

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Technologie recyklace stavebního
a demoličního odpadu**

**Patrik Rienessl
2018**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslava Popenková, CSc.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

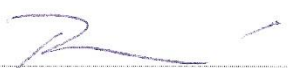
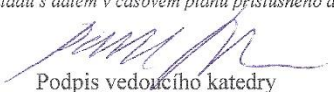
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

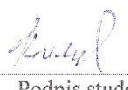
Příjmení: <u>Rienessl</u>	Jméno: <u>Patrik</u>	Osobní číslo: <u>438448</u>
Zadávací katedra: <u>K122 - Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>(B3651) Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>(3607R045) Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Technologie recyklace stavebního a demoličního odpadu</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Technology of recycling construction and demolition waste</u>	
Pokyny pro vypracování: Viz. příloha	
Seznam doporučené literatury: VYTLAČILOVÁ, Vladimíra. Recyklace ve stavební výrobě: Recycling in building industry. V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-05184-9. VANĚK, Antonín. Strojní zařízení pro stavební práce. 2., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-61-1. TORRAL, F. Pacheco, ed. Handbook of recycled concrete and demolition waste. Oxford: Woodhead Publishing, 2013. Woodhead Publishing series in civil and structural engineering. ISBN 978-0-85709-682-1.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Miloslava Popenková, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>19.2.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28.5.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>1.3.2018</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
--	--

VIZ. PŘÍLOHA

Práce bude obsahovat následující témata:

1. Legislativa
2. Vývoj recyklace stavebního a demoličního odpadu
3. Recyklace stavebního a demoličního odpadu
4. Technologie recyklace stavebního a demoličního odpadu
5. Obecný technologický postup recyklace
6. Technika pro recyklaci
7. Recykláty ze stavebního a demoličního odpadu
8. Variantní řešení recyklace

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze

.....

Patrik Rienessl

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat paní Ing. Miroslavě Popenkové, CSc. za odborné vedení, cenné rady, názory i věcné připomínky, které vedly k vypracování mé bakalářské práce.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá technologií recyklace stavebního a demoličního odpadu. Obsahuje legislativní přehled, základní pojmy a analyzuje vývoj tohoto odvětví za poslední roky. Velká část práce je věnovaná samotnému principu recyklace, technologiím a technice, která se při ní používá. Dále jsou zde uvedeny nejčastější druhy recyklátů a jejich užití v praxi. Cílem práce je nalezení vhodného typu recyklace objektu v Jihočeském kraji určeného k demolici.

KLÍČOVÁ SLOVA

recyklace, odpad, recyklát, stavební a demoliční odpad, technologie, technika

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the technologies of recycling construction and demolition waste. It consists of an overview of the legislation and basic notions and analyses development in this area during the last years. A big part of the thesis is dedicated to the recycling principle itself, to the technologies and the methods used during the recycling process. It also describes the most common types of recyclates and their use in practice. The main objective of this thesis is to find a suitable recycling method for an object in the South Bohemia that is scheduled for demolition.

KEYWORDS

recycling, waste, recyclate, construction and demolition waste, technology, method

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 LEGISLATIVA.....	12
1.1 Přehled nejdůležitějších dokumentů vztahujících se k nakládání se stavebními a demoličními odpady	12
1.2 Základní pojmy	13
2 VÝVOJ RECYKLACE STAVEBNÍHO A DEMOLIČNÍHO ODPADU	15
2.1 Historie.....	15
2.2 Statistické údaje stavebního a demoličního odpadu	16
2.3 Recyklace v EU	19
3 RECYKLACE STAVEBNÍHO A DEMOLIČNÍHO ODPADU	19
3.1 Technologie recyklace stavebního a demoličního odpadu	21
3.1.1 Recyklace in situ	21
3.1.2 Recyklace off situ	22
3.1.3 Primární, takzvané bezodpadové technologie.....	23
3.1.4 Sekundární technologie	23
3.1.5 Terciální technologie.....	23
3.2 Obecný technologický postup recyklace.....	23
3.2.1 Předtřídění	24
3.2.2 Drcení	24
3.2.3 Třídění	25
3.2.4 Recyklace sestupného typu (down-cycling).....	25
3.2.5 Recyklace vzestupného typu (up-cycling)	26
3.3 Typický provoz recyklačního zařízení.....	26
4 TECHNIKA PRO RECYKLACI	28
4.1 Drtiče.....	29
4.1.1 Čelistové drtiče	29
4.1.2 Kuželové drtiče.....	29
4.1.3 Kladivové drtiče.....	30
4.1.4 Odrazové drtiče.....	30
4.1.5 Válcové drtiče.....	30
4.1.6 Drticí mlýny	31
4.2 Třídiče.....	31
4.2.1 Hrubotřídiče	31
4.2.2 Odhliňovací hrubotřídiče	31

4.2.3 Vibrační třídiče	31
4.2.4 Rezonanční třídiče.....	31
4.3 Pračky štěrku a písku.....	32
4.4 Podavače	32
4.4.1 Vibrační třídící podavače.....	32
4.4.2 Vibrační roštnicové podavače	33
4.4.3 Žlabové podavače	33
4.4.4 Článekové podavače	33
4.4.5 Pásové dopravníky	33
4.5 Magnetické separátory	33
4.5.1 Magnetické bloky	33
4.5.2 Závěsné separátory	34
4.5.3 Magnetické válce	34
4.5.4 Bubnové separátory.....	35
4.5.5 I-Sens separátory se senzory.....	35
4.5.6 Separace neželezných kovů (Eddy Current).....	35
4.5.7 Vysokogradientní magnetické separátory	36
4.5.8 Detektory kovů.....	36
4.6 Recyklační soupravy	36
4.6.1 Mobilní a semimobilní soupravy.....	37
4.6.2 Stacionární recyklační soupravy.....	39
5 RECYKLÁTY ZE STAVEBNÍCH A DEMOLIČNÍCH ODPADŮ	41
5.1 Cihelný recyklát.....	42
5.2 Betonový recyklát	43
5.3 Asfaltový recyklát.....	44
6 VÝBĚR VHODNÉHO ZPŮSOBU RECYKLACE Z EKONOMICKÉHO HLEDISKA	45
6.1 Základní popis	45
6.2 Analýza objektu.....	46
6.3 Postup bouracích prací	49
6.4 Materiály objektu.....	49
6.5 Recyklační centra a půjčovny recyklačních souprav	50
6.6 Varianta č. 1 – Odvoz SDO do recyklačního centra.....	50
6.6.1 Poplatky za skladování SDO	51
6.6.2 Nakládání SDO.....	52
6.6.3 Doprava SDO	53

6.6.4 Vyhodnocení varianty č. 1.....	54
6.7 Varianta č. 2 – Odvoz SDO k recyklaci s následným odvozem recyklátu zpět	54
6.7.1 Pronájem recyklačního zařízení	55
6.7.2 Doprava SDO	56
6.7.3 Prodej recyklátu	57
6.7.4 Vyhodnocení varianty č. 2.....	57
6.8 Varianta č. 3 – Pronájem recyklační linky	58
6.8.1 Doprava recyklační linky	58
6.8.2 Pronájem recyklačního zařízení	59
6.8.3 Prodej recyklátu	59
6.8.4 Vyhodnocení varianty č. 3.....	59
6.9 Výběr nejvýhodnější varianty.....	60
ZÁVĚR.....	61
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	63
SEZNAM OBRÁZKŮ	66
SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	68
PŘÍLOHY	69

ÚVOD

Již od pradávna se lidé snaží zajistit si střechu nad hlavou i jinak než pomocí jeskyní. Začali k tomu využívat jak přírodní materiály, tak i primitivní technologie. Jak se vyvíjela společnost, vyvíjely se i nároky na obydlí. I kvůli tomu se z ostrého kamenu, sekyry, dláta, motyky či dlabadla přešlo na stavební nástroje tak, jak je známe dnes. U stavebních materiálů byl tento postup podobný. Materiály, jako je kámen, hlína, dřevo, sláma, se nahradily složitějšími, jakými je beton, asphalt, pálené cihly a tašky, polystyren, plast a další.

Tento rychlý vývoj stavebnictví samozřejmě znamenal i větší poptávku po nových zdrojích surovin pro výrobu stavebních materiálů. Zvýšený objem výroby těchto materiálů však znamená i zvýšenou produkci odpadu, který vzniká jak při samotném zhotovení stavebního materiálu, jeho zabudování do stavby, tak při následné demolici. Dříve se budovy stavěly takzvaně navždy. Dnes již víme, že tomu tak být nemůže, proto posuzujeme stavby z různých hledisek, běžně to jsou právní životnost, morální životnost, ekonomická a technická životnost. Právě tyto ukazatele nám říkají, že recyklace stavebního a demoličního odpadu (SDO) patří mezi významné činnosti ve stavebnictví jak ze strany ekologické, kdy dojde ke snížení zatížení skládek stavebního materiálu, spotřeby přírodních neobnovitelných surovin, tak i ze strany ekonomické, která přispívá ke zmenšení celkových nákladů na novou stavbu.

Cílem této práce je popsat stávající stav recyklace SDO, technologie a techniku sloužící k recyklaci a v závěru práce se zaměřím na vybrání vhodného způsobu recyklace z ekonomického hlediska objektu určeného k demolici.

1 LEGISLATIVA

Jelikož lidstvo v dnešní době produkuje nezměrné množství odpadu, je s ním počítáno i v legislativě. V České republice se pojem odpad v legislativě definuje v §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. Také dělí odpady na dvě hlavní kategorie; odpad nebezpečný a odpad ostatní.

Samotný pojem stavební a demoliční odpad však v tomto zákoně uvedený není. Definuje ho však vyhláška č. 93/2016 Sb. ve své příloze Katalogu odpadů v 17. katalogu s názvem STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY (VČETNĚ VYTĚŽENÉ ZEMINY Z KONTAMINOVANÝCH MÍST), kde se přesně určuje, co pod tento termín spadá. Tento katalog je jediným oficiálním rozdělením odpadů. Rozděluje odpady na 20 tříd rozdělených podle způsobu vzniku. [15]

1.1 Přehled nejdůležitějších dokumentů vztahujících se k nakládání se stavebními a demoličními odpady

Všechny platné zákony, nařízení a vyhlášky vztahující se k odpadovému hospodářství je možno nalézt na stránkách Ministerstva životního prostředí. Níže je uveden seznam nejdůležitějších dokumentů této problematiky:

- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a právní předpisy vydané k jeho provedení.
- Vyhláška č. 93/2016 Sb. o Katalogu odpadů
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Vyhláška č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů
- Nařízení vlády 352/2014 Sb. - o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024

- Metodický pokyn odboru odpadů k nakládání s odpady ze stavební výroby a s odpady z rekonstrukcí a odstraňování staveb. Věstník Ministerstva životního prostředí 9/2003.
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky.
- Zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů
- Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí ke 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.
- Surovinová politika v oblasti nerostných surovin a jejich zdrojů – schválená usnesením vlády ČR č. 441/2017. [19]

1.2 Základní pojmy

Odpad – je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl či povinnost se jí zbavit. Patří také do jedné z 20 skupin v Katalogu odpadů.

Stavební a demoliční odpad (SDO) – odpad vznikající při zřizování, údržbě, rekonstrukcích a odstraňování staveb. Jeho materiálovou základnou jsou zejména zeminy, horniny a stavební výrobky (věci určené a užívané k zabudování do staveb). V příloze vyhlášky 93/2016 Sb. o Katalogu odpadů mají tyto materiály samostatný katalog č. 17. Tento katalog můžeme také najít v příloze č. 1, 2 a 3 metodického pokynu odboru odpadů MŽP k nakládání s odpady ze stavební výroby a s odpady z rekonstrukcí a odstraňování staveb rozdělen podle vhodnosti materiálů k recyklaci.

Zařízení – technické zařízení, místo, stavba nebo část stavby.

Úprava odpadů – každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za

účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich nebezpečných vlastností. U stavebních odpadů se jedná zejména o úpravu velikosti jeho složek (drcení) a třídění. Pro potřeby tohoto metodického pokynu se úprava stavebního odpadu spočívající ve změně granulometrie a jeho roztřídění na velikostní frakce uvádí jako recyklace a materiálový výstup z takové úpravy je nazýván recyklát.

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

Využívání odpadu – činnosti uvedené v příloze č. 3 k zákonu o odpadech. Především se jedná o náhradu prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu nebo k jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie.

Materiálové využitím odpadů – způsob využití odpadů zahrnující recyklaci a další způsoby využití odpadů jako materiálu k původnímu nebo jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie.

Příprava k opětovnému použití – způsob využití odpadů zahrnující čištění nebo opravu použitých výrobků nebo jejich částí a kontrolu provedenou osobou oprávněnou podle zvláštního právního předpisu spočívající v prověření, že použitý výrobek nebo jeho část, které byly odpady, jsou po čištění nebo opravě schopné bez dalšího zpracování opětovného použití.

Recyklace odpadů – 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.

Zpracování odpadů – využití nebo odstranění odpadů zahrnující i přípravu před využitím nebo odstraněním odpadů.

Pověřená osoba – právnická osoba nebo fyzická osoba pověřená Ministerstvem životního prostředí nebo Ministerstvem zdravotnictví k

hodnocení příslušných nebezpečných vlastností odpadů. Pověřená osoba je zároveň osobou oprávněnou k odběru vzorků odpadu pro hodnocení jejich nebezpečných vlastností (viz § 5, odst. 4 vyhlášky č. 376/2001Sb./12/).

Druhotná surovina – materiály (včetně certifikovaných výrobků) mající charakter vedlejších produktů, upravených odpadů, které přestaly být odpadem poté, co splnily podmínky a kritéria, pokud jsou stanovena, materiálů získaných z výrobků podléhajících zpětnému odběru a z dalších výrobků využitelných pro další zpracování.

Nakládáním s odpady – se rozumí sběr, přeprava, využití a odstraňování odpadů včetně dozoru nad těmito činnostmi a následné péče o místa odstranění a včetně činností prováděných obchodníkem nebo zprostředkovatelem. [3] [4] [13]

2 VÝVOJ RECYKLACE STAVEBNÍHO A DEMOLIČNÍHO ODPADU

2.1 Historie

Přemýšlet o recyklaci stavebního a demoličního odpadu (SDO) se v Československé republice začalo kolem roku 1980. V té době se uvažovalo hlavně o recyklaci kameniva pro stavební výrobu. Do praxe se tato technologie dostala až o deset let později, tedy začátkem 90. let minulého století. Z ekologického zanícení pár jednotlivců se během let stal stavební obor, který slouží nejen ke zlepšení životního prostředí, jelikož nedochází k zbytečnému nárůstu objemu odpadů, ale také jako zajímavá podnikatelská příležitost, a to díky skutečnosti vzniku cenných druhotných surovin, které jsou často levnější než suroviny běžné výroby. V posledních letech se také stala zcela neoddelitelnou složkou stavební výroby.

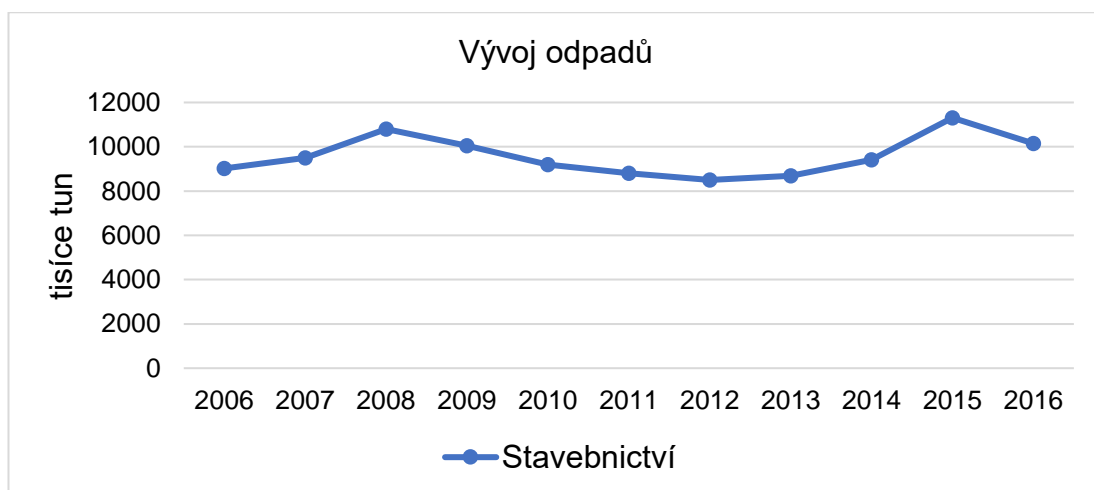
V té době ještě většina demolic probíhala prostřednictvím trhacích prací. Trhací práce jsou sice nejrychlejší demoliční práce, ale proces odklizení vzniklého odpadu je pomalý, a kromě toho je tento postup nevhodný v městské zástavbě. Zvýšení efektivity tak přinesly až nové technologie hydraulických nůžek, kladiv a sbíječek, které proto jsou nejvhodnějším a nejekonomičtějším řešením demolice. [10] [11]

2.2 Statistické údaje stavebního a demoličního odpadu

V České republice jsou největší tvůrci odpadů podniky, ty svou činností v roce 2016 vyprodukovaly celkem 21,8 milionu tun odpadu. Počet stavebního odpadu ovlivnil hlavně stavební zakázky, které se prováděly na základě čerpání peněz z Evropských strukturálních a investičních fondů. Navzdory tomu však firmy zabývající se stavebnictvím zaznamenaly pokles vyprodukovaného odpadu oproti roku 2015 o 10,3 %.

	Celkem	Nebezpečné	Ostatní
Produkce odpadů celkem	25 757 793	1 094 749	24 663 043
z podniků	21 801 816		20 719 974
zemědělství, lesnictví a rybníkářství	114 577	8 815	105 762
těžba a dobývání	143 876	15 486	128 390
zpracovatelský průmysl	4 670 646	550 976	4 119 670
výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	889 248	12 440	876 808
činnost související s odpadními vodami, odpady a sanacemi	3 632 098	278 868	3 353 230
stavebnictví	10 141 986	105 499	10 036 487
doprava a skladování	252 794	22 493	230 301
z obcí	3 955 977	12 907	3 943 069
komunální odpad	3 579 614	6 878	3 572 736

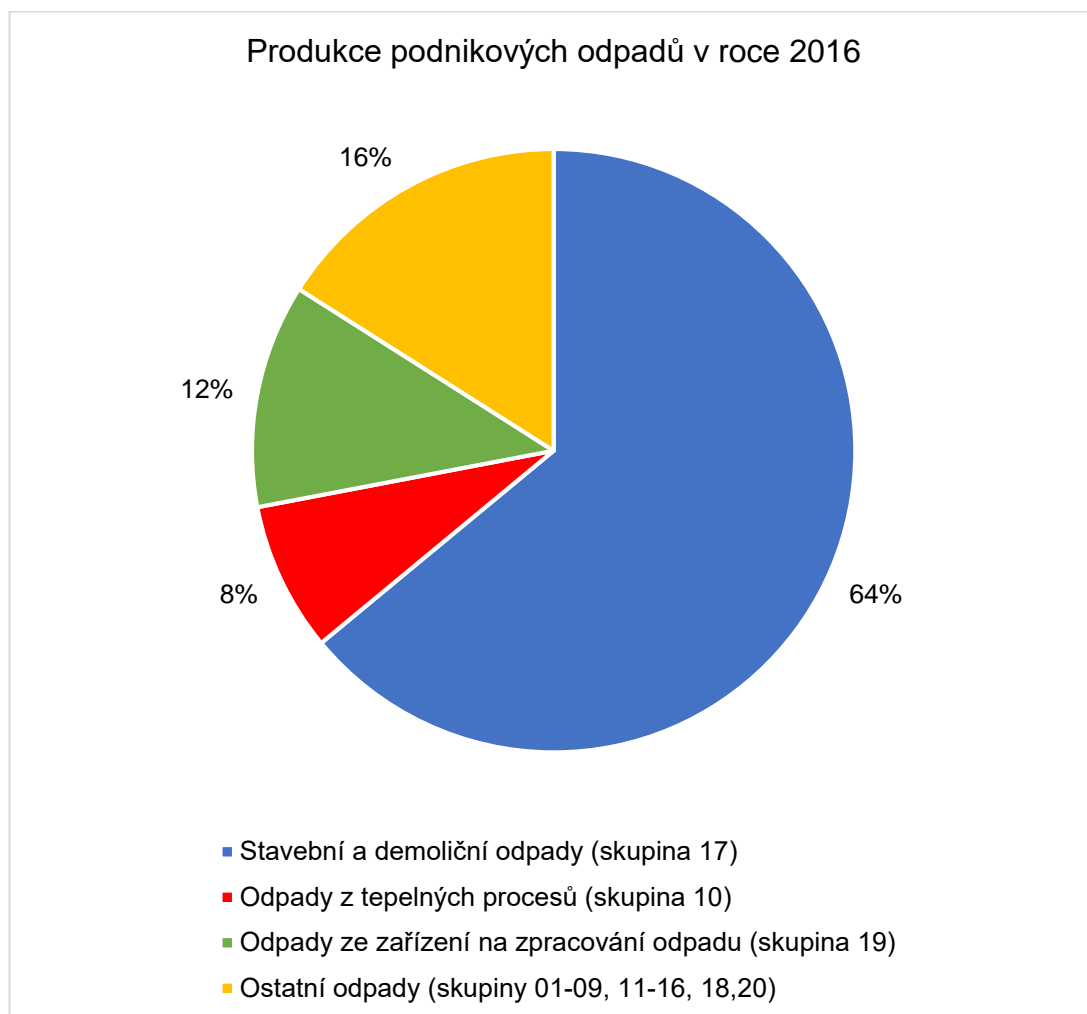
Tabulka č. 1 Produkce odpadů 2016 – vlastní tvorba [13]



Graf č. 1 Vývoj produkce odpadu ze stavebnictví – vlastní tvorba [13]

Největší podíl na vyprodukovaném odpadu v roce 2016 byl obdobně jako v uplynulých letech z nejpodstatnější části (64 %) tvořen stavebním a

demoličním odpadem (SDO). V tomto roce se ze skupiny 17 Katalogu odpadů vytvořilo celkově 13,9 milionu tun odpadů, z čehož šlo hlavně o zeminu, kamení, železo, ocel a beton.



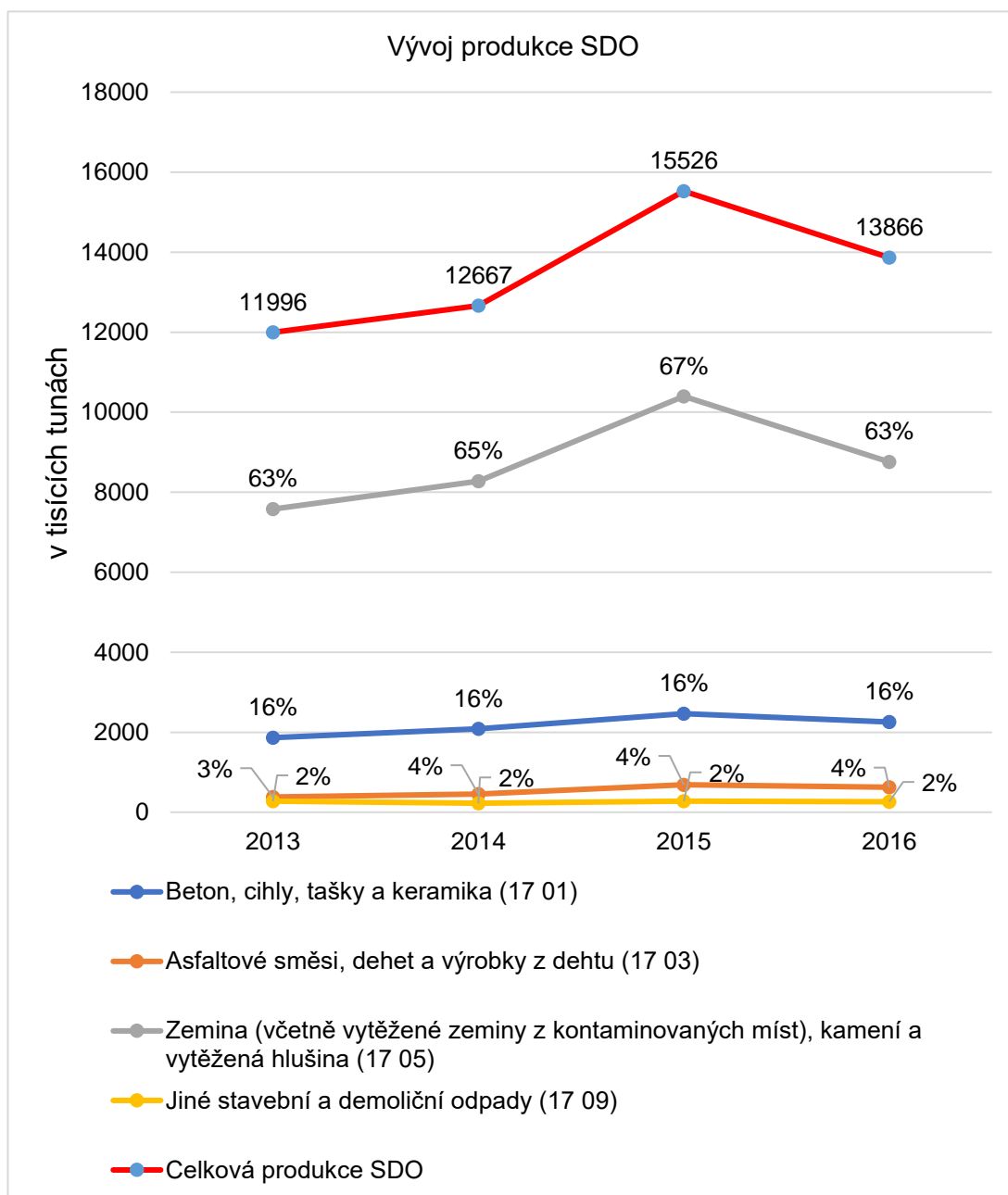
Graf č. 2 Produkce podnikových odpadů podle druhu odpadu v roce 2016 – vlastní tvorba [13]

Nejvýznamnější podíl měl SDO také v množství vyexportovaného odpadu, kdy se jednalo o 38 % z celkového počtu 2,9 milionu tun vyvezeného odpadu. Šlo především o železné kovy a ocel.

V roce 2016 Český statistický úřad statistickým zkoumáním zjistil produkci druhotných surovin, u které došlo k nárůstu na rozdíl od roku 2015 o 5,8 % na hodnotu 21,6 milionu tun. Z toho ze stavebních hmot jich vzniklo 4,5 milionu tun, šlo tak o druhý nejznačnější podíl na celkové produkci. Oproti roku 2015 zde byl pokles o 8,4 %.

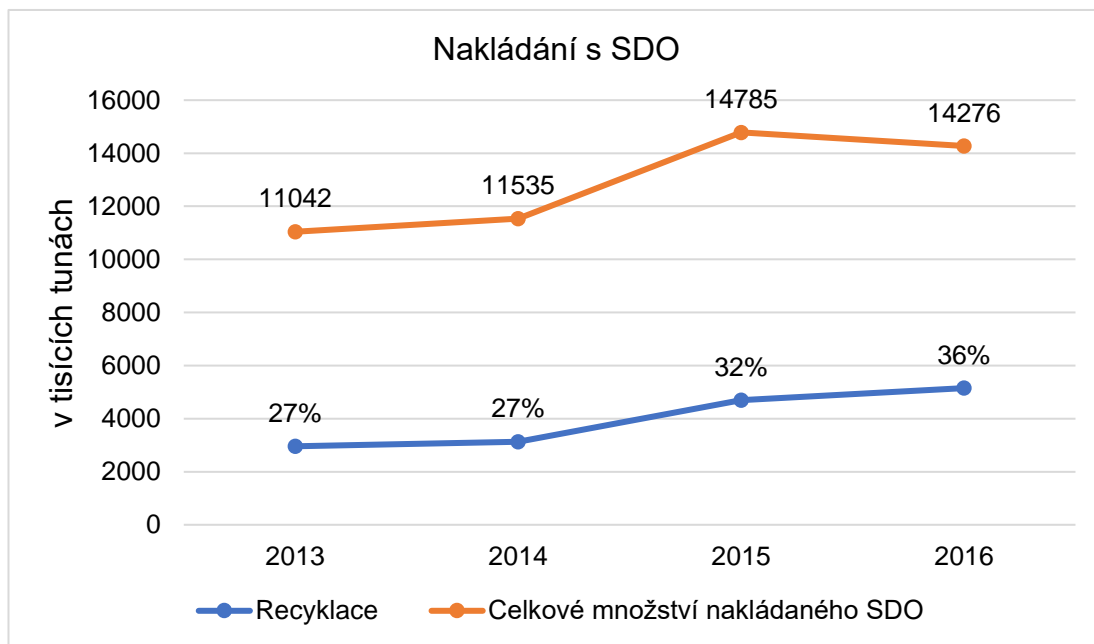
Z celkové produkce stavebních a demoličních odpadů v roce 2016 byla v největší míře zastoupená zemina (dle Katalogu odpadů 17 05), která tvořila

více než 63 % z celku. Ta sice ve většině případů nemá vlastnosti odpadů, avšak je na staveništi přebytečná. Z hlediska vhodnosti pro recyklaci SDO však není nejvýznamnější. Významnější je skupina, kterou lze po recyklaci použít jako recyklované kamenivo. Do této skupiny patří beton, cihly, tašky a keramika (17 01) a asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu (17 03). Tato skupina tvoří přibližně 20 % odpadu. V grafu vývoje produkce SDO je vidět, že se procentuální rozložení odpadů příliš nemění.



Graf č. 3 Vývoj produkce SDO – vlastní tvorba [13]

Při nakládání s odpady záleží, do jaké podskupiny podle 17. Katalogu odpadů daný odpad spadá. Podskupina 17 01 a 17 03 se nejčastěji recykluje, 17 05 zasypává a podskupina 17 09 má rozložení přibližně půl na půl. Obecně lze ale říci, že se recykluje přibližně třetina odpadů, se kterými se nakládá. Tato hodnota se v posledních letech zvyšuje, jak je vidět na Graf č. 4.



Graf č. 4 Nakládání s SDO – vlastní tvorba [13]

2.3 Recyklace v EU

Jednotlivé členské země EU mají odlišnou úroveň využívání SDO. Velmi vysokou míru recyklace až 90 % se můžou pochlubit země s omezenou produkcí přírodních nerostných surovin a v zemích, jako je Německo, Belgie, Švýcarsko nebo Nizozemsko, kde je výroba těchto surovin spojena vyšším daňovým zatížením. Nízká úroveň recyklace je naopak spojena se státy s dostatkem přírodních zdrojů těchto surovin. Jde především o státy jižní Evropy – Řecko, Kypr, Španělsko. [7]

3 RECYKLACE STAVEBNÍHO A DEMOLIČNÍHO ODPADU

Stavební a demoliční odpad (SDO) vznikající při stavební výrobě a výstavbě zahrnuje celou skupinu surovin, které poskytují díky svým charakteristickým vlastnostem značně širokou škálu využití. Dokonce by se dalo tvrdit, že při zvládnutí technologie zpracování odpadu, je možné dospět i

ke 100 % navrácení použitého materiálu do další výroby. Recyklace se tak může označit za nejefektivnější, jelikož jde o mnohem efektivnější způsob, než je spalování či skladování odpadů. Současně jde o nejvyužívanější způsob nakládání s odpady v ČR.

Recyklací můžeme nazývat postupy, při kterých se navrací odpad znovu do výroby, který slouží jako surovina při výrobě nových výrobků anebo jako zdroj energie. Různé metody recyklace se používají v případech, kdy nemají negativní vliv na životní prostředí např. záběr půdy, nadměrná prašnost a hlučnost, vznik vibrací a jiné. Pro dosažení vyšší míry zhodnocení stavebních odpadů je potřebné zabránit směšování stavebních odpadů kategorie O (ostatní) s kategorií N (nebezpečné), například jejich tříděním na místě vzniku odpadu. Dále je také důležité, aby vzniklý recyklát byl konkurence schopný v porovnání s primárními surovinami, proto se nejčastěji využívá u odpadu vyskytující se ve velkém množství a ve stejné kvalitě.

Obecně lze jako významné faktory ovlivňující recyklaci SDO z hlediska ekonomiky, ekologie, techniky, technologie a organizace určit typ, stáří, lokace stavby, druh použitého demoličního postupu a mechanismů, druh recyklovatelných materiálů, jejich celkové množství, poměr jednotlivých druhů v celkovém množství, vhodnost jednotlivých druhů pro recyklaci, rozměry jednotlivých druhů, poměr mezi recyklovaným a skládkovým materiálem, druh demontážního, demoličního postupu a použité demoliční techniky, způsob vlastní recyklace a použité zařízení, dopravní vzdálenosti při převozu recyklovaných materiálů, materiálů pro skládkování a recyklátů, použitá dopravní technika a v neposlední řadě využití recyklátu.

Za výhody recyklace se tak dá označit: příznivé dopady na životní prostředí (snížení objemů odpadů, šetření neobnovitelných zdrojů, šetření energie, předcházení znečištění) a vytvoření nového ekonomického odvětví ve stavebnictví. Naopak jako kolísání kvality výsledného recyklátu či dostatek přírodního materiálu (z hlediska ceny) lze považovat jako nevýhody.

Recyklaci SDO lze rozdělit dle:

- Druhu recyklovaných materiálů
 - betony a železobetony

- stavební sutě
- dřevní odpady
- sklo
- zeminy
- asfaltové směsi atd.
- Typu zakázky
 - deponie obsluhované mobilními, resp. semimobilními recyklačními linkami
 - stabilní recyklační centra se stabilními či semimobilními recyklačními linkami
 - mobilní recyklace probíhající u zákazníka
- Použitých strojů
 - třídače
 - drtiče
 - kombinované linky
 - štěpkovací stroje atd. [5] [6] [7] [8] [9]

3.1 Technologie recyklace stavebního a demoličního odpadu

Kvalita produkovaného recyklátu a celková efektivnost procesu je významně ovlivněna jakostí demoličních prací, tříděním materiálu přímo v místě vzniku, použitou technologií recyklace, organizací práce a celkové zabezpečení chodu recyklačního zařízení, do kterého spadá například i zajištění dopravy materiálu, skladové hospodářství apod. [7]

Technologie recyklace se rozdělují na dvě kategorie z pohledu umístění výroby, a to na recyklace in situ a off situ. Dále lze technologie rozlišit dle znovu využívání odpadu ve výrobním procesu jako primární (bezodpadové) technologie, sekundární a terciální technologie.

3.1.1 Recyklace in situ

In situ, tedy recyklace v místě vzniku odpadu, kde se provádí stavební, rekonstrukční nebo bourací práce. Při této variantě jsou využívány mobilní recyklační linky, se schopností zpracování i malého množství recyklátu. Podmínkou pro možnost použití této kategorie je zajištění dostatečného

prostoru pro skladování, zpracování a následného využití SDO. Další nutností k provozování této varianty je souhlas orgánů státní správy.

Za výhody takového zpracování se dá považovat mobilita, malá zastavěná plocha, jednoduchost, nenáročnost obsluhy, snížené výdaje na zřízení a také na expedici materiálu ze stavby, poplatky za uložení odpadu na skládku a možnost využití recyklátu při provedení nové stavby.

Mezi nevýhody můžeme řadit nutnost zajištění povolení, zabezpečení proti prašnosti, hlučnosti, záboru prostoru, možná nižší kvalita a využití vyrobeného recyklátu. Právě u této poslední nevýhody se často stává, že některý z druhů recyklátu zůstane na stavbě nevyužitý a je tak nutný jeho odvoz. [5] [7] [9]

3.1.2 Recyklace off situ

Off situ čili recyklace prováděná v recyklačním podniku, který není umístěn v místě vzniku stavebního a demoličního odpadu (SDO). V praxi se jedná o nejvyužívanější způsob recyklace. V této provozovně se se starají o úplnou likvidaci SDO díky složitému a technicky náročnému recyklačnímu zařízení. Recyklace probíhá pomocí stacionárních recyklačních zařízení. Jedná se o přijímání jednotlivých druhů materiálů, jejich zpracování a následný prodej recyklátů. Odvážený materiál ze stavby musí být pečlivě roztříděn podle druhů a vožen do recyklačního střediska podle jejich provozního řádu. Tato zařízení jsou nejčastěji umístována ve velkých aglomeracích, kde se nachází dostatečné množství stavebních odpadů.

Jako výhodou tohoto provozu lze označit průběžné odstranění SDO, minimalizované ekologické zatížení místa stavby, jen velmi malé prostorové nároky na demoliční materiál a schopnost likvidace i malého množství SDO různých typů.

Nevýhodná je peněžní náročnost z pohledu poplatků za uložení na skládku, doprava SDO z místa vzniku a v neposlední řadě pořizovací náklady. Obtížnější je také zabezpečení podmínek určených provozním řádem provozovny, přijímající materiál ke zpracování. [5] [7] [9]

3.1.3 Primární, takzvané bezodpadové technologie

Tyto technologie využívají odpad přímo na místě vzniku. Jedná se o uzavřený technologický postup, při kterém se zpátky do výroby vrací odpady z výrobního procesu, které jsou buď neupravené nebo částečně upravené případně se z nich vyrábí nový výrobek. [5]

3.1.4 Sekundární technologie

Využívají ve výrobním procesu odpadové látky z jiných technologií. Výhodné je zde snižování záběru půdy pro potřebu zřízení skládek a šetření přírodních surovin. Ve výrobě stavebních materiálů se jedná zejména o užívání energetických odpadů. [5]

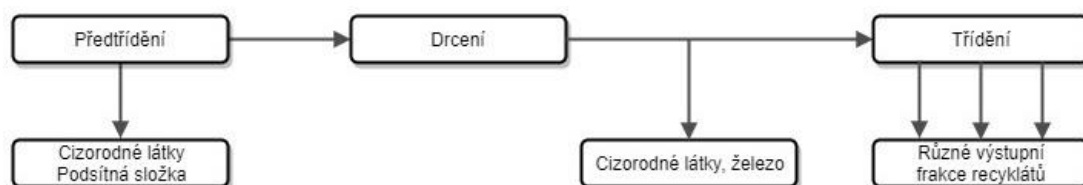
3.1.5 Terciální technologie

Zde se využívají spotřebované výrobky s ukončeným životním cyklem k výrobě nových prvků. Jde o nejrozšířenější technologie, při kterých se zpracovává například železný šrot nebo starý papír. Do této kategorie patří i recyklace stavebního a demoličního odpadu. Touto recyklací se šetří nerostné bohatství a spoří energie. [5]

3.2 Obecný technologický postup recyklace

Hlavní technologické a výrobní procesy při recyklaci jsou získání suroviny, vážní operace, vytřídění suroviny, likvidace odpadu, předpříprava materiálu k recyklaci, drcení, třídění, uložení, deponování suroviny, polotovaru i výrobku, transport suroviny, výrobku, transport technologií, mechanismů, manipulace s materiálem (operace na deponiích či stavbách), expedice výrobku.

Všeobecně respektovaný a používaný postup recyklace se rozděluje na tři základní procesy; předtřídění, drcení a následné třídění znázorněné schématem na Obrázek č. 1 [7]

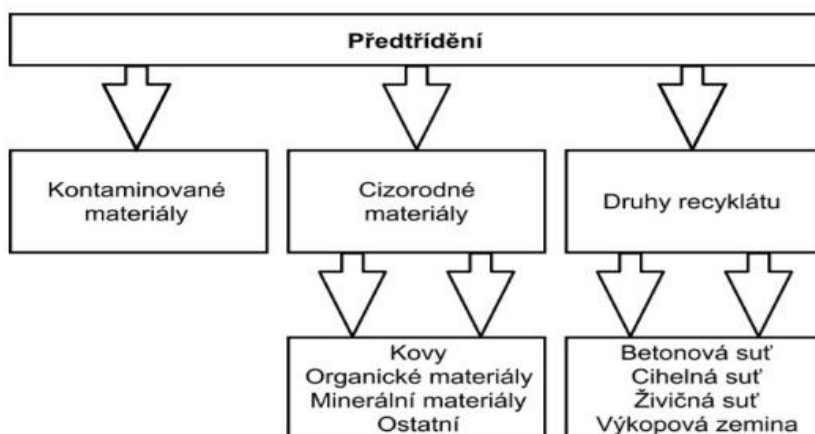


Obrázek č. 1 Schéma recyklačního zařízení – vlastní tvorba [7]

3.2.1 Předtřídění

Tento proces by se měl provádět již na staveništi, během demoličních prací. A to proto, že je nejefektivnější a nejméně finančně náročný než mimo místo získávání odpadu, kde se předtřídění dělá většinou ručně. Z tohoto důvodu je výhodné naplánovat vhodný postup demoličních prací, který tento proces usnadní. Před demolicí je nutné stavbu určenou k demolici takzvaně odstrojít, což dopomůže zmenšení objemu cizorodých látek ve stavební suti. Během předtřídění by mělo docházet k:

- Oddělení kontaminovaných materiálů od nekontaminovaných
- Dále pak o oddělení cizorodých materiálů od minerálních suti určených k recyklaci. Zejména kovy, organické materiály (dřevo), minerální látky (kamenivo a maltovina) a další, často nebezpečné odpady (azbest, nátěrové hmoty) by se měly oddělovat do samostatných kontejnerů.
- Poslední důležitou činností předtřídění je roztřídění minerální suti na základní druhy: cihelná stavební suť, betonová suť, živičné suti a výkopová zemina. [12]



Obrázek č. 2 Schéma předtřídění – vlastní tvorba [1 - str. 78]

3.2.2 Drcení

Dalším krokem v procesu recyklace, který následuje po prvotním předtřídění, je drcení. Při tomto technologickém procesu (mechanickém rozpojování) se pomocí vnějších sil, jako je tlak, kombinace tlaku a smyku či nárazovou energií, zmenšuje velikost velkých kusů stavebního a demoličního

odpadu na požadovanou užitnou zrnitost recyklátu. Tento proces probíhá v drtičích, které jsou více rozepsány níže. Z kusů o maximální velikosti 1500 mm se tímto procesem dosáhne velikosti výsledného recyklátu 2 až 100 mm. U čelistového typu drtiče až 500 mm. V praxi se drtiče sestavují kvůli zvýšení hospodárnosti do 2 až tří stupňů. Drcení se poté dělí na primární, sekundární a terciální. [1 – str. 80]

3.2.3 Třídění

Konečné třídění je důležitá etapa, podle níž pak výsledný recyklát najde své další uplatnění. Rozhodující faktor je zde zrnitost. Takovou ukázkou může být výroba betonu s použitím recyklátu. Struktura a tím i výsledné vlastnosti konečné směsi betonu závisí na zrnitosti recyklátu. Nosnou kostru zde tvoří hrubá zrna, výplňovou funkci zde zastávají zrna drobná. Mezi oběma složkami však musí být rovnováha, která splní požadavky pevnostních vlastností i podmínky kompozity.

Samotné třídění se děje v třídících, jejich rozdělení je uvedeno níže. Výsledný recyklát se získává, stejně tak jako při zpracování přírodního kameniva, pomocí síťových třídíčů a to v nejběžnějších frakcích 0/8, 8/32, 0/32 či 0/64 mm. [1 – str. 86]

3.2.4 Recyklace sestupného typu (down-cycling)

Touto recyklací vznikne produkt, který je v dalším cyklu použit jako materiál s nižšími užitnými vlastnostmi. U nás, ale i ve světě se takto nejčastěji recykluje beton. Jako příklad je na Obrázek č. 3 betonová konstrukce. [6]



Obrázek č. 3 Model cyklu recyklace se snižováním užitných vlastností produktu [6]

3.2.5 Recyklace vzestupného typu (up-cycling)

Při takovémto typu recyklace má výsledný produkt stejné, případně ještě lepší vlastnosti. Tento postup je náročnější z pohledu spotřebované energie a klade i větší nároky na technologické vybavení. Výsledný produkt však může sloužit několikanásobně déle. Opět je na Obrázek č. 4 jako příklad použit beton. [6]



Obrázek č. 4 Model cyklu s plně recyklovatelným betonem [6]

3.3 Typický provoz recyklačního zařízení

Vznik – pro zrod nového podniku pro zpracování stavebního a demoličního odpadu (SDO) je na rozdíl od stavebních činností velmi náročný schvalovací proces investičního záměru. Nutností je vyhovující místo, nejčastěji v průmyslové zóně s přístupem pro nákladní dopravu. Toto místo je v některých případech přímo určeno územním plánem. Dále pak záměr prochází územním řízením, jenž může zmařit vlastnické vztahy k pozemku, místní občanská aktivita a další. Dalším důležitým aspektem je posouzení vlivu stavby na životní prostředí, takzvaná EIA, která zabere mnoho finančních prostředků i času. Po absolvování schvalovacího procesu může být zahájena stavební činnost, která by měla vycházet z kvalitních projektových prací.

Podle těch by měla vzniknout zpracovna SDO potřebných parametrů, zajišťující kvalitní zpracování materiálů, nezhoršující životní prostředí s výhodnými ekonomickými parametry. V projektové dokumentaci by neměl chybět prostor pro evidenční příjem materiálů, vybavený váhou pro nákladní vozidla typu mostové váhy statické či dynamické nápravové váhy spojené s počítačem pro průběžnou evidenci materiálů. Dále pak skladový prostor materiálů, který nejběžněji obsluhuje kolový nakladač. Podle předpokládaného druhu a množství zpracovávaných materiálů se určuje velikost a typ samotné technologie zpracování SDO, kdy může jít o odrazový nebo čelistový drtič. Za drtičem je nejčastěji v sérii zapojen třídič, ve většině případů dvousítný. Zpracované materiály jsou následně deponovány v jednotlivých kójích dle druhu a hrubosti materiálů pro jejich následnou expedici.

Přijem materiálů – přijímané druhy materiálů musí mít zpracovna přesně definované v provozním řádu. Zejména jde o stavební suť – cihly, beton a živičné materiály, tedy materiály, které jsou dle katalogu odpadů označeny písmenem O (ostatní). Pokud se v místě provozovny nachází i větší zdroj značného množství jiného materiálu, jsou uvedeny i další skupiny přijímaných materiálů. Při přijímání materiálů od dodavatele se musí dokladovat shoda dodávaného materiálu s materiálem označeným na přijímacím listu provozovny. Díky různému výkladu zákona se v některých krajích objevují různě upřesňované podmínky pro příjem materiálu. Nejzákladnější podmínkou pro zajištění nezávadnosti dodaných materiálů je osobní kontrola pracovníkem zpracovny dovezeného materiálu. Pokud pracovník pojme podezření o závadnosti dodávaného materiálu, nejčastěji pomocí čichového posouzení, je nutnost dodávku odstranit a odebrat vzorek za přítomnosti dodavatele k laboratornímu vyšetření. Vyšetření je finančně i časově náročné, proto se s původcem odpadu projednávají možné příčiny kontaminace co do druhu a hodnoty znečištění. Mechanické příměsi materiálů, jako jsou plasty, dřevo apod., je důležité co nejdříve odstranit, kvůli dodržení kvalitě recyklátů a časové efektivnosti.

Zpracování materiálu – při dostatečném množství materiálu jednoho typu se provádí zpracování v jednotlivých cyklech. Materiály jsou vlhčeny jak při skládání, tak i před zpracováním podle potřeby a povětrnostních podmínek,

tak aby bylo zabráněno prašnosti na pracovišti. Vlhčení probíhá také u některých typů materiálů při přesypech dopravníkových pásů. Za optimální vlhkost se považuje hodnota v rozmezí 5 až 10 %. Příliš vlhký materiál se lepí, suchý naopak uvolňuje nežádoucí prachové částice, které škodí životnímu prostředí, pracovníkům i strojům. Vlastní zpracování začíná drcením po naložení materiálu pomocí kolového nakladače v drtiči. Následuje separace magnetických částí z rozdrčeného materiálu za pomoci permanentního magnetu. Separované části jsou shromažďovány v kontejneru pro další využití v hutích. Materiál bez magnetických částí je pásovým dopravníkem přepravován do násypky třídičky. Poté je materiál tříděn na frakce dle osazených sít na vibrační síťové komoře. Drtič umožňuje nastavení velikosti výsledného zrna od 32 po 150 mm. Některé materiály se pouze drtí bez třídění. Pro prosívání se používá základní sada sít, nejběžněji 8 a 32 mm. Výstupní materiál je jako jednomletka, nejčastěji u betonů.

Výdej materiálů – Výsledný produkt zpracoven je pro potřeby odběratelů roztříděn na určené frakce dle zrnitosti materiálů. Rozsah frakce je nutné pečlivě připravit, jelikož výměna sít osazených na třídiči je v řádu dvou a více hodin. Čím více frakcí zpracovna nabízí, tím se zvětšují požadavky na rozměr skládky, a je zde i větší riziko nežádoucího smíchání jednotlivých frakcí. Poté se provádí zkoušky zrnitosti jednotlivých frakcí a pro doložení nezávadnosti materiálu se z každého druhu materiálu odebírají vzorky pro laboratorní zkoušky, které se provádějí v rozsahu uvedeném v provozním řádu. Expedice materiálu se provádí kolovým nakladačem, nakládající materiál na dopravní prostředky. Ty jsou za účelem evidence materiálového toku a finančního vypořádání ve vstupním prostoru vážena. [9]

4 TECHNIKA PRO RECYKLACI

Do roku 2000 byly stroje pro zpracování stavebního a demoličního odpadu (SDO) velmi rozměrné a samostatně nepohyblivé. Z čeho vyplývala jejich hlavní nevýhoda, a to nutnost dovozu materiálu určeného k recyklaci na místo zpracování, což bylo časově i ekonomicky nevýhodné. Od tohoto roku začaly být používány ve větším rozsahu drtiče a třídiče s pásovými podvozky, které se daly dálkově ovládat pracovníkem obsluhujícím nakladač, nebo

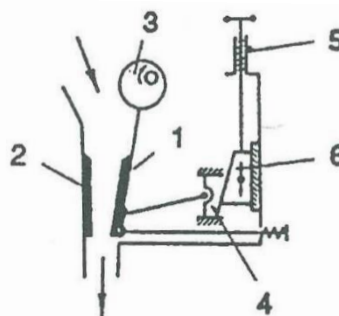
rypadla, které tyto stroje zavázely. Pro recyklaci stavebních a demoličních sutí se v České republice nejhojněji, a to až v 90 % případů, využívají mobilní drtiče a třídiče. [18]

4.1 Drtiče

Jak už název napovídá, slouží k drcení materiálů. Proces probíhá tlakem, štípáním, úderem nebo odrazem. Velký vliv na výsledný recyklovaný materiál má použitý druh drtiče. [1 – str. 84]

4.1.1 Čelistové drtiče

Zde drcení probíhá mezi dvěma čelistmi z tvrdé manganové ocele se svislými rýhami. Jedna čelist je pevná (2) a druhá pohyblivá (1), pohybující se směrem k a od pevné čelisti. Pohyb čelisti je možný díky elektromotoru či spalovacího motoru. Výkon drtiče se uvádí v m³ nebo tunách drceného materiálu za 1 hodinu. Podle uspořádání dělíme čelistové drtiče na jedno či dvouvzpěrné. [2 – str. 62]



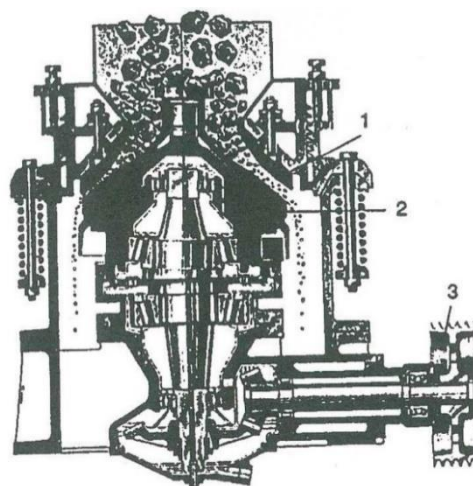
2.1.2 Čelistový drtič jednovzpěrný
1 – pohyblivá čelist, 2 – pevná čelist, 3 – výstředník pohonu, 4 – regulovatelný klín, 5 – regulační šrouby, 6 – posuvný klín

Obrázek č. 5 Jednovzpěrný čelistový drtič [2 – str. 62]

4.1.2 Kuželové drtiče

Drtič obsahuje dva kužele; vnější a vnitřní, mezi kterými se nachází drticí prostor. Vnější kužel (1) je pevný a má svislou osu. Naproti tomu má vnitřní kužel (2) osu jemně skloněnou (2°-5° od svislé osy) a výstředně v něm krouží. Existují dva typy provedení kuželových drtičů:

Se zavěšeným kuželem, nebo takzvaně ostroúhlé, jelikož rozdrcená zrna mají ostré hrany. Výsledkem jsou zrna málo vhodná do betonů.



2.1.3 Kuželový drtič s podepřeným kuželem typu Symons

1 – pevná čelist, 2 – kuželová pohyblivá čelist, 3 – hnací mechanismus

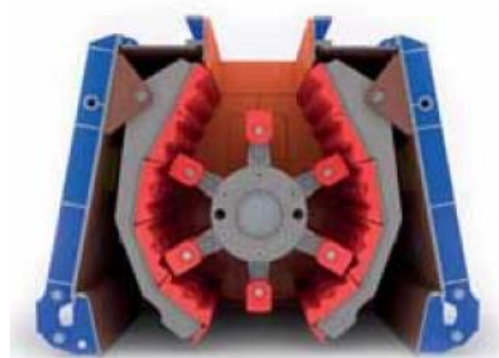
Obrázek č. 6 Kuželový drtič

s podepřeným kuželem [2 – str. 62]

S podepřeným kuželem, tzv. tupouhlé, jejichž výsledná zrna jsou tvarově příznivější do betonů. [2 – str. 62-63]

4.1.3 Kladivové drtiče

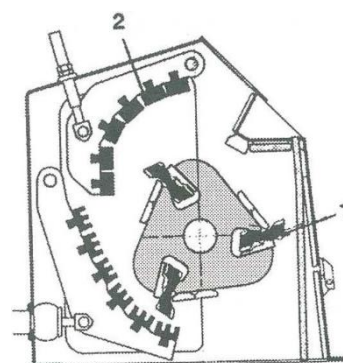
Materiál ležící na povrchu válcové dutiny skříně je drcen pomocí kladiv rychle se otáčející na vodorovně umístěném rotoru. Drcení neprobíhá jen pomocí úderů jako na kovadlině, ale i odstředivou silou, kde jsou částice vrhány na pancéřové desky skříně a také do sebe navzájem naráží. Po rozdrcení na požadovanou velikost zrna propadnou sítím na dně drtiče. [2 – str. 63]



Obrázek č. 7 Kladivový drtič [21]

4.1.4 Odrazové drtiče

Drcený materiál je vrhán díky tuhým lištám (1) upevněným na rotoru na nárazové desky (2). To a také nárazy materiálu o sebe zapříčiní podrcení materiálu na požadovanou velikost. Ta se určí pomocí nastavitelných štěrbin mezi lištami rotoru a výstupní nárazovou deskou (2). [2 – str. 63]



Obrázek č. 8 Odrazový drtič
[2 – str. 63]

4.1.5 Válcové drtiče

Základem stroje je jeden nebo dva válce otáčející se proti sobě, které mají na svém povrchu žebra nebo zuby. Materiál se zde přivádí mezi válce, které ho drcením a třením drtí tak dlouho, dokud nepropadne skrz regulovatelnou mezeru mezi válci, která tak stanovuje výslednou velikost zrn. [2 – str. 63]



Obrázek č. 9 Válcový drtič [21]

4.1.6 Drticí mlýny

Používají se při potřebě velikosti zrna 1,25 mm a menší. Jsou různého konstrukčního typu – kulové, odrazové, vibrační, kladivové a další. [2 – str. 63]

4.2 Třídíče

K roztřídění velikostně různorodé podrcené směsi se používají třídíče, které směs rozdělí na frakce podle velikosti zrn. Třídění probíhá pomocí plechových, ocelových drátěných nebo umělohmotných sít, kterými zrna až po určitou velikost propadávají. Nadsítné, které již sítím nepropadne, se ze síta odvádí. [2 – str. 63-64]

4.2.1 Hrubotřídíče

Slouží k odtřídění primárně podrceného materiálu. Jsou to mohutné třídíče a mají nucený kruhový tvar kmitů. Třídění probíhá na třídících plochách roštových, plechových, modulových a prstových. Třídíč může být zapojen v technologickém celku, či pracovat samostatně. [21]

4.2.2 Odhliňovací hrubotřídíče

Oproti hrubotřídíčům se jedná o lehčí konstrukci. Pomocí kruhových tvarů kmitů slouží k třídění vytěženého materiálu, kameniva a odhlinění materiálu před drcením, díky kterému se zvýší výkon celé linky. [21]

4.2.3 Vibrační třídíče

Jsou vhodné pro nelepivé zrnité materiály. Používají se pro konečné roztřídění na dvě až čtyři frakce v suchých i mokrých technologiích. Třídění zde probíhá pomocí pohyblivého rámu s vyměnitelnými síty. Pomocí motorů tento rám začne vibrovat a prostřednictvím těchto vibrací a umístěných sítí dojde k roztřídění materiálu na frakce. [21]

4.2.4 Rezonanční třídíče

Pracují na principu kmitání dvou oscilujících rámu spojených pružinami. Jsou vhodné pro finální třídění na tři až čtyři frakce zrnitých nelepivých materiálů pro suché i mokré technologie.

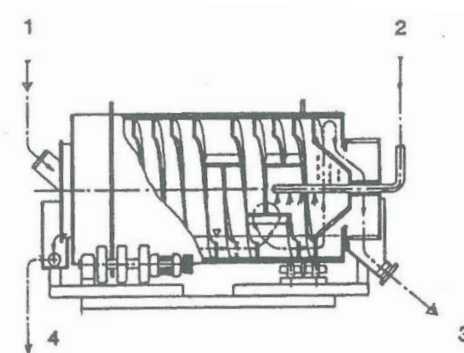
4.3 Pračky štěrku a písku

Používají se při separaci nežádoucích příměsí ze štěrku a písku. Pro separaci se používá několik způsobů.

První způsob je zkrápění kameniva na sítích drtičů.

Odstranění nežádoucích příměsí lze dosáhnout ve vynášecích rekuperátorech. V nich jsou umístěna skloněná koryta, do kterých je vedena voda a v dolní části je kamenivo určené k pročištění. Díky hřeblovému nebo šnekovému dopravníku či řetězu je kamenivo vynášeno a souběžně promýváno, čímž se odstraňují jemné nečistoty.

Dalším způsob praní štěrku a písku je v bubnové pračce. Třídění zde začíná nasypáním materiálu násypkou (1) do bubnu ve kterém jsou lopatky, které vynášejí materiál při otáčení nahoru. Poté materiál padá volným pádem zpět na dno bubnu, zatímco je proti materiálu přiváděná čistá voda (2), která kamenivo čistí. Očištěné kamenivo je v koncové části bubnu, zvláštním zařízením vynášeno nahoru, kde se pomocí výsypky (3) vyprazdňuje z bubnu. Voda s nežádoucími příměsí pak vyteče z bubnu výtokem (4).



2.1.6 Činnost bubnové pračky netříděného materiálu

1 – vstupní násypka, 2 – protiproudý přívod vody, 3 – výstup propraného materiálu, 4 – výstup znečištěné vody a ostatních zbytků

Obrázek č. 10 Bubnová pračka [20 – str. 64]

Třídění a zároveň pročištění materiálu probíhá ve žlabové pračce. V ní probíhá roztřídění na 4 frakce: 0/4, 4/8, 8/16 a 16/32 mm. Zároveň je do ní na 4 místech přiváděna voda potřebná k praní. [2 – str. 64-65]

4.4 Podavače

4.4.1 Vibrační třídící podavače

Slouží nejen k podávání materiálu do drtičů, ale je zde i možnost částečného odtřídění drobné frakce. Provedení tohoto tříděče může být stacionární, semimobilní či mobilní. [21]

4.4.2 Vibrační roštnicové podavače

Tyto stacionární podavače s regulací výkonu elektromotorů pomocí frekvenčních měničů se používají ke kontinuálnímu podávání rubaniny z primárních násypek do drtičů s částečným odtříděním drobné frakce během podávání. [21]

4.4.3 Žlabové podavače

Používají se k podávání kusových a zrnitých materiálů z primárních násypek do hrubotříděče či drtičů. Tvoří dno vstupních násypek. [21]

4.4.4 Článekové podavače

Podle úpravy podavače může sloužit k podávání materiálů již podrcených materiálu menší zrnitosti nebo hrubozrných a kusových frakcí. Podavač může podávat rovnoměrně či objemově. [21]

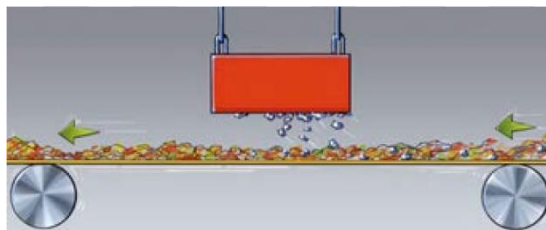
4.4.5 Pásové dopravníky

Skládají se z dvou bubnů, jedním hnacím a druhým napínacím, mezi kterými je natáhnut pryžový pás. Pro prodloužení délky dopravy se dopravníky zapojují do série. Běžné pásové dopravníky mohou dopravovat sypké a kusové materiály do úhlu nepřesahující 25°, kdy se materiál začne sesouvat. Pro dosažení většího možného sklonu jsou dopravníky opatřeny nálitky z PVC zabraňující tomuto sesouvání a zajišťují tak navýšení sklonu až na 51°. [2 – str. 131-132]

4.5 Magnetické separátory

4.5.1 Magnetické bloky

Princip separace spočívá k zachytávání magnetických částic na bloky. Magnetické bloky se instalují nad ploché nebo žlabové dopravníky a slouží k odstranění železných částic z materiálůvých



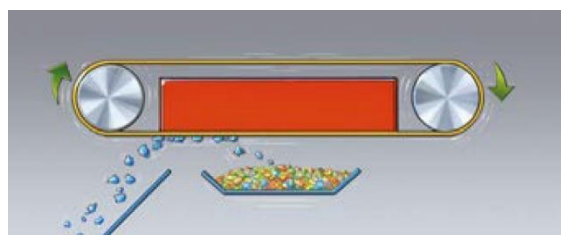
Obrázek č. 11 Magnetický blok [22]

toků obsahující relativně malé množství železných částic. Podle konkrétních podmínek se volí v elektro provedení nebo s permanentním magnetem.

Elektrické provedení bloku usnadňuje čištění, při kterém železné částice po vypnutí elektromagnetu jednoduše odpadnou. Permanentní magnet nepotřebuje pro svou práci elektrickou energii a je proto ekonomicky výhodnější. Čištění zde probíhá ručně. [14]

4.5.2 Závěsné separátory

Zde separátor zachytí magnetické částice a odvádí je mimo hlavní materiálový tok. Jsou vhodné při odpadovém toku obsahující velké množství železných částic. Závěsné separátory existují

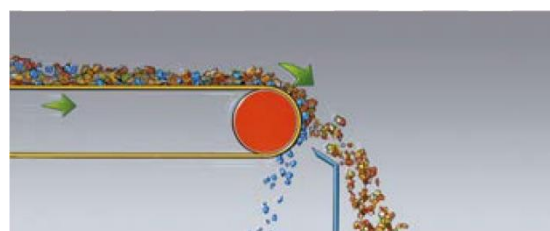


Obrázek č. 12 Zavěšený separátor [14]

opět ve dvou provedeních, tedy s permanentním magnetem, kdy přitažná síla pole je až 450 mm a s elektromagnetem který má přitažlivou sílu do vzdálenosti až 700 mm. Účinnost těchto separátorů se pohybuje mezi 70 až 90 % a používají se jako první stupeň odželezňovacího procesu. [14]

4.5.3 Magnetické válce

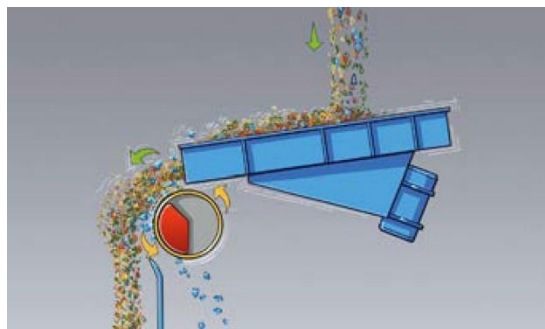
Toto zařízení se instaluje jako hnací válec dopravníkového pásu. Při dopravování recyklovaného materiálu se železné částice v něm obsažené zachytí pomocí magnetu a jsou unášeny na spodní část pásu, kde se uvolní a odpadávají. Často je používáno v sérii se separátorem jako druhý stupeň separace. [14]



Obrázek č. 13 Magnetický válec [14]

4.5.4 Bubnové separátory

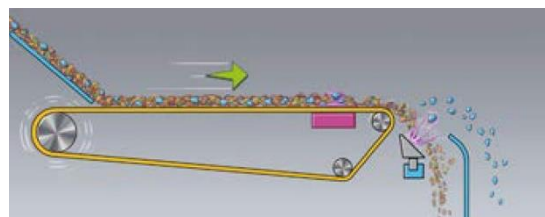
Vycházejí z podobného principu jako magnetické válce. Zde je pevný magnet v úhlu 180°, kolem kterého se otáčí nerezový buben s výstupky. Při otáčení se magnetické částice dostanou až pod buben, zatímco nemagnetické části odpadnou dřív a pod buben, kam míří magnetické částice, se nedostanou. [14]



Obrázek č. 14 Bubnový separátor [14]

4.5.5 I-Sens separátory se senzory

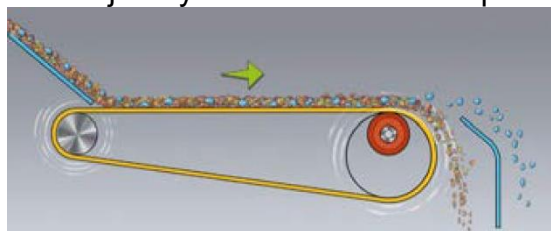
Podstata tohoto separátoru leží ve využití snímací desky, která je nainstalována na pásovém dopravníku. Tento senzor zjišťuje přítomnost kovové částice a také její polohu na pásu. Program díky těmto informacím zjistí přesné místo a za pomoci vzduchového pulsu separuje částice z proudu nekovového materiálu za dělicí přepážku. Často se používá před nebo za separátorem neželezných kovů, který popisuje odstavec níže. [14]



Obrázek č. 15 I-Sens separátor [14]

4.5.6 Separace neželezných kovů (Eddy Current)

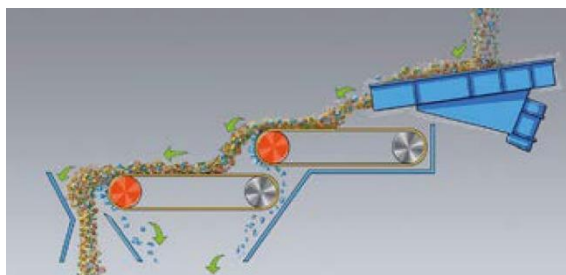
Tento přístroj funguje díky rychle se točícímu magnetickému rotoru. Ten vytváří indukční pole prostřednictvím magnetických pólů. Díky tomu se v neželezných kovech vytvářejí magnetické vířivé proudy. Vzájemným působením sil jsou neželezné částice vyseparovány z toku materiálu. Proměnlivost magnetického pole ovlivňuje rychlost rotoru a počet magnetických pólů. To má zásadní vliv na účinnost separace. Toto zařízení se instaluje do osy rotačního válce, mimo něj nebo jako systém dvou nebo třístupňové kaskády. [14]



Obrázek č. 16 Separátor neželezných kovů [14]

4.5.7 Vysokogradientní magnetické separátory

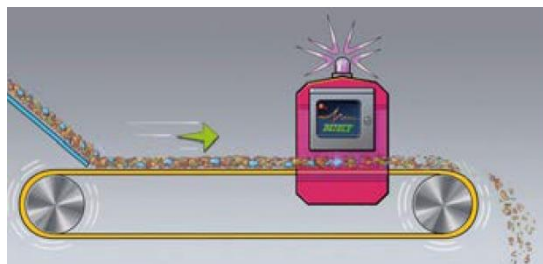
Pro paramagnetické nebo slabě magnetické materiály se používají vysokogradientní separátory s velmi silným magnetickým systémem. Příkladem těchto materiálů je nerezová ocel, která se stane magnetickou v důsledku mechanického přetvoření v drtiči. Používají se jako magnetický válec či bubnový separátor. [14]



Obrázek č. 17 Vysokogradientní magnetický separátor [14]

4.5.8 Detektory kovů

Pro výstupní kontrolu produktů recyklace či jako bezpečnostní zařízení pro drtiče a mlýny v počáteční fázi recyklačního procesu se používají detektory kovů. Ty fungují díky elektromagnetické cívce



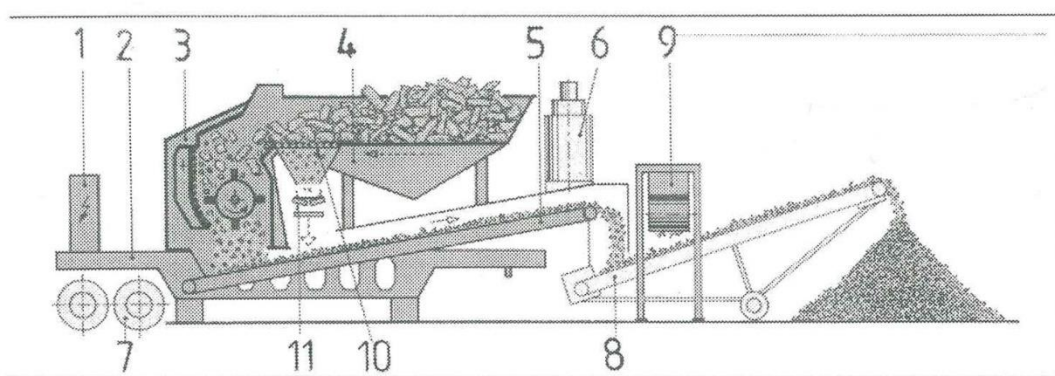
Obrázek č. 18 Detektor kovů [14]

vytvářející elektromagnetické pole. Při výskytu vodivé částice v tomto poli rozezná detektor změnu elektromagnetického pole a zareaguje na něj aktivací separační klapky či zastavením dopravního pásu. [14]

4.6 Recyklační soupravy

Tak se nazývá soubor strojů a zařízení využívané pro úpravu a částečné roztřídění stavebních materiálů k bezprostřednímu užití či k jejich následujícímu zpracování z demolic, deponií nebo místních zdrojů.

;Recyklační soupravy jsou tvořeny přijímací jímkou (4), do které je vsypáván materiál k recyklaci. Z této jímky postupuje materiál přes sítový rošt (10), který slouží k separaci písku a hlíny. Tento separát propadne na příčný dopravník (11) a odvede ho mimo stroj. Zbýlý materiál putuje do drtiče rotačního, kuželového, odrazového či často čelistového. Po drtiči následuje dopravník, který dopraví rozdrčený materiál k odlučovači kovů, a dále na haldovací dopravník. Podle mobility rozeznáváme soupravy mobilní, semimobilní a stacionární, které jsou více rozepsány v kapitolách níže. [2 – str.289]



10.4.1 Základní uspořádání a funkční činnost jednoduché recyklační soupravy pro zpracování stavebních materiálů z demolic

1 – energetická část soupravy, 2 – rámový podvozek, 3 – odrazový nebo čelistový drtič, 4 – přijímací jímka, 5 – dopravní pás, 6 – odprašovací zařízení, 7 – pojezdová kola, 8 – haldovací dopravník, 9 – magnetický odlučovač kovů, 10 – sítový rošt, 11 – příčný pásový dopravník pro odpadní hlínu a písek

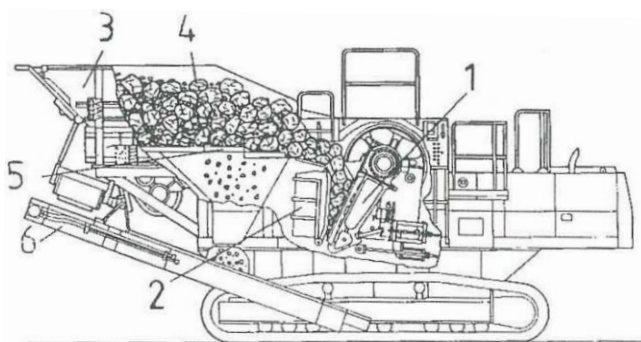
Obrázek č. 19 Recyklační souprava [2 – str. 290]

4.6.1 Mobilní a semimobilní soupravy

Mobilní linky, které jsou nejčastěji osazeny pásovým podvozkem se při práci pohybují. Recyklační linky, které při práci stojí, ale lze je snadno a rychle přepravit, nazýváme semimobilní. [12]

Soupravy na mobilním podvozku – Jsou to samohybné soupravy, které pohání spalovací motor. Ten také uvádí do chodu drtič a ostatní mechanismy. Dokáží zpracovat 50-150 t/h i více. Materiál je vsypávám přes

násypnou jímku (4) na hřeblový podavač (5), ze kterého propadne na příčný dopravník písek a hlína. Materiál určený k drcení pak putuje do čelistového drtiče (1,2) s regulovatelným výstupem na odbavovací dopravník. [2 – str. 290]



Obrázek č. 20 Recyklační souprava na mobilním podvozku [2 – str. 290]

Soupravy na semimobilním podvozku – Nejdůležitější součástí těchto linek bývá drtič, který rozhoduje o jejím výkonu a použitelnosti soupravy v daných podmínkách. Drtič zde bývá čelistový vhodný pro drcení měkkých a středně tvrdých hornin, nebo univerzálnější odrazový drtič, který je určený na drcení všech druhů měkkého i nejtvrďšího materiálu. Důležitým parametrem sestavy je také velikost ústí drtiče a světlost otvoru, kterým materiál vstupuje do drtiče. Tyto drtiče mají výkon 70-250 t/h i více. Vše pohání vznětový motor či elektromotor. [2 – str. 290-291]



Obrázek č. 21 Recyklační souprava na semimobilním podvozku [20]

Soupravy převozní – kontejnerové – Jsou vhodné pro recyklaci materiálů získaných z demolic i ze živičných krytů vozovek. Díky jejich hmotnosti 15–20 tun je lze přepravovat na nákladních automobilech. Běžně jsou s čelistovými drtiči o výkonech 10-100 t/h s přejímacími jímkami 3-5 m³. [2 – str. 292]

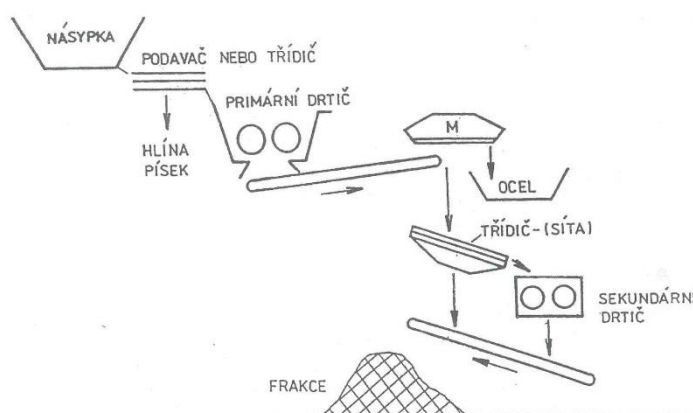


Obrázek č. 22 Recyklační převozní souprava [20]

4.6.2 Stacionární recyklační soupravy

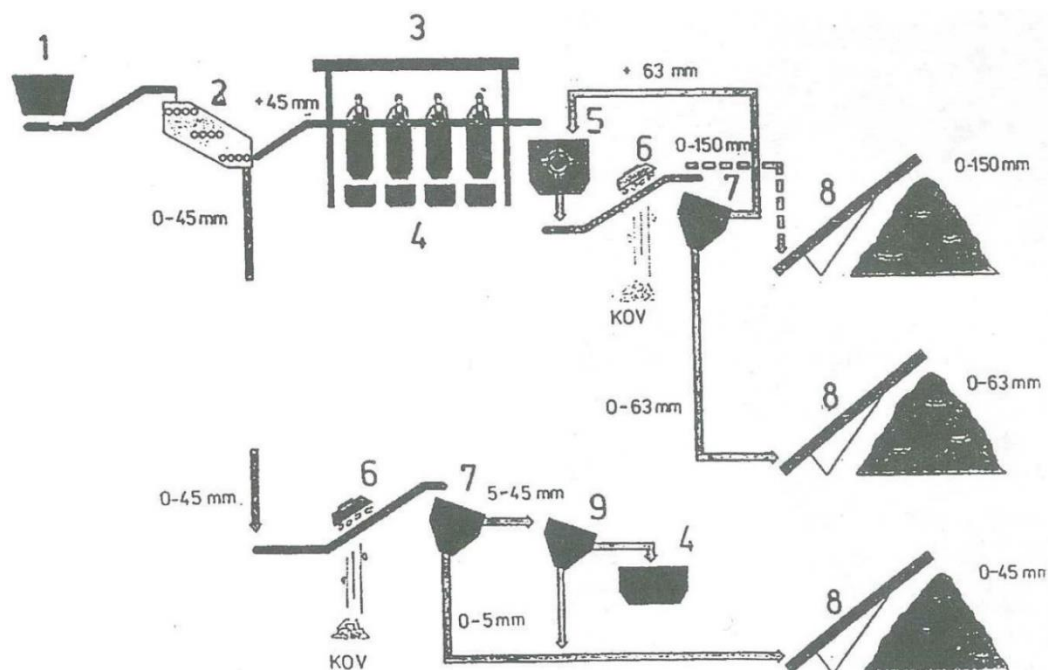
Jedná se o složité soupravy, jejichž technické uspořádání je určeno dle druhu zpracovávaného materiálu, jeho kvality, třídění a případně i praní. Budují se tam, kde je možné zajistit stálý přísun dostatečného množství zpracovávaného materiálu. [12]

Jednoduché soupravy – jedná se o systém dvou drtičů. Primární drtič nadrtí drť nahrubo, poté následuje magnet, který vyseparuje magnetický materiál. Nadsítný materiál putuje do sekundárního drtiče, díky němuž se dosáhne požadované velikosti frakce. Podsítný materiál poté směřuje na dopravník, který ho dopraví na skládku. Tato sestava se využívá i u některých mobilních souprav. [2 – str. 293]



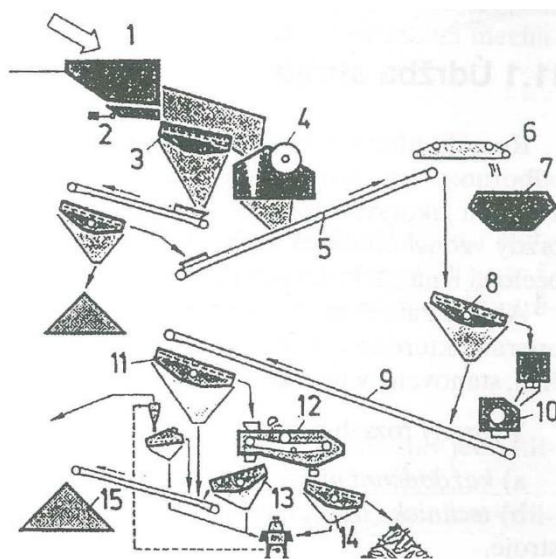
Obrázek č. 23 - Stacionární jednoduchá recyklační souprava [2 - str. 290]

Soupravy se suchým způsobem recyklace a současným tříděním na několik frakcí – jedná se o nákladné zařízení, proto se zřizuje tam kde je schopné zpracovat ročně 70 - 100 000 tun odpadu ročně. Díky roštu (1) je přijímaný odpad zbaven hlíny a jemného písku. Odtud materiál prochází dál do diskového třídiče (2), který materiál rozdělí podle zrnitosti na dva směry. Zrna do 45 mm, která propadnou třídičem, jsou vedena skrz magnetický separátor (6) na síto (7). Tímto sítem propadnou zrna velikost 0-5 mm a dostanou se na dopravník separátoru (9), pomocí něj se odseparují nevhodné látky, které padají do kontejneru (4). Čistý materiál jde na dopravní pás (8) a na haldu. Zrna do velikosti 5 mm vytvoří samostatnou frakci, nebo se sloučí s materiálem vyšší zrnitosti. Hrubý materiál o zrnitosti nad 45 mm proudí druhým směrem z třídiče (2) často obsahuje notné množství nevhodných látek a je dopraven na třídící pásový dopravník (3). Na tomto dopravníku pracovníci třídí nevhodný materiál, který házejí do připraveného kontejneru (4). Pročištěný materiál putuje do odrazového drtiče (5), ze kterého na dopravníku prochází pod magnetickým separátorem (6). Zde se podle potřeby materiál do 15 mm odvede dopravníkem přímo na haldu, nebo je-li potřeba materiál o menší zrnitosti, pomocí síta (7) se materiál roztřídí, přičemž je frakce 0-63 mm dopravníkem (8) odvedena na haldu a nadsítný materiál je veden zpět do drtiče (5). [2 – str. 293-294]



Obrázek č. 24 Stacionární recyklační souprava se suchým způsobem recyklace a současným tříděním na několik frakcí [2 – str. 293]

Soupravy kombinované pro suché a mokré třídění – se používají pro dosažení na čistotě a přesnosti tříděného materiálu. Používá se u nejjemnějších frakcí 0/2, 2/8, 8/16, 16/32 mm. Souprava začíná přijímací jímkou (1), následuje podavač (2) a za ním pedsíto (3), kterým propadne nežádoucí hlína a písek na dopravník a síto. Podsítné putuje do odpadu, nadsítné se dopravníkem (5) vrací zpátky do procesu. Nadsítný materiál z pedsíta (3) putuje do čelistového drtiče (4). Z něho materiál pokračuje dopravníkem (5), na kterém je pomocí magnetu odstraněn magnetický odpad do kontejneru (7) do síťového třídiče (8). Podsítné zde propadne na dopravník (9), nadsítné směřuje do sekundárního odrazového drtiče (10). Z něho díky dopravníku (9) míří do dalšího síťového třídiče (11). Z něj jde nadsítný materiál do mokrého pracího a odlučovacího zařízení zvaného Aquamotor (12). Ten proudem vody propere a vyplaví nežádoucí látky. Potom postupuje materiál na další síta (13,14), která ho rozdělí na požadované frakce (14,15). [2 – str. 295]



Obrázek č. 25 Stacionární recyklační kombinovaná souprava [2 – str. 295]

5 RECYKLÁTY ZE STAVEBNÍCH A DEMOLIČNÍCH ODPADŮ

Vhodnou kombinací drcení a třídění na frakce vznikají recykláty, které jsou schopny být stejně tak kvalitní i cenově konkurovat přírodním materiálům. Nejčastěji dnes používaný recyklát je směsný, případně cihlový, který je používán jako zásypový materiál či pro stabilizaci podkladů a nestmelených vrstev vozovek.

Bohužel v České republice dosud neexistují obecně platné normy pro posuzování jakosti recyklátů. Výjimku tvoří pouze některé normy pro stavbu komunikací a obecně technické podmínky (OTP) pro stavbu železničního svršku a spodku. Tyto normy a OTP umožňují užít recykláty v některých

etapách stavební výroby, avšak pouze za předpokladů, že vyhoví kritériím, která jsou dána pro přírodní nerostné suroviny. Tato skutečnost má vliv na uplatňování recyklátů v následné stavební výrobě. Bez těchto norem se jen stěží dostaneme k širšímu využívání recyklátů již v projekční fázi, ale také k jejich cenovému přiblížení k cenám nerostných surovin obdobných vlastností. Růst cen recyklátů pak znamená i pokles výkupních cen pro původce stavebních a demoličních odpadů. Ti se pak mnohem častěji snaží odpad zbavit pololegálním či ilegálním způsobem.

Jak již bylo uvedeno výše, recykláty se nejčastěji používají jako pouhý zásyp. Kvalitní tříděné recykláty však lze využít na úrovni daleko vyšší. Příklady tohoto tvrzení budou uvedené níže. [19] [20]

5.1 Cihelný recyklát

Jelikož vybourané zdivo patří mezi velkou část stavebního odpadu při demolici, je pak i recyklát z toho typu dopadu výrazně rozšířen.

Nejčastěji se produkuje do zrnitosti cca 80 mm, a to minimálně ve třech frakcích 0-16 mm, 16-32 mm a 32-80 mm. Je však možné získat i jiné požadované frakce. Vlastnosti výsledného recyklátu závisí na vstupních surovinách a kvalitě výrobního procesu. Velký význam pro použití v dalším stavebním procesu má odolnost proti otlukovosti. Ta se zjišťuje zkouškou Los Angeles. Výsledky této zkoušky se pohybují v rozmezí 70–80 %. To ukazuje nevhodnost použití cihelného recyklátu do konstrukčních vrstev pozemních komunikací. Nevýhodou je i velká nasákavost, a to až přes 10 %, která dělá tento recyklát nepříznivý z pohledu namrzavosti.

Způsobem, jak lze cihelný recyklát kvalitně využít, je výroba cihlobetonu. Ten slouží jako výplňové zdivo pro monolitické konstrukce, dále pro produkci prefabrikovaných prvků, k přípravě vibrolisovaných tvárnic či stěnových prvků. Ty mají výhodu, že jejich slisování eliminuje dotvarování konstrukce pod zatížením vzhledem k nižší hodnotě statického modulu.

Další možností uplatnění je výroba stavebních směrů jako plniva malt pro zdění s využitím drobných frakcí do 4 mm a vzdušným či hydraulickým

vápнем. Výhodou těchto malt je vyšší tepelný odpor než malty s přírodním kamenivem. Dle typu pojiva lze dosáhnout pevností malt od 1 do 10 Mpa.

Dále lze uplatnění najít ve výrobě drenážního betonu, který se používá pro plošné odvodnění a odvzdušnění. V poslední době se také zkoušela výroba nepálených lisovaných cihel ze směsi cihelného recyklátu a hlíny s příměsí cementu či bez něj. Pevnost těchto cihel dosahovala v pevnosti tlaku po 14 dnech sušení až 8 MPa v závislosti na kvalitě hlíny. [16] [19]

5.2 Betonový recyklát

Jedním ze způsobu využití betonového recyklátu je použití jako plnivo do betonů s nižšími požadavky na pevnostní vlastnosti. Tento recyklát totiž u běžného betonu nepříznivě ovlivňuje konzistenci betonové směsi, kdy je nutné kvůli zachování požadované konzistence zvýšit množství záměsové vody, což se projeví v pevnosti betonu. Také oproti užití přírodního kameniva ovlivňuje i pevnost betonu v tlaku. Dále snižuje objemovou hmotnost u zatvrdlého betonu, snižuje pevnost v tlaku řádově o 10-15 %, také modul pružnosti je nižší, a to o 15-20 %, součinitel dotvarování je s touto příměsí vyšší až o 50 % a v neposlední řadě zvyšuje smršťování betonu o 20-40 %.

Své využití našla dříve nevyužívaná frakce 0/4 mm, a to při výrobě cementu, díky zjištění, že chemické složení je téměř jakostně totožné jako přírodní surovina pro výpal portlandského slínku. Jemná frakce 0/16 je svými atributy, a to hlavně svou dobrou zhutnitelností či dobrých hodnot únosnosti, nasákavosti a namrzavosti velmi vhodná pro obsyp kanalizačních sítí, vodovodů, kabelů a do násypů při stavbě komunikací.

Při vytváření podkladových a podsypových vrstev, u nichž je požadována větší pevnost, se používají střední frakce 0/32 a 16/32 zajišťující pevnost, kterou jinak není možné dosáhnout pomocí standardního směsného recyklátu.

Frakce 16/32 nalezne uplatnění jako příměs do sekundárního betonu až do třídy C20/25 a u produkce zděných prefabrikátů.

Pro podkladové vrstvy komunikací se používají velké frakce betonového recyklátu 0/63, 32/63, 0/80, 32/80, 80<, které lépe odolávají větší zátěži než směsné stavební suti.

Poměrně rozšířené využití betonového recyklátu je dnes uvedeno i v některých normách. [6] [19] [17]

5.3 Asfaltový recyklát

Asfalt, nejčastěji získaný z frézování vozovek, se dá považovat za jeden z nejlepších stavebních a demoličních odpadů k recyklaci z toho pohledu, že ho lze prakticky 100 % recyklovat. Nejčastějším způsobem recyklace bylo přidávání asfaltového recyklátu do směsí vyráběných za horka v obalovnách.

Poté ale byla prokázána vhodnost tohoto recyklátu pro použití technologie za studena. V procesu této technologie se recyklát mísí v mísících centrech za použití emulzí či v kombinaci s cementem. Tak dochází k obalení ekologicky závadných částic a tím se snižuje dopad na blízké okolí a možnost znehodnocení odpadních vod. V České republice se postupuje podle TP 208 - Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena. Materiál je možné recyklovat ve výrobně či přímo ve vozovce.

Výhoda recyklace ve výrobně spočívá v lepší kontrolovatelnosti homogenity použitých materiálů. Nevýhodou může být příliš velká dopravní vzdálenost od zdroje k mísícímu centru z ekonomického hlediska. Proto existují mobilní mísící centra, zde se však přemístění vyplatí pouze při větším objemu prací. Mezi nejvhodnější využití asfaltového recyklátu zpracovaného za studena lze řadit tyto způsoby. Pro vozovky málo zatížené, pro spodní podkladní vrstvy a pro zpevnění štěrkopískových podsypných vrstev se využije recyklát bez přidání nového pojiva. S přidáním hydraulického pojiva jako je cement, vápno nebo struska najde využití při budování nových stmelených podkladních vrstvách. Tam, kde staré úpravy obsahují dehtové pojivo, je vhodné použít recyklovaný materiál s přidáním emulze. Při kombinaci emulze i cementu přidaného k recyklátu byly prokázány nejlepší výsledky vlastností, které lze srovnávat se směsmi z obalovaného kameniva zpracovanými za horka. [5] [19]

6 VÝBĚR VHODNÉHO ZPŮSOBU RECYKLACE Z EKONOMICKÉHO HLEDISKA

V této kapitole bakalářské práce se budu zabývat volbou recyklace in situ či off situ z ekonomického hlediska vybraného objektu.

6.1 Základní popis

Objekt se nachází v obci Vlachovo Březí v Jihočeském kraji v okrese Prachatice. Konkrétně se jedná o objekt v ulici Komenského s č.p. 316, nacházející se v katastrálním území Vlachovo Březí [783293] na parcele č. st. 333/1 s celkovou výměrou 895 m², s druhem pozemku vedeným jako zastavěná plocha a nádvoří.

Jedná se o budovu Schmiedova pivovaru z roku 1856, který byl v provozu do roku 1935. Od té doby se již stavba nevyužívá ani neudržuje.



Obrázek č. 26 Celkový pohled na pivovar

Na základě provedeného statického posudku bylo zjištěno, že fyzická i morální životnost objektu je již vyčerpaná. Z ekonomického hlediska by finance vynaložené na opravu byly neúměrné a současně by při opravě hrozilo závažné nebezpečí úrazu. V tabulce Stupně porušení objektu, jenž hodnotí stav porušení od 1 (nejnižší stupeň porušení – první známky škod) do stupně

5 (největší stupeň porušení – destrukce), lze stavbu kategorizovat do 5. stupně.

Po provedeném statickém posudku zachvátil část krovu požár, který se sice podařilo uhasit ještě v ranném stádiu, ale celkový stav neudržovaného pivovaru se ještě více zhoršil.

6.2 Analýza objektu

Řešená budova má jedno podzemní podlaží, dvě nadzemní podlaží a podkroví. Konstrukční systém by se dal označit jako stěnový, obousměrný.

Stěny

Jsou vyzděny z cihel plných pálených (Obrázek č. 28) u nadzemních podlaží, u podzemního podlaží a částečně v určitých částech i 1. nadzemního podlaží je použito smíšené zdivo z cihel a kameniva poměru přibližně 1:1 (Obrázek č. 27)



Obrázek č. 28
Stěna z cihel
plných
pálených



Obrázek č. 27
Smíšené zdivo –
cihla plná pálená
+ kamenivo

Stropy

V podzemním podlaží tvoří konstrukci stropů ocelové traverzy tvaru I a valené cihlové klenby (Obrázek č. 29). Na stropy v nadzemních podlažích jsou použité valené cihlové klenby s traverzy či do pasů



Obrázek č. 29 Valená klenba s traverzami

(Obrázek č. 30) a dřevěné trémové stropy s trámy 200/200 mm v osové vzdálenosti po 1,5 m (Obrázek č. 31).



Obrázek č. 30 Valená klenba do pasů



Obrázek č. 31 Trémový strop

Střecha

Nosnou konstrukci střechy tvoří dřevěný krov (Obrázek č. 33) s ležatou stolicí s vaznými trámy 200/220 mm. Jako krytina jsou zde použity azbestocementové šablony 400x400 mm (Obrázek č. 32) z jedné poloviny na plnoplošném bednění a z druhé poloviny pouze na laťování.



Obrázek č. 32 Azbestocementové desky



Obrázek č. 33 Pohled na krov

Výplně otvorů

Prakticky neexistují. U oken zůstaly pouze dřevěné rámy bez tabulek skla. Jediná výplň dveřního otvoru jsou již nepoužitelné dřevěné vrata. Některé otvory jsou zazděné nebo vyplněné ocelovými mřížemi.

Nášlapně vrstvy podlah

Podlahu v podzemním podlaží tvoří pouze udusaná zemina. V nadzemních podlažích často nášlapná vrstva chybí a našlapuje se na cihelnou klenbu pokrytou zásypem. V menším množství se objevuje keramická dlažba či cihelná dlažba, tzv. půdovka. V prostorách podkroví se



používá jako nášlapná vrstva dřevěné bednění o tloušťce 35 mm.

Obrázek č. 34
Cihelná dlažba

6.3 Postup bouracích prací

Demolice se bude provádět postupným rozebíráním a demontováním shora dolů. Bourání bude provedeno za pomoci ručních strojů (motorová pila, pneumatické kladivo, plynové hořáky apod.) a strojní mechanizace s dlouhým ramenem. Bude připravena voda pro kropení prachu vznikající demolicí.

Prvně budou demontovány sanitační předměty a vnitřní rozvody technologické infrastruktury. Bude následovat demontáž výplní otvorů, střešní krytiny, krovu, stropních konstrukcí a nakonec zděných konstrukcí včetně komína a základů.

Konstrukce, které lze rozebrat šetrně, bez jejich porušení, jako například tzv. půdovky, se budou skladovat zvlášť k jejich následné renovaci a znovupoužití či prodeji.

Zhotovitel demolice zajistí oddělení roztříděného odpadu uloženého do připravených kontejnerů od neroztříděné sutě. Tyto odpady se dočasně uskladní na sousedním pozemku patřící investorovi. Samotná recyklace proběhne na místě či ve specializovaném centru. Toto rozhodnutí dále zkoumá tato práce níže.

6.4 Materiály objektu

Z kapitoly 6.2 Analýza objektu lze vyčíst, že nejčastěji zastoupenou skupinou demoličního odpadu bude podle Katalogu odpadů 17 01 02 Cihly dále pak 17 02 01 Dřevo, 17 04 05 Železo a ocel a nakonec 17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03. Materiály z ostatních skupin budou v zanedbatelném množství.

Do zvláštní skupiny bude patřit azbestocementová krytina a to do 17 06 05 Stavební materiály obsahující azbest. Je zvláštní tím, že je to skupina, ve které se nacházejí nebezpečné odpady. Proto bude demontáž těchto šablon provádět specializovaná firma oprávněná k nakládání s nebezpečnými odpady, tak aby byly splněny požadavky platných norem a předpisů. Celkem tato odborná firma zlikviduje přibližně 1038 m² této krytiny což činí zhruba 5,2 m³ nebezpečného odpadu.

Po odstranění střešní krytiny se odstraní dřevěný krov a na něm položený trámový dřevěný strop, z něhož bude přibližně 130 m³ odpadu, tedy cca 65 tun, které ale vlastník nehodlá recyklovat, ale využije je jiným způsobem. Po dalším postupu bouracích prací se u demolice stropů valených kleneb s ocelovými traverzami tyto velké kusy oceli vyseparují a odvezou do výkupny kovů. Hmotnost oceli bude zhruba 2,3 tuny. Po demolici a vyřídění výše napsaného tak bude objem celkové suti určené k recyklaci složené převážně z cihel, zeminy a kamení přibližně 5044 m³ určených k dalšímu zpracování. Dle hrubého odhadu to znamená 4 539,6 tun odpadu z kategorie 17 01 02 a 3783 tun z kategorie 17 05 04.

6.5 Recyklační centra a půjčovny recyklačních souprav

V okruhu 60 km od místa demolice se nachází celkem 6 recyklačních center. Z toho pouze jedno recyklační středisko nepřijímalo potřebné kategorie odpadu.

Na 5 zbývajících středisek jsem se obrátil s dotazy týkajícími se jejich provozu. Konkrétně jsem se jich ptal, jaké druhy stavebních odpadů vykupují a na cenu výkupu za tunu odpadu. Dále jsem zjišťoval informace o dopravě odpadu. Jestli je nutné obstarat si vlastní dopravu, nebo je v možnostech centra dopravu zajistit a jak se určuje cena za odvoz. Mé poslední otázky směřovaly na možnost pronajmout si mobilní recyklační linku, cenu za pronájem a výkon linky. Na některé otázky jsem našel odpověď na internetových stránkách, na zbývajících otázkách jsem musel dotazovat přes email. Všechny ceny jsou počítány bez DPH.

6.6 Varianta č. 1 – Odvoz SDO do recyklačního centra

Tato varianta se využívá při menším množství, kdy je většinou ekonomičtější odvézt SDO na středisko. Zde samozřejmě záleží na vzdálenosti od střediska, ceně dopravy a poplatky za skladování SDO.

6.6.1 Poplatky za skladování SDO

Při mém průzkumu cen za příjem odpadů se mi nepodařilo kontaktovat jednu zpracovnu SDO, proto mám informace o cenách pouze ze 4 zpracoven SDO poblíž místa demolice. Ze zjištěných cen a z mého výkazu výměr vyplývající z kapitoly 6.4 Materiály objektu jsem vytvořil následující tabulku.

		Katalogové číslo odpadu		Celkem	
		17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvezené pod číslem 17 05 03		
		Hmotnost získaného odpadu (t)	4539,6	3783	8322,6
Název recyklačního centra	Casta dopravní stavby s.r.o. - Sběrný dvůr Krašovice	Cena/t	200 Kč	120 Kč	Celkem
		Cena za množství	907 920 Kč	453 960 Kč	1 361 880 Kč
	ENVISAN- GEM, a.s.	Cena/t	150 Kč	170 Kč	Celkem
		Cena za množství	680 940 Kč	643 110 Kč	1 324 050 Kč
	ProTeren s.r.o.	Cena/t	180 Kč	140 Kč	Celkem
		Cena za množství	817 128 Kč	529 620 Kč	1 346 748 Kč
	AZS 98, s.r.o. - Zavlekov	Cena/t	149 Kč	349 Kč	Celkem
		Cena za množství	676 400 Kč	1 320 267 Kč	1 996 667 Kč

Tabulka č. 2 Cena za uložení odpadu

Z této tabulky vyplývá, že nejvýhodněji lze SDO uložit do centra ENVISAN-GEM, a.s. V případě, že bychom odpad rozdělili dle katalogového čísla odpadu a každý pak odvezli na místo s nejvýhodnější cenou uložení, odvezli bychom Cihly do centra AZS 98, s.r.o. v Zavlekově a Zemina a kamení by putovala do sběrného dvora Krašovice.

6.6.2 Nakládání SDO

Nakládání bude ve všech variantách braných v potaz zprostředkováno pomocí firmy provádějící demolici. Bude zde použit nakladač Volvo L70F s lopatou o objemu 2,3 m³. Pro tento nakladač jsem provedl výpočet výkonu.

Vstupní údaje

Objem lopaty: $V=2,3 \text{ m}^3$

Doba teoretického pracovního cyklu: $T=30 \text{ s}$

Výpočet (dle vyučování Technologie staveb 01)

Teoretická výkonnost $Q=3600 \times \frac{V}{T} = 276 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba teoretického pracovního cyklu: $T_s = T + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 31,5 \text{ s}$

Opravné časy

- Vliv horniny: $t_1 = 1,5 \text{ s}$
- Vliv hromady: $t_2 = 0 \text{ s}$
- Průběh pracovního cyklu: $t_3 = 0 \text{ s}$
- Vliv vyklápění: $t_4 = 0 \text{ s}$

Provozní výkonnost: $Q_p = 3600 \times (V \times \frac{k_p}{T_s})$

Koeficient plnění lopaty: $k_p = 83 \%$

$Q_p = 218,17 \text{ m}^3/\text{h}$

Pracovní výkonnost

Časové využití $k_{\check{c}} = 0,83$

$Q_s = Q_p \times k_{\check{c}} = \mathbf{181,08 \text{ m}^3/\text{h}}$

Nakladač je schopen naložit 181,08 m³ /h stavebního odpadu.

6.6.3 Doprava SDO

Kromě jediného centra si lze odvoz odpadu zajistit přímo od příjemce SDO. Pokud by se vybralo jako místo pro uložení SDO středisko bez transportu, pak by se převoz zajistil pomocí dodavatelské firmy s technikou vhodnou pro převoz SDO. Na výkon nakladače jsem navrhl počet odvozních prostředků a vypočetl náklady za odvoz do jednotlivých středisek. Tyto náklady jsem rozdělil i podle druhu odváženého materiálu. Žádné recyklační středisko nedisponuje potřebným počtem nákladních automobilů tak, aby byla dodržena plná výtlíženost nakladače.

	Název recyklačního centra							
	Casta dopravní stavby s.r.o. - Sběrný dvůr Krašovice		ENVISAN-GEM,a.s.		ProTeren s.r.o.		AZS 98, s.r.o. - Zavlekov	
	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03
Zajišťuje dopravu	Ne		Ano		Ano		Ano	
Cena/km	40 Kč		44 Kč		40 Kč		40 Kč	
Celková vzdálenost (km)	18291	15288	23052	19278	19876,8	16531,2	22892	19116
Cena za cestu	731 640 Kč	611 520 Kč	1 014 288 Kč	848 232 Kč	795 072 Kč	661 248 Kč	915 680 Kč	764 640 Kč
Nostnost automobilu (t)	27		24		26,9		28	
Objem korby (m ³)	24		17,4		18		23	
Cena manipulace/h	800 Kč		480 Kč		1 000 Kč		450 Kč	
Doba manipulace (h)	27,3	24,29	28,72	25,67	27,44	24,29	26,35	23,42
Cena za manipulaci	21 840 Kč	19 432 Kč	13 786 Kč	12 322 Kč	27 440 Kč	24 290 Kč	11 858 Kč	10 539 Kč
Potřeba automobilů	21	18	26	22	23	19	26	22
Cena	753 480 Kč	630 952 Kč	1 028 074 Kč	860 554 Kč	822 512 Kč	685 538 Kč	927 538 Kč	775 179 Kč
Cena celkem	1 384 432 Kč		1 888 627 Kč		1 508 050 Kč		1 702 717 Kč	

Tabulka č. 3 Cena dopravy varianta č. 1

Výpočet viz. Příloha č. 1

6.6.4 Vyhodnocení varianty č. 1

Celková výhodnost závisí na rozhodnutí investora, zdali uloží všechny odpad do jednoho recyklačního centra či ho rozdělí podle nejvýhodnější ceny uložení. Rozhodující jsou zde i částky za dopravu. Cenově lépe vychází rozdělit odpad podle kategorie a ten pak každý zvlášť odvést do jiného centra. V následující tabulce jsou vybrány nejlepší varianty pro obě možnosti.

Název recyklačního centra	Odvoz každé kategorie odpadu zvlášť		Odvoz odpadu dohromady
	AZS 98, s.r.o. - Zavlekov	Casta dopravní stavby s.r.o. - Sběrný dvůr Krašovice	Casta dopravní stavby s.r.o. - Sběrný dvůr Krašovice
Kategorie odpadu	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03	Dohromady 17 01 02 + 17 05 04
Cena za uložení	676 400 Kč	453 960 Kč	1 361 880 Kč
Cena za dopravu	927 538 Kč	630 952 Kč	1 384 432 Kč
Celkem	1 603 938 Kč	1 084 912 Kč	2 746 312 Kč
Končena suma	2 688 850 Kč		2 746 312 Kč

Tabulka č. 4 Vyhodnocení varianty č. 1

6.7 Varianta č. 2 – Odvoz SDO k recyklaci s následným odvozem recyklátu zpět

Varianta č. 2 pomáhá pokrýt vysoké náklady za dopravu tím, že se výsledný recyklát odveze zpět investorovi a tím se vykryje vytíženost odvozních prostředků, které nejezdí prázdné. Tento recyklát se může dále využít či prodat. Investor nemá o jeho další využití zájem, proto bude brát v úvahu prodej recyklátů za průměrné ceny jako v okolních prodejnách. Skladovat se bude až výsledný recyklát na pozemcích investora proto odpadávají poplatky za skladování SDO.

6.7.1 Pronájem recyklačního zařízení

Při mém prozkoumání nabídky nejbližších zpracoven SDO jsem našel pouze dvě provozovny, ve kterých je možné pronajmout si recyklační linku. Obě tyto provozovny ji pronajímají výhradně s vlastní obsluhou a technikou. Ze získaných informací o ceně a výkonu recyklační linky jsem vypočetl výslednou cenu s přibližnou dobou doby recyklace.

Recyklační centra s možností pronájmu recyklační linky				
ENVISAN-GEM, a.s.		AZS 98, s.r.o. - Zavlekov		
	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvezené pod číslem 17 05 03	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvezené pod číslem 17 05 03
Hmotnost získaného odpadu z demolice (tuny)	4539,6	3783	4539,6	3783
Výkon linky (t/h)	60		150	
Doba recyklace (h)	75,66	63,05	30,264	25,22
Celková doba recyklace (h)	138,71		55,484	
Cena/t	115 Kč		85 Kč	
Cena	522 054 Kč	435 045 Kč	385 866 Kč	321 555 Kč
Cena celkem	957 099 Kč		707 421 Kč	

Tabulka č. 5 Cena pronájmu recyklační linky

6.7.2 Doprava SDO

Náklady za dopravu budou podobné variantě č. 1, změní se pouze cena za manipulaci vzhledem nutnosti nakládání recyklátu.

	Název recyklačního centra			
	ENVISAN-GEM, a.s.		AZS 98, s.r.o. - Zavlekov	
	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03
Zajišťuje dopravu	Ano		Ano	
Cena/km	44 Kč		40 Kč	
Celková vzdálenost (km)	23052	19278	22892	19116
Cena za cestu	1 014 288 Kč	848 232 Kč	915 680 Kč	764 640 Kč
Nosnost automobilu (t)	24		28	
Objem korby (m ³)	17,4		23	
Cena manipulace/h	480 Kč		450 Kč	
Doba manipulace (h)	57,44	51,35	52,7	46,85
Cena za manipulaci	27 571 Kč	24 648 Kč	23 715 Kč	21 083 Kč
Potřeba automobilů	32	27	31	26
Cena	1 041 859 Kč	872 880 Kč	939 395 Kč	785 723 Kč
Cena celkem	1 914 739 Kč		1 725 118 Kč	

Tabulka č. 6 Cena dopravy varianta č. 2

Výpočet viz. Příloha č. 2

6.7.3 Prodej recyklátu

Pro prodej recyklátu potřebujeme samozřejmě vědět hmotnost získaného recyklátu. Ta však mimo jiné záleží na kvalitě provedení demoličních prací. Proto je hmotnost získaných recyklátů pouze odhadní. Cena prodeje se skládá z průměrné ceny recyklátů v okolních recyklačních střediskách.

	Cihelný recyklát 0/16	Cihelný recyklát 16/32	Cihelný recyklát 32/63	Recyklované kamenivo 0/63	Tříděná zemina
Předpokládaná hmotnost získaného recyklátu (t)	1513,2	1513,2	1513,2	1791,9	1991,1
Cena/t	78 Kč	70 Kč	60 Kč	155 Kč	94 Kč
Cena recyklátu	117 273 Kč	105 924 Kč	90 792 Kč	277 745 Kč	187 163 Kč
Cena celkem	464 908 Kč				

Tabulka č. 7 Zisk z prodeje recyklátu

6.7.4 Vyhodnocení varianty č. 2

Z následující tabulky je patrné, že pro tuto variantu je nejvýhodnější recyklovat SDO ve středisku v Zavlekově. Výhodná je zde jak cena dopravy, tak i cena recyklace.

Název recyklačního centra	ENVISAN-GEM, a.s.		AZS 98, s.r.o. - Zavlekov	
Kategorie odpadu	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03
Cena za dopravu	1 041 859 Kč	872 880 Kč	939 395 Kč	785 723 Kč
Cena za recyklaci	522 054 Kč	435 045 Kč	385 866 Kč	321 555 Kč
Prodej recyklátu	313 989 Kč	464 908 Kč	313 989 Kč	464 908 Kč
Celkem	1 249 924 Kč	843 017 Kč	1 011 272 Kč	642 370 Kč
Končená suma	2 092 941 Kč		1 653 642 Kč	

Tabulka č. 8 Vyhodnocení varianty č. 2

6.8 Varianta č. 3 – Pronájem recyklační linky

Tato možnost počítá s pronájmem recyklační linky, její dopravu na místo recyklace i zpět a prodejem vzniklého recyklátu. Recyklační sestava se na místo demolice dopravuje při větším množství materiálu k recyklaci. Nepočítá se zde tak s velkou částkou za dopravu, která je daná hlavně vzdáleností od recyklačního centra.

6.8.1 Doprava recyklační linky

Podnik ENVISAN-GEM, a.s. disponuje recyklační linkou převozní, kontejnerového typu. Ta se přepravuje běžným kontejnerovým nosičem. V pronájmu recyklační linky je i vlastní obsluha a nakladač, který se na místo určení přepravuje na podvalníku. Tuto dopravu společnost zajišťuje pomocí subdodavatele.

Při přepravě recyklační linky firmy AZS 98, s.r.o. se jedná o nadrozměrný náklad, při které se za jednorázové povolení jízdy soupravy platí 6 000 Kč. Tato částka se pak projevuje v ceně přepravného a je téměř dvakrát dražší než klasická doprava. V sestavě recyklační linky je i nakladač a traktorbagr, které se budou dopravovat stejným způsobem.

Název recyklačního centra	ENVISAN-GEM, a.s.	AZS 98, s.r.o. - Zavlekov
Nadrozměrný náklad	Ne	Ano
Naložená souprava cena/km	37 Kč	65 Kč
Ujetá vzdálenost naložené soupravy (km)	204	354
Prázdná souprava cena/km	37 Kč	55 Kč
Ujetá vzdálenost prázdné soupravy (km)	204	354
Podvalník cena/km	40 Kč	---
Ujetá vzdálenost podvalníku	204	---
Cena celkem	23 256 Kč	42 480 Kč

Tabulka č. 9 Cena přepravy recyklační linky

6.8.2 Pronájem recyklačního zařízení

V této variantě se nebude výpočet nákladu na recyklační zařízení lišit od varianty č. 2. Proto náklady budou stejné, tedy 957 099 Kč za pronájem od firmy ENVISAN-GEM, a.s. a v případě pronájmu recyklačního zařízení od společnosti AZS 98, s.r.o. náklady činí 707 421 Kč, viz. Tabulka č. 5 Cena pronájmu recyklační linky.

6.8.3 Prodej recyklátu

I tato část procesu je totožná jako ve variantě č. 2. Z toho vyplývá, že předpokládaná utržená částka za prodej recyklátu bude 464 908 Kč, viz. Tabulka č. 7 Zisk z prodeje recyklátu.

6.8.4 Vyhodnocení varianty č. 3

Recyklace prostřednictvím firmy AZS 98, s.r.o. je natolik výhodná, že i navzdory vyšší ceně za přepravu se po prodeji recyklátu dostáváme k zisku.

Název recyklačního centra	ENVISAN-GEM,a.s.		AZS 98, s.r.o. - Zavlekov	
Kategorie odpadu	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03	17 01 02 Cihly	17 05 04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03
Cena za recyklaci	522 054 Kč	435 045 Kč	385 866 Kč	321 555 Kč
Prodej recyklátu	313 989 Kč	464 908 Kč	313 989 Kč	464 908 Kč
Cena přepravy recyklační linky	23 256 Kč		42 480 Kč	
Celkem	231 321 Kč	-29 863 Kč	114 357 Kč	-143 353 Kč
Konečná suma	201 458 Kč		-28 996 Kč	

Tabulka č. 10 Vyhodnocení varianty č. 3

6.9 Výběr nejvýhodnější varianty

Při porovnání nejlepších možností jednotlivých variant je zcela jasná volba způsobu recyklace SDO z ekonomického hlediska, kdy pouze ve variantě č. 3 docházíme k zisku. Tato možnost je výhodná zejména díky absenci dovozu surovin, v tomto konkrétním případě hlavně kvůli poloze demolice od nejbližších středisek recyklace.

Díky správné volbě recyklace můžeme v tomto konkrétním případě ušetřit 2 717 846 Kč.

	Varianta č. 1	Varianta č. 2	Varianta č. 3
Náklady	2 688 850 Kč	1 653 642 Kč	-28 996 Kč
Pořadí	3.	2.	1.
Firma	AZS 98, s.r.o. - Zavlekov + Casta dopravní stavby s.r.o. - Sběrný dvůr Krašovice	AZS 98, s.r.o. - Zavlekov	AZS 98, s.r.o. - Zavlekov

Tabulka č. 11 Výběr varianty

ZÁVĚR

Téma této bakalářské práce jsem si vybral z důvodu vážnosti stavebního a demoličního odpadu (SDO), který tvoří přes 60 % všech odpadů v České republice. Stavební odpad má vliv zejména na životní prostředí, ve kterém ukládání odpadů na skládky není dobré řešení, ale například i na ekonomiku ve stavebnictví díky skutečnosti vzniku cenných druhotných surovin. Recyklace je dle mého pohledu správným řešením tohoto problému.

Na začátku této práce uvádím výčet důležité legislativy, dokumentů a pojmů vztahující se k nakládání s SDO. Poté pokračuji vývojem těchto odpadů. Z historického hlediska se jedná o velmi čerstvý problém, s ohledem na věk stavitelství. Dále v práci ukazuji statistické údaje této problematiky, například procentuální podíl recyklace SDO v České republice a následné srovnání se státy Evropské unie. Následuje samotný princip, technologie a technologický postup recyklace SDO. Rozsáhlým tématem je technika využívající se při recyklaci. Toto téma obsahuje výčet jednotlivých druhů drtičů, třídíčů, podavačů, dopravníků, separátorů a recyklačních souprav, u kterých jsem stručně popsal jejich chod. Dalším bodem, kterým jsem se zabýval, je výčet nejčastějších recyklátů a jejich využití v praxi.

Druhá část bakalářské práce je zaměřena na příklad z praxe, a to plánovanou demolici budovy starého, již nepoužívaného pivovaru z roku 1856 v obci Vlachovo Březí v Jihočeském kraji. Na tomto objektu jsem provedl materiálovou analýzu konstrukcí budovy, navrhl zjednodušený postup bouracích prací a vyčíslil předpokládané množství jednotlivých kategorií odpadů získaného demolicí. Hlavním cílem bylo vyřešit správný postup recyklace odpadů z ekonomického hlediska. Navrhl jsem tři možnosti postupu. Dvě z nich byly recyklace v recyklačním podniku, jedna přímo na místě plánovaného bourání.

První varianta spočívala v odvozu veškerého odpadu do recyklačního střediska. Nejdříve jsem našel nejbližší centra, kde lze uložit všechny kategorie řešeného odpadu, a ty pak kontaktoval, abych zjistil více informací. Tato varianta měla dvě hlavní položky nákladů. První položkou, kterou jsem vypočetl, byla cena za uložení odpadů. Druhou, rozhodně nezanedbatelnou

položkou byla vzhledem ke vzdálenosti více než 45 km od nejbližších míst k uložení odpadu cena za dopravu. Zde jsem vypočetl výkon známého nakladače a k němu čtyři možnosti počtu odvozních prostředků a cenu za tento odvoz. Vše jsem ještě rozdělil na dvě možnosti, a to na odvoz všech odpadů dohromady, nebo zvlášť podle nejvýhodnějších nákladů.

Druhá varianta se zakládala na možnosti využití odvozních prostředků tím, že by se nazpět vozil již hotový recyklát, který by se pomocí pronajaté recyklované linky vyprodukoval. Vypočetl jsem odhadovaný zisk, který by se docílil prodejem toho recyklátu. Tak by se pak alespoň částečně eliminovaly vysoké náklady za dopravu. Opět jsem vypočetl návrh odvozních prostředků a náklady na odvoz. Tentokrát pouze pro dva podniky, které umožňovaly pronajmutí recyklační soupravy.

Třetí variantou byl pronájem recyklační linky, která by se dovezla přímo na místo produkce odpadů. Zde by proběhla recyklace i následné uložení recyklátů vzhledem k dostatečnému množství místa pro uložení a následnému prodeji. Zde jsem řešil hlavně dopravu recyklační linky. Jedna byla mobilní, kterou lze převést na běžném nákladním automobilu, a druhou by bylo nutné převést jako nadrozměrný náklad. Položky pronájmu a prodeje recyklátů byly, stejně jako ve druhé variantě.

Ze všech tří variant vyšla zcela jasně nejlépe třetí varianta, jenž byla jako jediná dokonce finančně výhodná. Rozdíl mezi variantou jedna a tři byl 2 717 846 Kč. Tento rozdíl byl zapříčiněn hlavně vzdáleností od recyklačních středisek a množstvím recyklovaného odpadu. Třetí varianta je tak výhodná z ekologického i ekonomického hlediska.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

[1] VYTLAČILOVÁ, Vladimíra. Recyklace ve stavební výrobě: Recycling in building industry. V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-05184-9.

[2] VANĚK, Antonín. Strojní zařízení pro stavební práce. 2., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-61-1.

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

[4] 9. METODICKÝ POKYN odboru odpadů MŽP k nakládání s odpady ze stavební výroby a s odpady z rekonstrukcí a odstraňování staveb [online]. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: http://archiv.eurochem.cz/files/texts/MP_stavebn%C3%AD_odpad.pdf?PHPS ESSID=15bca2b06db5318479adea7ad4a1c025

[5] Recycling 2005: "Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin" : sborník přednášek 10. ročníku konference : Brno, 10.-11.3.2005. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ve spolupráci s Asociací pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v ČR, 2005. ISBN 80-214-2875-9.

[6] Recycling: možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin : sborník přednášek 11. ročníku konference. V Brně: Vysoké učení technické, 2006.

[7] Sborník konference RECYCLING 2008: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin“ : sborník přednášek 13. ročníku konference. Brno, 2008.

[8] Sborník konference RECYCLING 2009: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin“ sborník přednášek 14. ročníku konference. Brno, 2009.

[9] Sborník konference RECYCLING 2011: „Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin“ sborník přednášek 16. ročníku konference. Brno, 2011.

[10] DOUBRAVSKÝ, Jiří. Historie, současnost a perspektivy recyklace stavebních odpadů. Stavební technika [online]. [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/historie-soucastnost-a-perspektivy-recyklace-stavebnich-odp>

[11] ŠKOPÁN, Miroslav. Současné perspektivy a potenciál recyklace stavebních a demoličních materiálů. Lomy a těžba [online]. 2012, 2012(1) [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://www.lomyatezba.cz/2012/2012-1/item/207-soucasne-perspektivy-a-potencial-recyklace-stavebnich-a-demolicnich-materialu>

[12] NOVOTNÝ, Miloslav. Recyklace vzniklé stavební suti s možností jejího využití. Silnice železnice [online]. 2013 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/recyklace-vznikle-stavebni-suti-s-moznosti-jejeho-vyuziti/>

[13] Produkce, využití a odstranění odpadů. Český statistický úřad | ČSÚ [online]. 2018 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu>

[14] Magnetické separátory pro recyklaci. Magenty a magnetické systémy pro průmysl | WAMAG [online]. 2018 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://www.wamag.cz/oborova-reseni/recyklace> PDF

[15] Zákon o odpadech - obecný úvod, co a jak upravuje zákon o odpadech. Třetí Ruka [online]. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/zakon-o-odpadech-obecny-uvod-co-a-jak-upravuje-zakon-o-odpadech/>

[16] Cihelný recyklát. Cihlový recyklát [online]. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: http://www.cihlovyrecyklat.cz/cihelny_recyklat.html

[17] Popis recyklátů. DUFONEV R.C. - Recyklace stavebních sutí a odpadů Brno [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: http://www.dufonev.cz/popis_recyklatu-dep.php#betonovy

[18] RECYKLACE STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ III. - RECYKLAČNÍ TECHNOLOGIE. Dům a zahrada - bydlení je hra [online]. [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/stavba-rekonstrukce/stavba/20994-recyklace-stavebnich-materialu-technologie/>

[19] ARSM: Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice [online]. [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: <http://arism.cz/>

[20] RESTA s.r.o. - drtiče, třídíče, strojní výroba, recyklace, demolice, recyklační závody, stavební činnost [online]. [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <http://www.resta.cz/>

[21] PSP Engineering [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.pspeng.com/cz/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Schéma recyklačního zařízení – vlastní tvorba	23
Obrázek č. 2 Schéma předtřídění – vlastní tvorba	24
Obrázek č. 3 Model cyklu recyklace se snižováním užitečných vlastností produktu.....	25
Obrázek č. 4 Model cyklu s plně recyklovatelným betonem.....	26
Obrázek č. 5 Jednovzpěrný čelistový drtič.....	29
Obrázek č. 6 Kuželový drtič s podepřeným kuželem	29
Obrázek č. 7 Kladivový drtič	30
Obrázek č. 8 Odrazový drtič	30
Obrázek č. 9 Válcový drtič	30
Obrázek č. 10 Bubnová pračka.....	32
Obrázek č. 11 Magnetický blok	33
Obrázek č. 12 Zavěšený separátor	34
Obrázek č. 13 Magnetický válec	34
Obrázek č. 14 Bubnový separátor.....	35
Obrázek č. 15 I-Sens separátor	35
Obrázek č. 16 Separátor neželezných kovů	35
Obrázek č. 17 Vysokogradientní magnetický separátor	36
Obrázek č. 18 Detektor kovů.....	36
Obrázek č. 19 Recyklační souprava	37
Obrázek č. 20 Recyklační souprava na mobilním podvozku.....	38
Obrázek č. 21 Recyklační souprava na semimobilním podvozku	38
Obrázek č. 22 Recyklační převozní souprava.....	39
Obrázek č. 23 - Stacionární jednoduchá recyklační souprava	39

Obrázek č. 24 Stacionární recyklační souprava se suchým způsobem recyklace a současným tříděním na několik frakcí.....	40
Obrázek č. 25 Stacionární recyklační kombinovaná souprava	41
Obrázek č. 26 Celkový pohled na pivovar.....	45
Obrázek č. 27 Smíšené zdivo – cihla plná pálená + kamenivo	46
Obrázek č. 28 Stěna z cihel plných pálených	46
Obrázek č. 29 Valená klenba s traverzami	46
Obrázek č. 30 Valená klenba do pasů	47
Obrázek č. 31 Trámový strop.....	47
Obrázek č. 32 Azbestocementové desky.....	47
Obrázek č. 33 Pohled na krov.....	48
Obrázek č. 34 Cihelná dlažba	48

SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka č. 1 Produkce odpadů 2016	16
Tabulka č. 2 Cena za uložení odpadu.....	51
Tabulka č. 3 Cena dopravy varianta č. 1.....	53
Tabulka č. 4 Vyhodnocení varianty č. 1	54
Tabulka č. 5 Cena pronájmu recyklační linky.....	55
Tabulka č. 6 Cena dopravy varianta č. 2.....	56
Tabulka č. 7 Zisk z prodeje recyklátu.....	57
Tabulka č. 8 Vyhodnocení varianty č. 2	57
Tabulka č. 9 Cena přepravy recyklační linky.....	58
Tabulka č. 10 Vyhodnocení varianty č. 3	59
Tabulka č. 11 Výběr varianty	60
Graf č. 1 Vývoj produkce odpadu ze stavebnictví – vlastní tvorba	16
Graf č. 2 Produkce podnikových odpadů podle druhu odpadu (Katalogu odpadů) v roce 2016 – vlastní tvorba.....	17
Graf č. 3 Vývoj produkce SDO – vlastní tvorba.....	18
Graf č. 4 Nakládání s SDO – vlastní tvorba	19

PŘÍLOHY

Příloha č. 1

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 01 02 - Casta dopravní stavby s.r.o. - Sběrný dvůr Krašovice

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 45,5 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Průměrná rychlost prázdného nákladního automobilu : $V_{\text{pr}} = 70 \text{ km/h}$

Užitné zatížení NA: $V_{k,n} = 27 \text{ 000 kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 24 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 15 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 5,53 \doteq 6$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 189 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3276 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pr}}) \times 3600 = 2340 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 6105 \text{ s} = 101,75 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 8,85 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 20,47 \doteq 21 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 200,76 \doteq 201$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = 18291 \text{ km}$

Celková doba manipulace: $T_{\text{man,c}} = N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 98289\text{s} = 27,3 \text{ h}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 01 02 - ENVISAN-GEM, a.s.

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 51 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Průměrná rychlost prázdného nákladního automobilu : $V_{\text{pr}} = 70 \text{ km/h}$

Užité zatížení NA: $V_{k,n} = 24\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 17,4 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk,n}} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 13,33 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 4,91 \doteq 5$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 157,5 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3672 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pr}}) \times 3600 = 2623 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 6752 \text{ s} = 112,54 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 7,11 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 25,47 \doteq 26 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk,n}} / V_{k,n} = 225,85 \doteq 226$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = 23052 \text{ km}$

Celková doba manipulace: $T_{\text{man,c}} = N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 103395\text{s} = 28,72 \text{ h}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 01 02 - ProTeren s.r.o.

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 49,2 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Průměrná rychlost prázdného nákladního automobilu : $V_{\text{pr}} = 70 \text{ km/h}$

Užité zatížení NA: $V_{k,n} = 26\,900 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 18 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 14,94 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 5,51 \doteq 6$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 189 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3542,4 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 2530 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 6562 \text{ s} = 109,36 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 8,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 22,09 \doteq 23 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 201,5 \doteq 202$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = \underline{19876,8 \text{ km}}$

Celková doba manipulace: $T_{\text{man},c} = N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 98778 \text{ s} = \underline{27,44 \text{ h}}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 01 02 - AZS 98, s.r.o. -

Zavlekov

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 59 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Průměrná rychlost prázdného nákladního automobilu : $V_{\text{pr}} = 70 \text{ km/h}$

Užitné zatížení NA: $V_{k,n} = 28\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 23 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 15,56 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 5,73 \doteq 6$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 189 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 4248 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3034 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 7771 \text{ s} = 129,52 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 7,21 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 25,13 \doteq 26 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 193,59 \doteq 194$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = \underline{22892 \text{ km}}$

Celková doba manipulace: $T_{\text{man},c} = N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 94866 \text{ s} = \underline{26,35 \text{ h}}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 05 04 - Cesta dopravní stavby s.r.o. - Sběrný dvůr Krašovice

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 45,5 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Průměrná rychlost prázdného nákladního automobilu : $V_{\text{pr}} = 70 \text{ km/h}$

Užitné zatížení NA: $V_{k,n} = 27\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 24 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 18 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 6,63 \doteq 7$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 220,5 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3276 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 2340 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 6137 \text{ s} = 102,78 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 10,56 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 17,15 \doteq 18 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 167,3 \doteq 168$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = 15288 \text{ km}$

Celková doba manipulace: $T_{\text{man},c} = N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 87444\text{s} = 24,29 \text{ h}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 05 04 - ENVISAN-GEM, a.s.

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 51 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Průměrná rychlost prázdného nákladního automobilu : $V_{\text{pr}} = 70 \text{ km/h}$

Užité zatížení NA: $V_{k,n} = 24\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 17,4 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 16 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 5,90 \doteq 6$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 189 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3672 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 2623 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 6784 \text{ s} = 113,06 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 8,49 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 21,33 \doteq 22 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 188,21 \doteq 189$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = \underline{19278 \text{ km}}$

Celková doba manipulace: $T_{\text{man},c} = N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 92421 \text{ s} = \underline{25,67 \text{ h}}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 05 04 - ProTeren s.r.o.

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 49,2 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Průměrná rychlost prázdného nákladního automobilu : $V_{\text{pr}} = 70 \text{ km/h}$

Užité zatížení NA: $V_{k,n} = 26\,900 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 18 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 17,93 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 6,61 \doteq 7$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 220,5 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3542,4 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 2530 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 6593 \text{ s} = 109,89 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 9,79 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 18,49 \doteq 19 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 167,92 \doteq 168$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = \underline{16531,2 \text{ km}}$

Celková doba manipulace: $T_{\text{man},c} = N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 87444\text{s} = \underline{24,29 \text{ h}}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 05 04 - AZS 98, s.r.o. -

Zavlekov

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 59 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Průměrná rychlost prázdného nákladního automobilu : $V_{\text{pr}} = 70 \text{ km/h}$

Užitné zatížení NA: $V_{k,n} = 28\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 23 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 18,67 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 6,88 \doteq 7$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 220,5 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 4248 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3034 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 7803 \text{ s} = 130,5 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 8,61 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 21,03 \doteq 22 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 161,32 \doteq 162$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = 19116 \text{ km}$

Celková doba manipulace: $T_{\text{man},c} = N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 84321 \text{ s} = 23,42 \text{ h}$

Příloha č. 2

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 01 02 - ENVISAN-GEM, a.s.

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 51 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Užitné zatížení NA: $V_{k,n} = 24\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 17,4 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 13,33 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 4,91 \doteq 5$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 157,5 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3672 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3672 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = 2 \times (t_1 + t_2 + t_4) + t_3 + t_5 = 8259 \text{ s} = 137,65 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 5,81 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 31,16 \doteq 32 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 225,85 \doteq 226$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = \underline{23052 \text{ km}}$

Celk. doba manipulace: $T_{\text{man},c} = 2 \times N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 206790 \text{ s} = \underline{57,44 \text{ h}}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 01 02 - AZS 98, s.r.o. -

Zavlekov

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 59 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Užité zatížení NA: $V_{k,n} = 28\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 23 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 15,56 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 5,73 \doteq 6$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 189 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 4248 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 4248 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = 2 \times (t_1 + t_2 + t_4) + t_3 + t_5 = 9474 \text{ s} = 157,9 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 5,91 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 30,64 \doteq 31 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 193,59 \doteq 194$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = \underline{22892 \text{ km}}$

Celk. doba manipulace: $T_{\text{man},c} = 2 \times N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 189732 \text{ s} = \underline{52,7 \text{ h}}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 05 04 - ENVISAN-GEM, a.s.

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 51 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Užitné zatížení NA: $V_{k,n} = 24\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 17,4 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 16 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 5,90 \doteq 6$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 189 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3672 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 3672 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = 2 \times (t_1 + t_2 + t_4) + t_3 + t_5 = 8259 \text{ s} = 138,70 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 6,92 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 26,16 \doteq 27 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 188,21 \doteq 189$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = 19278 \text{ km}$

Celk. doba manipulace: $T_{\text{man},c} = 2 \times N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 184842 \text{ s} = 51,35 \text{ h}$

Návrh odvozních prostředků – kategorie 17 05 04 - AZS 98, s.r.o. -

Zavlekov

Vstupní údaje

Objem k odvozu: $V_{\text{celk}} = 2552 \text{ m}^3$

Součinitel nakypření: $k_n = 1,18$ dle třídy těžitelnosti

Vzdálenost skládky: $L = 59 \text{ km}$

Průměrná rychlost naloženého nákladního automobilu (NA): $V_{\text{pl}} = 50 \text{ km/h}$

Užité zatížení NA: $V_{k,n} = 28\,000 \text{ kg}$

Objem korby NA: $V_{k,v} = 23 \text{ m}^3$

Objemová hmotnost korby: $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$

Doba pracovního cyklu nakladače: $t_n = 31,50 \text{ s}$

Objem lopaty nakladače: $V_n = 2,3 \text{ m}^3$

Pracovní výkonnost nakladače: $Q_n = 181,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Doba potřebná pro manipulaci a přistavení vozidla: $t_1 = 60 \text{ s}$

Doba potřebná pro vyložení a manévrování na skládce: $t_4 = 240 \text{ s}$

Výpočet

Objem zeminy v nakypřeném stavu: $V_{\text{celk},n} = V_{\text{celk}} \times k_n = 3011,36 \text{ m}^3$

Objem nakládané zeminy v jednom cyklu: $V_c = V_n \times k_n = 2,71 \text{ m}^3$

Objem korby vzhledem k nosnosti: $V_{k,n} = m / \rho = 18,37 \text{ m}^3$

Počet cyklů: $p_c = V_{k,n} / V_c = 6,88 \doteq 7$ cyklů

Celková doba naložení: $t_2 = p_c \times t_n = 220,5 \text{ s}$

Doba trvání cesty na skládku: $t_3 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 4248 \text{ s}$

Doba trvání cesty ze skládky: $t_5 = (L / V_{\text{pl}}) \times 3600 = 4248 \text{ s}$

Doba jednoho cyklu: $T_{\text{op}} = 2 \times (t_1 + t_2 + t_4) + t_3 + t_5 = 9537 \text{ s} = 158,95 \text{ min}$

Výkonnost NA: $Q_{\text{op}} = 3600 \times (V_{k,n} / T_{\text{op}}) = 7,05 \text{ m}^3/\text{h}$

Potřebný počet NA pro plynulý provoz: $P = (Q_n / Q_{\text{op}}) = 25,7 \doteq 26 \text{ NA}$

Počet jízd celkem: $N = V_{\text{celk},n} / V_{k,n} = 161,32 \doteq 162$

Počet ujetých km za celý odvoz: $L_{\text{celk}} = N \times L \times 2 = \underline{19116 \text{ km}}$

Celk. doba manipulace: $T_{\text{man},c} = 2 \times N \times (t_1 + t_2 + t_4) = 168642 \text{ s} = \underline{46,85 \text{ h}}$