

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**MOBILNÍ ZAŘÍZENÍ PRO DRCENÍ KAMENIVA A
RECYKLÁTŮ ZE STAVEBNÍCH ODPADŮ**

MOBILE MACHINERIES USED FOR MODIFICATION OF AGREGATES AND RECYCLED
MATERIALS FROM BUILDING WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Andrej Turčinek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Andrej Turčinek
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
Akademický rok:	2016/17

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

Mobilní zařízení pro drcení kameniva a recyklátů ze stavebních odpadů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor konstrukčního uspořádání mobilních drtičů a třídíčů kameniva a recyklátů ze stavebních a demoličních odpadů s výkonem od 80 do 200 t/hod. Návrh nového uspořádání výrobní technologie pro konkrétní lom či deponii, včetně porovnání nákladovosti původní a navrhované varianty. Rešeršní práce z dostupných informačních zdrojů a konkrétního lomu nebo deponie.

Cíle bakalářské práce:

Přehled současně vyráběných a používaných koncepcí strojů – mobilních technologických zařízení.

Návrh technologické koncepce pro konkrétní lom či deponii stavebního a demoličního odpadu.

Porovnání nákladovosti současné stacionární varianty na konkrétní lom či deponii s navrhovaným mobilním uspořádáním.

Porovnání kvality výstupních materiálů současné varianty na konkrétní lom či deponii s navrhovaným uspořádáním.

Ekologické hledisko navrhovaného mobilního upořádání v porovnání se stávajícím stavem.

Seznam doporučené literatury:

VANĚK, Antonín. Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Praha: Academia, 2003. Česká matice technická (Academia). ISBN 80-200-1045-9.

ČEP, Hynek a Renáta ŠPÍRKOVÁ. Technologie úpravy kameniva. Brno: Těžební unie, 1997.

POLICKÝ, Zdeněk. Úpravárenské stroje. Brno: Vysoké učení technické, 1987.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se díky rostoucímu podílu recyklace ve stavebnictví zabývá problematikou výběru nového drtiče pro menší recyklační firmu a porovnáním staré varianty výrobní linky s novou.

V úvodu se jedná o obecný přehled uspořádání technologické linky, požadavků na kamenivo a druhů drtičů.

Vlastní práce spočívá v seznámení s konkrétní technologickou linkou na zpracování stavebního odpadu, výběru vhodné náhrady za tuto linku a následném porovnání staré a nové varianty. Jelikož se jedná o relativně nové průmyslové odvětví s rychlým vývojem, hlavním přínosem práce je nastínění dané problematiky v roce 2017.

KLÍČOVÁ SLOVA

Drtič stavební suti, odrazový drtič, recyklační linka, recyklované kamenivo, třídič

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the problem of selection of a new crusher for a smaller recycling company and the comparison of the old variant of the production line with the new one thanks to the increasing part of recycling in the construction industry.

In the introduction, this is a general overview of the technological line, the requirements for aggregates and types of crushers.

The actual work consists in acquainting with a specific technological line for the treatment of the construction waste, the selection of suitable substitution for this line and the subsequent comparison of the old and the new variant. As it is a relatively new industrial sector with rapid development, the main benefit of the thesis is the outline this industry sphere in 2017.



KEYWORDS

Recycling crusher, impact crusher, recycling line, recycled aggregates, screener

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TURČINEK, A. *Mobilní zařízení pro drcení kameniva a recyklátů ze stavebních odpadů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc..



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2017

.....

Andrej Turčinek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří se jakýmkoli způsobem podíleli na této práci, zejména mému otci za umožnění přístupu do reálné firmy a vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi CSc. za odborné připomínky, ochotu a přátelský přístup. Také děkuji pracovníkům firmy DUFONEV R.C. za poskytnutí cenných informací.

OBSAH

Úvod	11
1 Požadavky na recyklované kamenivo	12
Seznam norem pro konkrétní použití kameniva	12
2 Obecné technologické uspořádání recyklační linky	13
Základní části recyklační linky a jejich funkce	14
3 Typy drtičů dle způsobu drcení	17
3.1 Čelist'ové drtiče	17
3.2 Odrazové drtiče	18
3.3 Ostatní typy drtičů.....	20
4 Mobilita techniky	22
4.1 Semimobilní	22
4.2 Mobilní.....	23
5 Současný stav provozovny pro recyklaci stavebních materiálů Černovice	24
5.1 Recyklační linka SBM	24
6 Návrhy konkrétních drtičů	29
6.1 Atlas Copco PC 1060 I	29
6.2 Rubble Master RM100GO!.....	30
6.3 Metso LT1110S.....	32
7 Porovnání drtiče Rubble Master RM100GO! se současnou variantou.....	34
7.1 Provozní výkonová zkouška drtiče RM100GO!	34
7.2 Porovnání nákladovosti a výkonu	35
7.3 Porovnání kvality výstupního produktu.....	36
7.4 Ekologické hledisko	36
Závěr	38

ÚVOD

Dnešní svět je bohužel zahlcen mnoha nesmyslnými a nepotřebnými výrobky, které jsou vyrobeny pouze za účelem generování zisku a tak vzniká čím dál více prozatím nevyužitelného odpadu. Naštěstí současná doba s sebou přináší i mnoho vzdělaných lidí a tak se někteří z nich přestávají zaměřovat pouze na zisk, ale i na to, jaký dopad má jejich konání na okolní svět. Díky tomuto uvědomění pozorujeme stále větší důraz na snížení produkce odpadů a ekologické zátěže na dnešní samozvaně civilizovaný svět, poněkud více v Evropě a Severní Americe. S tím také souvisí větší rozvoj recyklace. Samozřejmě svět není černobílý a z odpadového hospodářství se postupem času stal velmi výnosný byznys, který dosáhne dle mého názoru v budoucnu daleko většího rozmachu než dnes. Odpad je totiž jedna z mála surovin, na které můžete vydělat doslova dvakrát. Poprvé Vám někdo velmi rád zaplatí za to, že mu pomůžete se odpadu zbavit a posléze po jeho zpracování, či recyklaci ho můžete prodat jako využitelnou surovinu. Zde platí přímá úměra, že čím komplikovanější je výroba daného produktu, ze kterého odpad vzniká tak tím komplikovanější je jeho recyklace.

Jedním z nejvýnosnějších zdrojů odpadového hospodářství je dnes stavební odpad, jelikož jeho recyklace nevyžaduje složité technologické postupy a spočívá v mnoha případech pouze v úpravě zrnitosti recyklovaného materiálu, avšak je potřeba dodržovat požadavky na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu dle přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. Výsledný produkt poté poskytuje mnoho možností využití, ale také je potřeba se řídit příslušnými právními předpisy. V tomto případě to je příloha č. 11 k vyhlášce č. 294/2005 Sb., která přímo navazuje na zmíněnou přílohu č. 10.

Výše jsou uvedeny velmi dobré důvody, proto aby se člověk začal zabývat danou problematikou, avšak můj hlavní důvod je možnost přístupu do prostředí reálné firmy na zpracování odpadu a praktické řešení konkrétního problému. Cílem této práce je tedy nastínění současné nabídky trhu v oblasti mobilních zařízení pro drcení kameniva a recyklátů ze stavebních odpadů a následné vyhodnocení nejlepší varianty jako náhrady za současnou koncepci provozovny pro recyklaci stavebních materiálů v Černovicích a také vzájemné porovnání staré a nové varianty.

1 POŽADAVKY NA RECYKLOVANÉ KAMENIVO

Mimo příslušných legislativních předpisů, zabývajících se ekologickými požadavky na recyklované kamenivo, existují ještě české a evropské normy, které upravují použití recyklovaného kameniva a předepisují jeho vlastnosti. Je to zejména díky jeho rozdílným vlastnostem v porovnání s kamenivem přírodním. Evropská legislativa definuje vlastnosti recyklovaného kameniva a jeho možnosti využití v členských státech Evropské unie. Evropské normy jsou univerzální, a proto uvádějí jen seznamy požadavků, vyjádřené pomocí kategorií a nestanovují, pro jaký účel použití je která kategorie vhodná. Díky tomuto je možné vybrat nejvhodnější alternativu pro konkrétní podmínky. Zároveň vznikají v některých státech, k nimž patří i Česká republika, vlastní normy z důvodu odlišných vlastností recyklátů zapříčiněných různými stavebními a demoličními postupy. U nás neexistuje pro zkoušení a použití kameniva univerzální norma, ale několik norem dle konkrétního účelu použití. Jednotlivé normy bohužel nejsou sladěny a můžeme se zde setkat dokonce i s rozpor, proto je třeba vždy vztahovat definice ke konkrétní normě. Tuzemské normy vycházejí z Evropských a Německých norem. Konkrétním příkladem je zejména ČSN EN 12620+A1, která uvádí seznam zkoušek kameniva do betonu a seznam norem, dle kterých se zkoušky provádějí.[1][2]

Vlastnosti recyklátu jsou dány zejména jeho složením, což je závislé ponejvíce na kvalitě demolice a roztřídění rozdílných složek recyklátu při samotném drcení, čím více nežádoucích materiálů recyklát obsahuje, tím jsou jeho technologické vlastnosti horší a klesá jeho kvalita. Díky této skutečnosti se většina norem zabývá roztříděním kameniva podle složení do několika kvalitativních kategorií. Většina norem považuje za nejkvalitnější typ kamenivo, které obsahující více než 90 % betonové drti, další typy obsahují více drcené stavební suti (keramika, cihly) na úkor drceného betonu. Recyklát může také v omezeném množství, které zpravidla nepřekračuje více než 1 % jeho hmotnosti, obsahovat i ostatní materiály vyskytující se ve stavebním odpadu (sklo, dřevo a další). V porovnání s vlastnostmi přírodního kameniva legislativa požadavky na recyklované kamenivo v některých ohledech zmírňuje. Jedná se především o nasákavost, která je u recyklátu díky jeho pórovitosti výrazně vyšší a nemohla by tak splnit požadavky na kamenivo přírodní. Tato skutečnost je příčinou největšího kvalitativního zhoršení vlastností recyklátu v porovnání s přírodním kamenivem, proto je výhodnější používat hrubší frakce recyklovaného kameniva.[1][2]

SEZNAM NOREM PRO KONKRÉTNÍ POUŽITÍ KAMENIVA

- ČSN EN 12620+A1 - kamenivo do betonu
- ČSN EN 13043 - kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch
- ČSN EN 13139 - kamenivo pro malty
- ČSN EN 13242+A1 - kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
- ČSN EN 13450 - kamenivo pro kolejové lože
- ČSN EN 13285 - nestmelené směsi - specifikace
- ČSN EN 13383-1 - kámen pro vodní stavby
- ČSN EN 13055-1 - pórovité kamenivo do betonu, malty a injektážní malty
- ČSN EN 13055-2 - pórovité kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové úpravy a pro nestmelené a stmelené aplikace

2 OBECNÉ TECHNOLOGICKÉ USPOŘÁDÁNÍ RECYKLAČNÍ LINKY

„Jedná se o sestavu strojů a strojního zařízení, určenou pro úpravu a částečné roztržení stavebního a demoličního odpadu pro následné přímé použití, případně pro další zpracování.“[13]

Uspořádání a celková koncepce drtící linky má velký vliv na výslednou kvalitu produktu, proto bychom měli k tomuto aspektu výrobního procesu přistupovat s odpovídající odpovědností. Samozřejmě nemůžeme pomocí dokonalého uspořádání ovlivnit všechny negativní vlivy na produkt, jelikož zde působí mnoho dalších aspektů, ale zaměření na tuto oblast se rozhodně vyplácí.[8]

Přístup k získávání kvalitního produktu se od vzniku tohoto odvětví u nás již ustálil a vzniklo obvyklé schéma pro zpracování odpadu, které využívá většina specializovaných firem.[8]



Obr. 1 Schéma typického recyklačního zařízení[8]

Určitě bychom našli ještě další způsoby uspořádání recyklační linky, avšak můžeme vyzdvihnout základní technologické operace, bez kterých se žádné uspořádání se zaměřením na kvalitní produkt neobejde. Těmito operacemi jsou předtřídění, drcení a následné třídění, po kterých může případně následovat sekundární drcení či třídění. V budoucnu můžeme předpokládat doplnění běžných linek o zařízení, jejichž úkolem bude ještě více zlepšit parametry výsledného produktu, už jen kvůli případné certifikaci. Konkrétně můžeme uvést separaci lehkých a prachových částic a praní, tyto operace se na Západě již zcela běžně praktikují. Také je dnes velkým trendem postupné zvětšování kompaktnosti linek a zhušťování všech aparátů linky do jednoho samostatného stroje, příkladem může být dnes již velmi častý integrovaný třídič u drtičů. Tento trend souvisí především s rozvojem menších firem zaměřených pouze na recyklaci stavebního odpadu. Zde můžeme sledovat odklon od minulosti, kdy byly linky složeny spíše z volných aparatur v semimobilním či mobilním provedení.[8][9]

ZÁKLADNÍ ČÁSTI RECYKLAČNÍ LINKY A JEJICH FUNKCE



Obr. 2 Kombinovaná recyklační linka se zpětným vedením nadsítné složky
1) násypka s předtřídičem 2) odrazový drtič 3) hnací agregát (spalovací motor) 4)
magnetický separátor 5) vibrační třídič 6) zpětný pás[8]

2.1.1 NÁSYPKA S PŘEDTŘÍDIČEM

Stavební odpad se musí před samotným zpracováním nejprve vytřídit a upravit, což je úkol třídícího zařízení, které musí oddělit použitelné části odpadu od nepotřebných. Z hlediska kvality a rentability je nejlepší odpad vytřídit již v místě jeho vzniku. Co největší pečlivost v průběhu přetřídění je pro výslednou kvalitu recyklátu velmi žádoucí, například oddělení kontaminovaných složek od nekontaminovaných, odstranění nežádoucích složek, či rozdělení minerální sutě na jednotlivé složky. Také je nutné vyčlenění příliš velkých kusů a jejich transformace do adekvátní podoby. Tato část je zpravidla integrována se samotným drtičem, popřípadě předtřídičem.[13]

2.1.2 DRTIČ

„Drcení lze definovat jako převedení látky do stavu požadované zrnitosti. Volbu vhodného drtičího zařízení ovlivňují zejména fyzikální vlastnosti drceného materiálu, účel použití produkovaného recyklátu a jeho požadované vlastnosti. Drtiče tvoří jádro recyklačních souprav, zásadním způsobem ovlivňují kvalitu produkovaného recyklátu a na jejich výkonnosti závisí výkonnost celé soupravy.“[13] Z tohoto důvodu je drtičům věnován podrobnější rozbor v následující kapitole.

2.1.3 TŘIDIČ

Třídění je určeno k vytrídění podrcené směsi na požadované normalizované třídy zrnitosti (frakce).[13]

ROZDĚLENÍ FRAKCI:

- podsítné jemného síta (0–8 mm)
- podsítné hrubého síta (8–32 mm)
- nadsítné hrubého síta (32–63 mm a také 32–80 mm)[14]

TŘÍDĚNÍ LZE ROZLIŠIT DLE MNOHA ZPŮSOBŮ, UVÁDÍM ZDE POUZE TY NEJDŮLEŽITĚJŠÍ.

DLE ZPŮSOBU TŘÍDĚNÍ ROZLIŠUJEME

- bezsítné - hydraulické (vodní, k oddělování částic dochází ve vodě) a pneumatické (vzdušné, k oddělování částic dochází působením proudu vzduchu)
- na pohyblivém roštu
- na nepohyblivém roštu[13]

ROZDĚLENÍ DLE TŘÍDÍCÍCH PLOCH

- roštnice - jsou používány nejčastěji na hrubé třídění
- síta - nejčastěji na jemné třídění[13]

DLE POUŽITÉHO MECHANISMU

- třídění na pohyblivých roštích - velmi hrubé až hrubé
- třídění rotací - velmi hrubé až střední
- třídění vrhem - nejčastější volba pro hrubé až jemné třídění i prosévání s otvory sít o velikosti 0,5–200 mm
- třídění plošným pohybem - jemné až velmi jemné třídění a prosévání. Třídí se zrna do velikosti 0,5 mm; nejčastěji za mokra[13]

DLE VELIKOSTI ZRN

Od kusového třídění (80–200 mm) až po velmi jemné (0–1 mm).[13]

VIBRAČNÍ TŘÍDIČE

Jelikož se u většiny technologických linek vyskytuje vibrační třídič, nastíníme si zde jeho podrobnější popis.

Jde o nejčastější způsob konstrukce třídiče. Jeho podstatou je kruhový nebo eliptický vynucený pohyb a vibrace pletiva, které jsou zapříčiněny působením vloženého dynamického budiče do třídící plochy. Takovéto konstrukční uspořádání umožňuje kratší délku sítové plochy a zvyšuje účinnost. Zároveň je nejběžnější i paralelní uspořádání sít, jedná se o sítové skříně zavěšené na pružinách s budičem vibrací.[13]

SEPARÁTORY NEŽÁDOUCÍCH PŘÍMĚSÍ

Důležitou součástí třídičů jsou také separátory nežádoucích příměsí, toto zařízení bývá v technologických linkách z důvodu zajištění vyšší kvality výsledného produktu. Při obvyklém uspořádání mobilní linky pro drcení stavebního odpadu se nejčastěji vyskytuje magnetický separátor, který slouží k odstranění nejrůznějších nežádoucích kovových příměsí a dnes už je nejčastěji integrován již do samotného drtiče. Jelikož je postupem času kladen stále větší důraz na kvalitu recyklátu a s tím související odstraňování nežádoucích prachových částic. Separace těchto částic může probíhat suchým nebo mokřím způsobem. Nejčastější a nejlevnější řešení je separace suchým způsobem, kdy se využívá silný proud vzduchu, který odnáší částice mimo recyklát. Tato metoda se ale nemůže vyrovnat mokrému způsobu ve výsledné kvalitě přetřídění. Mokřím způsob pracuje na principu rozdílu hustot mezi vodou a nežádoucími částicemi, které vyplavou na hladinu, zde nesmíme opomenout výrazné snížení prašnosti oproti suchému způsobu a s tím spojené náklady na čištění vody.[13]

2.1.4 DOPRAVNÍ TECHNIKA

Často opomínanou, ale důležitou součástí celého technologického cyklu je dopravní technika, jejímž hlavní úlohou je dopravit surovinu k samotné lince a také ji odvézt k dalšímu zpracování. Patří sem pásové dopravníky, nejrůznější nakladače, rypadla a nákladní vozy. Mezi hlavní kritérium užívané při výběru těchto strojů patří logicky objem převáženého materiálu.

3 TYPY DRTIČŮ DLE ZPŮSOBU DRCENÍ

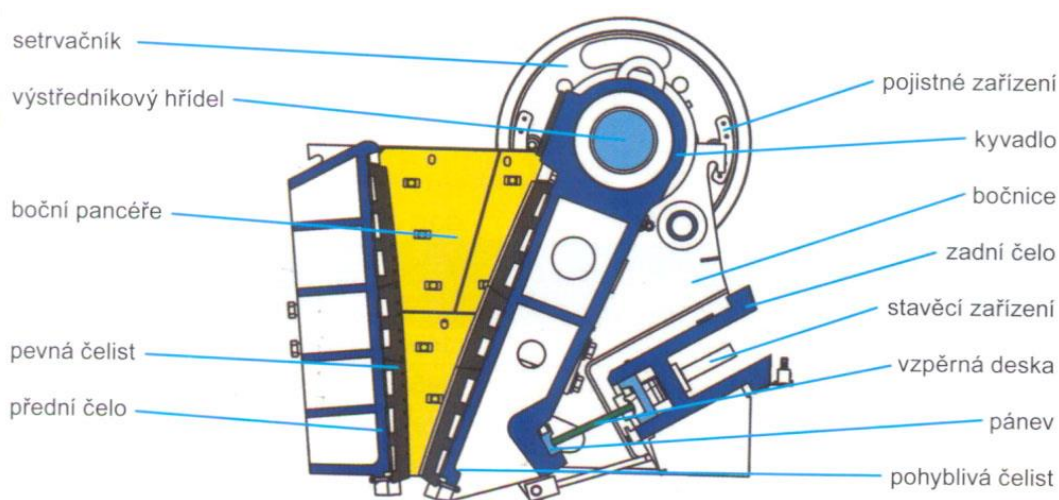
Drtiče stavební suti, stavebních odpadů a přírodního kameniva můžeme rozdělit dle různých kritérií do mnoha odlišných kategorií, ale vzhledem k charakteru mé práce chci nastínit rozdělení používané nejčastěji v praxi, a to dle způsobu drcení a mobility daného drtícího zařízení, jelikož technologie použité pro určitý způsob drcení se projeví na výsledném produktu nejvíce.

Hlavní typy drtičů používaných pro recyklaci suti a stavebního odpadu jsou čelistové a odrazové, proto jim budeme věnovat nejvíce pozornosti, ostatní typy již tak běžné v tomto odvětví nejsou.

3.1 ČELIŠTOVÉ DRTIČE

Materiál je drcen a rozměňován mezi pohyblivou a pevnou čelistí drtiče, kterou si můžeme představit jako desku z tvrdého kovu. Pohyblivá část se cyklicky vzdaluje a přibližuje k části stacionární, čímž vzniká drtící efekt. Jednotlivé kusy drceného materiálu se dostávají čím dál hlouběji a při určité minimální velikosti samovolně vypadnou z drtiče.

Tento typ drtiče je vhodný zejména pro drcení hrubých a houževnatých materiálů, jmenovitě zpracování betonu, cihelné suti a přírodních materiálů vápence či žuly. Velikost kusů vstupního materiálu se pohybuje v rozmezí 50 až 100 cm, výstupní frakce může být hrubá až střední, z tohoto důvodu se používá zejména jako primární drtič. Základní rozdělení čelistových drtičů je na jednovzpěrné, které mají vyšší stupeň zdrobňení a lepší tvarovou hodnotu zrn a na dvojevzpěrné, mezi jejichž výsady patří schopnost drtitelnosti extrémně pevných a abrazivních materiálů a velká výkonnost. Tyto vlastnosti jsou ale zároveň i jejich hendikepem pro použití při recyklaci stavebních odpadů, jelikož jsou příčinou špatných tvarových vlastností výstupního zrna. Dnes jejich možnosti uplatnění klesají kvůli neustálému zdokonalování drtičů jednovzpěrných.[1][4]



Obr. 3 Řez jednovzpěrným čelistovým drtičem[3]

3.1.1 VÝHODY ČELISŤOVÝCH DRTIČŮ

- díky jednoduchosti konstrukce mají stroje dobrou spolehlivost, s čímž je spojena snadná výměna opotřebovaných částí a nízké náklady na údržbu
- vysoký výkon
- výrazně nižší provozní náklady oproti drtičům odrazovým
- podstatně vyšší životnost čelistí, než je životnost odrazových lišt a desek
- z ekologického hlediska je výhodou jejich malá prašnost a hluchost, takže jsou vhodnější k použití v blízkosti obydlených oblastí[8]

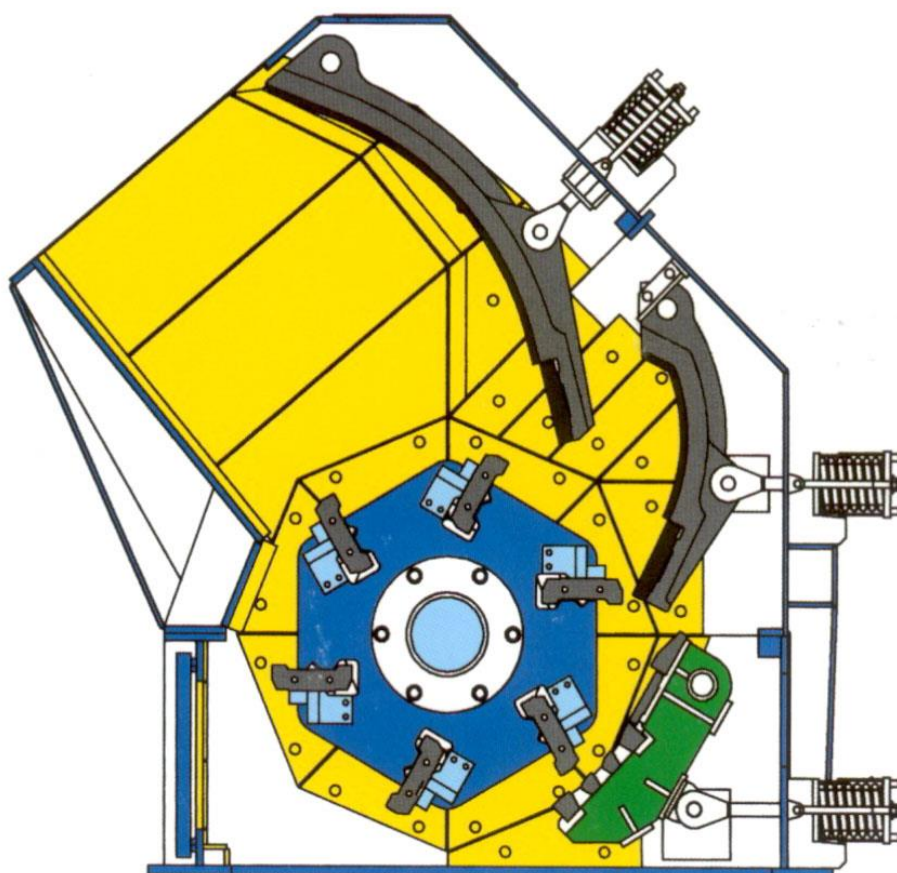
3.1.2 NEVÝHODY ČELISŤOVÝCH DRTIČŮ

- nejsou vhodné ke zpracování železobetonu, jelikož často dochází k jeho nedokonalému odstranění, či ucpání drtiče. V případě nadměrné velikosti železné výztuže je zde velké riziko poškození, které u odrazových drtičů v případě podobné situace nedosahuje až takové míry
- nedokonalé, či nedostatečné zpracování tenkých betonových desek, což je dáno samotným konstrukčním uspořádáním drtiče, avšak toho se lze vyvarovat při zaplnění drtičí komory na minimálně 70%
- horší tvarové vlastnosti recyklátu, než u odrazového drtiče
- při recyklaci asfaltů dochází k zalepování funkčních částí drtiče
- omezena možnost použití jako primární a sekundární drtič[8]

3.2 ODRAZOVÉ DRTIČE

Pohyblivou část drtiče tvoří otáčející se válec s výčnělky či zuby, na kterých se zachytí drcený materiál a poté je s vysokou kinetickou energií vržen proti nepohyblivé části drtiče, což jsou zpravidla pancéřové desky.

Tento typ drtiče je vhodný zejména pro beton, železobeton a živичné kry. Velikost kusů vstupního materiálu zpravidla nepřesahuje 80 cm. Než dojde k opotřebování drtiče, tak stihne zpravidla zpracovat do 15 000 tun materiálu, avšak v případě zpracování velmi tvrdého materiálu (železobeton) to může být výrazně méně.[1][4]



Obr. 4 Řez odrazovým drtičem.[3]

3.2.1 VÝHODY ODRAZOVÝCH DRTIČŮ

- mezi hlavní výhody patří vysoký výkon, velký stupeň zdrobnění a také jednoduchá obsluha a údržba
- zásadní rozdíl, kvůli kterému se odrazové drtiče odlišují od čelistových a kuželových je v použití drtící technologie, díky níž se zrna po nárazu rozštěpí v místě své nejmenší soudržnosti, podél svých puklin a prasklin, takže vzniká velmi kvalitní produkt s vynikajícím tvarovým indexem
- všechny drtiče jsou vybaveny otáčecími lištami, které šetří provozní náklady
- možnost použití jako primární a sekundární drtič[8]

3.2.2 NEVÝHODY ODRAZOVÝCH DRTIČŮ

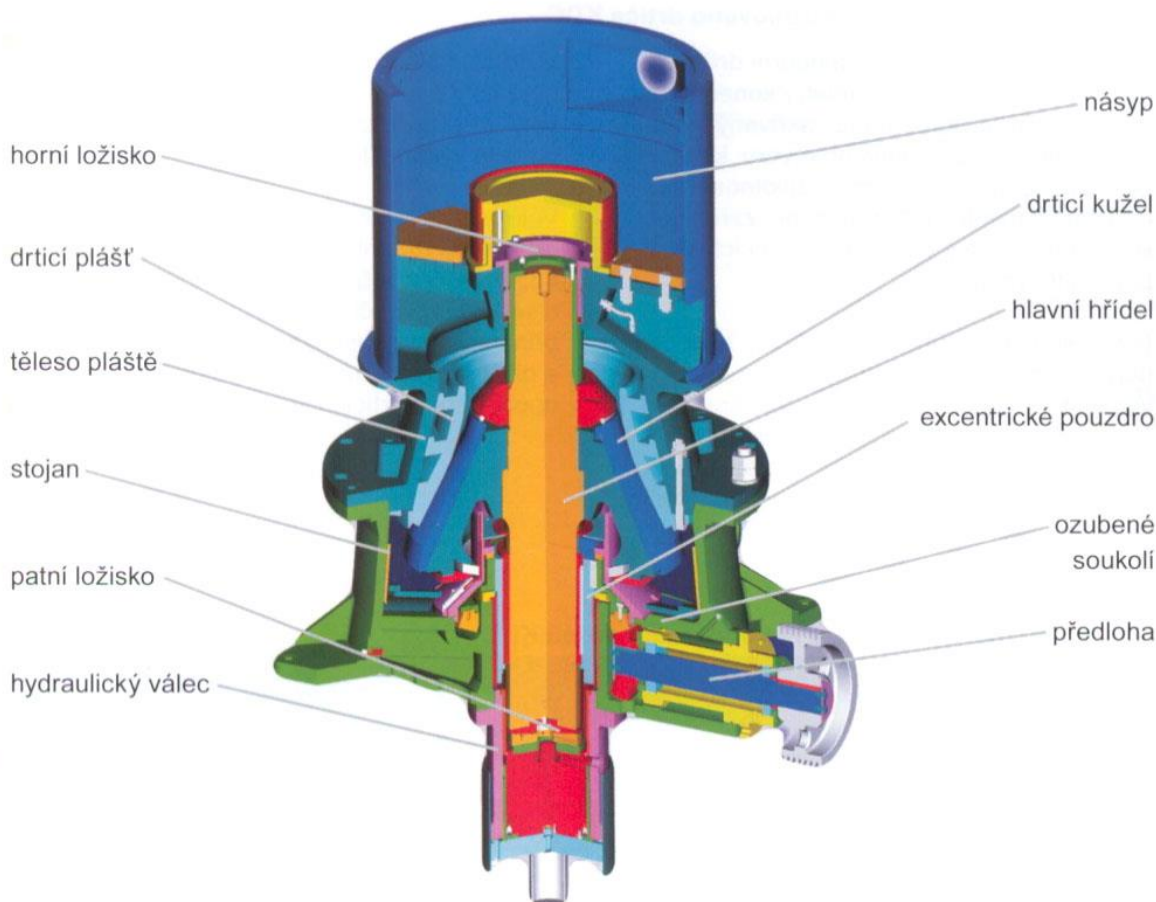
- vysoká cena náhradních odrazových lišt a s tím spojena nutnost pozastavení práce
- vysoká prašnost a hlučnost[8]

3.3 OSTATNÍ TYPY DRTIČŮ

Mimo výše uvedené typy existují ještě další, které se nevyužívají v tak hojně míře pro drcení kameniva a stavebních sutí, proto je uvádím stručně pouze pro doplnění.

3.3.1 KUŽELOVÉ DRTIČE

Z ostatních typů drtičů jsou kuželové nejpoužívanější, avšak pro zpracování stavebního odpadu velmi vhodné nejsou. Materiál je rozměňován mezi pohyblivou otáčející se částí drtiče, která má tvar kužele a nepohyblivou částí, jež tvoří plášť kužele.



Obr. 5 Řez kuželovým drtičem[1]

Tento typ drtiče je vhodný zejména pro velmi pevné a obtížně drtitelné horniny jako je křemen, ale dobře zvládá i pískovec, vápenec, apod. Velikost kusů vstupního materiálu se pohybuje v rozmezí 5 až 25 cm, proto se používá nejčastěji jako sekundární drtič a pro následné dokončovací práce. Výstupní frakce může zahrnovat všechny stupně od hrubého, až po jemné drcení, mezi výhody patří schopnost obzvláště vysokého stupně zdrobnění a vysoká kvalita výstupní frakce. Hlavní vyzdvihované parametry těchto strojů jsou vysoká spolehlivost při provozu a dobrá mobilita. Díky jednoduchosti konstrukce jsou náklady na provoz a údržbu nízké a obsluha snadná. Nevýhodou je snadné ulpívání částí měkkých materiálů na drtičích částech a proto není drtič pro příliš měkké materiály vhodný.[1][4][6]

3.3.2 VÁLCOVÉ DRTIČE

Drtič má dvě pohyblivé části, jimiž jsou proti sobě se otáčející válce stejnou nebo podobnou obvodovou rychlostí. Můžeme také rozlišit i zubový válcový drtič, který má na válcích zuby, či výčnělky různého tvaru a velikosti.[5]

Mezi hlavní výhody patří vysoký výkon a spolehlivost, nízké provozní náklady a jednoduchost obsluhy. Velikost frakce se reguluje posouváním válců.[4]

3.3.3 KLADIVOVÉ DRTIČE

Princip funkce drtiče je obdobný jako u odrazového s tím rozdílem, že drcený materiál je vrhán proti roštu, který je složen z hranatých ocelových tyčí a jako pohyblivá část drtiče slouží rotor s kladivy, používá se zejména pro měkké horniny do tvrdosti vápence.[7]

4 MOBILITA TECHNIKÝ

Dělení dle mobility na stacionární, semimobilní a mobilní se vyskytuje u většiny recyklačních technologií. Tento způsob rozdělení je dán především historickým vývojem drtících linek, na jehož počátku byly drtící linky z velké části stacionární. Stacionární znamená nepohyblivé, takže jejich využití bylo vázáno na konkrétní místo, díky čemuž vzrůstaly náklady na dovoz materiálu, což je při drcení stavebního odpadu značně nepraktické. S tímto typem linek se můžeme dnes setkat ve velkých lomech, kde je kladen především požadavek na velkou efektivnost při vysokém výkonu. S ohledem na zaměření mé práce se budu podrobněji zabývat pouze mobilní a semimobilní technikou, jelikož právě ta se používá pro drcení stavebních odpadů. Hlavní důvod je ten, že tyto typy dokáží efektivně zpracovat i poměrně malé množství materiálu na různých místech. Při přepravě na větší vzdálenosti je nutné u obou typů použití podvalníku či tahače odpovídajících rozměrů a výkonu.[8][9]

4.1 SEMIMOBILNÍ

Postupem času byl s vývojem strojů kladen stále větší důraz na univerzálnost, především díky rozvoji recyklace stavebních odpadů, takže vznikají semimobilní linky, jejichž provedení bylo často provizorní, například umístěním na návěs, případně do kontejnerového rámu, což se týkalo hlavně menších strojů.[8]

Základní charakteristikou tohoto typu zařízení je to, že linka při práci stojí, ale není složité ji v rámci případné potřeby přepravit pomocí druhého mobilního zařízení, například nakladače či tahače. Hlavním předpokladem je občasné přemístění například v rámci lomu nebo recyklační provozovny. Jejich konstrukce je založena s ohledem na jednoduchý přístup k důležitým částem stroje. Dnes už je většina strojů vybavena samozdvíhým hydraulickým zařízením pro snadnou nakládku a vykládku. Po sklopení násypky a po částečné demontáži pak zařízení nepřesahuje průjezdní profil. Dělí sen na kontejnerové a lyžinové. Kontejnerová zařízení jsou koncipována pro přepravu na nákladním automobilu, což souvisí také s jejich malým výkonem, jelikož jsou navrhovány na značně omezený prostor.[4][10]

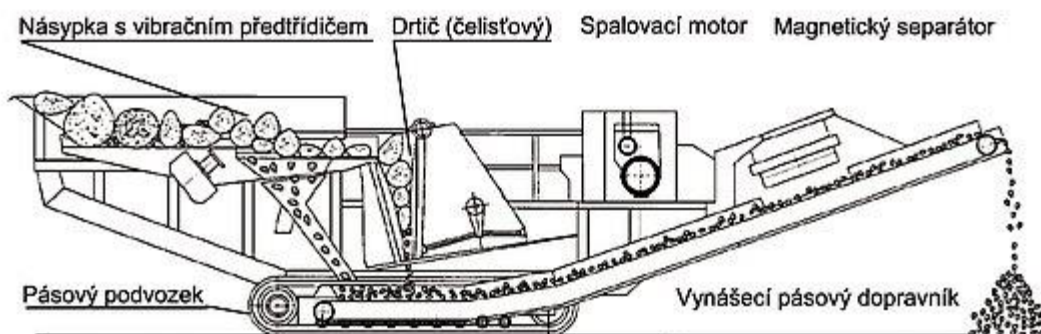


Obr. 6 Semimobilní drtící jednotka[11]

4.2 MOBILNÍ

S čím dál tím větší dostupností lepších technologií, rozvojem recyklace stavebního odpadu, kdy je kladen důraz hlavně na velkou mobilitu, se až do dnešní doby dostáváme k mobilním drtícím linkám. Troufám si tvrdit, že ostatní typy linek budou v blízké době v tomto odvětví minulostí, jelikož před deseti lety prošlo více jak 90% recyklovaného materiálu právě tímto typem linek a proto si není těžké domyslet, jakým směrem se bude toto odvětví dále vyvíjet. Základní charakteristikou mobilních zařízení je možnost pohybu při práci a též přítomnost dálkového ovládání u většiny strojů, které má na starosti strojník obsluhující zařízení, jímž je drtič zavážen.[8]

Dříve se mobilní stroje dělily na zařízení na pásovém a na kolovém podvozku, avšak z důvodu častého nasazení strojů v těžkém terénu a větší účelnosti verze s pásy vytlačila kolovou verzi, která se dnes již skoro nevyrábí. K masovému rozšíření pásových mobilních drtičů došlo na přelomu tohoto století. Tento typ můžeme považovat za nejmodernější a nejvíce se hodící pro požadavky většiny firem zabývajících se recyklací. Drtící zařízení na kolovém podvozku se nejčastěji vyskytovalo v návěsném provedení se zadními kolovými nápravami a vepředu umístěným čepem k zaháknutí tažného vozidla, avšak toto provedení již neodpovídá současnému zákonu o provozu na pozemních komunikacích a v České republice jej nelze legálně převážet, jelikož chybějí schvalovací zkoušky. Dnes by se takováto koncepce nazývala spíše semimobilní, než mobilní. Tomuto uspořádání například odpovídá recyklační linka SBM, kterou se zabýváme v následující kapitole.[4][8][12]



Obr. 7 Schéma mobilního drtiče na pásovém podvozku[8]

5 SOUČASNÝ STAV PROVOZOVNY PRO RECYKLACI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ ČERNOVICE

Základní funkční část provozovny tvoří mobilní recyklační linka SBM složená z mobilního drtiče, třídiče, dopravníků a příslušenství. Linka je určena k recyklaci stavebních sutí – inertních minerálních materiálů. Stavební suť se do násypky mobilního drtiče naváží čelním kolovým nakladačem. V mobilním drtiči RCL 12-32-E dochází k přetřídění vstupující stavební suti, k jejímu rozdrčení a odstranění kovových částic. Rozdrčený materiál je dále vynášen pásovým dopravníkem do vibračního třídiče, kde dochází ke třídění na tři různé frakce dle velikosti (0–16 mm, 16–32 mm, > 32 mm). Z vibračního třídiče je roztríděný materiál vynášený pásovými dopravníky na skládku. Nezpracované kamenivo (v případě asfaltu se nemůže samostatně drtit), které neprojde sítím je potřeba znovu navézt do drtiče. Drtič i třídič jsou umístěny na sedlových návěsích. Linku bylo možno dříve přemísťovat pomocí dvou tahačů po veřejných komunikacích, což však dnes již nevyhovuje současné legislativě a stroj ani není v provozuschopném stavu, kvůli demontáži kol. Můžeme tedy říct, že linka je stacionární. Nutno také zmínit, že i když se jedná o velmi staré zařízení s velkým počtem odpracovaných motohodin, tak stále funkční a odpovídající i současným požadavkům.

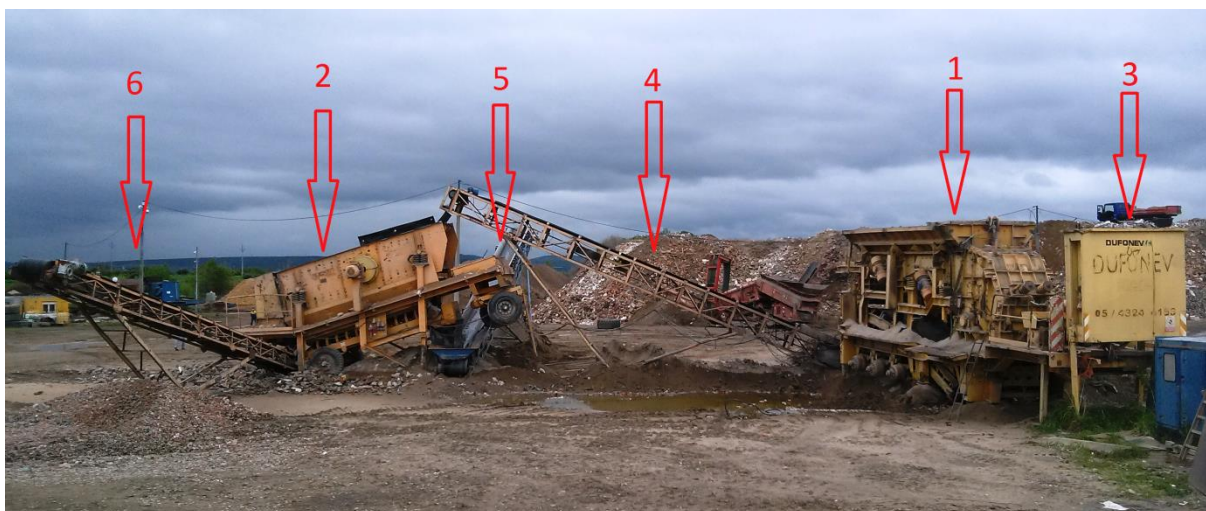
5.1 RECYKLAČNÍ LINKA SBM

Zpracovatelný materiál: kamenivo, beton, stavební suť, asfalt

Výkon: až 200 t/hod (závisí na druhu drceného materiálu a rychlosti plnění)

Rok výroby: 1993

Mobilní recyklační linka SBM se skládá z následujících částí:



Obr. 8 Recyklační linka SBM

1) Drtič RCL 1232-E 2) Třídič typ 14/50-2 3) Elektrocentrála 4) Pásový dopravník typ QRF 650/20 m
5) Pásový dopravník typ QRF 500/15 m 6) Pásový dopravník typ QRF 500/15 m

5.1.1 DRTIČ RCL 1232-E S PŘÍSLUŠENSTVÍM

Hmotnost: 48,9 t

Drticí jednotka: Odrazový drtič typ SBM 12/12/4 – RHS: vstupní otvor 1260 x 1020 mm; průměr rotoru 1280 mm; šířka rotoru 1210 mm; pohon elektromotorem 160 kW, 1500 ot/min.

Pohon: Dieselažregát GEH 275-2

Násypka: Objem 6 m³, světlá šířka 2,2 m, výška 4,9 m

Podávání, předtřídění:

- vstupní vibrační podavač typ UE 12/33: šířka žlabu 1,2 m; délka žlabu 3,5 m; pohon 2 * 3,5 kW /960 ot/min
- předtřídovací rošt typ VAR 12/20 – 1: vodorovné provedení, šířka 1,2 m; délka 2 m; pohon 2 * 3,5kW /960 ot/min
- výstupní vibrační podavač typ UE 12/22: šířka 1,2 m; délka 2200 mm; pohon 2 * 3,5 kW/960 ot/min

Dopravní pásy:

- vynášecí pásový dopravník nastavitelný, typ PBB 650/2.2 m: šířka pasu 650 mm, délka pasu 2,2 m, výkon motoru 4 kW
- výstupní pásový dopravník typ PBB 1200/6.5 m: šířka pasu 1,2 m; délka pasu 6.5 m; výkon motoru 7,5 kW

Výbava:

- magnetický odlučovač železa typ MEQ 900L: výkon magnetu 3,39 kW; výkon motoru 2.2 kW; usměrňovač – typ GAMA 4.1-115



Obr. 9 V popředí mag. odlučovač, v pozadí el. rozvaděč a ovladač

- elektrický rozvaděč a ovladač

Zajištění mobility: provedení – tříosý návěs; maximální nápravový tlak 3 * 10 t; rozchod 2565 mm; rozvor os 1360 mm; dvoukruhový brzdový systém ABS; 6 hydraulických podpěr

Transportní rozměry: 14150 x 2980 x 3980 mm (délka x šířka x výška)



Obr. 10 Drtič RCL 1232-E

1)Drťící jednotka 2)násypka s předtříděčem 3)Elektrický rozvaděč a ovladač 4)Magnetický odlučovač železa 5)Výstupní pásový dopravník 6)Tříosý návěš

5.1.2 MOBILNÍ TŘÍDIČ TYP 14/50-2 S PŘÍSLUŠENSTVÍM



Obr. 11 Celkový pohled na třídíč a pásové dopravníky.

Hmotnost: 29,5 t

Pohon: Dieselažregát GEH 275-2

Zajištění mobility: provedení - dvouosý návěs; maximální nápravový tlak 2 * 8 t; dvoukruhový brzdový systém ABS; 6 hydraulických podpěr.

Transportní rozměry: 2500 x 3700 mm (šířka x výška).

Podávání, předtřídění:

- vibrační třídič typ 14/50-2: počet sít – 2; šířka x délka sít: 1400 x 5000 mm; pohon elektromotorem 15 kW
- pásový dopravník typ PBB 800/4,5 m: délka (osová rozteč bubnů) 4,5 m; šířka pasu 800 mm; výkon elektromotoru 4 kW



Obr. 12 Detailní pohled na třídič

1) Vibrační třídič typ 14/50-2 2) pásový dopravník typ QRF 500/15 m 3) pásový dopravník typ QRF 500/15 m 4) Dvouosý návěs 5) pásový dopravník typ PBB 800/4,5 m

5.1.3 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY MIMO PŘÍSLUŠENSTVÍ DRTIČE A TŘÍDIČE 3KS

- 2 x pásový dopravník typ QRF 500/15 m: osová rozteč bubnů 15 m; šířka pasu 500 mm; dopravní rychlost 1,68 m/s; výkon elektromotoru 4 kW; dopravní výkon 60 t/h
- pásový dopravník typ QRF 650/20 m: osová rozteč bubnů 20 m; šířka pasu 650 mm; dopravní rychlost 1,68 m/s; výkon elektromotoru 7,5 kW; dopravní výkon 200 t/h

Výbava: 3 x kovové podpěry pásových dopravníků – příhradová konstrukce

5.1.4 DIESELAGREGÁT GEH 275-2

Jelikož je linka na elektrický pohon a na provozovně není vedení vysokého napětí tak se pro pohon celé linky používá motorgenerátor se spalovacím motorem.

Motor Perkins 1306-E87TAG6, šestiválcový; výkon 220 kW, objem motoru 8,7 l, objem nádrže 350 l, hmotnost 2252 kg.

Alternátor Olympian LL5014J maximální výkon 275 kVA.

6 NÁVRHY KONKRÉTNÍCH DRTIČŮ

Základní požadavky při návrhu konkrétního drtiče jsou následující:

Střední výkonnostní třída 150-200 t/h. Střední hmotnost, což znamená kolem 30 t zejména kvůli příplatkům za nadváhu při přepravě. Typ drtiče-odrazový zejména kvůli univerzálnosti, jelikož bude sloužit jako sekundární i primární. Kladen důraz na vysokou mobilitu kvůli případnému přemístění na jiné místo za odlišným účelem (dálnice). Drtič by měl mít vestavěný třídič a pás zpětného vedení recyklátu, případně možnost tyto doplňky nainstalovat. Díky charakteru většiny zpracovávaného materiálu by měla být vstupní zrnitost 600–750 mm.

6.1 ATLAS COPCO PC 1060I[15]

Zpracovatelný materiál: kamenivo, beton, stavební suť, asfalt, dřevo

Výkon: více než 200 t/hod (závisí na druhu drceného materiálu a rychlosti plnění)

Velikost vstupního otvoru: 1000 x 600 mm

Hmotnost: přibližně 30 t

Drťící jednotka: jedná se o rotor se 4 kladivy s průměrem 960 mm včetně kladiv, šířka rotoru 990 mm, možný stupeň drcení 1:10–1:50

Pohon: šestiválcový diesellový motor CAT C7 s výkonem 186 kW a vodním chlazením. Celý motor je před nepřízní počasí chráněn a izolován krytem. Všechny ostatní složky stroje jako dopravní pásy jsou poháněny hydraulicky centrální hydraulickou pumpou umístěnou vedle motoru.

Násypka: konstrukce Hardox-ocel. Objem násypky je 3,9 m³. Rozměry 3,3 x 2,3 x 3,3 m (délka x šířka x výška)

Podávání, předtřídění: vibrační podavač s integrovaným předtřídičem, poháněný hydraulickým vibromotorem a třídění, které zahrnuje integrované předsíto s možností třídící volby jako přímé uspořádání síta nebo uspořádání „zig-zag“ se vzdáleností roštnic 50 mm. Předtříděný materiál může být odváděn spolu s rozdrceným produktem na hlavní podávací pás, a nebo odkloněn na samostatný boční pás.

Dopravní pásy: hlavní i postranní dopravní pásy mají dělenou ocelovou konstrukci, takže v případě transportu můžou být jejich hlavní části sklopeny. Šířka pásu je 1000 mm a výsypná výška 2900 mm. Drtič má také boční dopravní pás na odvádění předtříděného materiálu, jeho rozměry jsou 500 mm šířka a 2230 mm výsypná výška.

Výbava:

- integrovaný magnetický separátor

- dálkové ovládání, které je namontováno přímo do stroje a zahrnuje bezdrátové vysílací jednotky s dvěma akumulátory a nabíjecí jednotkou. S dálkovým ovladačem můžeme ovládat pásový podvozek i vibrační třídič

Zajištění mobility: Pásový podvozek na hydraulický pohon s rozvorem 2900 mm a šířkou pásů 330 mm. Maximální úhel stoupání je 20 stupňů.

Transportní rozměry: 11500 x 2550 x 3200 mm (délka x šířka x výška)



Obr. 13 Atlas Copco PC1060[16]

6.2 RUBBLE MASTER RM100GO![17]

Zpracovatelný materiál: kamenivo, beton, stavební suť, asfalt, dřevo

Výkon: až 250 t/hod (závisí na druhu drceného materiálu a rychlosti plnění)

Velikost vstupního otvoru: 950 x 700 mm

Maximální délka hrany vstupního materiálu: 750 mm

Hmotnost: 29 t

Drtecí jednotka: Rubble Master odrazový drtič s dvěma nebo čtyřmi deskami a třemi rychlosti rotoru

Pohon: šestiválcový spalovací motor JOHN DEERE, 235 kW při 1 800 ot, synchronní generátor 70 kVA 400 V, elektrické přípojky 230V a 400V pro externí zařízení do 15 kVA

Násypka: asymetrická vibrační násypka s dvěma vibračními motory 3,1 kW. Objem násypky 3,3 m³. Nakládací výška 3 000 mm. Užiténá plocha pro nakládání 2980 x 2 000 mm. Konstrukce násypky–obložení Hardrox 400.

Podávání, předtřídění: systém řízení podávání materiálu v závislosti na zatížení drtiče. Účinné předtřídění, rošt v násypce s plochou 1 200 x 900 mm. Předtříděný materiál propadáva na hlavní pásový dopravník nebo na volitelný boční pásový dopravník.

Dopravní pásy: šířka hlavního pásu je 1000 mm a výsypná výška 3350 mm. Drtič má také boční dopravní pás na odvádění předtříděného materiálu, jeho rozměry jsou 500 mm šířka a 2400 mm výsypná výška.

Výbava:

- dálkové ovládání pro pracovní činnosti drcení a pojezd
- RELEASE systém – patentovaný systém k odstranění blokad uvnitř drtiče
- magnetický separátor, šířka pásu 800 mm, chod vpravo/vlevo
- dálkové ovládání, které je namontováno přímo do stroje a zahrnuje bezdrátové vysílací jednotky se dvěma akumulátory a nabíjecí jednotkou. S dálkovým ovladačem můžeme ovládat pásový podvozek i vibrační tříděč.

Volitelná výbava:

- systém snížení prašnosti drtiče, na výstupu z drtiče a na pásových dopravnících
- kabelové dálkové ovládání
- centrální mazání
- zaslepení roštu násypky

Přídavné moduly:

Firma Rubble Master nabízí možnost připojení přídavných modulů třídění a zpětného vedení materiálu k samotnému drtiči (MS + RFB; OS RM).

Jedná se o mobilní jednoosý tříděč RM MS105GO! s třídící plochou 3 x 1,3 m a dvěma pásy pro přesné roztřídění produktu a o třídící jednotku v kombinaci s RM RFB7550GO!, pásem zpětného vedení recyklátu nebo na haldování otočným o 90 nebo 180 stupňů. Možnost třídění materiálu vzduchem.

Další možností je závěsný tříděč nadsítňého OS100GO! s plochou síta 1,2 x 1 m sloužící k oddělení nadsítňého zrna od konečného produktu.

Zajištění mobility: pásový podvozek

Transportní rozměry: 10030 x 2570 x 3160 mm (délka x šířka x výška)



Obr. 14 Rubble Master RM100GO! s třídičem nadsítného[18]

6.3 METSO LT1110S[20]

Zpracovatelný materiál: vápenec, beton, stavební suť, asfalt, dřevo

Výkon: až 300 t/hod (závisí na druhu drceného materiálu a rychlosti plnění)

Velikost vstupního otvoru: 1040 x 800 mm

Hmotnost: 32 t

Drtící jednotka: Horizontální odrazový drtič typ NP1110M s průměrem rotoru 1100 mm. Otáčky rotoru jsou 450–850 ot/min a je vybaven martenzickými kladivy Xwin. Přenos sil je uskutečňován pomocí klínových řemenů z hydromotoru na rotor drtiče. Hydraulická asistence pro nastavení výstupní štěrbin a servisní vrátek.

Pohon: vznětový motor Caterpillar C-9.3, 242 kW

Násypka: rozšířená násypka 8m³. Hydraulické sklápění bočnic násypky do transportní polohy

Podávání, předtřídění: vibrační podavač typ TK9-42-2V s dvoustupňovým roštem, vzdálenost roštic grizzly 56 mm a „zig-zag“ rošt 38 mm. Síto pod roštem s okatostí 35 mm

Dopravní pásy: typ H10-10, šířka hlavního pásu je 1 000 mm, délka 10 m a výsypná výška 2 800 mm

Výbava:

- inteligentní počítač IC500 včetně ovládací jednotky PLC (Power Load Control) pro optimalizaci výkonu a kontrolu stroje
- dálkové ovládání IC500 pro pracovní činnosti drcení, nastavení otáček a pojezd
- magnetický separátor

Volitelná výbava:

- systém sprchování pro potlačení prašnosti bez čerpadla
- dálkové ovládání rádiem
- čerpadlo na tankování paliva
- zaslepení roštu násypky

Přídavný modul:

Závěsný jednosítný třídíč typ TK11-30S s vratným pásem, který se skládá z jednosítného třídíče s rozměry 1100 mm x 3000 mm, vynášecího pásu pro podsítné H8-5 s rozměry 800 mm x 5 m (šířka x délka), vynášecího pásu pro nadsítné H6.5-2 s rozměry 650 mm x 2 m (šířka x délka) a z vratného dopravního pásu H5-9 s rozměry 500 mm x 9 m (šířka x délka)

Zajištění mobility: pásový podvozek



Obr. 15 Mobilní drtící a třídící linka Metso LT1110S[19]

7 POROVNÁNÍ DRTIČE RUBBLE MASTER RM100GO! SE SOUČASNOU VARIANTOU

Po zvážení všech pro a proti, se z navrhovaných variant jeví jako nejvíce vhodná varianta drtící jednotky Rubble Master RM100GO!. Zejména kvůli možnosti připojení přídatných třídících modulů s třídícím nadsítného, čímž odpadá nutnost dokupovat samostatný třídící stroj a s tím také nutnost znovu navážet nezpracované kamenivo, které projde sítím jako je tomu u dosavadní varianty. Toto uspořádání je na zamýšlené použití zcela dostačující, na rozdíl od třídící jednotky Atlas Copco, která tuto možnost nemá. Co se týče drtiče od firmy Metso, jsou jeho parametry na velmi dobré úrovni a také obsahuje přídatné moduly jako jednotka Rubble Master, avšak paradoxně má až příliš technických vychytávek, které by stroj značně prodražily a nejsou pro námi zamýšlené využití potřeba. Z těchto důvodů jsem si vybral pro porovnání recyklační zařízení od firmy Rubble Master.

Na ostatních navrhovaných zařízeních zkoušky provedeny nebyly a ani se neplánuje jejich realizace, jelikož by to bylo velmi časově, organizačně a finančně náročné v porovnání s tím, jak by celkový test ovlivnil konečný výběr drtiče. V tomto případě si vystačíme pouze s analýzou technických specifikací jednotlivých drtičů dle údajů výrobce, z čehož můžeme usoudit za nejvíce vhodný drtič ke konečnému porovnání RUBBLE MASTER RM100GO!.

7.1 PROVOZNÍ VÝKONOVÁ ZKOUŠKA DRTIČE RM100GO!

Zkouška proběhla na provozovně pro recyklaci stavebních materiálů v Černovicích. Technologickou recyklační linku tvořily rypadlo na pásech VOLVO 240, kolový nakladač CAT 966 s váhou a odrazový drtič RM 100GO! se sítím 25 mm a zařízením pro zpětné podávání nerozdrceného kameniva. Drceným materiálem byly asfaltové kry, částečně zdobněné na frakci do 500 mm. V druhé fázi byl zpracováván asfaltový výtěžek z komunikací v obvyklém stavu, ve kterém se naváží na provozovnu, což znamená 15–20% kusovitost při velikosti 500–800 mm. Produktem byla frakce 0/22 mm. Zkouška trvala 90 minut a stihlo se vyrobit 201 t produktu. Průměrný výkon byl tedy 134 t/hod. Množství zpětně podávaného materiálu se pohybovalo v rozmezí 40–60%.

Během drcení dle požadavků výrobce, což je zpracovávání kusů do 500 mm bylo drcení zcela bez problémů, výkon byl nárazově přes 150 t/h. V druhé fázi byl drcen materiál s nadměrnými kusy asfaltu v rozmezí 800–1000 mm, takto velké kusy bylo nutno rypadlem upravovat tak, aby se vešly do násypky, a proto byla produkce mírně nižší a došlo i k několika problémům jako například ucpání podavače s přerušením drcení bez vypnutí stroje, kdy bylo nutno čistit násypku rypadlem. Z toho důvodu byl výkon místy redukován pod 100 t/h.

Zkouška prokázala schopnost drtiče podrtit i těžce drtitelný a houževnatý materiál, pokud jeho rozměry odpovídají technické dokumentaci a předpisům. Snaha podrtit materiál větší kusovitosti byla vždy na úkor snížení produkce a zvýšení provozních nákladů. Je zřejmé, že i těžce drtitelný materiál, pokud bude v předepsané kusovitosti, bude možno za vhodných podmínek tímto strojem podrtit i na frakci 0/32 mm, či 0/22 mm efektivně v jednom stupni zdobnění při dlouhodobém výkonu nad 120 t/h.

7.2 POROVNÁNÍ NÁKLADOVOSTI A VÝKONU

Na následující tabulce můžeme vidět rozdíly ve výkonu starého uspořádání drtící linky oproti uspořádání novému. Jelikož jsou tyto údaje citlivé a mohlo by dojít díky jejich zveřejnění k znevýhodnění firmy na trhu, rozhodl jsem se některé konkrétní údaje nahradit pouze procenty nebo je neuvádět vůbec.

Tab. 1 porovnání nákladovosti

typ drtiče /zadané hodnoty	SBM 1232	RM100GO		SBM 1232	RM100GO			ceny pohonných hmot	
Počet hodin provozu	X	X		spotřeba [l] 2 nakladačů/hod	4,0			předpokládaná cena 1l nafty [Kč]	30,0
Výkon v produktu [t]	X	X		spotřeba [l] bagru/mth	4,0	spotřeba [l] bagru/mth	8,0	předpokládaná cena motorového oleje [Kč]	100,0
Průměrná spotřeba MN (litrů/hod)	X	X		spotřeba oleje [l] 2 nakladačů/1000h	4,0				
vypočtené hodnoty:				spotřeba oleje [l] bagru/1000mth	4,0	spotřeba oleje [l] bagru/1000mth	8,0		
[tun]/hod	100,0%	219,0%							
celková spotřeba [l] všech částí linky/hod	100%	68%							
spotřeba paliva [l]/1000 tun produktu	100%	31%							
provozní náklady paliva [Kč]/1000 tun produktu	100%	31%							
celkové provozní náklady [Kč]/1000tun	100%	37%							

Nové uspořádání má větší výkon přibližně o 119%, spotřeba paliva všech částí drtící linky je menší o 32%, spotřeba paliva na 1 000 t produktu je menší přibližně o 69% a celkové provozní náklady na 1 000 tun produktu se zmenšily přibližně o 63%.

Co se týče ostatních výdajů, stojí za zmínku zejména opotřebení a výměna odrazových lišt, se kterou jsou na tom oba drtiče zhruba obdobně, avšak u staršího drtiče jsou potřeba těžší a větší lišty, tím pádem je jejich cena zhruba o 15% vyšší oproti lištám pro drtič Rubble Master. Další nespornou výhodou je také integrovaný třídič nadsítného u nového drtiče, čímž odpadá nutnost dokupovat samostatný třídící stroj a nutnost znovu navážet nezpracované kamenivo, tím pádem nám odpadají další nezanedbatelné náklady. Za zmínku stojí také nutnost čistit prostor pod drtičem, který se po nějaké době zanesení materiálem vypadávacím z vynášecího pásu. U semimobilní či stacionární linky, jak je tomu v případě drtiče SBM, je nutno drtič pozastavit a prostor vyčistit, kdežto mobilní zařízení může v době čištění pracovat na jiném místě. Z toho plyne značná časová úspora mobilní linky oproti stacionární.

7.3 POROVNÁNÍ KVALITY VÝSTUPNÍHO PRODUKTU

Co se týče recyklace stavební odpadů, podstata technologie pro zpracování kameniva a stavební suti se od bezmála dvacetiletého rozpětí mezi drtiči nijak výrazně nezměnila. Z tohoto důvodu jsou nepravděpodobné velké rozdíly v kvalitě výsledného produktu. Je potřeba také zmínit, že kvalita produktu závisí v tomto případě zejména na kvalitě vstupního materiálu, na kvalitě přetřídění a separaci nežádoucích částic.

Pro orientaci můžeme uvést, že dle zkoušek provedených zkušební laboratoří pro stanovení fyzikálních a geometrických vlastností kameniva bylo u drtiče Rubble Master RM100GO! procento nadsítného 1,2 (zrno větší než 32 mm), obsah jemných částic 4,7 % a číslo nestejnzrnatosti 50. Pro drtič SBM při zpracování stejného druhu materiálu se procento nadsítného pohybovalo v rozmezí 0–3,9, obsah jemných částic 4,5–6,9 % a číslo nestejnzrnatosti od 43,4 do 78. Průměrné hodnoty byly pro nadsítné 1,56 %, pro jemné částice 5,46 % a číslo nestejnzrnatosti 58,9. Zkoušky byly provedeny z výsledného produktu vyzískaného kameniva z kolejevého lože, kterým byla recyklována štěrkodrt' pro konstrukční vrstvy frakce 0/32.

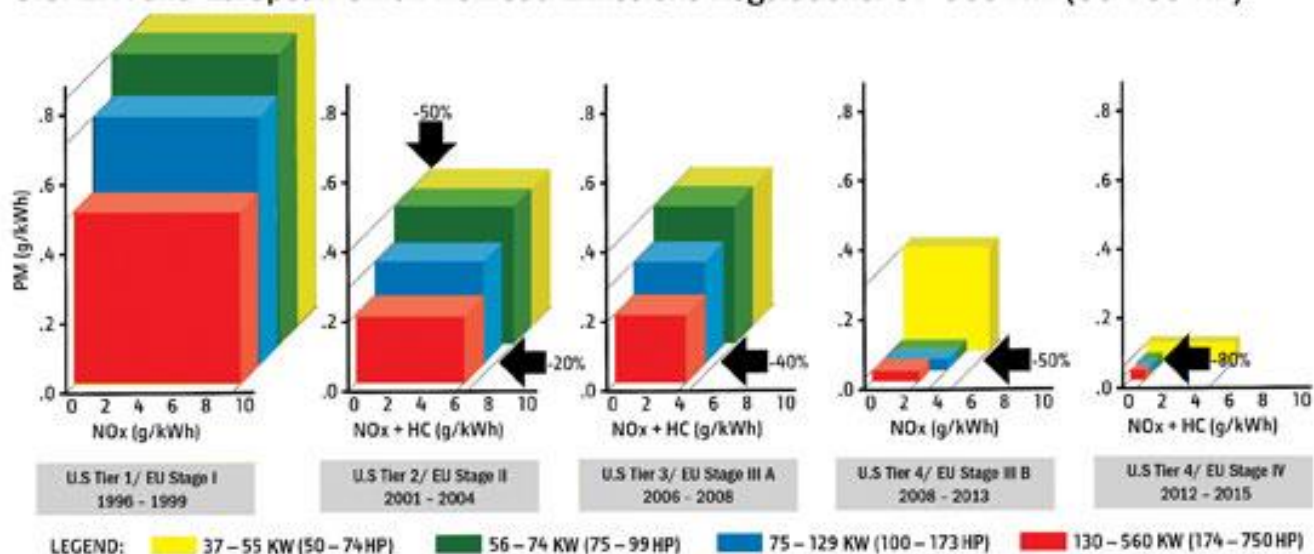
7.4 EKOLOGICKÉ HLEDISKO

Nikoho asi nepřekvapí, že i přes zvýšení výkonu celé drtící linky je nový drtič ekologičtější, než výrobní linka SBM, což je zapříčiněno zejména více než dvacetiletým rozpětím mezi jejich daty výroby. Otázkou je, zda se výdrž nového drtiče alespoň přiblíží k drtiči SBM, jelikož v dnešní době kdy víme přesně, co a jak vyrobit se můžeme jen dohadovat, jak dlouhou životnost zamýšleli konstruktéři těchto nových strojů.

7.4.1 EMISE VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

Výše v tab. 1 můžeme vidět výrazné snížení spotřeby paliva o 69% na 1000 t produktu oproti drtící lince SBM, což s sebou přináší výrazné snížení vylučovaných emisí na 1000 t vyprodukovaného recyklátu. Co se týče plnění emisních limitů tak je na tom stará linka poměrně dobře a to díky novému dieselařegátu GEH-275-2, který splňuje emisní požadavky Euro II. Motor drtiče Rubble Master oproti tomu plní požadavky normy Euro III A, která deklaruje o 40 % nižší množství vyloučených škodlivin. Jedná se o oxidy dusíku (NO_x) a nespálené uhlovodíky, aldehydy, alkanly případně další látky (HC).[17][21][22]

U.S. EPA and European Union Nonroad Emissions Regulations: 37-560 KW (50-750 HP)



Obr. 16 Porovnání jednotlivých emisních norem[23]

7.4.2 PRAŠNOST A HLUČNOST

Výrazné snížení prašnosti můžeme vypořadovat nejen díky kompaktnějšímu řešení drtící linky Rubble Master, ale také kvůli tomu, že důraz na nízkou prašnost byl kladen již při návrhu a výrobě drtiče. To samé můžeme také konstatovat i při srovnávání hlučnosti obou drtičů.

ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo zřehlednění a aktualizace obecných informací potřebných k výběru drtiče pro menší firmu, zabývající se recyklací stavebního odpadu, jelikož toto odvětví stále prochází velmi dynamickým vývojem a informace co platily včera, nemusí být dnes již aktuální.

Protože je základem pro recyklaci všeobecně potřebná znalost příslušných norem a vyhlášek, jelikož na recyklát jsou kladeny určité kvalitativní standardy, je tomuto tématu věnován začátek práce. Dále je třeba mít přehled v technologii výroby, proto v práci uvádím obecné technologické uspořádání recyklační linky a rozdělení drtičů dle technologie drcení, a dle mobility.

Co se týče praktické části práce tak bylo potřeba zjistit aktuální stav provozovny pro recyklaci stavebních materiálů v Černovicích, její technologické uspořádání a na základě těchto údajů určit požadavky na nový drtič, který má nahradit stávající koncepci. Díky těmto údajům bylo možné vyhodnotit nejvhodnější kandidáty, konkrétně drtiče Atlas Copco PC1060 I, Rubble Master RM100GO! a Metso LT1110S. Z těchto strojů se jako nejvhodnější náhrada za starou linku SBM jevil stroj od firmy Rubble Master. Na základě tohoto rozhodnutí bylo poté provedeno vzájemné porovnání těchto výrobních linek.

Jelikož technologie pro zpracování stavebního odpadu je relativně jednoduchá a od počátku tohoto odvětví neprošla až tak velkými změnami, není rozdíl ve výsledném produktu markantní. To se ovšem nedá říct o jednotlivých drtičích linkách, kde došlo k výraznému posunu, co se týče větší kompaktnosti drtičích linek, což znamená sjednocení většiny částí linky do jednoho zařízení a zlepšení produktivity spolu se snížením spotřeby paliva. Nesmíme také opomenout výrazné zlepšení ekologického aspektu celého výrobního procesu, ať už se jedná o snížení hluku, emisí výfukových plynů, či prašnosti. Také došlo k výraznému zlepšení mobility a ovladatelnosti drtičů střední třídy a to zejména díky digitalizaci. Dnes už se počítá s tím, že bude drtič mobilní a ovládaný strojníkem obsluhujícím zároveň další zařízení, dokonce si troufám tvrdit, že díky tomu bude mít v tomto průmyslovém odvětví čím dál tím větší podíl robotizace.

Na závěr bych ještě chtěl zmínit, že i přes mnohá vylepšení v tomto oboru bude nadále hlavním požadavkem výdrž, spolehlivost a kvalita nového stroje, a pokud se alespoň přiblíží v těchto aspektech k drtiči SBM, můžeme to považovat za úspěch a doufat, že recyklační linka skončí v provozovně pro recyklaci kovového odpadu co nejpозději.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Normy ČSN EN* [online]. EUROVIA Kamenolomy [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: http://www.euroviakamenolomy.cz/slovník_en.aspx
- [2] PAVLŮ, Tereza. Zkoušení a vlastnosti recyklovaného kameniva pro použití do betonu. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2013 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10265-zkouseni-a-vlastnosti-recyklovaneho-kameniva-pro-pouziti-do-betonu>
- [3] JIRÁSEK, Jakub a Martin VAVRO. *Nerostné suroviny a jejich využití* [CD-ROM]. Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR ; Ostrava, 2008 [cit. 2017-04-01]. ISBN 978-80-248-1378-3.
- [4] ŠTĚRBA, Martin, Svatava HENKOVÁ, David ČECH a Václav VENKRBEC. Recyklace vzniklé stavební suti s možností jejího využití. *SILNICE ŽELEZNICE: Stavební stroje* [online]. KONSTRUKCE Media, 2013 [cit. 2017-04-01]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/recyklace-vznikle-stavebni-suti-s-moznosti-jejeho-vyuziti>
- [5] MALÁŠEK, Jiří. *STROJE PRO VÝROBU STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A STAVEBNÍCH DÍLCŮ*. Brno. Skripta NSM. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [6] ŠTĚPÁN, Hurník. *Mobilní zařízení pro drcení kameniv a recyklátů ze stavebních odpadů*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Miroslav Škopán.
- [7] HENKOVÁ, Svatava. *Přednáška 4: Stroje a zařízení pro přípravu materiálů k výrobě betonové směsi*. Brno. Přednáška. Vysoké učení technické v Brně, Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb.
- [8] ŠKOPÁN, Miroslav. Vývojové trendy v technologiích pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů. *Stavební Technika* [online]. Brno, 2007 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/trendy-v-technologich-pro-recyklaci-odpadu>
- [9] LIBRA, Jaromír a Vojtěch ŘEZNIČEK. *Stavby pro odpadové hospodářství: Recyklace stavebních odpadů* [online]. Brno: Libra, 2006 [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=2210
- [10] *Systémy pro drcení a třídění nerostných surovin a pro recyklaci* [online]. Přerov: PSP Engineering, 2008 [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/2843191-Systemy-pro-drceni-a-trideni-nerostnych-surovin-a-pro-recyklaci.html>
- [11] Semimobilní drtící jednotka. In: *DSP Přerov spol.: stroje a zařízení pro zpracování nerostných surovin* [online]. Přerov: DSP Přerov spol. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.dspprerov.cz/nase-vyrobky/mobilni-zarizeni/semimobilni-drtici-jednotky-scu.html>

- [12] ŠPUNAR, Martin. *Mobilní zařízení pro drcení kameniva a recyklátů ze stavebních odpadů*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Miroslav Škopán.
- [13] JUNGA, Petr, Tomáš VÍTĚZ a Petr TRÁVNÍČEK. *TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ I* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, 2015 [cit. 2017-04-04]. ISBN 978-80-7509-207-6. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/23/23-technika_pro_zpracovani_odpadu_1_junga_a.pdf
- [14] VYTLAČILOVÁ, Vladimíra. *Recyklace ve stavební výrobě*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012. ISBN 978-80-01-05184-9.
- [15] *Technical Description POWERCRUSHER PC 1060 I* [online]. Hartl Powecrusher [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: http://www.mashinata.bg/files/product/%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%A6%D0%98%D0%A4%D0%98%D0%9A%D0%90%D0%A6%D0%98%D0%AF%205.%20PC1060_2010E_mL_LQ.pdf
- [16] Atlas-Copco PC 1060 I. In: *Lectura specs* [online]. Nürnberg: Lectura Media, 2011 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.com/en/model/recycling-waste-management/rubble-recycling-plants-atlas-copco/pc-1060-i-1144111>
- [17] *Technická data: RM 100GO! - MOBILNÍ ODRAZOVÝ DRTIČ NA PÁSOVÉM PODVOZKU* [online]. Nové Město - Praha 1: Rubble Master [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: https://rubble-master.cz/wp-content/uploads/sites/2/2015/06/Prospekt_RM_100GO_CZE_02_2017_tisk-1.pdf
- [18] Nový přírůstek v řadě RUBBLE MASTER GO!. In: *Stavební technika* [online]. Slavkov: RUBBLE MASTER CS, 2012 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/novy-prirustek-v-rade-rubble-master-go>
- [19] Lokotrack® LT1110™ mobile impact crushing plant. In: *Metso global website* [online]. Metso [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://www.metso.com/products/lokotrack-mobile-plants/mobile-impact-crusher-lokotrack-lt1110/>
- [20] *LT1110S impactor information* [online]. Sydney: Screen Masters crushing [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.screenmasters.com.au/index.php/rental-machines/impact-crushers/item/75-nordberg-lt1110s>
- [21] *GEH275-2* [online]. Caterpillar, 2010 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: http://www.zepelin.sk/public/data/cat_data/newmachine_types/2388/DG%20GEH275_Open.pdf
- [22] SAIDL, Jan. Emise výfukových plynů. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-05-13]. ISSN 1804-2554. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emise-vyfukovych-plynu/>

- [23] Engine Regulations. In: *Southern Loggin' Times* [online]. Montgomery: Southern Loggin Times, 2011 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.southernloggintimesmagazine.com/magazine-issue/april-2011/>