



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR INŽENÝRSTVÍ RIZIK

DEPARTMENT OF RISK ENGINEERING

HODNOCENÍ RIZIK NAKLÁDÁNÍ SE STAVEBNÍMI A DEMOLIČNÍMI ODPADY

RISK ASSESSMENT OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Matej Repka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Kristýna Hrabová

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Matej Repka**
Studijní program: Řízení rizik technických a ekonomických systémů
Studijní obor: Řízení rizik ekonomických systémů
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Kristýna Hrabová**
Akademický rok: 2021/22
Ústav/odbor: Odbor inženýrství rizik

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Hodnocení rizik nakládání se stavebními a demoličními odpady

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce se zabývá hodnocením rizik nakládání se stavebními odpady. Vývoj posledních let u nás i ve světě ukazuje neustále narůstající množství stavebních a demoličních odpadů. Stavebnictví je velmi náročné na spotřebu primárních zdrojů surovin, jako jsou stavební kámen, štěrkopísky atd. Z hlediska cirkulární ekonomiky je tento stav v současnosti neudržitelný a v důsledku toho vzniká naléhavá potřeba vícenásobného opětovného použití materiálů používaných ve stavebních činnostech. Úkolem diplomanta je provést rešerši a popsat stávající stav nakládání se stavebními a demoličními odpady, stanovit metodiku a postup řešení.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je zmapovat současnou situaci nakládání se stavebními odpady a zhodnotit vybraná rizika spojená s nakládáním se stavebními odpady.

Seznam literatury:

TICHÝ, Milík. Ovládání rizika: analýza a management. Praha: C.H. Beck, 2006. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-7179-415-5.

BRAUNGART, Michael. Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things. 2002. ISBN 978-0865475878.

Legislativní podmínky v recyklaci stavebních odpadů. Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice. Dostupné z: <http://www.arism.cz/>

LI, R. Y. M. Construction Safety and Waste Management. Springer-Verlag, 2015.

Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy. European Environment Agency, Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges>

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práca sa zoberá hodnotením rizík spojených so stavebným a demolačným odpadom. Jedná sa hlavne o riziká spojené s ochranou životného prostredia, bezpečnosti a ochranou zdravia pracovníkov nakladajúcich so stavebným odpadom na stavenisku, ako aj technickými aspektami využívania recyklátov. Na identifikáciu a analýzu rizík sú pre túto prácu vybrané nástroje – analýza príčin a následkov (Ishikawa diagram) a analýza typu motýlik. Na hodnotenie identifikovaných rizík sú vybrané metódy - matica rizík a následne analýza príčin a následkov porúch (FMEA), ktorá sa zaoberá aj návrhom opatrení ku každému problému, ktorých cieľom je minimalizovať mieru pravdepodobnosti výskytu a dopadu identifikovaných rizík. Cieľom diplomovej práce je teda identifikovať, zhodnotiť a rozanalyzovať riziká a určiť jednoduché opatrenia na ich elimináciu alebo mitigáciu.

Abstract

Master's thesis deals with the assessment of risks associated with construction and demolition waste. These are risks mainly related to environmental protection, safety and health protection of workers handling construction waste on the construction site, as well as technical aspects of the use of recyclates. The tools selected for this thesis to identify and analyse the risks are cause and effect analysis (Ishikawa diagram) and bow-tie type analysis. For the assessment of the identified risks, the methods selected are the risk matrix and then the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), which also deals with the design of measures for each problem, which aim to minimize the probability of occurrence and impact of the identified risks. Thus, the aim of the thesis is to identify, assess and analyse the risks and determine simple measures to eliminate or mitigate them.

Klíčové slová

Udržitelnost, cirkulárna ekonomika, odpady, recyklácia, riziká

Keywords

Sustainability, circular economy, waste, recycling, risks

Bibliografická citácia

REPKA, Matej. *Hodnocení rizik nakládání se stavebními a demoličními odpady* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/135667>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor inženýrství rizik. 84 s. Vedoucí práce Kristýna Hrabová.

Prehlásenie

Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému „Hodnocení rizik nakládání se stavebními a demoličními odpady“ som vypracoval samostatne pod vedením vedúcej diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce. Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, predovšetkým som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/nebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení časti druhej, hlavy VI. oddiel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.

V Brne

.....

Podpis autora

Podakovanie

Na tomto mieste by som rád poďakoval vedúcej práce Ing. et Ing. Kristýne Hrabovej za rady, pomoc a podnety k vypracovaniu tejto diplomovej práce, ako aj za vedenie odborných konzultácií o riešenej problematike. Taktiež by som sa rád poďakoval mojej rodine a priateľom, ktorí pri mne stáli ako počas písania tejto diplomovej práce, tak aj počas celej doby môjho štúdia na vysokej škole.

OBSAH

OBSAH.....	13
ÚVOD.....	8
2 SÚČASNÝ STAV	9
2.1 Udržateľnosť	9
2.1.1 Definície udržateľnosti	9
2.1.2 Hlavné ciele udržateľnosti	11
2.2 Cirkulárna ekonomika	12
2.2.1 Lineárna a cirkulárna ekonomika	12
2.2.2 Cirkulárna ekonomika v stavebníctve	18
2.2.3 Potenciálne bariéry na prechod k cirkulárnej ekonomike v stavebníctve	20
2.3 Odpadové hospodárstvo.....	22
2.3.1 Nakladanie a zaobchádzanie s odpadmi.....	22
2.3.2 Generácia odpadu.....	23
2.3.3 Hierarchia odpadového hospodárstva.....	26
2.3.4 Recyklácia.....	27
2.4 Stavebné odpady.....	29
2.4.1 Proces zaobchádzania so stavebným odpadom.....	30
2.4.2 Kategorizácia stavebných odpadov v Európskej únii.....	31
2.5 Stavebné Recykláty	35
2.5.1 Betónový recyklát (RCA)	36
2.5.2 Tehlový recyklát (RMA)	37
2.5.3 Asfaltový recyklát (RA)	38
2.5.4 Zmiešaný recyklát (MRA).....	39
2.6 Legislatíva.....	39
3 FORMULÁCIA PROBLÉMOV A STANOVENIE CIEĽOV RIEŠENIA.....	42
4 POUŽITÉ METÓDY	43
4.1 Analýza príčin a následkov.....	43
4.2 Bowtie analýza.....	44
4.3 Matica rizík	46
4.4 FMEA	48
5 PRAKTICKÁ ČASŤ	50
5.1 Identifikácia rizík.....	50
5.1.1 Ekologické riziká SDO.....	51

5.1.2	<i>BOZP aspekty narábania s SDO</i>	52
5.1.3	<i>Technické aspekty recyklátov</i>	52
5.1.4	<i>Celkové riziká</i>	53
5.1.5	<i>Bowtie analýza</i>	54
5.2	Hodnotenie rizík	57
5.2.1	<i>Matica rizík</i>	57
5.2.2	<i>FMEA</i>	60
6	ANALÝZA VÝSLEDKOV	67
	ZÁVER	68
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	70
	ZOZNAM TABULIEK	75
	ZOZNAM GRAFOV	76
	ZOZNAM OBRÁZKOV	77
	ZOZNAM SKRATIEK	78
	ZOZNAM PRÍLOH	78
	PRÍLOHA Č. 1: TABUĽKA FMEA	79

ÚVOD

Odpad ako surovina vzniká pri skoro všetkých ľudských činnostiach. Množstvo vyprodukovaného odpadu každoročne narastá. Likvidácia vyprodukovaného odpadu sa v súvislosti so stále väčším vyprodukovaným množstvom stáva stále komplikovanejšia a jedná sa o masívny problém. Jedným z najhlavnejších dôvodov zvyšovania objemu produkcie odpadu je rast svetovej populácie. V súvislosti s rastom svetovej populácie narastá aj miera urbanizácie a s ňou spojený zvýšený dopyt po naturálnych zdrojoch. Tieto zdroje však nie sú nevyčerpatelné a veľmi rýchlo sa mieniajú. Stavebníctvo ako také je zo svojej povahy jedným z najväčších spotrebiteľov naturálnych zdrojov, ako aj jedným z najväčších producentov odpadu.

Je preto potrebné hľadať riešenia, ktoré tento problém vyriešia a rast sa stane udržateľným. Jedným z možných riešení tohto problému je prechod od lineárneho modelu ekonomiky na ekonomiku obežnú. Táto téma je v súčasnej dobe nesmierne aktuálna a do popredia sa dostáva stále viac a viac. Prechod na takýto druh ekonomiky by znamenal nutnosť efektívne využívať dostupné zdroje surovín a materiálu bez vytvárania odpadu. Celosvetový prechod stavebníctva na obežnú ekonomiku by mal nesmierne pozitívny efekt na životné prostredie, ochranu ekosystémov a rast ekonomiky by mohol byť skutočne udržateľný.

V súvislosti s opätovným využívaním, respektíve recykláciou stavebného odpadu však nastáva množstvo rizík, problémov a komplikácií. Tieto riziká je potrebné dôkladne poznať a počítať s nimi. Táto diplomová práca sa preto zaoberá hodnotením rizík týchto spojených so stavebnými a demolačnými odpadmi. Prvá časť tejto práce sa bude venovať analýze teoretických východísk súvisiacich s udržateľnosťou či cirkulárnou ekonomikou. Tiež sa pozrie na teoretické pojmy súvisiace so stavebným odpadom, recykláciou, ako aj na možné spôsoby spracovania stavebného a demolačného odpadu a recyklované materiály, ktoré sa dajú spracovaním týchto odpadov vyrobiť. Tiež sa pozrie na aktuálne čísla produkcie odpadu a aktuálnu mieru recyklácie tohto odpadu. Ďalšia časť tejto práce sa pokúsi identifikovať rôzne riziká spojené so stavebnými odpadmi a ich spracovaním. Následne budú tieto identifikované problémy zhodnotené a na základe toho sa táto práca pokúsi ponúknuť možné opatrenia, ktoré majú za úlohu minimalizovať riziko vzniku, respektíve následkov daných identifikovanými rizikami.

2 SÚČASNÝ STAV

Táto úvodná časť diplomovej práce obsahuje stručný prehľad teoretických východísk súvisiacich s témou tejto diplomovej práce, teda so stavebnými a demolačnými odpadmi. Bližšie sa pozrie na v súčasnosti veľmi aktuálne témy ako je udržateľnosť či cirkulárna ekonomika. Ďalej budú opísané pojmy súvisiace s odpadom, ako je napríklad odpadové hospodárstvo, generácia odpadu a podobné súvisiace pojmy. Následne sa pozrie na stavebný odpad ako taký, taktiež na jeho recykláciu a výrobky z tohto procesu vychádzajúce, ako aj na legislatívu, ktorá je spojená so stavebným a demolačným odpadom.

2.1 UDRŽATEĽNOSŤ

V dnešnej spoločnosti je nevyhnutné riešiť environmentálnu udržateľnosť. V minulosti nebola táto téma veľmi dôležitá, keďže životné prostredie nebolo v takom zlom stave ako sa nachádza dnes. Ale v posledných rokoch sa situácia rapídne zhoršuje a táto téma sa dostáva čím ďalej tým viac do popredia. Rapídny nárast hospodárstva a priemyslu, prudký rast populácie zeme, či zvyšovanie životných štandardov výrazne prispievajú ku masívnemu zhoršovaniu sa životného prostredia ako celku. Ak chceme ako ľudstvo nielen naďalej prosperovať, ale aj prežiť je riešenie otázky životného prostredia viac ako nevyhnutné.

2.1.1 Definície udržateľnosti

Udržateľnosť bola v roku 1987 definovaná Brundlandskou komisiou. Táto definícia uvádza, že trvalo udržateľný rozvoj je taký, ktorý zodpovedá všetkým potrebám súčasnosti bez toho, aby bola v budúcnosti ohrozená schopnosť budúcich generácií uspokojovať svoje základné potreby. Trvalo udržateľný rozvoj spočíva hlavne v tom, že je potrebné aby bola dosiahnutá prijateľná životná úroveň spravodlivého a bezpečného priestoru v rámci ekologických limitov našej planéty pre všetkých. (Kuhlman, 2010)

Pojem udržateľnosť je ako taký veľmi obšírny, nejednoznačný a inkluzívny koncept, ktorý sa používa na charakterizáciu akejkoľvek činnosti zohľadňujúcej environmentálne, sociálne, ako aj ekonomické vplyvy. (Heather, 2014)

Udržateľnosť ako celok je založená na dôležitom princípe: Všetko, čo ľudstvo skonzumuje pre svoje vlastné prežitie, či už priamo alebo nepriamo, je závislé od životného prostredia. Pitná

voda, jedlo, palivá, stavebné materiály a podobne – to všetko nám poskytuje životné prostredie. Trvalo udržateľný rozvoj zaistuje sociálnu spravodlivosť súčasne pre aktuálnu generáciu, ako aj pre budúce generácie za podmienky, že sú zabezpečené ekosystémy podporujúce život na našej planéte. (National Research Council, 2011)

Udržateľnosť môže byť definovaná aj ako skutočnosť zabezpečujúca stálu produkciu a rozmanitosť všetkého, čo je potrebné na to, aby ekológia zostávala v rovnováhe. Udržateľnosť ako predmet sa snaží prepojiť spoločenské vedy s občianskym inžinierstvom a technológiou budúcnosti s vedou o životnom prostredí. (Morelli, 2011) Udržateľnosť ako taká je teda zameraná hlavne na to, aby naše životné prostredie, ako aj ekologické a ľudské zdroje boli ochraňované.

Podľa Blackburna je pojem udržateľnosť chápaný nielen ako environmentálne správanie sa a podobné tradičné problémy spoločenského svedomia, ale ja ako bežné sociálne problémy, ako sú napríklad finančné riadenie alebo kvalita, prípadne kvalita výrobkov. Tento problém zahŕňa čestné a otvorené správanie sa plus komunikáciu, ktoré sú nevyhnutné na splnenie požiadaviek sociálnej zodpovednosti na budúcnosť. (Blackburn, 2007)

Udržateľnosť má teda päť základných zložiek:

- Prepojenie ekonomických, sociálnych a ekologických cieľov.
- Rovnosť v rozdelení zložiek a vlastníckych práv v rámci generácií a vzájomne medzi danými generáciami.
- Rovnováha pri odhade možných katastrof a ničení životného prostredia.
- Bezpečnosť ľudí ako v dnešnej dobe, tak aj v budúcnosti tak, aby mali zdravý a vysoko kvalitný život.
- Zahrnutie všetkých ľudí do činností ako teraz tak aj v budúcnosti. (Blackburn, 2007)

Budúcnosť ľudstva závisí od toho, ako bude reagovať na súčasné, ako aj budúce výzvy spojené s ničením životného prostredia, ekosystémov a s nimi spojenými sociálno-ekonomickými problémami. Bohužiaľ, existuje veľké množstvo príkladov, ktoré ukazujú, že ľudstvo samotné nezvratne poškodzuje svoje životné prostredie. Ako niektoré tieto environmentálne problémy by sa dali uviesť napríklad globálne otepľovanie, okysľovanie oceánov, ničenie ekosystémov, vyhýnanie druhov zvierat či nadmerné vyčerpanie obnoviteľných a neobnoviteľných zdrojov, ktoré nám príroda poskytuje (Ekins, 2000). Niektoré tieto problémy sa dajú vyriešiť ľahšie ako iné, avšak je potrebné pracovať a hľadať riešenia na všetky.

Nesprávne ľudské kroky môžu vyčerpať všetky prírodné zdroje, čím sa z dlhodobého hľadiska ohrozuje životaschopnosť ľudstva. Udržateľnosť sa teda zaoberá spôsobom, akým by

mohli ľudia žiť v súlade s prírodou, ako aj ju chrániť pred devastáciou či poškodzovaním. V súčasnosti sa táto téma dostáva čím ďalej, tým viac do popredia.

2.1.2 Hlavné ciele udržateľnosti

Organizácia spojených národov v roku 2015 zadefinovala ako hlavné ciele trvalo udržateľného rozvoja. Jedná sa o výzvu na ochranu planéty, odstránenie chudoby a zabezpečenie prosperity a mieru celého ľudstva do roku 2030. Tieto ciele sú zahrnuté do „Agendy pre trvalo udržateľný rozvoj 2030“, ktorá by mala stimulovať ľudstvo k udržateľnej budúcnosti a zmene terajšieho vývoja. V tejto agende sa hovorí o týchto nasledujúcich cieľoch:

- Odstránenie chudoby na celom svete.
- Ukončenie hladu, dosiahnutie potravinovej bezpečnosti a podpora udržateľného poľnohospodárstva.
- Podpora blahobytu a zaistenie zdravšieho života pre všetkých.
- Zaistenie kvalitnejšieho a spravodlivejšieho vzdelávania a podpora príležitosti celoživotného vzdelávania pre všetkých.
- Posilnenie postavenia všetkých žien a dosiahnutie rodovej rovnosti.
- Zabezpečenie dostupnosti a udržateľné hospodárenie s vodou pre všetkých.
- Zabezpečenie prístupu k cenovo dostupnej, modernej a udržateľnej energii pre všetkých.
- Podpora inkluzívneho, udržateľného rastu, produktívnej a dostupnej práce pre všetkých.
- Budovanie odolnej infraštruktúry, podpora inovácií a udržateľnej industrializácie.
- Zmierňovanie nerovnosti v rámci krajín a medzi nimi.
- Prerobenie miest na viac inkluzívne, odolné a udržateľné.
- Zabezpečenie trvalo udržateľných modelov výroby a spotreby.
- Prijatie dôležitých opatrení na boj proti zmene podnebia a dopadom s ňou spojeným.
- Zachovanie udržateľného využívania oceánov, morí a morských zdrojov na trvalo udržateľný rozvoj.
- Obnovovanie, podpora a ochrana udržateľného využívania suchozemských ekosystémov, trvalo udržateľné obhospodarovanie lesov a boj proti strate biodiverzity.

- Podpora inkluzívnych spoločností pre udržateľný rozvoj, zabezpečenie spravodlivého prístupu pre všetkých.
- Posilňovanie prostriedkov a ožiovovanie globálneho partnerstva pre trvalo udržateľný rozvoj. (Florini, 2017)

2.2 CIRKULÁRNA EKONOMIKA

Aktuálna situácia spojená s rastom populácie a s následným neudržateľným využívaním nerastného bohatstva tejto planéty nás núti aby sme sa čím ďalej, tým viac zamýšľali nad možnými riešeniami tohto problému. Jedným z riešení, avšak určite nie jediným riešením, ktoré by mohli dopomôcť, je prechod na cirkulárnu ekonomiku.

Cirkulárna ekonomika, často nazývaná aj obehové hospodárstvo je relatívne mladý ekonomický pojem. Do popredia sa dostal až na začiatku deväťdesiatich rokov minulého storočia. (De Angelis, 2018)

2.2.1 Lineárna a cirkulárna ekonomika

Vďaka tomu, že v minulosti nebola výrazná potreba znovu využívať suroviny a materiály, nakoľko bolo jednoduchšie a ekonomicky výhodnejšie využívať materiály a suroviny nové, je súčasná spoločnosť aktuálne založená na tzv. lineárnom ekonomickom modeli. Tento ekonomický model je založený na princípe „vyťažiť, vyrobiť, použiť, zahodiť“. Podstata tohto modelu je založená na neobmedzenom a ľahkom prístupe k zdrojom a lacnom zneškodňovaní odpadu. Ako ukazuje obrázok číslo 2, tento model predstavuje líniu s daným začiatkom a koncom, pričom platí pravidlo, že čím vyššie je množstvo vyrobených a predaných produktov, tým vyššia je maximalizácia ekonomického zisku. (De Angelis, 2018)

Zjednodušene by sa dal tento systém definovať ako *„spôsob nastavenia ekonomického systému, ktorý umožňuje neobmedzené čerpanie prírodných zdrojov a neobmedzenú tvorbu odpadu bez ohľadu na udržateľnosť týchto procesov“* (Bonciu, 2014). V období, keď ponuka dostupných zdrojov vysoko prevyšovala dopyt po týchto zdrojoch, pôsobil tento model takmer dokonale. Technický pokrok, neznalosť vplyvu takéhoto typu ekonomiky a pocit nevyčerpatelnosti zdrojov spôsobila, že zo začiatku to nebolo vôbec vnímané ako problém. Podľa štúdie Ellen MacArthur Foundation z roku 2013 bol tento fakt v 20. storočí podporený trendom klesania reálnych cien surovín, čo malo za následok objemu výroby pomocou využívania čoraz vyššieho objemu daných zdrojov, namiesto

zvyšovania efektivity, recyklácie, či opätovného využívania týchto zdrojov. Až v druhej polovici 20. storočia spolu s postupným rastom globalizácie a technického pokroku so sebou prinieslo vytriezvenie a pochopenie, že zdroje sú vyčerpatelné, odpady škodlivé a tento systém nebude fungovať donekonečna.

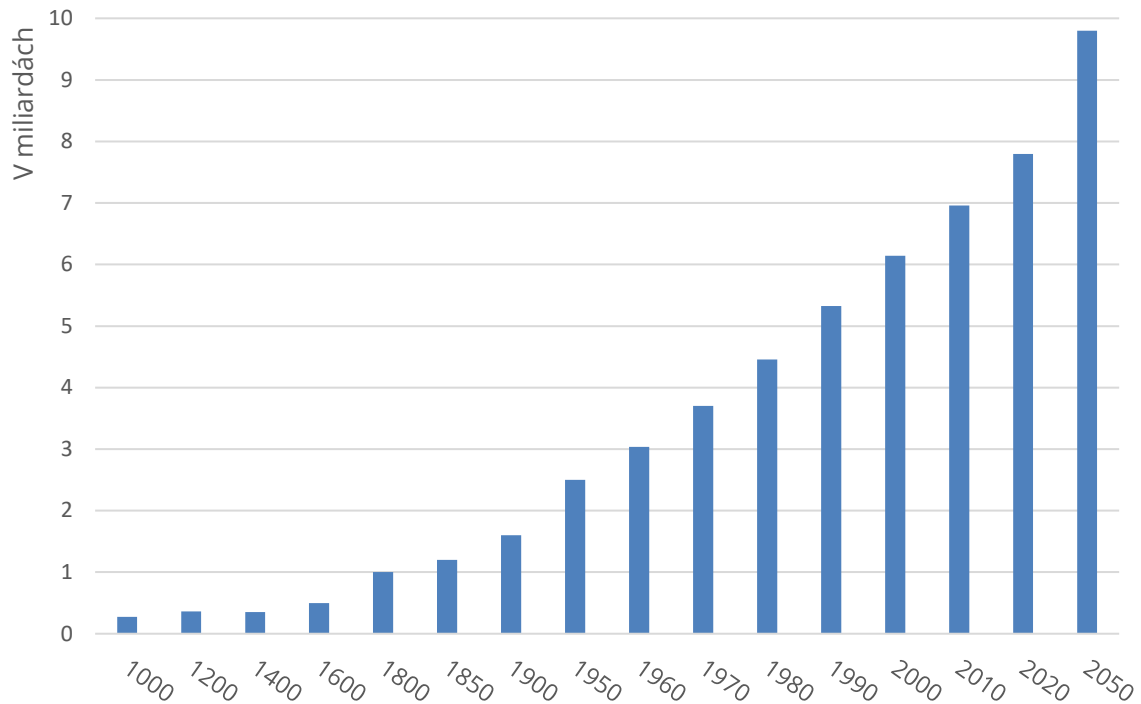
Podľa Girlinga sa v lineárnej ekonomike až 90% surovín použitých pri výrobe stane odpadom skôr, než vyrábaný produkt opustí továreň. Ďalších 80% percent výrobkov sa navyše vyhodí do šiestich mesiacov od ich nákupu. (Girling, 2005) Na základe dát z Eurostatu, priemerný obyvateľ Európskej únie vyprodukuje približne 505 kíl komunálneho odpadu ročne. Obrázok číslo jedna znázorňuje lineárny model ekonomiky.



Obrázok č. 1: Lineárny model ekonomiky (Čierna Labuť, 2018)

Jedným z hlavných faktorov, prečo je lineárny model neudržateľný je neustály rast svetovej populácie a s ním spojený rast spotreby zdrojov. Graf číslo jedna nám ukazuje vývoj a predikciu vývoja svetovej populácie do roku 2050. Predpokladá sa, že aktuálna populácia zemegule, ktorá sa pohybuje na úrovni okolo osem miliárd, vzrastie do roku 2050 na úroveň približne 9,8 miliárd obyvateľov. Tento obrovský rast populácie vytvára stále vyššie a vyššie potreby zdrojov a prechodu z lineárneho modelu ekonomiky na cirkulárny nebude možné s týmito nárokmi držať dych.

Svetová populácia v rokoch 1000 až 2050



Graf číslo 1: Svetová populácia v rokoch 1000 až 2050 (Vlastné spracovanie na základe Worldometers, 2020)

Jednou z možností, ako riešiť tento problém by mala byť cirkulárna ekonomika. Tento druh ekonomiky je komplexný systém založený na princípe, ktorého hlavnou úlohou je udržať hodnotu výrobku čo najdlhšie vo výrobnom cykle. Hlavným cieľom tohto systému je šetriť prírodné zdroje a znižovať ľudský dopad na planétu. Obežná ekonomika by sa dala definovať aj ako koncept, v ktorom odpad nevzniká.

Inštitút cirkulárnej ekonomiky definuje obehové hospodárstvo ako: „*stratégiu udržateľného rozvoja, ktorá vytvára funkčné a zdravé vzťahy medzi prírodou a ľudskou spoločnosťou. Dokonalým uzatváraním tokov materiálov v dlhotrvajúcich cykloch oponuje nášmu súčasnému lineárnemu systému, kde suroviny sú premenené na produkty, predané a po skončení ich životnosti spaľované alebo skládkované.*“ (INCIEN, 2022). Jedná sa o ekonomický systém, v ktorom sa výroba uskutočňuje v uzavretých kruhoch, alebo aj cykloch. Obehové hospodárstvo by sa dalo nazvať aj regeneratívne hospodárstvo, ktorého cieľom je zachovať najvyššiu hodnotu výrobkov a materiálov. (Daňo et kol., 2020). Dôležitou súčasťou cirkulárneho hospodárstva je aj dizajn produktov, na ktorý sa pri lineárnej ekonomike až tak neberie ohľad. V obežnej ekonomike by však produkty mali byť už od začiatku navrhované tak, aby dosiahli čo najdlhšiu životnosť, prípadne aby sa dali ľahko opraviť.

Tiež je potrebné aby boli vyrobené zo surovín a materiálov, ktoré je možné na konci ich životného cyklu opäť spracovať, prípadne aby sa ich časti dali ľahko použiť ako súčasti iných výrobkov v budúcnosti. Európska komisia uvádza že, „*obehové hospodárstvo sa nespolieha výlučne na riešenia obvyklé na konci životnosti výrobku, ale vzniku odpadu bráni už pri navrhovaní výrobku a inováciu zahŕňa do celého hodnotového reťazca.*“ Zároveň uvádza, že dizajn výrobku je veľmi dôležitý bod v cirkulárnej ekonomike. (Európska komisia, 2014)

Na obrázku číslo dva je vyobrazený kolobeh cirkulárnej ekonomiky.



Obrázok číslo 2: Obežný model ekonomiky (Čierna labuť, 2018)

Cirkulárna ekonomika je priemyselný systém, ktorý pozerá na ľudské a naturálne zdroje, ako aj na technológie a vedu. Princiálne je obežná ekonomika založená na najčastejšie troch či štyroch princípoch. No v niektorých prípadoch sa jedná aj o deväť princípov. Všetky tieto princípy vychádzajú z anglických slov, ktoré sa vždy začínajú na písmeno R. Základné princípy sa nazývajú „3R“ – redukovať (z ang. reduce), znova využiť (z ang. reuse) a recyklovať (z ang. recycle). (Vidová, 2019) Ku týmto základným princípom sa v rôznych kombináciách môžu pridať aj nasledovné: opraviť (z ang. repair), renovovať (z ang. refurbish), premyslieť alebo rozmyslieť si (z

ang. rethink), znova nadobudnúť (z ang. recover), zmeniť účel (z ang. repurpose), repasovať (z ang. remanufacture), prípadne odmietnuť (z ang. refuse).

Podľa Ellen MacArthur Foundation je cirkulárna ekonomika založená na týchto štyroch základných princípoch:

- Prvý princíp znamená, že ojazdné obehové hospodárstvo by nemalo produkovať žiadny odpad. V teórii to znamená, že sa nič nevyhadzuje, pretože všetko odpad môže byť ďalej použitý rôznymi spôsobmi, hlavne opätovným použitím, prípadne opravením či prerobením, ak sa to už nedá opraviť.
- Druhý princíp vysvetľuje, že existujú dva druhy priemyselných prísad do produktov. A to jednorazové alebo trvanlivé. Pod jednorazovými sa myslí tie prísady, ktoré sa môžu v prírode degradovať (napríklad papier). Pod trvanlivými prísadami sa rozumejú tie prísady, ktoré sa dajú relatívne jednoducho znova použiť. Ide napríklad o sklo, kovy, prípadne plasty. Aby sa teda materiály z ktorých sú produkty vyrobené dali znova použiť alebo sa mohli prirodzene rozložiť, mali by byť vyrobené len z týchto dvoch kategórií. Zložitejšie výrobky by mali byť navrhované tak, aby sa dali rozobrať a aby sa dali na konci životnosti roztrieť a znova použiť.
- Pod tretím princípom sa rozumie princíp, že ak má byť daný výrobný cyklus naozaj udržateľný, mala by byť udržateľná a obnoviteľná aj energia, ktorá tento proces zabezpečuje a vstupuje doň. Využívanie obnoviteľných zdrojov energie by malo za následok ďalšie znižovanie čerpania neobnoviteľných zdrojov.
- Posledným, štvrtým zdrojom je zmena zákazníkovoho statusu zo spotrebiteľa na užívateľa. Z dôvodu, že na konci životnosti výrobku v obehovom hospodárstve budú chcieť späť suroviny a materiály na ich ďalšie použitie. Tento prístup by mal znamenať zvýšenie zdieľania. (Ellen MacArthur Foundation, 2014)

V Európskej Únii sa používa hlavne rámec štyroch princípov, alebo aj „4R“ - reduce, reuse, recycle, recover. Teda ide o nasledujúce princípy:

- Princíp zníženia (reduce) – jedná sa o ekonomickú orientáciu smerom na vedecko-technický pokrok a inovácie. Hlavným cieľom je znížiť využívanie surovín a energie, ako aj maximalizovať efektivitu využívania zdrojov.
- Princíp opakovaného použitia (reuse) – tento princíp predstavuje potrebu produkovať výrobky a obalové materiály s možnosťou ich opätovného použitia. Taktiež je potrebné sa zameriavať na dizajn a konštrukciu výrobkov s ohľadom na predĺženie ich doby životnosti.

- Princíp recyklácie (recycle) – pri tomto princípe sa jedná o to, že aj po skončení životnosti produktov je možné tieto výrobky znova využiť. Je potrebné teda podporovať rozvoj recyklačného priemyslu, ktorý pomôže priniesť suroviny z odpadu naspäť do výrobného procesu, respektíve ale aspoň umožniť jeho ďalšie využitie.
- Princíp znova nadobudnutia (recover) – jedná sa vlastne o premenu odpadu na nové zdroje, ktoré sa použijú na výrobu nových materiálov, prípadne energie či tepla. (Vidová, 2019)

Britská normalizačná inštitúcia, ktorá sa zameriava na efektívnosť a udržateľný rast podnikov a organizácií vydala v roku 2017 tzv. Britskú normu 8001. Táto norma obsahuje šesť princípov obehovej ekonomiky, ktoré by mali firmy a organizácie dodržiavať pre jej správne fungovanie. Jedná sa o tieto princípy:

- Systémové myslenie – organizácie by mali využívať holistický prístup pri navrhovaní a výrobe produktov, aby pochopili, ako jednotlivé rozhodnutia a činnosti vplývajú ako na celý ekosystém, tak aj na ekonomický a sociálny rozmer výroby
- Inovácie – prehodnotiť riadenie zdrojov v podniku a následné zavedenie inovatívnych postupov výroby a riadenia zdrojov za účelom vytvorenia väčšej hodnoty.
- Spravovanie – podnik by mal prevziať zodpovednosť za dôsledky súvisiace s dopadmi jeho produktov. Túto zodpovednosť by mal prevziať v každom bode životného cyklu produktu (od dizajnu a výberu materiálov cez výrobu, distribúciu až po ukončenie životného cyklu daného produktu).
- Spolupráca – Interná, ako aj externá spolupráca s rôznymi zainteresovanými stranami. Táto spolupráca by mala prebiehať ako na formálnej, tak na neformálnej úrovni.
- Optimalizácia hodnôt – organizácia by sa mala snažiť o dosahovanie a udržiavanie čo najvyššieho možného výkonu (hodnoty, funkčnosti a kvality) pri minimalizácii spotreby energie, ako aj iných škodlivých faktorov. V dôsledku rastúcej svetovej populácie a nadmerné čerpanie zdrojov je najvyššia možná efektívnosť výroby nevyhnutná.
- Transparentnosť – podnik by mal zverejniť environmentálne vplyvy, ktoré svojou činnosťou zanecháva. Tieto informácie by tiež mali byť jednoducho dohľadateľné. Jedná sa napríklad o informácie ohľadom používaných materiálov, ich pôvodu,

alebo aj informácie ohľadom konkrétnych dopadov svojich podnikateľských aktivít na životné prostredie ako celok. (Circular Economy Club, 2017)

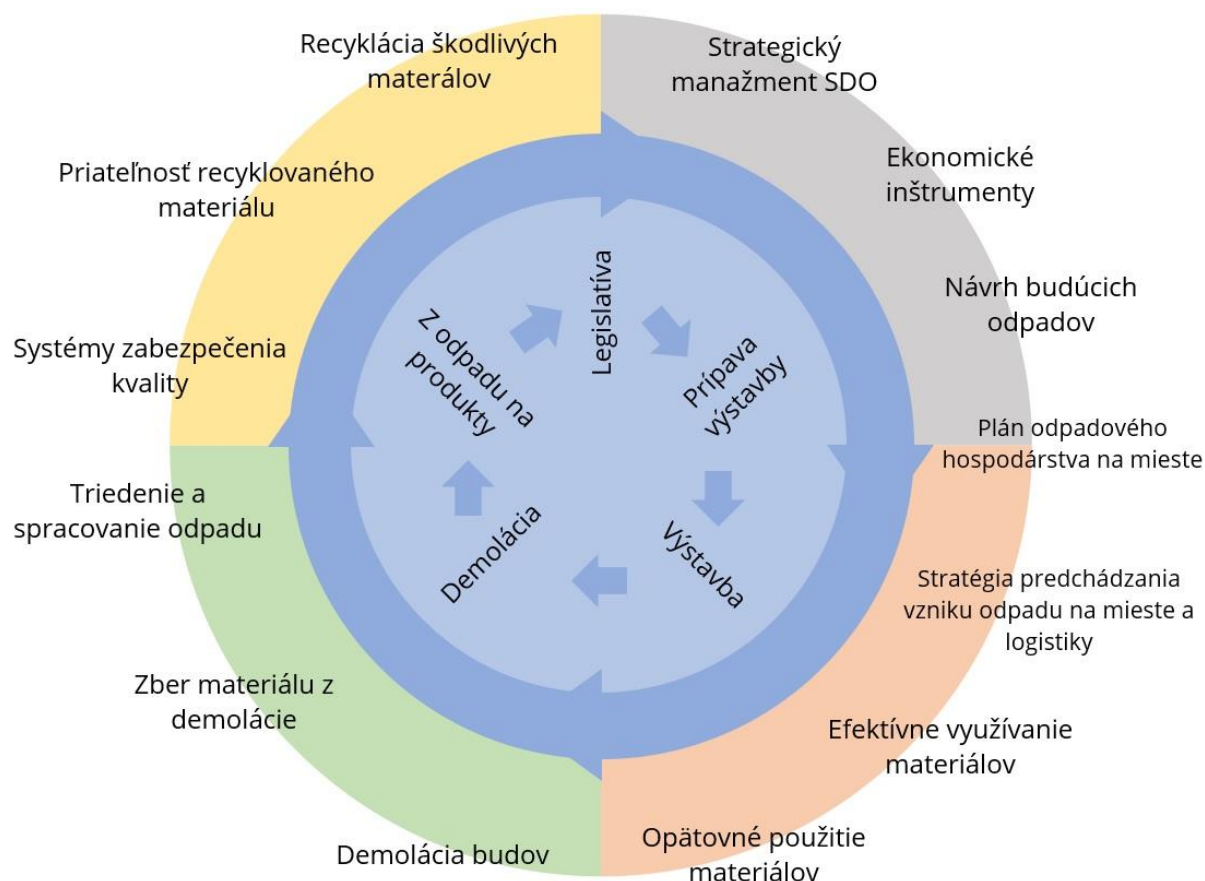
Všetky spomínané princípy na seba nadväzujú, vzájomne sa dopĺňajú a v teoretickej rovine by mali vytvoriť perfektný systém pre záchranu prírody a zdrojov. Avšak v realite je implementácia veľmi náročná a zdĺhavá.

2.2.2 Cirkulárna ekonomika v stavebníctve

Výstavba produktov stavebnej činnosti, ako sú napríklad budovy, mosty, tunely, priehrady a podobne je hlavným spotrebiteľom materiálnych prírodných zdrojov, energie a pôdy. Stavebníctvo ako také vyžaduje a spotrebuje približne 50 % všetkých vyťažených materiálov a surovín. Taktiež sa jedná o najväčšieho producenta odpadu v Európskej Únii, celkovo vyprodukuje viac ako 35 % všetkého odpadu vyprodukovaného v Európskej Únii ročne. (Eurostat, 2018) Odhaduje sa, že emisie spojené s výstavbou predstavujú približne 5 až 12 % percent všetkých emisií skleníkových plynov. Vyššia materiálová efektívnosť by mohla ušetriť až 80 % týchto emisií. (Hertwich, 2020)

Pre udržateľnú budúcnosť je teda veľmi potrebné aby sa všetky suroviny a materiály použité v stavebníctve znova využívali, či už pomocou recyklácie alebo ich opätovného využitia na iných stavbách či projektoch. Tým by sa výrazne prispelo k minimalizovaniu využívania prírodných zdrojov a ochrane životného prostredia, ovzdušia a podobne.

Obrázok číslo tri vyobrazuje schému cirkulárnej ekonomiky v stavebnom odvetví. Obrázok číslo tri zobrazuje schému modelu cirkulárnej ekonomiky v stavebnom sektore. Ako sa dá vidieť, tento model by mal fungovať na piatich základných bodoch: vhodná legislatíva, príprava na výstavbu, samotná výstavba a po skončení životnosti diela jeho demolácia a premena odpadu z nej vznikajúcich na produkty, ktoré sa znova využijú v ďalších stavebných procesoch.



Obrázok číslo 3: Cirkulárna ekonomika v stavebníctve (Vlastné spracovanie na základe Galvez-Martos, 2018)

Stavba samotná má štyri základné fázy životného cyklu. Jedná sa o fázy nasledujúce:

- **Návrh stavby** – investičný zámer, určenie technických, konštrukčných, architektonických požiadaviek na projekt a tvorba stavebného projektu.
- **Realizácia stavby** – realizácia stavebných prác na navrhnutom projekte. Výsledkom tohto kroku je užívania schopná stavba.
- **Používanie stavby a jej údržba** – užívanie stavby počas jej doby životnosti, údržbové práce, prípadne rekonštrukčné práce v prípade potreby.
- **Likvidácia stavby a opakované použitie materiálov** – demolácia a rozoberanie stavebného diela, búracie práce.

V každej fáze životného cyklu budovy je potrebné pozerať na životné prostredie a stopy, ktoré za sebou tento projekt zanecháva. (Spišáková, 2020)

Európska komisia vytvorila rámec princípov pre návrh budov, za účelom prechodu na cirkulárnu ekonomiku v stavebníctve. Jedná sa o súbor 42 princípov rozdelených podľa cieľovej

skupiny a odvetvia súvisiaceho so stavebníctvom, ako aj 9 hlavných princípov, ktoré platia všeobecne pre všetky druhy pododvetví stavebného priemyslu. Konkrétne sa jedná o tieto hlavné princípy:

- Zásady cirkulárnej ekonomiky a navrhovania udržateľných budov sa musia vzťahovať na všetkých aktérov v rámci hodnotového reťazca. Je potrebné aby všetci aktéri pochopili a používali normy, systémy a príklady, ktoré umožňujú komplexnejšie projektovanie a začlenenie obehového hospodárstva obchodných modelov výstavby.
- Udržateľné rozhodovanie musí zohľadňovať celkové náklady životného cyklu. Či už sa jedná o finančnú alebo nefinančnú návratnosť investícií.
- Pre každý hospodársky subjekt v dodávateľskom alebo hodnotovom reťazci musí existovať alebo byť vyvinutý životaschopný obchodný model. Toto sa dá dosiahnuť za pomoci priaznivého legislatívneho prostredia, vládnych stimulov a podobne.
- Zásady sa musia uplatňovať s prihliadaním na proporionalitu, teda prínosy by mali prevyšovať náklady.
- Je potrebné lepšie poznať stavebné techniky, aby sa uľahčila dekonštrukcia a zlepšila životnosť a prispôbitelnosť budov.
- Životnosť budov závisí od ich lepšieho návrhu, lepších vlastností stavebných produktov a výmene informácií.
- Predchádzanie predčasnému búraniu budov prostredníctvom rozvoja novej kultúry ich navrhovania.
- Návrh výrobkov a systémov tak, aby sa dali ľahko znova použiť, opraviť, recyklovať alebo zhodnotiť. (Európska komisia, 2020)

2.2.3 Potenciálne bariéry na prechod k cirkulárnej ekonomike v stavebníctve

Samozrejme takáto obrovská zmena, ako je celková zmena myslenia a narábania so stavebným a demolačným odpadom nie je jednoduchá. Existuje mnoho bariér a prekážok, ktoré je potrebné vyriešiť pri prechode na cirkulárnu ekonomiku v stavebnom odvetví. Mahpour sumarizuje potenciálne bariéry pre prechod k cirkulárnej ekonomike v oblasti stavebných a demolačných odpadov takto:

- Neefektívne procesy demontáže, triedenia, prepravy a znovunadobudnutia stavebných a demolačných odpadov.

- Neekologické navrhovanie stavebných projektov.
- Používanie recyklovateľných stavebných materiálov, ktoré sa však nedajú recyklovať donekonečna.
- Prílišný dôraz na recykláciu a metódy, ktoré nie sú šetrné k životnému prostrediu
- Uprednostňovanie triedenia alebo skládkovania odpadov mimo miesta vzniku pred triedením na mieste z dôvodu nedostatku stimulov.
- Nedostatočné legislatívne rámce súvisiace so zaobchádzaním so stavebným a demolačným odpadom, ako aj nedostatok dohľadu nad zaobchádzaním s týmito odpadmi.
- Chýbajúci systém zodpovednosti producentov stavebných materiálov pri ich výrobe.
- Chýbajúce jasne definované národné ciele, zámery a vízie pre prechod na cirkulárnu ekonomiku.
- Obrovská komplexnosť problému prechodu na obehové hospodárstvo, hlavne v súvislosti so stavebnými a demolačnými odpadmi.
- Nedostatočná integrácia udržateľného nakladania so stavebnými a demolačnými odpadmi.
- Nedostatok empiricky podloženej literatúry týkajúcej sa tohto problému.
- Avezia voči riziku.
- Nedostatočný záujem jednotlivcov o danú problematiku.
- Preferovanie nových stavebných materiálov pred recyklovanými či opätovne použitými užívateľmi.
- Nejasné následky prechodu na cirkulárnu ekonomiku v odpadovom hospodárstve.
- Neštandardizované vykazovanie znižovania množstva stavebného a demolačného odpadu, ako aj nedostatok dostupných zdrojov informácií.
- Nedostatok finančných prostriedkov na zavádzanie obehového hospodárstva v oblasti zaobchádzania s odpadom.
- Tendencia preferovania riadenia nákladov a času oproti riadeniu stavebných a demolačných odpadov.
- Otázky súvisiace s agentúrami zaoberajúcimi sa zberom odpadu.
- Nedostatok odhodlania vrcholových manažérov na prechod k obehovému hospodárstvu v oblasti stavebných a demolačných materiálov.
- Celková neefektívnosť v zaobchádzaní so stavebnými a demolačnými odpadmi. (Mahpour, 2018)

2.3 ODPADOVÉ HOSPODÁRSTVO

Odpadové hospodárstvo je charakterizované ako kontrola činností súvisiacich s odpadom (procesy tvorby, nakladania a využitia odpadu) s cieľom chrániť životné prostredie a ľudské zdravie a zachovať zdroje. Hlavným cieľom odpadového hospodárstva je znižovanie tvorby a zabezpečenie správneho nakladania s odpadom (Pongrácz, 2002). Problematika odpadového hospodárstva je nesmierne rozsiahla. Avšak pre životné prostredie je nevyhnutné aby odpadové hospodárstvo fungovalo efektívne a čo najmenej odpadu končilo na skládkach, respektíve aby tento odpad bol využitý čo najefektívnejšie podľa svojich vlastností a povahy. Teda cieľom odpadového hospodárstva je predchádzanie alebo znižovanie nepriaznivých vplyvov vzniku a nakladania s odpadom, ako aj zvyšovanie efektívnosti nakladania s odpadom, čo má za následok efektívnejšie využívanie naturálnych zdrojov.

2.3.1 Nakladanie a zaobchádzanie s odpadmi

Opad ako taký sa dá definovať ako vec, ktorého odstránenie je potrebné v kontexte so starostlivosťou o životné podmienky z pohľadu životného prostredia. V podstate by sa dali za skutočné odpadové látky považovať všetky látky, ktoré nie je z ekonomických dôvodov efektívne využiť alebo látky, ktoré sa nedajú vrátiť prirodzeným rozkladom do prirodzeného kolobehu. Odpad by sa dal definovať aj ako nežiadúci vedľajší produkt, ktorý vzniká pri všetkých fázach produkčného procesu. Jedná sa o jedného z najväčších znečisťovateľov životného prostredia, hlavne z dôvodu, že jeho objem sa neustále zvyšuje a nie je jednoduché ho všetok recyklovať, prípadne znova využiť. (Pucherová, 2008)

Odpady sú v Českej republike upravené zákonom číslo 541/2020 Sb. o odpadoch. Tento zákon upravuje a udáva pravidlá na predchádzanie vzniku odpadu, ako aj určuje ako je dovolené s daným vzniknutým odpadom nakladať. Ďalej sú v tomto zákone upravené práva a povinnosti osôb, zúčastňujúcich sa na odpadovom hospodárstve a taktiež je ním určená pôsobnosť orgánov verejnej správy, ktoré sa zúčastňujú na odpadovom hospodárstve.

Činnosti súvisiace s nakladaním a zaobchádzaním so stavebným sa demolačným odpadom by sa dali zhrnúť nasledujúco:

- Odpadové hospodárstvo je súbor činností zameraných na predchádzanie a vymedzovanie vzniku odpadov a znižovanie ich nebezpečnosti pre životné prostredie a na nakladanie s odpadmi v súlade s týmto zákonom.

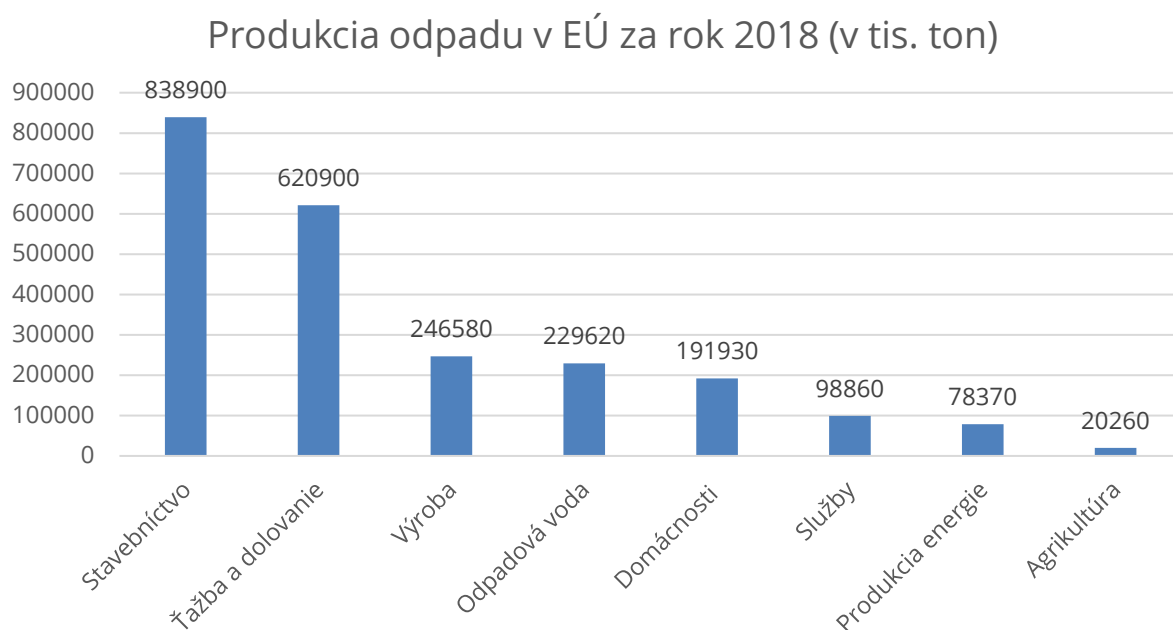
- Nakladanie s odpadom je zber, preprava, zhodnocovanie a zneškodňovanie odpadu vrátane dohľadu nad týmito činnosťami a nasledujúcej starostlivosti o miesta zneškodňovania zahŕňa aj konanie obchodníka alebo sprostredkovateľa.
- Zber odpadu je zhromažďovanie odpadu od inej osoby vrátane je predbežného triedenia a dočasného uloženia odpadu na účely prepravy do zariadenia na spracovanie odpadov.
- Triedenie odpadov je delenie odpadov podľa druhov, kategórií alebo iných kritérií, ktoré možno po oddelení zaradiť ako samostatné druhy odpadov.
- Spracovanie odpadov je činnosť zhodnocovania alebo zneškodňovania odpadu vrátane prípravy odpadu pred zhodnocovaním alebo zneškodňovaním, ak nie je ustanovené inak v zákone.
- Zhodnocovanie odpadu je činnosť, ktorej hlavným cieľom je prospešné využitie odpadu za účelom nahradiť iné materiály vo výrobnej činnosti, alebo zabezpečenie pripravenosti odpadu na plnenie tejto funkcie.
- Zneškodňovanie odpadu je činnosť, ktorá nie je zhodnocovaním, a to aj vtedy, ak je druhotným výsledkom činnosti spätné získanie látok alebo energie. (Zákon 541/2020 Sb., 2020)

2.3.2 Generácia odpadu

V súvislosti s nárastom svetovej populácie narastá rapídny tempom aj celkové množstvo vyprodukovaného odpadu. Tento odpad nesmierne zaťažuje životné prostredie a rôzne ekosystémy, je preto nesmierne dôležité aby sa so všetkým vygenerovaným odpadom zaobchádzalo čo najefektívnejšie.

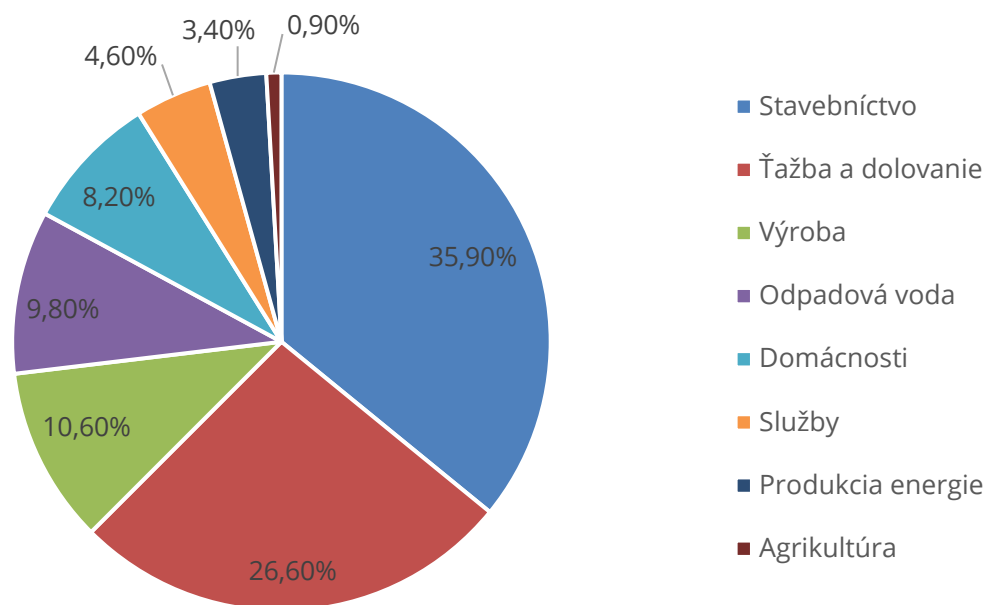
Ak sa aktuálne podmienky nezmenia, tak sa podľa správy z roku 2018 vydanou Svetovou bankou sa globálna ročná produkcia odpadu zvýši do roku 2050 o 70%. (World Bank, 2018) Je preto nesmierne potrebné, aby bola miera znovu využitia a recyklácie čo najvyššia.

V nasledujúcich grafoch môžeme vidieť aktuálne štatistiky týkajúce sa produkcie odpadu v Európskej únii a v Českej republike. Graf číslo dva zobrazuje celkové množstvo odpadu vyprodukovaného podľa jednotlivých kategórií v Európskej únii za rok 2018.



Graf číslo 2: Produkcia odpadu v EÚ za rok 2018 (v tis. ton) (Vlastné spracovanie na základe Eurostat, 2021)

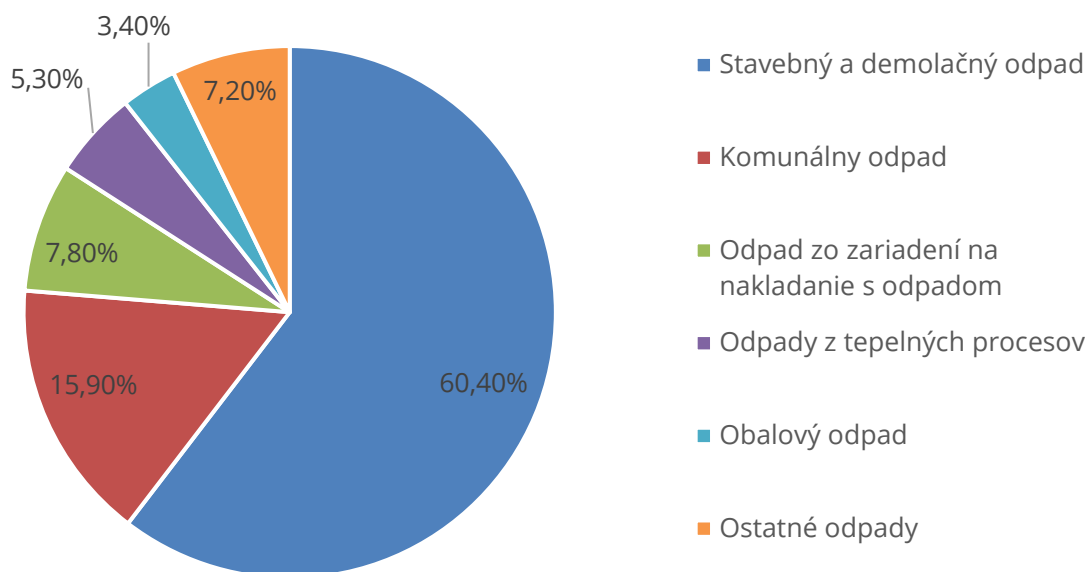
Produkcia odpadu na základe odvetvia v EÚ za rok 2018



Graf číslo 3: Produkcia odpadu na základe odvetvia v Európskej únii za rok 2018 (Vlastné spracovanie na základe Eurostat, 2021)

V grafe číslo tri, ukázanom vyššie sú zobrazené percentuálne podiely odpadu vyprodukovaného v Európskej Únii za rok 2018 na základe odvetvia, ktoré ich vyprodukovalo. Ako môžeme vidieť, stavebný priemysel tvorí najväčšiu časť. Skoro 36 percent odpadu v EÚ je vygenerovaného práve stavebníctvom.

Štruktúra vyprodukovaného odpadu v ČR za rok 2016



Graf číslo 4: Štruktúra odpadu vyprodukovaného v Českej republike za rok 2016 (Vlastné spracovanie na základe CENIA, 2017)

Graf číslo štyri znázorňuje štruktúru odpadu vyprodukovaného v Českej republike za rok 2016. Ako v ňom môžeme vidieť, stavebný a demolačný odpad sa podieľa na celkovom vyprodukovanom odpade v miere vyššej ako 60%.

2.3.3 Hierarchia odpadového hospodárstva

Hierarchia odpadového hospodárstva kategorizuje prístupy v odpadovom hospodárstve s cieľom čo najnižšej produkcie odpadu a zároveň je neoddeliteľnou súčasťou paradigmy cirkulárnej ekonomiky (Traven, 2019).

Hierarchia odpadového hospodárstva vychádza z rámcovej smernice 2008/98/EC o odpade, ktorá ukladá členským štátom Európskej Únie povinnosť nakladať s odpadmi na základe poradia piatich priorít, ktoré sú zoradené podľa ich dôležitosti v nasledujúcom poradí:

- **predchádzanie vzniku odpadu** - najvyššia priorita politiky odpadového hospodárstva, ktorá predstavuje prijatie takých opatrení, aby sa mohlo predísť vzniku odpadu ešte pred jeho samotným vznikom. Od roku 2013 majú členské štáty Európskej Únie povinnosť implementovať legislatívne opatrenia a nariadenia, ktorých úlohou je predchádzanie vzniku odpadov. Myšlienka predchádzania vzniku odpadov je kritická pre model obežnej ekonomiky.
- **príprava na opätovné použitie** - spôsob zhodnocovania odpadu, ktorý je nadradený nad všetky ostatné kategórie zhodnocovania odpadov. Teda ak je to možné a výrobok, alebo jeho časť sa dá opätovne použiť, malo by sa tak stať namiesto jeho recyklácie. Týmto bodom sa rozumie činnosť súvisiaca s kontrolou, čistením alebo opravou, pri ktorých sa už vzniknutý odpad pripraví, resp. premení do takej podoby, v ktorej môže byť znova použitý bez nutnosti iného predbežného spracovania. Práve tento spôsob spracovania odpadu je nesmierne dôležitý pri zavádzaní cirkulárnej ekonomiky do praxe.
- **recyklácia** - osobitný spôsob zhodnocovania odpadu. Je definovaná ako činnosť, vďaka ktorej sa odpadový materiál opätovne spracuje na nový materiál alebo výrobok, ktorý môže byť znovu využitý na rovnaký či podobný účel. Recyklácia nezahŕňa opätovné energetické spracovanie materiálov, ktoré môžu byť použité ako palivo.
- **energetické zhodnotenie** - nízko preferovaná forma zhodnotenia odpadov, ktorej cieľom je z odpadu vyrobiť energiu, ktorá bude ďalej využitá v podobe elektrickej, prípadne tepelnej forme.
- **skládovanie** - najmenej prijateľná forma zhodnotenia odpadov, pri ktorej je odpad ukladaný na skládky odpadov. (Odpadyportal, 2012)

Obrázok číslo štyri zobrazuje hierarchiu odpadového hospodárstva na základe smernice Európskej Únie o odpadoch. Na vrchu obrátenej pyramídy sa nachádza najideálnejšie riešenie ako nakladať s odpadom, na opačnom konci naopak riešenie, ktoré životné prostredie zasahuje najviac, a to je skládkovanie.

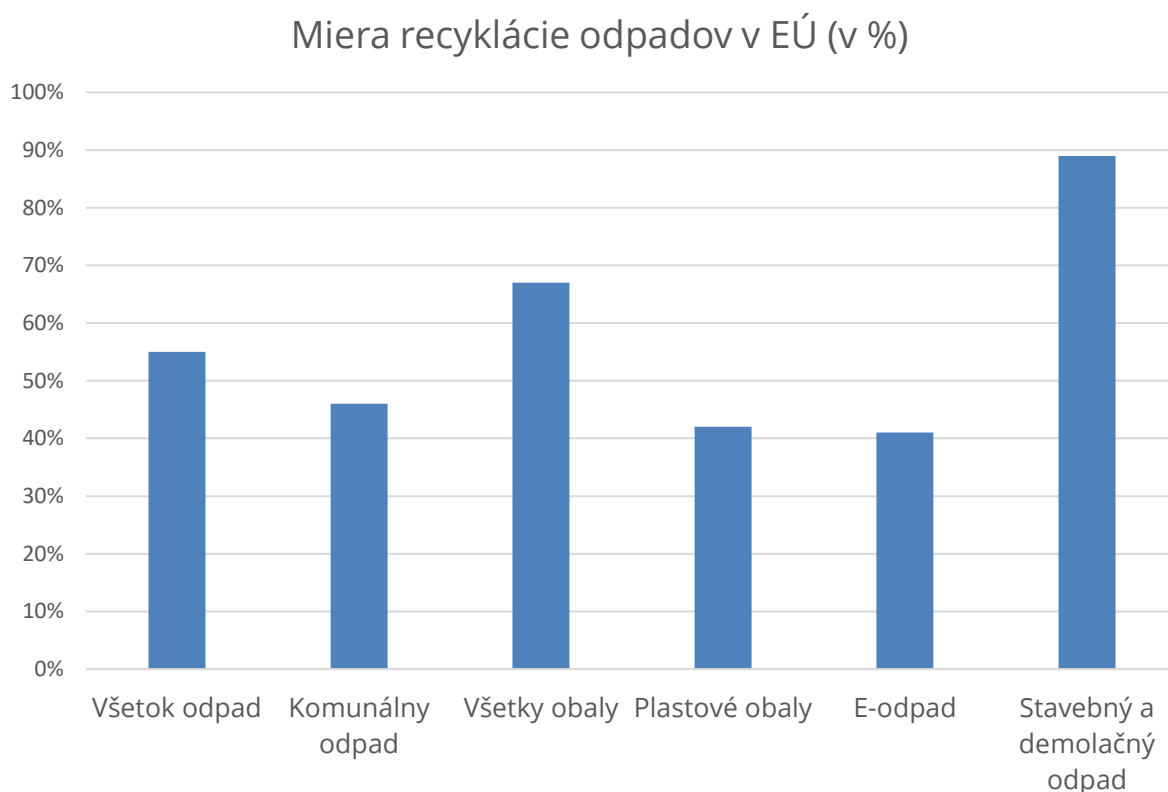


Obrázok číslo 4: Hierarchia odpadového hospodárstva (ASB, 2018)

2.3.4 Recyklácia

Pomenovanie recyklácia pochádza z anglického slova „recycling“ a v preklade znamená „vrátenie späť do výrobného systému“. Pri procese recyklácie dochádza k opätovnému využívaniu odpadov (výrobných, spotrebných atď.), látok a energií ako zdroje druhotných surovín a pôvodných alebo premenenej forme, a to bez ohľadu na miesto alebo čas vzniku odpadu a jeho použitie (Beňo, 2011). Recyklácia je teda proces, pri ktorom sa opätovne využívajú už predtým použité suroviny, materiály, či produkty. Proces recyklácie zabraňuje plytvaniu zdrojov, znižuje množstvo spotrebovanej energie a taktiež znižuje množstvo skládkovaného odpadu, čo pomáha znižovať množstvo vyprodukovaných emisií skleníkových plynov.

Graf číslo päť zachytáva mieru recyklácie odpadov v percentách podľa jednotlivých kategórií v Európskej Únii za rok 2019.



Graf č. 5: Miera recyklácie odpadov v Európskej Únii za rok 2019 (v %) (Vlastné spracovanie na základe EUROSTAT, 2019)

Vo všeobecnosti rozoznávame tri technológie recyklácie odpadov vo výrobnom procese:

- Primárne (bezodpadové) – Odpady sa spotrebúvajú priamo na mieste ich vzniku – vo výrobnej hale alebo na stavbe. Odpady vznikajúce vo výrobnom procese sa vracajú späť do výroby. Odpady vzniknuté na stavbe sa znova použijú, buď neupravené, alebo upravené len zjednodušene. Ďalšou možnosťou je výroba iného výrobku zo vzniknutého odpadu.
- Sekundárne – na recykláciu sa využívajú odpadové látky z iných technológií. Jedná sa hlavne o využívanie energetických odpadov vo výrobe nových stavebných materiálov, ako aj o využívanie odpadov z iných oblastí ekonomickej aktivity. Pri tomto druhu recyklácie vznikajú dve hlavné efekty ochrany životného prostredia: šetrenie naturálnych surovín a minimalizácia využívania pôdy pre skládkovanie odpadu.
- Terciárne – k výrobe nových materiálov sa využívajú materiály z už pred tým spotrebovaných výrobkov s ukončeným životným cyklom. Dochádza tu k energetickým

úsporám a šetreniu nerastného bohatstva. Do tejto kategórie recyklácie patrí aj recyklácia stavebných a demolačných odpadov z existujúcich budov a iných stavebných konštrukcií. (Cais, 2005)

2.4 STAVEBNÉ ODPADY

Stavebníctvo ako také sa dá charakterizovať ako odvetvie s veľmi vysokou spotrebou vstupných surovín a materiálov. Taktiež je táto činnosť významným producentom odpadu. Odpad vzniknutý v stavebníctve sa súhrnne označujú ako stavebný a demolačný odpad. Jedná sa väčšinou o materiál nesúrodý bez konštantných vlastností, spravidla sa jedná o rôzneho pôvodu a zloženia. Kvantitatívne vzniká najväčšie množstvo stavebného odpadu pri demolačnej činnosti. V procese realizácie stavieb sú odpady generované hlavne z výrobných zariadení staveniska. Pri využívaní stavieb sa odpady produkujú najmä počas modernizácie alebo rekonštrukcie daného stavebného diela. (Šentíková, 1998)

Stavebný odpad ako taký sa delí na dva základné druhy:

- **Drobný stavebný odpad** – pod týmto pojmom sa rozumie odpad, ktorý vzniká z bežných udržiavacích prác.
- **Stavebný a demolačný odpad** – jedná sa o odpad, ktorý vznikol v súvislosti s vykonávaním stavebných a zabezpečovacích prác, ako aj prác, ktoré súvisia s demoláciou, údržbou alebo úpravou stavieb. (Zákon 541/2020 Sb., 2020)

Galvez-Martos uvádza, že pri demolačných prácach na budovách sa najčastejšie stretávame s nasledujúcim zložením jednotlivých materiálov:

Tabuľka číslo 1: Zloženie stavebného a demolačného odpadu (Galvez-Martos, 2018)

Kategória odpadu	% rozsah z celkového SDO
Betón a murivo	40 - 84 %
Betón	12 - 40 %
Murivo	8 - 54 %
Asfalt	4 - 26 %
Ostatné minerálne materiály	2 - 9 %
Drevo	2 - 4 %
Kovy	0,2 - 4 %
Sadra	0,2 - 0,4 %
Plasty	0,1 - 2 %
Ostatné odpady	2 - 36 %

Z vyššie uvedenej tabuľky vyplýva, že väčšina vyprodukovaného stavebného odpadu sa skladá z betónového a tehlového odpadu. Tento fakt zodpovedá charakteru stavebného priemyslu, v ktorom sú uprednostňované betónové a murivové konštrukcie. Podľa štatistík je až 89% odpadu zo stavieb a demolácii recyklovateľných. Prevažnú časť stavebnej sutiny je preto možné ďalej využívať. (Archizoom, 2020)

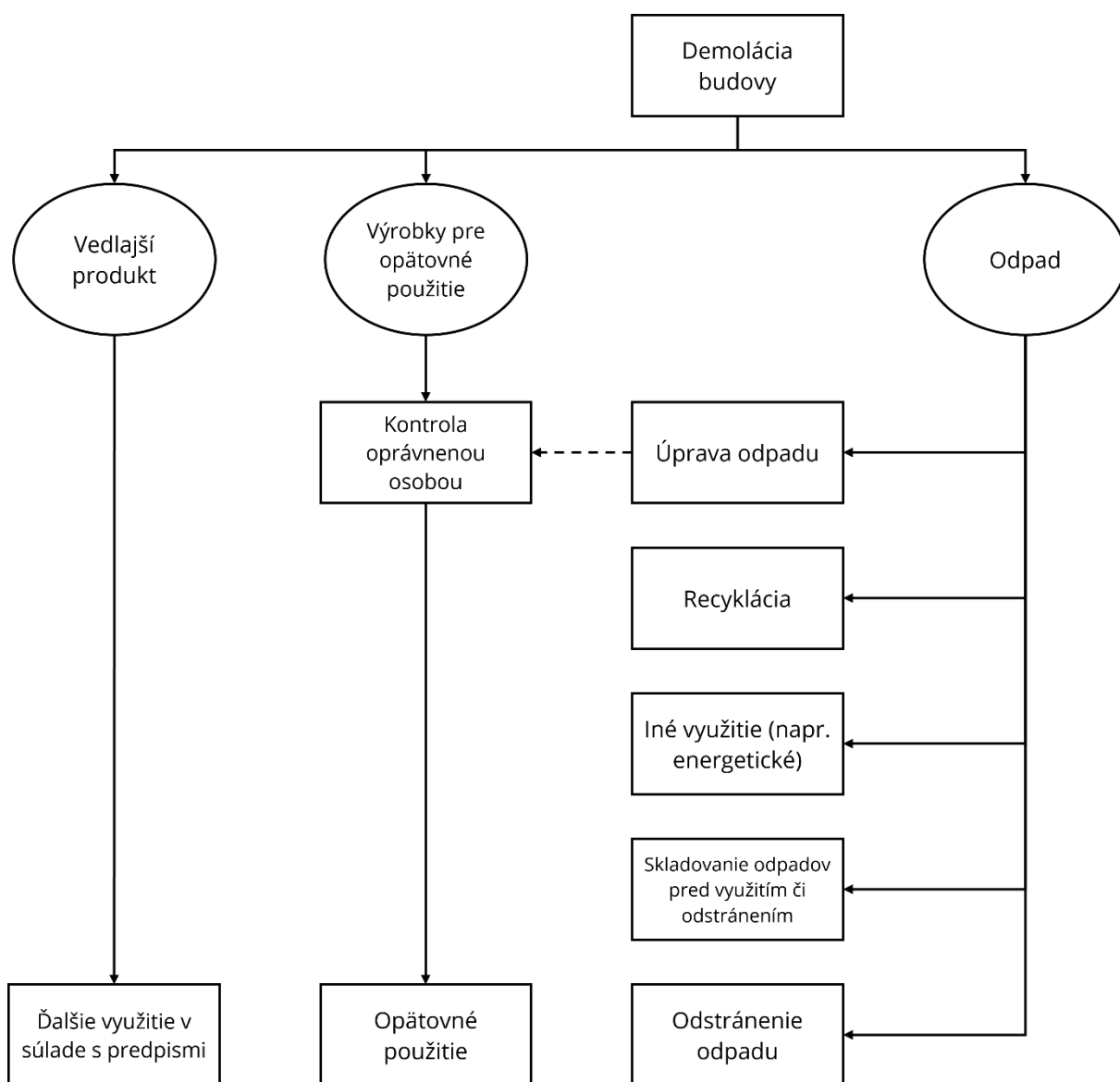
2.4.1 Proces zaobchádzania so stavebným odpadom

V každej fáze životného cyklu stavebného projektu vzniká veľké množstvo odpadu. Je potrebné v každej fáze životného cyklu robiť všetko preto aby sa z čo najväčšej miery predchádzalo vzniku odpadu. Ak nie je možné zabrániť vzniku odpadu, je potrebné ho znova využiť v rôznych podobách podľa svojho druhu a charakteristiky, prípadne tento odpad recyklovať. Aby sa z neho využilo čo najväčšie množstvo, je pri práci so stavebným a demolačným potrebné dodržiavať určitý rámec pravidiel a princípov, ako s daným odpadom nakladať. Takisto je veľmi potrebné dodržiavať platnú legislatívu.

Možnosti ako eliminovať vznik SDO v jednotlivých fázach životného cyklu stavebného projektu sú nasledovné:

- **Návrh stavby** – návrh a dizajn stavby je potrebné realizovať s myšlienkou udržateľnosti stavby v celom jej životnom cykle. Toto vytvorí predpoklady na zníženie SDO pri likvidácii stavby a uľahčí opätovné využívanie materiálov z tejto stavby.
- **Realizácia stavby** – pri procese realizácie stavby je potrebné využívať nasledujúce princípy: minimalizácia použitých materiálov, zvyšovanie miery recyklácie a maximalizácia miery separácie a následného spracovania odpadu.
- **Používanie stavby a údržba** – efektívne plánovanie údržby a rekonštrukcie stavieb.
- **Likvidácia stavby a opätovné použitie materiálov** – v tejto fáze vzniká najväčší objem stavebných a demolačných odpadov. Je potrebné zvoliť vhodnú technológiu a spôsob búracích prác. Pre opätovné použitie materiálov je dôležité jeho efektívne vytriedenie, ako aj využívanie materiálu v súlade s hierarchiou odpadového hospodárstva. (Spišáková, 2020)

Nasledujúci obrázok číslo päť zachytáva schému nakladania so stavebným odpadom, ktorá by sa mala zachovávať pri demolácii stavieb a nakladaním so stavebným odpadom, ktorý z tejto činnosti vznikne.



Obrázok číslo 5: Schéma nakladania so stavebným odpadom z demolácie budov (Vlastné spracovanie na základe Recyklujmestavby.cz, 2020)

2.4.2 Kategorizácia stavebných odpadov v Európskej Únii

Európsky katalóg odpadov ustanovuje zoznam odpadov, pričom každý z nich má pridelený vlastný šesťmiestny kód. Odpady sú rozdelené do 20 kategórií, pričom stavebné odpady sa dajú najst v sedemnástej kategórii tohto katalógu. Avšak na staveniskách sa samozrejme dajú nájsť aj

odpady spadajúce pod inú kategóriu odpadov obsiahnutých v tomto katalógu. (Európska komisia, 2018)

V nasledujúcej tabuľke sú zobrazené jednotlivé položky sedemnástej kategórie Európskeho katalógu odpadov – stavebný odpad:

Tabuľka číslo 2: Stavebné odpady v Európskom katalógu odpadov (Európska komisia, 2018)

Skupina odpadu	Názov odpadu
17 01	Betón, tehly, dlaždice a keramika
17 01 01	Betón
17 01 02	Tehly
17 01 03	Dlaždice a keramika
17 01 06	Zmesi alebo oddelené frakcie betónu, tehál, dlaždíc a keramiky obsahujúce nebezpečné látky
17 01 07	Zmesi betónu, tehál, dlaždíc a keramiky iné ako uvedené v skupine 17 01 06
17 02	Drevo, sklo a plast
17 02 01	Drevo
17 02 02	Sklo
17 02 03	Plast
17 02 04	Sklo, plasty a drevo obsahujúce nebezpečné látky alebo nimi kontaminované
17 03	Bitúmenové zmesi, uhoľný decht a dechtované výrobky
17 03 01	Bitúmenové zmesi obsahujúce uhoľný decht
17 03 02	Bitúmenové zmesi iné ako tie, ktoré sú uvedené v skupine 17 03 01
17 03 03	Uhoľný decht a dechtové výrobky
17 04	Kovy (vrátane ich zliatin)
17 04 01	Meď, bronz, mosadz
17 04 02	Olovo
17 04 03	Zinok
17 04 04	Železo a oceľ
17 04 05	Cín
17 04 06	Zmiešané kovy
17 04 09	Kovový odpad kontaminovaný nebezpečnými látkami
17 04 10	Káble obsahujúce olej, uhoľný decht a iné nebezpečné látky
17 04 11	Iné káble ako tie, ktoré sú uvedené v skupine 17 04 10
17 05	Zemina (vrátane výkopovej zeminy z kontaminovaných lokalít), kamene a bagrovací odpad
17 05 03	Zemina a kamene obsahujúce nebezpečné látky
17 05 04	Zemina a kamene iné ako uvedené v skupine 17 05 03
17 05 05	Odpad z bagrovania obsahujúci nebezpečné látky
17 05 06	Iný odpad z bagrovania ako ten, ktorý je uvedený v skupine 17 05 05
17 05 07	Koľajový podsyp obsahujúci nebezpečné látky
17 05 08	Iné koľajové podsypy ako tie, ktoré sú uvedené v skupine 17 05 07
17 06	Izolačné materiály a stavebné materiály obsahujúce azbest
17 06 01	Izolačné materiály obsahujúce azbest

Skupina odpadu	Názov odpadu
17 06 03	Iné izolačné materiály pozostávajúce z nebezpečných látok alebo obsahujúce nebezpečné látky
17 06 04	Iné izolačné materiály ako tie, ktoré sú uvedené v skupinách 17 06 01 a 17 06 03
17 06 05	Stavebné materiály obsahujúce azbest
17 08	Stavebný materiál na báze sadry
17 08 01	Stavebné materiály na báze sadry kontaminované nebezpečnými látkami
17 08 02	Stavebné materiály na báze sadry iné ako uvedené v skupine 17 08 01
17 09	Iný stavebný a demolačný odpad
17 09 01	Stavebný a demolačný odpad obsahujúci ortuť
17 09 02	Stavebný a demolačný odpad s obsahom PCB
17 09 03	Ostatné stavebné a demolačné odpady (vrátane zmiešaných odpadov) obsahujúce nebezpečné látky
17 09 04	Zmiešané stavebné a demolačné odpady iné ako uvedené v skupinách 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03

V nasledujúcej tabuľke je zobrazené množstvo vyprodukovaného SDO v jednotlivých skupinách Európskeho katalógu odpadov v Českej republike v rokoch 2014 až 2018. Údaje v tabuľke sú uvedené v tisícoch ton.

Tabuľka číslo 3: Materiálové zloženie stavebných a demolačných odpadov v rokoch 2014 až 2018 (Škopán, 2020)

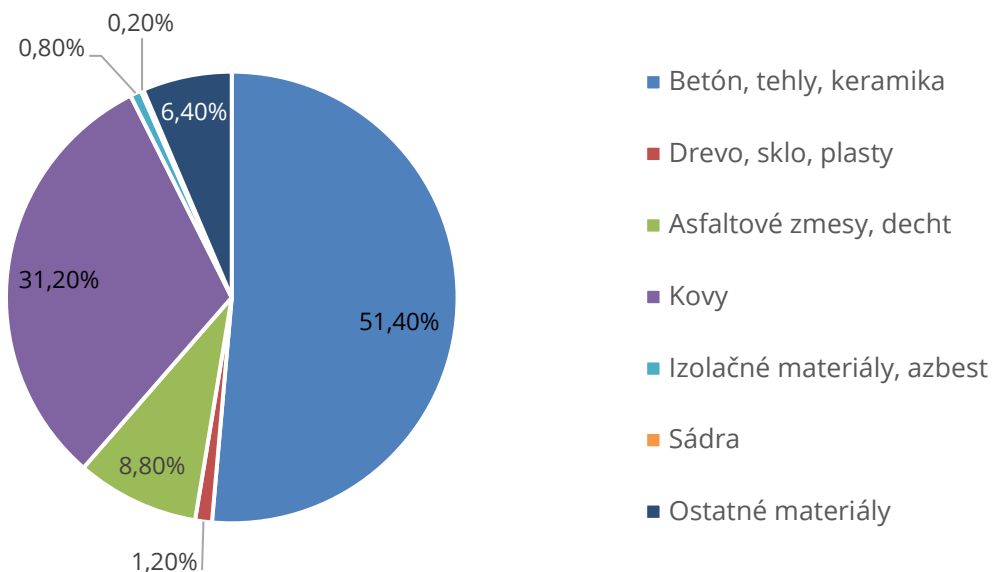
Skupina odpadu	Odpad	2014	2015	2016	2017	2018
17 01	Betón, tehly, dlaždice a keramika	3 688	4 419	4 375	4 416	5 144
17 01 01	Betón	1 422	1 985	1 755	1 845	2 121
17 01 02	Tehly	745	840	889	905	774
17 01 03	Dlaždice a keramika	16	14	15	15	17
17 01 07	Zmesi betónu, tehál, dlaždíc a keramiky iné ako uvedené v skupine 17 01 06	1 473	1 580	1 716	1 651	2 232
17 03	Bitúmenové zmesi, uhoľný decht a dechtované výrobky	573	896	778	757	907
17 03 02	Bitúmenové zmesi iné ako tie, ktoré sú uvedené v skupine 17 03 01	568	891	752	752	907
17 05	Zemina (vrátane výkopovej zeminy z kontaminovaných lokalít), kamene a bagrovací odpad	11128	15650	12320	11774	13495
17 05 04	Zemina a kamene iné ako uvedené v skupine 17 05 03	10916	13916	11006	10802	13147
17 05 06	Iný odpad z bagrovania ako ten, ktorý je uvedený v skupine 17 05 05	102	850	527	667	40
17 05 08	Iné koľajové podsypy ako tie, ktoré sú uvedené v skupine 17 05 07	112	578	399	305	309
17 06	Izolačné materiály a stavebné materiály obsahujúce azbest	66	62	54	40	43

Skupina odpadu	Odpad	2014	2015	2016	2017	2018
17 06 04	Iné izolačné materiály ako tie, ktoré sú uvedené v skupinách 17 06 01 a 17 06 03	40	42	36	40	43
17 08	Stavebný materiál na báze sadry	11	14	17	13	14
17 08 02	Stavebné materiály na báze sadry iné ako uvedené v skupine 17 08 01	11	14	17	13	14
17 09	Iný stavebný a demolačný odpad	451	722	547	605	713
17 09 04	Zmiešané stavebné a demolačné odpady iné ako uvedené v 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03	441	709	535	605	713
Celkom		15916	21891	18004	17954	20844

Ako je z tejto tabuľky zrejmé, najväčšiu časť stavebných odpadov tvorí zemina, kamene a iný bagrovací odpad. Druhou najväčšou časťou stavebných odpadov je betón, tehly, dlaždice a keramika. Teda sa jedná o materiály, z ktorých je relatívne jednoduché vyrobiť stavebné recykláty. Celkový objem vyprodukovaných stavebných odpadov závisí od celkového objemu stavebnej produkcie.

Graf číslo šesť zobrazuje podiel jednotlivých druhov materiálov v celkovom objeme stavebného a demolačného odpadu. Najväčšiu časť, skoro 52%, tvorí betón, tehly a keramika, teda materiály, z ktorých sa dá relatívne ľahko vyrobiť recyklovaný materiál. Kovy tvoria druhú najväčšiu časť vo vyprodukovanom stavebnom a demolačnom odpade. Taktiež sa jedná o materiál, ktorý sa dá relatívne ľahko recyklovať, respektíve znova použiť. Tretiu najväčšiu časť tvoria asfaltové zmesi, z ktorých je tiež relatívne jednoduché vytvoriť recyklát. Podľa štatistík sa dá celkovo až okolo 89% stavebných a demolačných odpadov recyklovať. (Archizoom, 2020)

Podiel jednotlivých druhov stavebných a demolačných odpadov (bez zeminy)



Graf číslo 6: Podiel jednotlivých druhov stavebných a demolačných odpadov (bez zeminy) (Vlastné spracovanie na základe Archizoom, 2020)

2.5 STAVEBNÉ RECYKLÁTY

Pojem recyklát sa používa na označenie suroviny, ktorá vznikla pomocou zariadenia na recykláciu, prípadne zhodnocovanie odpadu. Jedná sa teda o novovytvorený materiál či výrobok z pôvodnej suroviny. Stavebné recykláty súhrnne označujú produkty recyklácie stavebného odpadu, ktoré sú pripravené k ďalšiemu využitiu. Podľa normy ČSN EN ISO 14021, ktorá definuje obsah recyklátu, je obsah recyklátu hmotnostný podiel recyklovaného materiálu vo výrobku, prípadne jeho obale. (Recyklujmestavby, 2020) Pri stavebných recyklátoch je kvalita výsledného recyklovaného produktu veľmi závislá od kvality vstupnej suroviny, v tomto prípade stavebného a demolačného odpadu. Dobrý proces triedenia stavebného odpadu je teda kľúčový kvôli zachovaniu čo najvyššej kvality finálneho produktu.

Organizácia WRAP určila štyri základné kritéria, pričom z týchto kritérií musí byť aspoň jedno splnené, aby mohol byť daný materiál v stavebnom, respektíve konštrukčnom výrobku považovaný za recyklovaný.

- Daný odpad je zaradený v Európskom katalógu odpadov.
- Daný materiál je alebo sa má v budúcnosti stať odpadom.

- Ide o odrezky alebo šrot, pri ktorých je potrebné, aby pred ďalším použitím v pôvodnom procese došlo k upraveniu jeho fyzikálnych alebo chemických vlastností.
- Daný materiál je vedľajší produkt. (Recyklujmestavby, 2020)

2.5.1 Betónový recyklát (RCA)

Betón ako taký je v stavebnom priemysle kľúčovým materiálom, ktorý sa využíva pri drvivej väčšine stavebných diel. Preto betónové recykláty tvoria najväčšiu skupinu recyklovaných stavebných materiálov. Zároveň sa jedná o materiál, ktorý má najširšie ďalšie možnosti využitia. Betón ako stavebný materiál má obrovskú výhodu v recyklácii vďaka tomu, že sám o sebe je až z 90% recyklovateľný. Preto pri správnom postupe, pri výrobe aj demolácii, môžeme objem vzniknutého stavebného materiálu znížiť na minimum. (Křížová, 2010)

Tento recyklát sa vyrába pomocou predrvenia a následného vytriedenia betónového odpadu na úzke alebo široké frakcie. (Škopán, 2010) Výsledkom procesu recyklácie betónu je granulát, ktorý sa používa najmä ako prísada do nového betónu v podobe plniva. Avšak pri využití recyklátu ako plniva preukázali štúdie nasledovné body:

- Konzistencia novej betónovej zmesi je nepriaznivo ovplyvnená obsahom betónového recyklátu. Z dôvodu zachovania konzistencie je nutné pridať väčšie množstvo zámesovej vody pri výrobe.
- Celková objemová hmotnosť zatvrdnutého betónu je nižšia ako pri použití prírodného kameniva.
- Rozdielne pevnosti v tlaku v porovnaní s betónom, v ktorom je použité prírodné kamenivo. Pri použití recyklátu sa pevnosť znižuje o 10 až 15%.
- Zníženie modelu pružnosti o 15 až 20%.
- Zvýšenie súčiniteľa dotvarovania až o 50%.
- Zvýšenie zmršťovania o 20 až 40%.

Betónový recyklát je taktiež možné použiť ako podklad pre pozemné komunikácie, asfaltové či betónové plochy, zámkovú dlažbu alebo využiť rôzne ako štrk. (Betonserver.cz, 2011)



Obrázok číslo 6: Betónový recyklát rôznych frakcií (Brnorecyklace.cz, 2021)

2.5.2 Tehlový recyklát (RMA)

Pod pojmom tehlový recyklát sa rozumie kamenivo vyrobené pomocou drvenia, respektíve triedenie tehliel, maltových spojív alebo iných častí muriva, ktoré sa nachádzajú na stavbách a boli pôvodne použité ako stavebný materiál v stavebných konštrukciách. Využitie tehlového recyklátu si vyžaduje viacero predúprav. Dôležitým procesom je napríklad separácia od ostatných látok obsiahnutých v murive, ako je napríklad malta, zvyšky omietky a ostatných zložiek nachádzajúcich sa v murive.

Tehlový recyklát má rozsiahle možnosti ďalšieho využitia. Jedná sa napríklad o nasledujúce možnosti použitia:

- Výroba tehlobetónu. Tehlobetón sa môže využívať ako výplňové murivo do monolitických konštrukcií, prípadne na výrobu prefabrikovaných prvkov.
- Výroba stavebných zmesí, napríklad plnivo do mált pre murovacie procesy.
- Použitie ako podsypový materiál pri konštrukcii vozoviek, parkovísk alebo na spevnenie iných nespevnených povrchov.
- Použitie ako obsypový materiál pre inžinierske siete.
- Použitie ako ostrivo na výrobu tehliarskych výrobkov.
- Výroba športového povrchu – antuky.
- Výroba nepálených lisovaných tehál. (Badida, 2006)



Obrázok číslo 7: Tehlový recyklát rôznych frakcií (Škopán, 2020)

2.5.3 Asfaltový recyklát (RA)

Asfaltový recyklát je vo veľkej väčšine prípadov produktom pochádzajúcim z demolácie pozemných komunikácií a následnou recykláciou asfaltových zmesí z nich pochádzajúcich. Materiály z demolovaných starých vozoviek sa dajú znova spracovať viacerými spôsobmi. Jedná sa napríklad o nasledujúce spôsoby:

- Bez primiešania nového spojiva k recyklátu s použitím na málo frekventovaných vozovkách.
 - Bez primiešania nového spojiva pre spodné podkladové vrstvy a na spevňovanie štrkopieskových podsypových vrstiev.
 - S pridaním hydraulického spojiva (napríklad cementu, prípadne vápna či trosky) pre novú stmelenú podkladovú vrstvu.
 - S pridaním emulzie k recyklovanému materiálu. Tento spôsob je vhodný hlavne tam, kde staré úpravy obsahujú dechtové spojivo.
 - Kombinovaný spôsob, keď sa k recyklovanému materiálu pridáva aj emulzia aj cement.
- (ARSM.cz, 2016)

Výsledný recyklát sa používa hlavne pri výrobe hutnených asfaltových vrstiev. Tiež sa môže využiť pri výrobe zmesí stmelených hydraulickými a asfaltovými spojivami, prípadne sa môže využiť v nestmelených podkladových vrstvách, prípadne ako obsypový materiál pre inžinierske siete. (Škopán, 2010)



Obrázok číslo 8: Asfaltový recyklát rôznych frakcií (Brnorecyklace.cz, 2021)

2.5.4 Zmiešaný recyklát (MRA)

Ako už vychádza z názvu, zmiešaný recyklát je kombináciou recyklátov spomínaných v predchádzajúcich častiach práce. Táto surovina je produkovaná recyklačnou linkou pri dodávke nevytriedeného stavebného a demolačného odpadu. Pomerové množstvo v tomto recykláte obsiahnutých surovín (betón, malta, kamenivo, asfalt, tehly, keramika a podobne) je závislé na zdroji a kvalite stavebného a demolačného odpadu. Z tohto dôvodu je tento recyklát využívaný hlavne na obsypy inžinierskych sietí, násypy alebo nespevnené kryty pozemných komunikácií. (Zedník, 2020)

2.6 LEGISLATÍVA

Stavebné a demolačné odpady, recyklácia, stavebné výrobky a stavby sú zastrešené nasledujúcimi legislatívnymi predpismi a cieľmi Európskej Únie v oblasti životného prostredia, obehového hospodárstva, odpadov a recyklácie:

- Rozhodnutie Európskeho parlamentu a Rady č. 1386/2013/EU zo dňa 20. novembra 2013 o všeobecnom akčnom programe Únie pre životné prostredie na obdobie do roku 2020 „Spokojný život v medziach našej planéty“.
- 8. EAP (Enviroment Action Programme) – všeobecný akčný plán Únie zo dňa 1. decembra 2021 pre životné prostredie na obdobie do roku 2030

- Oznámenie Komisie Európskemu parlamentu, Rade, Európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru a Výboru regiónov – Uzavretie cyklu – akčný plán Európskej Únie pre obehové hospodárstvo (12/2015)
- Smernica Európskeho parlamentu a Rady EÚ 2018/851, ktorou sa mení smernica 2008/98/ES o odpadoch
- Smernica Európskeho parlamentu a Rady EÚ 2018/850, ktorou sa mení smernica 1999/31/ES o skládkach odpadov
- Správa Komisie Európskemu parlamentu, Rade, Európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru a Výboru regiónov o tematickej stratégii na predchádzanie vzniku odpadov a ich recyklácií SEK (2011) 70 v konečnom znení
- Protokol Európskej Únie o zaobchádzaní so stavebnými a demolačnými odpadmi
- Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady EÚ č. 305/2011 zo dňa 9. marca 2011, ktorým sa stanovujú harmonizované podmienky pre uvádzanie stavebných výrobkov na trh a ktorým sa ruší smernica Rady 89/106/EHS (Pavlů a kol., 2018)

Ku stavebným a demolačným odpadom, recyklovaným materiálom, stavebným výrobkom, stavbám a vedľajším produktom sa v Českej republike vzťahujú nasledujúce zákony, vyhlášky a nariadenia vlády:

- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadoch a o zmene niektorých ďalších zákonov
- Zákon č. 183/2006 Sb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon)
- Zákon č. 102/2001 Sb. o všeobecnej bezpečnosti výrobkov a o zmene niektorých zákonov (zákon o všeobecnej bezpečnosti výrobkov)
- Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požiadavkách na výrobky a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalógu odpadov
- Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmienkach ukladania odpadov na skládky a ich využívanie na povrchu terénu a zmene vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostiach zaobchádzania s odpadmi
- Vyhláška č. 94/2016 Sb., o hodnotení nebezpečných vlastností odpadov
- Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentácii stavieb, v znení neskorších predpisov
- Nariadenie vlády č. 352/2014 Sb., o pláne odpadového hospodárstva Českej republiky pre obdobie 2015 – 2024

- Nariadenie vlády č. 163/2006 Sb., ktorým sa stanovujú technické požiadavky na vybrané stavebné výrobky
- Metodický návod odboru odpadov Ministerstva životného prostredia pre riadenie vzniku stavebných a demolačných odpadov a pre zaobchádzanie s nimi (2018)
- Metodický návod pre riadenie vzniku odpadov s obsahom azbestu pri výstavbe a odstraňovaní stavieb a pre zaobchádzanie s nimi (2018) (Pavlů a kol., 2018)

Vyššie spomínané zákony, smernice a nariadenia Európskej Únie a Českej republiky majú za úlohu vytvoriť rámec opatrení, ktorých úlohou je regulovať stavebné a demolačné odpady, ich recykláciu a obehové hospodárstvo. Hlavným cieľom regulácie týchto vecí je ochrana životného prostredia a ekosystémov a ich ďalšie zachovanie pre nasledujúce generácie.

3 FORMULÁCIA PROBLÉMOV A STANOVENIE CIEĽOV RIEŠENIA

Stavebný a demolačný odpad tvorí veľkú časť z celkového objemu vyprodukovaného odpadu. S neustále rastúcou svetovou populáciou a s ňou spojeným nárastom výstavby nových, respektíve rekonštrukciou už existujúcich budov, cestných komunikácií a podobne narastá aj objem spotrebovaného materiálu a zdrojov. Stavebníctvo ako také je jedným z najväčších spotrebiteľov prírodných zdrojov surovín, ako je napríklad kamenivo alebo iné konštrukčné materiály používané pri stavebných prácach. Keďže zdroje používané na výstavbu nie sú nevyčerpatelne, je potrebné hľadať spôsoby a riešenia ako minimalizovať užívanie nových materiálov a surovín a ako čo najviac využívať už raz použité materiály a suroviny. Hľadať riešenia tejto problematiky je nevyhnutné kvôli zachovaniu naturálnych zdrojov pre ďalšie generácie ľudí na tejto planéte, tak pre ďalší udržateľný rozvoj ekonomiky.

Jedným z možných riešení tohto problému je presun od lineárneho typu ekonomiky na ekonomiku cirkulárnu. Takýto presun a zmena myslenia je nevyhnutný pre udržateľný rozvoj a zachovanie prírodného bohatstva aj pre nasledujúce generácie. Prechod na cirkulárnu ekonomiku by znamenal, že všetok materiál používaný v stavebníctve by bol výsledkom recyklácie alebo opätovného využitia materiálu už pred tým použitého materiálu. Teda využívať materiály, ktoré čo najmenej zaťažujú životné prostredie. Avšak stavebné materiály vyrobené pomocou recyklácie stavebných a demolačných materiálov vykazujú iné vlastnosti, než tie, ktoré boli vyrobené pomocou prírodných zdrojov. Aby bola zaručená bezpečnosť stavebných výrobkov vybudovaných z týchto recyklátov je potrebné poznať ich negatívne, ako aj pozitívne vlastnosti a vedieť s nimi pracovať.

Cieľom tejto práce je teda na základe rôznych metód a analýz zhodnotiť riziká spojené s využívaním recyklovaných stavebných a demolačných odpadov. Pozrieť sa na slabé a silné stránky týchto recyklovaných materiálov, vyrobených zo stavebných a demolačných odpadov.

4 POUŽITÉ METÓDY

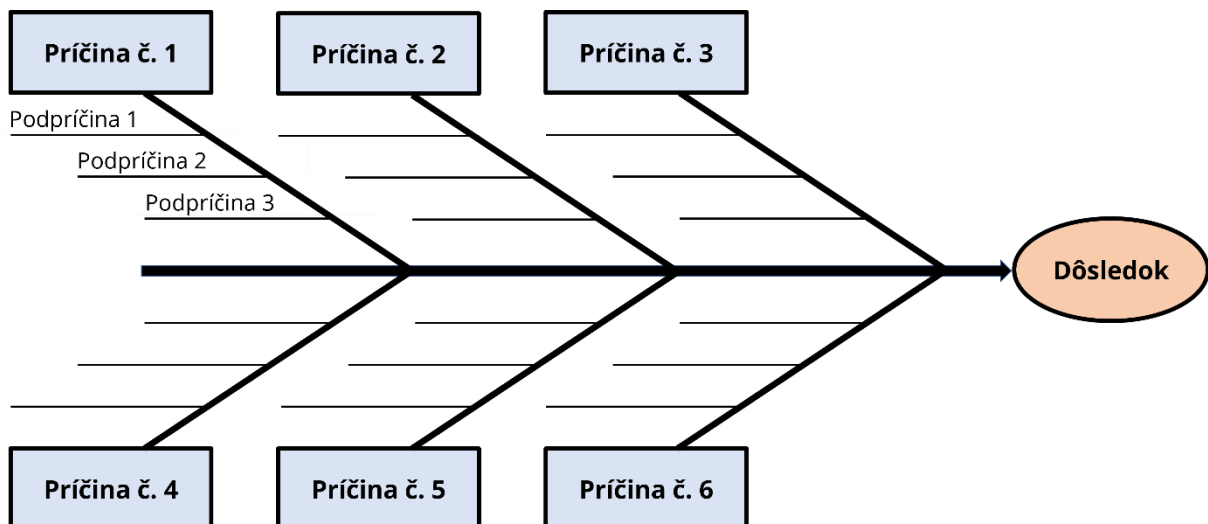
Táto časť tejto diplomovej práce sa bude zaoberať základným opisom analýz a metód, ktoré boli vybrané za účelom stanoveného problému. Na analýzu jednotlivých problémov spojených so stavebnými a demolačnými odpadmi boli vybrané nasledujúce metódy: skórovacia metóda, metóda FMEA, Ishikawa diagram a diagram motýlik. Kombinácia týchto metód by mala pomôcť k dosiahnutiu stanovených cieľov.

4.1 ANALÝZA PRÍČIN A NÁSLEDKOV

Analýza príčin a následkov, známa aj ako Ishikawa diagram a vo všeobecnosti pomenúvaný aj ako „rybia kosť“, je diagram príčin a následkov, ktorý pomáha pri identifikácii možných príčin problému a pri ich následnom triedení do užitočných kategórií. Jedná sa o vizuálny spôsob ako sa pozrieť na príčiny a následky problému, ktorý vznikol. Problém alebo dôsledok je zobrazený v „hlave ryby“. K nej sú pripojené menšie kosti, na ktorých sú zobrazené možné príčiny prispievajúce ku vzniku problému zobrazenému v „hlave ryby“. Tento nástroj môže byť veľmi užitočný pri identifikácii príčin, ktoré by sa inak nemuseli brať do úvahy, respektíve by sa mohli prehliadnuť. (CMS, 2014) Tento diagram popísal a zaviedol Kaoru Ishikawa a tento diagram pracuje s myšlienkou, že každý problém alebo následok má svoju príčinu alebo kombináciu príčin, kvôli ktorej vznikol.

Hlavným cieľom tejto metódy je teda identifikácia najpravdepodobnejších príčin, ktoré stoja za vznikom identifikovaného problému alebo nežiadúcej udalosti. Tieto príčiny následne rozdeliť do kategórií a určiť ich vzájomný vzťah, vplyv na výstup, ako aj nájsť a odhaliť príležitosť na zlepšenie. (Strelec, 2012)

Nasledujúci obrázok ukazuje základný model diagramu „rybia kosť“. Ako sa dá vidieť, tento diagram jednoducho a prehľadne ukazuje príčiny a podpríčiny, ktoré prispievajú ku vzniku vytýčeného problému.



Obrázok číslo 9: Všeobecný Ishikawa diagram (Vlastné spracovanie)

Pri spracovaní analýzy príčin a následkov sa vo všeobecnosti používa nasledujúci postup:

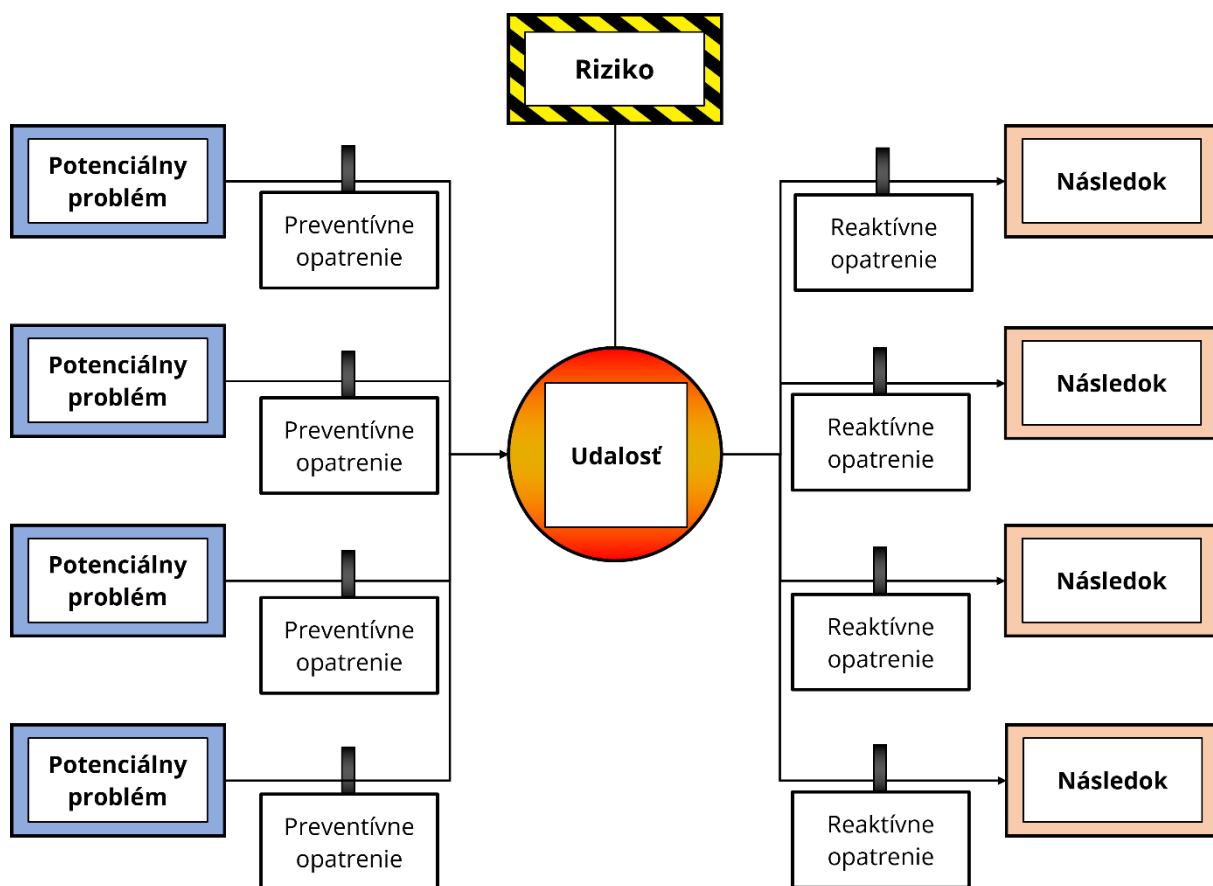
- Identifikácia problému – „hlava ryby“, tento problém reprezentuje hlavnú os tohto diagramu.
- Identifikácia hlavných príčin daného problému. Tieto problémy sú zobrazené na menších kostiach a sú napojené na hlavnú kosť, ktorá je napojená na „rybiu hlavu“ (teda hlavný problém).
- Určenie podpríčin daného problému. Jedná sa o dekompozíciu v predchádzajúcom bode určených problémov na príčiny vzniku daného čiastkového problému. Ide teda o hľadanie „príčiny príčin“. Tento proces by sa mal opakovať tak dlho, dokým ďalšia dekompozícia už nie je potrebná a na odstránenie daných problémov je možné navrhnúť konkrétne opatrenia.
- Určiť koreňové príčiny problému.
- Návrh opatrení, ktoré pomôžu vyriešiť problém. (Hudáková, 2013)

4.2 BOWTIE ANALÝZA

Ďalšou využitou metódou je takzvaná bowtie analýza (BTA – Bow Tie Analysis), niekedy nazývaná aj diagram motýlik. Podobne ako diagram „rybej kosti“ táto metóda má za úlohu identifikovať príčiny rizika, avšak okrem príčin analyzuje aj následky, ktoré nastanú, ak vznikne dané riziko. Diagram typu motýlik teda znázorňuje príčiny, ktoré predchádzajú riziku, riziko

samotné, ale aj následky po vzniknutí daného konkrétneho rizika. Vo svojej podstate sa teda jedná o kombináciu metód strom porúch (hľadisko príčiny vzniku rizika) a strom udalostí (hľadisko následku dopadu rizika). (Korecký, 2011)

Táto analýza sa spracováva do grafickej podoby a výsledok je veľmi prehľadný a zrozumiteľný. Obrázok číslo desať zobrazuje základný model diagramu motýlik, od príčin až po následky rizika.



Obrázok číslo 10: Všeobecný diagram motýlik (Vlastné spracovanie)

Bowtie diagram taktiež obsahuje opatrenia súvisiace s rizikom. Tieto opatrenia sa delia na dve základné kategórie:

- **Preventívne** – jedná sa o opatrenia, ktoré majú za úlohu minimalizovať riziko vzniku rizika, ako aj minimalizovať škody, ktoré by potenciálny vznik rizika so sebou priniesol.

- **Reaktívne** – opatrenia, ktoré reagujú na už vzniknuté riziko. Ich hlavnou úlohou je minimalizovať následky, ktoré vzniknuté riziko napácha. (Korecký, 2011)

Pri spracovaní analýzy typu motýlik býva používaný nasledovný postup:

- Je identifikované určité riziko, ktoré je následne zakreslené ako centrálny uzol diagramu.
- Spracuje sa zoznam príčin vzniku daného rizika s ohľadom na všetky možné zdroje rizika.
- Popíše sa mechanizmus, ktorý vedie od zdroja rizika smerom ku vzniku rizika alebo kritickej udalosti.
- Na ľavú stranu analýzy sa medzi každou príčinou rizika a centrálnym uzlom diagramu sa zakreslia čiary, ktoré spoja dané body. Do diagramu môžu byť zakreslené aj faktory, ktoré by mohli viesť k stupňovaniu rizika.
- Do spojovacích čiar sa zakreslia možné preventívne opatrenia, ktoré majú za úlohu zabrániť vzniku, prípadne obmedziť eskalovanie rizika.
- Na pravej strane diagramu sú identifikované možné následky daného rizika. Tieto následky sa následne prepoja spojovacími čiarami s centrálnym bodom diagramu, teda rizikom.
- Do týchto čiar sa zakreslia potenciálne bariéry proti následkom rizika. (Hudáková, 2013)

4.3 MATICA RIZÍK

Matica rizík sa používa na subjektívne posudzovanie jednotlivých rizík súvisiacich s analyzovaným ohrozením. Táto metóda býva používaná zväčšia pri jednoduchších projektoch na určenie priorít riešenia jednotlivých rizík. Rozsah škály matice rizík závisí na požadovanej objektivite a detailnosti potrebného rozhodnutia. Bežne sa používa rozsah škály od 3 x 3 až po 10 x 10.

Matica rizík býva tvorená kombináciou troch prvkov: pravdepodobnosť výskytu udalosti, dôsledok vzniknutej udalosti a na základe týchto dvoch prvkov určená výsledná miera rizika. Výsledné riziko by sa dalo rozdeliť na dve kategórie:

- **Akceptovateľné riziko** – ak je riziko posúdené ako akceptovateľné, nie sú potrebné žiadne opatrenia na jeho ďalšie riadenie. Avšak toto riziko bude zaevidované v registri rizík.
- **Neakceptovateľné riziko** – ak je riziko posúdené ako neakceptovateľné, je nevyhnutné aby boli vykonané opatrenia na jeho riadenie. Tieto opatrenia môžu mať formu prevencie pred vznikom rizika, prípadne ak sa vzniku rizika nedá vyhnúť, je potrebné vytvoriť súbor opatrení, ktoré majú za úlohu minimalizovať následky vzniknutého rizika. (Demčák, 2009)

V nasledujúcej tabuľke číslo šesť môžeme vidieť príklad matice rizík o rozsahu 3 x 3. Matica rizík o tomto rozsahu bude použitá aj v tejto diplomovej práci. Ako môžeme vidieť, tabuľka je rozdelená na dve osi, pričom jedna os ukazuje tri stupne pravdepodobnosti vzniku rizika a druhá os načrtáva tri stupne dopadu, ktoré môže riziko so sebou priniesť. V strede tabuľky sa nachádza hodnotenie úrovne rizika, od nízkej úrovne rizika, až po riziko extrémne. Toto rozdelenie býva často subjektívne a závisí na osobnom ohodnotení osoby, ktorá maticu rizík vypracováva.

Tabuľka číslo 4: Všeobecná matica rizík (Vlastné spracovanie)

		Dopad		
		Nízky	Stredný	Vysoký
Pravdepodobnosť	Nízka	Nízke riziko	Stredné riziko	Stredné riziko
	Stredná	Nízke riziko	Stredné riziko	Vysoké riziko
	Vysoká	Stredné riziko	Vysoké riziko	Extrémne riziko

4.4 FMEA

Failure Mode and Effect Analysis, alebo aj analýza príčin a dôsledkov porúch bola vytvorená v šesťdesiatych rokoch minulého storočia organizáciou NASA pre potreby v oblasti kozmonautiky. Avšak veľmi rýchlo sa táto metóda rozšírila aj do iných oblastí priemyslu, hlavne do letectva, jadrovej energetiky či automobilového priemyslu. (Sinay, 2007)

Táto metóda je definovaná normou IEC 60 812 a jedná sa o indukčnú metódu, ktorej hlavnou úlohou je identifikovať možné zlyhania, ktoré môžu nastať a pokúsiť sa vytvoriť rámec, ktorý pomôže daným zlyhaniám predísť. Princípom tejto metódy je v prvom rade určiť všetky chyby procesu alebo výrobku, ktoré môžu nastať. Po identifikácii daných chýb je potrebné zhodnotiť následky a dôsledky daných a navrhnúť opatrenia, ktoré majú za úlohu vznik a následky zistených možných chýb minimalizovať. Dôležitou časťou tejto metódy je viesť vo všetkých fázach jej procesu kvalitné záznamy.

V metóde FMEA je nutné stanoviť hodnotu jednotlivých parametrov výpočtu. Do výpočtu vstupujú tieto parametre: pravdepodobnosť, že dané riziko nastane (P), závažnosť dopadu rizika (D) a pravdepodobnosť odhalenia možného rizika (O). Ukazovateľ miery rizika, alebo aj rizikové číslo (RPN) sa dá vypočítavať nasledujúcim spôsobom:

$$\text{RPN} = \text{Pravdepodobnosť rizika (P)} \times \text{závažnosť rizika (D)} \times \text{miera odhalenia rizika (O)}$$

Výška ukazovateľa miery rizika následne určuje závažnosť daného problému. Riziká s najvyššou mierou je treba riešiť prioritne a hľadať pre nich riešenia. Naopak riziká s nízkou mierou nie je potrebné riešiť akútne.

Existujú viaceré druhy metódy FMEA:

- **Konštrukčná FMEA** – tento druh tejto metódy sa používa pri vývoji nového produktu. Jej podstatou je hlavne zníženie vývojových a plánovacích rizík, ktoré vznikajú v súvislosti s vývojom nového produktu. Konštrukčná FMEA sa vzťahuje len priamo na konštrukciu konkrétneho výrobku a neberie do úvahy ľudský faktor a výrobný proces daného výrobku.
- **Procesná FMEA** – alebo nazývaná aj výrobná FMEA. Pri tomto druhu FMEA metódy sa jedná o analýzu výrobného procesu daného produktu. Zameriava sa na bezpečnosť, kvalitu a stabilitu výrobných procesov, pričom neberie do úvahy ľudský faktor. (Linczény, 2001)
- **Systémová FMEA** – tento typ metódy FMEA je kombináciou predchádzajúcich spomínaných metód a do úvahy berie ako konštrukciu výrobku tak aj proces výroby

daného výrobku. Tieto dva typy metód spája a považuje ich za jednotný systém zložený z častí. (Sinay, 2007)

V tejto diplomovej práci budeme využívať práve systémovú FMEA metódu, nakoľko riziká, ktoré budeme riešiť sú komplexné a ani konštrukčná metóda, ani procesná FMEA metóda by na daný problém nebola dostačujúca.

5 PRAKTICKÁ ČASŤ

Táto časť práce sa bude zaoberať skúmaním a analýzou konkrétnych problémov súvisiacich so stavebnými a demolačnými odpadmi. Pomocou metód opísaných v predchádzajúcej kapitole sa pozrieme na jednotlivé riziká stavebných a demolačných odpadov. Prvým krokom bude identifikácia konkrétnych rizík, ktoré súvisia so stavebným a demolačným odpadom a ich rozobratie pomocou Ishikawa diagramu a diagramu motýlik. Ďalším krokom bude analýza rizík, pomocou metódy matica rizík. Tretím krokom bude hodnotenie rizika, posúdenie jeho úrovne a závažnosť za použitia metódy FMEA. Táto metóda sa taktiež pokúsi identifikovať možné riešenia daných problémov a na ich základe stanoví novú hodnotu rizika. Tieto tri kroky pri analýze rizík sú definované na základe normy ISO 31000.

5.1 IDENTIFIKÁCIA RIZÍK

Cieľom tejto kapitoly diplomovej práce je identifikovať rôzne riziká spojené so stavebným a demolačným odpadom. Identifikácia rôznych rizík je založená na základe rešerše viacerých odborných prác venujúcim sa problematike stavebných a demolačných odpadov. Identifikácia rizík je veľmi dôležitá, nakoľko správnou identifikáciou rizík sa dá na potenciálne riziko pripraviť a zmierniť jeho následky, ak by potenciálne dané riziko nastalo, respektíve minimalizovať riziko jeho vzniku.

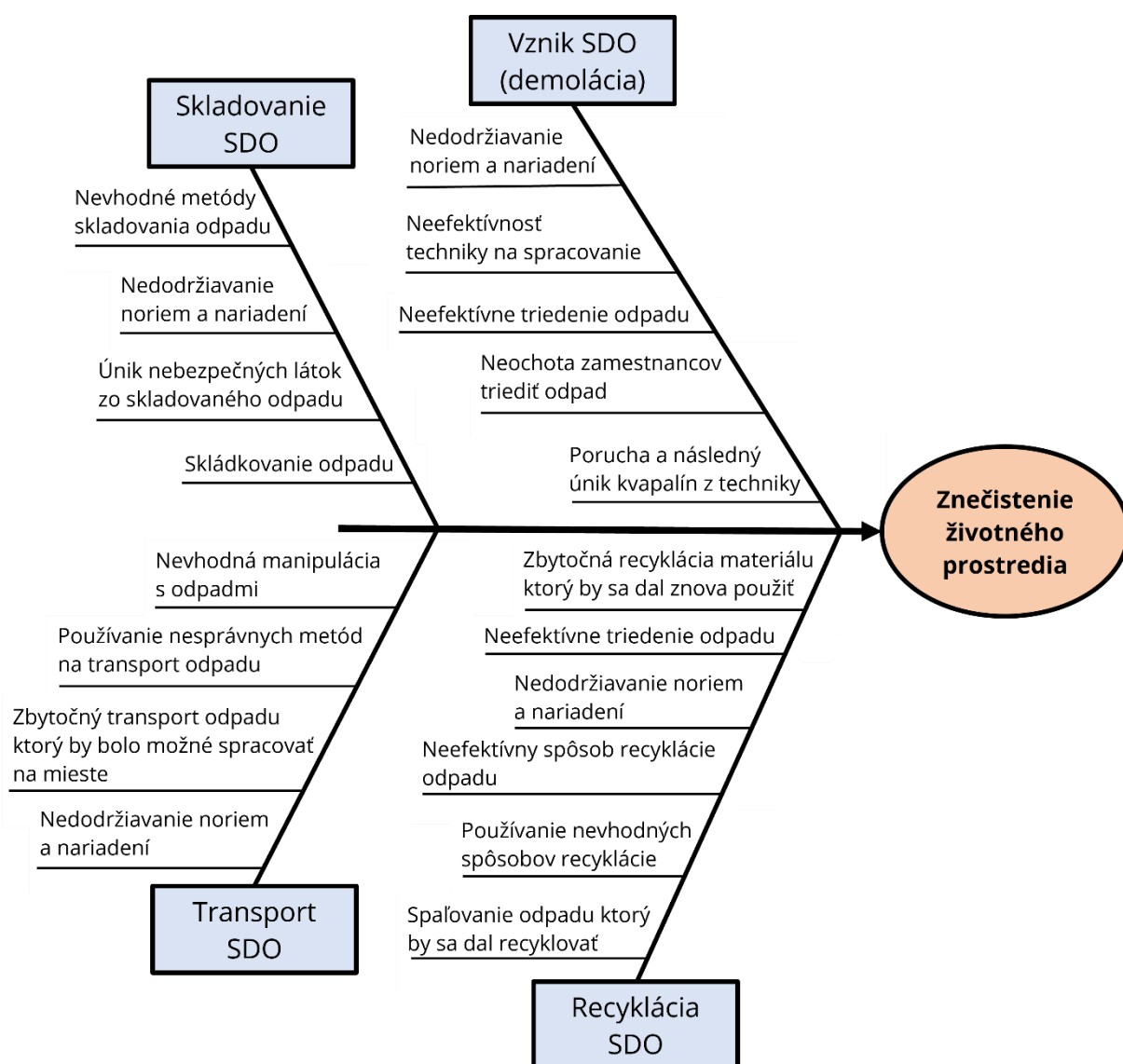
Ako štyri základné druhy nakladania so stavebným a demolačným odpadom boli identifikované tieto: vznik SDO (hlavne demolácia stavieb), transport SDO, proces recyklácie SDO a jeho následné využitie pri ďalších stavebných projektoch.

Následne boli identifikované tri hlavné kategórie, na ktoré SDO vplýva. Jedná sa o nasledujúce kategórie: vplyv na životné prostredie, vplyv na bezpečnosť a ochranu zdravia zamestnancov pri práci a technický vplyv vyplývajúci z využitia recyklátu v ďalšom stavebnom procese. Pre každú túto kategóriu je v ďalšej časti práce vytvorený Ishikawa diagram, ktorý podrobnejšie opisuje aspekty vplývajúce vznik daného rizika a prehľadne ich zobrazuje. Na základe týchto diagramov je vytvorený tzv. „bowtie diagram“, ktorý prehľadne graficky zobrazuje príčiny vzniku rizika, následky daného rizika, ako aj preventívne a reaktívne opatrenia, ktoré sa dajú použiť na mitigáciu rizika.

5.1.1 Ekologické riziká SDO

Na základe brainstormingu a rešerše literatúry boli identifikované nasledujúce riziká stavebného a demolačného odpadu, ktoré ohrozujú životné prostredie. Tieto riziká sú rozdelené do štyroch podkategórií, na základe spôsobu narábania so stavebným a demolačným odpadom: vznik, skladovanie, transport a recyklácia SDO.

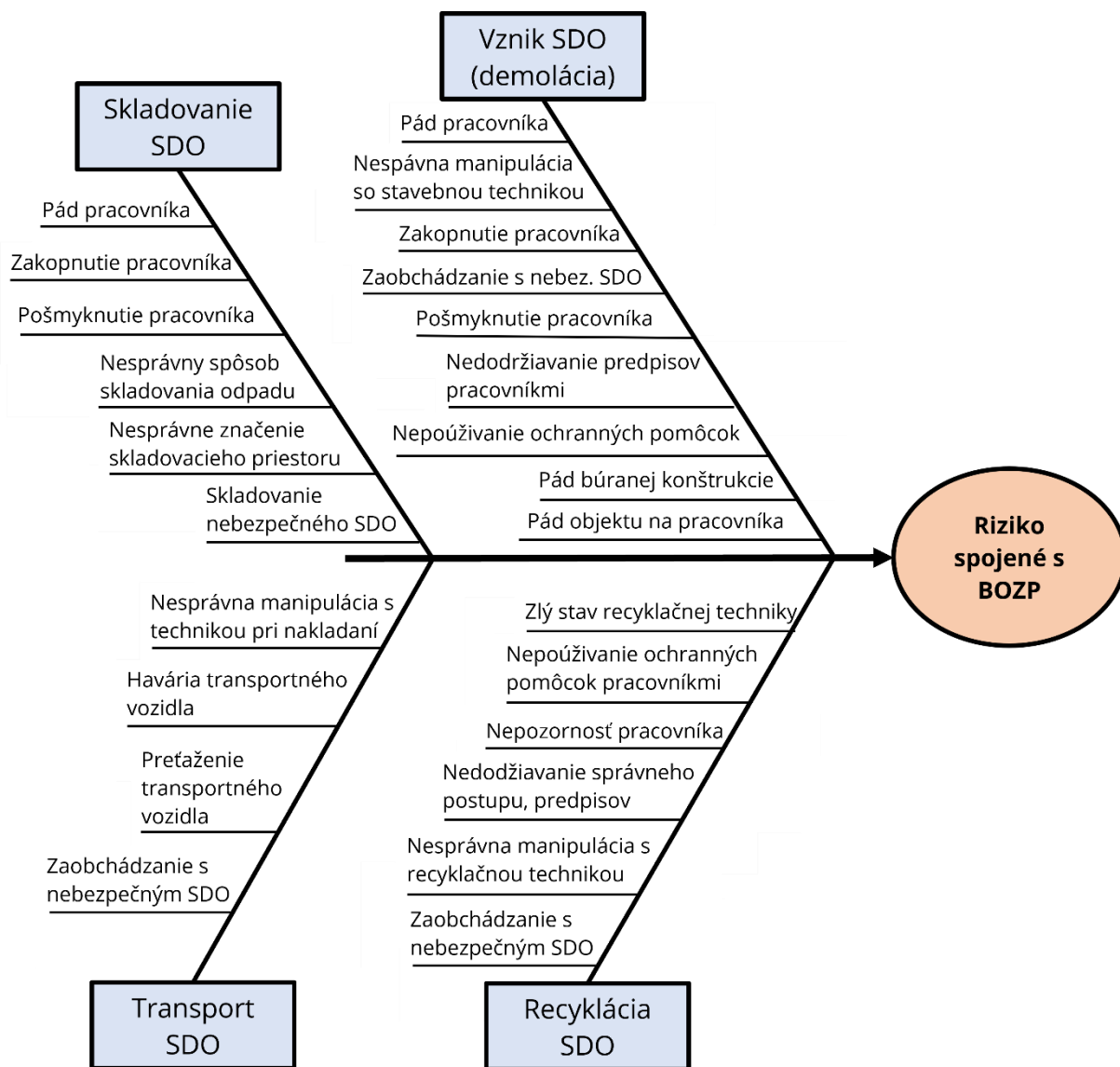
Obrázok číslo jedenásť ukazuje Ishikawa diagram, ktorý zobrazuje faktory súvisiace so stavebným a demolačným odpadom, ktoré prispievajú ku znečisťovaniu životného prostredia.



Obrázok číslo 11: Ishikawa diagram – Ekologické riziká (Vlastné spracovanie)

5.1.2 BOZP aspekty narábania s SDO

V oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pracovníkov boli identifikované nasledujúce riziká, ktoré sú zobrazené v obrázku číslo dvanásť. Tento obrázok zobrazuje Ishikawa diagram bezpečnostných rizík pre pracovníkov.

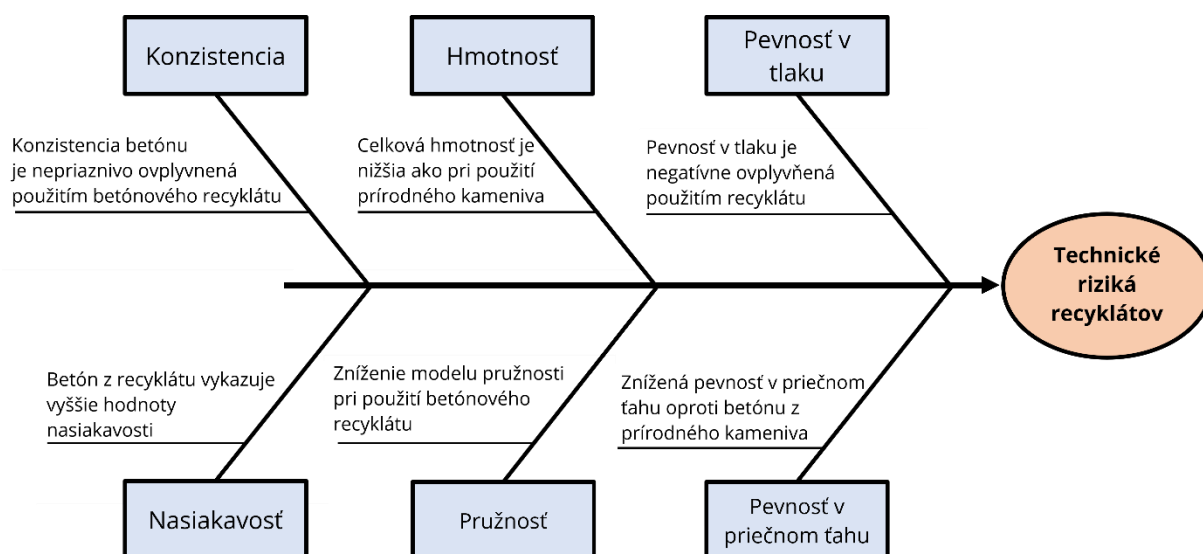


Obrázok číslo 12: Ishikawa diagram – BOZP na stavenisku (Vlastné spracovanie)

5.1.3 Technické aspekty recyklátov

V súvislosti s využívaním recyklátov v ďalších stavebných procesoch bol identifikovaný ako najväčší problém v technických vlastnostiach betónu, ktorý bol vyrobený pomocou recyklovaných

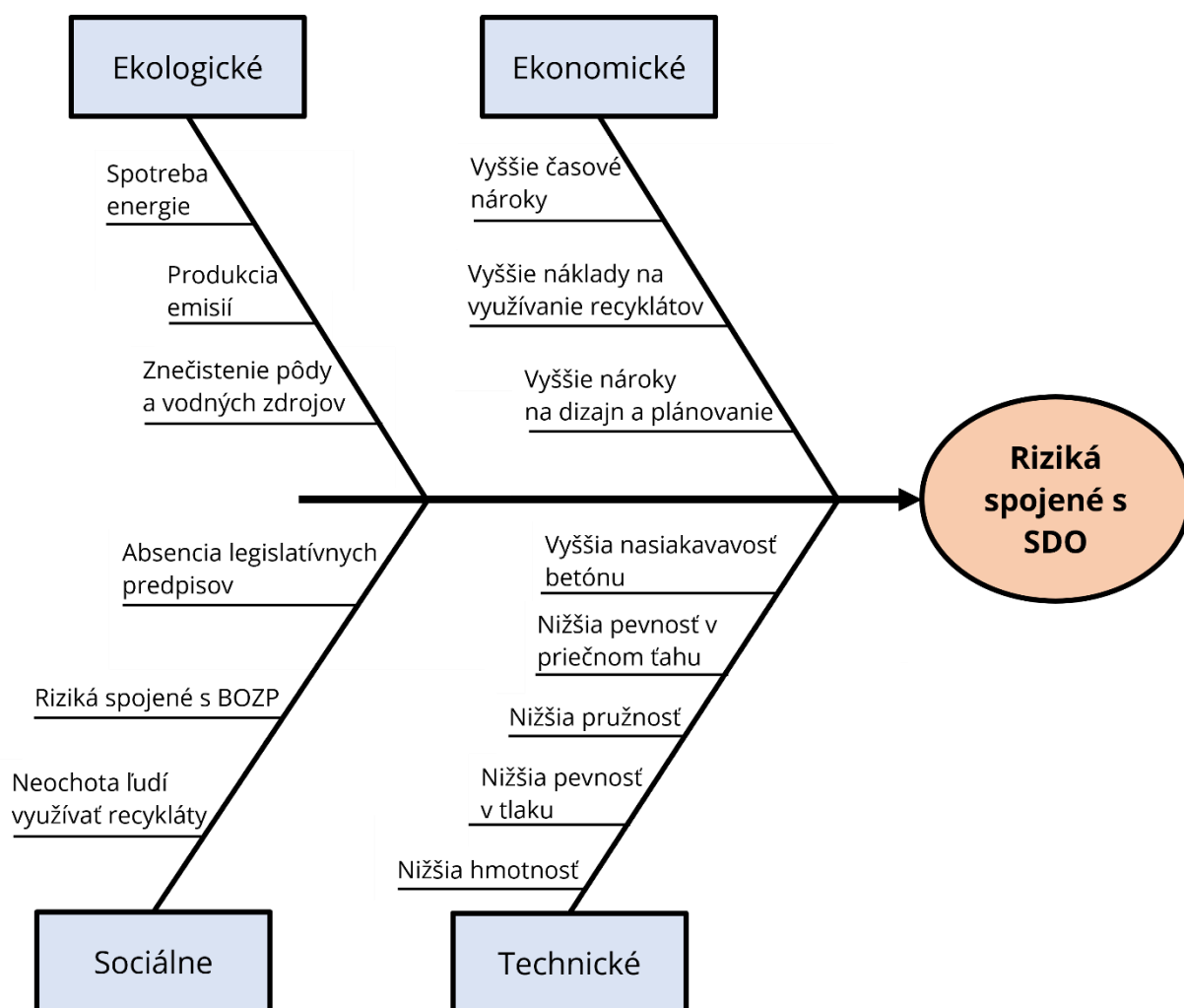
zložiek. Obrázok číslo trinásť ukazuje negatívne účinky použitia betónového recyklátu v stavebnom betóne v porovnaní s betónom, ktorý bol vyrobený z prírodného kameniva.



Obrázok číslo 13: Ishikawa diagram – Technické riziká (Vlastné spracovanie)

5.1.4 Celkové riziká

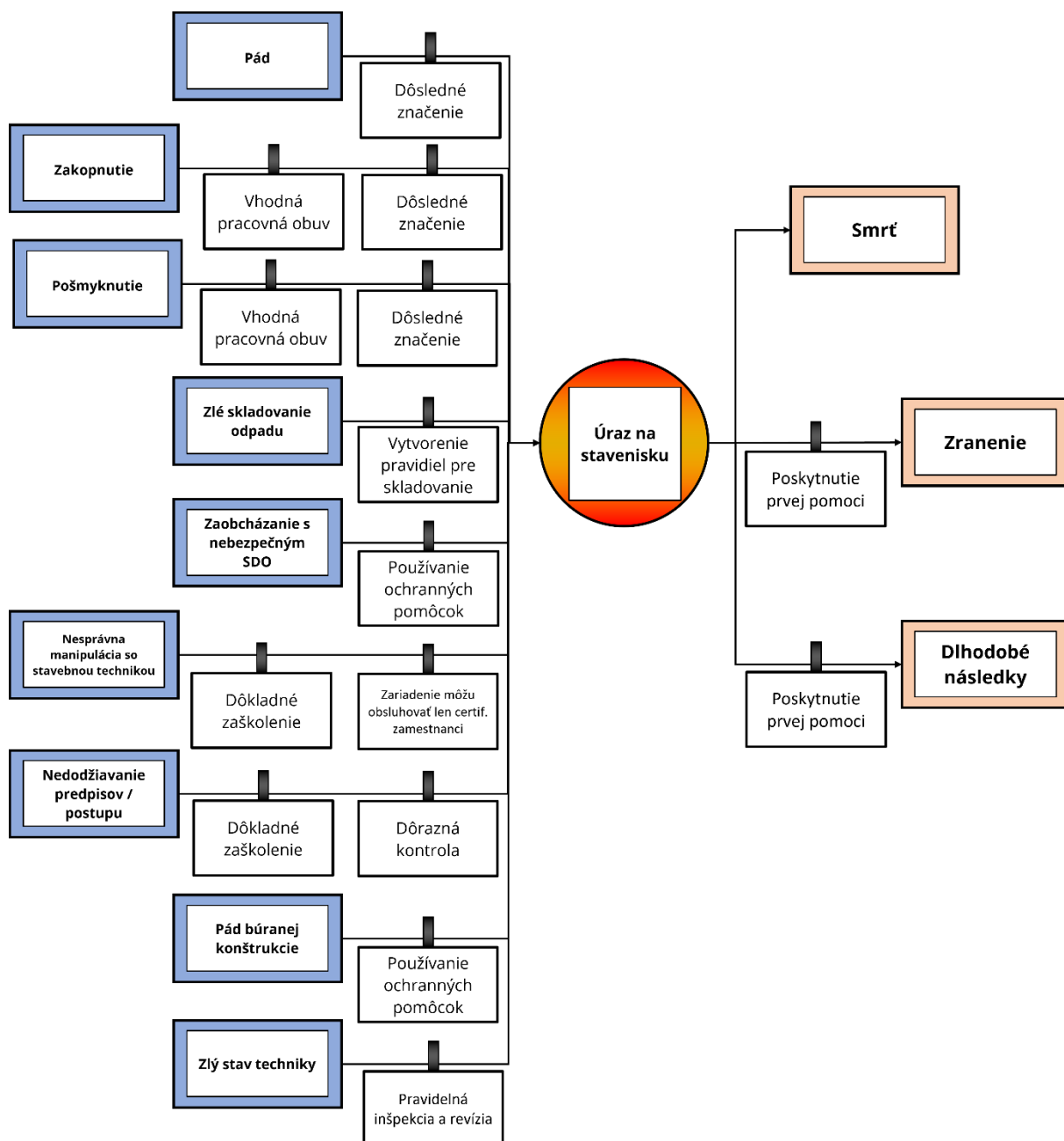
Obrázok číslo štrnásť ukazuje celkové riziká spojené so stavebným a demolačným odpadom, ako aj jednotlivé podkategórie, ktoré prispievajú ku vzniku rizík. Ku predchádzajúcim identifikovaným ekologickým, technickým boli pridané nasledujúce kategórie: ekonomické a sociálne riziká. Riziká spojené s BOZP, zobrazené v predchádzajúcich diagramoch, boli v tomto diagrame celkových rizík zaradené medzi sociálne riziká. Pri ekonomických rizikách ide najmä o zvýšenie nákladov v súvislosti s recykláciou stavebných a demolačných odpadov a s následným využívaním recyklátov, ktoré týmto procesom vznikli. Pri sociálnych sa jedná hlavne o problémy s nedostatočnou legislatívnou úpravou využívania recyklátov, ako aj s neochotou využívať recyklované materiály a podobne.



Obrázok číslo 14: Ishikawa diagram – Celkové riziká (Vlastné spracovanie)

5.1.5 Bowtie analýza

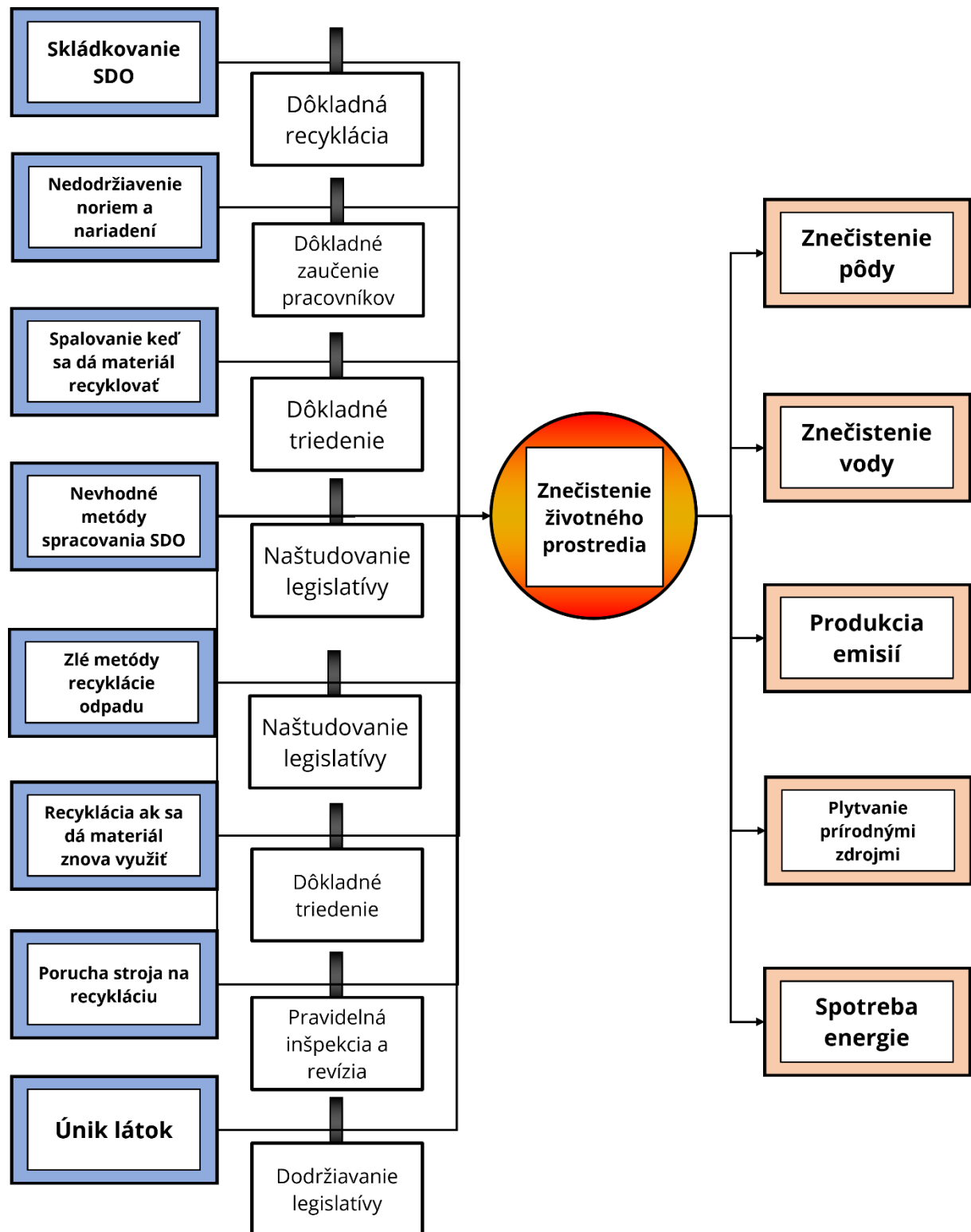
Nasledujúci obrázok číslo pätnásť zobrazuje bowtie diagram, ktorý analyzuje príčiny a následky možného úrazu na stavenisku. V centrálnej časti grafu sa nachádza riziko, v tomto prípade sa jedná konkrétne o úraz na pracovisku. Na ľavej časti grafu sa nachádzajú možné príčiny vzniku tohto rizika, ako aj možné opatrenia na minimalizáciu vzniku a následkov úrazu. Na druhej strane sa nachádzajú potenciálne následky týchto rizík. Konkrétne sa jedná o zranenie či smrť pracovníka, prípadné dlhodobé následky na jeho zdraví.



Obrázok číslo 15: Bowtie diagram – BOZP na stavenisku (Vlastné spracovanie)

Bowtie diagram zobrazený na obrázku číslo šestnásť v centrálnej časti diagramu zobrazuje environmentálne riziko znečistenie životného prostredia. Zľava doň vstupujú jednotlivé druhy vzniku tohto rizika. Jedná sa napríklad o skládkovanie odpadu, nedodržiavanie noriem pracovníkmi či nevhodné spôsoby spracovania a narábania s odpadom. Pri každom z problémov je navrhnuté riešenie, ktorého úlohou je zabrániť vzniku, respektíve mitigovať dopad rizika. Na druhej strane sú zobrazené jednotlivé čiastkové komponenty znečistenia životného prostredia. Konkrétne ide

o znečistenie pôdy či vody, produkcia emisií, plytvanie prírodnými zdrojmi alebo nadbytočná spotreba energie.



Obrázok číslo 16: Bowtie diagram – Znečistenie životného prostredia (Vlastné spracovanie)

5.2 HODNOTENIE RIZÍK

Táto časť práce sa zaoberá analýzou rizík, ktoré boli identifikované v predchádzajúcej časti práce. Na analýzu boli použité nasledujúce metódy: matica rizík a metóda FMEA. Matica rizík bola použitá ako metóda na hodnotenie rizík identifikovaných pomocou analýzy rizík a následkov, respektíve analýzy typu motýlik. Následne boli pomocou metódy FMEA určené a ohodnotené riziká súvisiace s nakladaním so stavebným a demolačným odpadom.

5.2.1 Matica rizík

Na hodnotenie rizík pomocou matice rizík bol použitý rozsah 3 x 3. Teda ako pravdepodobnosť vzniku rizika, tak následný dopad rizika pri každom probléme mohol mať úroveň nízku, strednú a vysokú. Tabuľka číslo päť zobrazuje ohodnotenie jednotlivých rizík, ich značenie a rozdelenie podľa kategórií.

Tabuľka číslo 5: Matica rizík – Hodnotenie rizík (Vlastné spracovanie)

Kat.	Ozn.	Popis rizika	Pravedep.	Dopad
Environmentálne	EN01	Neefektívne triedenie odpadu	Stredná	Nízky
	EN02	Nedodržiavanie noriem, legislatívy a nariadení	Nízka	Stredný
	EN03	Recyklácia odpadu, ktorý by sa dal znova využiť	Stredná	Stredný
	EN04	Spaľovanie a skládkovanie odpadu, ktorý by sa dal recyklovať	Nízka	Vysoký
	EN05	Zbytočný transport odpadu, ktorý by sa dal spracovať na mieste	Stredná	Nízky
	EN06	Nevhodný spôsob recyklácie	Nízka	Stredný
	EN07	Neefektívny spôsob recyklácie	Stredná	Nízky
	EN08	Neefektívny transport odpadu	Nízka	Nízky
	EN09	Neefektívny spôsob skladovania odpadu	Nízka	Nízky
	EN10	Skládkovanie odpadu	Stredná	Vysoký
	EN11	Porucha stroja a následný únik kvapalín	Nízka	Vysoký
BOZP na	ZD01	Pád pracovníka	Stredná	Vysoký
	ZD02	Zakopnutie pracovníka	Vysoká	Nízky

	ZD03	Pošmyknutie pracovníka	Vysoká	Stredný
	ZD04	Práca s nebezpečným SDO	Stredná	Stredný
	ZD05	Nesprávny spôsob skladovania odpadu	Nízka	Nízky
	ZD06	Nesprávne značenie skladovacieho priestoru	Nízka	Nízky
	ZD07	Nepoužívanie ochranných pomôcok pracovníkmi	Vysoká	Stredný
	ZD08	Pád búranej konštrukcie	Nízka	Vysoký
	ZD09	Pád objektu na pracovníka	Stredná	Vysoký
	ZD10	Nesprávna manipulácia so stavebnou/recyklačnou technikou	Stredná	Stredný
	ZD11	Zlý stav stavebnej/recyklačnej techniky	Stredná	Stredný
Technické	TE01	Nižšia konzistencia betónu s použitím recyklátu	Vysoká	Nízky
	TE02	Nižšia objemová hmotnosť betónu s použitím recyklátu	Vysoká	Nízky
	TE03	Pevnosť v tlaku a v priečnom ťahu znížená o 10 až 15 %	Stredná	Stredný
	TE04	Modul pružnosti znížený o 15 až 20 %	Stredná	Nízky
	TE05	Súčiniteľ dotvarovania zvýšený až o 50 %	Stredná	Nízky
	TE06	Zmršťovanie zvýšené o 20 až 40 %	Stredná	Nízky
	TE07	Zvýšenie úrovne nasiakavosti betónu	Stredná	Nízky
	TE08	Porucha stroja na recykláciu stavebných materiálov	Nízka	Stredný
Ekonomické	EK01	Vyššie časové nároky	Vysoká	Nízky
	EK02	Vyššie náklady na recykláciu	Vysoká	Stredný
	EK03	Vyššie náklady na transport	Stredná	Nízky
	EK04	Vyššie náklady na použitie recyklátov	Nízka	Stredný
Sociálne	SO01	Absencia legislatívnych predpisov	Vysoká	Stredný
	SO02	Neochota ľudí využívať recykláty v stavebných projektoch	Stredná	Stredný
	SO03	Nedodržiavanie správnych postupov	Vysoká	Stredný
	SO04	Nepozornosť pracovníkov	Vysoká	Nízky
	SO05	Nedodržiavanie predpisov a legislatívy	Stredná	Stredný

Pre zjednodušenie prehľadnosti rizík boli všetky riziká označené špecifickou skratkou, ktorá ukazuje kategóriu a číslo rizika. Tabuľka číslo šesť ukazuje vysvetlivky jednotlivých skratiek, ktoré boli použité na označenie.

Tabuľka číslo 6: Matica rizík – Skratky označenia rizík (Vlastné spracovanie)

Skratky označenia rizík	
EN	Environmentálne
ZD	Zdravotné
TE	Technické
EK	Ekonomické
SO	Sociálne

Tabuľka číslo sedem zobrazuje celkovú maticu rizík. Táto matica je rozdelená na štyri hlavné miery rizika podľa miery dopadu. Jedná sa o nízke, stredné, vysoké a extrémne riziko. Ako sa dá z matice vyčítať, väčšina identifikovaných rizík spadá do kategórie strednej. Niekoľko rizík je aj v nízkej a vysokej kategórii úrovne rizika. Ako môžeme vidieť, ani jedno riziko nebolo identifikované ako riziko extrémne.

Tabuľka číslo 7: Matica rizík (Vlastné spracovanie)

		Dopad								
		Nízky			Stredný			Vysoký		
Pravdepodobnosť	Nízka	EN08	EN09	ZD05	EN02	EN06	TE08	EN04	EN11	ZD08
		ZD06	TE01	TE02	EK04					
	Stredná	EN01	EN05	EN07	EN03	ZD04	ZD10	EN10	ZD01	ZD09
		TE05	TE06	TE07	ZD10	TE03	SO02			
		EK03			SO05					
	Vysoká	ZD02	EK01	SO04	ZD03	ZD07	EK02			
					SO01	SO03				

5.2.2 FMEA

Na hodnotenie rizík spojených s jednotlivými druhmi nakladania so stavebným a demolačným odpadom a následným využitím recyklátov z týchto odpadov vyrobených bude použitá metóda analýzy príčin a následkov, známa tiež ako FMEA. Medzi základné spôsoby nakladania so stavebným odpadom boli identifikované nasledujúce: vznik (hlavne z demolácie), skladovanie, transport a samotná recyklácia stavebného a demolačného odpadu. Taktiež budeme hodnotiť následné využitie materiálov vyrobených recykláciou SDO. V prvom rade je však potrebné stanoviť kritéria hodnotenia jednotlivých parametrov v metóde FMEA, na základe ktorých sa vypočíta ukazovateľ miery rizika pre jednotlivé problémy, ktoré boli identifikované v predchádzajúcom kroku.

V tabuľke číslo osem, ktorá znázorňuje bodové ohodnotenie pravdepodobnosti miery výskytu rizika, môžeme vidieť, že na hodnotenie bola určená stupnica bodov od 1 do 10, ako aj päť stupňov slovného hodnotenia od minimálnej pravdepodobnosti po pravdepodobnosť veľmi vysokú.

Tabuľka číslo 8: FMEA – Pravdepodobnosť výskytu rizika (Vlastné spracovanie)

Pravdepodobnosť výskytu rizika (P)		
Skóre	Efekt	Opis
10	Veľmi vysoká	Riziko je takmer nevyhnutné
9		
8	Vysoká	Riziko sa vyskytuje veľmi často
7		
6	Stredná	Príležitostný výskyt rizika
5		
4	Nízka	Nízky výskyt rizika
3		
2	Minimálna	Výskyt rizika je veľmi nepravdepodobný
1		

Tabuľka číslo deväť zase ukazuje bodové ohodnotenie významu dôsledku vzniku rizika. Bodové skóre bolo určené na stupnici od 1 do 10. Slovné ohodnotenie bolo určené pomocou piatich stupňov, od bezvýznamnej miery dopadu rizika, cez nízku, strednú a vysokú mieru rizika. Najhoršou možnou alternatívou je nebezpečný dopad rizika.

Tabuľka číslo 9: FMEA – Význam dôsledku rizika (Vlastné spracovanie)

Význam dôsledku rizika (D)		
Skóre	Efekt	Opis
10	Nebezpečný	Veľmi vysoký stupeň ohrozenia rizikom. Riešenie by malo byť prvoradé a okamžité.
9		
8	Vysoký	Vysoká potreba riešenia problému.
7		
6	Stredný	Priemerná miera ohrozenia pri vzniku rizika. Systém naďalej funguje, avšak opravy sú nutné.
5		
4	Nízky	Efekt vzniku je malý, avšak nie prehliadnuteľný.
3		
2	Bezvýznamný	Takmer nebadateľný efekt na fungovaní systému Systém nie je nijakým spôsobom ohrozený.
1		

V ďalšej tabuľke, číslo desať sú zobrazené bodové vysvetlivky bodového ohodnotenia pravdepodobnosti odhalenia rizika. Škála stupnice bodovania sa pohybuje od 1 do 10 a slovné ohodnotenie bolo rozdelené do 7 kategórií: od nemožného odhalenia rizika, cez nízku, strednú a vysokú možnú úroveň odhalenia rizika až po riziko, ktoré bude s určitou istotou odhalené.

Tabuľka číslo 10: FMEA – Pravdepodobnosť odhalenia rizika (Vlastné spracovanie)

Pravdepodobnosť odhalenia rizika (O)		
Skóre	Efekt	Opis
10	Nemožná	Vznikajúce riziko nebude možné odhaliť.
9	Veľmi nízka	Veľmi nízka pravdepodobnosť, že riziko bude odhalené.
8	Nízka	Šanca na odhalenie rizika je malá.
7		
6	Stredná	Priemerná možnosť odhalenia rizika.
5		
4	Vysoká	Pravdepodobnosť odhalenia rizika je pomerne vysoká.
3		
2	Veľmi vysoká	Je veľká pravdepodobnosť, že riziko bude odhalené.
1	Úplná	Riziko bude takmer s určitou istotou odhalené.

Následne je potrebné ohodnotiť identifikované riziká s ohľadom na predchádzajúcu škálu hodnotenia rizík. V tabuľke číslo jedenásť je zobrazená prvá časť metódy FMEA, a to ohodnotenie rizík a výpočet rizikového čísla ku každému z nich. Ako limit prijateľného rizika bolo zvolené rizikové

číslo 50, ktoré zodpovedá 5 % z celkového maximálneho množstva bodov, ktoré riziko môže získať. Z dôvodu šetrenia miesta je tabuľka FMEA rozdelená na dve časti. Kompletná tabuľka FMEA je v prílohe tejto práce.

Tabuľka číslo 11: FMEA – Hodnotenie rizík (Vlastné spracovanie)

Kat.	Proces	Popis rizika	Dôsledky	D	P	O	RPN	RPN > 50
Vznik odpadu	Demolácia	Zlý prieskum demolovanej štruktúry	Nedôsledné triedenie odpadu, zranenie pracovníkov	4	4	3	48	Nie
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacich s demolačnými prácami	Nedôsledné triedenie odpadu, zranenie pracovníkov	6	3	3	54	Áno
		Zranenie pracovníka	Úraz, zdržanie	5	4	8	160	Áno
		Práca s nebezpečnými materiálmi	Dlhodobé zdravotné následky	3	3	2	18	Nie
		Neodborná manipulácia so stavebnou technikou	Úraz, zdržanie	5	3	4	60	Áno
		Nepoužívanie ochranných pomôcok	Úraz, dlhodobé zdravotné následky	5	4	2	40	Nie
		Nadmerná hlučnosť a prašnosť	Dlhodobé zdravotné následky	4	4	2	32	Nie
		Porucha stavebnej techniky	Znečistenie pôdy a vody, zdržanie	4	2	2	16	Nie
	Σ RPN vzniku odpadu						428	
Transport	Transport odpadu	Transport odpadu, ktorý by sa dal spracovať na mieste	Produkcia emisií, spotreba energie	5	5	6	150	Áno
		Neefektívny transport odpadu	Produkcia emisií, spotreba energie	4	2	6	48	Nie
	Σ RPN transportu odpadu						198	
Spracovanie odpadu	Triedenie odpadu	Nedôsledné triedenie odpadu	Plytvanie prírodnými zdrojmi	6	6	6	216	Áno
		Nespracovanie všetkého odpadu z demolačných prác	Znečistenie pôdy	6	3	3	54	Áno
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacich s triedením odpadu	Znečistenie pôdy a vody	5	3	4	60	Áno

	Recyklácia	Recyklácia odpadu, ktorý by sa dal znova využiť	Spotreba energie	4	5	6	120	Áno
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacej s recykláciou	Spotreba energie	5	3	4	60	Áno
		Neodborná manipulácia s recyklačnou technikou	Úraz, spotreba energie	5	3	4	60	Áno
		Porucha stroja na recykláciu	Zdržanie	4	2	2	16	Nie
	Spaľovanie	Spaľovanie odpadu, ktorý by sa dal recyklovať	Produkcia emisií, plytvanie prírodnými zdrojmi	6	6	6	216	Áno
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacich so spaľovaním odpadu	Produkcia emisií, plytvanie prírodnými zdrojmi	5	3	4	60	Áno
	Skládkovanie	Skládkovanie odpadu, ktorý by dal spaľovať	Znečistenie pôdy a vody	7	6	6	252	Áno
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacich so skládkovaním odpadu	Znečistenie pôdy a vody	5	3	4	60	Áno
	Σ RPN spracovania odpadu						1174	
Skladovanie odpadu	Skladovanie	Skládkovanie odpadu	Znečistenie pôdy a vody	7	6	2	84	Áno
		Nesprávne značenie skladovacieho priestoru	Úraz	2	2	2	8	Nie
	Σ RPN skladovania odpadu						92	
Využitie recyklátov	Kvalita recyklátu	Nížšia konzistencia betónu s použitím recyklátu	Nekvalitný výsledný produkt	2	5	2	20	Nie
		Nížšia objemová hmotnosť betónu s použitím recyklátu	Nekvalitný výsledný produkt	1	5	4	20	Nie
		Pevnosť v tlaku a v priečnom ťahu znížená o 10 až 15 %	Nekvalitný výsledný produkt	5	3	4	60	Áno
		Model pružnosti znížený o 15 až 20 %	Nekvalitný výsledný produkt	2	3	4	24	Nie
		Súčiniteľ dotvarovania zvýšený až o 50 %	Nekvalitný výsledný produkt	2	3	4	24	Nie
		Zmršťovanie zvýšené o 20 až 40 %	Nekvalitný výsledný produkt	2	3	4	24	Nie

		Zvýšenie úrovne nasiakavosti betónu	Nekvalitný výsledný produkt	1	3	4	12	Nie
	Sociálne	Neochota ľudí využívať recykláty v stavebných projektoch	Plytvanie prírodnými zdrojmi	3	4	6	72	Áno
		Neexistencia legislatívy, ktorá by vyžadovala použitie recyklátov	Plytvanie prírodnými zdrojmi	6	7	2	84	Áno
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení pri stavebných činnostiach súvisiacich s recyklátmi	Plytvanie prírodnými zdrojmi, spotreba energie	5	4	3	60	Áno
	Σ RPN využitia recyklátov						400	
Σ RPN pred opatreniami						2282		

Druhá časť tabuľky FMEA navrhuje možné opatrenia na riešenie problémov, ktoré boli identifikované v predchádzajúcej polovici analýzy FMEA. Zároveň zobrazuje nové bodové ohodnotenie jednotlivých rizík po zavedení navrhovaných opatrení. Tieto opatrenia vplývajú ako na potencionálny dopad rizika, tak na pravdepodobnosť jeho vzniku, aj na pravdepodobnosť odhalenia rizika. Ako hlavné opatrenia sa dajú vyzdvihnúť hlavne dôsledná kontrola, vytvorenie rámca a postupov na triedenie, recykláciu, transport či skladovanie odpadov ktorý je potrebné dodržiavať. Štát by mal taktiež vytvoriť vhodný legislatívny rámec na spracovanie a recykláciu odpadov. Ďalším opatrením je pravidelná inšpekcia a údržba strojov.

Tabuľka číslo 12: FMEA – Riziko po opatreniach (Vlastné spracovanie)

Kat.	Proces	Opatrenie	D	P	O	RPN
Vznik odpadu	Demolácia	Dôkladný prieskum demolovanej konštrukcie, dôsledné plánovanie kontrola	3	3	2	18
		Dôsledná kontrola a školenie zamestnancov	6	2	2	24
		Používanie vhodných ochranných pomôcok, kurz prvej pomoci pre pracovníkov	3	3	8	72
		Používanie vhodných ochranných pomôcok	3	1	2	6

		Dôkladné zaškolenie pracovníkov, stroj môže používať len certifikovaný pracovník	4	2	2	16
		Dôsledná kontrola	4	2	2	16
		Používanie vhodných ochranných pomôcok	2	4	2	16
		Pravidelná inšpekcia a údržba	4	1	1	4
	Σ RPN vzniku odpadu					172
Transport	Transport odpadu	Dôkladné triedenie odpadu, dodržiavanie noriem a legislatívy	4	3	5	60
		Dôsledné plánovanie logistiky	3	1	5	15
	Σ RPN transportu odpadu					75
Spracovanie odpadu	Triedenie odpadu	Vytvorenie rámca pravidiel na triedenie odpadu, dôkladné zaškolenie pracovníkov a kontrola	5	3	4	60
		Dôsledné triedenie odpadu	4	2	2	16
		Dôsledná kontrola a školenie pracovníkov	5	1	2	10
	Recyklácia	Dôsledné triedenie odpadu, dodržiavanie predpisov a nariadení	4	3	4	48
		Dôsledná kontrola a zaškolenie pracovníkov	5	1	2	10
		Dôkladné zaškolenie pracovníkov, stroj môže používať len certifikovaný pracovník	4	1	2	8
		Pravidelná inšpekcia a údržba	4	1	2	8
	Spaľovanie	Vytvorenie rámca pravidiel na triedenie odpadu, dôkladné zaškolenie pracovníkov a kontrola	6	4	4	96
		Dôsledná kontrola a zaškolenie pracovníkov	5	1	2	10
	Skládovanie	Vytvorenie rámca pravidiel na triedenie odpadu, dôkladné zaškolenie pracovníkov a kontrola	7	4	4	112

		Dôsledná kontrola a zaškolenie pracovníkov	5	1	2	10
	Σ RPN spracovania odpadu					388
Skladovanie odpadu	Skladovanie	Vytvorenie rámca pravidiel na triedenie odpadu, dôkladné zaškolenie pracovníkov a kontrola	7	4	1	28
		Dôkladné značenie skladovacieho priestoru a kontrola	2	1	1	2
	Σ RPN transportu odpadu					30
Využitie recyklátov	Kvalita recyklátu	Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	2	3	2	12
		Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	1	3	3	9
		Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	5	2	3	30
		Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	2	2	3	12
		Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	2	2	3	12
		Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	2	2	3	12
		Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	1	2	3	6
	Sociálne	Motivácia finančnými benefitmi	2	3	6	36
		Vytvorenie legislatívneho rámca a pravidiel	4	4	2	32
		Dôsledná kontrola	5	1	2	10
	Σ RPN využitia recyklátov					171
Σ RPN po opatreniach					836	

6 ANALÝZA VÝSLEDKOV

Ako hlavné zdroje rizika spojeného so stavebným a demolačným odpadom boli identifikované na základe analýzy príčin a následkov (Ishikawa diagram). Medzi najdôležitejšie kategórie rizík súvisiacich so stavebnými a demolačnými odpadmi boli identifikované nasledujúce: riziká spojené s BOZP, znečistenie životného prostredia a technické riziká súvisiace s využitím recyklovaných materiálov vyrobených zo stavebného a demolačného odpadu. Ďalšie kategórie rizík, ktoré súvisia s hodnotenými odpadmi sú ekonomické riziko a sociálne riziko.

Pomocou analýzy typu motýlik boli graficky zobrazené príčiny a následky rizík súvisiacich s BOZP, ako aj so znečistením životného prostredia. Ako hlavné dopady rizík spojených s BOZP boli identifikované tri: zranenie pracovníka, smrť pracovníka, prípadne dlhodobé následky na zdraví pracovníka. Ako hlavné následky rizika súvisiaceho so stavebným a demolačným odpadom boli zistené nasledujúce: znečistenie pôdy a podzemných vôd, ako aj produkcia emisií, plytvanie prírodnými zdrojmi či zbytočná spotreba energie v súvislosti s nesprávnym spracovaním odpadu.

V matici rizík boli následne všetky identifikované riziká na základe ich pravdepodobnosti vzniku a dopadu ohodnotené na škále od nízkej, cez strednú a vysokú úroveň rizika, až po extrémne riziko. Šesť rizík z celkového počtu 39 boli ohodnotené nízkou mierou rizika. Väčšina rizík, až 29 z celkového počtu boli ohodnotené strednou mierou rizika. Vysoká úroveň rizika bola identifikovaná pri celkovo ôsmich rizikách. Rizík s extrémnou mierou neboli identifikované žiadne.

Analýza príčin a následkov porúch bola použitá na analýzu procesov súvisiacich s nakladaním so stavebným a demolačným odpadom. Kategórie tejto metódy boli rozdelené podľa spôsobu narábania s odpadom na: vznik odpadu (hlavne z demolačnej činnosti), skladovanie odpadu, transport odpadu, samotná recyklácia stavebného odpadu a následné využitie materiálu vyrobeného pomocou recyklácie stavebných a demolačných odpadov v ďalších stavebných projektoch. Ako limit prijateľného rizika bolo zvolené rizikové číslo 50, ktoré zodpovedá 5 % z celkového maximálneho množstva bodov, ktoré riziko môže získať. Následne boli jednotlivé riziká ohodnotené na základe ich dopadu, pravdepodobnosti vzniku a pravdepodobnosti odhalenia. Následne boli ku každému identifikovanému riziku určené opatrenia, ktorých úloha je minimalizovať celkové riziko s ním spojené. Po zavedení navrhovaných opatrení kleslo RPN vzniku odpadu o približne 60% z hodnoty 428 na hodnotu 172. Miera rizika transportu odpadu klesla z úrovne 198 na 75, teda približne o 62%. RPN spracovania odpadu sa znížilo z úrovne 1174 na hladinu 388, teda asi o 67%. Miera rizika transportu odpadu klesla z 92 na 30, teda o cca 67%. A RPN využitia recyklátov sa znížilo z hladiny 400 na úroveň 171, teda o približne 57%. Celková miera rizika poklesla o 63%, z úrovne 2282 na úroveň 836 bodov.

ZÁVER

Hlavným cieľom diplomovej práce bolo hodnotenie rizík súvisiacich s nakladaním so stavebným a demolačným odpadom. Práca bola rozdelená na štyri časti. Prvá časť práce sa venovala opisu teoretických pojmov súvisiacich s udržateľnosťou, prechodom od lineárneho typu ekonomiky na ekonomiku cirkulárnu, ale aj samotným stavebným a demolačným odpadom, odpadovému hospodárstvu a platnou legislatívou ktorá dané pojmy zastrešuje. Takisto bolo v tejto časti práce rozanalizované štatistiky súvisiace s celkovou produkciou a mierou recyklácie odpadu, ale aj s produkciou a zložením stavebného odpadu.

Nasledujúca časť práce formulovala problémy, ktorými sa bude zaoberať táto práca, ako aj metódy, ktoré budú využité na riešenie formulovaného problému. Ako hlavný problém bolo stanovené analýza a hodnotenie rizík spojených so stavebnými a demolačnými materiálmi. Ako metódy boli vybrané matica rizík, Ishikawa diagram, analýza typu motýlik a analýza FMEA.

Úlohou tretej časti práce bolo identifikovať rôzne riziká spojené so stavebnými a demolačnými odpadmi. Na základe brainstormingu a rešerše literatúry boli vymyslené viaceré riziká, ktoré súvisia so vlastnosťami či spracovaním stavebného a demolačného odpadu. Tieto vychádzali z rôznych spôsobov nakladania a zaobchádzania s odpadom. Jedná sa o nasledujúce spôsoby nakladania so stavebným a demolačným odpadom: vznik odpadu, ktorý vzniká z veľkej časti hlavne demolačnými prácami, skladovanie odpadu, transport odpadu, ako aj jeho následná recyklácia. Identifikované boli tiež tri základné kategórie, ktoré najviac ohrozujú nakladanie so stavebným a demolačným odpadom. Jedná sa o nasledujúce kategórie: znečistenie životného prostredia, bezpečnosť a ochrana zdravia pracovníkov narábajúcich s odpadom na stavenisku a technické aspekty využívania recyklátov, hlavne pri využívaní ako plnivo do betónu.

Tieto riziká boli následne pomocou diagramu Ishikawa graficky znázornené. Znečistenie životného prostredia a bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci boli následne dôkladnejšie rozanalizované pomocou diagramu motýlik, ktorý poskytol aj ich konkrétne dopady ako na životné prostredie, tak na bezpečnosť pracovníkov. Následne boli tieto identifikované problémy hodnotené v matici rizík, ktorá poskytla odpovede na potenciálne dopady a pravdepodobnosť vzniku identifikovaných rizík.

Ďalšou využitou metódou bola metóda FMEA, ktorá sa venovala hodnoteniu procesov súvisiacich s nakladaním so stavebným a demolačným odpadom. Tieto procesy boli rozdelené na päť základných kategórií, na základe povahy procesu. Jedná sa o vznik odpadu, skladovanie odpadu, transport odpadu, samotný proces recyklácie odpadu a následné využitie recyklovaných

materiálov vystupujúcich z procesu recyklácie v ďalších stavebných procesoch. Jednotlivé problémy súvisiace s každou kategóriou procesu boli ohodnotené na základe dopadu, pravdepodobnosti vzniku a pravdepodobnosti možného odhalenia problému. Následne bol navrhnuté možné opatrenia, ktoré majú za úlohu minimalizovať identifikované riziká súvisiace so stavebným a demolačným odpadom.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- Archizoom. *Cirkulární ekonomika aneb recyklace ve velkém*. 2020. [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://archizoom.cz/cirkularni-ekonomika-aneb-recyklace-ve-velkem/>
- ARSM. *Základní druhy recyklátu a možnosti jejich využití*. 2016. [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <http://www.arasm.cz/recyklaty.php>
- ASB. *Odpadová stopa globalizovaných domov*. 2018. [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/energie/odpadova-stop-a-globalizovanych-domov>
- BADIDA, M., 2006. *Recyklácia odpadov zo stavebníctva*. Košice: TU. 30 s. ISBN 80-8073-574-3.
- BEŇO, Z., 2011. *Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 149 s. ISBN 978-80-214-4240-5.
- Betonserver. *Základní druhy recyklátu a možnosti jejich využití + jakostní normy*. 2011. [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://betonserver.cz/aktuality/zakladni-druhy-recyklatu-a-moznosti-jejich-vyuziti-jakostni-normy>
- BLACKBURN, W., 2017. *The sustainability handbook*. London: Earthscan, 789 p. ISBN: 13-978-1-84407-495-2.
- BONCIU, F., 2014. The European Economy: From a Linear to a Circular Economy. In: *The Romanian Journal of European Affairs*, Vol. 14, no. 4, pp. 78 - 91. ISSN 1582-8271.
- Brnorecyklace. *Asfaltový recyklát*. 2021. [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.brnorecyklace.cz/asfaltovy-recyklat>
- Brnorecyklace. *Betonový recyklát*. 2021. [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.brnorecyklace.cz/betonovy-recyklatn>
- CAIS, L., 2005. *Mechanizácia stavebných procesov*. Košice: Elfa. 104 s. ISBN 80-8086-019-X
- CENIA, 2016. *Report on the Enviroment of the Czech Republic 2016*. 299 p. [online]. Dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/03/Report-on-the-Environment-of-the-Czech-Republic_2016.pdf
- CMS. *How to use the Fishbone Tool for Root Cause Analysis*. 2014. [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.cms.gov/medicare/provider-enrollment-and-certification/qapi/downloads/fishbonerevised.pdf>

Circulareconomyclub. *The Worlds 1st Standard for Implementing Circular Economy Principles: BS 8001*. 2017. [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.circulareconomyclub.com/listings/the-worlds-1st-standard-for-implementing-circular-economy-principles-bs-8001/>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2020. Zákon č. 541/2020 Sb. zo dňa 01. decembra 2020 o odpadoch. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541/zneni-20210101#p158_p158-1

Čierna labuť. *Cirkulárna ekonomika*. 2018. [online]. [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: <https://ciernalabut.dennikn.sk/5360/suroviny-sa-minaju-a-odpad-sa-hromadi-sucasny-ekonomicky-model-preto-bude-musiet-padnut-hovori-odbornicka-na-cirkularnu-ekonomiku-ivana-males/levsce/>

ČSN EN ISO 14021 (010921). Environmentální značky a prohlášení - Vlastní environmentální tvrzení (environmentální značení typu II). Praha: *Český normalizační institut*, 2016. 48 s.

ČSN EN ISO 31000 (010351). Management rizik - směrnice. Praha: *Český normalizační institut*, 2019. 28 s.

DE ANGELIS, R., 2018. *Business models in the circular economy*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 110 p. ISBN 978-3-319-75126-9.

DEMČÁK, M., 2009. *Manažérstvo rizík*. [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <http://media1.nolimit.cz/files/media1:50fceb7b8a805.pdf.upl/MR-basic.pdf>

EKINS, P., 2000. *Economic Growth and Enviromental sustainability: the Prospects for Green Growth*. London/New York: Routledge. ISBN 978-0-415-17333-9.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013. *Towards the Circular Economy Vol. 1*. 96 p. [online]. Dostupné z: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014. *Towards the Circular Economy Vol. 3*. 76 p. Dostupné z: <https://emf.thirdlight.com/link/t4gb0fs4knot-n8nz6f/@/preview/1?o>

EURÓPSKA KOMISIA, 2020. *Circular Economy - Principles for Building Design*. 30 p. [online]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>

EURÓPSKA KOMISIA, 2018. *Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings*. 37 p. [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/attachments/1/translations/en/renditions/native>

- EURÓPSKA ÚNIA, 2008. Smernica Európskeho parlamentu a rady 2008/98/EC zo dňa 22. novembra 2008. In: *Úradný vestník Európskej Únie*. [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1653038100277&uri=CELEX:32008L0098>
- EUROSTAT, 2021. *Waste statistics*. [online]. [cit. 2022-03-06] Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics
- FLORINI, A.; PAULI, M., 2018. Collaborative governance for the sustainable development goals. *Asia and the Pacific Policy Studies*. Vol. 5. pp. 583-598.
- GALVES-MARTOS, J-L., 2018. Construction and demolition waste best management practice in Europe. In: *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 136, pp. 166 - 178. ISSN 0921-3449. [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344918301538>
- GIRLING, R., 2005. *Rubbish!: Dirt On Our Hands and Crisis Ahead*. Totnes: Eden Project. 432 p. ISBN 978-1-903-91944-6.
- HEATHER, M.; ZACHARY, A., 2014. *Sustainability: If its everything, if its nothing?* New York: Routledge, 176 p. ISBN: 978-0-415-78354-5.
- HERTWICH, E.; LIFSET, R.; PAULIUK, S.; HEEREN, N., 2020. *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*, 179 p. ISBN: 978-92-807-3771-4.
- HUDÁKOVÁ, M.; BUGANOVÁ, K.; MÍKA, V. T., 2013. *Metódy a techniky v procese manažmentu rizika*. Žilina: Edis - vydavateľstvo ŽU. 230 s. ISBN 978-80554-0642-8.
- KORECKÝ, M.; TRKOVSKÝ, V., 2011. *Management rizik projektu: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. Praha: Grada. 584 s. ISBN 978-80-247-3221-3.
- KŘÍŽOVÁ, K., 2010. *Betonové konstrukce I pro SPŠ a SOU stavební*. Praha: Sobotáles. 144 s. ISBN 978-80-86817-39-2.
- KUHLMAN, T., FARRINGTON, J., 2010. What is sustainability? In: *Sustainability*. No. 2, pp. 3436-3448. ISSN 2017-1050.
- LINCZÉNY, A.; NOVÁKOVÁ, R., 2001. *Manažérstvo kvality*. Bratislava: Slovenská Technická Univerzita. 299 s. ISBN 80-227-1586-7.
- MAHPOUR, A., 2018. Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. In: *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 134, pp. 216 - 227 [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344918300260>

- MORELLI, J., 2011. Environmental sustainability: A definition for environmental professionals. *Journal of environmental sustainability*. Vol. 1. ISSN: 2159-2519.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011. *Sustainability and the U.S. EPA*. Washington DC: The National Academic Press, 162 p. ISBN: 978-0-309-21252-6.
- Odpadyportal. *Hierarchia odpadového hospodárstva*. 2012. [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.odpady-portal.sk/Dokument/101408/hierarchia-odpadoveho-hospodarstva.aspx>
- PAVLU, T. a kol., 2018. *Katalog výrobku a materialu s obsahem druhotných surovín pro použití ve stavebnictví*. Praha: ČVUT. [online]. Dostupné z: <http://www.recyklujmestavby.cz/wp-content/uploads/2019/10/Recyklujme-stavby-katalog-3.08.pdf>
- PONGRÁČZ, E., 2002. Re-defining the concepts of waste and waste management: Evolving the Theory of Waste Management. In: *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 40, no. 2, pp. 141–153. ISSN 0921-3449.
- PUCHEROVÁ, Z. 2008. *Kvalita životného prostredia a environmentálny monitoring v Slovenskej republike*. Nitra: FPV UKF v Nitre. 203 s. ISBN 978-80-8094-193-2.
- Recyklujmestavby. *Obsah recyklátu*. 2020. [online]. [cit. 2022-03-01] Dostupné z: <http://www.recyklujmestavby.cz/pojmy/obsah-recyklatu/>
- Recyklujmestavby. *Schéma nakladania s odpadom*. 2020. [online]. [cit. 2022-03-01] Dostupné z: <http://www.recyklujmestavby.cz/wp-content/uploads/2018/11/Sch%C3%A9ma-nakl%C3%A1d%C3%A1n%C3%AD-s-odpadem-2.jpg>
- SINAY, J. a kol., 2007. *Nástroje zlepšovania kvality*. Košice: Elfa. 192 s. ISBN 978-8-089-04032-2.
- STRELEC, J., 2012. *Ishikawa diagram*. [online]. vlastnicesta.cz. [cit. 2022-04-02] Dostupné z: <https://www.vlastnicesta.cz/metody/ishikawa-diagram-1/>
- SPIŠÁKOVÁ, M., 2020. *Vznik stavebných a demolačných odpadov počas životného cyklu stavby*. Košice: TU v Košiciach, Stavebná fakulta. [online]. [cit. 2022-03-] Dostupné z: https://projectsites.vtt.fi/sites/parade/files/TUK_Teaching_materials_Slovak_Part_1.pdf
- ŠENTÍKOVÁ, I.; ŠTEVULOVÁ, N., 1998. Recyklácia v stavebníctve z pohľadu energetických úspor. In: *Acta Montanistica Slovaca*. Roč. 3, č. 3. [online]. Dostupné z: <https://actamont.tuke.sk/pdf/1998/n3/20senitkova.pdf>
- ŠKOPÁN, M., 2020. *Recycling 2020 - Cirkulárni ekonomika ve stavebnictví, recyklace a využívání druhotných stavebních materiálů*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství. 146 s. ISBN 978-80-214-5894-9.

TRAVEN, L., 2019. Circular economy and the waste management hierarchy: Friends or foes of sustainable economic growth? A critical appraisal illustrated by the case of the Republic of Croatia. In: *Waste Management & Research*. Vol. 37, no. 1, pp. 1–2.

VIDOVÁ, J., 2019. Cirkulárna ekonomika ako "nový" hospodársky model? In: *Odpadové fórum: odborný měsíčník pro průmyslovou a komunální ekologii*. Praha: České ekologické manažerské centrum. Roč. 20, č. 10, s. 18-19. ISSN 1212-7779.

WORLD BANK, 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. [online]. Dostupné z: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

Worldometers, *World Population by Year*. 2020. [online]. Dostupné z: <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>

ZEDNÍK, O., 2020. *Využití stavebních recyklátu pro čištění odpadních vod*. Brno. 118 s. Diplomová práce na Fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně. Vedúci diplomovej práce Ing. Michal Křiška, Ph. D.

ZOZNAM TABULIEK

Tab. č. 1 – Zloženie stavebného a demolačného odpadu (Galvez-Martos)	29
Tab. č. 2 – Stavebné odpady v Európskom katalógu odpadov (Európska komisia)	32
Tab. č. 3 – Materiálové zloženie stavebných a demolačných odpadov v rokoch 2014 až 2018 (Škopán)	33
Tab. č. 4 – Všeobecná matica rizík (vlastné spracovanie)	47
Tab. č. 5 – Matica rizík – Hodnotenie rizík (vlastné spracovanie)	57
Tab. č. 6 – Matica rizík – Skratky označenia rizík (vlastné spracovanie)	59
Tab. č. 7 – Matica rizík (vlastné spracovanie)	59
Tab. č. 8 – FMEA – Pravdepodobnosť výskytu rizika (vlastné spracovanie)	60
Tab. č. 9 – FMEA – Význam dôsledku rizika (vlastné spracovanie)	60
Tab. č. 10 – FMEA – Pravdepodobnosť odhalenia rizika (vlastné spracovanie)	61
Tab. č. 11 – FMEA – Hodnotenie rizík (vlastné spracovanie)	62
Tab. č. 12 – FMEA – Riziko po opatreniach (vlastné spracovanie)	64

ZOZNAM GRAFOV

Graf č. 1 – Svetová populácia v rokoch 1000 až 2050 (Vlastné spracovanie)	14
Graf č. 2 – Produkcia odpadu v EÚ za rok 2018 (v tis. ton) (Vlastné spracovanie).....	24
Graf č. 3 – Produkcia odpadu na základe odvetvia v Európskej Únii za rok 2018 (Vlastné spracovanie).....	24
Graf č. 4 – Štruktúra odpadu vyprodukovaného v Českej republike za rok 2016 (Vlastné spracovanie).....	25
Graf č. 5 – Miera recyklácie odpadov v Európskej Únii za rok 2019 (v %) (Vlastné spracovanie).....	28
Graf č. 6 – Podiel jednotlivých druhov stavebných a demolačných odpadov (bez zeminy) (Vlastné spracovanie).....	35

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č. 1 – Lineárny model ekonomiky (Čierna labuť)	13
Obr. č. 2 – Obežný model ekonomiky (Čierna labuť)	15
Obr. č. 3 – Cirkulárna ekonomika v stavebníctve (Vlastné spracovanie).....	19
Obr. č. 4 – Hierarchia odpadového hospodárstva (Vlastné spracovanie).....	27
Obr. č. 5 – Schéma nakladania so stavebným odpadom z demolácie budov (Vlastné spracovanie)	31
Obr. č. 6 – Betónový recyklát rôznych frakcií (Brnorecyklace)	37
Obr. č. 7 – Tehlový recyklát rôznych frakcií (Škopán)	38
Obr. č. 8 – Asfaltový recyklát rôznych frakcií (Brnorecyklace).....	39
Obr. č. 9 – Všeobecný Ishikawa diagram (vlastné spracovanie).....	44
Obr. č. 10 – Všeobecný diagram motýlik (vlastné spracovanie).....	45
Obr. č. 11 – Ishikawa diagram – Ekologické riziká (vlastné spracovanie).....	51
Obr. č. 12 – Ishikawa diagram – BOZP na stavenisku (vlastné spracovanie).....	52
Obr. č. 13 – Ishikawa diagram – Technické riziká (vlastné spracovanie).....	53
Obr. č. 14 – Ishikawa diagram – Celkové riziká (vlastné spracovanie).....	54
Obr. č. 15 – Bowtie diagram – BOZP na stavenisku (vlastné spracovanie).....	55
Obr. č. 16 – Bowtie diagram – Znečistenie životného prostredia (vlastné spracovanie)	56

ZOZNAM SKRATIEK

BTA	Analýza motýlik (Bow Tie Analysis)
ČSN	Česká technická norma
D.....	Závažnosť chyby
EÚ	Európska Únia
FMEA ..	Analýza príčin a následkov porúch (Failure Mode and Effect Analysis)
ISO	Medzinárodná organizácia pre normalizáciu
MRA	Zmiešaný recyklát
O	Pravdepodobnosť odhalenia chyby
P	Pravdepodobnosť výskytu chyby
RA.....	Asfaltový recyklát
RCA	Betónový recyklát
RMA	Tehlový recyklát
RPN	Rizikové číslo (Risk Priority Number)
Sb.....	Zbierka zákonov Českej republiky
SDO.....	Stavebný a demolačný odpad

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č. 1: Tabuľka FMEA

PRÍLOHA Č. 1: TABUĽKA FMEA

Kat.	Proces	Popis rizika	Dôsledky	D	P	O	RPN	RPN > 50	Opatrenie	D	P	O	RPN
Vznik odpadu	Demolácia	Zlý prieskum demolovanej štruktúry	Nedôsledné triedenie odpadu, zranenie pracovníkov	4	4	3	48	Nie	Dôkladný prieskum demolovanej konštrukcie, dôsledné plánovanie kontrola	3	3	2	18
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacich s demolačnými prácami	Nedôsledné triedenie odpadu, zranenie pracovníkov	6	3	3	54	Áno	Dôsledná kontrola a školenie zamestnancov	6	2	2	24
		Zranenie pracovníka	Úraz, zdržanie	5	4	8	160	Áno	Používanie vhodných ochranných pomôcok, kurz prvej pomoci pre pracovníkov	3	3	8	72
		Práca s nebezpečnými materiálmi	Dlhodobé zdravotné následky	3	3	2	18	Nie	Používanie vhodných ochranných pomôcok	3	1	2	6
		Neodborná manipulácia so stavebnou technikou	Úraz, zdržanie	5	3	4	60	Áno	Dôkladné zaškolenie pracovníkov, stroj môže používať len certifikovaný pracovník	4	2	2	16
		Nepoužívanie ochranných pomôcok	Úraz, dlhodobé zdravotné následky	5	4	2	40	Nie	Dôsledná kontrola	4	2	2	16
		Nadmerná hlučnosť a prašnosť	Dlhodobé zdravotné následky	4	4	2	32	Nie	Používanie vhodných ochranných pomôcok	2	4	2	16
		Porucha stavebnej techniky	Znečistenie pôdy a vody, zdržanie	4	2	2	16	Nie	Pravidelná inšpekcia a údržba	4	1	1	4

	Σ RPN vzniku odpadu							428		Σ RPN vzniku odpadu				172
Transport	Transport odpadu	Transport odpadu, ktorý by sa dal spracovať na mieste	Produkcia emisií, spotreba energie	5	5	6	150	Áno	Dôkladné triedenie odpadu, dodržiavanie noriem a legislatívy	4	3	5	60	
		Neefektívny transport odpadu	Produkcia emisií, spotreba energie	4	2	6	48	Nie	Dôsledné plánovanie logistiky	3	1	5	15	
	Σ RPN transportu odpadu							198		Σ RPN transportu odpadu				75
Spracovanie odpadu	Triedenie odpadu	Nedôsledné triedenie odpadu	Plytvanie prírodnými zdrojmi	6	6	6	216	Áno	Vytvorenie rámca pravidiel na triedenie odpadu, dôkladné zaškolenie pracovníkov a kontrola	5	3	4	60	
		Nespracovanie všetkého odpadu z demolačných prác	Znečistenie pôdy	6	3	3	54	Áno	Dôsledné triedenie odpadu	4	2	2	16	
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacich s triedením odpadu	Znečistenie pôdy a vody	5	3	4	60	Áno	Dôsledná kontrola a školenie pracovníkov	5	1	2	10	
	Recyklácia	Recyklácia odpadu, ktorý by sa dal znova využiť	Spotreba energie	4	5	6	120	Áno	Dôsledné triedenie odpadu, dodržiavanie predpisov a nariadení	4	3	4	48	
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacej s recykláciou	Spotreba energie	5	3	4	60	Áno	Dôsledná kontrola a zaškolenie pracovníkov	5	1	2	10	
		Neodborná manipulácia s recyklačnou technikou	Úraz, spotreba energie	5	3	4	60	Áno	Dôkladné zaškolenie pracovníkov, stroj môže používať len certifikovaný pracovník	4	1	2	8	
		Porucha stroja na recykláciu	Zdržanie	4	2	2	16	Nie	Pravidelná inšpekcia a údržba	4	1	2	8	
	Spaľovanie	Spaľovanie odpadu, ktorý by sa dal recyklovať	Produkcia emisií, plytvanie prírodnými zdrojmi	6	6	6	216	Áno	Vytvorenie rámca pravidiel na triedenie odpadu, dôkladné zaškolenie pracovníkov a kontrola	6	4	4	96	

		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacich so spaľovaním odpadu	Produkcia emisií, plytvanie prírodnými zdrojmi	5	3	4	60	Áno	Dôsledná kontrola a zaškolenie pracovníkov	5	1	2	10
	Skládkovanie	Skládkovanie odpadu, ktorý by dal spaľovať	Znečistenie pôdy a vody	7	6	6	252	Áno	Vytvorenie rámca pravidiel na triedenie odpadu, dôkladné zaškolenie pracovníkov a kontrola	7	4	4	112
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení súvisiacich so skládkovaním odpadu	Znečistenie pôdy a vody	5	3	4	60	Áno	Dôsledná kontrola a zaškolenie pracovníkov	5	1	2	10
	Σ RPN spracovania odpadu						1174		Σ RPN spracovania odpadu				388
Skladovanie odpadu	Skladovanie	Skládkovanie odpadu	Znečistenie pôdy a vody	7	6	2	84	Áno	Vytvorenie rámca pravidiel na triedenie odpadu, dôkladné zaškolenie pracovníkov a kontrola	7	4	1	28
		Nesprávne značenie skladovacieho priestoru	Úraz	2	2	2	8	Nie	Dôkladné značenie skladovacieho priestoru a kontrola	2	1	1	2
	Σ RPN skladovania odpadu						92		Σ RPN skladovania odpadu				30
Využitie recyklátov	Kvalita recyklátu	Nižšia konzistencia betónu s použitím recyklátu	Nekvalitný produkt	2	5	2	20	Nie	Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	2	3	2	12
		Nižšia objemová hmotnosť betónu s použitím recyklátu	Nekvalitný produkt	1	5	4	20	Nie	Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	1	3	3	9
		Pevnosť v tlaku a v priečnom ťahu znížená o 10 až 15 %	Nekvalitný produkt	5	3	4	60	Áno	Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	5	2	3	30
		Model pružnosti znížený o 15 až 20 %	Nekvalitný produkt	2	3	4	24	Nie	Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	2	2	3	12
		Súčiniteľ dotvarovania zvýšený až o 50 %	Nekvalitný produkt	2	3	4	24	Nie	Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	2	2	3	12
		Zmršťovanie zvýšené o 20 až 40 %	Nekvalitný produkt	2	3	4	24	Nie	Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	2	2	3	12
		Zvýšenie úrovne nasiakavosti betónu	Nekvalitný produkt	1	3	4	12	Nie	Zmena receptúry, kontrola výsledného produktu	1	2	3	6

	Sociálne	Neochota ľudí využívať recykláty v stavebných projektoch	Plytvanie prírodnými zdrojmi	3	4	6	72	Áno	Motivácia finančnými benefitmi	2	3	6	36
		Neexistencia legislatívy, ktorá by vyžadovala použitie recyklátov	Plytvanie prírodnými zdrojmi	6	7	2	84	Áno	Vytvorenie legislatívneho rámca a pravidiel	4	4	2	32
		Nedodržiavanie legislatívy, noriem a nariadení pri stavebných činnostiach súvisiacich s recyklátmi	Plytvanie prírodnými zdrojmi, spotreba energie	5	4	3	60	Áno	Dôsledná kontrola	5	1	2	10
	Σ RPN využitia recyklátov						400		Σ RPN využitia recyklátov				171
	Σ RPN pred opatreniami						2282		Σ RPN po opatreniach				836