATERIÁL RECYKLOVANÝ		
	Keramické tvárnice HELUZ tl. 300 mm	Betonové tvárnice KB BLOK tl. 300 mm	ŽB C 25/30 tl. 300 mm	Cihlobetonové tvárnice	Sendvičové panely z tetrapaku Flexibuild	Sendvičové panely z tetrapaku TetraK
Cena za 1 m <sup>2</sup> bez DPH [Kč]	688 Kč	1 104 Kč	/	/	/	554 Kč*
Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	670	1150	2500	1600	/	580
Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	0,093	1,300	1,580	0,690	0,053	0,050
Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	1000	1020	1020	840	/	/
Faktor difuzního odporu μ [-]	5	/	32	8	320	375
Životnost [rok]	80–150	60–80	60–80	/	80	80
Ekologicky šetrný výrobek	ANO, z přírodních surovin recyklovatelné	Recyklovatelné	/	ANO	Ne, polystyren vyroben z ropy	Ne, polystyren vyroben z ropy
Třída reakce na oheň [-]	A1	A1	A1	/	/	C

/ informace nebyly nalezeny

Zdroj: Tvorba vlastní

Výsledkem srovnání výše uvedených materiálů je zjištění těchto výhod a nevýhod recyklovaných obvodových konstrukcí z tetrapaku:

#### Výhody:

- Cena
- Lepší tepelně izolační vlastnosti
- Rychlost výstavby

#### Nevýhody:

- Přispívá ke vzniku požáru
- Menší odolnost vůči mechanickému poškození

## 6.4. Zateplení střech, stropů, stěn

U tepelných izolací byly nejprve porovnávány izolační materiály šikmých střech (viz. Tabulka 4: Porovnání zateplení šikmých střech), následně materiály používané k zateplení stropů (viz. Tabulka 5: Porovnání zateplení stropů), dále k zateplení podlah (viz. Tabulka 6: Porovnání zateplení podlah) a nakonec izolační materiály stěn (viz. Tabulka 7: Zateplení fasády). Recyklované tepelné izolace jako celulóza, recyklovaná dřínovina, izolace ze skelných vláken či desky z pěnového skla byly porovnávány s klasickými materiály, minerální vatou a expandovaným polystyrenem.

Tabulka 4: Porovnání zateplení šikmých střech

	MATERIÁL TRADIČNÍ		MATERIÁL RECYKLOVANÝ			
	Minerální vlna ROCKMIN PLUS tl. 100 mm	Polyuretanová pěna PUR Izolace SOFT tl. 100 mm	Celulózová izolace Climatizer Plus tl. 100 mm	Celulózová izolace TEMPELAN tl. 100 mm	Recyklovaná dřínovina ULTRATOUCH	Izolace ze skelných vláken Supafil Loft 045 tl. 100 mm
Cena za 1 m <sup>2</sup> bez DPH [Kč]	86 Kč	270 Kč	133 Kč vč. zafoukání	86-95 Kč vč. zafoukání	467* Kč	120 Kč vč. zafoukání
Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	0,037	0,035	0,035 - 0,042	0,037 - 0,040	0,037	0,034 - 0,045
Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	840	800	1907	2000	/	840
Faktor difuzního odporu μ [-]	1	3,5	1,1 -3	1,5	/	1
Ekologicky šetrný výrobek	Ne, obsah formaldehydu	/	ANO	ANO	ANO	ANO
Třída reakce na oheň [-]	A1	E	C	B	A1	A1

\* využít kurz ČNB k 31.3.2017 1USD = 25,282 Kč

/ informace nebyly nalezeny

Zdroj: Tvorba vlastní

Tabulka 5: Porovnání zateplení stropů

	MATERIÁL TRADIČNÍ		MATERIÁL RECYKLOVANÝ				
Cena za 1 m <sup>2</sup> bez DPH [Kč]	Minerální vlna ROCKMIN PLUS tl. 100 mm	Expandovaný polystyren Isover EPS 70F tl. 100 mm	Izolace ze skelných vláken Supafil Loft 045 tl. 100 mm	Izolace ze skelných vláken Thermo tl. 100 mm	Celulózná izolace Climatizer Plus tl. 100 mm	Celulózná izolace TEMPELAN tl. 100 mm	Recyklovaná dřívovina ULTRATOUCH
Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	71 Kč	125 Kč	109 Kč vč. zafoukání	123 Kč vč. zafoukání	109 Kč vč. zafoukání	67 Kč vč. zafoukání	467* Kč
Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	0,037	0,039	0,034 - 0,045	0,040	0,035 - 0,042	0,037 - 0,040	0,037
Faktor difuzního odporu μ [-]	840	1270	840	/	1907	2000	/
Ekologicky šetrný výrobek	1	20-40	1	1	1,1 -3	1,5	/
Třída reakce na oheň [-]	Ne, obsah formaldehydu	Ne, vyroben z ropy	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
	A1	E	A1	A1	C	B	A1

\* využít kurz ČNB k 31.3.2017 1USD = 25,282 Kč

/ informace nebyly nalezeny

Zdroj: Tvorba vlastní

Tabulka 6: Porovnání zateplení podlah

	MATERIÁL TRADIČNÍ		MATERIÁL RECYKLOVANÝ	
Cena za 1 m <sup>2</sup> bez DPH [Kč]	Podlahový polystyren BACHL EPS 100 S tl. 120 mm	Minerální vlna Rockwool Steprock tl. 2x 60 mm	Desky z pěnového skla Foamglas FLOOR BOARD T4+ tl. 120 mm	Desky z pěnového skla Refaglass tl. 120 mm
Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	154 Kč	325 Kč	1 851 Kč	1 000 Kč
Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	0,037	0,037	0,041	0,060
Pevnost v tlaku [kPa]	1 270	840	1 000	850
Faktor difuzního odporu μ [-]	≥ 100	/	≥ 600	/
Ekologicky šetrný výrobek	50	1	∞	/
Třída reakce na oheň [-]	Ne, vyroben z ropy	Ne, obsah formaldehydu	ANO	Recyklovatelný
	E	A1	A1	A1

/ informace nebyly nalezeny

Zdroj: Tvorba vlastní

Tabulka 7: Porovnání zateplení fasády

	MATERIÁL TRADIČNÍ		MATERIÁL RECYKLOVANÝ			
	Minerální vlna TF PROFÍ tl. 100 mm	Expandovaný polystyren Isover EPS 70F tl. 100 mm	Celulózová izolace Climatizer Plus tl. 100 mm	Celulózová izolace TEMPELAN tl. 100 mm	Izolační panely Flexibuild	Izolace ze skelných vláken Supafil Loft 045 tl. 100 mm
Cena za 1 m <sup>2</sup> bez DPH [Kč]	199 Kč	125 Kč	163 Kč vč. zafoukání	164 Kč vč. zafoukání	/	120 Kč vč. zafoukání
Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	0,036	0,039	0,035 - 0,042	0,037 - 0,040	0,046	0,034 - 0,045
Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	800	1270	1907	2000	/	840
Faktor difuzního odporu μ [-]	1	20-40	1,1 -3	1,5	202	1
Ekologicky šetrný výrobek	Ne, obsah formaldehydu	Ne, vyroben z ropy	ANO	ANO	Ne, polystyren vyroben z ropy	Recyklovatelná
Třída reakce na oheň [-]	A1	E	C	B	/	A1

/ informace nebyly nalezeny

Zdroj: Tvorba vlastní

Porovnání tepelných izolací ukázalo následující výhody a nevýhody foukané tepelné izolace z celulózy:

#### Výhody:

- Cena
- Lepší tepelně izolační vlastnosti
- Ekologicky šetrný materiál
- Nevznikají odřezky při aplikaci

#### Nevýhody:

- Přispívá ke vzniku požáru
- Nutnost využití pomocných konstrukcí při zateplování např. obvodových stěn u zděných staveb

Při tomto porovnání byly také zjištěny výhody a nevýhody foukané izolace z recyklovaného skla:

**Výhody:**

- Lepší tepelně izolační vlastnosti
- Ekologicky šetrný materiál
- Nehořlavé
- Nevznikají placené odřezky při aplikaci

**Nevýhody:**

- Nutnost využití pomocných konstrukcí při zateplování např. obvodových stěn u zděných staveb

Dalším porovnávaným materiálem byla recyklovaná džínovina ULTRATOUCH. Výhody a nevýhody jejího využití jsou následující:

**Výhody:**

- Ekologicky šetrný materiál
- Nehořlavé

**Nevýhody:**

- Cena
- Nedostupnost na českém trhu

Posledním porovnávaným materiálem mezi tepelnými izolacemi byly desky z pěnového skla. Byly zjištěny tyto výhody a nevýhody desek z pěnového skla:

**Výhody:**

- Cena
- Ekologicky šetrný materiál
- Nehořlavé
- Vysoká pevnost v tlaku

**Nevýhody:**

- Horší tepelně izolační vlastnosti



## 6.5. Deskové materiály

U deskových materiálů byly k porovnávání vybrány materiály využívané při provádění podhledů či používané při výstavbě příček a předstěn. Jako tradiční materiály byly zvoleny sádrokarton, OSB desky a dřevěné palubky. Z recyklovaných materiálů byly porovnávány desky z tetrapaku a sádrovláknité desky.

Tabulka 8: Porovnání deskových materiálů

	MATERIÁL TRADIČNÍ			MATERIÁL RECYKLOVANÝ		
	Sádrokarton RIGIPS tl. 9,5 mm	OSB desky tl. 10 mm	Dřevěné palubky klasické SECA tl. 12,5 mm	Desky z tetrapaku Flexibuild tl. 10 mm	Desky z tetrapaku TetraK tl. 10 mm	Sádrovláknité desky Fermacell tl. 10 mm
Cena za 1 m <sup>2</sup> bez DPH [Kč]	43 Kč	83 Kč	149 Kč	/	77 Kč*	130 Kč
Objemová hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	750	600	400	743	/	1100
Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	0,210	0,100	0,150	0,180	0,146	0,320
Faktor difuzního odporu μ [-]	8	150	4,5	/	136	13
Ekologicky šetrný výrobek	/	/	/	ANO	ANO	ANO
Třída reakce na oheň [-]	A2	D	D	E	C-D	A2

\* využít kurz ČNB k 31.3.2017 1EURO = 27,030 Kč  
/ informace nebyly nalezeny

Zdroj: Tvorba vlastní

Výsledkem srovnání těchto materiálů je zjištění těchto výhod a nevýhod recyklovaných deskových materiálů:

### Výhody:

- Cena desek z tetrapaku oproti ceně za OSB desky
- Ekologicky šetrný materiál
- Únosnost sádrovláknitých desek oproti sádrokartonu

### Nevýhody:

- Cena sádrovláknitých desek a desek z tetrapaku oproti sádrokartonu
- Horší tepelně izolační vlastnosti
- Dostupnost desek z tetrapaku na českém trhu

## 6.6. Střešní krytina

U střešních krytin byly porovnávány tradiční materiály jako betonová střešní krytina, keramická střešní krytina, přírodní břidlice a asfaltový šindel se střešními krytinami vyrobenými z recyklovaného plastu.

Tabulka 9: Porovnání střešních krytin

	MATERIÁL TRADIČNÍ				MATERIÁL RECYKLOVANÝ		
	Betonová krytina KMB BETA Brilliant – černá	Keramická krytina TONDACH Samba černá	Přírodní břidlice Troppa, Moravské krytí 30x30cm	Asfaltový šindel IKO CAMBRIDGE XPRESS	Střešní krytina EUREKO – základní šablona BNC, černá	Střešní krytina Capacco – Jesenická šablona, černá	Plastbetonová krytina Tři pyramidy – taška základní černá
Cena za 1 m <sup>2</sup> bez DPH [Kč]	302 Kč	359 Kč	841 Kč	189 Kč	310 Kč	218 Kč	359 Kč
Nasákavost [%]	max 9 %	/	max 0,2 %	max 2 %	max 0,5 %	/	0 %
Mrazu vzdornost [cykly]	25	150	/	/	/	/	150
Plošná hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	45	43,3	25	12	6	11,5	25
Ekologicky šetrný výrobek	/	ANO, z přírodních surovin recyklovatelné	Ano, čistě přírodní bez chemických přísad	/	ANO	ANO	ANO
Životnost [rok]	100	100	80–100	50	50	40	50
Třída reakce na oheň [-]	A1	A1	A1	E	F	/	/
Poskytovaná záruka	30	33	10	15	30	20	36

/ informace nebyly nalezeny

Zdroj: Tvorba vlastní

Po provedení tohoto porovnání byly zjištěny tyto výhody a nevýhody střešních krytin z recyklovaného plastu:

### Výhody:

- Nízká hmotnost
- Nízká nasákavost
- Podobný vzhled
- Nerozbitnost

### Nevýhody:

- Nižší životnost
- Třída reakce na oheň F

## 6.7. Vyhodnocení vlastností recyklovaných materiálů

Porovnání recyklovaných a tradičních materiálů používaných při různých fázích výstavby ukázalo, že jsou recyklované stavební materiály nejen konkurenceschopné, ale dokonce v některých vlastnostech i lepší. Je důležité si však uvědomit, že materiál plní svoji funkci s ohledem na konstrukci, do které je určen. Stavební materiály jsou do konstrukce navrhovány tak, aby jako celek plnily svoji funkci nejlépe, jak mohou.

Při porovnání podsypů pod základové konstrukce pěnové sklo disponuje lepšími tepelně izolačními vlastnostmi, nenasákavostí a vysokou pevností. Jeho velkou nevýhodou je však až dvacetinásobná cena za jednu tunu oproti ceně za štěrkový podsyp.

V obvodových konstrukcích není zatím rovnocenná náhrada za keramické či betonové tvárnice. Jedinou možností nabízejí cihlobetonové tvárnice, které ale musí být použity současně s kontaktním zateplovacím systémem. Další možností použití recyklovaných materiálů v obvodových konstrukcích je využití panelů z tetrapaku. Tyto panely vynikají nízkou pořizovací cenou, rychlostí výstavby i lepšími tepelně izolačními vlastnostmi. Nevýhodou těchto panelů je nižší odolnost vůči mechanickému poškození a vůči požáru. Životnost je srovnatelná s betonovými tvárnicemi.

Největší rozmanitost ve využití recyklovaných materiálů nabízejí tepelné izolace. Foukané tepelné izolace z celulózy či skelných vláken jsou ekologicky šetrné, jejich předností je cena, výborné tepelně izolační vlastnosti a jejich aplikace bez zbytečného odpadu. Nevýhodou foukaných izolací je naopak nutnost použití pomocné konstrukce při zateplování, například obvodových zdí. Izolace z celulózy má také oproti ostatním izolačním materiálům horší odolnost proti požáru. Dalším porovnávaným materiálem byla recyklovaná džínovina. Recyklovaná džínovina nevykazuje svými vlastnostmi nad tradičními materiály. Naopak její nevýhodou je jak vysoká cena, tak i prozatímní nedostupnost na českém trhu. Následovalo porovnání desek z pěnového skla. Jako největší výhoda se ukázala vysoká pevnost v tlaku, což dokazuje možnost využití izolace u pochozích a pojízdných střech. Nevýhodou izolace jsou horší tepelně izolační vlastnosti a až desetnásobná cena oproti tradičním izolacím.

U deskových materiálů je možnost nahrazení tradičních materiálů sádrovláknitými deskami a deskami z tetrapaku. Mezi výhody těchto desek patří jejich ekologická šetrnost. Sádrovláknité desky vynikají vysokou únosností oproti

sádrokartonu. Desky z tetrapaku jsou zase cenově příznivější než OSB desky. Naopak cena sádrovláknitých desek je vyšší než u tradičních materiálů. Nevýhodou recyklovaných deskových materiálů jsou jejich horší tepelně izolační vlastnosti.

Střešní krytiny z recyklovaného plastu se vzhledově příliš neliší od tradičních, jsou cenově srovnatelné, v některých případech i cenově dostupnější. Mezi další přednosti těchto střešních krytin patří nízká hmotnost, nízká nasákavost a jejich nerozbitnost. Jedinou nevýhodou je nižší životnost, která je u výrobců uvedena jen poloviční oproti keramickým a betonovým střešním krytinám.

Tabulka 10: Výsledky zkoumaných vlastností

<b>PODSYPY ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ</b>	
<b>ZKOUMANÉ VLASTNOSTI</b>	<b>LEPŠÍ ALTERNATIVA MATERIÁLU</b>
Cena	Tradiční
Tepelné vlastnosti	Recyklované
Faktor difuzního odporu	Recyklované
Ekologie	Recyklované
Reakce materiálu na oheň	Recyklované
<b>OBVODOVÉ KONSTRUKCE</b>	
<b>ZKOUMANÉ VLASTNOSTI</b>	<b>LEPŠÍ ALTERNATIVA MATERIÁLU</b>
Cena	Recyklované
Tepelné vlastnosti	Recyklované/Tradiční
Faktor difuzního odporu	Recyklované
Životnost	Tradiční
Ekologie	Recyklované/Tradiční
Reakce materiálu na oheň	Tradiční
<b>TEPELNÉ IZOLACE</b>	
<b>ZKOUMANÉ VLASTNOSTI</b>	<b>LEPŠÍ ALTERNATIVA MATERIÁLU</b>
Cena	Recyklované/Tradiční
Tepelné vlastnosti	Recyklované
Faktor difuzního odporu	Recyklované
Ekologie	Recyklované
Reakce materiálu na oheň	Recyklované/Tradiční
<b>DESKOVÉ MATERIÁLY</b>	
<b>ZKOUMANÉ VLASTNOSTI</b>	<b>LEPŠÍ ALTERNATIVA MATERIÁLU</b>
Cena	Tradiční
Tepelné vlastnosti	Tradiční
Faktor difuzního odporu	Tradiční
Ekologie	Recyklované
Reakce materiálu na oheň	Tradiční
<b>STŘEŠNÍ KRYTINA</b>	
<b>ZKOUMANÉ VLASTNOSTI</b>	<b>LEPŠÍ ALTERNATIVA MATERIÁLU</b>
Cena	Recyklované/Tradiční
Nasákavost	Recyklované
Mrázuvzdornost	Recyklované/Tradiční
Životnost	Tradiční
Ekologie	Recyklované/Tradiční
Reakce materiálu na oheň	Tradiční

Zdroj: Tvorba vlastní

## 7. VLIV RECYKLOVANÝCH MATERIÁLŮ NA KONEČNOU CENU STAVBY

Tato část práce se věnuje nahrazení tradičních materiálů při výstavbě konkrétního rodinného domu materiály recyklovanými. Záměrem této části je zjištění, jaký dopad mají na cenu stavby recyklované stavební materiály.

### 7.1. Obecné informace o rodinném domu

Řešená stavba rodinného domu se nachází na parcele číslo 282/25 v katastrálním území Želeč u Tábora, které se nachází jižně od města Tábor. Na parcele jsou již dostupné veškeré inženýrské sítě.

Rodinný dům je navržen jako jednopodlažní, nepodsklepený, s užitnou plochou 111,81 m<sup>2</sup>. Půdorys rodinného domu má mnohoúhelníkový tvar a dispozice je projektována jako 4kk. Střecha je navržena jako valbová.

Obrázek 22: Situace rodinného domu Želeč u Tábora



Zdroj: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=41422104010&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>

## **7.2. Konstrukční řešení rodinného domu**

### **Zemní práce**

Zemní práce byly započaty skrývkou ornice v tloušťce 15 až 20 cm. Následně byly strojně provedeny výkopové práce pro základy. Vytěžená půda byla umístěna na dočasné skládce a dále použita k sadovým úpravám na pozemku investora. (29)

### **Základy**

Rodinný dům je založen na základových pasech třídy betonu C12/15 v šířce 600 mm. Základy jsou provedené jako dvoustupňové, kdy horní stupeň tvoří tvárnice ze ztraceného bednění šířky 400 mm. Pasy a ztracené bednění jsou propojeny výztuží. Přes tvárnice ztraceného bednění je provedena železobetonová základová deska. Pod základovou deskou je proveden zhutněný štěrkopískový podsyp frakce 8-16 mm v celkové tloušťce 150 mm. (29)

### **Svislé konstrukce**

Svislá nosná konstrukce objektu rodinného domu je tvořena broušenými cihlami HELUZ tloušťky 365 mm. Vnější obvodové stěny jsou obaleny tepelnou izolací EPS 70F tl. 160 mm a následně opatřeny silikonovou omítkou. Vnitřní nosné zdivo je navrženo z cihel broušených HELUZ tloušťky 240 mm. Vnitřní dělicí nenosné konstrukce objektu jsou zděné keramické HELUZ tloušťky 115 mm a 140 mm.

V rodinném domě se uvažuje s dvěma komínovými tělesy s vnitřním průměrem 200 mm. (29)

### **Vodorovné konstrukce**

Vodorovná nosná konstrukce stropu je tvořena spodním pásem střešního vazníku. Stropy jsou provedeny jako montované podhledy ze sádrokartonových desek upevněné na kovovém roštu. Mezi kovovým roštem a sádrokartonovou deskou je parotěsná zábrana. Stropy jsou izolovány v tloušťce 320 mm minerální vlnou. (29)

### **Střecha**

Střecha objektu je navržena jako valbová ze sbíjených vazníků ve sklonu 25°. Střešní krytina je betonová od společnosti KM Beta. (29)

## Schodiště

V rodinném domě jsou navrženy mezi vazníky s tepelnou izolací výsuvné schody na půdu. (29)

## Výrobky PSV

Veškeré klempířské prvky na objektu jsou provedeny z titanzinkového plechu. Výplně otvorů tvoří plastová okna s izolačními trojskly. Vstupní dveře jsou taktéž z plastu. Vnitřní dveře jsou navrženy do dřevěných obložkových zárubní.

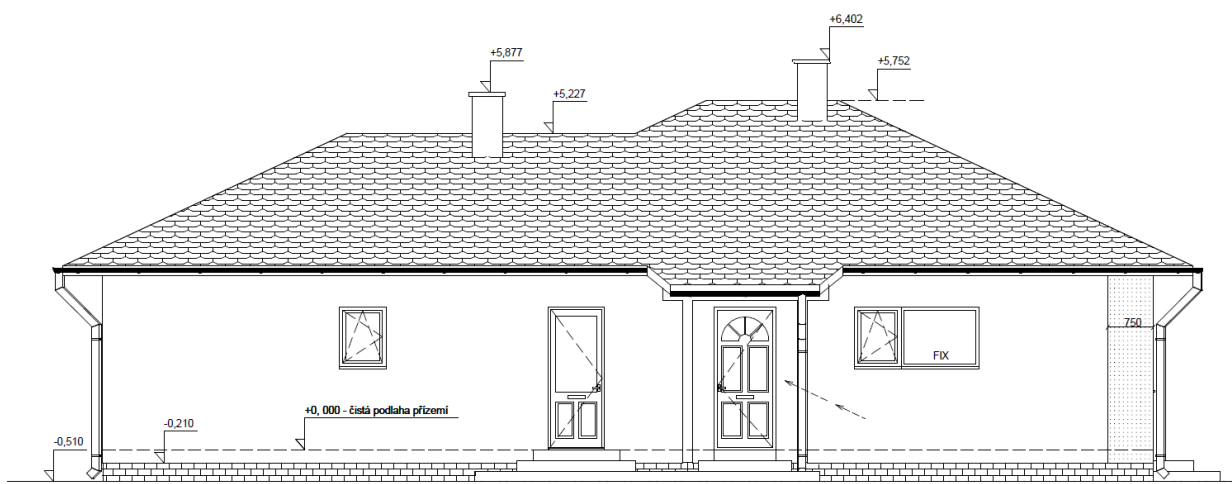
Zateplení podlah v přízemí je provedeno pomocí expandovaného polystyrenu tloušťky 140 mm. Všechny čisté podlahy v přízemí jsou betonové s kari sítí. Nášlapné vrstvy jsou navrženy podle typu místnosti.

V koupelně a na WC jsou stěny opatřené keramickými obklady. Všechny vnitřní stěny mají dvouvrstvou vápenocementovou omítku. (29)

## Zpěvněné plochy

Přístupový chodník, stejně jako sjezd, je proveden z betonové dlažby kladené do podkladních vrstev ze štěrkodrti. (29)

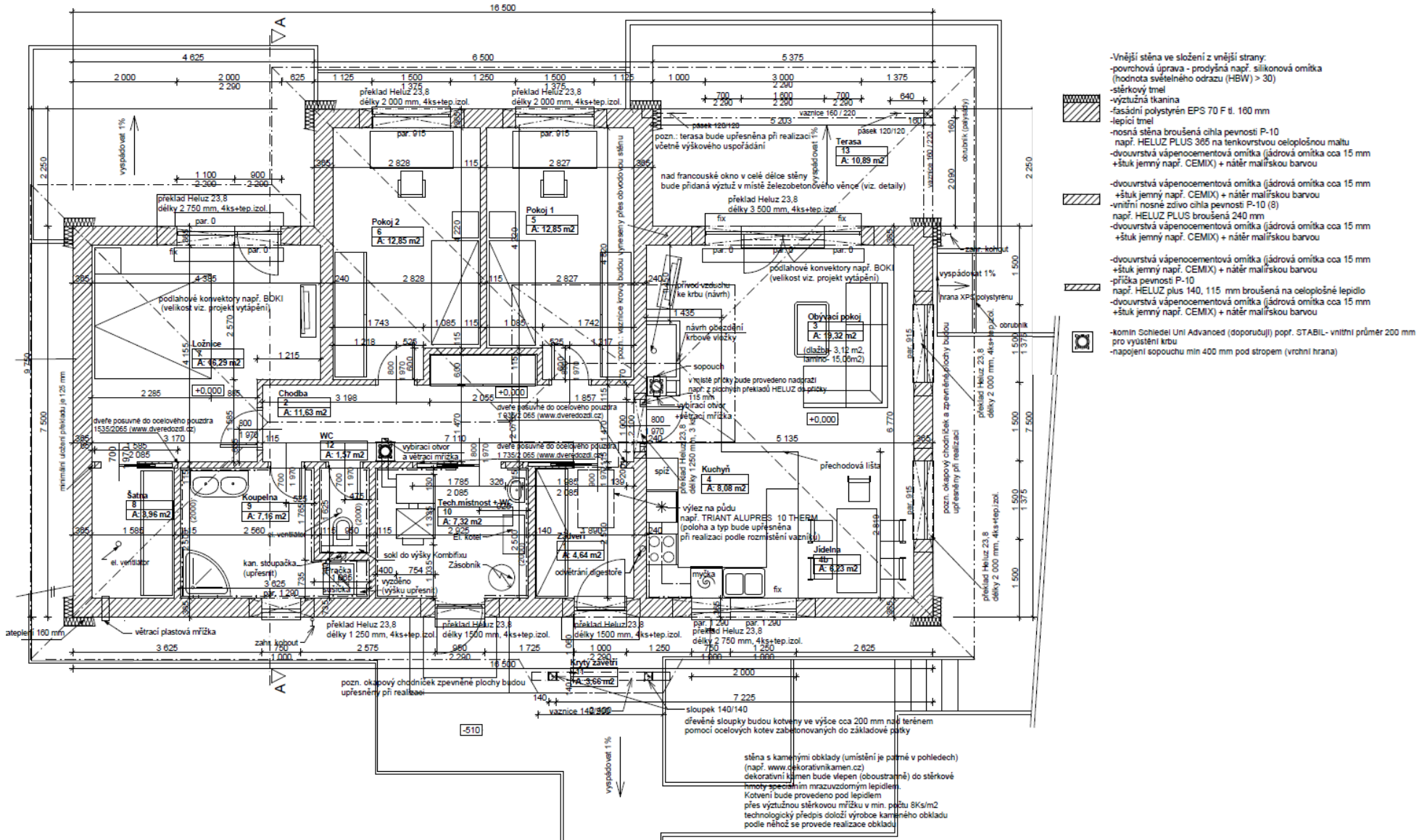
Obrázek 23: Rodinný dům Želeč u Tábora



Zdroj: Projektová dokumentace RD Želeč



Obrázek 24: Půdorys rodinného domu Želeč u Tábora



Zdroj: Projektová dokumentace RD Želeč





## 7.3. Cena rodinného domu

Podkladem pro zjištění vlivu recyklovaných materiálů na cenu stavby byl položkový rozpočet rodinného domu v Želči poskytnutý nejmenovanou stavební firmou. K ocenění rodinného domu byl využit program KROS s cenovou soustavou ÚRS Praha a.s. a databází programu 2017 01.

### 7.3.1. Tradiční materiály

Tabulka 11: Krycí list rozpočtu RD Želeč tradiční materiály

KRYCÍ LIST ROZPOČTU					
Název stavby	RD Želeč u Tábora			JKSO	
Název objektu	01 - Rodinný dům - tradiční materiály			EČO	
				Místo	Želeč u Tábora
				IČ	DIČ
Objednatel					
Projektant					
Zhotovitel					
Zpracoval					
	Rozpočet číslo	Dne		CZ-CPV	
		22.04.2017		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 CZK					
A	Základní rozp. náklady	B	Doplňkové náklady	C	Náklady na umístění stavby
1	HSV Dodávky 757 228,05	8	Práce přesčas 0,00	13	Zařízení staveniště 5,00% 144 715,34
2	Montáž 500 857,52	9	Bez pevné podl. 0,00	14	Projektové práce 0,00
3	PSV Dodávky 529 355,33	10	Kulturní památka 0,00	15	Územní vlivy 0,00
4	Montáž 1 101 190,81	11		16	Provozní vlivy 0,00
5	"M" Dodávky 0,00			17	Jiné VRN 0,00
6	Montáž 5 675,00			18	VRN z rozpočtu 0,00
7	ZRN (ř. 1-6) 2 894 306,71	12	DN (ř. 8-11)	19	VRN (ř. 13-18) 144 715,34
20	HZS 0,00	21	Kompl. činnost 0,00	22	Ostatní náklady 0,00
Projektant, Zhotovitel, Objednatel				D	Celkem bez DPH 3 039 022,05
				DPH	% Základ daně DPH celkem
				snížená 15,0	3 039 022,05 455 853,31
				základní 21,0	0,00 0,00
				Cena s DPH	3 494 875,36
				E	Přípočty a odpočty
				Dodá zadavatel	0,00
				Klouzavá doložka	0,00
				Zvýhodnění	0,00

Zdroj: Položkový rozpočet RD Želeč, součástí projektové dokumentace RD Želeč

Cena rodinného domu s použitím tradičních materiálů vyšla na 3 039 022 Kč bez DPH. Z této ceny tvoří základní rozpočtové náklady 2 894 307 Kč. Hlavní stavební výroba činí 1 258 086 Kč, přidružená stavební výroba 1 630 546 Kč a montáže 5 675 Kč. Vedlejší rozpočtové náklady činí 144 715 Kč a jsou spojené především se zařízením staveniště. Náhrada tradičních materiálů recyklovanými se týká následujících stavebních oddílů – základy, svislé a kompletní konstrukce, pozemní komunikace, úpravy povrchů, přesun hmot, izolace tepelné, konstrukce suché výstavby a oddílu krytina skládaná.

Tabulka 12: Rekapitulace stavebních dílů – tradiční materiály

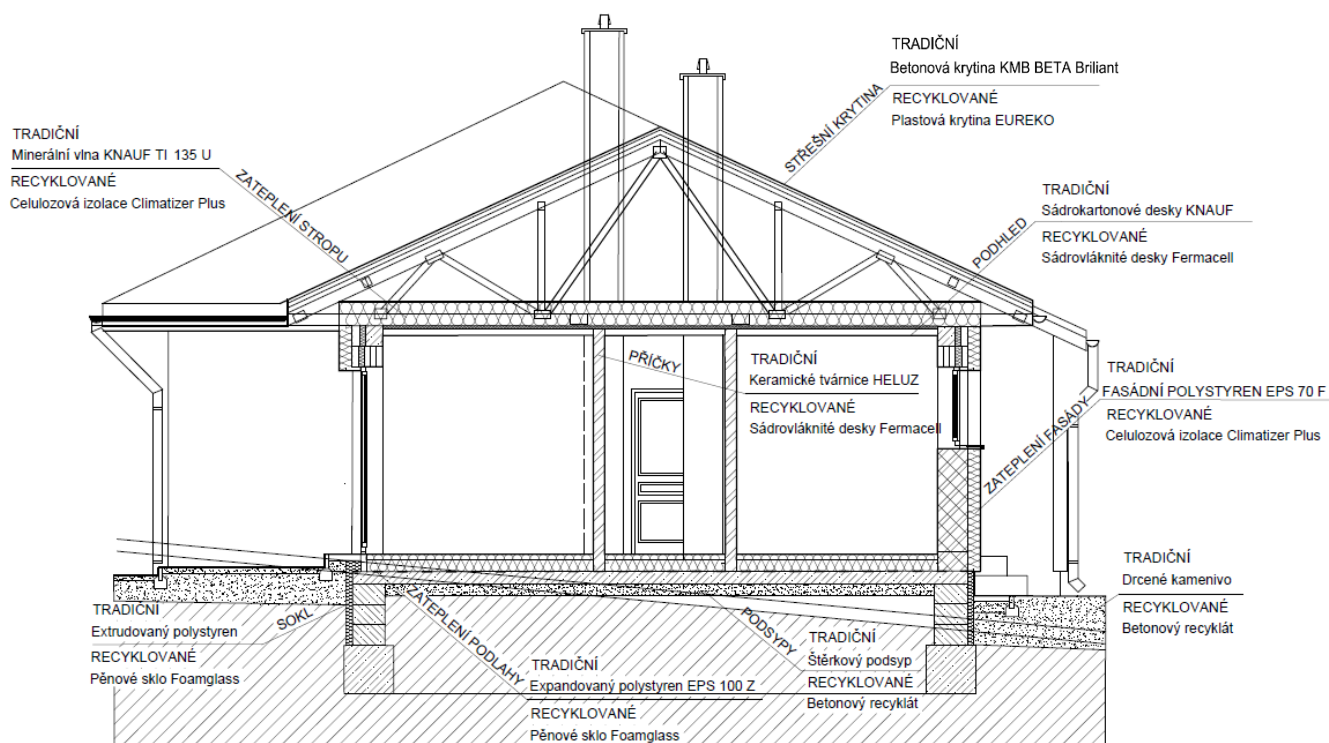
Kód – popis	Cena celkem [Kč]
<b>HSV – Práce a dodávky HSV</b>	<b>1 258 085,57</b>
1 - Zemní práce	72 791,00
2 – Základy	222 833,56
3 - Svislé a kompletní konstrukce	273 227,27
4 - Vodorovné konstrukce	37 979,52
5 - Komunikace pozemní	98 908,40
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	380 524,79
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	77 501,31
998 - Přesun hmot	94 319,72
<b>PSV – Práce a dodávky PSV</b>	<b>1 630 546,14</b>
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	33 516,71
713 - Izolace tepelné	49 028,89
721 – Zdravotechnika	194 314,30
731 - Ústřední vytápění	198 835,10
741 – Elektroinstalace	143 679,34
762 - Konstrukce tesařské	233 493,97
763 - Konstrukce suché výstavby	147 267,01
764 - Konstrukce klempířské	81 777,03
765 - Krytina skládaná	167 268,29
766 - Konstrukce truhlářské	127 892,75
767 - Konstrukce zámečnické	12 429,84
771 - Podlahy z dlaždic	81 437,06
775 - Podlahy skládané	51 356,49
777 - Podlahy lité	8 333,56
781 - Dokončovací práce – obklady	48 869,27
783 - Dokončovací práce – nátěry	25 990,33
784 - Dokončovací práce – malby a tapety	25 056,20
<b>Práce a dodávky M</b>	<b>5 675,00</b>
21–M – Elektromontáže	5 675,00
<b>CELKEM</b>	<b>2 894 306,71</b>

Zdroj: Položkový rozpočet RD Želeč, součástí projektové dokumentace RD Želeč

### 7.3.2. Recyklované materiály

Pro získání výsledné ceny stavby s použitím recyklovaných stavebních materiálů došlo v položkovém rozpočtu k následujícím změnám. Tradiční materiály byly nahrazeny recyklovanými v konstrukcích rodinného domu tak, aby zůstala zachována jeho nosná část. Při nahrazení tepelných izolací byla nejprve v programu TEPLO vypočtena potřebná tloušťka recyklované tepelné izolace, aby se zachovaly stejné tepelně izolační vlastnosti stavby. Pěnové sklo bylo použito místo expandovaného polystyrenu při zateplení soklu i při zateplení podlahy. Strop byl oproti minerální vlně zateplen foukanou celulózou. Fasádní polystyren použitý pro zateplení obvodového pláště nahradila také foukaná celulóza. Sádroláknité desky Fermacell byly použity jak namísto zděných příček, tak jako podhledy vystřídal tradiční sádkarton. Betonová krytina byla nahrazena plastovou. Na místo štěrkového materiálu byl použit betonový recyklát.

Obrázek 26: Náhrada recyklovaných materiálů za tradiční RD Želeč



Zdroj: Tvorba vlastní

Tabulka 13: Krycí list rozpočtu RD Želeč recyklované materiály

KRYCÍ LIST ROZPOČTU																											
Název stavby		RD Želeč u Tábora				JKSO																					
Název objektu		01 - Rodinný dům - recyklované materiály				EČO																					
						Místo		Želeč u Tábora																			
						IČ		DIČ																			
Objednatel																											
Projektant																											
Zhotovitel																											
Zpracoval																											
Rozpočet číslo				Dne		CZ-CPV																					
				22.04.2017		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 CZK																											
A	Základní rozp. náklady			B	Doplňkové náklady			C	Náklady na umístění stavby																		
1	HSV	Dodávky	785 229,41	8	Práce přesčas		0,00	13	Zařízení staveniště	5,00%	172 814,51																
2		Montáž	584 943,05	9	Bez pevné podl.		0,00	14	Projektové práce		0,00																
3	PSV	Dodávky	924 280,19	10	Kulturní památka		0,00	15	Územní vívy		0,00																
4		Montáž	1 156 162,54	11			0,00	16	Provozní vívy		0,00																
5	"M"	Dodávky	0,00					17	Jiné VRN		0,00																
6		Montáž	5 675,00					18	VRN z rozpočtu		0,00																
7	ZRN (ř. 1-6)		3 456 290,19	12	DN (ř. 8-11)			19	VRN (ř. 13-18)		172 814,51																
20	HZS		0,00	21	Kompl. činnost		0,00	22	Ostatní náklady		0,00																
Projektant, Zhotovitel, Objednatel								<b>D Celkem bez DPH 3 629 104,70</b>																			
								<table border="1"> <thead> <tr> <th>DPH</th> <th>%</th> <th>Základ daně</th> <th>DPH celkem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>snížená</td> <td>15,0</td> <td>3 629 104,70</td> <td>544 365,71</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>4 173 470,41</b></td> </tr> </tbody> </table>				DPH	%	Základ daně	DPH celkem	snížená	15,0	3 629 104,70	544 365,71	základní	21,0	0,00	0,00	<b>Cena s DPH</b>			<b>4 173 470,41</b>
DPH	%	Základ daně	DPH celkem																								
snížená	15,0	3 629 104,70	544 365,71																								
základní	21,0	0,00	0,00																								
<b>Cena s DPH</b>			<b>4 173 470,41</b>																								
								<b>E Přípočty a odpočty</b>																			
								Dodá zadavatel 0,00																			
								Klouzavá doložka 0,00																			
								Zvýhodnění 0,00																			

Zdroj: Tvorba vlastní

Cena rodinného domu s použitím recyklovaných materiálů vyšla na 3 629 105 Kč bez DPH. Tato cena je o 590 083 Kč vyšší než při použití tradičních materiálů. Z této ceny tvoří základní rozpočtové náklady 3 456 290 Kč. Hlavní stavební výroba činí 1 370 172 Kč, přidružená stavební výroba 2 080 443 Kč a montáže jsou totožné jako u tradičních materiálů. Vedlejší rozpočtové náklady jsou 172 815 Kč.

Tabulka 14: Rekapitulace stavebních děl – recyklované materiály

Kód – popis	Cena celkem [Kč]
<b>HSV – Práce a dodávky HSV</b>	<b>1 370 172,46</b>
1 - Zemní práce	72 791,00
2 - Základy	223 108,73
3 - Svislé a kompletní konstrukce	236 242,65
4 - Vodorovné konstrukce	37 979,52
5 - Komunikace pozemní	93 351,74
6 - Upravy povrchů, podlahy a osazování výplní	535 348,81
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	77 501,31
998 - Přesun hmot	93 848,70
<b>PSV – Práce a dodávky PSV</b>	<b>2 080 442,73</b>
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	33 516,71
713 - Izolace tepelné	372 119,05
721 - Zdravotechnika	194 314,30
731 - Ústřední vytápění	198 835,10
741 - Elektroinstalace	143 679,34
762 - Konstrukce tesařské	296 757,98
763 - Konstrukce suché výstavby	195 925,77
764 - Konstrukce klempířské	81 777,03
765 - Krytina skládaná	182 151,95
766 - Konstrukce truhlářské	127 892,75
767 - Konstrukce zámečnické	12 429,84
771 - Podlahy z dlaždic	81 437,06
775 - Podlahy skládané	51 356,49
777 - Podlahy lité	8 333,56
781 - Dokončovací práce – obklady	48 869,27
783 - Dokončovací práce – nátěry	25 990,33
784 - Dokončovací práce – malby a tapety	25 056,20
<b>Práce a dodávky M</b>	<b>5 675,00</b>
21-M – Elektromontáže	5 675,00
<b>CELKEM</b>	<b>3 456 290,19</b>

Zdroj: Tvorba vlastní



### 7.3.3. Vyhodnocení změny ceny jednotlivých stavebních konstrukcí

#### 7.3.3.1. Zpevněné plochy

U zpevněných ploch byl nahrazen podklad ze štěrkodrtě podkladem z betonového recyklátu stejné tloušťky. Betonový recyklát způsobil pokles ceny přibližně o 25 až 43 % v závislosti na tloušťce materiálu. Pokles ceny je způsoben cenou materiálu. Montáž materiálu je cenově srovnatelná. Cena přesunu hmot je pro oba typy materiálu téměř totožná.

Tabulka 15: Změna ceny zpevněných ploch

Stavební oddíl Číslo položky	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl Číslo položky	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
4 564801111	Podklad ze štěrkodrtě ŠD tl 30 mm	3 630	4 564911311-1	Podklad z betonového recyklátu tl 30 mm	2 378	-1 252	-34,49 %
4 564801111	Podklad ze štěrkodrtě ŠD tl 30 mm	1 014	4 564911311-1	Podklad z betonového recyklátu tl 30 mm	664	-440	-43,40 %
4 564851111	Podklad ze štěrkodrtě ŠD tl 150 mm	11 766	4 564951313	Podklad z betonového recyklátu tl 150 mm	9 113	-2 763	-23,27 %
4 564871111	Podklad ze štěrkodrtě ŠD tl 250 mm	5 301	4 564971315	Podklad z betonového recyklátu tl 250 mm	3 999	-1 333	-25,00 %
998 998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	11 992	998 998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	11 980	-12	- 0,01 %

Zdroj: Tvorba vlastní

#### 7.3.3.2. Podsypy základových konstrukcí

Podsyp pod základovou konstrukcí ze štěrkopísku byl nahrazen taktéž betonovým recyklátem. V tomto typu konstrukce však záměna materiálu nezaznamenala výrazný dopad na cenu podsypu. Zhutněný betonový recyklát je o 0,18 t/m<sup>3</sup> těžší oproti zhutněnému štěrkopísku, což způsobilo vyšší cenu u přesunu hmot recyklovaného materiálu přibližně o 10 %.

Tabulka 16: Změna ceny podsypů základových konstrukcí

Stavební oddíl Číslo položky	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl Číslo položky	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
2 271572211	Podsyp pod základové konstrukce se zhutněním z netříděného šterkopísku	13 122	2 271922211	Podsyp pod základové konstrukce se zhutněním z betonového recyklátu	13 397	275	2,10 %
998 998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	7 491	998 998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	8 173	682	9,10 %

Zdroj: Tvorba vlastní

### 7.3.3.3. Zateplení podlahy

U tepelné izolace podlahy bylo místo expandovaného polystyrenu Isover 100Z navrhnutého ve dvou vrstvách o celkové tloušťce 140 mm použito pěnové sklo Foamglass FLOOR BOARD. Aby zůstal zachován stejný součinitel prostupu tepla konstrukcí, musela být recyklovaná tepelná izolace navrhnutá v tloušťce 160 mm. Zde je dopad recyklovaného materiálu na cenu obrovský, rozdíl mezi tradičním a recyklovaným materiálem činí přibližně 500 % až 700 % v neprospěch recyklovaného materiálu. Díky vyšší hmotnosti pěnového skla, která dosahuje až šestinásobku oproti expandovanému polystyrenu, je rozdíl přesunu hmot o 534 % vyšší.

Tabulka 17: Změna ceny zateplení podlahy

Stavební oddíl Číslo položky	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl Číslo položky	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
713 713121121	Montáž izolace tepelné podlah volně kladenými rohožemi, pásy, dílci, deskami 2 vrstvy	4 540	713 713121121	Montáž izolace tepelné podlah volně kladenými rohožemi, pásy, dílci, deskami 2 vrstvy	4 540	0	0,00 %
713 283758810	deska z pěnového polystyrenu EPS 100 Z 1000 x 500 x 60 mm	18 057	713 634822870	sklo izolační pěnové, desky FLOOR BOARD T4+, 120 x 60 x 8 cm	140 965	122 908	680,67 %
713 283758830	deska z pěnového polystyrenu EPS 100 Z 1000 x 500 x 80 mm	23 999	713 634822870	sklo izolační pěnové, desky FLOOR BOARD T4+, 120 x 60 x 8 cm	140 965	116 966	487,38 %
713 998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	309	713 998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	1 958	1 649	533,66 %

Zdroj: Tvorba vlastní



### 7.3.3.4. Zateplení stropu

Strop byl zateplen celulózou oproti minerální vlně ve stejné tloušťce 320 mm. Recyklovaný materiál má v tomto případě příznivý vliv na cenu, vychází přibližně o 30 % levněji než tradiční tepelná izolace. Hlavním důvodem rozdílu je cena recyklovaného materiálu, která činí 36 508 Kč bez DPH, zbytek položky 14 565 Kč bez DPH tvoří montáž. Cena za montáž tepelné izolace tradiční i recyklované je tedy srovnatelná. Hmotnost potřebné celulózy na zateplení stejné plochy stropu je vyšší než u minerální vlny, což má výrazný dopad na přesun hmot.

Tabulka 18: Změna ceny zateplení stropu

Stavební oddíl Číslo položky	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl Číslo položky	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
763 763131752	Montáž jedné vrstvy tepelné izolace do SDK podhledu	14 075	713	Tepelná foukaná izolace celulózová vlákna vodorovná volná tl. do 350 mm	51 073	-22 318	29,96 %
763 631508230	pás tepelné izolační (např. Knauf UNIFIT tl.40mm)	8 978					
763 631508510	pás tepelné izolační (např. Knauf UNIFIT) tl.140 mm	50 338	713114114				
763 998763301	Přesun hmot tonážní pro sádkartonové konstrukce v objektech v do 6 m	1 093	713 998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	1 562	469	43 %

Zdroj: Tvorba vlastní

### 7.3.3.5. Zateplení soklu

Při zateplení soklu bylo použito pěnové sklo Foamglass W+F tloušťky 80 mm místo expandovaného polystyrenu Perimetr N PER 30 stejné tloušťky. Cena za montáž zůstává beze změny, cena za recyklovaný materiál je zde přibližně o 260 % vyšší. Přesun hmot je u recyklovaného materiálu o 50 % vyšší, ale celkově se jedná o velmi nízké částky, které se do celkové ceny výrazně neprojeví. Povrchová úprava soklu zůstává pro oba dva materiály stejná, proto není do porování změny ceny zahrnuta.

Tabulka 19: Změna ceny zateplení soklu

Stavební oddíl	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Genový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
Číslo položky			Číslo položky				
6	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 80 mm	22 748	6	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 80 mm	22 748	0	0,00 %
622211011			622211011				
6	deska fasádní polystyrénová izolační Perimeter N PER 30 (EPS P) 1250 x 600 x 80 mm	15 485	6	sklo izolační pěnové FOAMGLAS W+F, 60 x 60 x 8 cm	56 090	40 605	262,23 %
283763560			634822660				
998	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	115	998	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	172	57	50 %
998011001			998011001				

Zdroj: Tvorba vlastní

### 7.3.3.6. Zateplení fasády

Aby mohla být zateplena fasáda celulórou, musela být k obvodovému plášti připočtena pomocná dřevěná konstrukce. Fasádní polystyren EPS 70F tloušťky 160 mm byl poté nahrazen celulórou tloušťky 140 mm. Při porovnání pouze montáže a materiálu tepelné izolace by vyšel levněji recyklovaný materiál. Cena potřebné pomocné dřevěné konstrukce včetně její montáže však způsobila, že celkový rozdíl při použití fasádního polystyrenu a celulózy činí přibližně 160 % v neprospěch recyklovaného materiálu. Aby mohla být dodržena finální vrstva obvodového pláště, muselo být ještě k recyklovaným materiálům přidáno potažení sklovláknitým pletivem.

Tabulka 20: Změna ceny zateplení fasády

Stavební oddíl Číslo položky	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl Číslo položky	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
6 622211031	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 160 mm	74 688	713 713134112	Tepelná foukaná izolace celulózová vlákna stěn tl do 200 mm	28 110	194 142	156,29 %
6 283759520	deska fasádní polystyrénová EPS 70 F 1000 x 500 x 160 mm	47 648	6 622271001	Montáž odvětrávané fasády stěn nýtováním na dřevěný rošt bez tepelné izolace	180 698		
6 622251101	Příplatek k cenám kontaktního zateplení stěn za použití tepelněizolačních zátek z polystyrenu	1 887	6 607115110	deska dřevovláknitá tvrdá – MDF surová tl. 38 mm rozměr 1840 x 2750 mm	88 007		
/	/	/	6 622142001	Potažení vnějších stěn sklovláknitým pletivem vtlačeným do tenkovrstvé hmoty	21 550		
998 998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	332	713 998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	823	1 898	571,72 %
/	/	/	998 998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	1406		

Zdroj: Tvorba vlastní

### 7.3.3.7. Příčky

Zděné tvárnice Heluz byly nahrazeny sádrovláknitými deskami Fermacell o stejné tloušťce. Cena sádrovláknitých desek byla přibližně o 135 až 162 % vyšší v závislosti na tloušťce desky. Osazení pouzdra posuvných dveří do zděné či sádrovláknité konstrukce nemá výrazný vliv na cenu. Cena za samotné stavební pouzdro je totožná, proto není do porovnání změny ceny zahrnuta. Vzhledem k hladkému povrchu sádrovláknitých desek není třeba na těchto příčkách provádět omítku, z tohoto důvodu se u této položky projevil zřetelný pokles ceny. Další cenový rozdíl se projevil u přesunu hmot. Hmotnost tradičních materiálů je sice vyšší, ale jednotková cena za 1 t u přesunu hmot hrubé stavební výstavby je přibližně trojnásobně nižší než u přesunu hmot sádrovláknitých konstrukcí, což se projevilo na výsledné ceně této položky.

Tabulka 21: Změna ceny příček

Stavební oddíl Číslo položky	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl Číslo položky	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
3 342248361	Příčky z cihel broušených HELUZ tl 115 mm pevnosti P10 lepených PUR pěnou	31 841	763 763211213	Sádrovláknitá příčka tl 115 mm profil CW+UW 75 desky 2x10 TI 40 mm 20 kg/m3	83 410	51 569	161,96 %
3 342248362	Příčky z cihel broušených HELUZ tl 140 mm pevnosti P10 lepených PUR pěnou	5 144	763 763211215	Sádrovláknitá příčka tl 140 mm profil CW+UW 100 desky 2x10 TI 40 mm 20 kg/m3	12 110	6 966	135,41 %
6 642946111	Osazování pouzdra posuvných dveří s jednou kapsou pro jedno křídlo šířky do 800 mm do zděné příčky	949	763 763183111	Montáž pouzdra posuvných dveří s jednou kapsou pro jedno křídlo šířky do 800 mm do SDK příčky	936	-13	-1,36 %
6 642946112	Osazování pouzdra posuvných dveří s jednou kapsou pro jedno křídlo šířky do 1200 mm do zděné příčky	1 140	763 763183112	Montáž pouzdra posuvných dveří s jednou kapsou pro jedno křídlo šířky do 1200 mm do SDK příčky	1 180	40	3,50 %
6 612321141	Vápenocementová omítka štuková dvouvrstvá vnitřních stěn	35 473	/	/	0	-35 473	- 100 %
998 998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	2 270	763 998763301	Přesun hmot tonážní pro sádrokartonové konstrukce v objektech v do 6 m	3 507	1 237	54,49 %

Zdroj: Tvorba vlastní

### 7.3.3.8. Podhledy

Sádrovláknité desky také nahradily podhledy z tradičního sádrokartonu KNAUF tloušťky 12,5 mm. Rozdíl v ceně je přibližně 4 až 12 % oproti použití tradičního materiálu. Největší nárůst zde zaznamenal přesun hmot, kde se projevila vyšší hmotnost sádrovláknitých desek a také rozdíl jednotkových cen u přesunu hmot hrubé stavební výstavby a přesunu hmot sádrovláknitých konstrukcí.

Tabulka 22: Změna ceny podhledů

Stavební oddíl Číslo položky	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl Číslo položky	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
763 763131411	SDK podhled desky 1xA 12,5 bez TI dvouvrstvá spodní kce profil CD+UD	60 346	763 763231121	Sádrovláknitý podhled deska 1x12,5 dvouvrstvá spodní kce profil CD+UD bez TI	67 358	7 012	11,62 %
763 763131451	SDK podhled desky 1xA 12,5 bez TI dvouvrstvá spodní kce profil CD+UD	4 382	763 763231121	Sádrovláknitý podhled deska 1x12,5 dvouvrstvá spodní kce profil CD+UD bez T	4 554	172	3,93 %
763 998763301	Přesun hmot tonážní pro sádrokartonové konstrukce v objektech v do 6 m	1 071	763 998763301	Přesun hmot tonážní pro sádrokartonové konstrukce v objektech v do 6 m	1 638	567	52,94 %

Zdroj: Tvorba vlastní

### 7.3.3.9. Střešní krytina

Betonová střešní krytina KM Beta byla nahrazena plastovou krytinou EUREKO. Cena za materiál základní tašky je u recyklovaného materiálu přibližně o 20 % vyšší než u materiálu tradičního a montáž se prodraží asi o 12 %. Největší nárůst u této konstrukce však zapříčinila cena celoplošného bednění potřebného pro plastovou krytinu oproti klasickému laťování používaného u betonové krytiny. Rozdíl ceny těchto postupů činí 273 %. S celoplošným bedněním souvisí i nárůst ceny položky spojovacích prostředků, který činí 227 %. Dále se zde projevila jedna z výhod plastové krytiny, a to její nízká hmotnost, neboť cena u přesunu hmot pro recyklovaný materiál zaznamenala pokles o 85 % oproti přesunu hmot tradičních materiálů.

Tabulka 23: Změna ceny střešní krytiny

Stavební oddíl	Tradiční	Cena celkem [Kč bez DPH]	Stavební oddíl	Recyklované	Cena celkem [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
Číslo položky			Číslo položky				
762	Montáž laťování na střeších jednoduchých sklonu do 60°	9 620	762	Bednění střež rovnych z desek OSB tl 22 mm na sraz šroubovaných na krokve	79 046	57 839	272,74 %
762342214							
762	řezivo jehličnaté lať pevnostní průřez 40 x 60 mm	11 587	762341016				
605141060							
762	Spojovací prostředky pro montáž krovu, bednění, laťování	1 202	762	Spojovací prostředky pro montáž krovu, bednění, laťování	3 928	2 726	226,79 %
762395000			762395000				
762	Přesun hmot tonážní pro kce tesařské v objektech do v 6 m	1 526	762	Přesun hmot tonážní pro kce tesařské v objektech do v 6 m	4 227	2 701	176,99 %
998762101			998762101				
765	Montáž krytiny betonové sklonu do 30° na sucho přes 8 do 10 ks/m2	37 786	765	Krytina z plastové břídlíce německý čtverec – montáž	42 118	4 332	11,46 %
765121014			765366111R00				
765	taška betonová KMB BETA Elegant základní s povr. úpravou 33x42	61 192	765	krytina střešní plastová EUREKO BNC šablona, 20 ks/1 m2	74 665	13 473	22,02 %
592442000			562891200				
765	Montáž krytiny betonové nároží na sucho s větracím pásem lepícím	23 061	765	Nároží z hřebenáčů k plastové břídlici – montáž	28 123	5 062	21,95 %
765121221			765366141R00				
765	hřebenáč Elegant KMB BETA	9 173	765	krytina střešní plastová hřebenáč EUREKO BH 5 ks/bm	7 450	-1 723	-18,78 %
592442150			562891410				
765	Montáž krytiny betonové hřeben na sucho s větracím pásem	2 538	765	Hřeben z hřebenáčů k plastové břídlici – montáž	2 338	-200	-7,88 %
765121251			765366131R00				
765	hřebenáč Elegant KMB BETA	1 528	765	krytina střešní plastová hřebenáč EUREKO BH 5 ks/bm	1 248	-280	-18,32 %
592442150			562891410				
765	Montáž krytina betonové úžlabí na plech na sucho na molitanové pásy	4 094	765	Úžlabí vykládané k plastové břídlici BNC – montáž	4 396	302	7,38 %
765121301			765366153R00				
765	plech hladký pozinkovaný, jakost DX51 + Z275, 0,60x1000x2000 mm	392	765	krytina střešní plastová EUREKO BNC šablona, 20 ks/1 m2	533	141	35,97 %
138141850			562891200				
765	Přesun hmot tonážní pro krytiny skládané v objektech v do 6 m	7 915	765	Přesun hmot tonážní pro krytiny skládané v objektech v do 6 m	1 184	-6 731	-85,04 %
998765101			998765101				

Zdroj: Tvorba vlastní

### 7.3.4. Vyhodnocení změny ceny rodinného domu

Byl sestaven položkový rozpočet na stejný rodinný dům s použitím recyklovaných stavebních materiálů. Největší cenový rozdíl se projevil u tepelných izolací, kdy za nárůst ceny může především použití dražšího materiálu - pěnového skla. Další velký cenový nárůst zaznamenaly úpravy povrchů, což je způsobeno nutností použití pomocné dřevěné konstrukce k zateplení obvodového pláště s použitím celulózy. Rozdíl u konstrukcí tesařských je způsoben nutností použití celoplošného bednění oproti laťování při pokládce skládané krytiny. Nárůst u krytiny skládané je dán jak cenově náročnější montáží, tak je dražší i recyklovaný materiál.

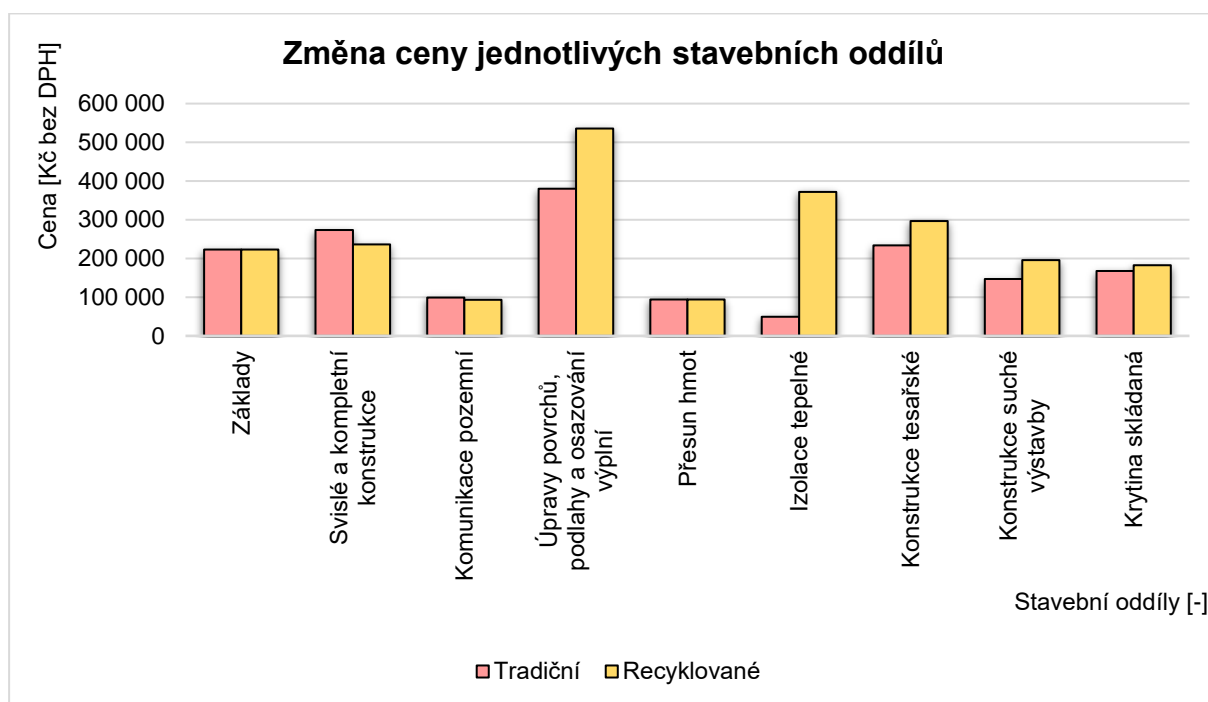
Pokles ceny je zaznamenán u oddílů svislých konstrukcí, což je způsobeno nahrazením zděných příček sádrovláknitými, tedy nárůstem ceny v oddílu konstrukce suché výstavby. Nárůst ceny v oddílu suché výstavby je také způsoben použitím sádrovláknitých desek jako podhledů namísto klasického sádrokartonu. Pokles ceny je u komunikací pozemních, což je způsobeno levnějším materiálem podsypů – betonovým recyklátem. Cena základů je téměř srovnatelná.

Tabulka 24: Změna ceny stavebních oddílů

	Tradiční [Kč bez DPH]	Recyklované [Kč bez DPH]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
<b>HSV – Práce a dodávky HSV</b>	<b>1 258 086</b>	<b>1 370 172</b>	<b>112 087</b>	<b>8,91 %</b>
2 – Základy	222 834	223 109	275	0,12 %
3 - Svislé a kompletní konstrukce	273 227	236 243	-36 984	-13,54 %
5 - Komunikace pozemní	98 908	93 352	-5 556	-5,62 %
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	380 525	535 349	154 824	40,69 %
998 – Přesun hmot	94 320	93 849	-471	-0,50 %
<b>PSV – Práce a dodávky PSV</b>	<b>1 630 546</b>	<b>2 080 443</b>	<b>449 897</b>	<b>27,59 %</b>
713 - Izolace tepelné	49 029	372 119	323 090	658,98 %
762 - Konstrukce tesařské	233 494	296 758	63 264	27,09 %
763 - Konstrukce suché výstavby	147 267	195 926	48 659	33,04 %
765 - Krytina skládaná	167 268	182 152	14 884	8,90 %

Zdroj: Tvorba vlastní

Obrázek 27: Změna ceny jednotlivých stavebních oddílů



Zdroj: Tvorba vlastní

Celková cena rodinného domu postaveného s použitím recyklovaných stavebních materiálů je vyšší o 678 595 Kč s DPH oproti stejnému objektu z tradičních materiálů. Rozdíl ceny tedy činí necelých 20 %, což je z celkové ceny objektu poměrně výrazná částka.

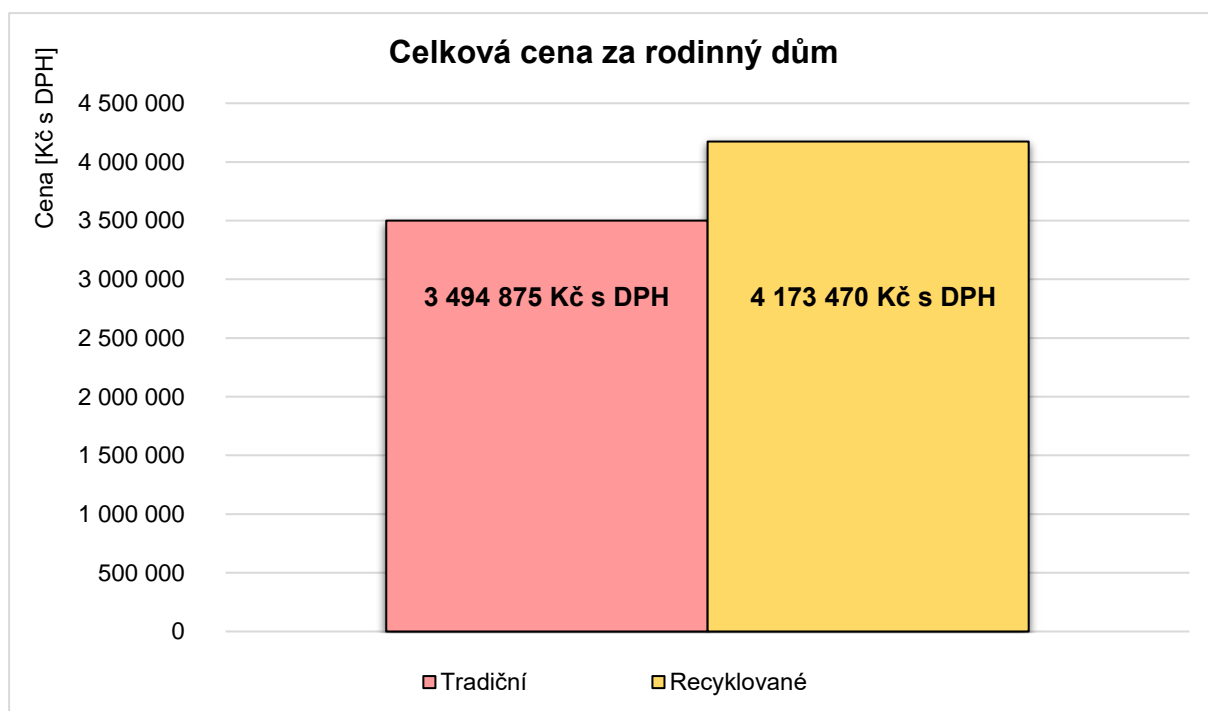
Tabulka 25: Změna ceny rodinného domu

	Tradiční materiály [Kč]	Recyklované materiály [Kč]	Cenový rozdíl [Kč]	Procentuální rozdíl
Základní rozpočtové náklady celkem	2 894 307	3 456 290	561 983	19,42 %
Vedlejší rozpočtové náklady	144 715	172 815	28 100	19,42 %
Cena celkem bez DPH	3 039 022	3 629 105	590 083	19,42 %
DPH 15 %	455 853	544 366	88 513	19,42 %
<b>Cena celkem s DPH [Kč]</b>	<b>3 494 875</b>	<b>4 173 470</b>	<b>678 595</b>	<b>19,42 %</b>

Zdroj: Tvorba vlastní



Obrázek 28: Celková cena za rodinný dům



Zdroj: Tvorba vlastní

## ZÁVĚR

Jednu z alternativ používání stavebních materiálů při realizaci staveb tvoří recyklované materiály. V České republice jsou dostupné náhrady z recyklovaných materiálů jak k tepelným izolacím, které se na trhu vyskytují v největší míře, tak i ke střešním krytinám, deskovým materiálům, obsypům a v neposlední řadě i k obvodovým konstrukcím, kde ale ještě není k dispozici plná náhrada za tradiční keramické či betonové tvárnice.

Materiály a jejich vlastnosti výrazně ovlivňují konstrukce, do kterých jsou navrhovány a zabudovávány tak, aby jako celek plnily své schopnosti jak nejlépe mohou. Porovnání samotných vlastností recyklovaných stavebních materiálů s tradičními ukázalo, že jsou ve většině případů rovnocenné. Tak jako každý druh materiálu mají i recyklované materiály své výhody a nevýhody. K výhodám lze zařadit například lepší tepelné vlastnosti u izolací, nulovou nasákavost u střešních krytin či šetrnost vůči životnímu prostředí u všech uváděných recyklovaných materiálů. Mezi nejčastější nevýhody těchto materiálů patří jejich nižší životnost či u některých materiálů vyšší cena.

V práci bylo zjištěno, že cenový rozdíl mezi použitím tradičních a recyklovaných stavebních materiálů u konkrétního rodinného domu činí téměř 20 % v neprospěch recyklovaných materiálů. Tento rozdíl je poměrně výrazný a je dán především nutností využití pomocných konstrukcí pro jejich aplikaci. Jediný příznivý vliv na cenu zaznamenaly podklady z betonového recyklátu u zpevněných ploch rodinného domu a foukaná celulóza použitá na zateplení stropu. Naopak negativně ovlivnilo konečnou cenu zejména použití celoplošného bednění namísto laťování u střešní krytiny, nutnost provedení dřevěného roštu při zateplení obvodového pláště foukanou celulózou, použití pěnového skla či náhrada tradičních příček z keramických tvárníc sádrovláknitými deskami.

Využití recyklovaných stavebních materiálů při samotné výstavbě rodinných domů tedy není v současné době ekonomicky výhodné a je převážně otázkou vztahu člověka k přírodě.

## BIBLIOGRAFIE

- (1) Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů 15.5. 2001*.
- (2) Vyhláška č. 93/2016 Sb., O katalogu odpadů. In: *Sbírka zákonů 23.3. 2016*.
- (3) Návrh domu z hlediska trvale udržitelný výstavby. *Stavskola.cz* [online]. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://1url.cz/RtsYa>
- (4) CHYBÍK, Josef a Miloslav MEIXNER. *Zdravé domy*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012, s. 22-23. ISBN 978-80-7204-826-7.
- (5) CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, s. 21-23. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
- (6) RŮŽIČKA, Jan. Stavebnictví: Stavební materiály na bázi obnovitelných zdrojů surovin. *Stavebnictví* [online]. 2007, 07(11-12) [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/stavebni-materialy-na-bazi-obnovitelnych-zdroju-surovin\\_N498](http://www.casopisstavebnictvi.cz/stavebni-materialy-na-bazi-obnovitelnych-zdroju-surovin_N498)
- (7) KURAŠ, Mečislav. *Odpady a jejich zpracování*. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014, s. 146-154. ISBN 808-68-3280-5.
- (8) SLIVKA, Vladimír, Vojtěch DIRNER a Mečislav KURAŠ. *Odpadové hospodářství I: praktická příručka*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2006, s. 61-64. ISBN 802-48-1245-2.
- (9) *Recycling ...: možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin : sborník přednášek ... ročníku konference* [online]. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 1996 [cit. 2017-03-08]. ISBN 80-214-3142-3. Dostupné z: <http://www.arism.cz/dokumenty.php>
- (10) SVOBODA, Karel. Stavební a demoliční odpad. *Odpadové forum*. CEMC, 2005, 05(2005), 8-19. ISSN 212-7779.
- (11) JURAJ, Kizlink. *Odpady: sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa*. 3., upr. a rozš. vyd., V Akademickém nakl. CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014, s. 224, 323-326. ISBN 978-80-7204-884-7.

- (12) Cihelný recyklát. *Cihlovyrecyklat.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: [http://www.cihlovyrecyklat.cz/cihelny\\_recyklat.html](http://www.cihlovyrecyklat.cz/cihelny_recyklat.html)
- (13) Betonový recyklát. *Otrrecycling.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.otrrecycling.cz/vyrobky/recyklaty/>
- (14) HEJHÁLEK, Jiří. EKO pěnový polystyren. *Stavebnictví3000* [online]. 2001 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/eko-penovy-polystyren>
- (15) SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty* [online]. 3.vyd elektronické. Praha, 2013. ISBN 978-80-260-4972-2. Dostupné také z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/sh/SH3v1.pdf>
- (16) KRENÍKOVÁ, Věra. *Odpady a druhotné suroviny II*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014, s. 34-36. ISBN 978-80-7414-871-2.
- (17) Sádroláknité desky Fermacell. *Fermacell.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: [http://www.fermacell.cz/fermacell\\_sadrovlaknite\\_desky\\_vyroba.php](http://www.fermacell.cz/fermacell_sadrovlaknite_desky_vyroba.php)
- (18) REMEŠ, Michal. Možnosti aplikace recyklovatelných materiálů ve stavebnictví 1. *Bydlení.cz* [online]. 2008 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <https://www.bydleni.cz/clanek/Moznosti-aplikace-recyklovatelnych-materialu-ve-stavebnictvi-1>
- (19) KURUCZ, František. Od krabic od mléka po stavební desky. *HOME: Vše o ekodomě a ekobydlení*. Bratislava: JAGA GROUP, 2012, 2012(02), 47. ISSN 1335-9177.
- (20) ŽIŽKOVÁ, Jana. Balení nápojů a tekutin: Nápojové kartony nejsou popelkou. *Svět balení* [online]. 2007, 2007(04) [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.svetbaleni.cz/2007/07/01/sb-4-2007-hlavn-tma-baleni-napoju-a-tekutin-napojove-kartony-nejsou-popelkou/>
- (21) Džínovina. *Stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz/zateplovani-a-izolace/izolace-z-prirodnich-materialu.php>

- (22) HRŮZA, Jakub. *Zpracování Textilních a Polymerních Odpadů* [Prezentace]. In: . Katedra netkaných textilií, Fakulta textilní, Technická Univerzita v Liberci, 2008 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: [http://dirk.kmi.tul.cz/depart/knt/web/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=7&Itemid=36](http://dirk.kmi.tul.cz/depart/knt/web/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=7&Itemid=36)
- (23) Izolace z džínoviny. *Izolace-info.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.isolace-info.cz/katalog/izolace-z-prirodnich-materialu/dzinovina/740727-izolace-z-modre-dzinoviny-ultratouch-natural-cotton-p.html>
- (24) LEBER, Pavel, Ivana CHROMKOVÁ, Petr BIBORA, Martin VYVÁŽIL a Michal FRANK. *Využití odpadních materiálů z výroby minerální vlny do stavebních hmot* [online]. 2014 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/11827-vyuziti-odpadnich-materialu-z-vyroby-mineralni-vlny-do-stavebnich-hmot>
- (25) Foukané izolace. *Knaufinsulation.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/foukana-izolace>
- (26) HEJHÁLEK, Jiří. Difúze vodní páry - veličiny, hodnoty a jednotky. *Stavebnictví3000.cz* [online]. 2010 [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/difuze-vodni-pary-veliciny-hodnoty-a-jednotky/>
- (27) Ekologicky šetrný materiál. *Wienerberger.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://wienerberger.cz/fakta/ekologick%C3%A9-a-p%C5%99%C3%ADrodn%C3%AD-materi%C3%A1ly>
- (28) Životnost materiálu. *Technologie.fsv.cvut.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://technologie.fsv.cvut.cz/122ytrh/get.php?id=148>
- (29) ZIKA, Jaroslav. *Projektová dokumentace pro stavební řízení*. RD Želeč. Praha, 2015.

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Třída reakce na oheň.....	- 32 -
Tabulka 2: Porovnání podsypů základových konstrukcí .....	- 34 -
Tabulka 3: Porovnání obvodových konstrukcí .....	- 35 -
Tabulka 4: Porovnání zateplení šikmých střech .....	- 36 -
Tabulka 5: Porovnání zateplení stropů .....	- 37 -
Tabulka 6: Porovnání zateplení podlah .....	- 37 -
Tabulka 7: Porovnání zateplení fasády .....	- 38 -
Tabulka 8: Porovnání deskových materiálů .....	- 40 -
Tabulka 9: Porovnání střešních krytin .....	- 41 -
Tabulka 10: Výsledky zkoumaných vlastností .....	- 43 -
Tabulka 11: Krycí list rozpočtu RD Želeč tradiční materiály.....	- 49 -
Tabulka 12: Rekapitulace stavebních dílů – tradiční materiály .....	- 50 -
Tabulka 13: Krycí list rozpočtu RD Želeč recyklované materiály .....	- 52 -
Tabulka 14: Rekapitulace stavebních dílů – recyklované materiály.....	- 53 -
Tabulka 15: Změna ceny zpevněných ploch.....	- 54 -
Tabulka 16: Změna ceny podsypů základových konstrukcí.....	- 55 -
Tabulka 17: Změna ceny zateplení podlahy .....	- 55 -
Tabulka 18: Změna ceny zateplení stropu.....	- 56 -
Tabulka 19: Změna ceny zateplení soklu .....	- 57 -
Tabulka 20: Změna ceny zateplení fasády .....	- 58 -
Tabulka 21: Změna ceny příček .....	- 59 -
Tabulka 22: Změna ceny podhledů .....	- 60 -
Tabulka 23: Změna ceny střešní krytiny .....	- 61 -
Tabulka 24: Změna ceny stavebních oddílů .....	- 62 -
Tabulka 25: Změna ceny rodinného domu .....	- 63 -

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Principy trvale udržitelného rozvoje.....	- 4 -
Obrázek 2: Obvyklé 3 fáze recyklace .....	- 7 -
Obrázek 3: Způsoby nakládání s odpadem v České republice 2007-2015.....	- 7 -
Obrázek 4: Produkce odpadů v České republice v roce 2015 .....	- 10 -
Obrázek 5: Produkce druhotných surovin v České republice 2015 .....	- 11 -
Obrázek 6: Technologie recyklace stavebního odpadu .....	- 12 -
Obrázek 7: Recyklační mobilní linka.....	- 13 -
Obrázek 8: Stacionární recyklační linka .....	- 13 -
Obrázek 9: Cihelný recyklát.....	- 15 -
Obrázek 10: Betonový recyklát 0-8 mm.....	- 16 -
Obrázek 11: Betonový recyklát 8-32 mm.....	- 17 -
Obrázek 12: Betonový recyklát 32–85 mm.....	- 17 -
Obrázek 13: Izolace z celulózy .....	- 20 -
Obrázek 14: Pěnové sklo .....	- 22 -
Obrázek 15: Výroba desek Fermacell .....	- 23 -
Obrázek 16: Sádroláknité desky Fermacell .....	- 24 -
Obrázek 17: Tetra K deska.....	- 26 -
Obrázek 18: Střešní krytina EUREKO .....	- 27 -
Obrázek 19: Tepelná izolace z recyklované dřínoviny .....	- 28 -
Obrázek 20: Foukaná izolace Thermo.....	- 30 -
Obrázek 21: Recyklované a tradiční stavební materiály.....	- 33 -
Obrázek 22: Situace rodinného domu Želeč u Tábora .....	- 44 -
Obrázek 23: Rodinný dům Želeč u Tábora .....	- 46 -
Obrázek 24: Půdorys rodinného domu Želeč u Tábora .....	- 47 -
Obrázek 25: Řez rodinného domu Želeč u Tábora.....	- 48 -
Obrázek 26: Náhrada recyklovaných materiálů za tradiční RD Želeč.....	- 51 -
Obrázek 27: Změna ceny jednotlivých stavebních oddílů.....	- 63 -
Obrázek 28: Celková cena za rodinný dům .....	- 64 -

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1: Výstup z programu TEPLO 2014 EDU

Příloha 2: Položkový rozpočet RD Želeč – tradiční materiály

Příloha 3: Položkový rozpočet RD Želeč – recyklované materiály