

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických staveb



Bakalářská práce

**Popis a zhodnocení současného stavu zpracování a využití
stavebního odpadu**

Autor práce: Marek Malinkovič

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marek Malinkovič

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Popis a zhodnocení současného stavu zpracování a využití stavebního odpadu

Název anglicky

The description and evaluation of current situation of processing and utilization of the construction waste

Cíle práce

Seznámit se s problematikou zpracování a využití stavebního odpadu a zhodnotit jednotlivé používané metody.

Metodika

Metodika práce

Na základě literárního rozboru oblasti odpadového hospodářství zabývající se zpracováním a využitím stavebního odpadu, provést popis používaných technologických linek a zařízení a zhodnocení jednotlivých používaných metod.

Osnova práce

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Charakteristika jednotlivých druhů stavebního odpadu
5. Metody a zařízení používané při zpracování stavebního odpadu
6. Možnosti využití stavebního odpadu
7. Zhodnocení vybraných způsobů zpracování a využití stavebního odpadu
8. Závěr a diskuze
9. Seznam literatury
10. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran

Klíčová slova

Odpadové hospodářství, stavební odpad, drtič, třídíč, technologická linka

Doporučené zdroje informací

KURAŠ, M.: Odpady a jejich zpracování. Vydání 1., Ekomonitor, Chrudim 2014, 343 s. ISBN 978-80-86832-80-7

MÜLLER, M.: Zpracovny nekovového odpadu. Česká zemědělská univerzita, Praha 2008, 154 s., ISBN 978-80-213-1840-3

Odpadové fórum – odborný časopis pro vše, co souvisí s odpady. České ekologické manažerské centrum, Praha 1999- . ISSN 1212-7779

Odpady – odborný časopis pro odpadové hospodářství. Technopress, Praha: 1991- . ISSN 1210-4922

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

SEDLÁČKOVÁ, V. – SEDLÁČEK, P.: Přípravné procesy. VŠB – Technická univerzita, Ostrava 2004, 114 s., ISBN 80-248-0582-0

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2018

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Popis a zhodnocení současného stavu zpracování a využití stavebního odpadu vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle 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. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom 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.“.

Vdne Podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu doc. Ing. Petru Vaculíkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady a trpělivost.

Abstrakt

Tato práce se zabývá způsoby zpracování a využití stavebního a demoličního odpadu. Popisuje a hodnotí jejich zpracování a využití. Jako první jsou uvedeny příslušné právní normy a předpisy z oblasti odpadů, definice základních pojmů, cíle odpadového hospodářství a manipulace s nebezpečnými odpady. Poté jsou popsány stavební a demoliční odpady a podíl jejich jednotlivých složek v celkovém množství. V následující kapitole jsou vyjmenovány způsoby zpracování stavebního odpadu a jakými mechanismy toho dosaženo. V další kapitole budou uvedeny způsoby použití recyklovaného stavebního odpadu. Nakonec bude uvedeno vlastní zhodnocení pro využití recyklovaného odpadu, právní a ekonomické vlivy na současný stav zpracování stavebních a demoličních odpadů.

Klíčová slova: odpadové hospodářství, stavební odpad, drtič, třídíč, technologická linka

The description and evaluation of current situation of processing and utilization of the construction waste

Summary

The objective of this thesis is to describe the current situation of processing and further utilization of the construction waste. The text describes and evaluates the current methods and outlines its ensuing use. At first, legal standards and regulations from construction waste management are listed, following by definitions of basic terms, goals of waste management and manipulation with dangerous and toxic waste. Subsequently, construction and demolition wastes as well as the proportion of their individual components in the total amount are described. The next chapter enumerates the methods of treatment of construction waste and lists the mechanisms used to achieve the required result. In the next chapter, different ways of utilization of recycled construction waste will be given. Finally, the evaluation for the utilization of recycled waste and both legal and economic impacts on the current state of processing of construction and demolition waste will be presented.

Keywords: waste management, construction waste, grinder, sorter, technological line

1	ÚVOD	1
2	CÍL PRÁCE	3
3	METODIKA PRÁCE	4
4	CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ STAVEBNÍHO ODPADU	5
4.1	ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE V OBLASTI ODPADŮ.....	6
4.2	PRÁVNÍ PŘEDPISY V OBLASTI ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ	7
4.2.1	<i>Plán odpadového hospodářství</i>	7
4.2.2	<i>Nebezpečné odpady</i>	8
4.3	KATALOG ODPADŮ.....	8
4.3.1	<i>Beton, cihly, tašky, keramika</i>	9
4.3.2	<i>Dřevo, sklo a plasty</i>	12
4.3.3	<i>Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu (17 03)</i>	14
4.3.4	<i>Kovy a jejich slitiny (17 04)</i>	15
4.3.5	<i>Zemina, kamení a vytěžená hlušina (17 05)</i>	17
4.3.6	<i>Izolační a stavební materiály s obsahem azbestu (17 06)</i>	17
4.3.7	<i>Stavební materiál na bázi sádry (17 08)</i>	18
4.3.8	<i>Jiné stavební a demoliční odpady (17 09)</i>	19
5	METODY A ZAŘÍZENÍ POUŽÍVANÉ PŘI ZPRACOVÁNÍ STAVEBNÍHO ODPADU	21
5.1	DRUHY RECYKLAČNÍCH SOUPRAV STAVEBNÍHO ODPADU	22
5.1.1	<i>Mobilní soupravy</i>	23
5.1.2	<i>Semimobilní soustavy</i>	24
5.1.3	<i>Stacionární soustavy</i>	25
5.2	HLAVNÍ ČÁSTI TECHNOLOGICKÝCH LINEK	25
5.2.1	<i>Drtiče</i>	25
5.2.2	<i>Třídíče</i>	31
6	VYUŽITÍ STAVEBNÍHO ODPADU	34
6.1	VYUŽITÍ BETONOVÉHO RECYKLÁTU, CIHEL A KERAMICKÉHO ODPADU	34
6.2	VYUŽITÍ ODPADNÍHO DŘEVA, SKLA A PLASTŮ.....	35
6.3	VYUŽITÍ ODPADU Z ASFALTU A DEHTU	37
6.4	VYUŽITÍ ODPADNÍCH KOVŮ.....	38
6.5	VYUŽITÍ ODPADNÍ ZEMINY A KAMENIVA.....	38
7	ZHODNOCENÍ VYBRANÝCH ZPŮSOBŮ ZPRACOVÁNÍ A VYUŽITÍ STAVEBNÍHO ODPADU 39	
7.1	ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ ODPADNÍHO BETONU, CIHEL A KERAMICKÝCH VÝROBKŮ	39
7.2	ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ ODPADNÍHO DŘEVA, PLASTŮ A SKLA	40
7.3	ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ ODPADNÍCH ASFALTOVÝCH SMĚSÍ A DEHTU	40
7.4	ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ ODPADNÍCH KOVŮ A JEJICH SLITIN	41
7.5	ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ ODPADNÍ ZEMINY, KAMENÍ A VYTĚŽENÉ HLUŠINY.....	41
7.6	ZHODNOCENÍ EKONOMICKÉ VÝHODNOSTI POUŽITÍ RECYKLÁTU	41
8	ZÁVĚR A DISKUSE	42

9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	44
10	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	49
11	SEZNAM TABULEK.....	50
12	PŘÍLOHY.....	51

1 Úvod

Cílem této práce je popsat a představit problematiku při zpracovávání a následném využití stavebního odpadu. Ten vzniká hlavně při stavbě, demolicích a rekonstrukcích pozemních, inženýrských a dopravních staveb. Hlavní složkou stavebního odpadu pak tvoří výkopové zeminy, tato část tvoří asi dvě třetiny veškerého stavebního odpadu, a proto jsou co nejvíce znovu využívány z důvodů zamezení jejich hromadění a tvorby skládek. Používají se pro další stavební činnosti jako je úprava povrchů a terénní úpravy. U dalších složek stavebního odpadu je potřebná úprava, aby byla možnost je znovu využít. Tím vzniká recyklát. Nejčastějším recyklátem je dnes stavební suť, která je upravována zejména drcením a mletím. Takto upravený recyklát je používán jako substitute prvotních surovin. Při demoličních pracích je možnost se setkat s nebezpečnými odpady jako je azbest. Pokud nalezneme takovýto odpad, je nutné postupovat dle zákona o odpadech (č. 185/2001 Sb.), vše nahlásit a nechat uložit na k tomuto účelu určená místa.

Recyklování stavebního odpadu u nás i ve světě dostává čím dál větší prioritu a to především z ekonomického důvodu. Recyklát lze zakoupit levněji a má stejné nebo i lepší vlastnosti oproti primárním surovinám. Dalším důležitým prvkem je ekologie a ochrana životního prostředí. Využíváním recyklovaných surovin snižujeme spotřebu materiálu a energie.

V závislosti na velikosti staveniště používáme pro zpracování a recyklaci odpadů mobilní nebo stacionární stroje. Stroje jsou používány pro drcení stavebního odpadu a jeho třídění na jednotlivé frakce.

Díky využívání recyklovaných stavebních odpadů je méně zatěžováno životní prostředí a jsou šetřeny finanční prostředky. Pozor si musíme dát na ty odpady, které jsou zdraví škodlivé a je zakázáno je používat při dalších stavebních činnostech.

Využívání recyklovaných stavebních materiálů má pozitivní vliv na životní prostředí a pro stavebnictví. Proto je důležité rozšiřovat jejich používání.

2 Cíl práce

Cílem této práce se seznámit se s problematikou zpracování a využití stavebního odpadu a zhodnotit jednotlivé používané metody.

Na základě literárního rozboru a vlastních zkušeností byl proveden popis používaných technologických postupů a zařízení a zhodnocení jednotlivých metod používaných při zpracování a dalšího využití stavebního odpadu.

3 Metodika práce

Metody zvolené po řešení této bakalářské práce, s ohledem na cíl stanovený v předcházející kapitole, jsou následující:

a) Charakteristika a definice stavebních a demoličních odpadů (dále jen „SDO“), včetně právních předpisů upravující nakládání s nimi:

V této kapitole jsou popsány příslušné normy a zákony, které se stahují na zpracování stavebního a demoličního odpadu. Jaký je plán a cíl odpadového hospodářství a popis jednotlivých materiálů, které jsou v této práci probírány.

b) Charakteristika metod a strojních zařízení využívaných pro zpracování a recyklaci SDO:

V této kapitole jsou popsány technologie, technologické postupy a stroje, které jsou běžně využívány při zpracování stavebního a demoličního odpadu, principy práce a možnosti jejich využití.

c) Uvedení možností využití recyklovaných SDO:

V této kapitole jsou popsány a rozebrány možnosti využití jednotlivých druhů recyklátů. Jaké jsou jejich výhody a nevýhody a kde mohou nalézt další využití.

d) Zhodnocení současného stavu zpracování SDO:

V této kapitole jsou jednotlivé recyklační materiály a způsoby jejich využití popsány a zhodnoceny, a to na základě informací získaných při studiu materiálů při zpracování této bakalářské práce a osobní návštěvou stavební firmy, která se mimo jiné recyklováním stavebních materiálů zabývá.

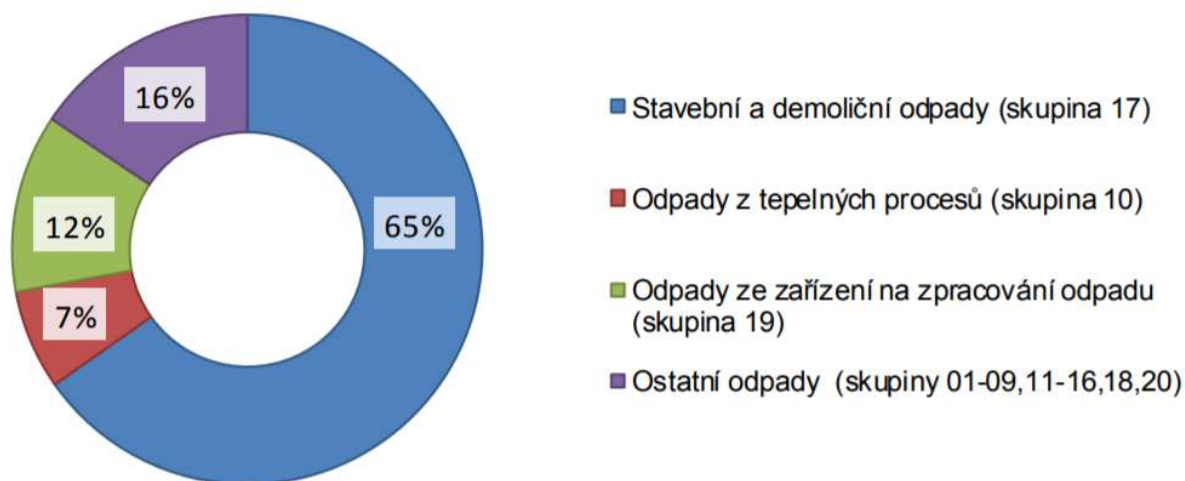
4 Charakteristika jednotlivých druhů stavebního odpadu

V této kapitole jsou vypsány druhy stavebních a demoličních odpadů a jak vznikají. Je nutné si je přiblížit, aby s nimi bylo možno v následujících kapitolách dále pracovat.

Stavební a demoliční odpady jsou většinou materiály, které vznikají při demolicích nebo přestavbách domů, průmyslových objektů nebo inženýrských sítí. Typickým příkladem je stavební suť, která nejčastěji obsahuje zbytky cihel, omítek, barev a dřevěných stavebních prvků jako jsou například trámy a krovy, tedy konstrukční prvky. Nebo prvky funkční jakými jsou dveřní zárubně a okna. Dále mohou být mezi stavební a demoliční odpad zahrnout zbytky rozvodných sítí jako jsou elektrické rozvody, vodovodní a odpadní potrubí. Tyto stavební odpady mají společnou vlastnost: Jsou částečně nebo plně recyklovatelné a vhodné pro opakované použití. Tyto odpady vznikají buď záměrně a to odstraňováním části nebo celých objektů, či v důsledku přírodních katastrof jako jsou záplavy, silný vítr nebo zemětřesení. [1][2]

Převážnou část odpadů (65 %) z celkového podílu tvoří stavební odpad (viz obr. č.1)

Obrázek č. 1 : Materiálové využití odpadu



Zdroj: [3]

Stavební odpad je rozdělován do následujících 4 skupin dle katalogu odpadů:

- Výkopová zemina (65-75 %)
- Materiál z demolice vozovek (10-15 %)
- Demoliční a stavební minerální suť (5-15 %)
- Odpady ze stavenišť (5-15 %)[2]

4.1 Základní pojmy a definice v oblasti odpadů

V této podkapitole jsou uvedeny základní definice a pojmy dle zákona č.185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „Zákon o odpadech“).

Odpad je definován: *„Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.“*

Nebezpečným odpadem je *„Odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů.“*

Odpadovým hospodářstvím je *„Činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.“*

Nakládáním s odpady je *„Obchodování s odpady, shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů.“*

Využití odpadu je *„Činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu, a to i v zařízení neurčeném k využití odpadů podle § 14 odst. 2, nebo že je k tomuto konkrétnímu účelu upraven; v příloze č 3 k tomuto zákonu je uveden příkladný výčet způsobů využití odpadů.“*

Recyklace odpadu je „*Jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití, včetně přepracování organických materiálů; recyklací odpadů není energetické využití a zpracování na výrobky, materiály nebo látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypový materiál.*“ (Zákon o odpadech.). [4]

4.2 Právní předpisy v oblasti odpadového hospodářství

Odpadovým hospodářstvím jsou nazývané činnosti, které se zaměřují na předcházení vzniku odpadů, jak s nimi nakládat a následnou péči a kontrolu o odpady a místa, kde jsou následně uloženy. Díky této činnosti je odpadové hospodářství dynamicky rozvíjející se obor. Ekonomicky a průmyslově vyspělé země se problematikou odpadového hospodářství začaly zabývat v 80. letech 20. století. V České republice byl přijat první zákon o odpadech v roce 1991. [5]

4.2.1 Plán odpadového hospodářství

Plán odpadového hospodářství v České republice (dále jen „plán“) se zabývá dlouhodobou realizací strategie odpadového hospodářství. Byl schválen 22. prosince 2014 pro období let 2015–2024. Plán je důležitý dokument pro dlouhodobou strategii při nakládání s odpady. Nejdůležitějším cílem plánu je zajištění způsobu pro předcházení vzniku odpadu. Pro stavební a demoliční odpady je v plánu pro roky 2015-2024 stanoveno: „*Zvýšit do roku 2020 nejméně na 70 % hmotnosti míru přípravy k opětovnému použití a míru recyklace stavebních a demoličních odpadů a jiných druhů jejich materiálového využití, včetně zásypů, při nichž jsou materiály nahrazeny v souladu s platnou legislativou stavebním a demoličním odpadem kategorie ostatní, s výjimkou v přírodě se vyskytujících materiálů uvedených v Katalogu odpadů pod katalogovým číslem 17 05 04 (zemina a kamení). Cíl vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech.*“ [6][7]

4.2.2 Nebezpečné odpady

Nebezpečný odpad je takový, který je zařazen v Seznamu nebezpečných odpadů (příloha č. 2 vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů) nebo takový odpad, který vykazuje alespoň jednu z vlastností popsaných v příloze č. 2 této vyhlášky. Mezi nebezpečné vlastnosti patří například, infekčnost, karcinogenita. Tyto odpady jsou nebezpečné pro zdraví člověka a pro životní prostředí. Je tedy nutno jim věnovat zvýšenou pozornost ať už v místě jejich vzniku, při převozu a při odstraňování.

„Zařazování odpadů do kategorie nebezpečných odpadů se děje na základě § 6 zákona o odpadech. Odpad je považován za nebezpečný, pokud:

- *vykazuje alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v Nařízení komise (EU) č. 1357/2014, ze dne 18. prosince 2014, kterým se nahrazuje příloha III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech a o zrušení některých směrnic,*
- *je uveden ve vyhlášce č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů jako nebezpečný odpad, nebo*
- *je smíšen nebo znečištěn některým z odpadů uvedených ve vyhlášce č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů jako nebezpečný.“ [8][9]*

4.3 Katalog odpadů

Katalog odpadů je stanoven dle vyhlášky č. 93/2016 Sb., kde jsou uvedeny všechny kategorie odpadů. Vyhláška jsou dále stanoveny jednotlivé druhy stavebních a demoličních odpadů. V tabulce č. 1 je uvedeno množství stavebních odpadů v letech 2013-2017. Data představují pouze ty stavební a demoliční odpady, které jsou uloženy na skládku, či recyklovány v recyklačních střediscích. Pokud dochází k recyklaci na místě stavby nejedná se o stavební odpad ale o druhotnou surovinu, která není v tabulce zahrnuta. [10][11]

Tabulka 1 : Produkce stavebních a demoličních odpadů v letech 2013 až 2017

Skupina	Odpad	rok	rok	rok	rok	rok
		2013	2014	2015	2016	2017
		[kt]	[kt]	[kt]	[kt]	[kt]
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika	3 249	3 688	4 458	4 412	4 502
17 01 01	Beton	1 292	1 422	1 985	1 755	1 845
17 01 02	Cihly	757	745	840	889	905
17 01 03	Tašky a keramické výrobky	12	16	14	15	15
17 01 07	Směsi neuvedené pod č. 17 01 06	1 172	1 473	1 580	1 716	1 651
17 03	Asfaltové směsi, dehet a vyr. z dehtu	510	573	897	756	783
17 03 02	Asfalt. směsi neuvedené pod č. 17 03 01	508	568	891	752	777
17 05	Zemina, kamení a vytěžená hlušina	9 966	11 128	15 650	12 320	12 150
17 05 04	Zem. a kam. neuvedené pod č. 17 05 03	9 442	10 619	13 916	11 006	10 802
17 05 06	Vyt. hlušina neuvedená pod č. 17 05 05	130	102	850	527	667
17 05 08	Štěrka ze železničního svršku neuvedený pod číslem 17 05 07	80	112	578	399	305
17 06	Izol. a staveb. materiály s azbestem	61	66	62	54	58
17 06 04	Izol. mat. nev. pod č. 170601 a 03	35	40	42	36	40
17 08	Stavební materiál na bázi sádky	9	11	14	17	13
17 08 02	Materiály neuvedené pod č. 17 08 01	9	11	14	17	13
17 09	Jiné stavební a demoliční odpady	609	451	722	547	605
17 09 04	Sm. SDO nev. pod č. 170901, 02, 03	590	441	709	535	605
	CELKEM	14 404	15 916	21 891	18 106	18 111
	z toho 1701 + 170302 + 170904	4 330	4 665	6 019	5 662	5 890
	což z celkového SDO činí [%]	30 %	29 %	27 %	31 %	33 %

Zdroj: [11]

4.3.1 Beton, cihly, tašky, keramika

Tyto materiály se ve stavebnictví recyklují nejčastěji, protože po jejich recyklaci existuje široká škála nového použití. Výhodou jejich použití, je oproti prvotním materiálům, nižší pořizovací cena. Materiály jsou používány samostatně, nebo dohromady, bez třídění na jednotlivé materiály. V tomto případě se soubor nazývá stavební suť a lze jej znova použít například jako zásypový materiál.

a) Beton (17 01 01)

Beton je stavební látka tvořená směsí vody, cementu a kameniva. Vzniká, když cementová kaše (cement a voda) zatvrdne. Místo kameniva je možné použít také štěrk, písek nebo drť. Mimo výše uvedené základní složky může dále obsahovat plniva, přísady a příměsi. Někdy je nazýván „umělým kamenem“. Vlastnosti betonu jsou ovlivněny poměrem jednotlivých složek. [12][13]

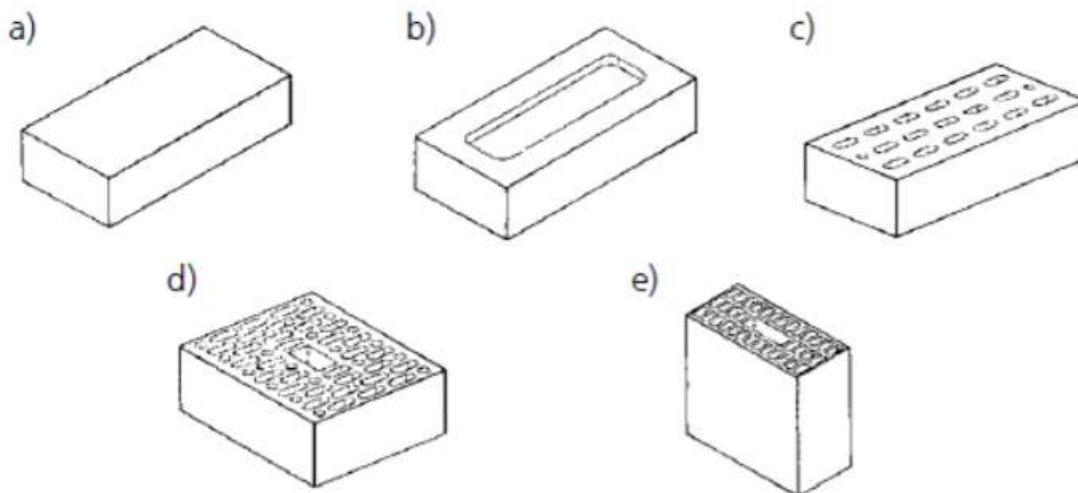
Beton se používá především díky jeho velké pevnosti v tlaku. Takto namáhaný beton se nazývá prostý beton. Jeho využití je vhodné pouze na konstrukce namáhané tlakem. Aby bylo možné použít beton v konstrukci namáhané tahem, (překlady, trámy, průvlaky) je nutné ho vyztužit ocelovými tyčemi. Takto získaný materiál se nazývá vyztužený beton nebo „železobeton“. Železobeton dobře odolává namáhání jak v tlaku, tak i v tahu právě díky tomu, že tahovou složku namáhání přebírá ocelová výztuž. Celkově je beton oblíbený hlavně pro svoji snadnou tvarovatelnost a tvárnost, která závisí převážně na druhu a typu bednění a hustotě materiálu.

b) Cihly (17 01 02)

Cihly patří mezi kusová staviva. Vyrábí se vypalováním nejčastěji hliněného jílu (cihlářská hlína). Nejstarší a nejběžnější je cihla plná pálená, která se dnes už skoro nepoužívá, s výjimkami jako například příčky. Častěji se dnes setkáváme s cihelnými výrobky lehčenými, které v sobě mají různé formy dutinek. Ty mohou být podélné nebo příčné, prázdné nebo vyplněné izolačním materiálem (polystyrén, minerální vata) a zajišťují lepší tepelně izolační vlastnosti. [13]

Základní kritéria pro rozdělení cihelných výrobků jsou: způsob výroby, tvar, hmotnost a v neposlední řadě způsob využití. Nosné konstrukce jsou stavěny z jiného typu než například příčky. Také pro obvodové zdivo se jsou používány jiné výrobky než pro vnitřní zdivo, zejména díky odlišným tepelně izolačním vlastnostem. Dalším typem cihelných výrobků jsou tvarovky na komíny, stropní tvarovky, věncové tvarovky nebo tvarovky pro konstrukce překladů. [14]

Obrázek č. 2 : Příklady pálených zdících prvků



a - plná cihla, b - plná cihla s prolisem, c – svisle děrovaný prvek, d – svisle děrovaný prvek, e – svisle děrovaný prvek

Zdroj: [13]

c) Tašky a keramické výrobky

Tašky jsou využívány hlavně jako střešní krytina pro šikmé střechy. Mezi keramické výrobky jsou řazeny také obkladové tvarovky nebo keramické odpadní potrubí.

- **Střešní tašky**

Jedná se o výrobky, které jsou používány zejména jako střešní krytina. Materiál střešních tašek se může lišit. Pro střešní krytinu lze použít tašky např. z keramické hlíny, betonu nebo břidlice. Keramické jsou vyráběny podobně jako cihly vypalováním jílu. Vlastnosti keramických pálených tašek jsou podobné, a liší se převážně jen tvarem nebo použitelností vzhledem ke sklonu střechy. U betonových tašek je výroba podstatně jednodušší a levnější. Tašky se nevypalují, pouze po určité době schnou a „odpočívají“. Břidlice je přírodní materiál sám o sobě a výroba tašek je prováděna štípáním nebo řezáním.

- **Obkladové prvky**

„Keramické obkladové prvky jsou ČSN EN 14411 ed.3 definovány jako tenké prvky z jílu nebo jiných anorganických surovin, které se všeobecně používají pro dlažby a obklady stěn; zpravidla se vytvářejí při teplotě místnosti tažením nebo lisováním, mohou se však vytvářet i jiným způsobem, poté se vysuší a vypalují při teplotách, při kterých se získávají požadované vlastnosti. Obkladové prvky mohou být glazované nebo neglazované, jsou nehořlavé a stálé na světle.“ [13]

4.3.2 Dřevo, sklo a plasty

a) Dřevo

Dřevo je jeden z nejstarších stavebních prvků v historii lidstva. Jako stavební materiál bylo používáno již v pravěku. V dnešní době se trend dřeva vrací. Mezi hlavní přednosti dřevěných konstrukcí patří hlavně opracovatelnost, lehkost a tepelně izolační vlastnosti. Ve stavebnictví se nepoužívá pouze čisté dřevo, ale čím dál častěji i lepené dřevěné konstrukce nebo kompozitní výrobky na bázi dřeva. Lepené konstrukční prvky se používají hojně při tvorbě vodorovných konstrukcí, střešních a příhradových konstrukcí, jakými jsou například lepené dřevěné vazníky, díky kterým lze překlenout velké vzdálenosti mezi svislými nosnými prvky. V dnešní době se jsou ze dřeva hojně stavěny rodinné domy, lehké střešní konstrukce nebo lávky. Dřevo má odlišné hodnoty pro pevnost v tahu a tlaku. Hodnoty se liší převážně dle směru působení síly. Zda působí rovnoběžně s vlákny nebo naopak kolmo na vlákna. Nejvyšší pevnost dřevo dosahuje, když je zatížení rovnoběžné s vlákny. Vlastnosti dřevěných materiálů se mohou lišit i na základě typu dřeviny, vlhkosti materiálu, stáří materiálu nebo třeba napadení škůdci. [13]

b) Sklo

Skleněné výrobky patří mezi výrobky, které jsou součástí denní potřeby a denního používání. Ve světě má sklo pro své vlastnosti a šířku použití nenahraditelné místo. „Sklo je tuhý roztok

kovových oxidů v oxidu křemičitém, sklovina má velkou viskozitu a při jejím chladnutí dochází ke krystalizaci křemíkových sloučenin. Vzniká průhledné sklo. Sklo jako materiál je velmi odolné proti mechanickému poškození, je chemicky inertní, má dobré optické vlastnosti a je odolné teplotním šokům“. Ve stavebnictví se nejčastěji používá jako výplň oken a dveří, nebo jako okrasný prvek při tvorbě interiérů. Velice významné místo má sklo i jako nedílná součást obvodových plášťů, podlah nebo zastřešení. Sklo se vyrábí z neobnovitelných přírodních surovin jako je písek, dolomit, vápenec, živec apod. [11][13]

Některé z těchto materiálů je možné nahradit druhotnou surovinou ve formě recyklovaných skleněných odpadů. Díky nedostatku příměsí se pro recyklaci nejlépe hodí čisté tabulové sklo. Potíže nastávají při skleněných výrobcích s částmi jiných nečistot (keramika, porcelán, kov), které jsou se sklem pevně spojeny. Pro správnou recyklaci je nejdůležitější separace. Nejčastěji používaná separace je na sklo barevné a na sklo čiré. K separaci dochází na separační lince pomocí optickoelektrických čidel, které snadno rozpoznají nečistoty. [15][16]

c) Plasty

Využívání plastů ve stavebnictví je hned po použití pro obalové technologie, druhým největším místem pro aplikaci plastů. Díky své dlouhé životnosti a recyklovatelnosti jsou plasty nenahraditelným stavebním materiálem. Mezi jejich klíčové vlastnosti patří pružnost, pevnost, teplotní odolnost, nevodivost. Skvěle fungují jako těsnící a izolační materiál. Ve stavebnictví se používá zejména polyvinylchlorid (PVC), polyetylen (PE) a nebo plasty izolační jako je pěnový polystyrén (EPS) nebo polyuretan (PUR). Z plastových výrobků, které nacházejí uplatnění ve stavebnictví jsou to nejčastěji plastová okna a dveře, plastové odpadní trubky, střešní krytina, dešťové svody atd.

Nejčastější typy plastových odpadů jsou tyto:

- Izolace 22,0 %,
- Potrubí 20,5 %,

- Podlahy 19,0 %,
- Profily 9,9 %,
- Folie 8,8 %,
- Okna 7,0 %,
- Ostatní 12,8 %, [17][18]

4.3.3 Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu (17 03)

„Asfalty a dehty jsou řazeny mezi živice. Pod tímto pojmem se skrývají směsi asfaltických nebo pyrogenetických uhlovodíků a jejich nekovových derivátů. Za běžné teploty jsou živice polotekuté nebo tuhé směsi rozpustné v sirouhlíku. Jsou tvárné a vlivem mechanického namáhání dochází u nich k trvalé deformaci.“ [13]

Asfalty a živice se demolují frézou nebo pneumatickým kladivem. (viz obr. č. 3 a obr. č. 4)

Obrázek č. 3: Asfaltová fréza



Zdroj: [19]

Obrázek č. 4: Pneumatické demoliční kladivo



Zdroj: [20]

a) Asfaltové směsi obsahující dehet (17 03 01)

Asfalty jsou rozdělovány na přírodní a ropné podle jejich vzniku. Ropné asfalty jsou vyráběny z ropy a jejich vlastnosti se mohou lišit. Tyto vlastnosti závisí zejména na typu prvotní suroviny. Ve stavebnictví jsou používány ve formě izolačních nátěrů, penetrace nebo jako hydroizolace formou asfaltových pásů různé tloušťky a pro různý způsob použití (izolace spodní stavby, izolace střech, izolace zdiva). U inženýrských staveb jsou používány jako zpevňující vrchní část pozemních komunikací nebo například jako litý asfalt, popřípadě jako obalový materiál různých frakcí kameniva. [13]

4.3.4 Kovy a jejich slitiny (17 04)

Kovů je velké množství. Jsou získávány z rud pomocí metalurgických procesů. Nejpoužívanějšími kovy v průmyslu jsou ty, které z převážné části tvoří železo např. (surové železo, bílá a šedá litina, ocel). V technické praxi se nejčastěji využívají Technické kovy, což jsou slitiny, které tvoří základní kov spolu s dalšími kovovými nebo nekovovými prvky. Dalším typem kovů jsou kovy neželezné např. (hliník, měď zinek, olovo apod.). Surové železo je

vzráběno ve vysoké peci z rudy, koksu a struskovitých přísad jako je vápenec a dolomit. Kovy jsou plastické materiály, to znamená, že po zahřátí na vysokou teplotu je možné je tvarovat pomocí technologie tváření (lisování, válcování, kování, tažení apod.). [11][13]

a) Měď, bronz, mosaz (17 04 01)

Měď a její slitiny jsou nazývány barevnými kovy a ve stavebnictví nacházejí uplatnění zejména díky své korozivzdornosti. Proto je jejich největší využití zejména u klempířských a pokrývačských prací. Z důvodu své vysoké elektrické vodivosti jsou také využívány pro elektrické rozvody. Tavením s ostatními kovy se vytváří mosaz a bronz jako slitiny mědi.

Mosaz je slitina mědi a zinku, přičemž maximální obsah zinku je 40 %. Ve stavebnictví je používána především na výrobu armatur vodovodního a plynovodního potrubí.

Bronz je slitina mědi a cínu. Vyznačuje se vysokou korozivzdorností. [13]

b) Hliník (17 04 02)

Díky své hustotě, která je třikrát nižší než hustota oceli, se hliník a jeho slitiny řadí mezi lehké kovy. Hliník je vyráběn elektrolýzou z rud s vyšším obsahem oxidu uhelnatého. Kombinací tváření za studena a za tepla a teplem zpracováním je možno upravovat jeho vlastnosti, zejména jeho pevnost a tvrdost. Zahříváním slitin hliníku materiál ztrácí pevnost, proto hliník nelze svařovat bez poklesu pevnosti. Z hliníku jsou nejčastěji vyráběny tvarované plechy pro střešní krytinu okapy a dešťové svody, parapety nebo protiskluzové fólie. Dříve byl používán (dobrá elektrická vodivost) pro rozvody elektrické energie. Z důvodu své nestálosti je v současné době nahrazován rozvody z mědi. Jednou z jeho sloučenin je dural, který se vyznačuje extrémní pevností a odolností. Své uplatnění najde například v letectví. Dural se vyrábí sloučením hliníku, mědi a hořčíku. [13][21]

c) Železo a ocel (17 04 05)

Ocel je slitina železa a uhlíku (max. 2,4 %) a dalších prvků, jakými jsou mangan, fosfor, měď apod. Tyto prvky se do ocele dostávají již při výrobě a nejsou vždy žádoucí. Kromě těchto prvků jsou do ocele úmyslně přidávány legující prvky jako chrom, wolfram, nikl apod., které kvalitu ocele zvyšují. Ve stavebnictví je ocel nejčastěji uplatňována ve spojení s betonem, kdy vzniká vyztužený beton (tzv. železobeton). Použít lze i samotnou ocel např. jako nosníky

a sloupy. Pro její výborné pevnostní vlastnosti v tahu i tlaku je ocel využívána na výrobu kolejnic, štetovnic a důlní výztuže nebo např. na výrobu plechů. [13][11][22]

4.3.5 Zemina, kamení a vytěžená hlušina (17 05)

Zemina a kamenivo mají mezi stavebním odpadem největší množství podíl, a to převážně vlivem výkopových prací. Po vytrídění a separování je lze znovu použít jako zásypový materiál (zemina) nebo jako výplňový materiál. Pokud je výkopová zemina znova využívána na místě (stavbě) kde byla vytěžena, není klasifikována jako odpad. Recyklované kamenivo pak lze znovu použít například do betonu nebo jako plnivo do gabionů.

4.3.6 Izolační a stavební materiály s obsahem azbestu (17 06)

„Azbest (osinek) je skupinové označení přírodních jemně vláknitých materiálů tvořených hydratovanými křemičitany železato-hořečnatými nebo hydratovanými křemičitany vápeno-železato-hořečnatými.“ Dnes se již azbest ve stavebnictví nepoužívá, jelikož byla prokázána jeho škodlivost na lidský organismus. Azbest je jedna z mála prokázaných karcinogenních látek. Dříve našel využití ve stavebnictví zejména díky nízké hmotnosti a protipožárním a tepelně izolačním vlastnostem. Používal se pro výrobu rovných a vlnitých vláknocementových desek, trubek a tvarovek. (viz obr. č. 5). [13]

Dle zákona č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, je nutné ohlásit všechny stavební práce, při kterých bude odstraňován materiál obsahující azbest. Práce na odstraňování azbestu musí provádět odborná firma. Při práci v interiéru musí být prostor vzduchotěsně uzavřen. K práci se musí použít nástroje s HEPA filtry. Při venkovní demolici materiálů obsahujících azbest je nutné, aby materiály obsahující azbest byly nastříkány speciálním fixačním přípravkem, který zamezí unikání azbestových vláken do vzduchu. Ihned po demolici jsou azbestové materiály baleny do nepropustných fólií. Azbestové odpady jsou skladovány a následně likvidovány pouze na skládkách, která tyto materiály smí přijímat. Nahrazení azbestu jako stavebního materiálu není jednoduché. Dnes jsou jako náhrada používána dřevěná nebo plastová vlákna. [13][23]

Obrázek č. 5 Manipulace s azbestem



Zdroj: [23]

4.3.7 Stavební materiál na bázi sádry (17 08)

Sádra je jedno z nestarších pojiv na světě. Patří mezi vzdušné maltoviny, která jsou někdy označována jako vápenosíranová pojiva. Díky své hydrokopické vlastnosti (pohlcování vlhkosti) je vhodná pro použití v obytných prostorách. Snadno se zpracovává, je tvárná, a tudíž se s ní snadno manipuluje. Mezi nedostatky patří citlivost na vlhkost a ztráta pevnosti při navlhnutí.

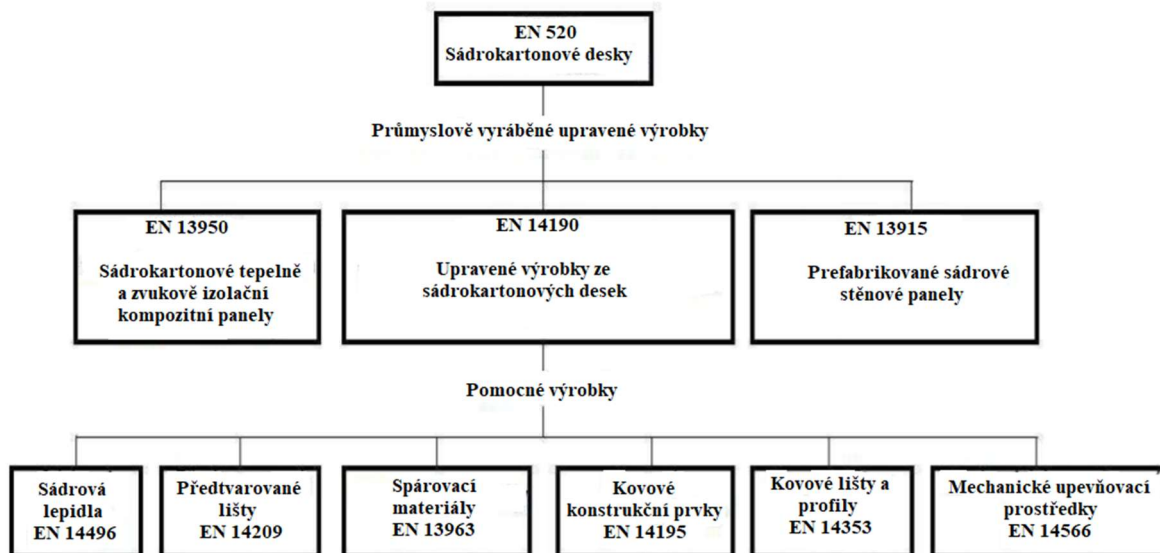
Dle použití je sádra rozdělována na sádru na stavební, technickou a modifikovanou. Stavební sádra slouží k výrobě omítek, stavebních dílců, sádrokartonových desek atd. Technickou sádru lze využít především pro tvorbu sádrových forem v keramickém průmyslu. Modifikovaná sádra je taková, do které byly přidány přísady (struska, cement) pro zlepšení vlastností jako např. zpracovatelnost nebo přilnavost. [13][24][25]

Sádrokartón

Jedná se o nejpoužívanější sádrový výrobek ve stavebnictví. Používá se především pro stavbu příček, kdy se mezi dvě sádrokartonové desky umístí tepelně izolační vrstva např. minerální vata. Sádrokartonových desek je více druhů a jsou rozdělovány dle způsobu využití. (viz. obr. č. 6). Sádrokarton je dle normy ČSN EN (723611) 520 Sádrokartonové desky – Definice,

požadavky a zkušební metody, definován jako „deska ze sádrového jádra, ke kterému je po stranách připevněn trvanlivý papír (kartón)“. [13]

Obrázek č. 6: Typy sádrokartonových desek



Zdroj: [13]

Sádrokartonové desky je možno dále dělit dle jejich barev:

- **bílá** – základní, slouží k opláštění interiérů (stropů a příček),
- **červená** – deska se zvýšenou protipožární schopností, která je dosažena rozptýlením skelné výztuže v sádrovém jádru desky,
- **modrá** – akustická protipožární deska, používá se pro zvýšení akustického útlumu,
- **zelená** – impregnovaná sádrokartonová deska, používá se v interiéru se zvýšenou vlhkostí.

4.3.8 Jiné stavební a demoliční odpady (17 09)

Do této kategorie patří:

- odpady obsahující rtuť (17 09 01),
- stavební a demoliční odpady obsahující PCB (polychlorované bifenylly) (17 09 02) tyto látky jsou škodlivé a karcinogenní,

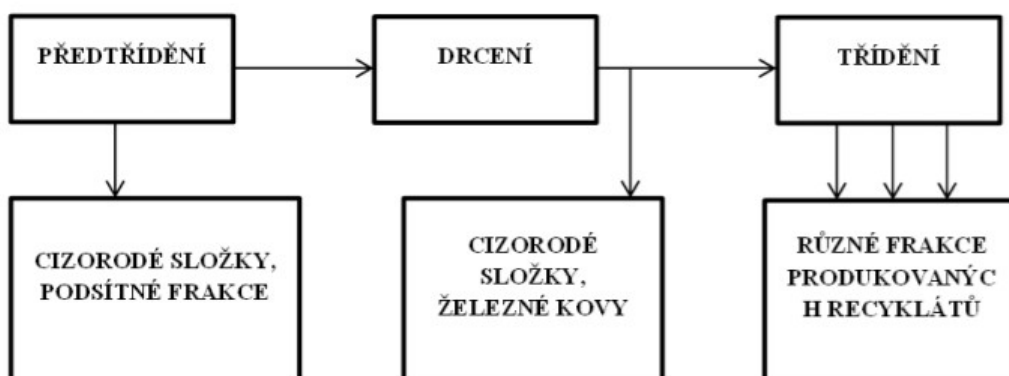
- jiné stavební a demoliční odpady (včetně směsných stavebních a demoličních odpadů) obsahující nebezpečné látky (17 09 03),
- směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod čísly (17 09 01), (17 09 02) a (17 09 03) O (17 09 04).

5 Metody a zařízení používané při zpracování stavebního odpadu

Následující kapitola se zabývá jednotlivými částmi technologických linek, které se používají při zpracování stavebního odpadu. Jsou zde uváděny a porovnávány způsoby zpracování jednotlivých druhů materiálů, které se nacházejí ve stavebním odpadu.

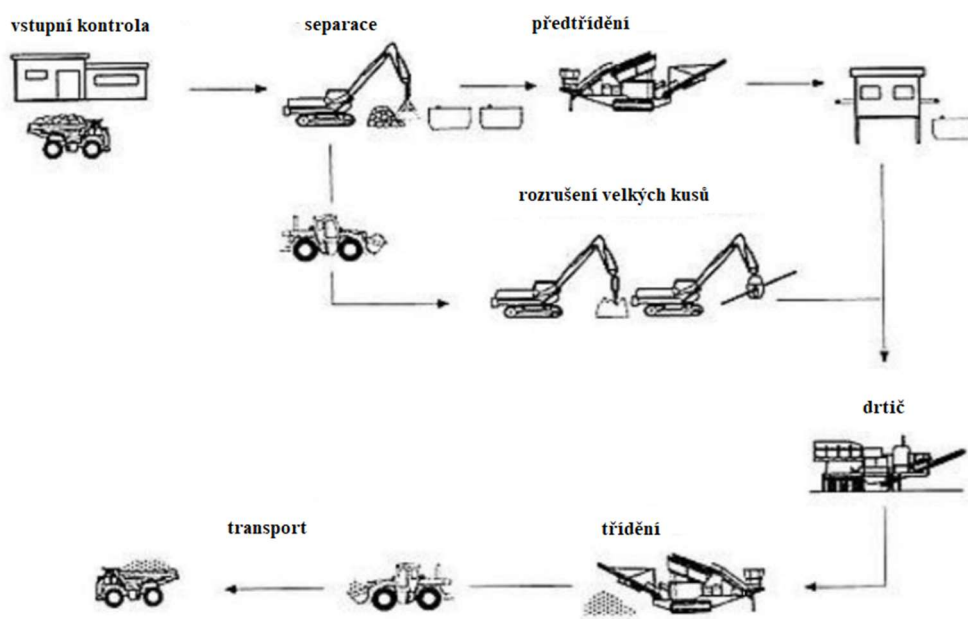
Předtím, než se stavební a demoliční odpady znovu použijí, je nutné je vytržít a upravit, aby se zajistila jejich vysoká a trvalá kvalita. Pro získání kvalitního materiálu je nutno dodržet správný technologický postup, zvolit vhodnou formu demolice a třídění. Třídíč oddělí materiál vhodný k dalšímu použití. Nejzásadnější kritéria třídění vhodného a nevhodného odpadu jsou objemová hmotnost látek, odvalové chování a magnetické vlastnosti materiálu. Nejefektivnějším způsobem třídění stavebních odpadů je jeho předtřídění již na místě vzniku. Tento postup je technologicky nejjednodušší a nejlevnější. Zásadním krokem je oddělení kontaminovaných materiálů od nekontaminovaných materiálů a oddělení cizorodých složek (dřevo, papír, sádkartón, asfalt, papír, kovy). (viz. obr. č. 7 a č. 8). Zbylý stavební odpad, zejména minerální suť, by měl být rozdělen na jednotlivé složky, kterými jsou cihelná suť, betonová suť a výkopová zemina. Jako poslední jsou odstraňovány rozměrné kusy, které jsou následně drceny na menší frakce. [26][27]

Obrázek č. 7: Příklad technologické návaznosti typického zařízení pro recyklaci SDO



Zdroj: [26]

Obrázek č. 8: Schéma technologického procesu linky pro recyklaci SDO



Zdroj: [26]

5.1 Druhy recyklačních souprav stavebního odpadu

Recyklační soustavy jsou používány pro částečné roztrídění stavebního a demoličního odpadu. Ten je následně přímo využit na stavbě, nebo dále zpracováván. V současnosti jsou používány drtiče mobilní nebo stacionární. Ve větší oblibě jsou díky možnosti přemístění mobilní drtiče. Soupravy fungují na bázi tří základních technologií, předtřídění, drcení a následné drcení. (viz. obr. č. 7). Po nich může nastat další sekundární třídění a drcení. V budoucnu je možnost přidat další třídící a čistící operace jako je separace lehkých prachových částí nebo praní. [26][27]

Třídící soupravy mají následující základní uspořádání:

- přijímací násypka na odpad,
- sítový rošt, na kterém dochází k propadu jemných částí jako je písek či hlína na pásový dopravník,
- pásový dopravník, kterým je jemný materiál dopraven mimo soustavu na skladovací plochu,

- drtič (rotační, odrazový, kuželový, čelistový), ve kterém se drtí materiál, který nepropadnul pásovým dopravníkem,
- magnetický separátor, který separuje kovové části odpadu,
- haldový dopravník, který dopravuje zbývající materiál na skládku.

V České republice převažují pro třídění stavebního materiálu mobilní soupravy. [26][27]

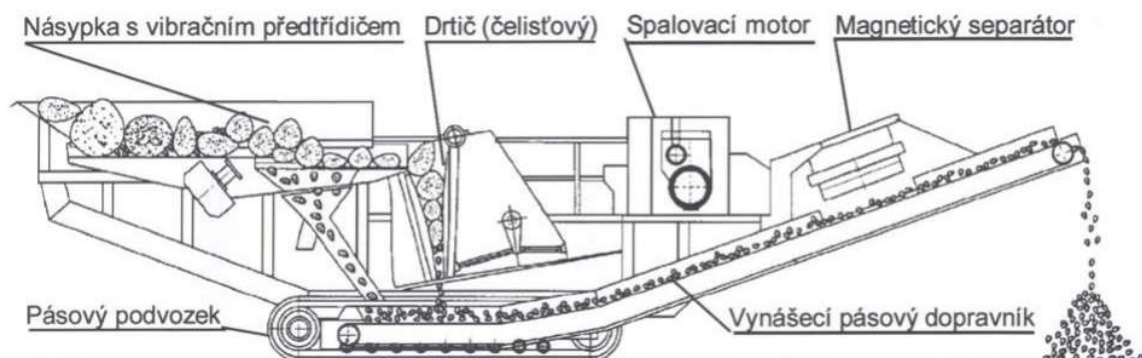
5.1.1 Mobilní soupravy

Mobilní drtiče patří v České republice k těm nejpoužívanějším. Používají se přímo na místě stavby nebo demolice. Ze začátku byly tyto stroje velké a byly často umístovány na různé přívěsy a návěsy nebo do kontejnerových rámců. Vzhledem k problémům s tímto řešením, kdy musel být materiál k takovýmto drtičům dopravován mnohdy až stovky metrů, se dnes mobilní drtiče vyrábí na samojízdném podvozku. Ten může být kolový nebo pásový. Ten pásový se upřednostňuje zejména díky lepší průchodnosti terénem. Stroj funguje na stejném principu jako většina drtičů (viz obr. č. 9). Materiál je tedy dopraven na síťový rošt, na kterém dojde k prvotnímu třídění jemných částí a prachu. Ty jsou příčným pásovým dopravníkem odvedeny pryč a skladovány. Zbýlý materiál putuje do drtiče, ve kterém se rozdrťí na menší frakce a přes magnetický separátor je pásovým dopravníkem odveden na skladovací haldu. [27]

Výhody mobilních soustav jsou především:

- snadná manipulace,
- menší náklady na transport stavebního a demoličního odpadu,
- možnost znovupoužití soustavy na jiných stavbách,
- průchodnost terénem při použití pásových mobilních linek.

Obrázek č. 9: Uspořádání mobilního drtiče



Zdroj: [26]

5.1.2 Semimobilní soustavy

Semimobilní jednotky jsou pro manipulaci na menší vzdálenosti vybaveny ližinami. (viz. obr. č. 10) Je tedy možné je na malou vzdálenost přemístit tažením. Princip funkce je stejný jako u mobilních drtičů.

Obrázek č. 10: Semimobilní drtič



Zdroj: [28]

5.1.3 Stacionární soustavy

Oproti mobilním nebo semimobilním soustavám, mají stacionární soupravy větší výkon, jsou tedy schopny zpracovávat větší množství a lepší kvalitu stavebního a demoličního odpadu. Zároveň díky svému umístění ve vhodných lokacích (uzavřený lom) jsou šetrnější k životnímu prostředí. Vzhledem k jejich velké pořizovací ceně, je nutné zajistit kontinuální přísun stavebního a demoličního odpadu a zároveň zajistit dostatečný prostor pro skladování již vytríděného odpadu. Z těchto důvodů jsou stacionární soustavy provozovány hlavně v rámci velkých aglomerací. Pokud jsou vyšší nároky na životní prostředí či na čistotu materiálu, mohou být soupravy vybaveny soupravou pro mokré třídění, ve kterém je materiál propírán v pracím zařízení. V pracím zařízení dochází k propraní materiálu pomocí proudu vody s následným vyplavením všech nežádoucích látek (např. částic papíru, dřeva či plastů). Dalšími opatřeními pro zvýšení ochrany životního prostředí jsou instalace prachových filtrů, tlumičů hluku a protihlukových stěn. Pro snížení prašnosti je materiál po dobu manipulace průběžně zvlhčován. Použitá voda je poté recyklována a vrací se zpět do oběhu. Z tohoto důvodu jsou v objektech se stacionárními soupravami umístěny nádrže a technologie pro čištění vody. [26]

5.2 Hlavní části technologických linek

Drcení a třídění jsou hlavní technologické procesy při úpravách a recyklaci stavebních a demoličních odpadů. Většinou jsou sestaveny v jedné technologické lince, jen zřídkakdy se objevují samostatné drtiče a třídiče. Nejdražší z celé linky jsou díky míře opotřebení drtiče.

5.2.1 Drtiče

Drcení patří mezi nejdůležitější úkon při úpravě stavebního a demoličního odpadu a lze jej definovat jako zničení pevné látky za účelem vytvoření jiné frakce. Drtič volíme především na základě mechanických vlastností drceného materiálu, pro jaký účel budeme vytvořený recyklát nadále používat a jaké by měl mít vlastnosti. Volbou drtiče je výrazně ovlivňována kvalita výsledného recyklátu. Pro drcení stavebního odpadu jsou nejčastěji používány drtiče čelist'ové, kuželové a odrazové. [26][29]

a) Čelist'ové drtiče

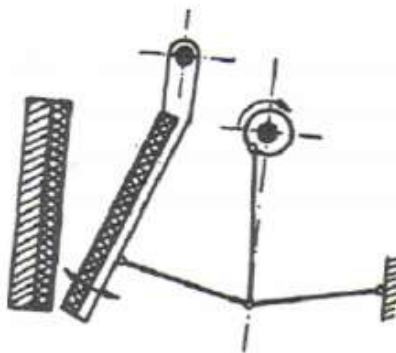
Čelist'ové drtiče jsou používány zejména pro hrubé a střední drcení houževnatých surovin s pevností v tlaku do 400 MPa. Čelist'ový drtič funguje na principu tlaku, kdy je materiál drcen, popřípadě lámán, nebo roztírán mezi pevnou a pohyblivou část drtiče. Pohyblivá část se pohybuje pomocí tlaků lomené páky. Když se pohyblivá čelist oddaluje od pevné, může drcený materiál postupovat směrem dolů k výpustné šterbině. Ta má nastavitelnou šířku, čímž se reguluje výsledná frakce materiálu. V čelist'ovém drtiči se nedoporučuje zpracovávat lepidlo (např. asphalt), neboť může docházet k ucpání. Díky optimálnímu tvaru vstupního otvoru mají čelist'ové třídiče výhodu při zpracování velkých kusů kameniva.

Čelist'ové drtiče jsou rozdělovány na jednovzpěrné a dvojevzpěrné. [30]

Dvojevzpěrné čelist'ové drtiče

U dvojevzpěrného čelist'ového drtiče probíhá drcení v klínovém prostoru mezi stacionární a pohyblivou částí. Materiál je drcen rozmačkáním. (viz. Obr. č. 11) Dvojevzpěrný čelist'ový drtič slouží převážně k drcení velmi pevných abrazivních materiálů. [30]

Obrázek č. 11 Princip funkce dvojevzpěrného čelist'ového drtiče

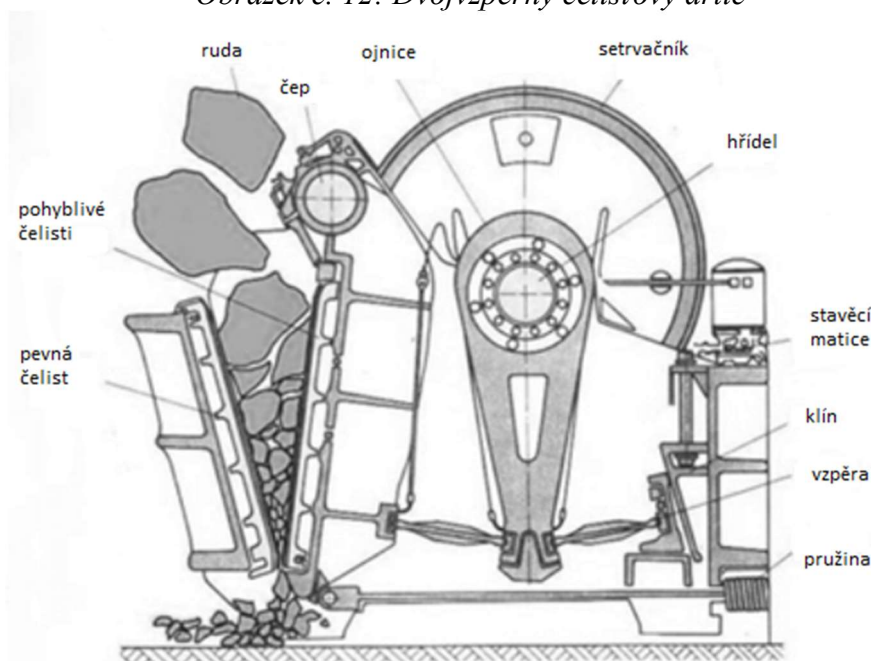


Zdroj: [30]

Při drcení se vstupní otvor drtiče střídavě roztahuje a zužuje, díky čemuž mohou kusy drceného materiálu postupně klesat až ke spodní šterbině. Šířku výpustné šterbiny je možno regulovat klínem. Materiál se drtí pouze v období, kdy se pohyblivá část přibližuje ke stacionární části. Ve zbylém období se čelist vrací nazpátek a drtič nevykonává práci, díky čemuž vzniká nerovnoměrný odběr energie a je nutno jej vyvažovat těžkými setrvačníky, které jsou situované po obou stranách drtiče (viz obr. č 12). Díky této vlastnosti vznikají otřesy a chvění, které je

zapotřebí vyvážit těžkou základnou, která může dosahovat až dvacetinásobku váhy drtiče. Vzpěrné desky kloubového převodu mají funkci pojistky, kdy zabraňují vniknutí nedrtitelných materiálu do drtiče. Jsou vyrobeny ze skořepové litiny, která není těžká na výrobu a snadno se vymění. Pokud do drtiče vniknou ocelové úlomky, litinová deska praskne a zabrání tak zničení rámu drtiče.

Obrázek č. 12: Dvojvzpěrný čelistový drtič



Zdroj: [26]

Jednovzpěrné čelistové drtiče

U jednovzpěrného čelistového drtiče probíhá drcení materiálu ve stejném prostoru jako u dvojvzpěrného, ale liší se pohybem. Pohybující se čelist se nepohybuje pouze dopředu a dozadu, ale také nahoru a dolů. Drcení je tak dosaženo mačkáním a roztíráním materiálu. (viz. obr. č. 13). Výhodou jednovzpěrných drtičů je možnost získávání hraněné drti s dobrým tvarem zrna, které následně nachází uplatnění jako granulátory. Využití najde také pro drcení středně tvrdých materiálů o menší velikosti. Své uplatnění nachází především v lomech a šterkovnách. [30][31].

Obrázek č. 13: Princip jednovzpěrného drtiče

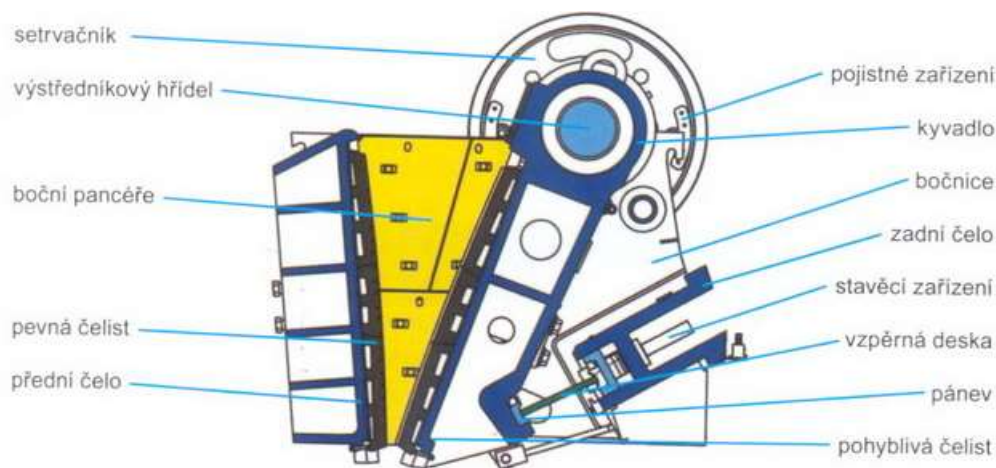


Zdroj: [30]

Jednovzpěrné drtiče jsou poháněny dvěma setrvačníky, které jsou umístěné na výstředné hřídeli. Pohon z motoru je na drtič přenesen klínovými řemeny. Motor musí být navrhnut na nejvyšší možné zatížení. Výkonost drtiče závisí na počtu otáček. Čím je počet otáček vyšší, tím je vyšší i výkon drtiče. Hřídel je situována v bočnicích stojanu a nese kyvadlo. Na horní hraně čelisti tak nastává kruhový pohyb. (viz obr. č. 14) Provozujeme-li jednovzpěrný drtič s malou výstupní šterbinou, dochází k velkému opotřebení čelistí u vstupu.

Stejně jako u dvojevzpěrného drtiče i zde se nachází vzpěrná deska plnící funkci pojistky proti zničení drtiče. Pokud se do drtiče dostane nežádoucí nerozdrtitelný odpad, vzpěrná deska praskne. [32]

Obrázek č. 14: Jednovzpěrný čelistový drtič



Zdroj: [33]

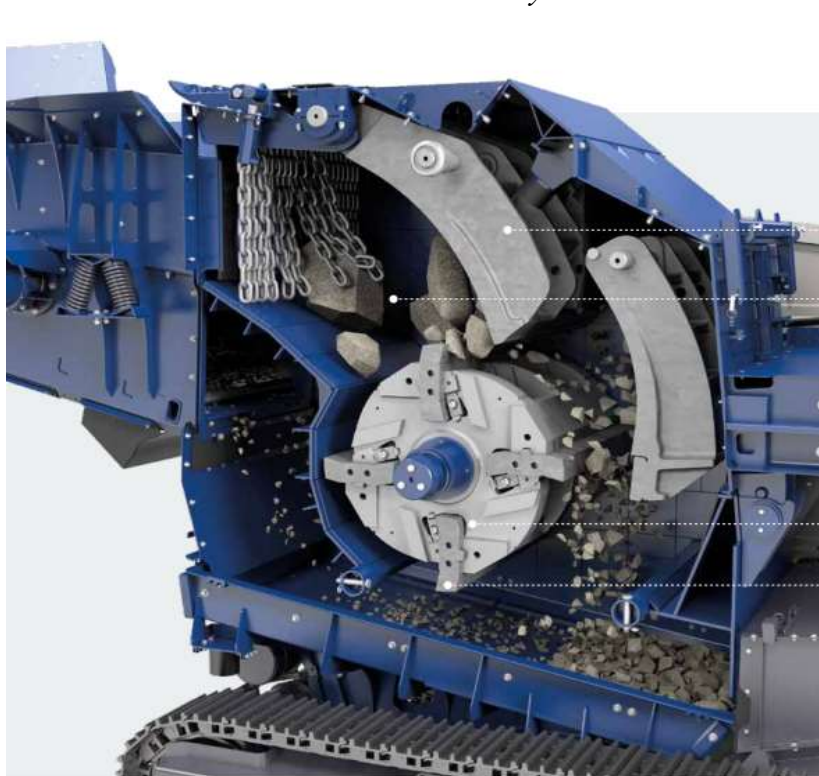
b) Odrazové drtiče

Odrazový drtič je tvořen skříní a komorou s vodorovně uloženou hřídelí s motorem, na které jsou uloženy drtící lišty. Díky rychlému otáčení rotoru naráží lišty do drceného materiálu, čímž jej vrhají proti odrazové desce. Materiál se odrazí od odrazové desky zpátky na drtící lišty. Tímto procesem dochází k rozmělnění materiálu. Proces se opakuje, dokud materiál neopustí drtící komoru. Obvodová rychlost se pohybuje od 10 m/s do 70 m/s. Drtící lišty bývají souměrné, aby pokud dojde k poškození jedné strany, je možné lištu otočit a využít tak druhou neporušenou stranu. Aby nedocházelo k vnikání netříditelných materiálu do drtiče, je nutné před odrazový drtič umístit odlučovač.

Odrazové drtiče nacházejí své uplatnění pro sekundární drcení tvrdého kamene. Odrazovým drtičem je oproti čelíťovému drtiči lépe regulována velikost drceného zrna a výsledný materiál je kvalitnější a stejnorodý. Nevýhodou odrazových drtičů je větší prašnost, hlučnost a vyšší provozní náklady, hlavně díky opotřebení drtících lišt.

Drtiče se liší rychlostí otáček, rozměry a materiálem drtících lišt a typy odrazových desek.[26][32][31]

Obrázek č. 15: Odrazový drtič

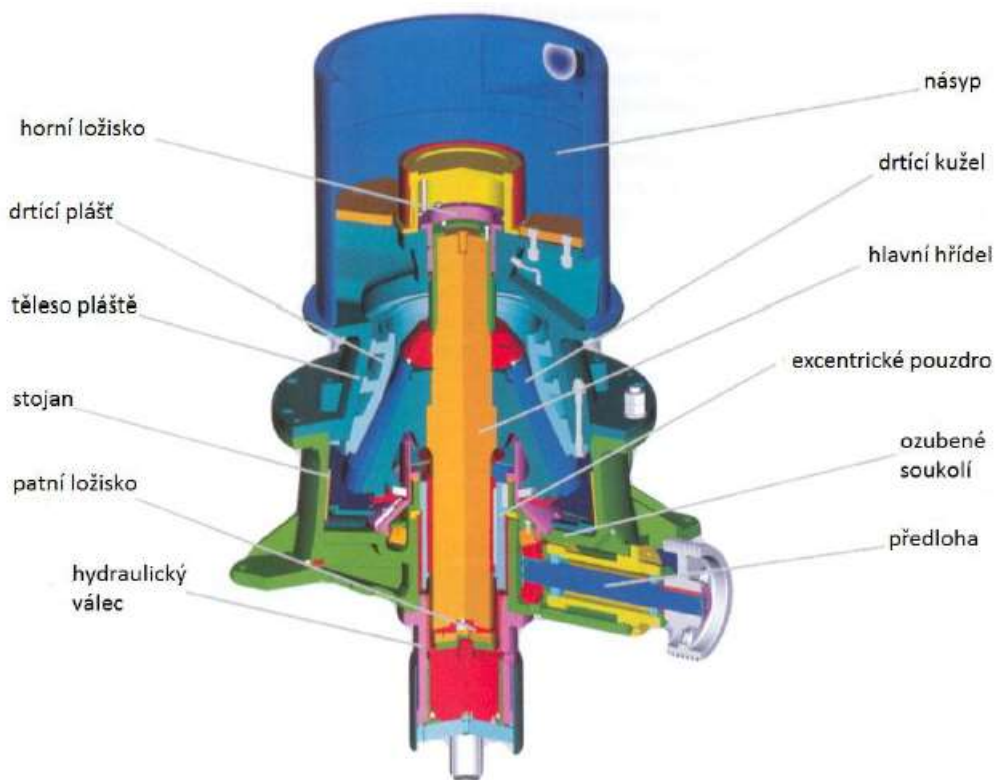


Zdroj: [34]

c) Kuželové drtiče

V kuželových drtičích probíhá drcení materiálu v oblasti mezi otáčejícím se drtícím kuželem a obvodovým pláštěm drtiče. Kuželové drtiče se dělí podle typu konstrukce na drtiče se zavěšeným nebo podepřeným kuželem. Používají se výhradně ve stacionárních recyklačních linkách k sekundárnímu a terciálnímu třídění. Jsou schopné drtit ty nejtvrší materiály jako je např. křemen a žula a díky jednoduchému nastavení drtící štěrby jsou schopny hrubého i jemného drcení Jsou jednoduché na obsluhu a údržbu. [31][32]

Obrázek č. 16: Kuželový drtič v řezu



Zdroj: [35]

5.2.2 Třídíče

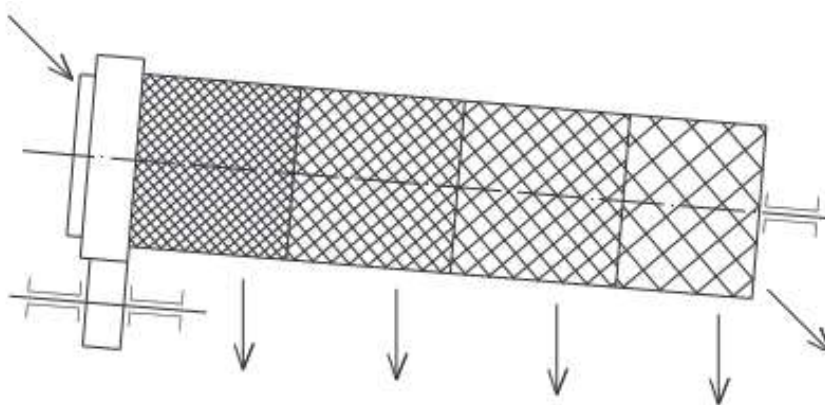
Třídíče jsou stroje používané pro třídění materiálu. Tříděním je rozdělován rozdrčený nebo natěžený materiál pomocí systémů sít a roštů na jednotlivé frakce. Tříděním není rozdělován materiál podle jeho vlastností, ale podle jeho velikosti. Jedná se o hlavní nebo pomocné pracovní pochody. Hlavním pracovním pochodem např. ve vápencových dolech je třídění. Tady je čistota materiálu daná a tudíž z něj není potřeba separovat nečistoty. [31][32]

Pro třídění stavebních a demoličních odpadů se používají zejména mechanické třídíče. Ty mají rošty a síta s odlišnou velikost mezer a otvorů. Propadlý materiál se nazývá podsítnou frakcí. Materiál, který nepropadnul je pak frakcí nadsítnou. Nejčastějšími příklady jsou třídíče bubnové a vibrační. [26][31]

a) Bubnové třídíče

Bubnový třídíč je tvořen ocelovým bubnem s podélnou osou rotace se sklonem 3-6°. Stěny bubnu jsou tvořeny sítí s rozdílnou velikostí ok. Materiál postupuje díky sklonu třídíčem a postupně se dělí na jednotlivé frakce. Pohon bubnu zajišťuje ve většině případů elektromotor. (viz. obr. č. 17) [26]

Obrázek č. 17: Princip bubnového třídíče



Zdroj: [30]

b) Vibrační třídíče

„Používají se pro třídění zrnitých nelepivých zrnitých materiálů a jejich rozdělení na 3-5 frakcí. Jsou obvykle vybaveny řídicím systémem s blokem stejnosměrného brzdění, které umožňuje eliminaci nepříznivých rezonančních vlivů při rozběhu a doběhu stroje. Mají 1 až 3 třídící plochy, které jsou ve skříni uloženy pomocí napínacích lišt. Třídíče jsou uloženy na otočných pružných podpěrách, umožňující nastavení sklonu třídíče. Vibrační pohyb je buzený elektrickými vibromotory, nebo u větších třídíčů nevyvázkovými blokovými budiči. Konečný vibrační pohyb je přibližně kruhový.“ [32] Příklad řešení (viz obr. č. 18)

Obrázek č. 18: Vibrační třídíč



Zdroj: [36]

c) Roštové třídíče

Roštové třídíče je možné rozdělit na třídíče s pohyblivým roštem nebo s pevným roštem. Pevné rošty jsou obvykle tvořeny roštnicemi, (nejčastěji z ocelových tyčí) rozměr zrna pak udává mezera mezi jednotlivými tyčemi, která se ve směru pohybu materiálu zužuje, aby mohl nastat volný propad materiálu dle velikosti. Rošty jsou konstruovány ve spádu obvykle 25 až 45°, materiál se tedy pohybuje samospádem. Vzhledem ke směru vstupu materiálu se třídíče dělí na podélné a příčné. Výhodou pevného roštu je jeho jednoduchá konstrukce.

Mezi pohyblivé roštové třídiče pak patří například i pásový rošt. Principem pásového roštu je dlouhý, nekonečný pás, tvořený otáčejícími se tyčemi, které mají mezi sebou různé mezery. Výhodou pohyblivých roštů je, že nedochází k jejich ucpávání.

6 Využití stavebního odpadu

Tato kapitola se zabývá možnostmi využití vzniklých recyklátů. K čemu je možné je použít a proč je to výhodné.

Recyklace stavebních a demoličních odpadů je nedílnou součástí demoličních prací v České republice i Evropské unii. Čím dál častěji se recykláty objevují na stavbách jako náhrada stavebního kamene. [37]

V České republice se k materiálům vyrobených z recyklátů přistupuje mnohdy s nedůvěrou. Přestože je využití recyklovaného stavebního odpadu zapsáno v řadě norem a předpisů, stále chybí jednoduchý a nekomplikovaný seznam řízení jejich kvalit. I když se v České republice trend používání recyklovaných materiálů zvyšuje, velká část z nich stále nenachází uplatnění. To se týká především cihelných recyklátů, které se často v recyklačních centrech hromadí. Cihelný recyklát je v České republice z velké části používán pouze na zásypové práce, a ne na tvorbu nových např. prefabrikovaných stavebních prvků. Recyklace by měla v první řadě chránit přírodní zdroje, které nejsou nevytěžitelné, neplýtvat energií při tvorbě nových stavebních materiálů, omezovat vznik odpadů a neposlední řadě chránit životní prostředí opětovným využitím již vyrobeného stavebního materiálu. Z těchto důvodů je na recyklaci stavebních materiálů zaměřena pozornost zejména Ministerstva životního prostředí. I z ekonomického hlediska je výhodné používat recyklovaný materiál všude tam, kde je to technicky možné. Jejich používáním v praxi tak dochází ke snížení materiálových a energetických zdrojů, dochází ke zmírnění dopadů na životní prostředí a snížení celkových nákladů na stavby.[38]

6.1 Využití betonového recyklátu, cihel a keramického odpadu

a) Betonový recyklát

Betonový recyklát je používán jako náhrada přírodního kamene pro výrobu nového betonu, jako plnivo do betonu, anebo v podkladních vrstvách vozovek. Své využití najde také ve výrobě prefabrikovaných betonových tvarovek. Ty se používají např. jako dlaždice pro dlažby, obrubníky, žlaby, betonové tvarovky pro terénní úpravy atd.

Pro použití betonového recyklátu jako kameniva do betonu je nutná kontrola vlastností drceného betonu. Vzniká-li velký podíl zrn frakce 0-4, výsledný beton má menší pevnost a hůře odolává mrazu. Drcený beton má přibližně stejnou hmotnost jako přírodní kamenivo ale menší objemovou hmotnost. Při použití betonového recyklátu místo kameniva se snižuje pevnost v tlaku betonu zhruba o 10 až 15 % a zvyšuje se nasákavost materiálu. Z tohoto důvodu je vhodné používat tvarovky z recyklovaného betonu například v zahradní architektuře. [39]

b) Cihelný recyklát

Cihelný recyklát je obvykle produkován ve třech frakcích (0-16 mm, 16-32 mm a 32-80 mm). Vyznačuje se vysokou nasákavostí a nižší pevností v tlaku. V největší míře je používán jako zásypový materiál. Kvalitní recyklát je používán jako plnivo do cihlobetonu, který slouží pro lehčené nenosné konstrukce. Recyklát s menší frakcí (0-4 mm) nachází využití při tvorbě maltovin, ve kterých plní funkci plniva a zlepšuje tepelně izolační vlastnosti. Spolu s keramickým recyklátem jako jsou zlomky střešních tašek se cihelný recyklát používá pro výrobu antuky. Je zde kladen důraz na čistotu a složení materiálu. Antuka se hojně používá jako povrch tenisových a u nás taky volejbalových a nohejbalových venkovních hřišť. [26][40]

6.2 Využití odpadního dřeva, skla a plastů

a) Dřevo

Pokud jsou dřevěné konstrukční prvky pečlivě demontované, je možné je znova použít jako celek. Pokud toto není možné, nabízí se možnost výroby třísek a hoblin, které jsou využívány při výrobě dřevotřískových desek, dále jako plnivo do betonových směsí a keramických cihelných tvárnic, kde plní funkci termoizolace. [41]

Pokud už nelze dřevěný odpad dále využít, nachází své uplatnění při výrobě briket a pelet nebo přímo jako palivo elektráren, kde nahrazuje jiná fosilní paliva a poskytuje tak čistší energii. [42]

b) Plast

Nejvíce používaným typem plastu ve stavebnictví je PVC. Z velké části je používáno zejména pro trubní rozvody pitné vody, teplé vody, kanalizační přípojky apod. Takto použité PVC má

dlouhou životnost přibližně 50 let, takže jeho zastoupení ve stavebních odpadech je zatím relativně malé. I tak je možné PVC recyklovat. Po vytřídění a odstranění nečistot se PVC mele na jemný prach. Ten je používán pro výrobu vícevrstevných PVC trubek. Kdy vnitřní a vnější stěna je vyrobena z panenského PVC a jádro trubky z recyklovaného materiálu. Trubky mají vysokou tuhost vzhledem ke své hmotnosti. Jsou vyráběny v rozměrech 125-500 mm při využití 60% recyklovaného PVC.[43]

Recyklované stavební plasty jsou dále využívány pro výrobu střešních tašek, lehčeného betonu, plastových oken apod. [44]

c) Sklo

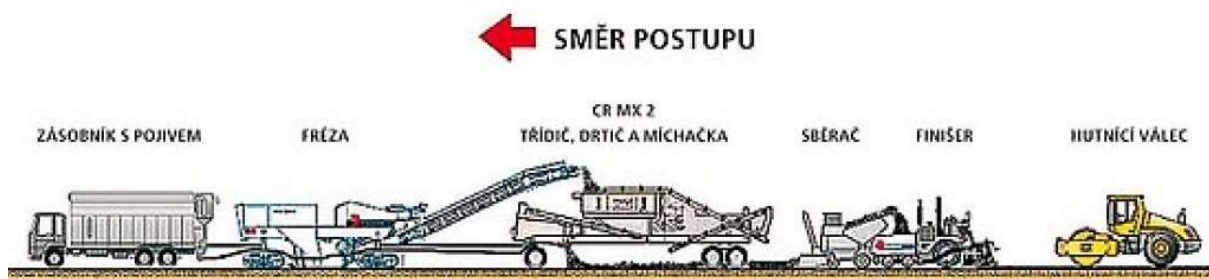
Sebrané sklo určené k recyklaci slouží především k výrobě nového skla, jelikož skleněný recyklát je velice dobře přetvářen na nový výrobek. Ze skleněného recyklátu jsou vyráběny např. izolační hmoty nebo filtrační materiály. Dalším příkladem využití je pěnové sklo, které funguje jako izolační materiál. Je složeno z malých uzavřených skleněných buněk, které zabraňují prostupu studeného vzduchu a vody a zajišťují, že materiál nepromrzne. K dalším možnostem použití skleněného recyklátu jsou protipožární izolace, nebo izolace formou pěnového skla, které jsou používány i k drenáži staveb (základové desky, podlahy, stropy), a nebo také k odlehčení půdy, ke stabilizaci a odvodnění svahů při budování silnic a inženýrských staveb. [15]

6.3 Využití odpadu z asfaltu a dehtu

Recykláty asfaltu jsou používány z důvodu ochrany životního prostředí a zachování udržitelného rozvoje. Jsou uplatňovány, pokud je recyklace technicky možná a ekonomicky výhodná. V České republice se věnuje pozornost především R-materiálu, což je recyklát, který vzniká při frézování starých vozovek. Snahou je navrhnout asfaltové směsi s nejvyšším možným podílem R-materiálu. Složka R-materiálu má dnes v asfaltové směsi podíl přibližně 20-40%. Asfalt je recyklovatelný jak za horka tak za studena.[41]

Při recyklaci za studena vzniká asfaltová směs z předem připravovaných vstupních surovin a používá se zejména při stavbě vozovek, kdy lze vyfrézovaný asfaltový materiál okamžitě znovu použít. Provádění recyklace vozovek je založeno na vhodně sestavené soupravě strojů, kterou tvoří silniční fréza, stroj CRMX 2, sběrač směsi, finišer, popř. grader a těžké hutnicí válce. Součástí tohoto „vlaků“ jsou také zásobníkové cisterny na hydraulické přísady, asfaltovou emulzi a vodu (viz obr. č. 19). Tato technologie opravy silnic je výhodná především pro silnice 2. a 3. třídy, městské komunikace a zpevněné plochy. [41][45]

Obrázek č. 19: Recyklace za studena na místě



Zdroj: [45]

Technologie recyklace za horka slouží k opravám ložních nebo podkladních vrstev asfaltových vozovek pozemních komunikací v případě, kdy jsou spodní vrstvy vozovky bez závad. Nejčastější varianty úpravy materiálu za horka jsou dvě. Při té první dochází k přetváření a jakostnímu vylepšení stávající vrstvy asfaltové vozovky pouze z recyklovaného materiálu. U druhé varianty je do přetvarované vrstvy navíc vtlačována nová obrusná vrstva. Strojní sestava je tvořena předehřívací asfaltu, remixérem a vibračními válci. [46]

6.4 Využití odpadních kovů

Mezi kovový stavební odpad nepatří pouze čisté železo, ale také jeho slitiny, litina, ocel, neželezné kovy apod. Je proto nutné odpad nejprve protřídit a teprve poté ho technologicky zpracovávat. Kovový odpad se třídí na základě chemického složení. Pro jeho další využití je nutno kovový odpad roztavit a následně zpracovat pro jeho další využití. Výroba kovů z kovového odpadu je upřednostňována, z důvodu nižších prvotních výrobních nákladů. Při výrobě železa z odpadu jsou ušetřeny až 4 tuny železné rudy a 2 tuny černého uhlí. Pro recyklaci kovových materiálů jsou používány postupy jako je stříkání, lisování, briketování, kryogenní drcení apod. [47]

6.5 Využití odpadní zeminy a kameniva

Výkopová zemina tvoří přibližně 70 % všech stavebních a demoličních odpadů. Z ekonomického hlediska je proto důležité správné zacházení s touto surovinou. Uplatnění nachází zejména při zásypech či revitalizaci terénu v okolí staveb. [48]

Odpadní kamenivo je po správném vytrídění používáno jako zásypový materiál, podkladový materiál pod železniční tratě, nebo pro tvorbu opěrných a protihlukových stěn (gabionů).

7 Zhodnocení vybraných způsobů zpracování a využití stavebního odpadu

Tato kapitola se zabývá zhodnocením způsobu recyklace stavebních a demoličních materiálů. Posuzováno je ekonomické a technické hledisko, způsob využití materiálu, vliv na životní prostředí a zachování udržitelného rozvoje.

7.1 Reálné zkušenosti stavební firmy s recyklační linkou

Stavební firma A se zabývá projekcí a realizací staveb a současně i recyklací stavebního materiálu. Recyklát následně využívá pro vlastní stavební účely, nebo pro následný prodej. Třídění a drcení stavebního materiálu neprobíhá kontinuálně, ale periodicky, cca jednou za rok. Firma proto z ekonomického hlediska nevlastní žádnou mechanizaci (třídíče nebo drtiče) a tato, zařízení si půjčuje. Z materiálů, které se zde recyklují má největší zastoupení beton, popřípadě stavební suť. Z betonu se nejdříve vyseparuje výztuž a dále je beton drcen a tříděn na frakce 0-8 mm a 8-64 mm. Výztuž se skladuje samostatně, pro účel prodeje do sběrného dvora. Než se tak stane, je nutné jí ručně očistit od zbytků betonu, protože jinak je neprodejná a bylo by nutné jí skládkovat. Betonový recyklát nachází využití zejména v zásypech při terénních úpravách. Při tvorbě recyklátu firma bere ohledy na okolní prostředí a snaží se minimalizovat hlučnost a prašnost.

Některé stavební prvky, které jsou po demolicích znovu použitelné, firma nerecykluje, ale vytrídí a dále nabízí do bazarového prodeje (např. kamenivo, nerozbitá střešní krytina (tašky), betonové dlaždice, dřevěné trámy apod.).

7.2 Zhodnocení využití odpadního betonu, cihel a keramických výrobků

Recyklát, který vznikne z betonu, cihel a keramických výrobků se nejčastěji používá na zásyp a revitalizaci terénu v okolí staveb. Pokud se zvýší nároky na kvalitu, je nutné materiál dále třídít například pro výrobu antuky nebo jiné speciální využití. Další možností je vytríděný

materiál zpracovat drcením a cihelné a betonové drtě použít pro výrobu nových konstrukčních prvků.

Recyklace betonových a cihelných materiálů je u nás i ve světě na vzestupu. Hlavním důvodem jsou jen o něco horší mechanické vlastnosti stavebních prvků vyrobených z recyklovaných materiálů a levnější výroba oproti výrobě z prvotních surovin. Dalším, důležitým aspektem je minimalizace tvorby skládek.

7.3 Zhodnocení využití odpadního dřeva, plastů a skla

Dřevěný recyklát je nejčastěji používán na výrobu třísek a hoblin pro výrobu dřevotřískových desek, tepelně izolačních tvárnic pelet a briket. Nebo je dřevěný recyklát používán jako palivo pro tepelné elektrárny. Pokud jsou dřevěné prvky pečlivě demontovány a nedošlo ke znehodnocení jejich vlastností, je opět používán ke konstrukčním účelům.

Recyklace plastů je technicky náročná ale ne nemožná. Z plastových materiálů nachází největší uplatnění právě PVC, které je možné po rozemletí na jemné částice recyklovat pro výrobu PVC trubek nebo podlahovin. Jiné plastové materiály se recyklují hůře, zejména kvůli přidaným látkám, které recyklaci znemožňují. Končí tedy většinou na skládkách a spalovnách. Nové metody recyklace těchto materiálů se stále hledají.

Recyklát skla je využíván především pro tvorbu zcela nových skleněných výrobků. Před zpracováním skla je nutné důkladné třídění. Skleněný odpad je možné dále zpracovat např. pro výrobu izolačních hmot.

7.4 Zhodnocení využití odpadních asfaltových směsí a dehtu

Recyklace asfaltových směsí a dehtu se dnes využívá ve velké míře zejména z hlediska ochrany životního prostředí a ekonomiky. Často používaná recyklace za studena má výhodu v rychlosti provedení práce a nízkých nákladů na prvotní surovinu. U recyklace za tepla je recyklovaný materiál zpracován přímo na místě demolice je snížena nutnost dodávání materiálu nového. Nevýhodou tohoto procesu je vysoká cena recyklačních strojů.

7.5 Zhodnocení využití odpadních kovů a jejich slitin

Využití odpadních kovů a jejich slitin je ve stavitelství problematické, jelikož odpad z tohoto materiálu je ve větší míře poškozen, a tudíž nevhodný k opětovnému přímému použití. Proto se nejčastěji svažuje na skládky, ze kterých putuje znovu do hutních a slévárenských průmyslů, kde je využíván pro tvorbu nových materiálů. Tento proces je ekonomičtější a šetrnější k životnímu prostředí, jelikož má menší požadavky na kvantitu prvotních surovin jako je železná ruda a černé uhlí.

7.6 Zhodnocení využití odpadní zeminy, kamení a vytěžené hlušiny

Recyklace výkopových materiálu není technicky náročná a je možné tyto materiály rovnou použít jako zásypový materiál. V případě následného protřídění a rozdělení na jednotlivé materiály a frakce, může najít své využití ve výrobě nových konstrukčních prvků. Odpadní zemina a kamenivo zastupuje asi 70 % veškerých stavebních a demoličních odpadů.

7.7 Zhodnocení ekonomické výhodnosti použití recyklátu

Použití recyklátů ve stavebnictví je velmi výhodné. Z hlediska ochrany životního prostředí by se dalo říct, že i nezbytné. Zásoby prvotních surovin nejsou neomezené, a tudíž je třeba k nim přistupovat střídě a s rozvahou. K tomu může pomoci právě recyklace. Z ekonomického hlediska je použití recyklátů taktéž výhodné, a to především, pokud se používají rovnou bez uložení na skládky. V tomto případě odpadají poplatky za transport a skladování. Vlastnosti recyklovaných materiálů se blíží vlastnostem materiálů vyrobených z prvotních surovin.

8 Závěr a diskuse

Tématem této bakalářské práce byl popis a zhodnocení současného stavu zpracování stavebního odpadu, který tvoří asi 65 % veškerého produkovaného odpadu v České republice. Stavební odpad ovlivňuje zejména životní prostředí a jeho ukládání na skládky není ideální řešení. Současně jeho vhodným zpracováním můžeme docílit lepší ekonomiky ve stavebnictví. Recyklace je rozhodně krok správným směrem.

V této bakalářské práci jsou uvedeny důležité legislativní dokumenty a pojmy vztahující se k nakládání se stavebními odpady, způsoby zpracování a dalšího využití s cílem co nejvíce zamezit jejich skladování. Zabývá se zejména dalším využitím a zpracováním výkopové zeminy, kameniva, betonu, cihel, dřeva a dalších materiálů uvedených v katalogu odpadů dle vyhlášky č. 93/2016 Sb. Dále se tato práce zabývá způsobem nakládání s nebezpečným odpadem a jak se stavebním a demoličním odpadem nakládat do budoucna.

Odpadní materiál je zpracováván na recyklačních linkách, které pracují na principu drcení, a třídění recyklovaného materiálu a dělí se na stacionární, semimobilní a mobilní. Nejdůležitějšími stroji při nakládání se stavebním a demoličním odpadem jsou tedy třídiče a drtiče, které jsou zde popsány a které mají za úkol materiál rozčlenit na jednotlivé frakce a připravit ho k jeho opětovnému použití ve stavebnictví. Následné využívání recyklovaných materiálů je zde také popsáno.

Z materiálů, které po recyklaci mají největší význam pro stavebnictví, musím zmínit zejména výkopovou zeminu a kamenivo, beton a cihly. Pro dřevěné recyklované materiály se ne vždy najde ve stavebnictví využití a nachází své opodstatnění například v energetice. I plastový recyklát není optimálně ve stavebnictví využitelný, kromě několika výjimek, kterým je např. PVC. Jeho efektivnější recyklace a používání se stále hledá. Recyklované sklo je možno znovu tavením přetvořit na skleněné tabule, popřípadě je jiným způsobem recyklace přetvořit na izolační materiál.

Využívání recyklovaných materiálů má z ekonomického hlediska své opodstatnění. Výrobní náklady nových prvků z recyklátu jsou nižší, než ty z prvotních surovin. Zájem o recyklované suroviny neustále roste a mnohé stavební firmy s nimi pracují nebo pracovat začínají. Nicméně v České republice se používání stavebních materiálů z recyklovaných surovin příliš často

nevyužívá, jelikož není vždy možné prokázat jejich kvalitu. Většina materiálů určených k recyklaci končí i nadále na skládkách.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] *Jak správně nakládat se stavební sutí a dalším stavebním a demoličním odpadem?* - *EnviWeb.cz* [online]. [vid. 2020-04-02]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/95314>
- [2] KURAŠ, Mečislav. *Odpady a jejich zpracování*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014. ISBN 978-80-86832-80-7.
- [3] *Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin v roce 2018* [online]. [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/98121450/280029-19.pdf/a732554f-bc8f-431a-b41b-acd9b89b1f8a?version=1.0>
- [4] *185/2001 Sb. Zákon o odpadech* [online]. [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>
- [5] *Odpadové hospodářství - Ministerstvo životního prostředí* [online]. [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/odpadove_hospodarstvi
- [6] *Plán odpadového hospodářství ČR - Ministerstvo životního prostředí* [online]. [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
- [7] *352/2014 Sb. Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024* [online]. [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-352>
- [8] *Kategorizace odpadů :: Třetí Ruka* [online]. [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/kategorizace-odpadu/>
- [9] *Nebezpečné odpady - Ministerstvo životního prostředí* [online]. [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/nebezpecne_odpady
- [10] *93/2016 Sb. Vyhláška o Katalogu odpadů* [online]. [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93/zneni-20160401#p3>

- [11] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Analýza současného stavu vybraných komodit druhotných surovin a jejich zdrojů včetně vize rozvoje daného odvětví* [online]. nedatováno [vid. 2020-04-03]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2019/8/Analyza_materialove-toky_PDS-CR.pdf
- [12] *Beton | eBeton - Specialista na beton* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/beton>
- [13] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. Praha: Jaga Group s.r.o., 2013. ISBN 978-80-260-4972-2.
- [14] *Rozdělení cihel :: Cihla a cihly* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://cihla-cihly.webnode.cz/rozdeleni-cihel/>
- [15] *JAK SE RECYKLUJE SKLO | TRÍDĚNÍODPADU.CZ* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluje-sklo>
- [16] *Podívejte se, co se děje se skleněným odpadem | Jak třídit* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.jaktridit.cz/cz/co-se-deje-s-odpadem/recyklace-a-vyuziti-skla>
- [17] *Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: http://www.arasm.cz/dok/RECYCLING_2014_Sbornik.pdf
- [18] *Plasty se ideálně uplatňují ve stavebnictví | Technický týdeník* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/plasty-se-idealne-uplatnuji-ve-stavebnictvi_16090.html
- [19] *Asfaltová fréza - Opravy stavebních a zemědělských strojů | Traktorka* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <http://www.traktorka.cz/gallery/asfaltova-freza>
- [20] *Hydraulická/bourací kladiva Krupp a Atlas Copco | Vladimír Baše* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <http://www.demolicnitechnika.cz/prodej-demolicni-techniky/hydraulicka-kladiva.php>
- [21] *Hliník a jeho využití ve stavebnictví* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <http://www.modernidum.info/stavba-a-materialy/hlinik-a-jeho-vyuziti-ve-stavebnictvi.html>

- [22] *Uplatnění oceli ve stavebnictví - ČESKÉSTAVBY.cz* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/ocel-5955.html>
- [23] *Azbest: Kam s nebezpečným stavebním odpadem? - ESTAV.cz* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3615.azbest-kam-s-nebezpecnym-stavebnim-odpadem>
- [24] *anorganická pojiva* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/anorganicka_pojiva.html#sadra
- [25] *VŠB, Zkoušení stavebních materiálů a výrobků - Maltoviny - sádra* [online]. [vid. 2020-04-04]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=malty_sadra
- [26] PETR JUNGA, Ing, doc ING TOMÁŠ VÍTĚZ a Ing PETR TRÁVNÍČEK. *Mendelova univerzita v Brně Agronomická fakulta TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ I.* nedatováno. ISBN 978-80-7509-207-6.
- [27] *Vývojové trendy v technologiích pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů | Stavební technika* [online]. [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/trendy-v-technologiich-pro-recyklaci-odpadu>
- [28] *Semimobilní drtící jednotky SCU < Mobilní zařízení < Naše výrobky : DSP Přerov, spol. s r.o.* [online]. [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <http://www.dspprerov.cz/nase-vyrobky/mobilni-zarizeni/semimobilni-drtici-jednotky-scu.html>
- [29] *kamenivo* [online]. [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/kamenivo.html#drcenek>
- [30] STANISLAV, Šťátník. *VYSOKÉ UENÍ TECHNICKÉ V BRN TŽBA, LOMASTVÍ A ÚPRAV-NICTVÍ MODUL M02 ÚPRAVNICTVÍ NEROSTNÝCH SUROVIN* [online]. nedatováno [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: [http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BJ53-Tezba a upravnictvi surovin \(M\)/Tezba a upravnictvi surovin - upravnictvi nerostnych surovin.pdf](http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BJ53-Tezba a upravnictvi surovin (M)/Tezba a upravnictvi surovin - upravnictvi nerostnych surovin.pdf)
- [31] SEDLÁČKOVÁ, Věra a Pavel SEDLÁČEK. *Přípravné procesy*. Ostrava: Technická univerzita VŠB, 2004. ISBN 80-248-0582-0.

- [32] GONDEK, Horst, Arnošt ŠEVČÍK a VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. STROJNÍ FAKULTA. *Těžební a zpracovatelské stroje III.* B.m.: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 9788024816920.
- [33] JIRÁSEK, Jakub a Martin VAVRO. *Nerostné suroviny a jejich využití.* B.m.: VŠB, 2008. ISBN 9788024813783.
- [34] *MOBIREX EVO A WIRTGEN GROUP COMPANY* [online]. [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o17529v101_mobirex_gb.pdf
- [35] *SYSTÉMY PRO DRCENÍ A TRÍDĚNÍ NEROSTNÝCH SUROVIN A PRO RECYKLACI - PDF Stažení zdarma* [online]. [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/2843191-Systemy-pro-drceni-a-trideni-nerostnych-surovin-a-pro-recyklaci.html>
- [36] *Třídíče* [online]. [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <http://www.tridicky.cz/>
- [37] *Recyklace stavebních odpadů a jejich využití - 12. ročník konference „RECYCLING 2007“ | Stavební technika* [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/12-rocnik-konference-recycling-2007>
- [38] *RECYCLING 2019* [online]. 2019 [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: http://www.arasm.cz/dok/RECYCLING_2019_sbornik.pdf
- [39] *Možnosti využívání odpadních surovin ve stavebnictví | ASB Portal* [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/moznosti-vyuzivani-odpadnich-surovin-ve-stavebnictvi>
- [40] *Cihlový recyklát* [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <http://cihlovyrecyklat.cz/vyuziti.html>
- [41] *RECYCLING 2018* [online]. nedatováno [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: http://www.arasm.cz/dok/Sbornik_RECYCLING_2018.pdf
- [42] *Zpracování a recyklace starého dřeva, opětovné užití. | Ecoservis* [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <http://www.ecoservis.eu/recyklace-dreva>
- [43] *Možnosti recyklace PVC (II.) | Odpady* [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/moznosti-recyklace-pvc-ii/>
- [44] *10 Ways Recycled Plastics Are Used in Construction | Shini USA* [online]. [vid. 2020-

- 04-06]. Dostupné z: <https://www.shinius.com/2018/01/29/recycled-plastics-construction/>
- [45] *Recyklace asfaltových vozovek za studena* | *Stavební technika* [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/recyklace-a-asfaltovych-vozovek-za-studena>
- [46] *Recyklace asfaltových vrstev netuhých vozovek na místě za horka / Hot recycling / Heißrecycling - YouTube* [online]. [vid. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=FmVGNYvMWOM>
- [47] *Recyklace kovů - Odpadový hospodář* [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <http://odpadovy-hospodar.cz/recyklace/recyklace-kovu>
- [48] *Recyklace stavebních materiálů IV. - Kvalita a využití recyklátu* | *Dům a zahrada - bydlení je hra* [online]. [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.dumazahrada.cz/stavba-rekonstrukce/stavba/21159-kvalita-a-vyuziti-recyklatu/>
- [49] *Gabion Wall* | *Gabion Cage* | *Gabion Block* | *Builtory Product* [online]. [vid. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://builtory.my/login/products/Gabion-Wall?id=xK6v>
- [50] *Sandvik QH331 HS Specifications & Technical Data (2017-2019)* | *LECTURA Specs* [online]. [vid. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.com/en/model/recycling-waste-management/rubble-recycling-plants-sandvik/qh331-hs-11695311>
- [51] *Mobilní třídící Zemmler Multi Screen MS 1600* | *PROFISTROJE.CZ* [online]. [vid. 2020-04-07]. Dostupné z: https://www.profistroje.cz/mobilni-tridic-zemmler-multi-screen-ms-1600_4652.html
- [52] *Ekonomičtější recyklace odpadu výrazně šetří také přírodu* | *Šroty.cz - šrotařský informační server* [online]. [vid. 2020-04-07]. Dostupné z: <http://www.sroty.cz/ekonomictejsi-recyklace-odpadu-vyrazne-setri-take-prirodu>

10 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 : Materiálové využití odpadu	5
Obrázek č. 2 : Příklady pálených zdících prvků.....	11
Obrázek č. 3: Asfaltová fréza	14
Obrázek č. 4: Pneumatické demoliční kladivo	15
Obrázek č. 5 Manipulace s azbestem.....	18
Obrázek č. 6: Typy sádkartonových desek	19
Obrázek č. 7: Příklad technologické návaznosti typického zařízení pro recyklaci SDO	21
Obrázek č. 8: Schéma technologického procesu linky pro recyklaci SDO	22
Obrázek č. 9: Uspořádání mobilního drtiče.....	24
Obrázek č. 10: Semimobilní drtič.....	24
Obrázek č. 11 Princip funkce dvojevzpěrného čelist'ového drtiče.....	26
Obrázek č. 12: Dvojevzpěrný čelist'ový drtič	27
Obrázek č. 13: Princip jednovzpěrného drtiče.....	28
Obrázek č. 14: Jednovzpěrný čelist'ový drtič	28
Obrázek č. 15: Odrazový drtič.....	29
Obrázek č. 16: Kuželový drtič v řezu	30
Obrázek č. 17: Princip bubnového třídiče	31
Obrázek č. 18: Vibrační třídič	32
Obrázek č. 19: Recyklace za studena na místě.....	37

11 Seznam tabulek

Tabulka 1 : Produkce stavebních a demoličních odpadů v letech 2013 až 2017	9
--	---

Příloha č. 3 Mobilní čelistový drtič



Zdroj:[50]

Příloha č. 4: Mobilní bubnový třídič



Zdroj:[51]

Příloha č. 5: Pěnové sklo



Příloha č. 6: Kovový šrot



Zdroj: [52]

Příloha č. 7 Betonový recyklát frakce 0-8 mm



Zdroj: Marek Malinkovič (archiv autora)

Příloha č. 8: Betonový recyklát frakce 8-64 mm



Zdroj: Marek Malinkovič (archiv autora)

Příloha č. 9: Vyseparovaná výztuž s kusy betonu



Zdroj: Marek Malinkovič (archiv autora)

Příloha č. 10: Neroztříděný stavební a demoliční odpad



Zdroj: Marek Malinkovič (archiv autora)

Příloha č. 11: Roztříděné kameny dle typu a frakce pro další prodej



Zdroj: Marek Malinkovič (archiv autora)

Příloha č. 12: Stavební materiály získané z demolic určené k dalšímu bazarovému prodeji



Zdroj: Marek Malinkovič (archiv autora)