

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ**



**TECHNOLOGIE RECYKLACE A TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO
ZPRACOVÁNÍ STAVEBNÍCH ODPADŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zpracovala: Lucie Píčová

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

2020/2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Píčová

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Technologie recyklace a technická zařízení pro zpracování stavebních odpadů

Název anglicky

Technology of recycling and technical equipment for construction waste treatment

Cíle práce

Využívání recyklačního materiálu ve stavebním průmyslu je důležitým aspektem v rámci trvale udržitelného rozvoje. Cílem práce je tedy popsat recyklační technologie a technická zařízení pro zpracování stavebního odpadu. Práce je zaměřena na využívané druhy technologií a technických zařízení při recyklaci a také bude věnována nejčastějším druhům recyklátů a jejich využití v praxi. Zároveň zde budou popsány legislativní předpisy a okrajově nastíněn způsob odstraňování budov.

Metodika

Práce bude zpracována formou literární rešerše vycházející z odborných článků a publikací, které se zaměřují na zpracování stavebního a demoličního odpadu. V první části bude seznámení s legislativními předpisy. Druhá část bude obsahovat používané recyklační technologie a zařízení. Také bude uvádět vybrané recykláty a jejich využití v praxi.

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

Recyklace, stavební odpad, technologie a zařízení

Doporučené zdroje informací

F. Pacheco-Torgal, V. W. Y. Tam, J. A. Labrincha, Y. Ding and J. de Brito: Handbook of recycle concrete and demolition waste, UK, 2013

Logistika odpadového hospodářství, Voštová Věra a kol., rok vydání:2009

Vytlačilová Vladimíra: Recyklace ve stavební výrobě – V Praze : České vysoké učení technické v Praze, 2012

Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 11. 6. 2020

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 6. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 10. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Technologie recyklace a technická zařízení pro zpracování stavebních odpadů“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 29.3.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za vedení mé práce a také děkuji rodině a přáteli, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

V Praze dne 29.3.2021

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá recyklací stavebních odpadů ve stavebním průmyslu. Budou zde vypsány základní dokumenty pro nakládání se stavebními odpady a vylíčen seznam základních pojmů. Práce nastíní demolice budov a vznik stavebního odpadu. Převážná část se bude věnovat technologii recyklace, postupu recyklace a jejím technickým zařízením pro zpracování stavebního odpadu.

Protože je využití surovin z odpadu důležitým aspektem trvale udržitelného rozvoje a je zároveň výhodnější než jejich skladování, bude závěr práce obsahovat druhy recyklátů stavebních odpadů a možnosti jejich využití.

Klíčová slova

Recyklace, stavební odpad, technologie, technická zařízení, recyklát

Abstract

The bachelor thesis deals with recycling of construction waste in the construction industry. Basic documents for the management of construction waste will be listed here and a list of basic concepts will be listed. The work will outline the demolition of buildings and the creation of a construction impact. The bulk will focus on recycling technology, the recycling process and its technical equipment for the treatment of construction waste.

Since the recovery of raw materials from waste is an important aspect of sustainable development and is also more profitable than their storage, the conclusion of the work will include the types of recycled construction waste and the possibilities for their recovery.

Keywords

Recycling, construction waste, technology, technical equipment, recycle

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Metodika práce	3
4. Trvale udržitelný rozvoj ve stavebnictví	4
4.1. Environmentální parametry	7
5. Legislativa	8
5.1. Základní dokumenty pro nakládání se stavebními odpady	8
5.1.1. Katalog odpadů	9
5.2. Základní pojmy	10
6. Vznik stavebního odpadu	11
6.1. Demolice budov	12
6.2. Černé skládky	13
7. Vývoj recyklace stavebního odpadu	15
8. Recyklace stavebního odpadu	16
8.1. Kritéria ovlivňující proces recyklace	18
8.2. Technologie recyklace	20
8.2.1. Primární	20
8.2.2. Sekundární	20
8.2.3. Terciární	21
8.2.4. Recyklace off situ	21
8.2.5. Recyklace in situ	22
8.3. Metody recyklace	23
8.4. Recyklace sestupného typu	25
8.5. Recyklace vzestupného typu	25
8.6. Předtřídění	26
8.7. Drcení	27
8.8. Třídění	30
9. Druhy recyklátů stavebních odpadů a možnosti jejich využití	31
9.1. Betonový recyklát	32
9.2. Cihelný recyklát	33
9.3. Asfaltový recyklát	34
10. Recyklační centra	36
11. Diskuse a vyhodnocení	39
12. Závěr	40
13. Přehled literatury a použitých zdrojů	41

1. Úvod

Stavební průmysl je neustále rozvíjen, jsou vyráběny a vylepšovány stavební materiály, které mají zajistit dlouhou životnost budov a dobré ekologické vlastnosti. Spousta již postavených budov je ve špatném stavu, může to být stářím budovy nebo špatnými technologickými postupy při výstavbě či špatnou volbou stavebních materiálů. Dochází zde k volbě, zda budovu zrekonstruovat nebo zbourat. Právě stavební a demoliční odpad tvoří velkou část produkovaných odpadů.

Velké množství stavebního a demoličního odpadu vzniká při bourání staveb, potom také při výrobě materiálů nebo při samotné výstavbě na staveništi. Co bude odpad obsahovat závisí na typu budovy a jejím stáří. Jedná se především o materiály z betonů, cihel, keramiky, asfaltů, písků, kameniva, kovů, zeminy, plastů, nebezpečného odpadu např. azbestu apod. Je tedy důležité stavební odpad správně oddělit a následně zpracovat a uložit.

Odpady mají totiž negativní vliv na prvky životního prostředí, proto se v posledních letech zvyšuje zájem o jeho ochranu. Životní prostředí, ale není jedinou dotčenou částí, a proto se zájem o ochranu vztahuje i na čerpání obnovitelných i neobnovitelných zdrojů a současně i o snížení finančních nákladů. Všechny tyto aspekty vedly k myšlence recyklace stavebního odpadu.

Recyklace stavebních a demoličních odpadů je rozsáhlé téma, proto jsem se rozhodla ve své bakalářské práci, která bude tvořit průřez touto oblastí recyklace, informovat o naléhavosti problému zvyšujícího se množství odpadů.

Zabývám se, jakým způsobem se stavební odpady rozdělují, jak je možné je zpracovat a následně aplikovat při další výstavbě. Pozornost budu věnovat i nejčastěji využívaným recyklátům a jejich využití. Všechny tyto informace budou vycházet z odborné literatury a jiných informačních zdrojů.

A protože mě zajímá, jak to funguje v praxi, uvedu ve své bakalářské práci vybraná recyklační střediska na území České republiky, u kterých uvedu jejich nejpoužívanější technologie, technická zařízení i druhy recyklátů o které je v poslední době největší zájem.

2. Cíle práce

Využívání recyklačního materiálu ve stavebním průmyslu je důležitým aspektem v rámci trvale udržitelného rozvoje. Cílem práce je tedy popsat recyklační technologie a technická zařízení pro zpracování stavebního odpadu. Práce je zaměřena na využívané druhy technologií, postupy recyklací a technických zařízení, které se používají. Také zde budou uvedeny nejčastější druhy recyklátů a jejich využití v praxi. Zároveň zde budou popsány právní předpisy a okrajově nastíněn způsob odstraňování budov.

3. Metodika práce

Práce bude zpracována formou literární rešerše vycházející z odborných článků a publikací, které se zaměřují na zpracování stavebního a demoličního odpadu. V první části bude seznámení s právními předpisy, vznikem stavebního odpadu a historigickým vývojem recyklace. Druhá část bude obsahovat používané recyklační technologie a technická zařízení. Také bude uvádět vybrané recykláty a jejich využití v praxi. Na závěr bakalářské práce vyberu recyklační střediska na území České republiky a zhodnotím, které technologie, recyklační stroje a recykláty jsou nejvíce využívány v dnešní době.

4. Trvale udržitelný rozvoj ve stavebnictví

Základem pro udržitelný rozvoj je minimalizovat či úplně odstranit možnost nepříznivého rozvoje ve společnosti. Většina přírodních zdrojů je vyčerpateľná a jejich nadměrné čerpání poškozuje naši Zemi.

Cílem trvale udržitelného rozvoje je zajistit současným i budoucím generacím jejich základní potřeby a nesnižovat přitom funkce ekosystému a rozmanitost přírody. Lze tedy říci, že míra využívání přírodních zdrojů by neměla převyšovat míru jejich vytváření. V současném stavebním průmyslu je vidět stále větší snaha o vývoj a produkci stavebních materiálů s konstrukčními vlastnostmi splňujícími požadavky po celou dobu své životnosti. [1] [36]

Ve stavebnictví se vychází ze základních kritérií, kterými jsou náklady na realizaci, kvalita konstrukčního řešení a čas potřebný na realizaci stavby. Tyto kritéria však nepohlížejí na to, jaký vliv to má na životní prostředí, na sociální a kulturní kvalitu funkce realizovaných staveb.

Negativní vlivy stavebnictví na životní prostředí mohou být dány faktory např.:

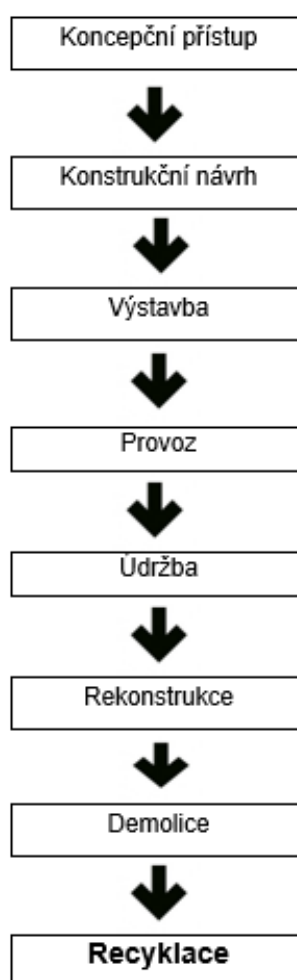
- vyčerpávání neobnovitelných zdrojů surovin a energie
- spotřeba a znečištění kvalitní vody
- znečištění škodlivými emisemi a odpady
- negativní působení techniky na okolí (hluk, otřesy, tepelná energie apod.)
- rychlejší čerpání obnovitelných zdrojů, než je schopnost jejich regenerace
- odlesňování a ničení fauny a flóry [13] [36]

Udržitelná výstavba budov musí být komplexnější a zahrnovat v sobě i širší aspekty.

Trvale udržitelný rozvoj je tedy postaven na třech základních pilířích a to, ekonomickém, sociálním a environmentálním. Aby byla zachována harmonizace nelze žádný z nich upřednostnit. [1]

První použití pojmu „udržitelný rozvoj“ proběhlo na světové komisi pro životní prostředí a rozvoj – OSN v roce 1987. O pár let později v roce 1992 se konala konference OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru, kde byla přijata Agenda 21 pro udržitelnou výstavbu pro zajištění trvale udržitelného rozvoje v celosvětovém měřítku. Z čehož plyne zavádění technologií, které jsou šetrné k přírodě, nemají vysoké nároky na materiály, energie a rozšiřují recyklaci materiálů.

Principy o trvale udržitelném rozvoji se v tomtéž roce dostávají i do našeho Zákona o životním prostředí č. 17/1992 Sb., kde paragraf 6 uvádí přesnou definici: „*Trvale udržitelný rozvoj společnosti, je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystému*“. Nový přístup spočívá v návrhu konstrukčního materiálu, kdy je požadováno, aby jeho předdefinované vlastnosti splňovaly požadavky z hlediska funkčnosti po celou dobu životnosti. Podmínkou pro dosažení parametrů je integrace různých složek návrhu (materiálového, konstrukčního a environmentálního) do jednoho návrhového procesu.



Obr. 1: Fáze životního cyklu v případě integrovaného návrhu v souladu s trvale udržitelným rozvojem (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Protože se recyklace nachází v žebříčku životního cyklu na posledním místě, o to větší důraz by na ni měl být kladen. Pokud tedy zvýšíme úroveň recyklace, výsledným efektem bude snížení negativních dopadů na životní prostředí. [10] [24] Nakládání s odpady má ve své působnosti orgán státní správy a rozvoj recyklace je závislý na jeho postupech a nařízeních. Zlepšení recyklačního rozvoje ve stavební výrobě může být provedeno při dodržení těchto bodů:

- Výkonnější využití primárních surovin
- Vymezení pravidel pro regulaci produkce odpadu
- Zamezení tvorbě černých skládek
- Snížení spotřeby energie, která je využívána během celé životnosti stavby
- Zlepšení výrobních technologií pro snížení zátěže životního prostředí
- optimalizace spotřeby betonu a výztuže, aniž by se snížili jejich funkční vlastnosti a životnost
- podpora aktivity v oblasti výzkumu recyklačních materiálů a technických zařízení pro jejich zpracování
- rozšíření používání recyklovatelných materiálů v praxi
- zvýšení životnosti a trvanlivosti konstrukcí

Posouzení životního cyklu v rámci trvale udržitelného rozvoje probíhá pomocí metody Life Cycle Assessment (dále jen LCA), která zhodnocuje environmentální zátěže produktů či služeb během jejich životního cyklu. Jedná se o především o emise, které jsou produkovány při výrobě, použití a odstraňování produktů. Prostřednictvím metody LCA lze určit možné dopady na životní prostředí výrobního systému během celého životního cyklu a zároveň i vyhodnotit stádium recyklace a její dopad na životní prostředí během jejího životního cyklu.

I při procesu recyklace je spotřebovávána energie a v jisté míře znečišťováno životní prostředí. Proces musí být hlídán a pozorován, díky tomu je možné snížit představované nebezpečí pro životní prostředí na minimum.

Stavební materiály a konstrukce jsou vyráběny s ohledem na neobnovitelné a obnovitelné zdroje. Přednostně jsou využívány zdroje obnovitelné z recyklovatelného materiálu. Současně je zhodnocováno jejich využití a způsob odstranění po dožití, tak aby se použité materiály a konstrukce z velké části mohly recyklovat. [10]

4.1. Environmentální parametry

Environmentální parametry jsou obecná kritéria pro stanovení kvality stavebních materiálů, které lze hodnotit dle požadavků:

Environmentální parametry

- svázaná spotřeba energie
- svázané emise CO₂
- svázané emise SO₂
- vlastní hmotnost

Materiály na vstupu – zdroje pro výrobu materiálů

- obnovitelné přírodní zdroje
- neobnovitelné přírodní zdroje
- recyklované materiály

Materiály na výstupu – demolice, možnost využití materiálů po dožití konstrukce

- úplně recyklovatelný
- částečně recyklovatelný
- nerecyklovatelný

Podle těchto kritérií, lze zhodnotit environmentální kvalitu stavebních konstrukcí, skladeb i celých budov. Zároveň by při tom měli být dodrženy i základní principy:

- použití materiálů s minimálními hodnotami svázané spotřeby energie, svázaných emisí CO₂ a SO₂, nižší vlastní hmotností, snižujících nároky na dopravu
- plnohodnotné využití obnovitelných zdrojů a recyklovatelných materiálů
- navržení konstrukcí tak, aby byla umožněna separovatelnost jednotlivých materiálů a jejich plnohodnotná recyklace

Materiálové řešení objektu, lze navrhnout tak, aby odpovídalo výše zmíněným principům a požadavkům. Řadu stavebních materiálů je možno zaměnit za méně obvyklé materiály, které mohou výrazně vylepšit environmentální kvalitu celé budovy.

[14]

5. Legislativa

Legislativa České republiky o správném nakládání odpadů je zaznamenána Ministerstvem životního prostředí.

Pojem odpad se v legislativě upravuje §3 Zákoně o odpadech č. 185/2001 Sb. Ten stanovuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany zdraví člověka a trvale užitelného rozvoje, práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy. [2]

5.1. Základní dokumenty pro nakládání se stavebními odpady

Jak zacházet se stavebním odpadem, který mohl vzniknout při výrobě materiálu, rekonstrukci či demolici udávají platné zákony, vyhlášky a nařízení vztahující se k odpadovému hospodářství. Níže je uveden seznam základních dokumentů pro nakládání se stavebními odpady.

: Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a právní předpisy vydané k jeho provedení

: Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů

: Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

: nařízení vlády 352/2014 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015-2024

: vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů

: vyhláška č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů

: vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

: vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

: Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí Vzorkování odpadů, Věstník MŽP, ročník XI, částka 5, květen 2001

: Metodický pokyn odboru odpadů Ministerstva životního prostředí k hodnocení vyluhovatelnosti odpadů, Věstník Ministerstva životního prostředí, ročník XII, částka 12, prosinec 2002. [3], [4]

5.1.1. Katalog odpadů

Původce i oprávněná osoba, která nakládá s odpady jsou povinni odpad zařadit dle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech pod katalogová čísla, která jsou stanovena ve vyhlášce č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů. Odpady se zařazují pod šestimístná katalogová čísla druhů, v nichž první dvojčíslí označuje skupinu, druhé dvojčíslí značí podskupinu a třetí dvojčíslí druh odpadu.

Mohou nastat i případy, kdy nelze odpad zařadit podle Katalogu odpadů, v tomto případě zařadí odpad ministerstvo na návrh příslušného obecního úřadu obce s rozšířenou působností. V Katalogu odpadů je evidováno celkem 20 skupin, rozdělených podle původu.

Stavební a demoliční odpady včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst jsou evidovány pod katalogovým číslem 17. Ty jsou dále rozlišovány:

- 17 01 Beton, cihly, tašky a keramické výrobky
- 17 02 Dřevo, sklo a plasty
- 17 03 Asfaltové směsi, dehet a dehtové výrobky
- 17 04 Kovy a jejich slitiny
- 17 05 Zemina, kamení a vytěžená hornina
- 17 06 Izolační materiály a stavební s obsahem azbestu
- 17 07 Stavební materiály na bázi sádry
- 17 08 Jiné stavební a demoliční odpady

Nebezpečné odpady jsou v Katalogu odpadů označeny symbolem „*“. Mezi nebezpečné odpady jsou řazeny ty odpady, které vykazují nebezpečnou vlastnost nebo jsou smíšeny či znečištěny složkou, která je uvedena v seznamu nebezpečných odpadů v Katalogu odpadů. Pro evidenci jsou nebezpečné odpady podle Katalogu odpadů označeny “N” a odpady ostatní se označeny jako “O”. [5]

5.2. Základní pojmy

Stavební a demoliční odpad – odpad, který vznikne ve výrobnách přímo při výrobě materiálů, na stavbě při stavební činnosti a převážná část vznikne při odstraňování občanských a průmyslových staveb. Mezi stavby patří, nejen budovy ale i silnice, cesty, železnice, vodní stavby apod. [6]

Odpad – je každá movitá věc, které se osoba chce zbavit či má povinnost zbavit se jí.

Odpadové hospodářství – činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady, na místo, kde jsou odpady uloženy a spadá sem i kontrola těchto činností.

Nebezpečný odpad – odpad, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů.

Nakládání s odpady – lze chápat jako přepravu, sběr, skladování, úpravu, využití, odstranění, obchodování a shromažďování.

Zařízení – se rozumí technické místo, stavba nebo část stavby.

Skládka – zařízení provozované za účelem odstraňování vlastních odpadů nebo určené ke skladování odpadů.

Recyklace odpadů – způsob využití odpadů. Odpad je znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, které mají být znovu použity pro původní nebo jiné účely.

Opětovné použití – postupy, kterými jsou výrobky, které nejsou odpadem znovu použity ke stejnému účelu, ke kterému byly určeny původně.

Využití odpadů – činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu, a i v zařízení určeném k využití odpadů.

Úprava odpadů – činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem zjednodušení jejich dopravy, využití, odstraňování či snižování jejich objemu a jejich nebezpečných vlastností. U stavebních odpadů se jedná zejména o drcení a třídění na jednotlivé velikostní frakce jejichž materiálový výstup z úpravny je nazýván jako recyklát.

Shromažďování odpadů – krátkodobé shromažďování odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady.

Odstranění odpadů – činnost, jejímž výsledkem není využití odpadů, a to i v případě znovuzískání druhotné suroviny.

Zpracování odpadů – využití nebo odstranění odpadů včetně přípravy odpadů před využitím či odstraněním.

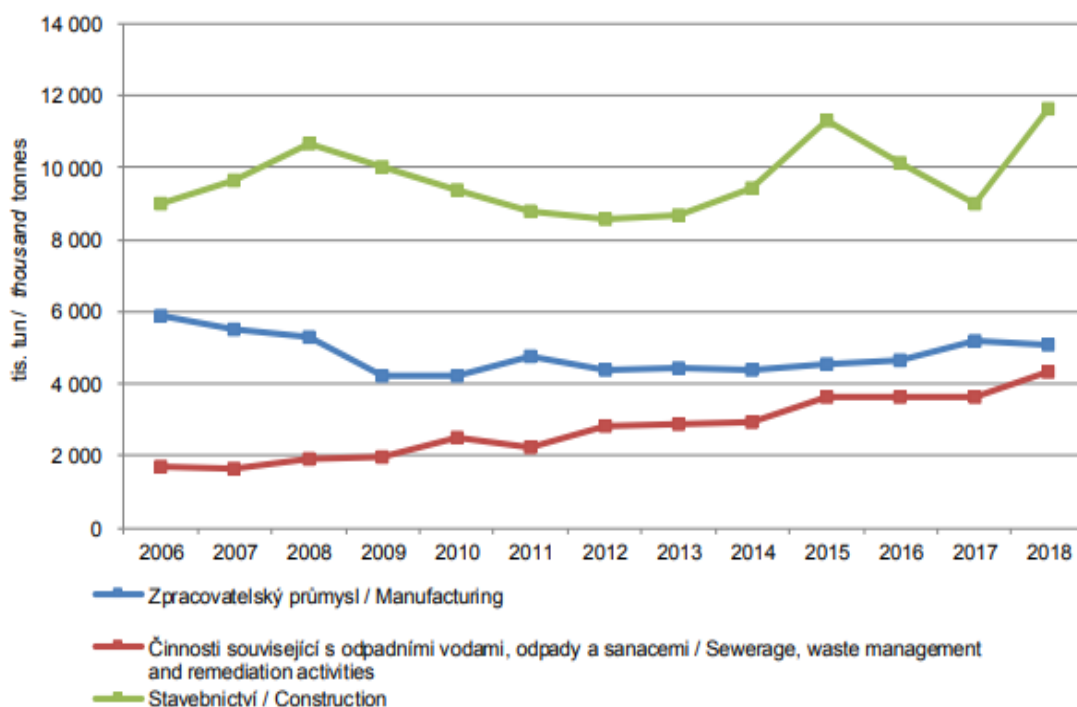
Oprávněná osoba – každá osoba, která je oprávněna nakládat s odpady podle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech nebo podle zvláštních právních předpisů.

Původce odpadů – fyzická nebo právnická osoba oprávněná k podnikání, při jejichž činnosti vznikají odpady a dále obec, od okamžiku, kdy nepodnikající fyzická osoba odloží odpad na místě k tomu určeném. Obec se tak současně stane i vlastníkem odpadu. [2] [24]

6. Vznik stavebního odpadu

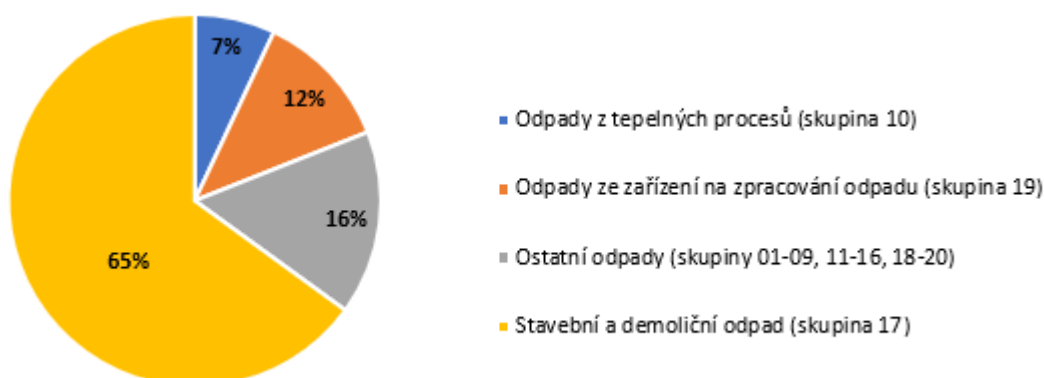
Stavební a demoliční odpad vzniká lidským jednáním při výrobní či nevýrobní činnosti. Pokud původce nedokáže tuto druhotnou surovinu při své činnosti dále využít, nazývá ji odpadem. Životní cyklus stavebních odpadů tak vzniká již při těžbě surovin, jejich zpracováním na výrobek, který je následně použit při výstavbě a jeho užíváním, které po dožití končí demolicí.

V České republice je produkován převážně stavební a demoliční odpad, jak je patrné z grafu č. 1.



Graf 1: Vývoj produkce odpadu od roku 2006 až 2018 (Český statistický úřad, 2018).

Z grafu č. 2 lze vyčíst, že z celkové produkce odpadů v České republice představuje 65% stavební a demoliční odpad.



Graf 2: Produkce odpadu podle druhu odpadu 2018 (Český statistický úřad, 2018)

Uvádí se, že až 98 % tohoto vyprodukovaného odpadu se dále využívá. Jedná se zejména o jejich roztřídění, úpravy a znovuvyužití ve výrobě nebo na stavbách.

Mezi stavební odpad se řadí několik druhů odpadů. Při výstavbě nebo rekonstrukci lze pozorovat mezi odpadem keramické a pórobetonové tvárnice, omítky, beton, cihly, dřevo, sádkarton, sklo, plasty, kovový materiál, izolační materiál, zeminu apod. Může se zde objevit i nebezpečný odpad například jako příměs k některému výše zmíněnému odpadu. Příkladem nebezpečného odpadu ve stavitelství může být azbest nebo výrobky, které jsou znečištěny nebezpečnými látkami od barev, těsnících hmot a olejů. [7] [20] [24] [37]

6.1. Demolice budov

Pojem demolice je vlastně protiklad ke konstrukci, tedy bourání budov a ostatních staveb. V minulosti patřilo mezi běžné metody bourání staveb ručně nebo taháním lany a demolice větších budov tak mohla zabrat měsíce. Postupným vývojem a zdokonalováním prošel demoliční průmysl transformací, byly vyvinuty demoliční metody a techniky, jako například demoliční koule či výbušniny. [28]

My se dnes při odstraňování staveb řídíme zákonem č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), který ukládá podmínky, za kterých se může stavba odstranit. Podle zákona musíme záměr o odstranění budovy ohlásit na příslušný stavební úřad. Je-li ohlášení úplné, stavební úřad vydá souhlas s odstraněním budovy do 30 dnů ode dne podání hlášení. [8]

Dalšími příslušnými ustanoveními, kterými je nutné se řídit při bouracích prací a ostatních stavebních prací je zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích.

Při bouracích prací je nutno dodržet několik základních zásad, které je třeba respektovat. Níže uvedené požadavky jsou pouze ukázkami jednotlivých bezpečnostních předpisů například:

- Pro provádění demoličních prací je nutné nejprve zpracovat dokumentaci bouracích prací a řídit se dle technologického postupu, který je v dokumentaci popsán.
- Než dojde k zahájení demoličních prací, je důležité objekt řádně označit a odpojit od inženýrských sítí, mezi které patří elektroinstalace, vodovod, kanalizace, plynovod atd. Ty se dále zajistí proti použití, zbylé inženýrské sítě, které nebudou demolicí dotčeny musí být ochráněny.
- Demolice pro provádí po jednotlivých podlažích shora dolů, a to s maximální opatrností. V první řadě se bourají vnitřní konstrukce, pak obvodové stěny.
- U bourání nebezpečných částí konstrukce, jako například bourání kleneb, nesmějí být práce zadávány úkolové mzdě.
- V průběhu demoličních prací je důležité sledovat ostatní konstrukce. Pokud se objeví závada, musí se provést příslušné zajištění. Zároveň platí, že musí být staticky zajištěny všechny sousední stavby, aby se tak neohrozila jejich stabilita.
- Vybouraný odpad je nutno postupně odstraňovat, aby nedocházelo k přetížení stropů. A musí být skladován tak, aby neomezoval průběh demoličních prací.
- Průběh bouracích prací musí být hlídán tak, aby nedocházelo k obtěžování okolí, např. zvýšenou prašností a vibracemi. [9]

6.2. Černé skládky

Černé skládky jsou výrazem pro odpad, který není legálně uložen. Většinou se takové skládky nacházejí na okraji cesty před vstupem do lesa nebo u odlehlých cest. Těmito skládkami lidé ničí okolí, ale především životní prostředí. Jak nebezpečná je černá skládka pro životní prostředí závisí na vlastnostech odpadu, který je na ní

uložen. Od toho se dále odvíjí vzdálenost od vodních toků, nádrží a podzemních vod, které mohou být kontaminovány. Černými skládkami je narušen také ekosystém a přírodní biokoridory.

Nelegálně uložený odpad je trestán pokutou, která i tak, není dostatečně odstrašující. Přitom se po celé republice nachází spousta recyklačních center a sběrných dvorů, na které může být odpad uložen fyzickou i právnickou osobou.

Černá skládka, která nebyla nikým povolena, může být odstraněna pouze na náklady vlastníka pozemku. [10]



Obr. 2: Nelegální skládka na Vyškovsku (www.vyskovsky.denik.cz foto Eva Míčová, 2020)



Obr. 3: Nelegální skládka na Chrudimsku (www.policie.cz upravil Maier, 2012).

7. Vývoj recyklace stavebního odpadu

Již od dávných dob jsou zaznamenány stavební činnosti, kdy se lidé vzhledem k technickým možnostem, snažili uspokojit své požadavky na obydlí. Přírodní materiály (např. dřevo, kámen, hlína), které byly primárně využívány se začali postupně vyvíjet se stále většími nároky vyvíjející se civilizace.

Zmínky o využívání materiálů, je možné spatřit již ve středověku, kdy docházelo k rozebírání materiálů z antických staveb. K vývoji recyklačních procesů, začalo docházet až po druhé světové válce. Mnoho zbouraných budov a zničených měst, vedlo lidi k myšlence znovuvyužití materiálů, tedy k recyklačním procesům. [10]

Recyklace stavebních a demoličních odpadů se v České republice rozvinula v druhé polovině devadesátých let minulého století a od té doby se stala nedílnou součástí stavební výroby. Je tedy předcházeno zbytečnému nárůstu objemu odpadů a procesem recyklace vznikají druhotné suroviny, které jsou oproti přírodním surovinám mnohdy levnější. [11], [12]

V roce 1991 vznikl v České republice první zákon o odpadech. Před tímto rokem nebylo legislativou nakládání s odpady nijak kontrolováno ani řízeno. V roce 2004 vstoupila Česká republika do Evropské unie a naše legislativa tím byla ovlivněna.

Využití stavebních odpadů v ostatních členských státech EU je odlišné, a to z důvodu zaměření národní surovinové politiky. Některé země EU mají omezenou produkci nerostných surovin jiné země EU mají naopak produkci nerostných surovin spojenou s vyšší daňovou sazbou. Recyklace stavebních odpadů je zde vyšší a dosahuje přes 90%. Jedná se především o země jako je Belgie, Holandsko, Dánsko, Norsko, Švýcarsko, Německo nebo Rakousko.

V zemích s dostatkem přírodních surovin je míra recyklace naopak velmi nízká, jsou to zejména jižní státy Evropy (Řecko, Itálie, Portugalsko).

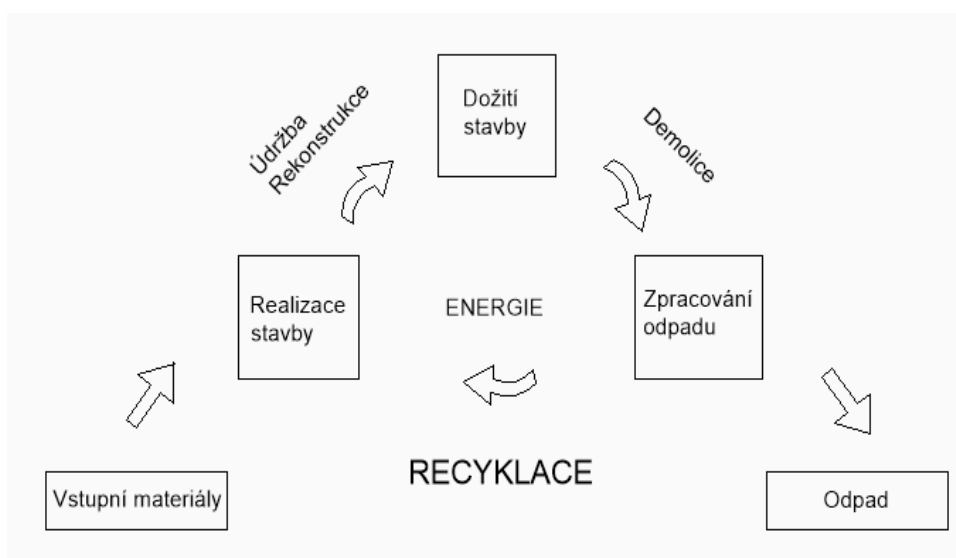
Česká republika ještě nedosahuje požadované úrovně recyklovaných stavebních odpadů. Velký nárůst byl u nás zaznamenán na počátku 90. let minulého století až do roku 2003. V letech 2004 až 2005, zájem o recyklaci naopak výrazně poklesl, důvod je přisuzován zvýšené těžbě stavebního kamene a šterkopísku. [10]

I neochota architektů navrhnout v projektech materiály z recyklovatelných surovin brání rozvoji České republiky. Proto se častěji setkáváme s používáním kvalitního recyklátu především u zahraničních investorů, kteří technologii již znají. [15]

8. Recyklace stavebního odpadu

Recyklace znamená znovuvyužití, znovuvvedení zpět do procesu. V užším slova smyslu, návrat materiálu k původnímu účelu nebo systému. Naopak z širšího hlediska lze říci, že pojetí recyklace představuje nové použití materiálu pro jiný účel a systém, než ve kterém vznikl. Stavební odpad obsahuje celou řadu surovin, díky kterým poskytuje spoustu možností jejich využití a při dodržení správného technologického postupu, lze teoreticky dospět i ke 100% navrácení použitého materiálu do další výroby.

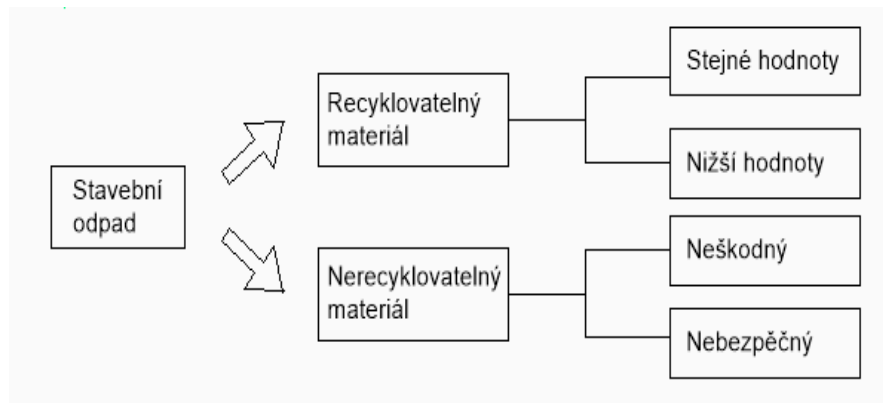
Vzniká nám, jakýsi uzavřený koloběh ze vstupních materiálů, materiálů použitých pro údržbu a materiálů získaných při demolici, které nekončí na skládkách, ale jsou znovu použity pro nové konstrukce.



Obr. 4: Uzavřený koloběh materiálů (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Pro správné zpracování a dosažení potřebné kvality zpracovaného recyklátu, je nutné stavební odpad před zpracováním roztřídit na vhodné a nevhodné neboli dle kategorie O (ostatní) a kategorie nebezpečné (N).

První třídění by mělo probíhat přímo na místě vzniku stavebního a demoličního odpadu. Materiál vyhodnocený jako vhodný může být buď stejné nebo nižší hodnoty jako původní materiál. Materiál nižší hodnoty je poté používán jako zásypový, např. do podkladní vrstvy vozovek. Odpad nevhodný k recyklování rozdělujeme na neškodný a nebezpečný. Tento nerecyklovatelný materiál poté končí na skládkách. [10] [37]



Obr. 5: Základní roztřídění stavebního odpadu (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Mezi výhody recyklace se považuje příznivý dopad na životní prostředí, a to hned z několika důvodů - snížení objemu odpadů, snížení míry využívání neobnovitelných zdrojů a tím snížení energetické náročnosti na jejich získávání, z ekonomického hlediska se šetří i náklady. Nevýhodu potom můžeme vnímat ve špatné kvalitě výstupního recyklátu, se kterou se pojí i finanční náročnost, která zahrnuje náklady na zpracování a dopravu. Dalším bodem, který se řadí mezi nevýhody, je velké množství stavebních a demoličních recyklátů, které zůstávají v recyklačních centrech a je velmi obtížné jejich uplatnění na stavebním trhu. Především se jedná o recykláty z cihelného zdiva a jejich směsí. To má za následek skladování velkého množství nevyužitého recyklátu v recyklačních centrech, jejichž provozovatelé jsou následně nuceni z kapacitních důvodů omezit svůj provoz a nepřijímat tak, nový stavební odpad.

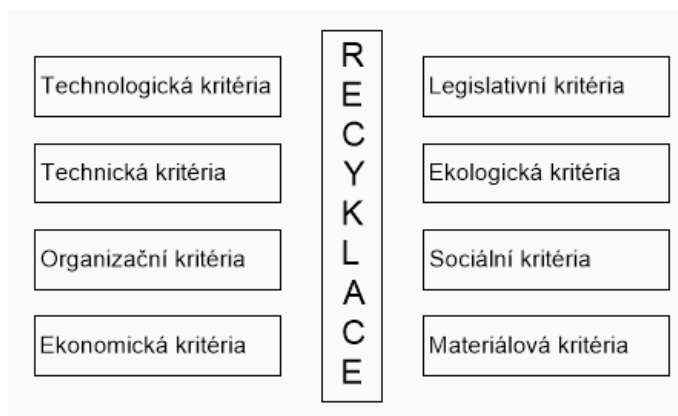
Recyklaci stavebního odpadu lze rozdělit podle:

- Druhu recyklovaných materiálů
 - Betony a železobetony
 - Stavební suť
 - Dřevní odpady
 - Asfaltové směsi
 - Zeminy atd.
- Typu zakázky
 - deponie obsluhované mobilními resp. semimobilními recyklačními linkami
 - stabilní recyklační centra s mobilními či semimobilními recyklačními linkami
 - mobilní recyklace probíhající přímo u zákazníka

- Použitých strojů
 - Třídíče
 - Drtiče
 - Kombinované linky
 - Štěpkovací stroje atd. [16] [18] [25]

8.1. Kritéria ovlivňující proces recyklace

Je třeba si uvědomit, že proces recyklace není jen o zpracování stavebního odpadu, ale také o vzniku druhotné suroviny a jejím uplatnění na trhu. Proto nelze opomíjet celou řadu faktorů, která ovlivňují proces recyklace, kvalitu vzniklého recyklátu, zhodnocení recyklátu, jeho následné využití a uvažovat s nimi.



Obr. 6: Kritéria ovlivňující proces recyklace (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Technologická kritéria – kritéria, která jsou dána znalostí o možnostech zpracování stavebního odpadu, technických zařízení a využití recyklátu. Proto špatně zvolený technologický postup nebo zbytečně nevyužitá druhotná surovina má za následek omezenou recyklaci nikoliv její vývojový posun.

Technická kritéria – jsou podloženy technickými normami, které musí být dodrženy. Především se jedná o chemické, fyzikální a technické parametry. Mezi technická kritéria lze zařadit kritéria bezpečnosti, použitelnosti a trvanlivosti.

Organizační kritéria – zahrnují vzájemně na sebe navazující etapy od nakládání odpadu, dopravu do recyklačního zařízení a následné uložení odpadu. Etapy by na sebe měly plynule navazovat, pokud možno bez velkých časových prostojů, jelikož se od nich odvíjí výsledná kvalita recyklátu.

Ekonomické aspekty – patří mezi nejzákladnější kritéria, neboť proces recyklace je finančně náročný. Cena druhotných surovin je odvíjena od užitných vlastností prvotního vstupního materiálu a odpadu. A právě pro uplatnění na trhu a zvýšení poptávky po druhotné surovině by cena měla být výrazně nižší než cena prvotní suroviny, při zachování požadované minimální kvality. Pro dodržení této zásady je třeba dodržet dostatečný zdroj odpadu v ekonomicky rozsáhlém území, výběr správných technologických zařízení pro recyklaci, odbyt recyklovaných materiálů, udržení kvalitních vlastností recyklátů, vhodné území na umístění recyklační linky. Právě umístění recyklační linky zvyšuje výslednou cenu recyklátu, do které se musí promítnout i náklady na dopravu. Za ideální vzdálenost se považuje maximálně vzdálenost do 30 km.

Ekologická kritéria – zaměřují se hlídání recyklačních procesů, které by mohli mít negativní vliv na životní prostředí. A protože recyklace má pomáhat při ochraně životního prostředí a trvale udržitelných zdrojů nesmí mít opačný účinek a naše prostředí zatěžovat. Environmentální analýzou jsou sledovány hodnoty CO₂ a SO₂.

Legislativní kritéria – současná legislativa nepodporuje recyklační principy. Nejsou vyhotoveny normy a předpisy, které by definovaly kvalitu recyklátů, způsob nakládání s recykláty a jejich uplatnění. Výjimku tvoří normy pro výrobu malt, betonů a kameniva.

V ostatních zemích EU je snížena sazba daní pro skládkování. Vizí Evropské unie je, aby se Evropa stala recyklační společností, která bude čerpat zdroje z odpadů a tím bude předcházet jejich vzniku.

Materiálová kritéria – odvíjejí se od vstupních odpadních materiálů. A jejich regulace je náročná na organizaci i provoz funkčních parametrů, protože zařízení třídí a zpracovává vstupní různorodý materiál, většinou z několika demolic najednou.

Vyšší variabilita vlastností recyklovaného materiálu je způsobena

- : druhovou různorodostí odpadu
- : rozdílnou velikostí zrna
- : nedrtitelnými materiály, např. ocelová výztuž
- : znečištěním odpadu (chemické, mechanické)

Sociální kritéria – hodnotí recyklační principy z hlediska vlivu společnosti. Jsou dána především rozdílným rozhodováním a přístupem k recyklační činnosti mezi jednotlivými zeměmi, organizacemi a úřady.

8.2. Technologie recyklace

Proces recyklace stavebních a demoličních odpadů není snadnou záležitostí. Vyžaduje kvalitní technologie, se kterými je spojena náročná legislativa a logistika. [19] S odpadem je nakládáno podle jeho dalšího využití, ať už z hlediska fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností. Zhodnocení odpadu probíhá podle základních principů:

- energetické – získávání energie při přeměně odpadu
- materiálové – k výrobě nového produktu je využíván materiál recyklovaný [10]

Aby byla dodržena kvalita produkovaného recyklátu a celková efektivnost procesu, je třeba si uvědomit závislost určitých faktorů, které na celý proces dopadají. Jedná se především o kvalitu demoličních prací, třídění materiálu, použití vhodné technologie recyklace, zabezpečení celkového chodu recyklačního procesu, s čím je spojena i organizace práce, doprava materiálu a jeho skladování. [16]

Recyklaci ve stavebním procesu rozlišujeme podle využívání odpadu na primární, sekundární a terciární. Z pohledu umístění výroby rozdělujeme technologie recyklace na dva základní provozní systémy, a to recyklace off situ a in situ. [10]

8.2.1. Primární

Jedná se o technologicky uzavřený cyklus. Odpad, který je vyprodukován, je znovu použit ke stejné nebo podobné výrobě. Nový výrobek nebo surovina, tak získá stejné nebo podobné vlastnosti jako výrobek původní. Do procesu se tak mohou vracet buď neupravené nebo částečně upravené. Tento postup se využívá přímo na místě vzniku odpadu a lze ho nazvat jako bezodpadový či maloodpadový.

8.2.2. Sekundární

Proces, při kterém jsou z odlišných technologií využívány odpadní látky. Ty jsou poté přeměněny na výrobek s odlišnými vlastnostmi od původního materiálu. [10] [21]

8.2.3. Terciární

Je využíván u spotřebovaných výrobků, které mají ukončený životní cyklus. Proces vyžaduje přeměnu chemické struktury materiálu, přičemž může být využit i tepelný obsah odpadu. Látky jsou pak použity k výrobě původního materiálu. Tato technologie je nejrozšířenější a používá se při přeměně kovů, plastů, skla a stavebního a demoličního odpadu. [10]

8.2.4. Recyklace off situ

Recyklace je prováděna mimo místa výkonu stavebních, rekonstrukčních či bouracích prací, tedy mimo místa vzniku odpadu. Je provozována pomocí stacionárních recyklačních linek v recyklačním závodě. Recyklační závod je umístěn v dostatečné vzdálenosti od obytné zóny, která je tím ochráněna před nadměrným hlukem a prachem. Zároveň nesmí být opomenuto, že naopak velká vzdálenost od centra zvyšuje náklady na dopravu. Je tedy důležité zvolit správnou polohu stacionární úpravny. Stacionární úpravny se vyznačují vysokým výkonem a kvalitou recyklátů, aby byl tento výkon dostatečně využit, musí být zajištěn neustálý přísun materiálů. [10] [17]

Stacionární recyklační linka je složité a technicky náročné zařízení. Jde o systém strojů navazujících v procesu na sebe. Postupně tak dojde k drcení, separování a třídění stavebních odpadů. Na řadu nejprve přijde tzv. čelistový primární drtič, jehož úkolem je rozdrtit velké kusy odpadů. Hned za ním je odlučovač železa, ten rozdrťí zbytky železa, které v odpadu zbyly. Následuje magnetický separátor pro odstranění posledních zbytků železa. Je možné použít i vodní separátor pro odstranění malých prachových částic a nežádoucích příměsí. Výsledkem je vysoce kvalitní granulát, který se rozdělí podle různých velikostí.

Jejich nevýhodou jsou vysoké pořizovací a provozní náklady. Na druhou stranu, výhodou těchto linek je zpracování většího objemu stavebního a demoličního odpadu. [19] [37]



Obr. 7: Stacionární recyklační linka (www.tstsw.cz).

8.2.5. Recyklace in situ

In situ recyklace je prováděna přímo v místě stavebních a bouracích prací. V místě vzniku odpadu. Recyklace je prováděna pomocí mobilních recyklačních linek, které jak už jejich název napovídá jsou snadno přemístitelné. Princip je založen na možnosti výběru prostoru, kde dojde ke zpracování odpadu. Jdou využívány prostory firmy, která recyklační odpad přímo zpracuje nebo volné prostory mimo sídlo firmy. Podmínkou pro jejich použití je zajištění dostatečného prostoru pro skladování, zpracování a následného využití stavebního odpadu. Uvádí se, že je v České republice až 35% z celkového nahlášeného stavebního a demoličního odpadu zpracováváno prostřednictvím mobilních linek.

Mobilní linky mají schopnost zpracovávat i malé množství recyklátu, avšak na úkor nižší kvality výsledného recyklátu. Výhodou, kterou mobilní linky představují je rychlost a jednoduchost instalace strojů a zařízení, nenáročnost obsluhy, nižší pořizovací náklady, nižší poplatky za likvidaci a skládkování a možnost využití výsledného recyklátu přímo na stavbě.

Nevýhodou je obtížná kontrola vzniklého recyklátu, vyšší provozní náklady, nedostatečné využití vyrobeného recyklátu, který tím pádem zůstane na stavbě a je potřeba zajistit jeho odvoz. Obtížné je i zajištění okolního prostoru proti hluku, prašnosti a vůbec celkového záboru. [10] [17] [18] [19] [37]



Obr. 8 a 9: Mobilní recyklační linka (www.h-intes.cz).

Mobilní linky se při vykonávání své práce pohybují, mohou se tak snadno a rychle přepravit pomocí podvozku. Podle druhu použitého podvozku je můžeme dále rozdělit na mobilní linky s pásovým podvozkem či mobilní linky s kolovým podvozkem.

Lze sem zařadit i semimobilní recyklační zařízení, tyto linky při práci stojí, ale je rovněž možno je snadno a rychle přemístit. Tyto linky lze rozdělit na:

- : klasické, které se přemísťují pomocí vlaku nebo nákladních vozidel
- : kontejnerové, které se díky ližinám a hydraulickým hákem mohou naložit na nákladní automobil a přemístit
- : samozdvížené, které se pomocí hydraulických podpěr zvednou nad přepravní prostředek [10] [22]

8.3. Metody recyklace

V procesu recyklace platí pravidlo, že kvalita materiálu se rovná kvalitě demoličních prací, tedy řádnému roztřídění materiálu. Jedná se o soubor na sebe navzájem navazujících procesů a postupů prací, jejichž úkolem je přeměnit vstupní materiál na druhotnou surovinu.

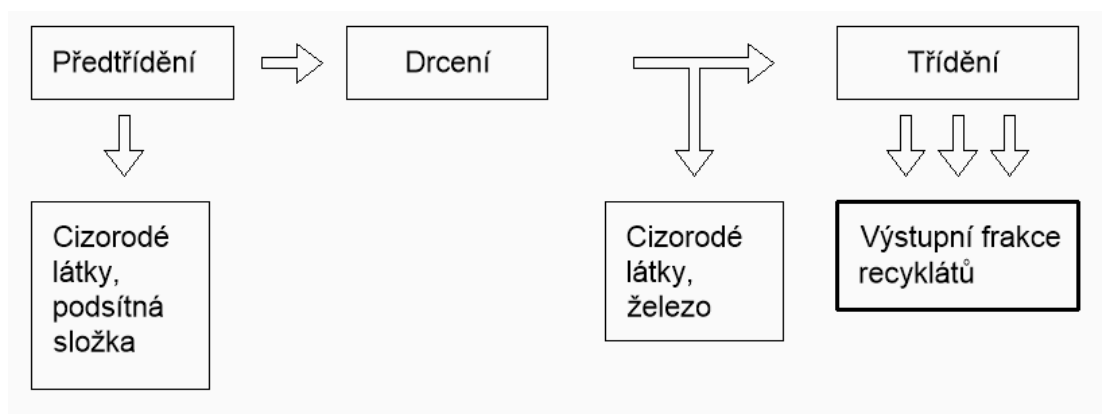
Proces recyklace by měl tedy obsahovat tyto na sebe navazující kroky:

- průzkum stavby určené k demolici
- ihned po demolici je oddělen nebezpečný odpad
- odstranění stavebního objektu
- kontrola kvality vstupního materiálu
- předtřídění podle druhu odpadu, který je určen k recyklaci
- odstranění nebezpečných a cizorodých materiálů

- přímý proces recyklace – drcení a mletí
- rozřídění recyklátu na jednotlivé frakce
- uskladnění recyklátu
- zkoumání fyzikálně-chemických vlastností recyklátu
- určení využití recyklátu
- uplatnění recyklátu [10] [22]

Mezi základní rozdělení, bez kterých by se recyklace jen těžko mohla uskutečnit jsou operace předtřídění – drcení – následné třídění. K této trojici se zvažuje ještě přidat operace na separaci prachových částic. V některých zemích Evropské unie je tento proces již zcela běžná činnost. A s postupnou certifikací některých recyklátů, bude i u nás tato operace nezbytná.

Materiál je dále drcen na menší kousky a rozříděn podle frakce tak, aby bylo jednodušší druhotnou surovinu využít a nahradit surovinu prvotní.

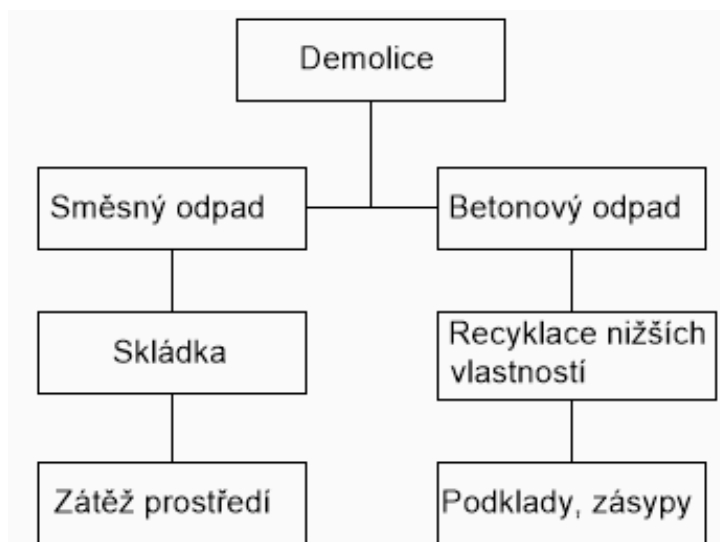


Obr. 10: Schéma základní konfigurace recyklačního postupu (www.arism.cz).

V České republice i ve světě funguje několik firem, které se řídí jen z části dle tohoto základního schématu, který je zobrazen na obr. 1. Jedná se například o provozovny třídících zařízení bez drtiče nebo naopak – provozování samostatného drtiče bez předtřídění a následného třídění. Tento způsob vede provozovny zejména ke snížení provozních nákladů na minimum. [4]

8.4. Recyklace sestupného typu

Tento proces recyklace je jedním ze dvou typů zpracování betonu. Je znám také pod pojmem „down-cycling“. Principem tohoto procesu je, že výsledný materiál je použit v dalším cyklu recyklace, ale jako materiál s nižšími užitkovými vlastnostmi. Recyklace sestupného typu patří mezi nejrozšířenější, nejen u nás ale i ve světě.

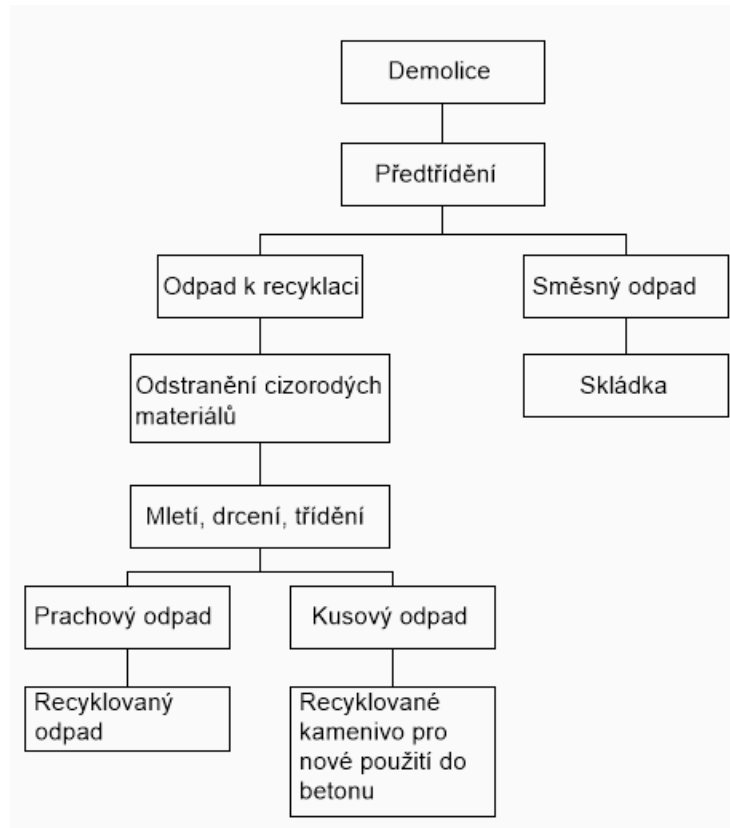


Obr. 11: Schéma recyklace sestupného typu (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

8.5. Recyklace vzestupného typu

Recyklace vzestupná je druhým typem pro zpracování betonu, označovaná také jako „up-cycling“. Proces je obtížnější na technologické vybavení a energii, ale výsledným produktem je plně recyklovatelný materiál se stejnými nebo lepšími vlastnostmi. Výsledný recyklát tak může sloužit mnohem déle.

Důvodem zhoršených vlastností je vrstva cementového tmelu, která zůstává na povrchu zrn recyklovaného kameniva výsledného produktu. Pro zlepšení vlastností materiálu musí být tato vrstva odstraněna např. obrušováním.



Obr. 12: Schéma recyklace vzestupného typu (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Pro návrh betonových směsí je podíl prachových částic nevhodný, ale zkoumáním se zjistilo, že chemické složení těchto prachových částic je stejné jako surovina pro výpal portlandského slínku, a tudíž se může používat při výrobě cementu. [10] [23]

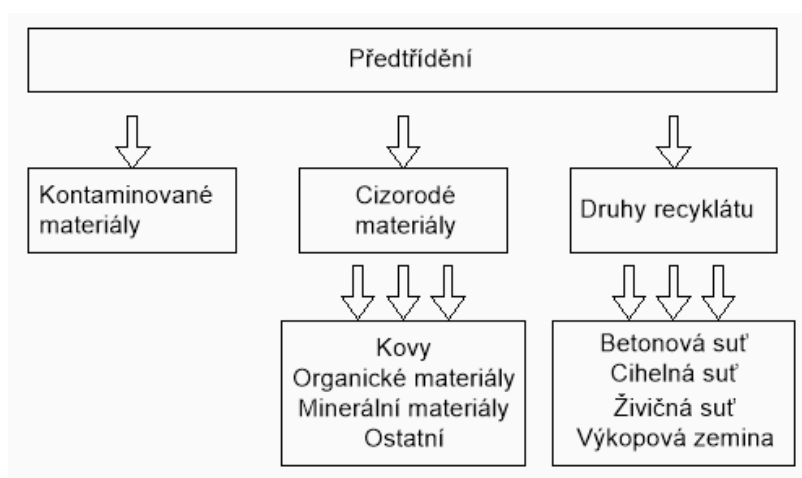
8.6. Předtřídění

Z ekonomického hlediska by předtřídění mělo probíhat při demoličních pracích přímo na stavbě než po celkové demolici, je to účinnější a levnější. Zamezí se tak smíchání různých odpadních materiálů. Avšak s rostoucí rozmanitostí materiálů, které se používají, roste i složitost nakládání s odpady.

I při předtřídění je nutné dodržovat postup prací, tedy oddělit kontaminované materiály od nekontaminovaných, oddělit cizorodé materiály od materiálů, které jsou určeny k recyklaci (minerální suť) a následně roztřídit jednotlivé druhy recyklátů. Železné armatury a další nečistoty s příměsí železa jsou odděleny pomocí magnetického separátoru.

Separované materiály by se měli uchovávat v oddělených kontejnerech. Podle druhu takto oddělených materiálů se jedná o kovy, organické materiály (např. použité dřevo), minerální látky (např. malta, sádkartón), ostatní odpady, mezi kterými mohou být i odpady nebezpečné (např. nátěry, azbest, sklo, papír, lepenka, plasty). Minerální suť, která patří rovněž mezi materiály, které je potřeba oddělit patří tyto druhy:

- cihelná suť
- betonová suť
- živičná suť
- výkopová zemina [10]



Obr. 12: Schéma recyklace vzestupného typu (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

8.7. Drcení

Fáze drcení je dalším krokem, který následuje po přetřídění. Je to proces, při kterém dojde k mechanickému rozpojování. Působením vnějších sil, jako je tlak nebo kombinace tlaku se smykem nebo rázovou energií je stavební odpad zmenšován na užitečnou velikost recyklátu. Výstupní velikost recyklátu se pohybuje od 2 do 100 mm, u čelistového drtiče až 500 mm. Avšak maximální velikost vstupního zrna je až 1500 mm.

Pro vhodnou volbu drtícího zařízení je třeba znát vlastnosti materiálu, mezi které patří fyzikální (křehkost, tvrdost), budoucí využití odpadu, požadovaná vlastnost upraveného odpadu. S tímto zjištěním, lze zvolit odpovídající technologii pro změnu velikosti stavebního odpadu.

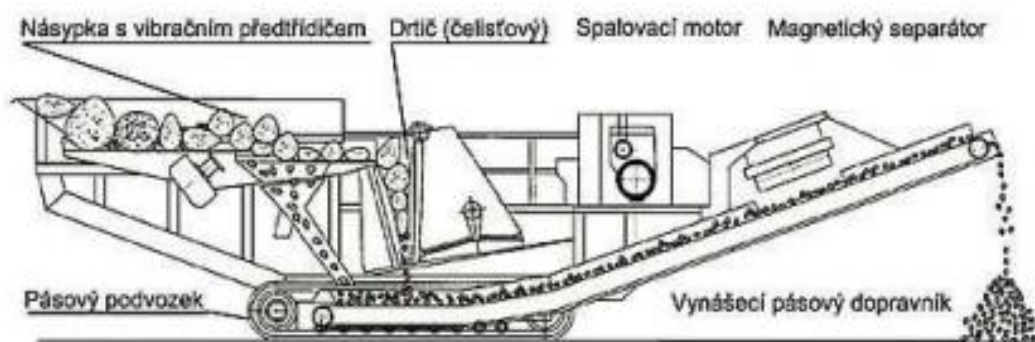
Uplatnění u nás našli nejvíce drtiče čelistové, odrazové a kuželové. Méně používané jsou potom kladivové a válcové drtiče.

Čelistový drtič

Je tvořen pevnou a pohyblivou čelistí, která tlakem, lámáním nebo také roztíráním drtí tvrdé a křehké materiály. Čelistové drtiče můžeme rozdělit na jednovzpěrné a dvouzpěrné. Kdy jednovzpěrné mají vyšší stupeň zdrobnění a lepší tvarovou hodnotu zrn. Dvouzpěrné mohou drtit extrémně tvrdý materiál.

Výhodou čelistových drtičů je menší prašnost, hlučnost, opotřebitelnost čelistí drtiče, snadná drtitelnost materiálů, vysoký výkon, levnější zpracování a dlouhá životnost. K nevýhodám se řadí horší drtitelnost houževnatých materiálů, tvarový index výstupních zrn a nekubičnost výstupní frakce.

Bývají používány jako primární drtiče, které podrtí materiál na finální produkt nebo ho předrtí pro další úroveň drcení. Jedná se o robustní konstrukce pracující v obtížných podmínkách.



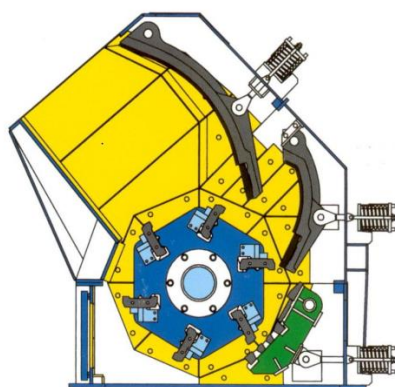
Obr. 13: Schéma mobilního čelistového drtiče na pásovém podvozku (Škopán Miroslav, 2007).

Odrázový drtič

Konstrukčně je drtič tvořen ocelovou komorou, kde na vnitřní části jsou osazeny pancéřové, otěruvzdorné odrazové desky. Na rotoru jsou potom umístěna kladiva nebo drtící lišty. Pomocí těchto kladiv a drtících lišt je vlivem dynamického úderu materiál rozdrčen v místě jeho trhlin a dalších narušení a způsobí změnu velikosti zrn.

Výhodou odrazových drtičů je schopnost tvořit kubická zrna (výborný tvarový index zrn), vysoký výkon, velký stupeň zdrobnění, jednoduchá obsluha a údržba. Odlišnost, kterou má odrazový drtič oproti čelistovému a kuželovému, je v jeho drtící technologii. Díky ní, se zrna po nárazu rozštěpí v místě jejich narušení, tedy puklin a prasklin. Z tohoto důvodu vzniká velmi kvalitní produkt s výborným tvarovým indexem.

Nevýhodou je zvýšené opotřebení odrazových lišt a vysoká cena. Dále jejich vysoká prašnost a hlučnost.

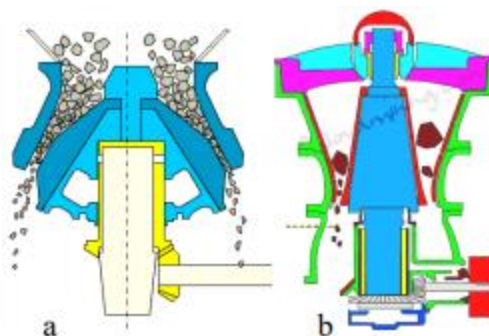


Obr. 14: Řez odrazovým drtičem (Turčinek Andrej, 2017).

Kuželové drtiče

Kuželové drtiče jsou konstrukčně tvořeny otáčejícím se drtícím kuželem a nepohyblivým drtícím pláštěm. Pohyb drtiče je současně kývavý a krouživý, dochází tak k přibližování a vzdalování se od drtícího pláště. Jejich použití je spíše výjimečné, protože se v praxi moc neosvědčili, ale používali se převážně pro drcení tvrdých, abrazivních, nelepivých materiálů, bez příměsí lepkavých částic.

Výhodou je jejich vysoká spolehlivost při provozu a snadná obsluha. Naopak nevýhodou je přilnutí měkkých materiálů na drtících částech.



Obr. 15: Řez kuželovým drtičem (www.fzp.ujep.cz, 2015).

Kladivové drtiče

Tento typ je používán k jemnému drcení měkkých a středně tvrdých nelepivých materiálů. Kladiva jsou umístěna na vodorovně upevněném rotoru, která při otáčení drtí kusy materiálu ve válcované dutině. Po rozpadu zrna propadnou na dno drtiče.



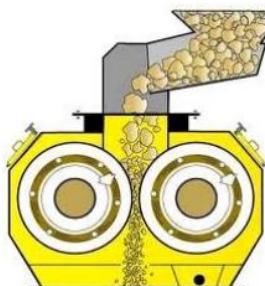
Obr. 16: Řez kladivovým drtičem (www.fzp.ujep.cz, 2015).

Válcový drtič

U tohoto drtiče rozlišujeme, zda je jednoválcový nebo dvouválcový. V případě dvouválcového drtiče tvoří dva proti sobě upevněné pohyblivé válce. Jejich povrch může být hladký, ale také rýhovaný. Hlavními výhodami je vysoký výkon, spolehlivost, nízké provozní náklady a jednoduchost obsluhy.

Velikost frakce se reguluje pomocí válců, jejich posunutím k sobě nebo od sebe.

[10] [22] [26]



Obr. 17: Řez válcovým drtičem (www.fzp.ujep.cz, 2015).

8.8. Třídění

Rozhodujícím procesem je třídění, které rozdělí podrcené části na upotřebitelné frakce s ohledem na jeho konečné uplatnění. Mezi nejběžnější frakce výstupních recyklátů patří frakce 0/8, 8/32, 0/32, 0/64 mm. Třídící linky bývají vybaveny vibračním třídícím, což je nejběžnější způsob řešení. Samotné třídění poté zajišťují kyvná plochá síta. Postupným vývojem se třídící linky rozvinuly i o část drtičů.

Nevýhodou při tomto procesu je vysoká prašnost, která vzniká při přesypu zrn z jednotlivých sít. Čím menší frakce, tím je větší prašnost.

Třídíče rozdělujeme podle oblasti na těžké hrubotřídíče, hrubotřídíče, třídíče pro meziperační třídění a třídíče pro finální třídění. Jejich dalším rozdělením je podle jejich

způsobu třídění, tedy třídění na nepohyblivém roštu nebo sítu, na pohyblivém roštu nebo sítu, nebo třídění pneumatické.

Dle provedení třídíčů rozlišujeme:

- třídíče mechanické pevné
- třídíče mechanické pohyblivé
- třídíče hydraulické
- třídíče pneumatické [10] [26] [27]

9. Druhy recyklátů stavebních odpadů a možnosti jejich využití

Na základě technických parametrů, škodlivosti na životní prostředí a zdraví člověka posuzujeme recykláty stavebních odpadů pro jejich další technologické zpracování na kvalitní výrobek.

Vlastnosti recyklátu se určují pomocí průkazních a kontrolních zkoušek podle platných norem. Jejich rozsah je vymezen dle použitého kameniva nebo dle jeho původu. Mezi základní požadavky na vlastnosti u recyklovaného kameniva, které jsou pomocí zkoušek prokazovány patří:

- Požadavky na geometrické vlastnosti
 - a. zrnitost
 - b. tvar zrn kameniva (tvarový index zrn)
 - c. procentní podíl ostrohranných a oblých zrn
 - d. obsah jemných částic
- Požadavky na fyzikální vlastnosti
 - a. odolnost proti drcení hrubého kameniva
 - b. odolnost hrubého kameniva proti otěru
 - c. objemová hmotnost zrn
 - d. nasákavost
- Trvanlivost

Normy umožňují použití recyklátů pouze za podmínek shodných s podmínkami pro přírodní suroviny. Je zřejmé, že recyklované materiály budou mít lehce odlišné vlastnosti než primární suroviny. U některých může být až obtížné splnění některých kritérií stanovených pro kamenivo.

Členění dle stavebního materiálu, ze kterého byl recyklát vyroben:

- betonový recyklát
- recyklát ze zdiva nebo betonových částic staveb
- asfaltový recyklát z podkladních vrstev vozovek
- recyklát z kameniva kolejového lože
- recyklát z hornin [10] [12] [29]

9.1. Betonový recyklát

Hlavním stavebním materiálem je beton, který patří i mezi nejpoužívanější ve světě. Jeho výroba má však několik negativních dopadů na životní prostředí a využívání neobnovitelných zdrojů, jako je voda a přírodní kamenivo. Z výzkumů a zkoušek bylo prokázáno, že lze úspěšně nahradit přírodní kamenivo kamenivem z recyklovaného stavebního odpadu. Zpracovaný recyklát, který obsahuje pouze drcený beton se nazývá betonový recyklát. [10] [30] [31]

Betonový recyklát dnes patří mezi velmi žádaný materiál, převážně z důvodu jeho nízké ceny oproti přírodnímu kamenivu. [10]

Pro úspěšné použití recyklátu v betonové směsi lze splněním základních vlastností. Fyzikální vlastnosti recyklátu ovlivňují poměr směsi betonu včetně jeho vlastností, mezi které patří tvar, struktura, měrná hmotnost, objemová hmotnost a objem pórů. Všechny tyto vlastnosti mají horší hodnoty než hodnoty přírodního kameniva a je to způsobeno zbytkem cementové malty a nečistot. I přes tyto nedostatky se recyklát používá do kvalitních typů betonů. [32]

Mezi vlastnosti betonového recyklátu patří:

- objemová hmotnost recyklátu se pohybuje mezi $2\,200\text{ kg/m}^3$ – $2\,400\text{ kg/m}^3$, což je o 10-15% nižší hodnota než u přírodního kameniva
- vyšší nasákavost zhruba o 5-10 %, právě z důvodu větší absorpce vody je betonový recyklát často považován za lehké kamenivo
- frakce o velikosti zrn 0/4 mm, které obsahují velké množství prachových částic jsou nevhodné pro opětovné použití do betonu. Aby se tento typ zrn mohl použít musí splnit alespoň 50 - ti% náhradu za přírodní drobné kamenivo
- betonový recyklát má nižší trvanlivost a mrazuvzdornost

Využití betonového recyklátu

Nejčastějším využitím betonového recyklátu je aplikace v podobě zásypového materiálu nebo v podkladních vrstvách vozovek, či ve formě různých podsypů při výstavbě silničních a železničních komunikací, parkovišť, protipovodňových hrází. Jsou využívány i při obsypech inženýrských sítí jako náhrada štěrkopísků nebo na lesní cesty.

Betonový recyklát se rovněž používá jako plnivo do betonů s nižšími pevnostními požadavky nebo jako plnivo asfaltových směsí. [10]



Obr. 18: Betonový recyklát (www.brnorecyklace.cz).

9.2. Cihelný recyklát

Obsahem cihelného recyklátu je z velké míry cihelné zdivo včetně zbytků částic maltového pojiva a omítkoviny. Získává se drcením a rozděljuje do několika frakcí. Mezi nejčastější frakce patří 0-16 mm, 16-32 mm a 32-80 mm. Kvalita výstupního cihelného kameniva je závislá na surovinách, které vstupují do výroby a zároveň na výrobním procesu. Velmi často se součástí toho recyklátu produkuje i jiný materiál, převážně se jedná o zeminu, čímž je výsledný recyklát označován za směsný.

Využití cihelného recyklátu

Tento recyklát nachází uplatnění podstatně širší, než je všeobecně známo a z hlediska množství zaujímá cihelná suť v recyklačních linkách v uplynulých několika letech první místo. I přesto, že se cihelné kamenivo vyznačuje svojí nasákavostí, tak z hlediska namrzavosti je to bráno spíše jako nevýhoda. Nejčastěji se setkáváme s využitím cihelného recyklátu jako zásypového materiálu při stabilizaci podkladních vrstev vozovek, u provizorních cest, při násypech a zásypech inženýrských sítí. Mezi netradiční uplatnění cihelného recyklátu patří:

- výroba drenážního betonu pro plošné odvodnění a odvzdušnění např. jako obklad vertikální hydroizolace nebo pro odvzdušnění základové spáry
- výroba nepálených lisovaných cihel o rozměrech 300x150x100 mm ze směsi cihelného recyklátu s příměsí cementu
- výroba stavebních směsí jako plniva malt pro zdění s využitím drobných frakcí, tedy do 4 mm a vzdušným či hydraulickým vápnem (tyto malty vykazují vyšší tepelný odpor než malty s přírodním kamenivem. [4] [10] [23])
- výroba Rebetongu, což je typ betonu, ve kterém je přírodní kamenivo stoprocentně nahrazeno kamenivem recyklovaným. Vykazuje tak výhody v nižších materiálových nákladech, nižší náklady na dopravu, úspora přírodních zdrojů kameniva, snížení uhlíkové stopy, nižší koeficient tepelné vodivosti, tzn. nižší energetická náročnost. Tento nový materiál představila v roce 2019 firma Skanska, a.s. na základě společného výzkumu se společností ERC-TECH. A v současnosti je také jedinou firmou, která tento vynález uvádí do praxe. [38]

U recyklátu z cihelného zdiva je z hlediska uplatnitelnosti obtížnější situace. Cihelné zdivo totiž obsahuje zbytky maltoviny a omítkoviny čímž se snižuje kvalita a zájem o z něho vyrobený recyklační materiál, i přesto že dnes recyklační linky správným recyklačním postupem dokážou tyto nečistoty zcela odstranit. Problémem je i menší trvanlivost, která je dána již zmíněnou špatnou odolností proti zmrazování a rozmrazování. I přes tyto vlastnosti je možné materiál použít v mnoha aplikacích. [33]



Obr. 19: Cihelný recyklát (www.recyklace-prochazka.cz).

9.3. Asfaltový recyklát

Asfaltový recyklát je kamenivo z jednotlivých vrstev vozovky:

- z asfaltových směsí
- z litého asfaltu

- z makadamu použitého na vozovce
- z nátěrů a emulzí

Vzniká při odstraňování nebo rekonstrukcích pozemních komunikací a při budování inženýrských sítí pod vozovkami. Tento druh recyklátu vzniká z asfaltu vstupního materiálu, který lze prakticky 100 % recyklovat. V minulosti se asfaltový recyklát přidával při výrobě do směsí za horkého procesu. Dnes je častější zpracování tzv. recyklace za studena, což je proces, při kterém se smíchá materiál s emulzí, s cementem nebo s asfaltovou pěnou. Dochází tak k obalení ekologicky závadných částic, čímž se sníží možnosti znehodnocení odpadních vod a blízkého okolí.

Recyklát se získává odděleně od dalších materiálů ve formě takzvaných ker, které byly odlomeny od povrchu. Tyto kry se pomocí mobilních drtičů zpracovávají přímo na místě. Dalším způsobem získání je takzvaným frézováním. [4] [34]

Samotný asfalt je produkt, který je vyráběn z ropy a může mít tuhou až viskózní podobu. V minulosti byl asfalt označován pod názvem bitumen. [35]



Obr. 20 a 21: Vybourané kry (vlevo) a vyfrézovaný materiál (vpravo)
(www.asfaltove-vozovky.cz).

Využití asfaltových recyklátů

Při využívání asfaltového recyklátu je kladen především důraz na jeho minerální látky, tedy plniva, mezi které patří písek, štěrk a pojiva, což je dehet a asfalt.

Jeho výhodou je snadná zpracovatelnost k jeho dalšímu použití, ale je nutné, aby byl dodáván ve formě granulátu s předem určenou velikostí zrn. [35]

Využití asfaltového recyklátu při studeném procesu je nejčastěji těmito způsoby:

- bez přidání pojiva k recyklátu do málo zatížených vozovek, do podkladních vrstev a pro zpevnění podsypných vrstev
- s přidáním hydraulického pojiva pro provedení nové stmelené podkladní vrstvy

- s přidáním emulze k recyklátu, používá především tam, kde staré úpravy obsahují zbytky dehtového pojiva
- kombinovaný způsob, který byl prokázán na nejhodnější je přidání emulze i cementu. Směs tak vykazuje výborné vlastnosti. [4]



Obr. 22: Asfaltový recyklát (www.brnorecyklace.cz).

10. Recyklační centra

Recyklační centra jsou určena k příjmu a shromažďování stavebního odpadu, úpravě odpadů na mobilních linkách, tedy recyklaci a prodeji výstupních recyklátů. Činnosti recyklačního centra jsou řízena podle Provozního řádu, který slouží k zabezpečení řádného provozu zařízení, k ochraně zdraví osob jakož i k ochraně životního prostředí. Provozní řád zpracovává provozovatel zařízení a jeho platnost je omezena rozhodnutím, které vydává buď příslušný krajský úřad odboru životního prostředí, nebo v případě recyklačních center v Praze toto rozhodnutí vydává Magistrát hlavního města Prahy odbor životního prostředí a odbor ochrany prostředí. Provozní řád je vydáván na dobu 5ti let.

Vzniklé výstupní recykláty jsou v provozovnách skladovány na zpevněné ploše v betonových boxech nebo jinak oddělených kupách, které jsou roztříděny podle frakcí.



Obr. 23: Skladovací boxy betonového recyklátu D&Z spol. s r.o. (vlastní foto).

Příjem stavebních odpadů, probíhá takřka ve všech recyklačních provozovnách stejným způsobem. Jakákoli osoba či firma může přivést odpad bez ohlášení, v případě většího objemu záleží na předchozí domluvě. U stálých zákazníků se vztah mezi firmou a recyklačním centrem řídí rámcovou smlouvou. Druhy odpadů, které jsou přijímány recyklačním centrem, jsou definované a označené katalogovým číslem podle Katalogu odpadů v Provozním řádu každého recyklačního centra. Dodavatelé, kteří odpad do recyklačního centra přivážejí, jsou povinni při převážce odpadů doložit základní popis odpadu neboli informace a doklady o původu a kvalitě přiváženého odpadu.

Společnost **D&Z spol. s.r.o.**, která nejenže provádí výstavbu, opravy, rekonstrukce vodovodních a kanalizačních řadů, ale vlastní také recyklační deponii, která má provozovnu v ulici Průmyslová v hlavním městě Praha. Provozovna využívá pouze mobilní zařízení, které předrtí či přetřídí uskladněný odpad. Mezi toto mobilní zařízení patří mobilní odrazový drtič, hrubotříděč a elektrický tříděč.

Stavební odpady, které provozovna k recyklaci přijímá, jsou živičné kry, betonový odpad, stavební suť a zemina. Tento vstupní materiál je přeměněn na betonový recyklát, živičný recyklát a tříděnou zeminu, které jsou uskladněny na určené místo a odpad nevhodný k recyklaci nebo přebytek odpadů jsou odváženy na koncové skládky k finálnímu uložení.



Obr. 24: Mobilní odrazový drtič (vlastní foto).

ATM CZ a.s. je společnost zabývající se technologií úprav a stabilizací zemin včetně recyklace a frézování asfaltových vozovek. Firma provozuje kompletní technologii zpracování stavebních odpadů. Jejich recyklační deponie se nachází v Hradci Králové a Dubenci. Provozovna v Hradci Králové přijímá především suť, asfalt i zeminu. Recyklační technologie, která je zařízením nejvíce využívaná je primární, ale provozují i technologii off situ a in situ a to v poměru 40:60, přičemž využívají pouze mobilní recyklační linky.

Drtiče jsou používány podle materiálu, který má být drcen a rovněž podle požadované výstupní frakce. Provozovna pro takzvané měkké materiály, kterými je asfalt a cihly používá k drcení odrazový drtič naopak pro beton a kamenivo spíše čelistový drtič. Kuželový drtič není využíván vůbec, jelikož provozovna neprodukuje menší frakce. Recyklační centrum nejvíce vyrábí recykláty druhu betonového, směsného/ cihelného a asfaltového. Převážně veškerý výstupní materiál si provozovna zužitkovává sama, pro jejich vlastní stavby, zásypy či zpevnění manipulačních ploch a komunikací.

KARE Praha, s.r.o. je společnost založená v roce 2000. Je v současné době jednou z největších firem zabývajících se recyklací stavebního odpadu a zpracováním přírodního kameniva v kamenolomech a pískovnách v celé České republice.

Jejich provozovna je umístěna v ul. Chodovská v Praze 4, kde v blízkosti není žádná obytná zóna a územní plán tak umožňuje tyto plochy využívat přímo pro tuto činnost.

Zpracování skladovaných odpadů provádí provozovna pouze za pomoci mobilních zařízení, které umožňují rychlý a snadný přesun. Společnost využívá oba provozní základní systémy technologie recyklace, jakou je recyklace off situ a in situ.

Při samotném procesu jejich nakladače naloží odpad a odvezou ho k vlastnímu drcení, podle druhu materiálu je zvolen typ drtiče. Na materiály, kterými může být zemina, stavební suť nebo beton je používán čelistový drtič a na asfaltové kry je používán odrazový drtič. Po drcení je materiál přepraven do násypky třídičky a roztříděn na jednotlivé frakce, které se připraví k prodeji.

11. Diskuse a vyhodnocení

Během psaní bakalářské práce jsem oslovila tři různě velké společnosti působící v oboru, přičemž některé z nich provozovaly spolu s recyklačním střediskem i další činnosti. To, co ale měli všechny firmy společné je recyklační centrum pro stavební a demoliční odpad.

Čeho jsem si všimla, bylo velmi dobře situované umístění těchto provozoven, což znamená dostatečně daleko od obytných částí z důvodu hluku a prašnosti, ale zároveň blízko pro jejich dopravní infrastrukturu, čímž se zamezí zbytečnému zvyšování nákladů na dopravu. Kolik stavebního odpadu dokáží přijmout, se odvíjí od velikosti jejich skladovacích ploch každé z provozoven. Všechny tři recyklační centra, mají ve svém Provozním řádu uveden seznam druhů přijímaných stavebních odpadů. Při porovnání jsem zjistila, že nejvíce jsou provozovnou přijímány stavební suť, beton, asfalt a zemina, mezi ty méně časté potom patří např. cihly, tašky a keramické výrobky, vytěžená hlušina.

Po vyhodnocení informací od jednotlivých provozoven, na téma nejpoužívanější technologie, se jí stala technologie primární. Všechny dotazované provozovny rovněž provozují i technologii off situ a in situ. Dle mého názoru, je ekonomicky i provozně výhodnější provádět recyklace přímo v prostorách recyklačního centra, které je na tento typ prací připravené. V jiném případě, a pokud se jedná o jiný okres, je nutné vypracovat další provozní řád, který musí být schválený příslušným okresem, musí se zabránit šíření prachu a hluku, například protihlukovými stěnami, které nepatří mezi levné položky.

Jako další bych ráda zmínila používané stroje. Ve zmiňovaných provozovnách jsou používány pouze mobilní linky, které zajišťují rychlou přepravu, nenáročnou obsluhu a nižší pořizovací náklady než linky stacionární, jejichž využití je přínosné zejména v lomech. Mezi nejpoužívanější a naprosto dostačující patří čelistové a odrazové drtiče.

Když vyhodnotím informace, které jsem získala o jednotlivých recyklátech a jejich využití, tak musím říct, že na vrcholu nejvíce poptávaných zůstává betonový recyklát, pak asfaltový a nakonec cihelný. Myslím si však, že nebude trvat dlouho a cihelný recyklát by se mohl stát nejpoptávanější druhotnou surovinou pro výrobu tzv. Rebetongu, který využívá 100% recyklované stavební suti.

12. Závěr

Téma bakalářské práce jsem si vybrala proto, že pracuji ve stavební firmě a mám možnost vidět, kolik stavebního a demoličního odpadu je produkováno. Ten tvoří až 65% všech odpadů v České republice a jedním z problémů je i fakt, že velká část vyprodukovaných stavebních odpadů končí na skládkách, jejichž kapacita není nevyčerpatelná. Velký potenciál proto vidím v rozvoji recyklace stavebních odpadů, čímž lze přispět ke snížení dopadu na životní prostředí a zároveň snížit nebo zcela eliminovat těžbu primárních surovin.

Česká republika se oproti ostatním státům Evropské unie řadí v žebříčku recyklace stavebních odpadů na nejnižší úroveň a jedním z důvodů je i nedostatečná podpora ze strany legislativy, jejíž důsledkem je rozporný systém certifikace recyklátů jako stavebních výrobků. Mezi další důvody by se mohli řadit i obavy uživatelů o kvalitě recyklátů, které mají za následek upřednostňování primárních surovin. Tuto skutečnost by mohla vyvrátit větší podpora v oblasti vzdělávání a informování obyvatel. Společnost, která věnuje největší pozornost stavebním a demoličním odpadům je Asociace pro rozvoj recyklace stavebních odpadů v České republice (ARSM).

Kde není poptávka, není ani nabídka, to platí i v případě využívání stavebních a demoličních odpadů. Samozřejmě nejlepší alternativou by bylo vytvářet stavby bez odpadů nebo alespoň tu malou vzniklou část zbylého odpadu zakomponovat do recyklačního procesu. Pokud bychom se na to měli podívat z širšího hlediska, stačilo by se pouze zaměřit už v počátcích návrhu nového projektu na možnosti využití druhotných surovin ve výstavbě. Určitou roli by mohl sehrát i stát jakožto zákazník, který využívá recykláty pro výstavbu ve svých projektech, čímž by podpořil výrobu v recyklačních centrech a snížil těžbu přírodních zdrojů.

V současné době se vyrábějí recykláty ze stavebních a demoličních odpadů, které mají velmi dobré vlastnosti a předpoklady pro další využití a mohou tak v plné výši nahradit suroviny primární. Například betonové a asfaltové recykláty jsou díky svým vlastnostem a možnostem využití značně poptávanou surovinou. Já vidím velký potenciál v cihelných recyklátech, které se začali využívat k výrobě Rebetongu. Ten by mohl postupem času způsobit revoluci ve stavebnictví na globální úrovni.

13. Přehled literatury a použitých zdrojů

- [1] Ministerstvo životního prostředí - Trvale udržitelný rozvoj [online]. [cit. 2020-11-7]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj.
- [2] Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.
- [3] Ministerstvo životního prostředí – Platná legislativa [online]. [cit. 2020-11-7]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf>.
- [4] Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice [online]. [cit. 2020-11-7]. Dostupné z: <https://www.arism.cz/>
- [5] Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů.
- [6] Stavební a demoliční odpady [online]. [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://www.inisoft.cz/poradenstvi-a-skoleni/odborne-clanky/stavebni-a-demolicni-odpady>.
- [7] Havel M.: Stavební odpad: Z čeho se skládá a kam s ním. [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3472.stavebni-odpad-z-ceho-se-sklada-a-kam-s-nim>.
- [8] Zákon č. 183/2006 Sb., Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).
- [9] Solař Jaroslav, 2008: Poruchy a rekonstrukce zděných staveb. 1. vydání. Praha 2008. 192 s. ISBN 978-80-247-2672-4.
- [10] Vytlačilová Vladimíra, 2012: Recyklace ve stavební výrobě. 1. vydání. Praha 2012. 115 s. ISBN: 978-80-01-05184-9.
- [11] Škopán Miroslav, 2013: Současné perspektivy a potenciál recyklace stavebních a demoličních materiálů. [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: [https://www.Současné perspektivy a potenciál recyklace stavebních a demoličních materiálů \(lomyatezba.cz\)](https://www.Současné_perspektivy_a_potenciál_recyklace_stavebních_a_demoličních_materiálů_(lomyatezba.cz)).
- [12] Škopán Miroslav, 2010: Recykláty ze stavebních a demoličních odpadů jako alternativa k přírodnímu kamenivu. [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://www.abs-portal.cz/stavebnictvi/recyklaty-ze-stavebnich-ademolicnich-odpadu-jako-alternativa-kprirodnimu-kamenivu>.
- [13] Hájek a kol.: Pozemní stavitelství IV. Praha 2006. 208 s. ISBN 80-86817-18-0.
- [14] Environmentální parametry [online]. [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-stavebni-materialy-na-bazi-obnovitelnych-zdroju-surovin.html>.

- [15] Doubravský Jiří, 2005: Historie, současnost a perspektivy recyklace stavebních odpadů. [online]. [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/historie-soucasnost-a-perspektivy-recyklace-stavebnich-odp>.
- [16] Janalík L., 2008: Recyklace při stavbách inženýrských sítí. In: Škopán M.: Sborník konference Recycling 2008: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin“: sborník přednášek 13. ročníku konference. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ve spolupráci s ARSM, Brno, 100-109 s.
- [17] Hyben I., Spišáková M., 2008: Stav a vývoj tvorby odpadov zo stavebnej výroby v Slovenskej republike od roku 2000. In: Škopán M.: Sborník konference Recycling 2008: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin“: sborník přednášek 13. ročníku konference. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ve spolupráci s ARSM, Brno, 53-59 s.
- [18] Wachsmann M., 2011: Zkušenosti provozovatele recyklační linky stavebního a demoličního odpadu. In: Škopán M.: Sborník konference Recycling 2011: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin“: sborník přednášek 16. ročníku konference. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ve spolupráci s ARSM, Brno, 12-14 s.
- [19] Jak se recyklují stavební odpady [online]. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluje-stavebni-odpad>.
- [20] Produkce využití a odstranění odpadů [online]. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czo/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu>.
- [21] Recyklace odpadů [online]. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://www.odpadovy-hospodar.cz/recyklace/recykalce-odpadu>.
- [22] Novotný Miloslav, 2013: Používaná mechanizace [online]. [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.old.silnice-zeleznice.cz/recyklace-vznikle-stavebni-suti-s-moznosti-jejeho-vyuziti/>
- [23] Mlčochová V., 2006: Nové poznatky z oblasti recyklovatelných betonů. In: Škopán M.: Sborník konference Recycling 2006: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin“: sborník přednášek 11. ročníku konference. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ve spolupráci s ARSM, Brno, 60-66 s.
- [24] Voštová Věra a kol.: Logistika odpadového hospodářství. 1. vydání. Praha 2009. 349 s. ISBN 978-80-01-04426-1.

- [25] Škopán M., 2019: Recyklace SDO v ČR – Úspěchy i bariéry. In: Škopán M.: Sborník konference Recycling 2019: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin“: sborník přednášek 24. ročníku konference. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ve spolupráci s ARSM, Brno, 9-14 s.
- [26] Junga P., Vítěz T., Trávníček P., 2015: Technika pro zpracování odpadů I. Vydalo Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- [27] Tomšíková L., 2015: Legislativní aspekty ochrany ovzduší v zařízení k nakládání se stavebním odpadem. Mendelova univerzita, Agronomická fakulta, Brno. 82 str. (diplomová práce). [online] [cit. 2021-02-07].
- [28] Pacheco-Torgal F., Tam V.W.Y., Labrincha J.A., Ding Y. and Brito de J., 2013: Handbook of recycle concrete and demolition waste. 672 pages. United Kingdom. ISBN 978-0-85709-682-1.
- [29] Dhir, OBE, Ravindra K., et al. Sustainable Construction Materials: Recycled Aggregates, Elsevier Science & Technology, 2019. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/detail.action?docID=5629759>.
- [30] Brito de J., Saikia N., 2013: Recycled aggregate in concrete. Springer, London. 448 pages. ISBN 978-1-4471-4539-4.
- [31] Pavlů T., 2013: Zkoušení a vlastnosti recyklovaného kameniva pro použití do betonu. [online]. [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: www.https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10265-zkouseni-a-vlastnosti-recyklovaneho-kameniva-pro-pouziti-do-betonu.
- [32] Safiuddin, M., Alengaram, U. J., Rahman, M. M., Salam, M. A., & Jumaat, M. Z., 2013: Use of recycled concrete aggregate in concrete: a review. In: Journal of Civil Engineering and Management. [online]. [cit. 2021-02-27]. In: <https://dx.doi.org/10.3846/13923730.2013.799093>
- [33] Škopán M., 2008: Možnosti zvyšování jakosti recyklátů ze stavebních a demoličních odpadů. [online]. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/moznosti-zvysovani-jakosti-recyklatu-ze-stavebnich-a-demolicnich-odpadu>.
- [34] Fiedler J., Komínek Z., Racek I., Rychlík V., 2005: Využití asfaltových a betonových recyklátů do vozovek. In: Škopán M.: Sborník konference Recycling 2005: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných

surovin“: sborník přednášek 10. ročníku konference. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ve spolupráci s ARSM, Brno.

[35] Kuba P., 2020: Náhrada primárních surovin recyklovanými materiály nebo přepracovanými materiály z druhotných surovin ve stavebnictví. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Ostrava. 45 str. (bakalářská práce). [online] [cit. 2021-02-28].

[36] Patil, Yuvraj Dilip, 2012: Sustainable development and construction industry. [online]. [cit. 2021-02-28]. In: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2004957>.

[37] Kumbhar, Snehal, Gupta, Anilkumar, Desai, Dedaso, 2013: Recycling and reuse of construction and demolition waste for sustainable development. OIDA International journal of sustainable development, Vol.6, No.7, 83-92 pages. In: <https://ssrn.com/abstract=2383436>.

[38] Český vynález přináší revoluci do stavebnictví. [online]. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.skanska.cz/kdo-jsme/media/archiv-tiskovych-zprav/238804/Cesky-vynalez-prinasi-revoluci-do-stavebnictvi.-skanska-zacala-pouzivat-recyklovany-beton>.

Seznam obrázků

Obr. 1: Fáze životního cyklu v případě integrovaného návrhu v souladu s trvale udržitelným rozvojem (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Obr. 2: Nelegální skládka na Vyškovsku (www.vyskovsky.denik.cz foto Eva Míčová, 2020).

Obr. 3: Nelegální skládka na Chrudimsku (www.policie.cz upravil Maier, 2012).

Obr. 4: Uzavřený koloběh materiálů (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Obr. 5: Základní roztřídění stavebního odpadu (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Obr. 6: Kritéria ovlivňující process recyklace (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Obr. 7: Stacionární recyklační linka [online]. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: https://www.tstsw.cz/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-11#stacionarni-recyklatni-linka.

Obr. 8 a 9: Mobilní recyklační linka [online]. [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://www.h-intes.cz/recyklatni-linka>.

Obr. 10: Schéma základní konfigurace recyklačního postupu [online]. [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.arsm.cz/podstata.php>.

Obr. 11: Schéma recyklace sestupného typu (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Obr. 12: Schéma recyklace vzestupného typu (Vytlačilová Vladimíra, 2012).

Obr. 13: Škopán Miroslav, 2007: Schéma mobilního čelistového drtiče na pásovém podvozku [online]. [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.stavebnitechnika.cz/clanky/trendy-v-technologiich-pro-recyklaci-odpadu>.

Obr. 14: Turčinek A., 2017: Mobilní zařízení pro drcení kameniva a recyklátů ze stavebních odpadů. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Brno. 41 str. (bakalářská práce). [online] [cit. 2021-02-07].

Obr. 15: FŽP UJEP - Univerzita J.E.Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2015: Rozpojování [online] [cit. 2021-02-07], dostupné z: https://www.fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/pt3/5%20Rozpojovani.pdf

Obr. 16: FŽP UJEP - Univerzita J.E.Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2015: Rozpojování [online] [cit. 2021-02-07], dostupné z: https://www.fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/pt3/5%20Rozpojovani.pdf

Obr. 17: FŽP UJEP - Univerzita J.E.Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2015: Rozpojování [online] [cit. 2021-02-07], dostupné z: https://www.fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/pt3/5%20Rozpojovani.pdf

Obr. 18: Betonový recyklát [online]. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.brnorecyklace.cz.cz/betonovy-recyklat>.

Obr. 19: Cihelný recyklát [online]. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.recyklaceprochazka.cz/recyklaty>.

Obr. 20 a 21: Vybourané kry a vyfrézovaný materiál [online]. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: https://www.asfaltova-vozovky.cz/av2019/data/prezentace/t1-2_hyzi.pdf.

Obr. 22: Asfaltový recyklát [online]. [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.brnorecyklace.cz.cz/asfaltovy-recyklat>.

Obr. 23: Skladovací boxy betonového recyklátu D&Z spol. s r.o.- vlastní foto.

Obr. 24: Mobilní odrazový drtič společnosti D&Z spol. s r.o.- vlastní foto.

Seznam grafů

Graf 1: Vývoj produkce odpadu od roku 2006 až 2018 (Český statistický úřad <https://www.czso.cz>).

Graf 2: Produkce odpadu podle druhu odpadu 2018 (Český statistický úřad <https://www.czso.cz>).