

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2016

Bc. JAKUB BĚLUNEK



**Zhodnocení možností využití stavebních recyklátů
do konstrukčních vrstev železničního spodku**
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Bc. Petr Junga, Ph.D.

Vypracoval:
Bc. Jakub Bělunek

MÍSTO PRO ZADÁNÍ DP

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem danou práci: **Zhodnocení možností využití stavebních recyklátů do konstrukčních vrstev železničního spodku** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Dovoluji si tímto způsobem poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Bc. Petru Jungovi, Ph.D. a rovněž také společnosti ŽSD, a.s. za umožnění vypracování diplomové práce na téma „Zhodnocení možností využití stavebních recyklátů do konstrukčních vrstev železničního spodku“. Zejména bych rád poděkoval panu Ing. Petru Krchňavému za poskytnuté odborné a cenné informace týkající se problematiky využití recyklátů do konstrukčních vrstev železničního spodku a odpadového hospodářství zřízeného při modernizacích a optimalizacích železničních koridorů. Poděkování patří také všem lidem, kteří mi poskytli možnost konzultace práce na odborné úrovni.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou využití stavebních recyklátů v konstrukčních vrstvách železničního spodku. Práce popisuje konstrukci železničního spodku, nynější situaci recyklace kameniva, odpadové hospodářství, dále popisuje vliv železniční stavby na životní prostředí, vzorkování a definuje výzisk kolejového lože. Závěrem teoretické části je kapitola Recyklace kameniva kolejového lože.

V rámci praktické části je provedena specifikace vlastností stavebních recyklátů vyráběných ve vybraném subjektu a poté posouzení zjištěných skutečností. Nejprve je subjekt charakterizován. Dále jsou popsány technické a ekologické požadavky a poté definovány zkoušky fyzikálních vlastností potřebných k průkaznosti kvality stavebních recyklátů. Pro zhodnocení možností využití je pak provedeno dlouhodobé sledování fyzikálních vlastností a jednotlivé výsledky jsou nakonec celkově zhodnoceny. Na závěr jsou formulována praktická doporučení.

Klíčová slova: kolejové lože, recyklace, výzisk kolejového lože, recyklovaná štěrkodrt', konstrukční vrstvy železničního spodku, zrnitostní frakce, znečištění

ABSTRACT

This thesis deals with recycled construction materials used in the structural layers of rail track substructure. The thesis describes the construction of rail track substructure, current situation in recycling of aggregates, waste management, the impact of railway structure on the environment, sampling and uncleaned rail track ballast. At the end of the theoretical part is the chapter Recycling of aggregates of the railway track bed.

In the practical part, is provided the specification of properties recycled construction materials which are produced in selected facility and an assessment of the established facts. First, the selected facility is characterized. Next, the technical and environmental requirements are described and then the tests of physical properties to conclusiveness quality of recycled construction materials are defined. To evaluate the possibilities of utilization is performed long-term monitoring of physical properties and then are individual results overall are valorized. Finally, the practical recommendations are formulated.

Key words: track bed, recycling, uncleaned rail track ballast, recycled crushed aggregate, structural layers of rail track substructure, size fraction, contamination

OBSAH:

1	ÚVOD	9
2	CÍL PRÁCE	11
3	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
3.1	DEFINICE POJMŮ A NÁZVOSLOVÍ	14
3.2	KONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍHO SPODKU	17
3.2.1	Konstrukční uspořádání	18
3.2.2	Pražcové podloží	19
3.2.2.1	Konstrukční vrstva z recyklované štěrkodrtě	20
3.2.2.2	Poruchy pražcového podloží	20
3.2.3	Únosnost konstrukčních vrstev	21
3.2.4	Potřeby ČD v oblasti kameniva	22
3.2.4.1	Požadavky na materiál	22
3.3	SOUČASNÝ STAV RECYKLACE KAMENIVA.....	23
3.4	VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	25
3.4.1	Projektová dokumentace stavby.....	26
3.5	ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ.....	27
3.5.1	Platná legislativa	27
3.5.1.1	Povinnosti původců odpadů	27
3.5.2	Vzorkovací práce	28
3.5.2.1	Vzorkování kontaminovaného materiálu	30
3.5.2.2	Vzorkování čistého podloží kontaminovaných lokalit.....	30
3.5.2.3	Vzorkování mezistaničních úseků.....	30
3.5.3	Přehled vyzískaných odpadů z demolic	31
3.5.4	Výzisk z kolejového lože	34
3.5.5	Nakládání s odpady	35
3.6	RECYKLACE KAMENIVA KOLEJOVÉHO LOŽE	36
3.6.1	Recyklace kameniva kontaminovaného kolejového lože	36
3.6.2	Těžení materiálu.....	37
3.6.3	Recyklační základna	38
3.6.3.1	Recyklační linka.....	38
3.6.4	Vlastní proces recyklace kameniva	39
3.6.5	Využití recyklované štěrkodrtě	40
4	MATERIÁL A METODIKA.....	41
4.1	CHARAKTERISTIKA SUBJEKTU.....	41

4.2	TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ RECYKLAČNÍ LINKY	42
4.2.1	Popis třídičů	43
4.2.2	Popis drtičů	44
4.2.3	Doplňková zařízení	46
4.2.4	Popis zařízení k omezení emisí	46
4.3	TECHNOLOGIE RECYKLACE	47
4.4	KONTROLNÍ ZKOUŠKY RECYKLOVANÉ ŠTĚRKODRTĚ	47
4.4.1	Technické požadavky	48
4.4.2	Ekologické požadavky	49
4.5	PROKAZOVÁNÍ KVALITY RECYKLOVANÉ ŠTĚRKODRTĚ	50
4.5.1	Ověřování vlastností a jakosti recyklátu	51
4.5.2	Kontrola jakosti v průběhu recyklace	52
4.5.3	Zkoušení provedené konstrukční vrstvy	52
4.6	POPIS ZKOUŠEK FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ RECYKLÁTU	53
4.6.1	Stanovení zrnitosti - síťový rozbor	53
4.6.2	Namrzavost	54
4.6.3	Propustnost	55
4.6.4	Otlukovost LA	55
4.6.5	Petrografický rozbor	55
5	VÝSLEDKY A DISKUSE	56
5.1	DLOUHODOBÉ SLEDOVÁNÍ FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ RECYKLÁTU ...	56
5.1.1	Výsledky zkoušek fyzikálních vlastností za rok 2012	57
5.1.2	Výsledky zkoušek fyzikálních vlastností za rok 2013	59
5.1.3	Výsledky zkoušek fyzikálních vlastností za rok 2014	61
5.1.4	Výsledky zkoušek fyzikálních vlastností za rok 2015	63
5.2	DISKUSE	65
6	ZÁVĚR	67
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	69
8	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	73
9	SEZNAM ZKRATEK	74
10	SEZNAM VYBRANÝCH ZNAČEK A PŮJMŮ	75
11	PŘÍLOHY	76

1 ÚVOD

Rok 1992 byl rokem, kdy se v České republice začaly objevovat první reálné projekty zabývající se recyklací stavební suti na kamenivo opětovně využitelné ve stavebnictví. Nově vyvíjející se odvětví zpracování odpadů dostalo významný impuls v podobě samofinancované technologie, která si postupně dobývala své místo.

Je nutné poznamenat, že klíčovým předpokladem pro razantní změnu celého odpadového hospodářství se stalo přijetí zákona č. 238/1991 Sb. „O odpadech“. V té době bylo v ČR opětovně využíváno ve výrobě pouze 7 % odpadního materiálu. Zbylá většina z 93 % nezpracovaných odpadů byla vyvážena bez jakýchkoliv úprav a využití na skládky nebo skončila na černých deponiích v přírodě.

Fungování projektu recyklace stavebních odpadů bylo zajištěno kvalitou vstupních surovin a kontrolou kvality výstupních recyklátů. Kvalitativní parametr se z kategorie technické odrazil do kategorie ekonomické, což potvrdily následující roky. (Suchánek 1998)

Rok 1996 se stal rokem, kdy se projekt recyklace stavebních odpadů a stavebních sutí prakticky modifikoval do prostředí rekonstrukce koridorů ČD. Tak jako legislativa včetně prováděcích vyhlášek měst usměrňovaly nakládání s odpady, tak i České dráhy zavedly technické a kvalitativní podmínky pro recyklovaný štěrk a štěrkodeř. Vznik tohoto odvětví vedlo k další kvalitativně vyšší etapě využití recyklačních technologií, která sestává z přesně definovaných postupů:

- příjem odpadu nebo vstupních surovin – vstupní materiál musí být stejné kategorie s konkrétními vlastnostmi (betonová suť, živičná suť, směsná cihelná suť, železniční štěrk atd.),
- třídění vstupního materiálu – odhlinění, odprášení pomocí síťových strojů,
- drcení – vytříděný vstupní materiál je podrcen na odrazovém drtiči na frakce velikosti zrn 0 - 120 mm,
- třídění – předrcený materiál se dále třídí na síťových strojích na jednotlivé požadované frakce a s pomocí magnetického separátoru se odlučuje železo a železné kovy,
- expedice – vytříděné frakce jsou vybaveny kvalitativním atestem o svých deklarovaných vlastnostech. Dále je materiál kvůli požadovanému zhutnění vlhčen na optimální vlhkost. (Suchánek 2001)

V roce 1995 firmy zabývající se předmětem této činnosti, založily Asociaci pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice (ARSM), která je součástí mezinárodního sdružení F.I.R. (Federation Internationale du Recyclate) se sídlem v Holandsku. Cílem této asociace je rozvoj činností svých členů a boj proti podvodným recyklačním firmám. Ve stejném roce byla vyřešena otázka využití starého štěrku při rekonstrukcích kolejových drah. Byl zpracován dokument Obecné technické podmínky (OTP) „Kamenivo kolejového lože“. Pro techniky zabývajícími se recyklací to znamenalo navrhnout vhodnou technologii recyklace železničního kameniva a docílit kvalitativního požadavku investora na recyklovaný štěrk frakce 32/63 mm.

U vzniku stála v roce 1996 společnost DUFONEV, s.r.o., která společně s ŽS, a.s. založila dceřinou společnost ŽSD, s.r.o. (nyní a.s.), jejíž předmětem činnosti se stala recyklace železničního kameniva. První recyklace byla uskutečněna v květnu roku 1996 při stavbě koridorového úseku Brno-Skalice nad Svitavou. Později se rozvinula také modifikace použití recyklované frakce 0/32 mm do podkladních vrstev kolejového lože. (Suchánek 2001, www. 1, www. 3)

Užívání recyklované štěrkodeřte frakce 0/32 mm na železničních stavbách bylo v roce 1998 zakotveno v dokumentu OTP „Štěrkopísek, štěrkodeřť a výzisk z kolejového lože pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku“, jejichž kritéria pro použití recyklované štěrkodeřti byly totožné pro štěrkodeřť novou. Po přijetí evropských norem pro kamenivo byly OTP v roce 2004 revidovány. V roce 2006 vstoupily v účinnost nové (aktuální) OTP „Štěrkopísek, štěrkodeřť a recyklovaná štěrkodeřť pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku“, které stanovují odlišné požadavky na recyklovanou a novou štěrkodeřť. (Kresta 2012)

Pro dané téma diplomové práce jsem se rozhodl, protože se zajímám o problematiku odpadového hospodářství při rekonstrukcích železničních koridorů a také považuji recyklaci stavebního a demoličního odpadu za nedílnou součást stavebních a inženýrských činností. Již při své bakalářské práci jsem se zabýval tématem „Recyklační technologie a technická zařízení pro využití stavebních odpadů“, na kterou jsem navázal již odborněji zaměřeným tématem z oboru železničního stavitelství. Práce se v první části zabývá technickým řešením konstrukcí železničního spodku a současnými poznatky o problematice stavebních recyklátů. Druhou část tvoří zhodnocení vlastností stavebních recyklátů, jejich možnosti a podmínky použití do konstrukčních vrstev železničního spodku a zhodnocení skutečností z hlediska přínosů nebo rizik při použití.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je popsat technické řešení konstrukce železničního spodku a současný stav využívání stavebních recyklátů při koridorových stavbách jak z hlediska technologických možností, tak legislativních požadavků. Dále je cílem charakterizace specifických vlastností stavebních recyklátů s ohledem na možnosti jejich využití do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku. Mezi typické vlastnosti stavebních recyklátů patří zrnitost, namrzavost, propustnost nebo obsah jemných či cizorodých částic. Součástí práce bude také vyhodnocení zjištěných skutečností z hlediska přínosů a případných rizik při použití těchto stavebních recyklátů do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku.

Poslední část diplomové práce vyplývá ze zjištěných skutečností při vyhodnocení přínosů či případných rizik stavebních recyklátů. Z ohledu technického a ekonomického je posledním cílem celkové zhodnocení použití stavebních recyklátů do konstrukčních vrstev železničního spodku.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Oblast recyklace ve stavebnictví je v dnešní době velmi aktuální téma, a to především v souvislosti s minimalizací nevhodných zásahů do krajiny snížením těžby nebo řešením problému ukládání odpadu. (Škopán 2011)

Veškerá činnost je realizována za potřebných ekologických opatření v souladu s platnou legislativou. Obecně je současná legislativa v oblasti recyklace ve stavebnictví docela nepřehledná. Při zkoumání legislativních podmínek dochází k nepřesnostem a nejasnostem, které jsou zapříčiněny vzájemnou nejednotností právních předpisů. (Vytlačilová 2012)

Problematika recyklace stavebních odpadů je v České republice řízena základním právním předpisem odpadového hospodářství, a to zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. (Zákon č. 185/2001 Sb.)

Vlastnosti recyklátů jsou posuzovány jejich producenty dle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky a vybrané stavení výrobky, ve znění pozdějších předpisů.

Dále patří mezi nejdůležitější legislativní dokumenty: Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, ve znění pozdějších předpisů, kterou se stanoví Katalog odpadů, postup pro zařazování odpadu dle Katalogu odpadů a náležitosti návrhu obecního úřadu obce s rozšířenou působností na zařazení odpadu podle Katalogu odpadů,

Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů, kterou se stanoví náležitosti žádosti o souhlas nakládání s nebezpečnými odpady, soustředování a skladování odpadů, způsob vedení evidence odpadů, vydaných souhlasů a dalších rozhodnutí,

Vyhláška č. 374/2008 Sb., o přepravě odpadů a o změně vyhlášky č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů,

Vyhláška č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, ve znění pozdějších předpisů, podle které jsou hodnoceny nebezpečné vlastností stavebních a demoličních odpadů vznikajících při modernizaci či rekonstrukci v kontaminovaných místech železničního koridoru,

Vyhláška č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah, ve znění pozdějších předpisů,

Nařízení vlády č. 352/2014 Sb., o plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 - 2024, ve znění pozdějších předpisů, za účelem splnění recyklačního cíle evropské rámcové směrnice o odpadech a přiblížení se „recyklační společnosti“ a v rámci nebezpečných odpadů minimalizovat jejich nepříznivé účinky vzniku a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí,

Zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, jehož účelem je zajistit, aby vyrobené recykláty uváděné na trh¹ nebo do oběhu² byly z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví pro spotřebitele bezpečné³,

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, který upravuje oblast územního plánování, stavebního řádu a podmínky pro projektovou činnost a provádění staveb a jejich změn,

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). Obsahem tohoto dokumentu jsou doporučené postupy vycházející ze zákona o odpadech, obecně závazných zvláštních předpisů a dosavadních zkušeností, které se týkají dané problematiky, (Metodický pokyn 9/2003)

Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí České republiky. Kritéria znečištění zemin a podzemní vody (nabytí účinnosti od 31. 7. 1996) slouží k srovnání koncentrací chemických látek v zemině s kritérii dle tohoto metodického pokynu. Tato kritéria se vztahují ke standardizované zemině o obsahu 25 % jílových částic a 10 % organických látek. (Metodický pokyn 1996)

Mezi legislativní předpisy lze přiřadit také technické normy v platném znění upravující podmínky použití recyklátů podle účelu konečného využití. (Vytačilová 2012) Postup posuzování vlastností recyklátů podle harmonizovaných ČSN EN je popsán v kapitole 4.4.1.

¹ § 2 písm. b) zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

² § 2 písm. o) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, ve znění pozdějších předpisů.

³ § 52 odst. 3 občanského zákoníku.

3.1 Definice pojmů a názvosloví

Pro pochopení problematiky recyklovaných stavebně demoličních materiálů a také správného pochopení obsahu této práce je nutné definovat základní pojmy. Převážná většina z těchto pojmů a názvosloví vychází z ČSN 73 6100 Názvosloví silničních komunikací a dále ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.

Stavební a demoliční odpad (SDO) - je ve smyslu vyhlášky o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu⁴ ve znění vyhlášky⁵ § 2, písmeno a) inertní odpad, který nemá nebezpečné vlastnosti a u něhož za normálních klimatických podmínek nedochází k žádným významným fyzikálním, chemickým nebo biologickým změnám.

Podle Metodického pokynu odboru odpadů Ministerstva životního prostředí k nakládání s odpady ze stavební výroby a s odpady z rekonstrukcí a odstraňování staveb se jedná o 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). (Metodický pokyn 9/2003)

Recyklovaný stavební materiál - recyklát - jedná se o materiálový výstup ze zařízení k využívání a úpravě SDO, kategorie ostatní odpad a odpadů podobných SDO, spočívající ve změně zrnitosti a jeho rozřídění na velikostní frakce v zařízeních k tomu určených.

Těleso železničního spodku - skládá se z konstrukčních vrstev železničního spodku a z vlastního zemního tělesa tvaru násypu, zářezu či odřezu.

Konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku - jsou vrstvy materiálů mezi plání tělesa železničního spodku a zemní plání.

Štěrkové lože - speciálně upravená část železničního svršku určená k rovnoměrnému přenášení tlaků do železničního (drážního) tělesa. Materiálem štěrkového lože je pak kamenivo frakce 32/63 mm.

Výzisk - představuje materiál získaný z kolejového lože při úplném oddělení kolejového lože nebo při strojním čištění kolejového lože.

Frakce kameniva - označení kameniva dle velikosti dolního (d) a horního (D) síta, mezi kterými musí být většina zrn frakce. Označení d/D připouští přítomnost některých zrn, jež zůstanou na horním sítu (nadsítné) a některých zrn, jež propadnou dolním sítem (podsítné). U frakcí kameniva pro kolejové lože D je 50 mm nebo 63 mm a d je 32 mm.

Kamenivo - je zrnitý materiál používaný ve stavebnictví. Kamenivo může být přírodní, umělé nebo recyklované.

Přírodní kamenivo - je kamenivo získané z hornin těžním nebo drcením, bez změny jejich minerálního nebo chemického složení.

Umělé kamenivo - je kamenivo nerostného původu, které je výsledkem průmyslového zpracování při tepelném nebo jiném režimu.

Hutné přírodní kamenivo - je kamenivo, jehož objemová hmotnost je minimálně 2 Mg/m^3 (2000 kg/m^3).

Těžené kamenivo - je kamenivo se zaoblenými zrny, získané těžním přirozeně rozpadlé horniny nebo říčních naplavenin.

Drcené kamenivo - je kamenivo získané drcením přírodního kamene nebo jiných vhodných anorganických materiálů.

Drobné kamenivo - je kamenivo, jehož velikost zrna d je rovno 0 a D je menší nebo rovno 4 mm.

Hrubé kamenivo - je kamenivo, jehož velikost zrna d je větší nebo rovno 1 mm a zrna D jsou větší než 4 mm.

Směs kameniva - je kamenivo, které je směsí hrubého a drobného kameniva s D větší než 4 mm.

Štěrkodrt' - je směs přírodního drceného kameniva a hrubého kameniva. Může být vyrobena přímo v technologické lince nebo zhotovena mícháním dílčích frakcí.

Štěrkopísek - je směs drobného a hrubého přírodního těženého kameniva.

Recyklovaná štěrkodrt' - je kamenivo získané zpracováním anorganických materiálů dříve použitého v konstrukci. V podmínkách železničních drah se používá pro výrobu recyklovaného kameniva zejména výzisk. (TP 210, OTP č. j. 25 640/06-OP)

Zemní pláň - upravená povrchová plocha uzavírající zemní těleso, která je určena ke zřízení vozovky a krajnicového nebo jiného zpevnění.

Pláň tělesa železničního spodku - svrchní omezující plocha železničního spodku, která tvoří rozhraní mezi železničním spodkem a železničním svrškem. (Hudeček 2010)

⁴ Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.

⁵ Vyhláška č. 61/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, ve znění pozdějších předpisů.

Využívání odpadu - jedná se o činnosti uvedené v příloze č. 3 k zákonu o odpadech; především jde o materiálové využití odpadů, myšlené jako 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. Zejména se jedná o způsob uvedený v příloze č. 3 k zákonu o odpadech pod kódem R5 - Recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů. (Zákon č. 185/2001 Sb.)

Úprava odpadů - každá činnost, vedoucí ke změně chemických, biologických či fyzikálních vlastností odpadů za účelem umožnění nebo ulehčení jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich nebezpečných vlastností. Jedná se zejména o úpravu velikosti jeho složek (drcení) a třídění. Úprava stavebního odpadu spočívající ve změně granulometrie a jeho roztřizení na velikostní frakce se uvádí jako recyklace, jehož materiálovým výstupem je recyklát. (Metodický pokyn 9/2003)

Vzorkování - odebrání vzorků ze šterkového lože pro zjištění jeho skutečného složení (obsah kameniva jemnější frakce než 32/64 mm, zahliněnost apod.) a stupně kontaminace (přítomnost ropných látek a dalších škodlivin).

Rekonstrukce - přestavba železničních tratí v odlišných terénních podmínkách.

Modernizace - určeno pro železniční tratě umístěných na rovinných plochách. Nejvyšší rychlost modernizovaných úseků dosahuje 120 až 160 km/h.

Optimalizace - určeno pro kopcovité úseky železničních tratí. Nejvyšší rychlost optimalizovaných úseků činí 90 až 120 km/h.

Zrnitost - vyjadřuje kvalitativní složení materiálu dle velikosti zrn, znázorňuje se křivkou zrnitosti. (Předpis SŽDC S4)

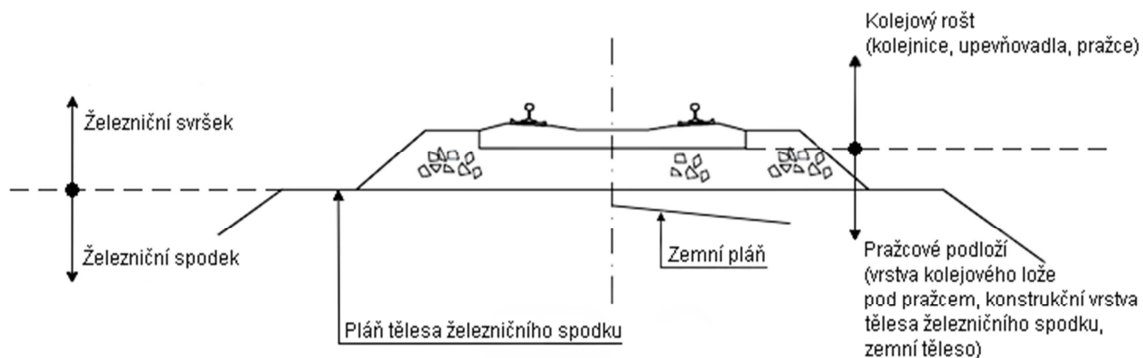
Stavby železničního spodku - jedná se o konstrukce nahrazující z části či úplně těleso železničního spodku, dále zvyšují jeho stabilitu, chrání jej nebo případně slouží k jinému speciálnímu účelu. Ke stavbám železničního spodku se řadí propustky, mosty, objekty mostům podobné, tunely, zárubní, opěrné a obkladní zdi, zdi ostatní, galerie, protihlukové stěny a ochranné stavby.

Dopravní plochy a komunikace - jsou plochy a komunikace, které jsou určeny k nastupování a vystupování cestujících, dále k manipulaci a skladování věcí a zajištění obsluhy při provozu dráhy pozemními dopravními prostředky.

Drobné stavby a zařízení železničního spodku - drobné stavby jsou prohlídkové a čistící jámy, zařízeními jsou myšleny zarážedla, oplocení a zábradlí. (Plášek 2004)

3.2 Konstrukce železničního spodku

Železniční trať se ze stavebního pohledu člení na železniční spodek a železniční svršek (Obr. 1). Vybudování konstrukce železničního spodku závisí z největší části na stavební úpravě terénu. Železniční svršek je tvořen vlastní vodící a nosnou dráhou železničních vozidel. (Předpis SŽDC S4)



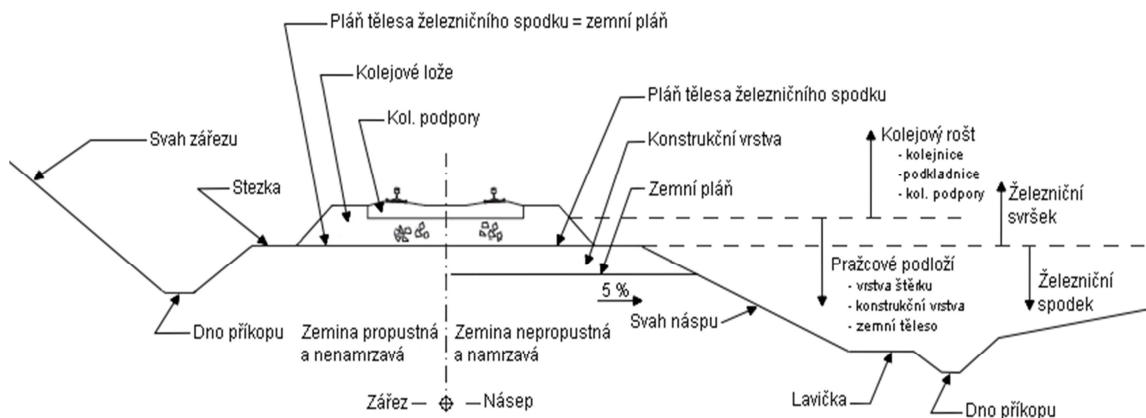
Obr. 1 Konstrukce železniční trati s klasickým železničním svrškem (Předpis SŽDC S4)

Konstrukce železničního spodku, jeho tvary a rozměry, požadovaná únosnost a stabilita jsou rozhodující pro zajištění stálé polohy koleje. (Puchřík 2004) Železniční spodek představuje jednu ze základních částí trati. Jeho tvar a rozměry, musí splňovat podmínky předpisu ČD S4 Železniční spodek, odpovídat platným technickým normám a typovým podkladům. Zahrnuje do sebe zemní těleso, stavby železničního spodku, dopravní plochy a komunikace, drobné stavby a zařízení železničního spodku. Z pohledu přenášení zatížení od železničních vozidel na železniční těleso se toto těleso dělí na dvě základní části: kolejový rošt a pražcové podloží. Pražcové podloží se skládá ze soustavy vrstev, kterou tvoří vrstva kolejového lože pod pražcem, konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku a zemní těleso. Horní plochu zemního tělesa tvoří zemní pláň. Jestliže jsou zeminy zemní pláň stabilizované hydraulickými pojivy, je plocha spodní nazývána subpláň.

Běžná konstrukce železničního svršku má kolejový rošt uložený v kolejovém loži. Avšak v minulých letech se vyvinul nový typ konstrukce, která nemá kolejový rošt uložený v kolejovém loži. Tyto typy jsou označovány jako „pevná jízdní dráha“ neboli neklasická konstrukce bezšterkového svršku. (Plášek 2004)

Těleso železničního spodku musí být realizováno tak, aby jeho konstrukce umožnila zabezpečení předepsaných geometrických parametrů koleje a zajistila přenášení statického a dynamického zatížení od železničních vozidel bez trvalé deformace pláň

tělesa železničního spodku. Kvůli dosažení požadované únosnosti pláň tělesa jsou v tělese železničního spodku zřizovány konstrukční vrstvy různých materiálů. Tyto navržené konstrukční vrstvy musí pak splňovat požadavky na ochranu zemní pláň před nepříznivými účinky mrazu. Těleso železničního spodku musí být také důkladně odvodněno odvodňovacím zařízením, které zachycuje a následně odvádí povrchové a podzemní vody nebo zařízení zajišťující pokles hladiny podzemní vody. Tyto zařízení zajišťují rychlý odtok vody mimo těleso železničního spodku. S rostoucí vlhkostí totiž klesá stabilita zemního tělesa. Mezi poslední požadavek patří ochrana svahů zemního tělesa před nepříznivými povětrnostními vlivy narušující jejich stabilitu. Ochrana spočívá v zabezpečení skalních svahů proti řícení se zvětralých hornin způsobem, aby neohrožovaly bezpečnost a plynulost železničního provozu. (Předpis SŽDC S4)



Obr. 2 *Názvosloví železničního spodku* (Plášek 2004)

3.2.1 Konstrukční uspořádání

Konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku tvoří zemní pláň a pláň tělesa železničního spodku spolu s dalšími vrstvami z různých materiálů pro docílení požadované únosnosti. Jednotlivé typy konstrukcí se navrhuje na základě zpracovaných výsledků geotechnického průzkumu. Zemní pláň se obvykle realizuje ve sklonu 5 %, v méně častých případech ve sklonu 4 %. Pokud se zemní pláň bude skládat ze zemin nesoudržných a nenamrzavých, lze ji zřídit jako vodorovnou. Zemní pláň z nepropustných materiálů se provádí zásadně v příčném sklonu 5 %. Aby nedošlo k promísení materiálu zemní pláň a dalšího materiálu konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku, používá se jako opatření pokládka vrstvy splňující filtrační kritérium nebo také vhodná geotextilie. (Puchřík 2004) Základní šířky a tvary pláň tělesa železničního spodku stanovuje

Vzorový list železničního spodku Ž1. Šířka vodorovné pláně tělesa železničního spodku nových a rekonstruovaných jednokolejových tratí musí být u tratí s normálním rozchodem nejméně 6 m, u skloněné pláně minimálně 6,20 m a v obloucích se potom pláň rozšiřuje na vnější straně v závislosti na převýšení koleje od 30 mm. (Plášek 2004) Šířka pláně je u dvou a více kolejových tratí normálního rozchodu a ve staničních kolejích dána součtem vzdáleností os kolejí a vzdáleností hran drážních stezek od os krajních kolejí. Tvar zemního tělesa se pak odvíjí od vzájemné polohy terénu a nivelety koleje. Dále záleží na podloží a také materiálech, ze kterých má být těleso zřízeno. Při realizaci se postupuje způsobem zajišťující stabilitu. V situaci, kdy je výška zemního tělesa > 6 m, musí být na základě geotechnického průzkumu stabilita ověřena výpočtem. (Puchřík 2004)

3.2.2 Pražcové podloží

Pražcové podloží představuje vícevrstvý systém, který sestává z konstrukčních vrstev různé únosnosti a tloušťky a z vrstvy kolejového lože pod ložnou plochou pražce.

Těleso železničního spodku musí být zřízeno tak, aby svou konstrukcí umožňovala zajištění předepsaných geometrických parametrů koleje a zabezpečila přenášení dynamického i statického zatížení od železničních vozidel bez stálé deformace pláně tělesa železničního spodku. Přítomnost konstrukčních vrstev materiálu mezi plání tělesa železničního spodku a zemní plání přispívá ke zlepšení vodního a teplotního režimu železničního spodku a zvyšuje únosnost tělesa železničního spodku. Za podkladní vrstvu se považuje první konstrukční vrstva pod kolejovým ložem. Hlavním účelem této vrstvy je roznos zatížení od provozního zatížení. V případě, kdy se jedná o jedinou konstrukční vrstvu, má také funkci ochrannou. Účelem ochranné konstrukční vrstvy je ochrana:

- zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu, která je tvořena nenamrzavými, nesoudržnými a propustnými materiály nebo tepelně izolačními průmyslovými prvky,
- zemní pláně před zvětráváním, která je tvořena obvykle obalovým kamenivem nebo nenamrzavými a nesoudržnými materiály s geomembránou nebo minerální směsí,
- stabilizované zemní pláně, plošné prvky nebo obalované kamenivo před mechanickým poškozením.

Dalším typem konstrukční vrstvy je vyrovnávací vrstva, která slouží k vyrovnání nerovností povrchu zemní pláně skalního podloží nebo pod betonové panely. (Plášek 2004)

3.2.2.1 Konstrukční vrstva z recyklované šterkodrtě

Konstrukční vrstva z recyklované šterkodrtě se pokládá na upravenou zhutněnou zemní pláň s příčným sklonem s nejmenší přípustnou tloušťkou 0,15 m po zhutnění. Při zřizování musí být zajištěno rovnoměrné zhutnění na hodnotu relativní ulehlosti minimálně $I_D = 0,80$ %. Konstrukční vrstvy z recyklované šterkodrtě jsou ukládány a zhutňovány po vrstvách. Tloušťka zhutněné vrstvy se stanovuje dle použitého hutnicího prostředku a výsledku hutnicí zkoušky. Při procesu se doporučuje zachovat optimální vlhkost výzisku, která se u recyklované šterkodrtě předpokládá 4 - 10 %. Mimo uvedený rozsah zhutnitelnost znatelně klesá. Při zřizování konstrukční vrstvy z recyklované šterkodrtě nesmí dojít k porušení zemní pláně ani na ní rozprostřených geosyntetických materiálů, jako je geotextilie, geomřížky a geomembrána. (Předpis SŽDC S4)

3.2.2.2 Poruchy pražcového podloží

K poruchám pražcového podloží dochází při překročení únosnosti nebo při porušení ochrany zemní pláně proti účinkům mrazu. Na vznikající vady, které se šíří a rozvíjejí na pražcovém podloží, mají rozhodující vliv dynamické účinky. Výsledkem těchto vlivů je snižující se kvalita materiálu pražcového podloží. (Lieberenz a kol. 2003)

Účinkem vibrací jsou materiály konstrukčních vrstev míseny se zeminami zemní pláně. Dochází k pronikání jemnozrnných částic do kolejového lože a podkladních vrstev. Konstrukční vrstvy a kolejové lože postupně ztrácí svou únosnost, propustnost, zadržují vodu a stávají se namrzavými. Znakem uvedeného případu je tzv. zablácené kolejové lože. Tohle místo je současně doprovázeno deformacemi prostorové polohy koleje, což zpětně způsobuje zvýšení dynamických účinků a vede k dalšímu vývoji vady. Velikost dynamických účinků a šíření poruchy pražcového podloží vytváří zpětnou vazbu. Typickou oblastí s touto poruchou pražcového podloží jsou například kolejnicové styky. Náchylnost na tento typ vady mají v první řadě materiály z jemnozrnné zeminy s nízkou únosností, která je nepropustná a namrzavá. Vyvolávající příčinou vady může být nedostatečně urovnaná a zhutněná zemní pláň z doby výstavby

či rekonstrukce. K tomuto jevu dochází při pojíždění zemní pláně kolovými vozidly. Projeté koleje pak vytvářejí i po vyrovnání prohlubně, v nichž je zadržována voda. Vysoké dynamické účinky mohou vést taktéž i k poruše kolejového lože. Jedná se zejména o případy, kdy dochází k neočekávané změně tuhosti kolejové jízdní dráhy při chybějící tlumící schopnosti zemního tělesa. Rychlost kmitání jednotlivých zrn je tak vysoká, že ztrácejí schopnost přenášet zatížení a vzájemně se obrušují. Tyto místa jsou charakteristická omíláním zrn kameniva, které je na první pohled viditelné světlou barvou kolejového lože.

Další nebezpečnou vadou pražcového podloží je tvorba výmrazků, které se dělí na hloubkové a povrchové. Povrchový typ se tvoří v úsecích s deformovanou zemní plání (např. silně znečištěné kolejové lože), zatímco hloubkový typ vzniká v tělese železničního spodku vlivem zmrznutí vody, která vzlíná od hladiny podzemní vody. Nebezpečí výmrazků spočívá v jejich lokálnosti. Současně v těchto místech dochází k výrazné změně tuhosti celé konstrukce, jež může být pro některé případy výhodné (zvětšení příčných i podélných odporů u bezстыkové koleje), nicméně v přechodových místech může docházet ke změnám požadovaných parametrů koleje. (Esveld 2001)

3.2.3 Únosnost konstrukčních vrstev

Únosnost konstrukčních vrstev se zjišťuje statickou zatěžovací zkouškou pomocí kruhové desky o průměru 0,30 m. Vyjadřuje se statickým modulem přetvárnosti E na zemní plání a povrchu konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku. Poté je na základě únosnosti zemní pláně a pláně tělesa železničního spodku navržen typ konstrukční vrstvy. Únosnost je závislá na návrhové rychlosti v daném úseku. V místech úrovněvého křížení s komunikací a při přechodu tělesa na umělou stavbu se musí uvažovat se zesílenou konstrukční vrstvou. (Puchřík 2004)

Další podstatou je ochrana zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu, která se zjišťuje pomocí výpočtu hloubky promrzání při zadaném indexu mrazu I_{mm} . Únosnost je ovlivňována klimatickými změnami působícími na konstrukční vrstvy, které je proto potřeba zajistit opatřením. Zvýšení únosnosti zemní pláně se provádí mechanickým zpevněním nebo stabilizací zemin zemní pláně. V případě, kdy pomocí těchto opatření nelze dosáhnout požadované únosnosti, je potřeba nahradit neúnosnou zeminu vhodným materiálem. Při náhradě zemin se postupuje odtěžením neúnosné vrstvy minimálně v tloušťce 0,30 m pod budoucí úrovní pláně. (Plášek 2004)

3.2.4 Potřeby ČD v oblasti kameniva

3.2.4.1 Požadavky na materiál

Požadavky na kvalitní parametry materiálu musí vykazovat jeho dlouhodobou schopnost plnit základní funkce cca 50 let a více. Výroba přírodního kameniva musí být z hornin nezasazených zvětrávacím procesem, nenamrzavých, odolných vůči povětrnostním vlivům, proti účinkům udržovacích stavebních strojů a proti působení dynamických účinků od železničního provozu. Za nevhodnou horninu se považuje vápenec, dolomit a také horniny vyznačující se břidličnatostí a kulovitým rozpadem. Kvalitativní požadavky na drcené přírodní kamenivo jsou stanoveny ČSN 72 1512 „Kamenivo pro stavební účely“. Norma nicméně definuje technické požadavky na kamenivo obecně pro veškeré stavební obory a odlišení umožňuje jen z části pomocí volitelných parametrů. Z tohoto důvodu České dráhy specifikovaly svoje požadavky v „Obecných technických podmínkách“, které byly zpracovány ze závěrů řešení tohoto okruhu problémů ve výzkumném ústavu mezinárodní železniční unie - ERRI.

Hospodaření s materiálem kolejového lože ovlivnily tyto dva mezníky:

- zavedení strojního čištění kolejového lože, které se podílelo na zavedení jednotné frakce 32/63 mm a vyřadilo používání drobnozrnných materiálů,
- recyklace kameniva kolejového lože, která je považována za významný ekologický a ekonomický počin u ČD v posledních letech. Procentuální vyjádření využitelnosti je však proměnné, jelikož ne všechen objem vyzískaného „starého“ kameniva má zachovanou takovou kvalitu, která splňuje parametry znovuvyužitelnosti.

Drcené přírodní kamenivo se u Českých drah využívá nejen do kolejového lože. Další významné množství tohoto materiálu se uplatňuje:

- a) do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku a odvodnění,
- b) při výrobě betonových pražců (jak příčných tak i výhybkových),
- c) při stavbě betonových konstrukcí staveb železničního spodku, mezi které patří mosty, tunely veškeré druhy zdí, nástupiště, zpevněné plochy, rampy a oplocení,
- d) při výrobě železobetonových prvků přejezdů a přechodů a
- e) při stavbě budov. (Suchánek 1998)

3.3 Současný stav recyklace kameniva

V současné době je Českými drahami provozováno a spravováno 9 458 km železniční trati. Lze předpokládat, že 99 % této délky tvoří konstrukce železničního svršku, ve které je podle výpočtů uloženo 23 milionů m³ přírodního drceného kameniva s převážnou frakcí 32/63 mm. (www. 2, Výborný 2011)

I když se v dnes na našem území nové železniční tratě nestaví, probíhá rozsáhlý proces modernizace a optimalizace vybraných tratí celostátního významu zařazených do evropských sítí (tranzitní koridory), pro které je recyklace vytěženého starého kameniva důležitou součástí technologického postupu. Ze zjištěných údajů bylo naměřeno celkem 15 464 km stavební délky kolejí, což je jedním z předpokladů pro využívání recyklovaných materiálů. (Puchřík 2004, Suchánek 2001) Recyklace kameniva se provádí pomocí mobilních strojních sestav schopných se přesouvat na recyklační základny, které jsou provizorně zřizovány podél koridorové stavby a na jejichž ploše se zpracovává vytěžený materiál. V současné době pracují v celodenních směnách 2 - 3 recyklační linky na stejných koridorových stavbách. (Suchánek 2001) Vývoj množství vyrobených recyklátů v ČR v letech 2012 - 2015 použitých při rekonstrukcích železničních koridorů ČD je znázorněn v Tabulce 1 (hodnoty jsou uvedeny v megagramech). Z tabulky vyplývá, že množství materiálu zpětně využitelného do kolejového lože v posledních letech stoupá. I když je vidět v roce 2013 znatelný rozdíl, lze tento fakt zdůvodnit proměnlivostí procenta využitelnosti. Protože ne veškerý objem vyzískaného „starého“ kameniva si zachovává takové kvalitativní parametry, které umožňují jeho využití po recyklaci. Největší podíl recyklátů představuje frakce 0/32 mm, která se užívá pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku.

Tab. 1 Recyklace kameniva z železničních tratí na území ČR

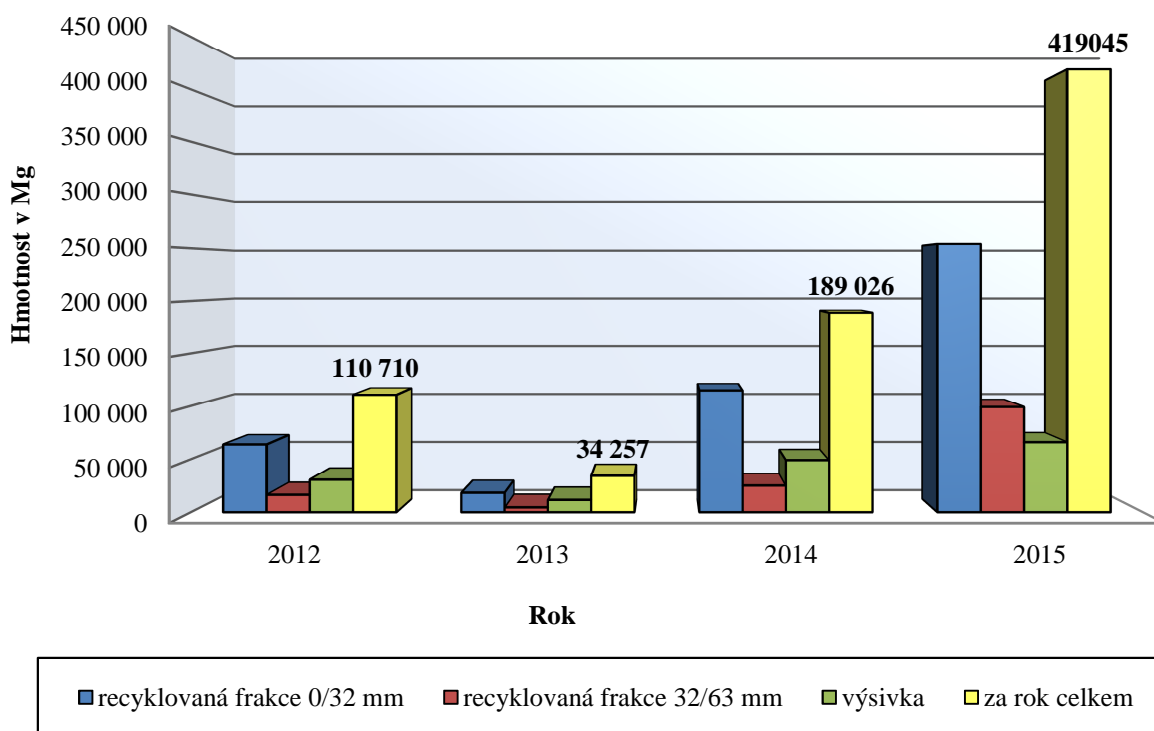
(SŽDC, s.o., interní dokumentace)

Frakce / rok	2012	2013	2014	2015	Celkem	Podíl
Frakce 0/32 mm	63 840	18 275	114 909	254 044	451 068	59,9 %
Frakce 32/63 mm	16 303	4 475	25 029	99 058	144 865	19,2 %
Výsivka ^{*)}	30 567	11 507	49 088	65 943	157 105	20,9 %
Za rok celkem	110 710	34 257	189 026	419 045	753 038	100 %

Vysvětlivky k Tab. 1:

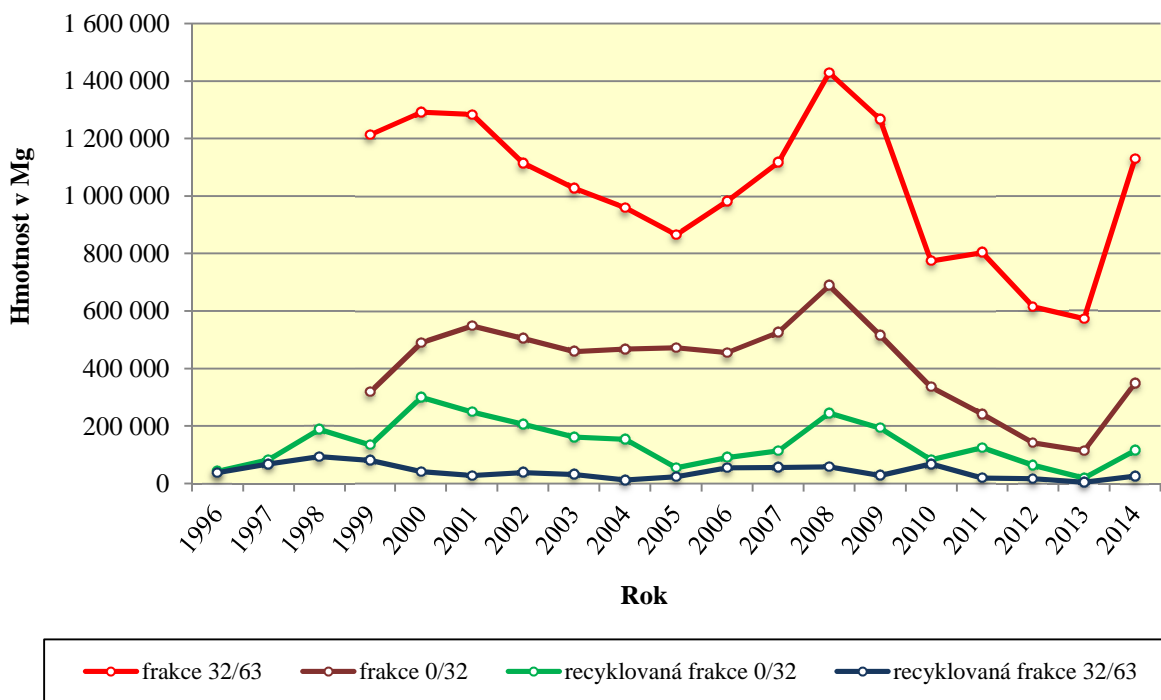
*) Výsivka - odpad z výroby drceného kameniva bez zaručení jakosti a velikosti zrn.

Z množství uvedeného v Tabulce 1 bylo 52 % zrecyklováno stavební firmou ŽSD, a.s. (ŽSD, a.s., interní dokumentace)



Obr. 3 Graf množství zrecyklovaného kameniva od roku 2012 - 2015 (SŽDC, s.o., interní dokumentace)

Grafické vyjádření Tabulky 1 je znázorněno na Obrázku 3. Z přehledu využívání přírodního a recyklovaného kameniva (Obr. 4), je patrné, že v letech 2013 až 2014 produkce recyklovaných materiálů vykazovala rostoucí tendenci. Maxima jak recyklace, tak i využívání přírodního kameniva jsou znatelná v roce 2008. Důvodem je vstup v účinnost nových OTP pro šterkopísek, šterkodrt' a recyklovanou šterkodrt' pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku, které stanovují odlišné požadavky na recyklovanou a novou šterkodrt'. Znatelný pokles produkce v letech 2009 a 2010 je dán stagnací ve stavební výrobě, tak také skutečností důslednějšího vyžadování certifikace produkovaných recyklovaných materiálů. Po těchto dvou letech se odvětví recyklace dokázalo přizpůsobit novým podmínkám prokazování kvality a od roku 2010 je patrný růst produkce recyklátů využívaných do konstrukcí koridorů. (ŽSD, a.s., interní dokumentace)



Obr. 4 Přehled využívání přírodního kameniva ve srovnání s recyklovaným kamenivem v letech 1996 - 2014 (SŽDC, s.o., interní dokumentace)

3.4 Vliv stavby na životní prostředí

Pro všechny stupně dokumentací staveb železniční dopravní infrastruktury ČD platí, že musí dodržovat příslušná ustanovení obecně platných zákonů a vyhlášek. Při jejich změnách nebo při vydání jiných závazných předpisů je nutno dodržovat novou či pozměněnou právní úpravu ode dne její účinnosti.

Nedílnou součástí plánování, projektování a realizace staveb železniční infrastruktury je ochrana životního prostředí a jeho jednotlivých složek. Stavbu železniční dopravní infrastruktury charakterizujeme jako stavbu dopravní cesty určenou k pohybu drážních vozidel a jako stavbu, která rozšiřuje, doplňuje nebo mění a zabezpečuje dráhu. Negativní vlivy staveb a jejich zařízení na životní prostředí, především hluk, teplo, otřesy, vibrace, zápach, prach, znečišťování vod a pozemních komunikací, zastínění budov a škodlivé exhalace nesmí překročit limitní hodnoty stanovené v příslušných předpisech. Všechna zařízení a prostory určené pro nakládání s odpady musí být umístěny v souladu s požadavky na ochranu zdraví lidí a ochranu ŽP.

Dokumentace je podkladem pro získání stavebního povolení. Součástí dokumentace je také projektová dokumentace, která se zabývá všemi základními souvislostmi týkající se jednotlivých složek životního prostředí, které vyplývají z informací známých

ve stupni zpracování dokumentace ke stavebnímu povolení. Jednotlivé složky životního prostředí jsou hodnoceny v příslušných kapitolách dokumentace, ke kterým jsou navržena i opatření a postupy na minimalizaci negativních vlivů a to zejména po dobu výstavby. (Velebná a kol. 2000, Šefl 2015) Dokumentace „Vliv stavby na životní prostředí“ je tvořena několika oddíly, které zkoumají problematiku vlivu stavby na životní prostředí velmi podrobně.

Dokumentace sestává z následujících částí:

- Technická zpráva,
- Situace faktorů životního prostředí,
- Biologický průzkum,
- Dendrologický průzkum,
- Posouzení vlivu na krajinný ráz,
- Akustické studie, měření hluku a vibrací,
 - Technická zpráva,
 - Měření hluku a vibrací - protokoly,
 - Hlukové mapy,
- Odpadové hospodářství,
- Zemědělská příloha,
- Lesní příloha. (Šefl 2015)

3.4.1 Projektová dokumentace stavby

Projektová dokumentace stavby je dokument, který řeší otázku vztahu jednotlivých složek životního prostředí ke stavebním technologiím a postupům, které budou použity na stavbě. (Velebná a kol. 2000) Rovněž řeší také využití výzisku z kolejového lože. V rámci projektové a předprojektové přípravy musí být provedeno vyhodnocení použitelnosti stávajícího vytěženého materiálu jak po technické tak ekologické stránce. Pro zhodnocení je zapotřebí provést osobní pochůzku na daném železničním úseku a odebrat zde vzorky pro provedení nezbytných zkoušek ekologického a geotechnického posouzení. (Štěpánková 2001) Projektová dokumentace musí obsahovat:

- předpokládané množství výzisku a jeho pravděpodobnou využitelnost v rámci stavby v souladu zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, včetně návrhu míst pro využití,

- rozmístění a plochu složiště výzisku a recyklátů, recyklačních základen a případných složišť i jejich zabezpečení (úprava plochy, přívod užitkové vody a ochrana proti prašnosti a hluku), stanovení příjezdových komunikací,
- projednání umístění recyklačních základen.

Další součástí Projektové dokumentace jsou také navržené možnosti zneškodnění potenciálních odpadů a seznam firem, které se zabývají zneškodňováním odpadů v daném regionu prováděné stavby. (Suchánek 1998)

3.5 Odpadové hospodářství

Odpady vznikající při modernizacích a rekonstrukcích železničních koridorů nazýváme v souladu s názvem podskupiny odpadů v Katalogu odpadů jako „Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)“ uvedené pod číslem 17. (Vyhláška č. 93/2016 Sb.) Pro zadavatele stavby tímto vzniká povinnost zabezpečit veškeré nakládání s odpady podle příslušných legislativních opatření, tzn. vyřešení způsobu jejich skladování, dopravy, uložení a případného zneškodnění.

3.5.1 Platná legislativa

Základním řídicím nástrojem je zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů a s ním související vyhlášky č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, dále potom 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady; 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů; 294/2005 o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady; 384/2001 Sb., o nakládání s PCB; 352/2005 Sb. o podrobnostech nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi a 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, ve znění pozdějších předpisů. Tento legislativní rámec stanovuje především podmínky využívání a zneškodňování odpadů a zabývá se pozicí státní správy v otázce odpadů.

3.5.1.1 Povinnosti původců odpadů

Tyto povinnosti jsou stanoveny dle výše uvedeného zákona o odpadech:

- a) odpady zařazovat podle druhů a kategorií podle § 5 a 6,
- b) zajistit přednostní využití odpadů v souladu s § 9a,

- c) odpady, které sám nemůže využít nebo odstranit v souladu s tímto zákonem a prováděcími právními předpisy, převést do vlastnictví pouze osobě oprávněné k jejich převzetí podle § 12 odst. 3, a to buď přímo, nebo prostřednictvím k tomu zřízené právnické osoby,
- d) ověřovat nebezpečné vlastnosti odpadů podle § 6 odst. 4 a nakládat s nimi podle jejich skutečných vlastností,
- e) shromažďovat odpady utříděně podle jednotlivých druhů a kategorií,
- f) zabezpečit odpady před nežádoucím znehodnocením, odcizením nebo únikem,
- g) vést průběžnou evidenci o odpadech a způsobech nakládání s nimi, ohlašovat odpady a zasílat příslušnému správnímu úřadu další údaje v rozsahu stanoveném zákonem o odpadech a prováděcím právním předpisem včetně evidencí a ohlašování PCB a zařízení obsahující PCB a podléhajících evidenci vymezených v § 26. Tuto evidenci archivovat po dobu stanovenou tímto zákonem nebo prováděcím právním předpisem,
- h) vykonávat kontrolu vlivů nakládání s odpady na zdraví lidí a životní prostředí v souladu se zvláštními právními předpisy,
- i) ustanovit odpadového hospodáře za podmínek stanovených tímto zákonem podle § 15,
- j) platit poplatky za ukládání odpadů na skládky způsobem a v rozsahu stanoveném v tomto zákoně. (Zákon č. 185/2001 Sb.)

3.5.2 Vzorkovací práce

Vzhledem k vysokým výkonům zařízení pro recyklaci jsou povinnosti při převzetí odpadu do zařízení stanoveny nejen pro skutečný okamžik přijetí odpadu do zařízení. Odpad určený ke zpracování v zařízení podléhá systému kontroly rozpracovanému do následujících kroků:

1. kontrola kvality a výpočet množství odpadu v době před jeho vznikem, v rámci přípravy stavby,
2. kontrola kvality odpadu v době vzniku odpadu a plnění dalších povinností,
3. administrativní převímka odpadu - kontrola kvality a jeho množství při přijetí do zařízení a plnění dalších povinností.

V rámci uvedených kroků jsou naplňovány požadavky stanovené obecně závaznými předpisy pro přijímání odpadu do zařízení. (Žižková 2015)

Pro realizaci stavby je důležitou součástí vyhodnocení výsledků chemické analýzy těchto částí: šterkové lože, zemní pláň a výzisk. (Štěpánková 2001)

V rámci předprojektové přípravy, nejpozději však před vlastní realizací těžby, se provádí předběžné posouzení budoucího odpadu kolejového lože, který slouží k prvnímu odhadu jeho použitelnosti a návrhu způsobu recyklace. Uvedené předběžné posouzení je založeno na vizuálním zhodnocení znečištění, případně na výsledcích zkoušek vzorků odebraných z kolejového lože nebo z deponie výzisku z čištění kolejového lože podle metodiky uvedené v ČSN EN 932-1. Na odebraných vzorcích kameniva je prováděna zkouška na zjištění přítomnosti vápence a dolomitu. V případě, že se vápenec nebo dolomit v kamenivu kolejového lože vyskytuje, posoudí se množství procentuální podíl nevhodných zrn s horní dovolenou hodnotou resp. jeho vhodnost k recyklaci. Vizuální zhodnocení znečištění spočívá v pochůzce na hodnoceném traťovém úseku za účasti zástupce investora, správce a zhotovitele (projektant, zhotovitel stavby), při které se určí pohledem druh a míra znečištění a vymezí se úseky s patrným nadměrným znečištěním. Výsledkem pochůzky je pak zhodnocení lokality pro odběr vzorků a o tomto šetření je na závěr proveden zápis. (OTP č. j. 23 155/06-OP). Odběry jsou prováděny metodou tendenčního odběru vzorků a metodou systematického vzorkování podle místa výskytu. Odběr vzorků a zadávání zkoušek zabezpečuje z hlediska jejich přípravy a dokumentace pověřená osoba, která absolvovala školení o odběru vzorků odpadů a byla v tomto směru i přezkoušena. Vyhodnocení výsledků zkoušek ve smyslu výskytu některé z nebezpečných vlastností, které byly pro daný odpad vyhodnoceny jako relevantní, provádí pověřená osoba pro hodnocení nebezpečných vlastností odpadu. Výstupem popsanych činností je vymezení částí stavby, z nichž při jejich odstraňování vzniknou nebo se zvýšenou pravděpodobností mohou vzniknout nebezpečné odpady. Jedná se o tzv. rizikové části stavby. Celá stavba se vyhodnotí z hlediska objemu a hmotnosti materiálu, který se stane odpadem. Samostatně je pak vyhodnocen objem a hmotnost odpadu z rizikových částí stavby.

Výsledky zkoušek tvoří základ dokumentace o kvalitě odpadu, který je přijímán do zařízení. Při převězení odpadu do zařízení, v případě jednorázové nebo první z řady dodávek do jednoho stanoviště zařízení nebo v jednom kalendářním roce z jedné stavby, zkontroluje pracovník odpovědný za příjem odpadu základní popis odpadu dle přílohy č. 2 vyhlášky 383/2001 Sb. jedná li se o způsob využití odpadů R5, dle vyhlášky 294/2005 Sb. v případě způsobu využití odpadů R 12. (Žižková 2015)

3.5.2.1 Vzorkování kontaminovaného materiálu

V rámci dokladování množství materiálu kategorie odpadu „N“, určeného k odbornému zneškodnění jsou z úseků kontaminovaných ropnými látkami odebírány vzorky. Tyto vzorky jsou odebírány ještě před těžbou pro stanovení nepolárních extrahovatelných látek. Podle Metodiky pro odběr vzorků pevných materiálů se odběr provádí z profilu 0 - 50 cm. Vzorkování se neprovádí z každého kontaminovaného místa (výhybky), a to z důvodu, že rozsah, typ a hloubka znečištění se pohybuje v daném úseku v jednotlivých místech znečištění v přibližně stejné úrovni. Jestliže se zúčastněné strany nedohodnou na způsobu vzorkování, je četnost vzorkování stanovena na jeden vzorek na každých 200 Mg materiálu určeného k odtěžení (přibližně se jedná o každou čtvrtou až osmou výhybku). Poté jsou vzorky odeslány k rozborům do akreditované zkušební laboratoře.

3.5.2.2 Vzorkování čistého podloží kontaminovaných lokalit

Pro posouzení úplného odtěžení kontaminovaného odpadu se provádí namátkové vzorkování stěn a dna vytěženého kolejového lože. Podmínkou je, aby hodnoty nepolárních extrahovatelných látek naměřené ve vzorcích odebraných pod místem těžby nebyly vyšší, než je stanovená výše hodnoty podle předpisu Českých drah S4, železniční spodek. (Předpis SŽDC S4) Vzorkování se provádí v četnosti jeden vzorek na každé čtyři odtěžené výhybky.

3.5.2.3 Vzorkování mezistaničních úseků

Pro stanovení petrografického složení kameniva se odebere vždy 1 vzorek na kilometr koleje. Odběry se provádějí přednostně v místech s předpokladem častých údržbových prací, protože v místech kde vlakové soupravy nezastavují, není předpoklad výskytu ropnými látkami. Provádí se zde jednoduchý petrografický laboratorní rozbor podle ČSN EN 932-3, kterým se stanoví obsah škodlivin ve vodném výluhu, jenž slouží jako podklad pro možné uložení na skládku příslušné kategorie, nebo v sušině pro možný případ využití materiálu. V případě míst častých stání vlakových souprav, míst vyžadující péči podobnou jako u výhybek a přejezdů, je vzorkování prováděno stejným způsobem, ale častěji. Početnost vzorků může být zvýšena i na základě zjištění vizuální odchylky při pochůzce na trati. (Novotný 2000, OTP č. j. 23 155/06-OP)

3.5.3 Přehled vyzískaných odpadů z demolic

Vznikající odpady při rekonstrukci nebo modernizaci železniční trati je třeba evidovat dle vyhlášky č. 383/2001 Sb. K určení množství jednotlivých druhů odpadů je nutno zpracovat seznam materiálů z demolic tzv. zjišťovací protokol, který vychází z plánovaných prací a vztahuje se k jednotlivým stavebním objektům a provozním souborům. Jedná se především o štěrk ze železničního svršku, výkopovou zeminu, stavební suť a beton z demolic, vybouraný asfaltový beton, smýcené keře a kácené stromy z prostorů staveniště, železniční pražce a demontované kovové konstrukce.

Štěrkové lože ze železničního svršku (kód odpadu 17 05 07 - Štěrk ze železničního svršku obsahující nebezpečné látky, kategorie odpadu „N“ / 17 05 08 - Štěrk ze železničního svršku neuvedený pod číslem 17 05 07, kategorie odpadu „O“)* tvoří objemově významný materiál, který v současnosti nevyhovuje z hlediska únosnosti, mechanických vlastností a z hlediska kvality materiálu. Proto je zapotřebí tento materiál recyklovat za účelem dalšího využití. V recyklačním středisku bude štěrkové lože vytříděno pro další použití do kolejového lože, do sanačních vrstev, násypů a na zpevnění cest. Před odtěžením štěrku z trati je nutné odebrat vzorky pro stanovení rozsahu a vymezení kontaminace štěrkového lože. Štěrkové lože kontaminované se vyskytuje v oblastech pod výhybkovými výměnami, v místech stání hnacích jednotek kolejových vozidel a na odstavných kolejích. V oblastech železničního svršku v mezistaničních úsecích a v průjezdných kolejích železničních stanic se pak vyskytuje štěrkové lože nekontaminované. Výziskem z recyklace štěrkového lože je podsítný materiál, který obsahuje kamenivo nevyhovující frakce. Jedná se o kamenivo nevyhovující frakce 0/8 mm. Jde o drobné kamenivo, úlomky štěrku, příměsí minerálních a organických částic a prachu (dále jen podsítné). Tyto složky na sebe často vážou škodlivé látky obsažené v železničním svršku, proto je nutné s materiálem nakládat v závislosti na míře jeho znečištění. Dle projektové dokumentace je uvažováno s podsítným nakládat uložením na skládky skupiny S-ostatní odpad.

Výkopová zemina (kód odpadu 17 05 04 - Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03, kategorie odpadu „O“) vzniká v rámci realizace stavby z úprav a obnovy železničního spodku, okolí tratě, hloubení odvodňovacích příkopů, z rekonstrukcí mostních objektů, ze zakládání pozemních objektů, z výkopů kabelových tras apod. Na základě § 2 odst. 3 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, se tento zákon nevztahuje na nakládání s nekon-

taminovanou zeminou a jiným přírodním materiálem vytěženým během stavební činnosti, pokud je zajištěno, že materiál bude použit ve svém přirozeném stavu pro účely stavby na místě, na kterém byl vytěžen. V souladu s platnou legislativou se doporučuje přebytečnou výkopovou zeminu využívat na povrchu terénu k terénním úpravám nebo na rekultivace lidskou činností postižených pozemků a k rekultivaci vytěžených povrchových důlních děl. Výkopová zemina musí však splňovat podmínky pro využívání odpadů na povrchu terénu, které jsou stanoveny v § 12 a v příloze č. 11 vyhlášky o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. (Vyhláška č. 294/2005 Sb.) Lze také očekávat, že část výkopových zemin (jedná se zejména o zeminu pod úrovní pláně tělesa železničního spodku) nebude splňovat limitní hodnoty pro využití na povrchu terénu (tyto zeminy mohou obsahovat nadlimitní hodnoty zejména As, Cd, Pb, BTEX, EOX, PAU a uhlovodíků C10 - C40). Zeminy jsou odstraňovány (v závislosti na míře znečištění) na příslušných skládkách odpadů.

Stavební suť (kód odpadu 17 01 02 - Cihly, kategorie odpadu „O“) pochází z demolic mostních, pozemních a dalších zděných objektů. Směs je tvořena převážně cihelným zdivem, keramickou nebo kamennou dlažbou, betonem a železobetonem, zeminou, sádkou, asfaltem a ostatními keramickými materiály. Stavební suť lze buď využít v recyklačním zařízení jako zdroj druhotné suroviny nebo v případě nesplnění kritérií pro využívání uložit odpad na příslušné skládce skupiny.

Beton z demolic objektů (kód odpadu 17 01 01 - Beton, kategorie „O“) vzniká u bouracích prací přejezdů, zastávek a umělých staveb, jako jsou tunely, mosty, apod. Včetně železobetonu se přednostně tento materiál zpracovává v zařízeních na recyklaci stavebních odpadů. Beton určený pro recyklaci musí splňovat podmínky stanovené vyhláškou č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, ve znění pozdějších předpisů. Recyklovaný beton je možné upravit na různé frakce podobně jako přírodní kamenivo (0/8, 8/16, 0/16, 0/32 mm apod.) a využít do podkladních vrstev zpevněných ploch a komunikací.

Vybouraný asfaltový beton (kód odpadu 17 03 02 - Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01, kategorie odpadu „O“) neboli živičný kryt pochází především z železničních přejezdů a pozemních komunikací. Je recyklován v zařízeních určených pro úpravu stavebních odpadů, popřípadě lze vybourané kry živice nabídnout obalovně živičných směsí na předrcení a následné využití do nových komunikací nebo jako zpevnění obslužných komunikací popřípadě cyklostezek.

Kamenná suť (kód odpadu 17 05 04 - Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03, kategorie odpadu „O“) a kamenivo vytěžené z podkladních vrstev zpevněných ploch bude recyklováno v zařízeních na recyklaci stavebních odpadů.

Zbytky izolačních materiálů (kód odpadu 17 06 04 - Izolační materiály neuvedené pod čísly 17 06 01 a 17 06 03, kategorie odpadu „O“) budou následně odstraněny na skládce skupiny S-inertní odpad.

Smýcená dřevní hmota (kód odpadu 20 02 01 - Biologicky rozložitelný odpad, kategorie odpadu „O“) tvoří skupinu odpadů, do které spadají pokácené stromy, smýcené keře a pařezy, které budou odstraněny z prostoru staveniště. Vzrostlé a kvalitní stromy lze využít jako řezivo k prodeji právnickým nebo fyzickým osobám k využití jako palivové dřevo a náletové dřeviny či smýcené keře zpracovat pomocí štěpkovače, s následným využitím dřevní štěpky jako surovinové skladby kompostů při kompostování. Pokud není možné tento rostlinný odpad (dřevní štěpky) využít, lze s ním naložit v zařízení na energetické využívání odpadů. Spalování dřevní hmoty na veřejném prostranství není v souladu s platnou legislativou povoleno.

Železniční pražce vyzískané při pracích a nakládání s nimi je v kompetenci SŽDC. *Betonové pražce (kód odpadu 17 01 01 - Beton, kategorie odpadu „O“)* nebo *dřevěné pražce (kód odpadu 17 02 04* - Sklo, plasty a dřevo obsahující nebezpečné látky nebo nebezpečnými látkami znečištěné, kategorie odpadu „N“)*. Pražce, které svou kvalitou již nevyhovují konstrukci železničního svršku, je nutné zneškodnit v souladu s požadavky SŽDC. Použité pražce s odpovídající kvalitou požadavkům, lze na základě rozhodnutí SŽDC opětovně využít na vedlejších tratích. Nepoužitelné a vyřazené betonové pražce jsou přednostně recyklovány na drtících zařízeních. U dřevěných pražců je přísný zákaz jejich odstraňování volným pálením. Nepoužitelné a vyřazené pražce jsou předávány pouze oprávněné právnické osobě k podnikání, která je provozovatelem zařízení k využívání nebo odstraňování (např. skládka skupiny S-nebezpečný odpad nebo spalovna nebezpečného odpadu) nebo ke sběru či výkupu daného druhu odpadu. Použité dřevěné pražce, pokud neslouží jako vyzískaný materiál k opětovnému použití na železnici, jsou vždy nebezpečným odpadem a nelze je poskytovat fyzickým osobám, které nejsou ve smyslu zákona o odpadech osobami oprávněnými.

Kovový odpad (kód odpadu 17 04 05 - Železo a ocel, 17 04 09 - Kovový odpad znečištěný nebezpečnými látkami, 17 04 01 - Měď, bronz, mosaz, 17 04 02 - Hliník, 17 04 07 - Směsné kovy, 17 04 11 - Kabely neuvedené pod 17 04 10, vše kategorie*

odpadu „O“) zahrnuje veškeré kovové konstrukce, kolejnice a drobné kolejivo, ocelové pražce, troleje, nosná lana, kovové rozvaděče, výhybky znečištěné mazadly, kabely, odpad hliníku, mědi a směsné kovy. Tento veškerý materiál je majetkem SŽDC. Materiál, který má pro své opotřebení či stáří nevyhovující technické vlastnosti nebo se nehodí pro další potřeby SŽDC je dále nevyužitelný. Využitelný je tento materiál jako druhotná surovina, se kterou bude naloženo podle rozhodnutí investora.

Stavební odpady s obsahem azbestu (kód odpadu 17 06 01 - Izolační materiál s obsahem azbestu, 17 06 05* - Stavební materiál obsahující azbest, vše kategorie odpadu „N“)* je nutné po zajištění odstranit v zařízení, které má povolení ukládat odpady s obsahem azbestu.

Transformátory (kód odpadu 16 02 09 - Transformátory a kondenzátory obsahující PCB, 16 02 10* - Jiná vyřazená zařízení obsahující PCB nebo těmito látkami znečištěná neuvedená pod číslem 16 02 09, 16 02 13* - Vyřazená zařízení obsahující nebezpečné složky neuvedené pod čísly 16 02 09 až 16 02 12, vše kategorie odpadu „N“)* jsou jako druh odpadu vedeny v seznamu nebezpečných odpadů, podléhající zpřísněnému režimu. (Zákon č. 185/2001 Sb., Vyhláška č. 93/2016 Sb., Novotný 2000, Šefl 2015)

Spolu s těmito uvedenými odpady ze stavení činnosti vznikají také ostatní odpady jako sklo a plasty z interiéru rekonstruovaných objektů, vyřazené trafa bez náplně PCB a škodlivin, olovené akumulátory, vypínače vvn a vn s olejovou náplní, asfaltové stavební nátěry, odpadní ředidla a nátěrové hmoty, odpad podobný komunálnímu odpadu, polyetylenové a pryžové podložky, odpínače a zkratovače s porcelánovými izolátory, elektrošrot, pojistky a průchodky, omezovače přepětí atd. (Šefl 2015)

3.5.4 Výzisk z kolejového lože

Podle chronologického uspořádání lze proces nakládání s výziskem rozdělit na etapy: Odtěžení → přeprava → skladování → přeprava → použití nebo odstranění.

Výzisk je materiál získaný z kolejového lože při úplném odtěžení kolejového lože, nebo při strojním čištění kolejového lože. (Novotný 2000) Využití výzisku z kolejového lože je vázáno technickými a ekologickými požadavky, které vyžadují recyklaci drcením a tříděním s vyloučením nebezpečných látek. Následné posouzení se provádí vizuálním zhodnocením jeho znečištění nebo výsledku zkoušek odebraných vzorků. Technické požadavky pro výzisk představují Obecné technické podmínky, které kromě těchto požadavků obsahují také nejvyšší přípustné koncentrace škodlivin, jejichž obsah

se zjišťuje podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. Veškerý výzisk z prováděných staveb je majetkem SŽDC. Nakládání s ním musí být proto sledováno a evidováno a zároveň musí být stanovena pevná pravidla hospodaření s tímto výziskem. To znamená, že lze výzisk jako takový odprodat zhotoviteli nebo stanovit systém evidenčních karet s přesným sledováním objemů výzisku, objemů recyklátů a odpadů a způsobu jejich využití či uložení. Systém přesné evidence využívání výzisku je důležitý také z hlediska jednání s orgány státní správy při řešení nakládání s odpady. Za odpad lze považovat tu část výzisku, kterou nelze použít na prováděnou stavbu nebo jí odprodat jako stavební materiál, a to ani ve formě recyklátu. Dle zákona o odpadech se tedy vlastník nevyužitelné části výzisku zbavuje s úmyslem ho odložit a to způsobem uložení na skládku skupiny S-inertní odpad nebo S-ostatní odpad (§ 3 odst. 1 zákona o odpadech). Teprve tehdy je povinností nakládat s výziskem jako s odpadem. (Suchánek 1998, zákon č. 185/2001 Sb.)

3.5.5 Nakládání s odpady

Odpadem se tedy může výzisk stát automaticky, jestliže není použitelný z důvodu nevyhovující kvality fyzikálně mechanických vlastností nebo je kontaminován cizorodými látkami nebo pokud není využitelný vlastníkem bez ohledu na kvalitu. (Novotný 2000) Způsob nakládání s odpady a jejich následné využití nebo zneškodnění je podstatným zájmem dodavatelů stavby a především orgánů státní správy odboru životního prostředí. Při demontáži šterkového lože a podkladních vrstev v železničních stanicích je potřeba důkladně separovat znečištěný materiál v oblasti výhybek od materiálu ostatního. Podle zákona o odpadech je potřeba nakládat s kontaminovaným materiálem jako s nebezpečným odpadem, jenž se dekontaminuje na dekontaminačních plochách nebo v krajních případech uloží na skládkách skupiny S-nebezpečný odpad. (Zákon č. 185/2001 Sb.) Vznikající nebezpečné odpady musí být ihned po vytěžení z kolejového lože odvezeny mimo vodohospodářské území. Na staveništi musí být také dodržována omezená rychlost nákladních automobilů a stavebních strojů. Důvodem opatření je předcházení havárií a následných úniků pohonných hmot do propustného podloží. Stavební technika musí být ve velmi dobrém technickém stavu, aby zbytečně nedocházelo k úkapům pohonných hmot, náplní hydraulických systémů apod. Odstavné plochy techniky využívané při stavbě musí být dále zabezpečeny proti úniku ropných látek. (Suchánek 1998)

3.6 Recyklace kameniva kolejového lože

Recyklací kameniva kolejového lože se rozumí souhrn úprav výzisku, které zahrnují úpravu křivky zrnitosti, částečné ohranění zrn a případnou separaci cizorodých částic k dosažení technických požadavků, které umožňují opětovné použití kameniva v železničních stavbách v souladu se zákonem č. 22/1997 Sb. (OTP č. j. 23155/06-OP) V České republice se problematika recyklace kameniva kolejového lože člení v oblasti stavebnictví, vedle recyklace živičných směsí dopravních cest, mezi nejúspěšnější a lze říct, že při porovnání s vyspělými evropskými zeměmi je recyklace Českých drah prakticky na jednom z prvních míst. (Novotný 2000) Rozšíření recyklace starého štěrkového lože s sebou přineslo užití technologie sanace železničního spodku technologií bez snášení kolejového roštu strojních sestav AHM 800-R a RPM 2002. (Příloha č. 1). Přičemž celý technologický proces je mechanismus, který je způsobilý vykonat jedinou pracovní operací. (Kresta 2012) Princip této technologie spočívá v pročištění kolejového lože do hloubky 110 cm, zatímco kolejový rošt umístěný nad ložem zůstává na místě. Mimo pročištění se provádí i odstranění a nahrazení novým kolejovým ložem za současného zřizování konstrukčních vrstev. (Zumotová, 2006) Ve smyslu OTP z roku 1998 bylo opětovné použití přírodního kameniva získaného při odtěžení nebo čištění kolejového lože definováno jako „výzisk“. Mezi typické znaky výzisku patřilo proměnlivé a nerovnoměrné složení vyplývající z různých druhů užitého kameniva, odlišné doby uložení v koleji a tím i rozdílné doby působení povětrnostních vlivů a zatížení, odlišného vlivu okolí apod. V roce 2006 proto vyšly v účinnost nové OTP „Štěrkopísek, štěrkoдрť a recyklovaná štěrkoдрť pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku“. (Kresta 2012) Vzhledem k dosaženým výsledkům recyklace na realizovaných stavbách železničního koridoru, vyhovujících právní úpravě ČD v oblasti jakosti a environmentu (Suchánek 1998), zisku certifikátů systému jakosti ISO 9002 a Osvědčení o zabezpečení jakosti udělované ARSM (Novotný a kol. 1999), lze konstatovat, že získané technické a ekonomické poznatky jednoznačně opravňují k podpoře širšího využívání recyklace kameniva kolejového lože. (Kulíšek 2000)

3.6.1 Recyklace kameniva kontaminovaného kolejového lože

Cílem procesu je lokalizovat a separovat kontaminované kamenivo. Následně je potřeba kombinovaným způsobem fyzikálního a biochemického technologického postupu odstranit škodlivé složky, které tento materiál zařazují do kategorie nebezpečných

odpadů v souladu s platnou legislativou především zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech. Již změnou technologie mazání ve výměnových částech výhybek na počátku 90. let (zaměněn olej „Vulkán“) se kontaminace, vlivem přirozené degradace, výrazně snížila z řádu desítek tisíc mg.kg^{-1} v sušině na cca 1200 - 2700 mg.kg^{-1} a vodný výluh poklesl na úroveň třídy vyluhovatelnosti I - II. Pro zneškodnění nebezpečných odpadů, existuje skupina technologií, které jsou cenově různě náročné, z nichž nejběžnější jsou:

- *uložení na zabezpečenou skládku* odpovídající kategorie (do roku 1999 se cena za uložení pohybovala od 1560 do 2560 Kč na tunu),
- *spalování* je nejnákladnější druh zneškodnění, jehož cena se pohybuje od 5000 Kč za tunu v závislosti na obsahu nebezpečných látek. Technologie nicméně umožňuje zneškodnění i odpadů s vysokými koncentracemi škodlivin,
- *solidifikace*, která je založena na imobilizaci nebezpečných vlastností. Náklady zahrnují samotnou solidifikaci a následné zneškodnění, cca 3000 Kč,
- *biodegradace* založená na schopnosti mikroorganismů odbourávat organické znečištění za přítomnosti kyslíku (NEL, PAU, fenoly atd.) jako substrát pro svůj růst a množení. Organické polutanty jsou postupně oxidovány, přičemž finálními produkty oxidace jsou CO_2 a H_2O . Nevznikají tedy žádné druhotné odpady nebo jinak závadné látky. Doba degradace trvá zhruba 3 - 5 měsíců a náklady na 1 tunu se pohybují cca 1000 - 1500 Kč.

Vytříděná zrnitostní frakce 0/22 mm, která je nejvíce kontaminovaná, je přímo bez meziskladování nakládána na dopravní prostředky, v souladu se zákonem č. 111/1994 Sb., o silniční přepravě, ve znění pozdějších předpisů a končí na zabezpečené skládce nebo v případě malého množství škodlivin v zařízeních na úpravu nebezpečných odpadů. Vytěžený štěrk v limitu přípustných koncentrací škodlivin je dále používán do konstrukčních vrstev železničního spodku. (Novotný a kol. 1999)

3.6.2 Těžení materiálu

Provádí se pomocí bagrů, buldozerů, rýpadel a nakladačů. Při těžbě musí být přítomen ekolog, který dohlíží, aby kontaminovaná zemina byla evidována zvlášť a odvážena na předem určenou plochu. Ostatní vytěžený materiál je zpracován na recyklační ploše. Materiál je na recyklační základně přebírán proškolenou obsluhou, která provádí jeho uložení na přechodnou deponii. Každá firma, která nabízí recyklaci materiálů, musí splňovat kritéria pro hlučnost, prašnost a vibrace. Protokoly o zkouškách jsou vydávány

Okresními hygienickými stanicemi. Dále je podmínkou Osvědčení ČD o způsobilosti k provádění recyklace kameniva do konstrukčních vrstev železničního spodku tratí ČD. Průběžně evidovaný vytěžený materiál je dočasně deponován nebo přímo recyklován na základě místních podmínek. Po recyklaci jsou opět odebrány vzorky jednotlivých frakcí a laboratorně vyhodnocena míra kontaminace. (Novotný 2000)

3.6.3 Recyklační základna

Plocha recyklační základny se zabezpečovacím příjezdem je minimálně 3000 m². Plocha deponií výzisku potom odpovídá uložení 20 - 30 tisíc tun materiálu v poměru 1000 m² na 2000 tun (plocha deponií recyklátů taktéž). Pro recyklované materiály musí být dodržena podmínka skladování, a to odděleně podle třídy a jakosti. Současně je potřeba zabránit znehodnocení materiálu, jako je znečištění, smíchání, vyplavování apod. (Kresta 2012) Optimální vzdálenost recyklačních základen je se zřetelem na technologii od 10 do 15 km délky rekonstruované železniční trati s minimální vzdáleností od zastavěných území cca 200 m.

3.6.3.1 Recyklační linka

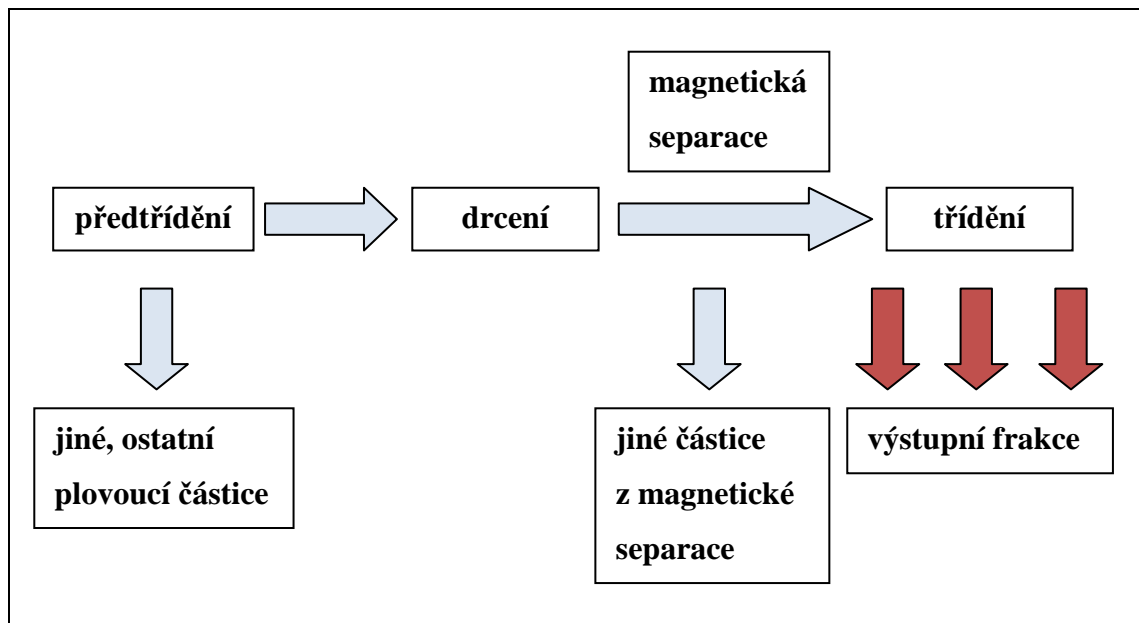
Mobilní recyklační linky požadují potřebnou plochu cca 900 m². Základní sestavu tvoří předtřídič, drtič a sítový třídič. Strojní technika je napájena z vlastního dieselagregátu. Recyklační linka tvoří tyto dva stupně:

- *1. stupeň – třídění*

Před zahájením úprav je potřeba vstupní materiál zbavit všech nežádoucích příměsí. Musí být umožněno i dotřídění příměsí velkých rozměrů, které vstupní materiál obsahuje zejména při odtěžení rýpadly.

- *2. stupeň – drcení*

Po vytrídění je potřeba materiál upravit na požadovanou frakci. Pro úpravu se využívají odrazové, kuželové nebo čelist'ové drtiče. Nastavením štěrbiny drtiče se stanoví mezní velikost drceného materiálu. Pro frakci 0/32 mm není zapotřebí na výstupu z drtiče zařazovat další třídič, protože zde nevzniká žádný přepad, jenž by bylo potřeba znovu předrtit. (Suchánek 1998) Rozhodující u recyklátů je jejich kvalita. Ta je ovlivněna nejen samotnou technologií recyklace, ale také organizací práce a celkovou logistikou recyklačních zařízení. Obecně používaný postup recyklace je uveden na Obrázku 5.



Obr. 5 Obecně používaný postup recyklace (TP 210)

3.6.4 Vlastní proces recyklace kameniva

Vlastnímu recyklačnímu procesu předchází detailní zmapování stávajícího šterkového materiálu uvažovaného k recyklaci. O jeho dalším využití je rozhodnuto na základě kategorizace svrškového materiálu, která přesně vyhodnocuje daný stav vyzískaného materiálu. (Šefl 2015) Kromě petrografických vlastností je důležité zhodnotit rozsah ekologického znečištění a množství materiálu k recyklaci. Tento fakt je základním krokem pro zajištění kvality recyklovaného kameniva a vodítkem při zkoušení jeho vlastností. Jmenované podmínky a pokyny stanovují rozsah prací, které předcházejí vlastnímu recyklačnímu procesu. Po splnění těchto ukazatelů lze přistoupit k vlastní recyklaci. Kontroly a zkoušky vlastností recyklovaného materiálu se provádí podle druhu materiálu a podle podmínek a pokynů ČD. Díky výsledkům lze následně materiál zatřídit dle kvality a také průběžně kontrolovat účinnost recyklace. Výstupem z procesu recyklace jsou pak rozlišovány tyto frakce:

- **frakce 0/(6)8 mm:** podsítné z předtřídění - jedná se o první krok při recyklaci. Teoreticky se jedná z hlediska stavebního o odpad z vyzískaného šterkového lože, obsahující nejjemnější částice (*hlinité a prachovité, popřípadě organické*). Pro obsah těchto částic a malou propustnost cca 10^{-5} - 10^{-8} je frakce vhodná na zpracování zemní pláně (zajišťuje utěsnění a nepropustnost), nebo případně pro rekultivaci svahů zemního tělesa.

- **frakce 0/32 mm:** recyklovaná štěrkodrt' - vzniká jako výstup z procesu recyklace na odrazovém drtiči, která je tvořena úlomky zvětralé horniny. Při procesu drcení vzniká kamenný prach, který na sebe váže zbylé jemnozrné částice a ovlivňuje vyhovujícím způsobem tvar křivky zrnitosti. Štěrkodrtě jsou více hrubozrnější s obsahem organických částic znatelně pod stanoveným limitem. Další typickou vlastností recyklátu je nízké číslo nestejnozrnitosti C_u , ale i přesto má velmi dobrou zhutnitelnost s vysokou únosností. Materiál je vhodný pro užití do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku nebo pro záspy drážních rýh a odvodňovacích žeber. Obrázek je znázorněn v Příloze č. 2.
- **frakce 32/63 mm:** železniční recyklovaný štěrk - tvoří ho nejkvalitnější zrna hornin, které jsou zbaveny zvětralých okrajů. Vzhledem ke kontrole velikosti zrn na sítích je granulometrické složení na optimální úrovni a tvarový index je velmi dobrý vzhledem k předrcení na odrazovém drtiči. V současné době recyklované štěrky vlastnostmi vysoce převyšují kvalitu nových štěrků. Recykláty jsou vhodné k využívání na přeštěrkování kolejového lože do tloušťky 150 - 200 mm s výjimkou výhybek. Obrázek je znázorněn v Příloze č. 3.
- **frakce > 63 mm:** nadsítné - zůstává v nezpracovaném stavu a lze jej opětovně použít k recyklaci. Opětovnou recyklací lze zpracovat na štěrk, popřípadě štěrkodrt'. Vzhledem k čistotě a hrubozrnnosti se tento materiál používá také do drenážních žeber apod. (Suchánek 1998)

3.6.5 Využití recyklované štěrkodrtě

Recyklovaná štěrkodrt', splňující technické a ekologické požadavky, je využívána do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku všech druhů stávajících drah. (OTP č. j. 25 640/06-OP) Z technického hlediska je důležité, aby konstrukční vrstva vytvořená z recyklované štěrkodrtě frakce 0/32 mm byla propustná, nenamrzavá a aby splňovala filtrační kritérium vůči zemině zemní pláně a kamenivu kolejového lože. V rámci ekologických požadavků se u zjišťování obsahu škodlivin v recyklátu postupuje podle zákona o odpadech a Metodického pokynu MŽP České republiky. Postup je prováděn odděleně ve vodném výluhu na frakci 8/32 mm a v pevné hmotě na frakci 0/8 mm. Jestliže obsah škodlivin přesahuje limitní hodnoty, je povinností nakládat s ním jako s odpadem podle zákona o odpadech. (Předpis SŽDC S4)

4 MATERIÁL A METODIKA

Kapitola „Současný stav řešené problematiky“ je částí teoretickou. V kapitole jsou systematicky uspořádány informace o technickém řešení konstrukce železničního spodku a problematice využívání stavebních recyklátů do konstrukčních vrstev jak z hlediska legislativních požadavků tak technologického k tomuto účelu na území ČR.

4.1 Charakteristika subjektu

Název vybraného subjektu:

ŽSD, a.s.

IČ: 64511359

Stavební společnost

Umístění vybraného subjektu:

Jihomoravský kraj

okres Brno - venkov

město Modřice

k. ú. Modřice

Brněnská 1050

664 42 Modřice

Prověřovaný předmět činnosti:

recyklace kameniva z kolejového lože

Ostatní činnosti:

podnikání v oblasti odpadové hospodářství ve stavebnictví

rekultivace skládek

provádění staveb, jejich změn a odstraňování

projektová činnost ve výstavbě

hornická činnost a činnost prováděná hornickým způsobem

Zahájení činnosti recyklace kameniva z kolejového lože:

květen 1996, stavba koridorového úseku Brno - Skalice nad Svitavou

Oprávnění, osvědčení a certifikace k provádění činností:

Certifikace systému managementu jakosti dle ISO 9001:2000

Certifikace systému environmentálního managementu dle ISO 14001:2015

Certifikace systému managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci dle ČSN OHSAS 18001:2008

Oprávnění v hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem
Osvědčení o způsobilosti provádění recyklace kameniva pro kolejové lože
Osvědčení o způsobilosti k provádění recyklace kameniva z výzisku
z kolejového lože pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku

Účel prověřované činnosti:

ŽSD, a.s. se již od svého založení v roce 1996 zabývá komplexním odpadovým hospodářstvím v oblasti stavebnictví. Během své doby působnosti na trhu se stala jednou z nejvýznamnějších společností zajišťující odpadové hospodářství při modernizacích a optimalizacích železničních koridorů v ČR. Hlavním účelem činnosti je primárně minimalizace vzniku odpadů a následné snížení množství odpadů uložených na příslušné skládky. Štěrka vytěžená ze železničního svršku je recyklována. Recyklována štěrka a kamenivo, jsou dále využívány na stavbě jako náhrada přírodních surovin, a proto se dle § 3, zákona o odpadech tento materiál již nepovažuje za odpad. Tím dochází k úspoře nákladů, efektivnímu využití stavebních hmot a minimalizaci dopadů na životní prostředí

Zpracovávané materiály:

zpracování materiálů se provádí pomocí mobilní drtící a třídící technologie na frakce 0/4, 4/8, 8, 16, 8/11, 8/22, 0/32, 32/63, 0/63, 0/90, 0/125 mm

4.2 Technické a technologické vybavení recyklační linky

Kategorie zdroje:

vyjmenovaný stacionární zdroj znečišťování ovzduší podle přílohy č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší - 5.12 Příprava stavebních hmot a betonu, recyklační linky stavebních hmot o projektovaném výkonu vyšším než 25 m³/den

Provozovna:

mobilní linky jsou umístovány a provozovány v předem různě neurčených lokalitách. O přesném umístění recyklační linky a době provozu musí být příslušná obec vyzooměna nejpozději 5 dnů před zahájením provozu technologické linky. Bez tohoto vyzoomění obce nesmí být technologická linka provozována

Charakter a účel zařízení:

jedná se o semimobilní (polomobilní, snadno přemístitelné, neschopné aktivního pohybu po komunikacích) zařízení pro využívání stavebních odpadů. Zařízení je určeno k vytrídění sypkých materiálů (zeminy, písku), k úpravě velikosti (zrnitosti) pevného odpadu kameniva, betonových, cihelných a keramických zlomků, živičných ker a k následnému třídění takto upravených odpadů na různé velikostní frakce. Podle situace v místě, požadavku zákazníka a potřeb trhu může zařízení produkovat výrobky, které jsou využitelné jako stavební výrobky uváděné v této podobě na trh. Na tuto oblast výrobků se nevztahuje ustanovení zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na stavební výrobky. Povinnosti výrobce udávat na trh výrobky bezpečné a za určených podmínek vyplývají ze zákona č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků. Zpracování odpadu v zařízení je způsobem využití odpadu zařazeným podle přílohy č. 3 k zákonu č. 185/2001 Sb., o odpadech pod skupinu technologií R5-Recyklace/znovuzískávání ostatních anorganických materiálů a R12-Předúprava odpadů k aplikaci některého z postupů uvedených pod označením R1 až R11, přičemž výstupem ze zařízení jsou stavební výrobky nebo upravené odpady. Účelem zařízení je odpady zpracovat do podoby materiálu, který lze využít přiměřeně k jeho vlastnostem při stavebních činnostech, zejména při dopravních a pozemních stavbách. Firma ŽSD, a.s. je nejen vlastníkem tohoto zařízení, ale také jeho provozovatelem.

4.2.1 Popis třídičů

Mezi mobilní třídící zařízení používané společností ŽSD, a.s. patří:

- POWERSCREEN CHIEFTAIN 1 400, výrobce POWERSCREEN,
- FINLAY 883 RECLAIMER, výrobce FINLAY.

Tyto třídiče s výkonem 80 t/h mohou být umístěny před drtící zařízení jako předtřídič nebo za drtící zařízení, kde plní funkci konečného roztřídění zrecyklovaného materiálu. Třídiče jsou samostatně přepravovatelné a použitelné stroje, mohou být tedy používány také jako samostatné zařízení, jen k roztřídění materiálu na jednotlivé frakce. Třídiče je možné doplnit o příslušné doplňky - příslušenství.

Technické parametry třídiče POWERSCREEN CHIEFTAIN 1400:

jedná se o dvousítný mobilní třídič posazený na pásovém podvozku s nastavitelným sklonem roštu, jehož síťová plocha horní má rozměry 3,3×1,55 m a síťová plocha spodní 3,05×1,55 m. Součástí výbavy třídiče je diesel-hydraulický pohon s motorem DEUTZ BF4M 1012C standard o výkonu 95 kW a spotřebou paliva 9 litrů/motohodinu (Příloha č. 4)

Technické parametry třídiče FINLAY 883 RECLAIMER:

jedná se o dvouplošinový vibrační třídič s hydraulicky nastavitelným sklonem posazený na pásovém podvozku. Vibrační třídič je vybaven třemi haldovacími dopravníky a pásovými váhami, které jsou součástí každého vynášecího dopravníku. Dále je součástí výbavy diesel-hydraulický pohon s motorem DEUTZ BF4M 2012C o výkonu 72 kW a spotřebou paliva 7 litrů/motohodinu (Příloha č. 5)

4.2.2 Popis drtičů

Mezi mobilní drtící jednotky používané společností ŽSD, a.s. patří:

- REMAX 1011 ED-B, výrobce SBM Wageneder GmbH,
- METSO LT 1110S, výrobce Metso Minerals, s.r.o.,
- FINLAY I-1310 RS, výrobce TEREX|FINLAY.

Mobilní drtící jednotky jsou zařízení sloužící k mechanické úpravě stavebních materiálů drcením a tříděním. Jejich konstrukce jsou přizpůsobeny náročným aplikacím, včetně primárního nebo sekundárního drcení středně tvrdého kamene a k recyklaci stavebních odpadů. Drtící zařízení lze použít k recyklaci stavebně zhodnotitelných, anorganických materiálů na bázi betonových zlomků, zlomků z rekonstrukce asfaltových vozovek, stavebních sutí z demolic, různých druhů stavebního zdiva a živící impregnovaného kameniva.

Technické parametry čelistového drtiče REMAX 1011 ED-B:

tento typ zařízení se skládá z pásového čelistového drtiče o výkonu 60 t/h, v případě potřeby doplněného o přídatné zařízení pro roztřídění upraveného materiálu na požadované frakce. Drtič je přizpůsoben k drcení železobetonu a bloků betonu, zpracování úlomků živičných směsí z demolice vozovek a k drcení bloků zdiva o velikosti 0 - 700 mm. Obsahem zařízení je dále násypka o objemu 5 m³ s hydraulicky sklopnými stěnami s výškou

podávání 3750 mm. Podávací jednotka s frekvenčním řízením o výkonu 2×1,7 kW pojme materiál na plochu 1000×2200 mm. Odhlinění zajišťuje dvousítné síto typu VAS 10/15-2 o výkonu 2×207 kW. Spodní tyčovité síto zajišťuje propad s rozchodem mezi tyčemi minimálně 20 mm a horní síto obsahující rošt s velikostmi ok 40/60 mm. Vynášecí pás typu PBH 500×2200 mm s výkonem 3 kW posouvá odhliněný materiál rychlostí 1,6 m/s. Dále je součástí čelistový drtič typu STE 100/60 s výkonem motoru 110 kW při 1480 ot./min. Výkon stroje je ovlivněn velikostí nastavitelných mezer vstupního otvoru o rozměrech 600×1000 mm. Drtič pracuje při 270 ot./min. Vynášecí pás je typu PBH 1000×10000 mm s výkonem 5,5 kW a rychlostí posunu 1,3 m/s. Součástí je zabudovaná váha pro upravený materiál. Mezi další komponenty patří demontovatelný magnet typu CP 20/120 s výkonem 1,1 kW, dvoustupňová převodovka s rychlostí pojezdu 15 m/min, diesela agregát Cummins MTA 11G s protihlukovou ochranou 100 LWA se spotřebou paliva 13 l/motohodinu, elektrorozvodná skříň s řídicím počítačem a vysokotlaké skrápěcí zařízení proti nadměrné prašnosti materiálu s mlžícími tryskami na výstupu z drtiče (Příloha č. 6)

Technické parametry drtící jednotky na plazech METSO LT 1110S:

tento typ drtící jednotky s výkonem 65 t/h je vybaven horizontálním odrazovým drtičem typu NP1110M s hydraulickým pohonem speciálně navrženým pro mobilní uplatnění. Materiál je podáván vibračním podavačem typu TK9-42-2V s dvoustupňovým roštěm rozšířenou násypkou, která je zajištěna klapkou toku materiálu, do drtiče přes vstupní otvor o rozměrech 950×650 mm. Dále po zpracování je materiál odtahován z pod drtiče dopravním pásem typu H10-10 1000×10000 mm, který je vybaven magnetickým separátorem typu 10PCB7K. METSO LT1110S je charakterizován novou modulární konstrukcí, kde odrazový drtič, dopravní pás, třídící modul TK 11-30S a motor Caterpillar C-9 s výkonem 250 kW vystupují jako oddělené jednotky. To usnadňuje servis a také umožňuje lepší izolaci pro snížení hluku každého jednotlivého elementu. S nízkou provozní hladinou hlučnosti je jednotka vhodná pro provoz v městských oblastech. Další standardní výbavou drtící jednotky METSO LT1110S

je inteligentní ovládací modul IC500. Je schopen ovládat a nastavovat všechny klíčové parametry procesu tak, aby bylo dosaženo optimálních drtících výsledků. Stejně tak zajišťuje i „zpětnou vazbu“ pro kontrolu parametrů v každém okamžiku drcení (Příloha č. 7)

Technické parametry odrazového drtiče FINLAY I-1310 RS:

jedná se o zařízení pro mechanickou úpravu stavebních materiálů drcením a tříděním. Stroj je zkonstruován pro primární nebo sekundární drcení středně tvrdého kamene nebo stavebních odpadů. Zařízení se skládá ze základního modulu, podávací jednotky, drtící jednotky, hlavního odta-hového pásu, jednotky diesel-hydrostatického motoru CATERPILLAR C9 o výkonu 75-110 kW, třídícího modulu a dalšího příslušenství, mezi které patří např. hydraulicky poháněné vodní čerpadlo pro mlžení, elektricky ovládané čerpadlo pro doplnění paliva nebo pásová váha na čelním vynášecím pásu. Jednotka je vybavena hydraulicky poháněným horizon-tálním odrazovým drtičem typu APP1010GA. Materiál je podáván nejprve do drtiče přes vstupní otvor o rozměrech 990 x 1020 mm, dále pokračuje přes vibrační podavač s plynulou regulací rychlosti, a přes odhliňovač až do dvouplošného vibračního třídíče. Konečný recyklát odchází dopravním pasem šířky 1400 mm a výsypané délky 3200 mm. Výkon stroje je 60 t/hod (Příloha č. 8)

4.2.3 Doplnková zařízení

Pro zajištění zásobování materiálu do recyklační linky je vyžadován čelní kolový nakladač nebo bagr. Vedlejší produkty jakožto odpady (podsítné), jsou zpravidla bez mezideponií přímo nakládány na nákladní automobily a odváženy mimo místo zpracování. V případě nepřímého nakládání na nákladní vozidla je využíván ještě další nakladač k manipulaci s materiálem nebo soustava pasových dopravníků.

4.2.4 Popis zařízení k omezení emisí

Dle podmínek k provozování zařízení musí být vstupní materiál, určený ke zpracování vlhký. Realizovaným opatřením pro omezení emisí TZL je provozování vlastní recykla-ce „za mokra“, tzn. v případě nutnosti zajistit skrápění materiálu vodou v dostatečném předstihu tak, aby byl zpracováván materiál, který je nasákavý, udržován v dostatečné

vlhkosti a to po celou dobu procesu zpracování, tzn. včetně mezideponie za drtičem a skládek vytríděného recyklátu až do jeho odvozu.

4.3 Technologie recyklace

Materiál je kolovým nakladačem nebo bagrem transportován do násypky třídiče nebo drtiče. Třídič může být umístěn před drtič jako předtřídič nebo za drtič, kdy provádí konečné roztrídění drceného materiálu. V případě, že plní funkci předtřídiče, je v něm od materiálu oddělena hlína. Zbytek kamení a šterku se pomocí pásového dopravníku sype do násypky drtiče. Materiál je dále podáván vibračním podavačem přes odhliňovač vstupním otvorem do drtící jednotky. Z drtící jednotky je materiál transportován na vibrační síta třídící jednotky drtiče nebo do třídiče. Roztríděný recyklát odchází jednotlivými dopravními pásy na haldy. Materiál je také možné, podle jeho charakteru a způsobu dalšího využití, zpracovat pouze drcením na jednu frakci (bez dalšího třídění) nebo jen roztrdit třídičem na dvě nebo tři frakce (bez drcení). Materiál je před vlastním zpracováním skrápěn vodou a dále je dle potřeby skrápěn na drtícím zařízení, popřípadě na mezideponii materiálů až do odvozu k dalšímu zpracování a to tak, aby byla v co největším rozsahu eliminována možnost vzniku emisí TZL. Odpovědnost za dodržování technologie, zejména skrápění v průběhu zpracování, je zahrnuta v dostatečné míře v pracovních povinnostech všech zaměstnanců, kteří pracují s výše popsaným zařízením. (Žižková 2015) Vlastní schéma recyklace společnosti ŽSD, a.s. je pak znázorněno v Příloze č. 9. Maximální hmotnostní podíl odpadů, vytríděný jako nežádoucí příměsí z materiálu představuje 10 % z celkového materiálu přijímaného do zařízení a množství odpadů vznikající z vlastního provozu zařízení, představující podsítnou frakci 0/(6)8 mm, je hluboko pod hranicí 1% hmotnosti materiálu přijímaného do zařízení.

4.4 Kontrolní zkoušky recyklované šterkodrtě

Tato kapitola se zabývá možností opětovného použití z koleje vytěženého kameniva, o které rozhodují především technické vlastnosti kameniva, druh a míra znečištění a vlhkost. Technické vlastnosti recyklátu se prokazují zkouškami a zároveň musí splňovat požadavky, které jsou popsány v kapitole 4.4.1. Z ekologického hlediska je zapotřebí, aby bylo recyklované kamenivo zbaveno fyzikálního a chemického znečištění a aby splňovalo požadavek nezávadnosti pro životní prostředí popsány v kapitole 4.4.2.

Fyzikálním znečištěním představuje souvislé mechanické znečištění, které zahrnuje zejména částice z drcených zrn, spad sypkých hmot z nákladních vozů (například uhlí, písek, železná ruda), zeminu vzlínající ze zemního tělesa, naváté jemnozrné materiály, zbytky vegetace, oděrky z opotřebovaných kol, kolejnic a trakčního vedení. Za chemické znečištění je považováno znečištění lokální, které zahrnuje zbytky tuhých mazadel olejů a nafty, dále chemické látky spadlé z nákladních vozů (například průmyslová hnojiva) a emise průmyslových škodlivin. (OTP č. j. 23 155/06-OP)

4.4.1 Technické požadavky

Při použití recyklované štěrkodrtě pro konstrukční vrstvy železničního spodku je podmínkou splnění uvedených technických požadavků vycházejících z OTP „Štěrkopísek, štěrkodrt' a recyklovaná štěrkodrt' pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku“. Do konstrukčních vrstev je vhodný recyklát vytrízené frakce 0/32 mm. Za nepřípustné se potom považuje použití recyklátu obsahující dolomitický vápenec nebo dolomit v jakémkoliv množství. V případě výskytu vápence v recyklované štěrkodrti z výzisku kolejového lože se soubor zkoušek rozšíří o petrografický rozbor a zkoušku otlukovosti LA. Obsahem recyklované štěrkodrtě můžou být také jemné a cizorodé částice zejména organického původu. Pro použití recyklátu obsahující tyto částice jsou však stanoveny limitní hodnoty, které jsou spolu s dalšími technickými požadavky na kvalitu recyklátu uvedeny v Tabulce 2. Zrnitostní složení recyklované štěrkodrtě frakce 0/32 mm musí zajistit propustnost, nenamrzavost a zhutnitelnost konstrukční vrstvy a musí splňovat filtrační kritérium vůči kamenivu kolejového lože podle TNŽ 73 6949. Jestliže není splněno dané filtrační kritérium podle technické železniční normy vůči zemině zemní pláň, je zapotřebí uložit na zemní pláň vhodnou geotextílii.

U použití recyklované štěrkodrtě do konstrukčních vrstev se zjišťují tyto technické vlastnosti:

- | | |
|---|--------------------|
| ➤ zrnitost | dle ČSN EN 933-1, |
| ➤ namrzavost podle křivek zrnitosti | dle TNŽ 73 6949, |
| ➤ propustnost | dle TNŽ 73 6949, |
| ➤ jemné částice | dle ČSN EN 933-1, |
| ➤ cizorodé částice | dle ČSN 72 1180, |
| ➤ otlukovost LA (přítomnost vápence) | dle ČSN EN 1097-2, |
| ➤ petrografický rozbor (přítomnost vápence) | dle ČSN EN 932-3. |

Recyklovaná štěrkokodrt' pro konstrukční vrstvy musí splňovat tyto následující technické požadavky:

Tab. 2 *Technické požadavky na kvalitu recyklované štěrkokodrtě* (OTP č. j. 25 640/06-OP)

Vlastnosti	Požadavek	Četnost zkoušek na recyklované štěrkokodrti bez obsahu vápence	Četnost zkoušek na recyklované štěrkokodrti s obsahem vápence
Zrnitost ^{*)}	frakce 0/32 a 8/32	min. 2 na každých 2000 Mg	min. 1 na každých 500 Mg
Číslo nestejnozrnatosti C_u	min. 15	min. 2 na každých 2000 Mg	min. 1 na každých 500 Mg
Nadsítné v % hmotnosti	max. 15	min. 2 na každých 2000 Mg	min. 1 na každých 500 Mg
Jemné částice v % hmotnosti	max. 9	min. 2 na každých 2000 Mg	min. 1 na každých 500 Mg
Cizorodé částice v % hmotnosti (frakce > 4 mm)	max. 1	min. 2 na každých 2000 Mg	min. 1 na každých 500 Mg
Otlukovost LA (na frakci 8/32; 8/22) ^{**)}	max. 40	-	min. 1 na každých 500 Mg
Horní hranice % obsahu vápence v recyklované štěrkokodrti, resp. výzisku ^{**)}	max. 30	-	min. 1 na každých 500 Mg

Vysvětlivky k Tab. 2:

*) Křivky zrnatosti recyklované štěrkokodrtě musí ležet v mezích A, B uvedených v Příloze č. 10.

***) Platí v případě výskytu vápence v kamenivu kolejeového lože.

Číselné vyjádření křivek zrnatosti recyklátu je uvedeno v Příloze č. 11.

4.4.2 Ekologické požadavky

Další podmínkou před použitím recyklátu je jeho splnění ekologických požadavků. V rámci těchto požadavků se obsah škodlivin v recyklované štěrkokodrti pro konstrukční vrstvy zjišťuje pomocí zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a příslušných prováděcích předpisů k tomuto zákonu a podle Metodického pokynu ministerstva životního prostředí ČR - Kritéria znečištění zemin a podzemní vody (1996). Při zjišťování obsahu škodlivin se postupuje dvěma způsoby, a to odděleně ve vodném výluhu na podílu zrn 8/32 mm

a v pevné hmotě na podílu zrn 0/8 mm. Pro znázornění jsou nejvyšší přípustné koncentrace škodlivin pro recyklovanou šterkodrt' uvedeny v Tabulce 3. Pokud obsah škodlivin přesahuje tyto stanovené koncentrace, nelze recyklát již použít do konstrukčních vrstev a je nutno s ním nakládat podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech.

Tab. 3 *Ekologické požadavky na kvalitu recyklované šterkodrtě (OTP č. j. 25 640/06-OP)*

Parametr	Limitní hodnota
Ve vodném výluhu	
pH	5,5 až 11
Vodivost v mS.m ⁻¹	200
Fenolový index v mg.l ⁻¹	0,1
Zápach	po chemických nebo ropných látkách
CHSK-Cr v mg.l ⁻¹	40
Nepolární extrahovatelné látky (NEL) v mg.l ⁻¹	0,2
Cu v mg.l ⁻¹ *)	1,0
Zn v mg.l ⁻¹ *)	3,0
V pevné hmotě	
Nepolární extrahovatelné látky (NEL) v mg.kg ⁻¹ **)	500
EOX (Cl) v mg.kg ⁻¹	8
PAU v mg.kg ⁻¹ ***)	40
Cu v mg.kg ⁻¹ *)	190
Zn v mg.kg ⁻¹ *)	720

Vysvětlivky k Tab. 3:

*) Platí jen v případě elektrifikovaných tratí.

**) U vzorků bez zápachu po ropných látkách a s příměsí uhelného prachu nebo rostlinných zbytků (humusu) se doporučuje chromatograficky stanovit podíl nepolárních extrahovatelných látek (NEL) ropného a přírodního původu.

***) Platí jen v případě kolejí s dřevěnými pražci.

4.5 Prokazování kvality recyklované šterkodrtě

Vhodnost recyklátu pro konstrukční vrstvy a jeho kvalita se prokazují v průběhu celého procesu nakládání s tímto materiálem, a to:

- v rámci předprojektové přípravy pomocí předběžného posouzení kameniva kolejového lože v koleji popsaného v kapitole 3.5.1,

- počátečními zkouškami na upravené štěrkodrti, které prokazují způsobilost recyklační linky dosáhnout technické požadavky na kvalitu recyklátu podle Tabulky 2, požadované pro jeho využití v konstrukčních vrstvách,
- kontrolními zkouškami provedenými na upravené štěrkodrti prokazující splnění technických vlastností a daných nejvyšších přípustných koncentrací škodlivin v recyklované štěrkodrti podle kontroly jakosti v průběhu recyklace.

Počáteční zkoušky na upravené recyklované štěrkodrti zajišťuje na své náklady výrobce čili provozovatel recyklační linky a prováděny jsou akreditovanou zkušební laboratoří. Pokud tyto zkoušky neprokáží požadované vlastnosti, nesmí být recyklát do konstrukční vrstvy použit. Rozsah počátečních a kontrolních zkoušek je dán požadavky pro technické a ekologické vlastnosti upravené recyklované štěrkodrti pro konstrukční vrstvy, které jsou uvedeny v kapitolách 4.4.1 a 4.4.2 a v Tabulkách 2 a 3.

4.5.1 Ověřování vlastností a jakosti recyklátu

Činnost ověřování vlastností recyklátu a systému zajišťování jakosti jednotlivými výrobci provádí pověřený orgán. Úkolem tohoto orgánu je prověřit dokumenty potřebné k prokázání kvality recyklátu předložené výrobcem, a to:

- popis výrobního zařízení, včetně technologie postupu recyklace,
- výsledky počátečních zkoušek recyklované štěrkodrtě prokazující způsobilost recyklační linky dosáhnout technické požadavky na kvalitu recyklátu podle Tabulky 2,
- systém kontroly jakosti v průběhu recyklace, zahrnující také způsob kalibrace měřidel, zkušebních přístrojů a zařízení, doklad o vedení záznamů o kontrole jakosti a doklad o odborné způsobilosti pracovníků provádějících zkoušky,
- písemné prohlášení o vedení dokumentace o odběru vzorků a prováděných zkouškách a způsobu dodávání, dopravy a skladování,
- certifikace dle norem ISO řady 9000, pokud má tento systém zaveden.

Na základě splnění těchto podmínek a po uzavření Technických podmínek dotací vydá pověřený orgán výrobcí „Osvědčení o způsobilosti k provádění recyklace výzisku pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku tratí s právem hospodaření SŽDC“. Výrobce, který obdrží od SŽDC osvědčení, bude zařazen do seznamu výrobců. Pokud ale dojde ke změně majitele nebo právní formy výrobce, pozbývá osvědčení platnosti. Nový výrobce musí uzavřít nové technické podmínky dotací a opět zažádat o osvědčení.

4.5.2 Kontrola jakosti v průběhu recyklace

V průběhu recyklace výzisku se kontrolními zkouškami ověřují předepsané vlastnosti recyklované štěrkodrtě prokázané již počátečními zkouškami. Výrobce má povinnost výsledky kontrolních zkoušek předávat stavebnímu dozoru, který rozhodne podle již předepsaných požadavků o povolení použití do konstrukční vrstvy. Kontrolní zkoušky opět na své náklady zajistí výrobce prováděné u akreditovaných zkušebních laboratoří. Odběr vzorků recyklované štěrkodrtě se provádí podle ČSN EN 932-1. Kontrolními zkouškami se zjišťují následující vybrané technické a ekologické vlastnosti.

Technické vlastnosti:

- zrnitost,
- namrzavost,
- propustnost,
- číslo nestejnozrnitosti C_u ,
- jemné částice (vymezeny horním sítem 0,05 mm),
- otlukovost LA (jen v případě přítomnosti vápence).

Uvedené technické vlastnosti se zjišťují podle kapitoly 4.4.1 a podle požadovaných limitních hodnot uvedených v Tabulce 2.

Ekologické vlastnosti:

- nepolární extrahovatelné látky (NEL),
- CHSK-Cr.

Uvedené ekologické vlastnosti se zjišťují podle kapitoly 4.4.2 a podle požadovaných limitních hodnot uvedených v Tabulce 3.

4.5.3 Zkoušení provedené konstrukční vrstvy

Zkoušení provedené konstrukční vrstvy z recyklované štěrkodrtě vychází z Technických kvalitativních podmínek pro stavby státních drah. V rámci těchto zkoušek se zjišťuje:

- šířka vrstvy po 100 m,
- tloušťka vrstvy po zhutnění po 100 m (min. ve třech bodech příčného profilu),
- nerovnost povrchu a příčný sklon dle ČSN 73 6175 po 50 m,
- míra zhutnění dle ČSN 72 1006 po 100 m,
- únosnost statickou zatěžovací zkouškou vyjádřenou modulem přetvárnosti E po max. 200 m. (OTP č. j. 25 640/06-OP)

4.6 Popis zkoušek fyzikálních vlastností recyklátu

4.6.1 Stanovení zrnitosti - síťový rozbor

Zkouška provádějící se podle ČSN EN 933-1, sestává z rozřídění a oddělení materiálu pomocí sady sít do několika zrnitostních podílů s klesající velikostí částic. Velikosti otvorů sít a počet sít jsou vybrány podle druhu vzorku a požadované přesnosti. Použitou metodou je praní a prosévání za sucha. Pokud však může praní ovlivnit fyzikální vlastnosti pórovitého kameniva, používá se v těchto případech pouze prosévání za sucha. Hmotnost částic, které zůstanou na jednotlivých sítích, se pak porovná s původní hmotností materiálu. Součet propadů jednotlivými sítí se uvádí číselným způsobem v procentech, a pokud se to vyžaduje, tak se vyjádří i graficky.

Vypraný a vysušený vzorek při teplotě 110 ± 5 °C se nasype do sloupce sít. Každý sloupec sestává ze sít spolu sestavených, přičemž síto nahoře má největší otvory a postupně dolů jsou síta s menšími otvory. Ze zkušeností se ukázalo, že se praním zcela neodstraní všechny jemné částice. Z tohoto důvodu je nutné vložit do sady sít také zkušební síto 0,063 mm. Sloupce sít pracují na principu mechanického či manuálního otřesu, ze kterých se postupně odebírají jednotlivá síta. Nejprve se odebere síto s největšími otvory a ručně se na jednotlivých sítích ještě dokončí prosévání, přičemž musí být pomocí dna a víka zabráněno ztrátám materiálu. V prosévání se pokračuje, dokud se všechen materiál, který může propadnout jedním sítím, nepřemísí na další síto ve sloupci. Tímto se musí zabránit přetěžování sít.

V dalším kroku se zváží s přesností $\pm 0,1\%$ hmotnosti zůstatek na sítě s největšími otvory a zaznamená se jeho hmotnost jako R_1 . Stejný postup se provede se zůstatkem na dalším sítě a zaznamená se jeho hmotnost jako R_2 . Tímto způsobem se postupuje i s dalšími sítí ve sloupci k zjištění zůstatku na jednotlivých sítích se zaznamenáním jako hmotnosti R_3 , R_4 až R_n . Pokud propadly síty jemné částice na dno, zaznamená se jejich hmotnost jako P .

Veškeré hmotnosti se poté zaznamenají do záznamu o zkoušce a proběhne výpočet hmotnosti zůstatku na každém sítě jako procento hmotnosti původní vysušené navážky M_1 a výpočet součtových procent hmotnosti původní navážky, které propadly každým sítím od shora dolů kromě síta 0,063 mm. Níže uvedená rovnice slouží pro výpočet procenta jemných částic f , které propadly sítím 0,063 mm:

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100; \quad \text{pro suché třídění } f = \frac{100 P}{M_1} (\%)$$

kde M_1 je hmotnost vysušené zkušební navážky v kg

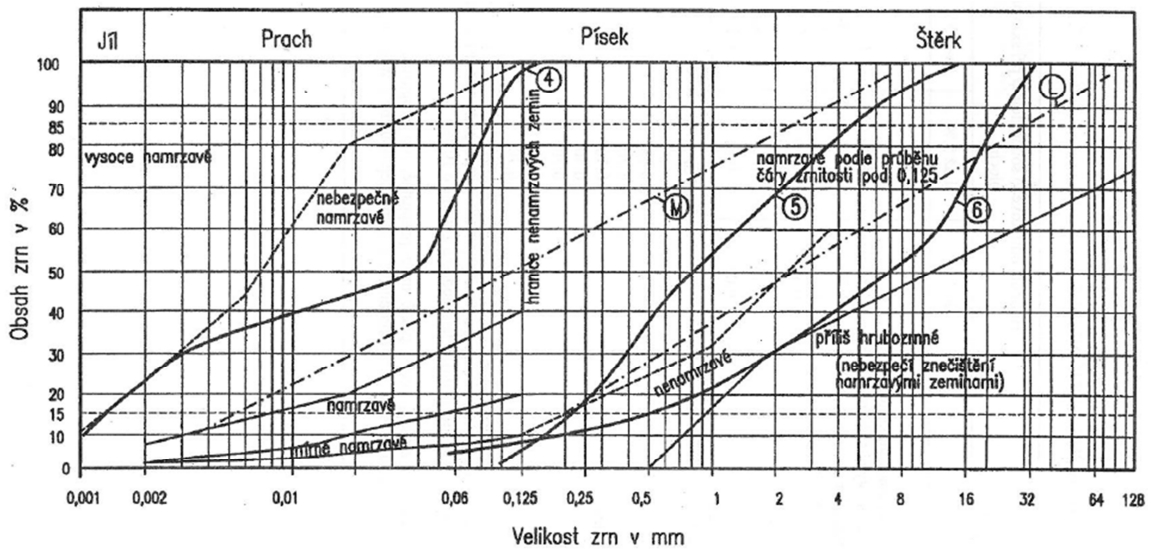
M_2 hmotnost vysušeného zůstatku na síti 0,063 mm v kg

P hmotnost propadu jemných částic na dně v kg

V případě, že se součet hmotnosti R_n a P liší o více než 1 % od hmotnosti M_2 , musí se zkouška opakovat. Vypočtené hodnoty se pak znázorní graficky vynesáním křivky zrnitosti. (ČSN EN 933-1:2012)

4.6.2 Namrzavost

Namrzavost zemin a materiálů se zjišťuje laboratorním postupem podle ČSN 72 1191. Požadovaná míra namrzavosti se vzhledem k náročnosti provedení zkoušky stanovuje jen v omezených případech, například u staveb 3. geotechnické kategorie, u rozsáhlých staveb ve složitých geotechnických poměrech, speciálních konstrukcí a materiálů nebo u speciálního zakládání zemního tělesa apod. Požadavek splňují ty materiály a zeminy, jejichž křivka zrnitosti zcela spadá do oblasti vytyčené mezní křivkou pro nenamrzavé zeminy. (Obr. 6). (TNŽ 73 6949:2002)



Vysvětlivky k Obr. 6:

	④	d ₁₅	d ₅₀	d ₈₅		Ⓜ
zemina zemní plně	jíl se střední plasticitou	0,001	0,04	0,09	-----	mezní čára nepropustnosti
materiál konstrukčních vrstev	štěrkodrť, frakce 0/22 mm	0,22	0,7	5	-----	Ⓛ mezní čára propustnosti
	⑥ výzisk, frakce 0/32 mm	0,5	8	25	-----	křivky namrzavosti
			0,04	0,09	-----	mezní čára nepropustnosti

Obr. 6 Křivka zrnitosti s podmínkami pro namrzavost a propustnost (TNŽ 73 6949:2002)

4.6.3 Propustnost

Propustnost zemin a materiálů se zjišťuje laboratorním postupem podle ČSN CEN ISO/TS 17892-11 nebo křivkou zrnitosti dané zeminy či materiálu podle ČSN CEN ISO/TS 17892-4 s použitím mezních čar propustnosti podle předpisu ČD S4 Železniční spodek. Podle ČSN CEN ISO/TS 17892-4 a předpisu ČD S4 Železniční spodek splňují požadavek propustnosti ty zeminy a materiály, u nichž křivka zrnitosti plně spadá do oblasti propustných zemin pod čarou propustnosti L (Obr. 6). Podle ČSN CEN ISO/TS 17892-11 splňují požadavek propustnosti zeminy a materiály, jejichž koeficient filtrace k_f je v rozsahu 10^{-4} - 10^{-6} m.s⁻¹ pro zeminy a materiály propustné nebo 10^{-4} m.s⁻¹ pro zeminy a materiály velmi propustné. (TNŽ 73 6949:2002)

4.6.4 Otlukovost LA

Odolnost proti drcení pomocí metody LA (Los Angeles) se stanovuje podle ČSN EN 1097-2. Podstatou zkoušky je omílání vzorku kameniva ocelovými koulemi v otáčejícím se bubnu rychlostí 31 - 33 otáček za minutu. Po 500 otáčkách se otlukový buben zastaví a následně se stanoví síťový rozbor materiálu praním a proséváním s použitím síta 1,6 mm. Zůstatek na síti 1,6 mm se poté vysuší při teplotě 110 ± 5 °C do ustálené hmotnosti a stanoví se procentuální podíl zkušební navážky, který propadl sítím po ukončení navážky. Součinitel Los Angeles se vypočítá ze vzorce:

$$LA = \frac{5000 - m}{50} \quad (\%)$$

kde m je hmotnost zůstatku na síti 1,6 mm v g

Výsledky se poté zaokrouhlí na celé číslo a zaznamenají. Protokolu o zkoušce obsahuje název a místo původu vzorku, velikost frakce získané zkušební navážky a součinitel LA. (ČSN EN 1097-2:2010)

4.6.5 Petrografický rozbor

V případě přítomnosti vápence se provádí petrografický rozbor. Vzorek se nejdříve posoudí vizuálně k určení druhu horniny nebo minerálního typu. Každý druh horniny musí být pečlivě prozkoumán použitím lupy, stereoskopického mikroskopu nebo jiným vhodným přístrojem. Na základě zkoumání se dále určí náležitý název horniny, přičemž se přednostně použije název z terminologie dle ČSN EN 932-2. (ČSN EN 932-3:1999)

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Dlouhodobé sledování fyzikálních vlastností recyklátu

Zjišťování vlastností recyklované šterkodrtě bylo provedeno na základě odebraných kontrolních vzorků během recyklace z již dokončených staveb společnosti ŽSD, a.s. proběhnutých v letech 2012 až 2015, na nichž byly provedeny zkoušky v akreditované železniční zkušební laboratoři č. 1305 společnosti KOLEJCONSULT & servis, spol. s.r.o. (reakreditovaná v roce 2011 dle ČSN EN / IEC 17 025 : 2005). Počet odebraných vzorků je závislý na charakteru dané stavby (např. 2 až 20 odběrů vzorků na jednu stavbu). Protože se jedná o početné množství sledovaných staveb za dané období, jsou proto níže zpracované výsledky jejich průběžně odebíraných vzorků zprůměrovány.

Odebrané vzorky recyklované šterkodrtě frakce 0/32 mm byly vyhodnocovány podle předpisu SŽDC S4, příloha 17 - Použití recyklované šterkodrtě v konstrukčních vrstvách tělesa železničního spodku. Výsledky rozboru a jejich srovnání s předepsanými parametry jsou pak stanoveny v tabulkách a grafech v následujících podkapitolách.

Tab. 4 *Přehled dokončených staveb a množství recyklované šterkodrtě frakce 0/32 mm vyrobené firmou ŽSD, a.s. v průběhu sledovaného období 2012 - 2015*

Přehled staveb a množství vyrobeného recyklátu frakce 0/32 mm v megagramech			
2012			
Plzeň I.	2 223 Mg	Ostrov nad Oslavou	10 679 Mg
Plzeň II.	4 110 Mg	Ústí nad Orlicí I.	11 634 Mg
Kařízek I.	10 770 Mg	Břeclav I.	11 175 Mg
Střelná I.	15 186 Mg	Celkem	74 620 Mg
Studénka nad Odrou	5 234 Mg		
Přerov I.	1 521 Mg		
Celkem	39 044 Mg		
2013		2015	
Ústí nad Orlicí I.	2 223 Mg	Praha - Hostivař I.	6 055 Mg
Střelná II.	2 897 Mg	Praha - Hostivař II.	7 369 Mg
Plzeň III.	1 780 Mg	Hustopeče nad Bečvou	13 566 Mg
Přerov I.	3 730 Mg	Olomouc	5 763 Mg
Celkem	10 630 Mg	Šumperk	12 595 Mg
		Trutnov	13 571 Mg
2014		Frýdlant nad Ostravicí	12 079 Mg
Cheb I.	12 346 Mg	Ostrov nad Oslavou II.	15 947 Mg
Plzeň - Klabava I.	5 793 Mg	uzel Plzeň I.	8 715 Mg
Plzeň - Klabava II.	16 912 Mg	Plzeň - Třemošná	18 147 Mg
Olomouc I.	6 081 Mg	Celkem	113 807 Mg

Cílem níže provedených zkoušek je tedy stanovení a zhodnocení vlastností recyklované šterkodrtě frakce 0/32 mm vyrobené za sledované období, které je uvedeno v Tabulce 4.

5.1.1 Výsledky zkoušek fyzikálních vlastností za rok 2012

Za rok 2012 bylo z vyzískaného kameniva z kolejového lože vyrobeno recyklací celkem 39 044 Mg recyklátu frakce 0/32 mm ($1,758 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Vyroběný materiál je propustný, nenamrzavý a velmi dobře zhutnitelný. Výsledky prokazují, že je vhodný jako materiál pro zřizování konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku, což znamená, že svými technickými parametry zaručuje kvalitní provedení konstrukčních vrstev.

Naměřené výsledky granulometrického složení recyklátu jsou tabelárně zpracovány v Tabulce 5 a graficky jsou zpracovány v křivce zrnitosti na Obrázku 7.

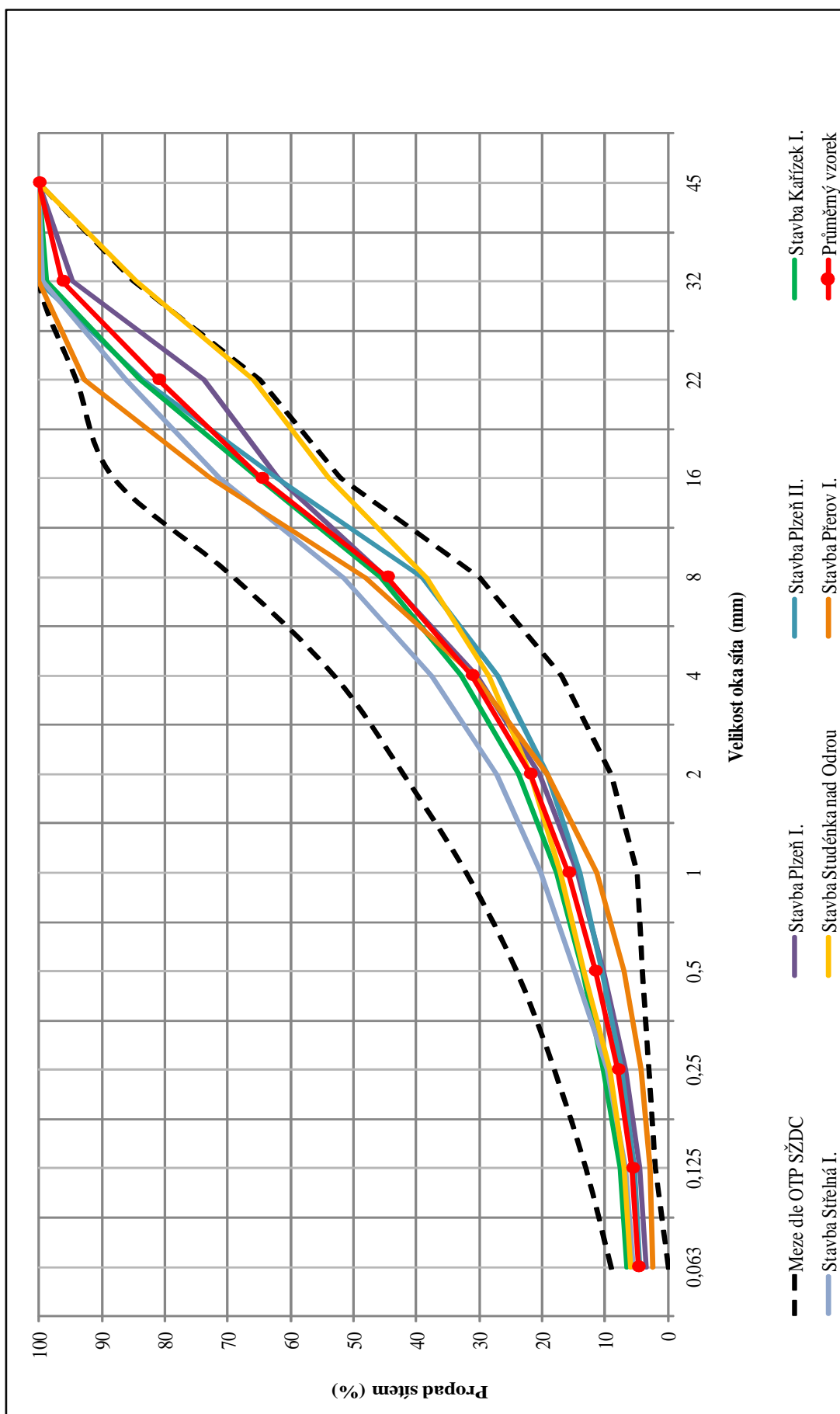
Tab. 5 *Granulometrické složení recyklované šterkodrtě zpracované za rok 2012*

Velikost zrn (mm)	Limitní hodnoty (%)	Propad sítím na jednotlivých frakcích ze vzorků odebraných v roce 2012 (%)						Průměrný vzorek (%)
		1	2	3	4	5	6	
63	100							
45	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
32	85 - 100	94,70	100,00	98,73	99,45	84,58	100,00	96,24
22	65 - 94	73,85	83,43	83,98	86,13	65,83	92,75	81,00
16	52 - 88	62,05	62,30	65,19	71,28	53,97	72,85	64,61
8	30 - 69	44,85	38,98	45,60	51,73	38,38	48,15	44,60
4	17 - 53	30,30	26,98	32,87	37,53	28,55	30,75	31,16
2	9 - 42	20,35	19,15	23,69	27,16	21,93	19,20	21,91
1	5 - 32	14,40	13,95	17,70	20,22	17,17	11,35	15,80
0,5	4 - 24	10,20	10,48	13,63	14,89	13,45	7,00	11,60
0,25	3 - 18	6,70	7,48	10,35	9,75	9,17	4,25	7,95
0,125	2 - 13	4,50	5,35	7,67	6,73	6,98	2,80	5,67
0,063	0 - 9	3,45	4,48	6,58	5,63	6,03	2,35	4,75
0,05	—							
Nadsítné (%)	max. 15	5,30	0,00	1,26	0,54	15,42	0,00	7,75
Jemné částice (%)	max. 9	3,45	4,48	6,58	5,63	6,03	2,35	4,75
Cizorodé částice (%)	max. 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,02
Číslo nestejzornosti C_u	min. 15	31,00	35,25	68,17	45,80	66,50	15,00	43,62

Vysvětlivky k Tab. 5:

- | | |
|--|---|
| 1 - stavba Plzeň I. (odebrány 2 vzorky) | 4 - stavba Střelná I. (odebráno 15 vzorků) |
| 2 - stavba Plzeň II. (odebrány 4 vzorky) | 5 - stavba Studénka nad Odrou (odebráno 6 vzorků) |
| 3 - stavba Kařízek I. (odebráno 12 vzorků) | 6 - stavba Přešov I. (odebrány 2 vzorky) |

Sledované množství vyrobené recyklované šterkodrti frakce 0/32 mm svými výsledky vyhovuje z hlediska OTP a SŽDC S4 požadovaným parametrům a splňuje stanovené limitní hodnoty. Nulové hodnoty pak vykazují zjištění obsahu cizorodých částic.



Obr. 7 Křivka zrnitosti recyklované štrkodrně frakce 0/32 mm zpracované za rok 2012

5.1.2 Výsledky zkoušek fyzikálních vlastností za rok 2013

Za rok 2013 bylo z vyzískaného kameniva z kolejového lože vyrobeno recyklací celkem 10 630 Mg recyklátu frakce 0/32 mm (1, 758 Mg.m⁻³). Materiál splňuje dané požadavky propustnosti, nenamrzavosti a je velmi dobře zhutnitelný. Výsledky prokazují, že je vhodný jako materiál pro zřizování konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku, což znamená, že technickými parametry zaručuje kvalitní provedení konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku.

Naměřené výsledky granulometrického složení recyklátu jsou tabelárně zpracovány v Tabulce 6 a graficky jsou zpracovány v křivce zrnitosti na Obrázku 8.

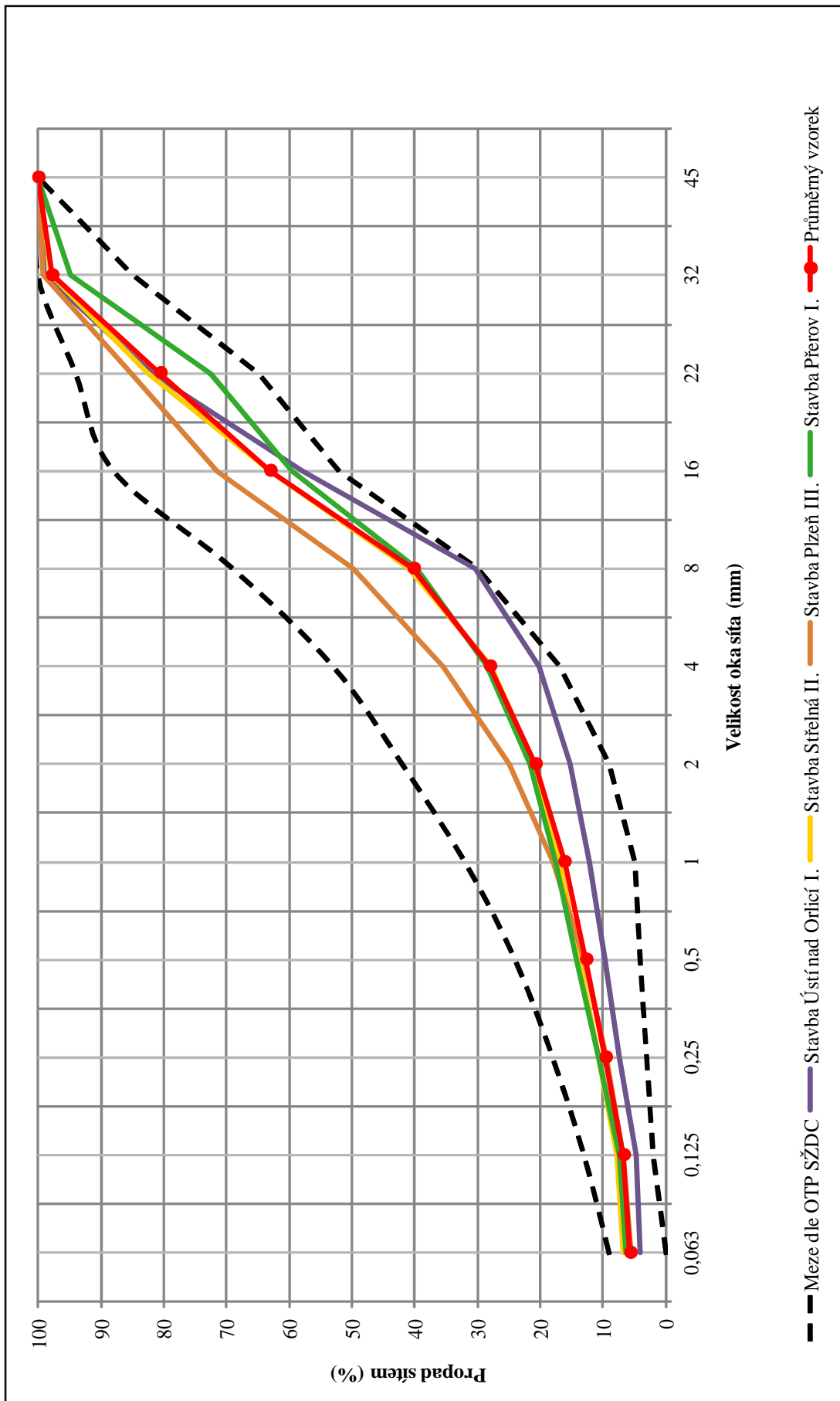
Tab. 6 *Granulometrické složení recyklované štěrkodrtě zpracované za rok 2013*

Velikost zrn (mm)	Limitní hodnoty (%)	Propad sítím na jednotlivých frakcích ze vzorků odebraných v roce 2013 (%)				Průměrný vzorek (%)
		1	2	3	4	
63	100					
45	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
32	85 - 100	99,10	98,05	99,17	94,86	97,80
22	65 - 94	81,90	82,55	85,17	72,62	80,56
16	52 - 88	57,90	63,10	71,53	59,56	63,02
8	30 - 69	30,40	41,00	49,80	39,58	40,20
4	17 - 53	20,20	27,95	35,53	28,42	28,03
2	9 - 42	15,30	21,05	25,00	21,68	20,76
1	5 - 32	12,20	17,00	17,97	17,50	16,17
0,5	4 - 24	9,70	13,80	13,07	14,18	12,69
0,25	3 - 18	7,30	10,80	9,47	10,76	9,58
0,125	2 - 13	4,80	7,90	6,70	7,48	6,72
0,063	0 - 9	4,00	6,85	5,43	6,30	5,65
0,05	—					
Nadsítné (%)	max. 15	0,90	1,95	0,83	5,14	2,21
Jemné částice (%)	max. 9	4,00	6,85	5,43	6,30	5,65
Cizorodé částice (%)	max. 1	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01
Číslo nestejnozrnitosti C_u	min. 15	31,00	67,50	43,00	73,40	53,73

Vysvětlivky k Tab. 6:

- 1 - stavba Ústí nad Orlicí I. (odebrán 1 vzorek) 3 - stavba Plzeň III. (odebrány 3 vzorky)
 2 - stavba Střelná II. (odebrány 2 vzorky) 4 - stavba Přešov I. (odebráno 5 vzorků)

Sledované množství vyrobené recyklované štěrkodrti frakce 0/32 mm svými výsledky celkově vyhovuje z hlediska OTP a SŽDC S4 požadovaným parametrům a splňuje také stanovené limitní hodnoty. Bezvýznamné výsledky jsou pak opět vykazovány zjištěním obsahu cizorodých částic v recyklované štěrkodrti.



Obr. 8 Křivka zrnitosti recyklované štěrkodrtě frakce 0/32 mm zpracované za rok 2013

5.1.3 Výsledky zkoušek fyzikálních vlastností za rok 2014

V roce 2014 bylo z vyzískaného kameniva z kolejového lože vyrobeno recyklací celkem 74 620 Mg recyklátu frakce 0/32 mm (1, 758 Mg.m⁻³). Materiál splňuje požadavky propustnosti, nenamrzavosti a je velmi dobře zhutnitelný. Výsledky prokazují, že je vhodný jako materiál pro zřizování konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku, což znamená, že technickými parametry zaručuje kvalitní provedení těchto vrstev.

Naměřené výsledky granulometrického složení recyklátu jsou tabelárně zpracovány v Tabulce 7 a graficky jsou zpracovány v křivce zrnitosti na Obrázku 9.

Tab. 7 *Granulometrické složení recyklované štěrkodrtě zpracované za rok 2014*

Velikost zrn (mm)	Limitní hodnoty (%)	Propad sítím na jednotlivých frakcích ze vzorků odebraných v roce 2014 (%)							Průměrný vzorek (%)
		1	2	3	4	5	6	7	
63	100								
45	100	100,00	100,00	100,00	100,00	99,75	100,00	100,00	99,96
32	85 - 100	97,28	92,07	100,00	98,68	92,64	93,62	99,09	96,20
22	65 - 94	86,07	94,00	91,64	86,97	76,85	81,46	85,93	86,13
16	52 - 88	69,14	58,57	78,20	72,70	63,61	66,24	70,85	68,47
8	30 - 69	46,38	41,45	54,76	50,43	44,16	43,70	49,67	47,22
4	17 - 53	32,88	28,85	38,60	36,40	32,04	31,36	36,24	33,77
2	9 - 42	23,80	21,07	27,26	27,02	24,42	23,82	27,17	24,94
1	5 - 32	18,16	15,68	19,33	20,35	19,20	18,70	20,58	18,86
0,5	4 - 24	14,47	12,07	14,08	15,57	15,35	14,47	15,04	14,44
0,25	3 - 18	11,24	9,43	10,34	11,43	11,22	11,00	9,95	10,66
0,125	2 - 13	8,32	7,12	7,50	8,35	7,93	7,80	6,70	7,67
0,063	0 - 9	0,00	5,20	5,66	6,43	5,56	4,96	0,00	3,97
0,05	—								
Nadsítné (%)	max. 15	2,73	7,93	0,00	1,32	7,34	6,36	0,91	3,80
Jemné částice (%)	max. 9	6,96	5,75	5,99	6,65	6,58	6,38	5,32	6,23
Cizorodé částice (%)	max. 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Číslo nestejnzrnitosti C_u	min. 15	68,08	60,00	47,25	69,00	76,20	58,00	45,91	60,63

Vysvětlivky k Tab. 7:

1 - stavba Cheb I. (odebráno 13 vzorků)

5 - stavba Ostrov nad Oslavou (odebráno 10 vzorků)

2 - stavba Plzeň - Klabava I. (odebráno 6 vzorků)

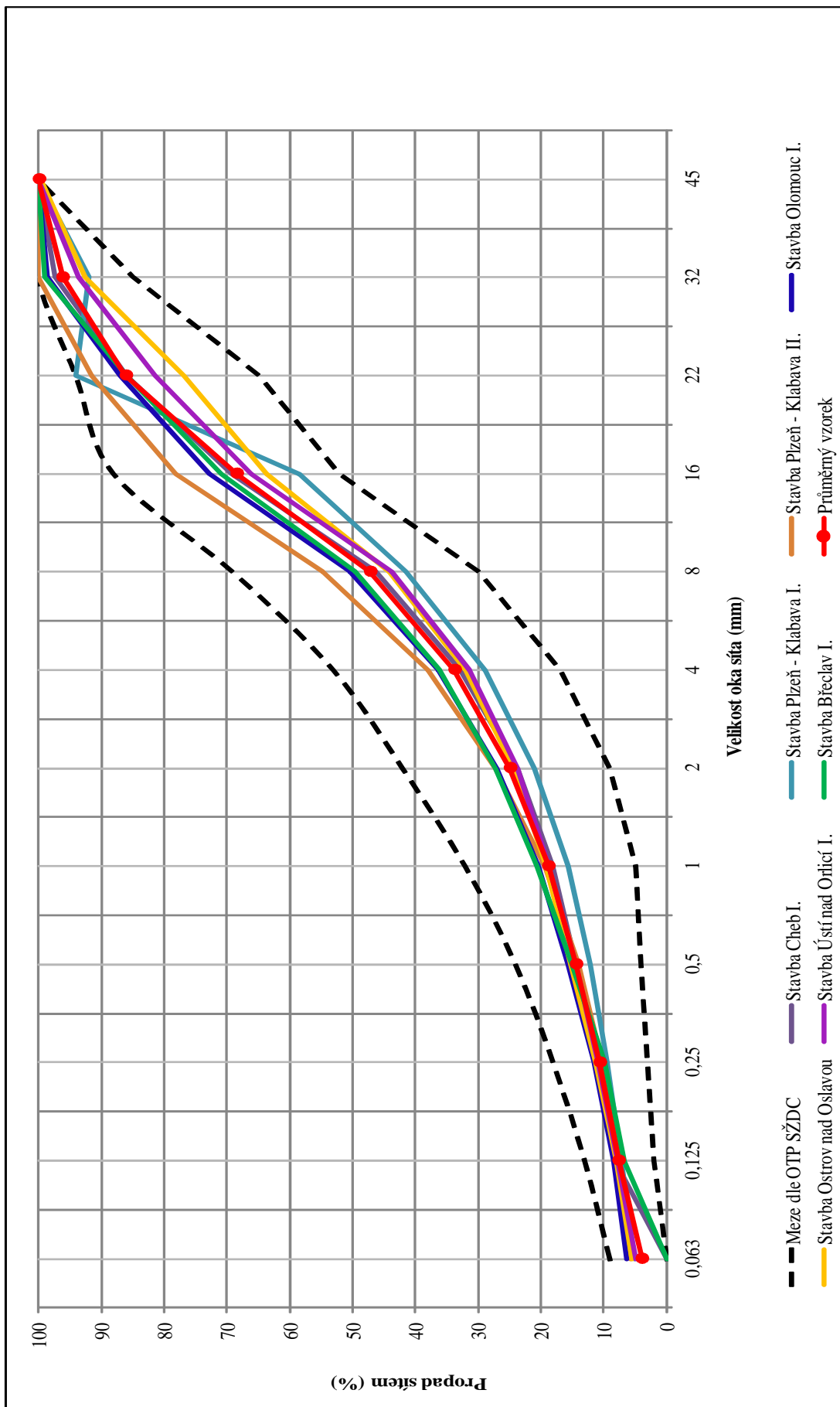
6 - stavba Ústí nad Orlicí I. (odebráno 5 vzorků)

3 - stavba Plzeň - Klabava II. (odebráno 8 vzorků)

7 - stavba Břeclav I. (odebráno 11 vzorků)

4 - stavba Olomouc I. (odebráno 6 vzorků)

Sledované množství vyrobeného recyklátu svými výsledky celkově vyhovuje z hlediska OTP a SŽDC S4 požadovaným parametrům a splňuje také stanovené limitní hodnoty. Nulové výsledky jsou potom opět vykazovány zjištěním obsahu cizorodých částic. U staveb 2,3 a 4 byly recykláty dle OTP čl. 76 a dle ČSN EN 932-1 také zkoušeny na přítomnost vápence, který nakonec recyklovaná štěrkodrt' neobsahovala.



Obr. 9 Křivka zrnitosti recyklované štěrkodrtě frakce 0/32 mm zpracované za rok 2014

5.1.4 Výsledky zkoušek fyzikálních vlastností za rok 2015

V roce 2015 bylo z vyzískaného kameniva z kolejového lože vyrobeno recyklací celkem 113 807 Mg recyklátu frakce 0/32 mm (1, 758 Mg.m⁻³). Materiál splňuje požadavky propustnosti, nenamrzavosti a je velmi dobře zhutnitelný. Výsledky prokazují, že je vhodný jako materiál pro zřizování konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku, což znamená, že technickými parametry zaručuje kvalitní provedení konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku.

Naměřené výsledky granulometrického složení recyklátu jsou tabelárně zpracovány v Tabulce 8 a graficky jsou zpracovány v křivce zrnitosti na Obrázku 10.

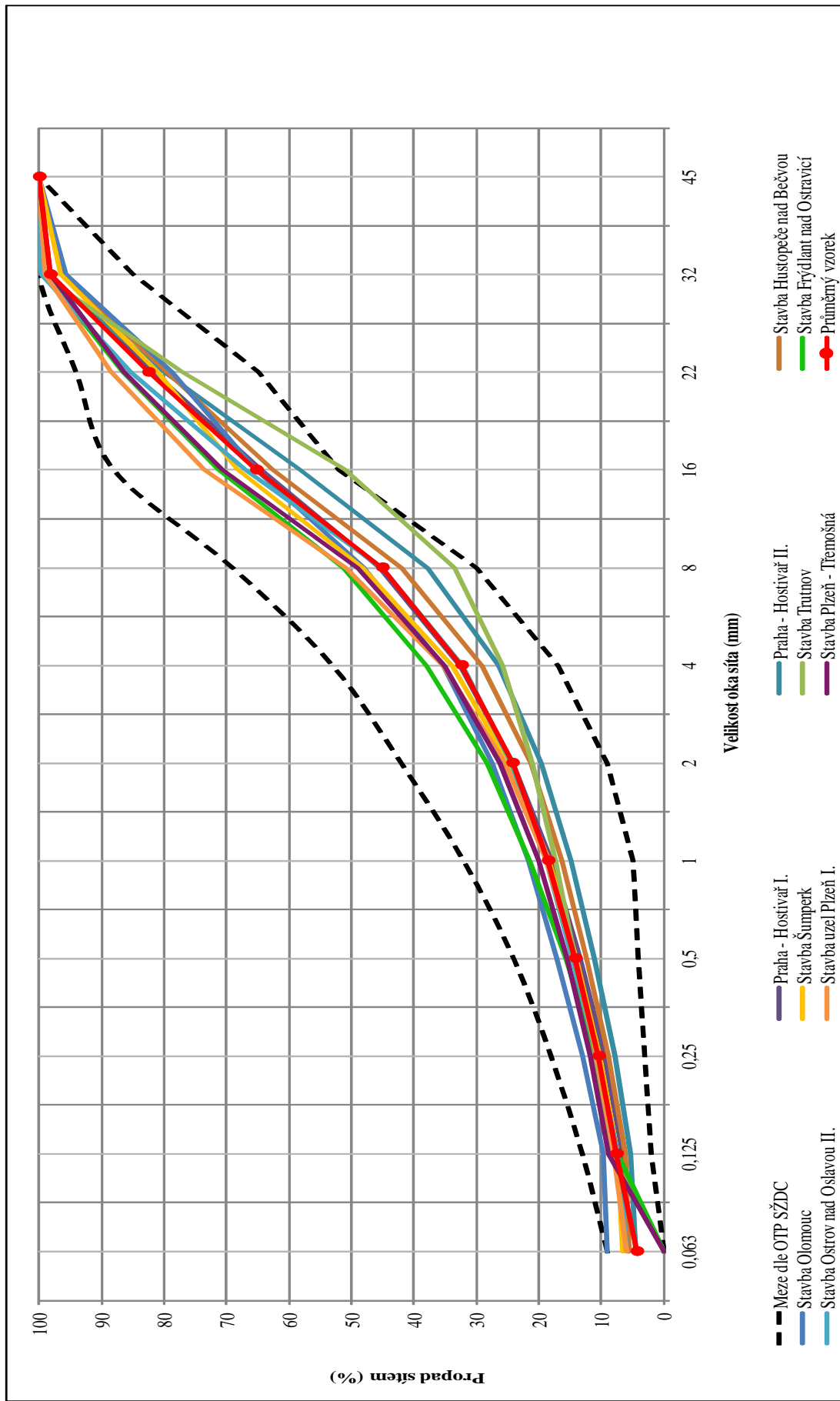
Tab. 8 *Granulometrické složení recyklované štěrkodeřti zpracované za rok 2015*

Velikost zrn (mm)	Limitní hodnoty (%)	Propad sítím na jednotlivých frakcích ze vzorků odebraných v roce 2015 (%)										Průměrný vzorek (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
63	100												
45	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
32	85 - 100	98,50	99,51	96,36	95,82	96,50	99,65	98,93	99,70	99,01	98,27	98,23	
22	65 - 94	81,72	79,90	79,57	78,68	81,09	77,15	86,62	85,40	88,55	86,39	82,51	
16	52 - 88	64,50	58,30	62,56	65,30	68,26	50,95	71,38	66,99	73,58	70,59	65,24	
8	30 - 69	45,35	37,77	41,95	48,00	48,12	33,50	51,16	44,95	50,90	48,97	45,07	
4	17 - 53	32,53	26,47	29,14	35,30	33,88	25,80	37,92	32,30	35,25	35,21	32,38	
2	9 - 42	24,22	19,56	21,34	27,37	24,74	20,95	28,23	24,44	25,38	26,31	24,25	
1	5 - 32	17,97	14,74	16,26	21,67	18,38	17,30	21,41	18,86	18,71	19,98	18,53	
0,5	4 - 24	13,32	11,13	12,30	17,18	13,93	14,25	15,63	14,60	14,20	15,45	14,20	
0,25	3 - 18	9,40	7,76	8,74	13,02	10,28	11,25	10,71	10,72	10,70	11,68	10,43	
0,125	2 - 13	6,65	5,39	6,20	9,73	7,47	8,70	7,40	7,32	8,01	8,91	7,58	
0,063	0 - 9	5,80	4,49	5,52	9,05	6,60	0,00	0,00	5,87	5,98	0,00	4,33	
0,05	—												
Nadsítiné (%)	max. 15	1,50	0,49	3,64	4,02	3,50	0,35	1,10	0,29	0,99	1,89	1,78	
Jemné částice (%)	max. 9	4,38	4,49	5,39	8,40	6,00	6,65	5,92	5,87	6,64	7,70	6,14	
Cizorodé částice (%)	max. 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Číslo nestejnzrnatosti C_u	min. 15	55,17	45,14	46,57	102,00	57,50	106,00	53,83	60,63	53,00	71,06	65,09	

Vysvětlivky v Tab. 8:

- | | |
|--|--|
| 1 - stavba Praha - Hostivař I. (odebráno 6 vzorků) | 6 - stavba Trutnov (odebrány 2 vzorky) |
| 2 - stavba Praha - Hostivař II. (odebráno 7 vzorků) | 7 - stavba Frýdlant nad Ostravicí (odebráno 12 vzorků) |
| 3 - stavba Hustopeče nad Bečvou (odebráno 14 vzorků) | 8 - stavba Ostrov nad Oslavou II. (odebráno 16 vzorků) |
| 4 - stavba Olomouc (odebráno 6 vzorků) | 9 - stavba uzel Plzeň I. (odebráno 8 vzorků) |
| 5 - stavba Šumperk (odebráno 12 vzorků) | 10 - stavba Plzeň - Třebošná (odebráno 18 vzorků) |

Sledované množství vyrobené recyklované štěrkodeřti frakce 0/32 mm svými výsledky celkově vyhovuje z hlediska OTP a SŽDC S4 požadovaným parametrům a splňuje také stanovené limitní hodnoty. Nulové výsledky jsou i za tento sledový rok vykazovány u zjištění obsahu cizorodých částic.



Obr. 10 Křivka zrnitosti recyklované šterkodříř frakce 0/32 mm zpracované za rok 2015

5.2 Diskuse

Účelem zpracování výsledků, získaných z provedených zkoušek fyzikálních vlastností recyklované štěrkodrti frakce 0/32 mm, bylo přiblížit poznatky této práce o zhodnocení možnosti využití stavebního recyklátu do konstrukčních vrstev železničního spodku.

Prokazované vlastnosti recyklované štěrkodrtě pro užití recyklátu se ukázaly jako reálné. Hodnoty výsledků granulometrického složení sice nevykazují výrazné výchyly, avšak je třeba si uvědomit, že dané rozdíly v čáře zrnitosti recyklátu jsou způsobeny odlišným původem recyklovaného materiálu a charakterem stavby. Granulometrické složení tedy celkově splňuje předepsané požadavky. Při zhodnocení zpracovaných výsledků za sledované období 2012 - 2015 lze považovat za významný údaj maximální obsah nadsítiné frakce, jehož hodnoty jsou v rozmezí 0 až 15,42 % a dále potom číslo nestejnozrnitosti C_u , které se pohybuje v rozsahu 15 až 102. Naopak výsledky, které jsou vykazovány při zjišťování obsahu cizorodých částic v recyklovaném kamenivu, představují zanedbatelnou až bezvýznamnou položku.

V porovnání s výsledky kontrolních zkoušek z minulých let lze určit, že stavební recykláty vykazovaly horší parametry než přírodní kamenivo. Jedná se o zpracované výsledky z kontrolních zkoušek provedených v letech 1998 - 2006 na novou štěrkodrt', recyklovanou štěrkodrt' a výzisk. Celkem se jednalo o 835 vzorků a zkoušky provedla Stavební geologie - Geotechnika a.s. na stavbách II. tranzitního koridoru (úsek Břeclav-Petrovice u Karviné a Česká Třebová-Přerov). I když došlo v průběhu dostavby určitých traťových úseků ke změně předpisové základny, a to přijetím evropských norem k 1. 4. 2004, postupovalo se při provádění kontrolních zkoušek podle předpisů v době zahájení staveb (dle OTP z r. 1998). Recyklovaná štěrkodrt' a výzisk vykazovaly větší počet nevyhovujících kontrolních zkoušek, především v kategorii křivky zrnitosti a obsahu odplavitelných částic (nyní nahrazeno ukazatelem stanovení obsahu jemných částic), i když vzorků recyklované štěrkodrti bylo odebráno zhruba desetkrát méně než vzorků nové štěrkodrti. Výsledky zkoušek štěrkodrti provedených v letech 2007 - 2012 však vykazovaly zlepšení. Celkem bylo odebráno 271 vzorků na stavbách, jejichž investorem byla SŽDC, Stavební správa Olomouc. Množství odebraných kontrolních vzorků bylo oproti množství vzorků z let 1998 - 2006 třetinové. Výsledky však vykazovaly zlepšení kvality recyklované štěrkodrti a snížení procenta nevyhovujících výsledků. (Kresta 2012)

Vzhledem k rekonstrukcím či modernizacím objektům železničních koridorů se jeví spotřeba recyklátu, při praktických aplikacích, jako významný způsob, jak postupovat při úspoře primárních zdrojů kameniva a zároveň přispívat ke smysluplnému zhodnocení stavebního odpadu. Spotřeba jinak nevyužitelného materiálu takto přispívá k zajištění trvale udržitelného rozvoje a zlepšení životního prostředí. V roce 1996 se vyprodukovalo téměř 97 tisíc tun recyklovaného kameniva, rok poté celkem 174 tisíc tun a v roce 1998 se jednalo o množství dokonce 330 tisíc tun materiálu. Není tedy překvapivé, že v roce 2015 bylo vykázáno Českými drahami v přepočtu 4,5 milionů tun recyklovaného materiálu vyprodukovaného již od počátku projektu.

Kamenivo frakce 0/32 mm, ať už se jedná o štěrkopísek nebo štěrkodrt', představuje důležitý prvek v konstrukci pražcového podloží. Stejně jako ostatní stavební materiály musí splňovat požadavky stanovené předpisem ČD S4 a příslušnými pokyny vydanými ČD. Materiály způsobilé pro konstrukci pláň železničního spodku je dosud možné získat v zásadě dvěma odlišnými způsoby. Jako první je užití nového materiálu z lomů v okolí stavby, druhým pak využití výzisku z předrceného štěrkového lože. U prvního způsobu je nepochybnou výhodou skutečnost, že je takový materiál k dispozici obvykle v neomezeném množství. Hlavní problém použití však spočívá v tom, že tento přírodní materiál bez jakýchkoliv dalších úprav kamenolomu nebo pískovny často nesplňuje požadavky zrnitosti. I v případě dalších úprav je jeho použití složité, protože technologická zařízení lomů jsou buďto zastaralá nebo také přizpůsobena výrobě úzkých frakcí a jejich nastavení pro výrobu kameniva dle požadavků ČD je komplikované. To vede k dalším úpravám materiálu prováděných na meziskládkách pomocí stavební techniky. Takový materiál sice vyhovuje požadavkům ČD včetně zrnitosti, ale jeho vlastnosti jsou po porovnání výsledků z jednotlivých kontrolních zkoušek rozdílné. U druhého způsobu je výhodou hlavně využití podstatné části kvalitního recyklovaného materiálu, získaného předrcením štěrku frakce 32/63 mm. V případě odpovídajícího nastavení vhodného drtiče je možné získat štěrkodrt' frakce 0/32 mm, jejíž zrnitost se nachází v požadované oblasti. Nicméně nevýhodou je skutečnost, že množství tímto způsobem získaného materiálu je omezeno objemem štěrku v kolejovém loži a není dostačující pro konstrukci pražcového podloží. V rámci doplnění potřebného materiálu je potom k dispozici přírodní kamenivo. (Suchánek 1998) Shrnou-li se uvedené výhody a nevýhody obou způsobů, je možno vyhodnotit jednoznačný závěr.

6 ZÁVĚR

Recyklace výzisku poskytuje současně dvojí řešení. V první řadě jde o minimalizaci ekologicky nesprávných zásahů do krajiny, a to snížením těžby nového přírodního kameniva a na druhou stranu řeší otázku druhotného využití odpadu. Tento fakt má velký význam rovněž pro ekonomickou výhodnost. I když je cena za recyklát jen o něco málo nižší než cena nového kameniva, odpadají přitom velké náklady za uložení odpadu. Další výhodností je mobilita recyklačních linek, díky čemuž dochází k úsporám nákladů na přepravu. O recyklaci kameniva se rozhodlo až v roce 1996. ČD proto zavedly podmínky pro soukromé firmy, které tak mohou podnikat v oblasti, jež je náročná obzvlášť na investice do speciálních stavebních strojů. (Kubešová 2002)

Modernizace tranzitních koridorů ČD, jež se řadí mezi největší projekty železnice na našem území, s sebou přinesla zdroj nového získávání stavebních surovin. V dnešní době je již plně prokázáno, že recyklací a regenerací starého kameniva z konstrukčních vrstev je reálné pokrýt až polovinu materiálové náročnosti. Významným přínosem je úspora za dopravu přírodních materiálů, nezatěžování životního prostředí zplodinami z nákladních automobilů, dále pak ušetření a neničení silniční sítě a také šetření nemalých finančních prostředků zajišťující odpadového hospodářství. V rámci mezinárodní významnosti se Česká republika v recyklaci materiálu pražcového podloží řadí mezi evropskou elitu, poněvadž se v současnosti recyklací a znovuvyužitím použitých materiálů do konstrukčních vrstev železničního spodku vybývá výhradně jen Německo a Francie. Předrcením a poté následným tříděním starých směsí přírodního kameniva vznikne vysoce kvalitní materiál, jenž lze přímo použít do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku a kolejového lože. Za optimální se považuje použití zařízení, které je uzpůsobeno výrobě směsi kameniva dle požadavků a současně využívá dostupných materiálů. Výtěžnost vstupního materiálu z mezistaničních úseků činí až 60 % hodnotného recyklovaného štěrku frakce 32/63 mm s podmínkou, že se vyrobí 20 % hodnotného recyklované štěrku frakce 0/32 mm, kterou lze také využít jako náhradu štěrkopísků do sanačních vrstev železničního spodku. Z této skutečnosti vyplývá, že na skládky je potřeba uložit jen 20 - 30 % jinak nevyužitelného vytěženého štěrku, což přináší vzhledem k současným cenám za zneškodnění odpadu a k jeho transportu znatelnou úsporu nákladů. Stávající ceny pro štěrk a ceny dopravy přináší jednoznačnou ekonomickou výhodnost použití stavebních recyklátů, do které patří úspora nákladů za zneškodnění odpadů a jeho transport na často vzdálené sklady. Do daných úspor

je potřeba řadit samozřejmě také opětovné využití vyzískané štěrkočrty. Existují však rovněž i možné komplikace, které vznikají při použití vytěženého štěrkového lože z železničních stanic jako vstupního materiálu do procesu recyklace. V těchto úsecích bývá totiž štěrkové lože z převážné části znečištěné, a to hlavně hlinitými částicemi, popelem, škvárou, ropnými látkami atd. Jestliže je užito tohoto vstupního materiálu, který je navíc také znásoben možnou přítomností mokrého štěrku, vzniká při recyklaci problém s oddělením těchto směsí. Takovýto recyklovaný materiál pak vykazuje znatelné pohledové znečištění a bez dalšího procesu „praní“ je charakterizován jako nevhodný pro opětovné použití do nového štěrkového lože. Dalšími úpravami vyzískaného materiálu se pak navyšují náklady, čímž se přímou úměrou snižuje ekonomická výhodnost. Současná zkušenost řeší tento problém předrcením na štěrkočrt frakce 0/32 mm a následným použitím při sanacích železničního spodku. Ke zkušenostem s využíváním stavebních recyklátů je nutno také zahrnout aplikaci technologií AHM 800R a RPM 2002 určených pro sanační práce železničního spodku. Při praktickém použití těchto technologií i pro další využití recyklovaných materiálů na stavbách železničních koridorů se prokázala jako vhodný materiál sanačních prací železničního spodku kvalitní recyklovaná štěrkočrt získaná z výzisku kolejového lože. Shrnutím zjištěných skutečností lze na závěr této práce zhodnotit celou problematiku, a to tak, že z ekonomického hlediska je nejvýhodnější využití čistého původního štěrkového lože k výrobě kvalitního recyklovaného štěrku frakce 32/63 mm pro užití do spodních vrstev štěrkového lože. Naopak u štěrku znečištěného je z ekonomického hlediska výhodnější předrcení na kvalitní štěrkočrt frakce 0/32 mm, její následné smíchání na požadovanou zrnitost a poté náležitým technologickým postupem tento recyklovaný materiál dále využít pro sanační práce železničního spodku. (Suchánek 1998)

Předmětem diplomové práce bylo vypracovat přehled o stavebních recyklátech a technickém řešení konstrukcí železničního spodku, v další části se jednalo o provedení specifikace vlastností recyklátů se zřetelem na možnosti jejich využití při výstavbě konstrukce železničního spodku. Poslední část byla věnována celkovému zhodnocení zjištěných skutečností z hlediska přínosů a případných rizik při použití recyklátů do konstrukcí železničního spodku. Při zpracování práce vycházel autor především z poskytnuté dokumentace stavební firmy ŽSD, a.s., z odborné literatury, OTP a TP upravující použití recyklátů do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku, dále z technických norem definující požadavky na kamenivo a předpisu SŽDC S4.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Knihy a periodika

- ESVELD, Coenraad. *Modern railway track*. Second edition. Zaltbommel: MRT - Productions, c2001, 2nd ed. 654 str. ISBN 90-800-3243-3.
- HUDEČEK, Leopold. *Železniční stavby: kurz zajišťuje VŠB Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-729-1.
- KRESTA, František. *Druhotné suroviny v dopravním stavitelství: Secondary materials in highway engineering*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012, 140 s. ISBN 978-80-248-2890-9.
- KULÍSEK, K. NOVOTNÝ, B. Sborník konference RECYCLING 2000, *Environment a jakost v recyklaci stavebních materiálů*. Brno: VUT Brno (Fakulta strojního inženýrství) ve spolupráci s Asociací pro rozvoj stavebních materiálů.
- LIEBERENZ, K., MÜLLER - BORUTTAU, F., WEISEMANN, U.: *Sicherung der dynamischen Stabilität von Unterbau/Untergrund. Der Eisenbahningenieur*, 2003, roč. 54, čís. 2, str. 14 - 24.
- NOVOTNÝ, B. Recyklace kameniva, kolejového lože a jeho sanace. *Odpady: odborný časopis pro odpadové hospodářství a ekologii*. Praha, 2000, (12), s. 19 - 20. ISSN 1210-4922.
- NOVOTNÝ, B. a kol. *Technologie zpracování materiálu z kontaminovaného kolejového lože*. Dílčí zpráva projektu TC 5-094, DUFONEV R.C. a.s. Brno, 1999
- PLÁŠEK, Otto. *Železniční stavby: železniční spodek a svršek*. Vydání 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2620-9.
- PUCHRÍK, Jaroslav. *Dopravní stavby*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 195 s. ISBN 80-214-2814-7.
- SUCHÁNEK, Aleš, 2001. *Ekonomické přínosy procesu recyklace železničního šterku a stavebních sutí, s. 54-58: Sborník přednášek z mezinárodního regionálního semináře k problematice podnikového environmentálního účetnictví (Česká republika, Slovensko, Polsko a Maďarsko)*. Brno, 2001, 92 s.
- SUCHÁNEK, Aleš. *Recyklace kameniva z kolejového lože: Sborník semináře Kamenivo pro železniční spodek a svršek Českých drah*. Hodonín, 04/1998.
- ŠKOPÁN, M. Sborník konference RECYCLING 2011, *Možnosti a perspektiva recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin: Výrobky z recyklá-*

tů

ze stavebních a demoličních odpadů jako druhotné suroviny. Brno: VUT Brno (Fakulta strojního inženýrství) ve spolupráci s ARSM. ISBN 978-80-214-4253-5.

- VELEBNÁ, B., PONDĚLÍČEK, M. a ŠMERÁKOVÁ R. *Vliv stavby na životní prostředí, dokumentace k získání územního rozhodnutí*. SUDOP Praha a.s., 2000.
- VÝBORNÝ, J. *Udržitelná výstavba. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04961-7.*
- VYTLAČILOVÁ, Vladimíra. *Recyklace ve stavební výrobě: Recycling in building industry*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2012, 116 s. ISBN 978-80-01-05184-9.

Internet

- (www. 1) *Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice* [online]. 2012 [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://www.arsm.cz/>
- (www. 2) *SŽDC (Správa železniční dopravní cesty)* [online]. 2016 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/o-nas/zeleznice-cr/zeleznici-sit-v-cr.html>
- (www. 3) *Stavební firma ŽSD, a.s.* [online]. 2016 [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://www.zsd.as/>
- (www. 4) *SWIETELSKY, Baugesellschaft m.b.H., technologie im Bahnbau* [online]. 2016 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.swietelsky-rail.nl/>

Ostatní zdroje

- ČESKÁ TECHNIKÁ NORMA. ČSN EN 933-1(72 1193): *Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Sítový rozbor*. Úřad pro technickou normalizaci, 2012.
- ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. ČSN EN 1097-2 (72 1194): *Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 2: Metody pro stanovení odolnosti proti drcení*. Úřad pro technickou normalizaci, 2010.
- ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. ČSN EN 932-3 (721186): *Zkoušení všeobecných vlastností kameniva - Část 3: Postup a názvosloví pro jednoduchý petrografický popis*. Úřad pro technickou normalizaci, 1999.
- Interní dokumenty společnosti SŽDC, s.o., Technická ústředna dopravní cesty, úsek tratí a budov - *Evidence o stavu množství zrecyklovaného a přírodního kameniva užívaného při rekonstrukcích koridorů ČD v letech 1996 - 2015*.

- Interní dokumenty společnosti ŽSD, a.s. - *Evidence o produkci zrecyklovaného kameniva zpětně využitelného do konstrukčních vrstev kolejového lože v letech 2012 - 2015.*
- KUBEŠOVÁ, Věra. *Recyklace železničního kolejového lože.* Dopravní fakulta Jana Pernera, 2002. Semestrální práce. Univerzita Pardubice.
- Metodický pokyn MŽP ČR. Kritéria znečištění zemin a podzemní vody z roku 1996 [cit. 2016-02-22].
- 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 [cit. 2016-02-11].
- Nařízení vlády č. 352/2014 Sb., o plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 - 2024, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-02-11].
- Nařízení vlády č. 163/2001 Sb., kterým se stanoví technické požadavky a vybrané stavení výrobky, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-02-10].
- Obecné technické podmínky (OTP): *Kamenivo pro kolejové lože železničních drah.* In: SŽDC, ve znění změny 1. 2006, č. j. 23155/06-OP.
- Obecné technické podmínky (OTP): *Štěrkopísek, štěrkodrt' a recyklovaná štěrkodrt' pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku.* In: SŽDC, 2006, č. j. 25640/06 OP.
- Předpis SŽDC S4 - *Železniční spodek.* Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, odbor traťové hospodářství, 2008.
- TECHNICKÁ NORMA ŽELEZNIC. TNŽ 73 6949: *Odvodnění železničních tratí a stanic.* Generální ředitelství ČD, 2002.
- ŠEFL, Vladislav. Interní dokumenty společnosti ŽSD a.s. - Projektová dokumentace stavby: *Optimalizace traťového úseku Praha Hostivař - Praha hl. n., II. část - Praha Hostivař - Praha hl. n.* SUDOP Praha a.s., 2015.
- ŠTĚPÁNKOVÁ, Jitka. *Odpadové hospodářství: Projekt stavby Českých drah DDC, Optimalizace trati Praha Bubeneč - Kralupy nad Vltavou.* Hlavní inženýr projektu Ing. Langer. Praha, 2001, 68 s.
- Technické podmínky (TP): *Užití recyklovaných stavebních demoličních materiálů do pozemních komunikací.* In: Vysoké učení technické v Brně: Ministerstvo dopravy, 2011, TP 210.
- Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-04-13].
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-02-11].

- Vyhláška č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-02-22].
- Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-03-02].
- Vyhláška č. 374/2008 Sb., o přepravě odpadů a o změně vyhlášky č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-03-01].
- Vyhláška č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-04-13].
- Zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-02-11].
- Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-02-11].
- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-02-10].
- Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů [cit. 2016-02-10].
- ZUMOTOVÁ, Zuzana. *Srovnání technologických postupů rekonstrukce železničních tratí*. 2006. Studentská vědecká odborná činnost. VŠB Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Leopold Hudeček.
- ŽIŽKOVÁ, Ladislava. Interní dokumenty firmy ŽSD, a.s. - Provozní řád: *mobilní zařízení k využívání stavebních odpadů*, 2015.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1	<i>Konstrukce železniční trati s klasickým železničním svrškem</i>	17
Obr. 2	<i>Názvosloví železničního spodku</i>	18
Obr. 3	<i>Graf množství recyklovaného kameniva od roku 2012 - 2015</i>	24
Obr. 4	<i>Přehled využívání přírodního kameniva ve srovnání s recyklovaným kamenivem v letech 1996 - 2014</i>	25
Obr. 5	<i>Obecně používaný postup recyklace</i>	39
Obr. 6	<i>Křivka zrnitosti s podmínkami pro namrzavost a propustnost</i>	54
Obr. 7	<i>Křivka zrnitosti recyklované štěrkočrtě frakce 0/32 mm zpracované za rok 2012</i>	58
Obr. 8	<i>Křivka zrnitosti recyklované štěrkočrtě frakce 0/32 mm zpracované za rok 2013</i>	60
Obr. 9	<i>Křivka zrnitosti recyklované štěrkočrtě frakce 0/32 mm zpracované za rok 2014</i>	62
Obr. 10	<i>Křivka zrnitosti recyklované štěrkočrtě frakce 0/32 mm zpracované za rok 2015</i>	64
Tab. 1	<i>Recyklace kameniva z železničních tratí na území ČR</i>	23
Tab. 2	<i>Technické požadavky na kvalitu recyklované štěrkočrtě</i>	49
Tab. 3	<i>Ekologické požadavky na kvalitu recyklované štěrkočrtě</i>	50
Tab. 4	<i>Přehled dokončených staveb a množství recyklované štěrkočrtě frakce 0/32 mm vyrobené firmou ŽSD, a.s. v průběhu sledovaného období 2012 - 2015</i>	56
Tab. 5	<i>Granulometrické složení recyklované štěrkočrtě zpracované za rok 2012</i>	57
Tab. 6	<i>Granulometrické složení recyklované štěrkočrtě zpracované za rok 2013</i>	59
Tab. 7	<i>Granulometrické složení recyklované štěrkočrtě zpracované za rok 2014</i>	61
Tab. 8	<i>Granulometrické složení recyklované štěrkočrtě zpracované za rok 2015</i>	63

9 SEZNAM ZKRATEK

ARSM	Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
BTEX	označení skupiny cyklických uhlovodíků (areny), používá se při určování kontaminace životního prostředí (benzen - toluen - ethylbenzen - xylen)
CEN	Comité Européen de Normalisation - Evropský výbor pro normalizaci
ČD	České dráhy, akciová společnost
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
EOX	Extractable organic halides - Extrahovatelné organické halogeny
ERRI	European Rail Research Institute - Mezinárodní železniční výzkumný ústav
CHSK	chemická spotřeba kyslíku (parametr kvality vody)
IEC	International Electrotechnical Commission - Mezinárodní elektrotechnická komise
ISO	International Organization for Standardization - Mezinárodní organizace pro normalizaci
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
„N“	kategorie odpadu „nebezpečný“
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
„O“	kategorie odpadu „ostatní“
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Specification - Systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
OTP	Obecné technické podmínky
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	Polychlorované bifenyly
SDO	Stavební a demoliční odpad
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TNŽ	Technická norma železnic
TP	Technické podmínky
TS	The Technical specification - technická specifikace
TZL	tuhé znečišťující látky
ŽP	životní prostředí

10 SEZNAM VYBRANÝCH ZNAČEK A PŮJMŮ

Seznam vybraných odborných značek, vyskytujících se v této práci, a jejich vysvětlení.

Značka	Jednotka	Pojem	Definice
d	mm	velikost zrna	číslo udávající jmenovitou velikost strany čtvercového otvoru kontrolního síta, jímž zrno propadne
I_D	%	relativní ulehlost (hutnost) zeminy	vztah mezi objemovou hmotností suché zeminy a maximální a minimální objemovou hmotností (parametr míry zhutnění)
E	MPa	modul přetvárnosti (oblast mechaniky zemin)	modul přetvárnosti, který se stanovuje jako lineární náhrada určitého úseku deformační křivky
I_{mn}	°C.den	index mrazu	charakteristika intenzity mrazového období
C_u	—	číslo nestejnozrnatosti	vztah - poměr d_{60}/d_{10} , kde d_{60} a d_{10} jsou průměry zrn odpovídající 60 %, resp. 10 % obsahu zrn z křivky zrnitosti
LA	%	součinitel Los Angeles	procentní podíl zkušební navážky, který propadl sítem 1,6 mm po ukončení zkoušky
f	%	obsah jemných částic	procentuální podíl jemných částic, které propadly sítem 0,063 mm
k_f	$m.s^{-1}$	koeficient filtrace	míra propustnosti pórovitého prostředí pro tekutinu o dané kinematické viskozitě

11 PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Strojní sestavy AHM 800-R a RPM 2002 pro sanaci železničního spodku

Příloha č. 2 Fotografie recyklované šterkodrti frakce 0/32 mm

Příloha č. 3 Fotografie recyklovaného šterku frakce 32/63 mm

Příloha č. 4 Třídíč POWERSCREEN CHIEFTAIN 1 400

Příloha č. 5 Třídíč FINLAY 883 RECLAIMER

Příloha č. 6 Čelist'ový drtič REMAX 1011 ED-B

Příloha č. 7 Drtící jednotka na plazech METSO LT 1110S

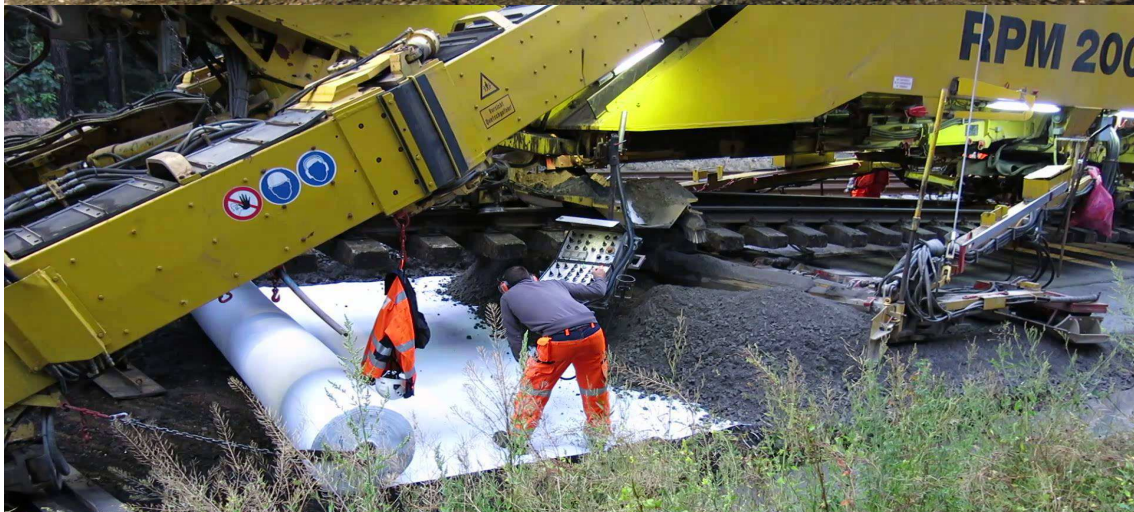
Příloha č. 8 Odrazový drtič FINLAY I-1310 RS

Příloha č. 9 Vlastní schéma recyklace společnosti ŽSD, a.s.

Příloha č. 10 Meze zrnitosti recyklované šterkodrti

Příloha č. 11 Číselné vyjádření křivek zrnitosti pro recyklovanou šterkodrt'

Příloha č. 1

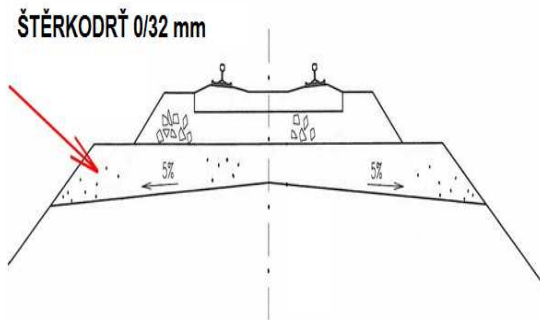


stroj	AHM 800-R	RPM 2002
počet průchodů	2 (KV + ŠL)	1
materiál konstrukční vrstvy	recyklovaný štěrk	nový štěrk
materiál štěrkového lože	nový štěrk	recyklovaný štěrk
zpětné položení kolejového roštu	na KV - špatně	na ŠL - dobře
podbití	NE	ANO
kolej ihned použitelná	NE	ANO (do 70 km/h)

Zkratky: KV - konstrukční vrstva; ŠL - štěrkové lože

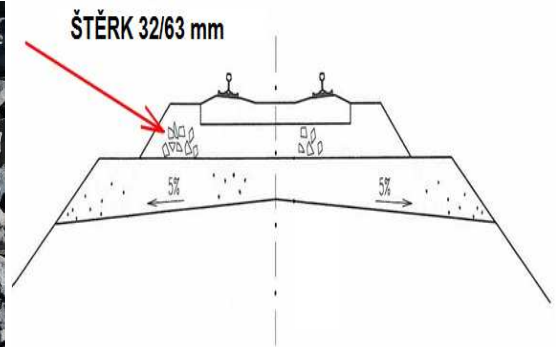
*Strojní sestavy AHM 800-R a RPM 2002 pro sanaci železničního spodku (obrázky-
www. 4, tabulka-autor)*

Příloha č. 2



Fotografie recyklované štěrkoдрti frakce 0/32 mm (ŽSD, a.s., interní dokumentace)

Příloha č. 3



Fotografie recyklovaného šterku frakce 32/63 mm (ŽSD, a.s., interní dokumentace)

Příloha č. 4



Třídíč POWERSCREEN CHIEFTAIN 1400 (ŽSD, a.s., interní dokumentace)

Příloha č. 5



Třídíč FINLAY 883 RECLAIMER (ŽSD, a.s., interní dokumentace)

Příloha č. 6



Čelistový drtič REMAX 1011 ED-B (ŽSD, a.s., interní dokumentace)

Příloha č. 7



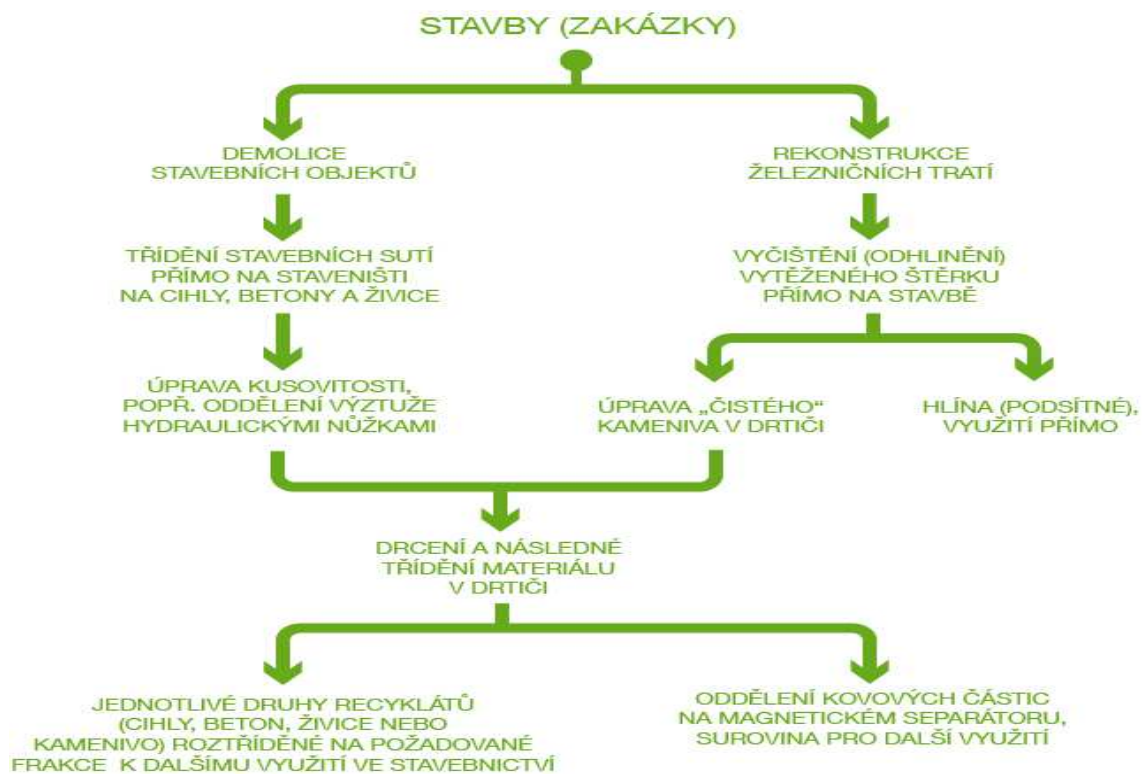
Drťící jednotka na plazech METSO LT 1110S (ŽSD, a.s., interní dokumentace)

Příloha č. 8



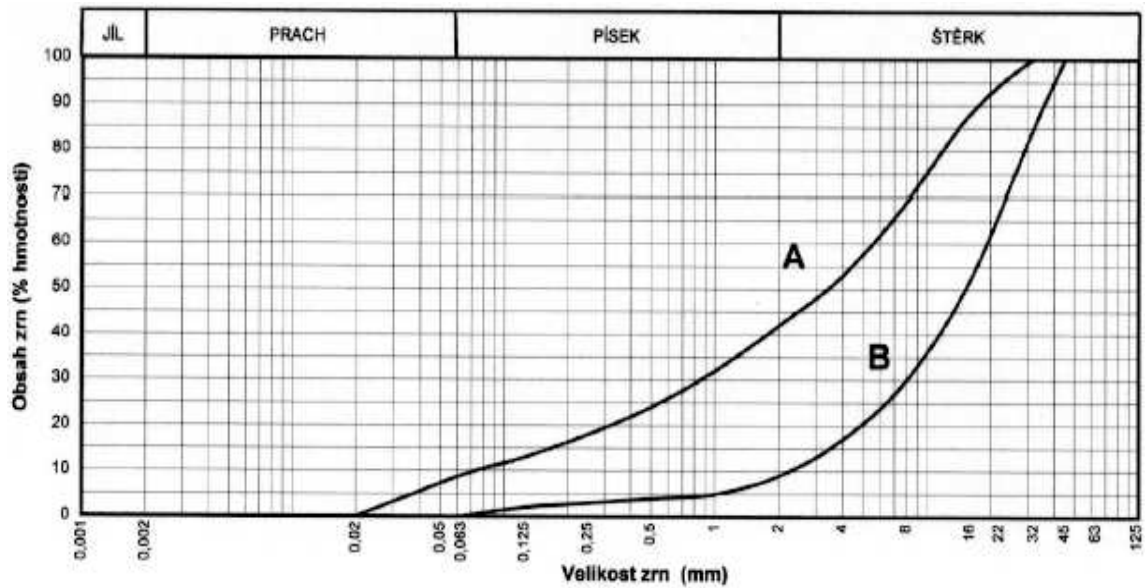
Odrazový drtič FINLAY I-1310 RS v pozadí, v popředí FINLAY 883 RECLAIMER (ŽSD, a.s., interní dokumentace)

Příloha č. 9



Vlastní schéma recyklace společnosti ŽSD, a.s. (www. 3)

Příloha č. 10



Vysvětlivky:

A, B - mezní křivky zrnitosti recyklované štěrkodrti frakce 0/32 mm do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku.

Křivka zrnitosti - součtová čára hmotnostního obsahu jednotlivých zrnitostních podílů materiálu.

Meze zrnitosti recyklované štěrkodrti (Předpis SŽDC S4)

Příloha č. 11

Číselné vyjádření křivek zrnitosti pro recyklovanou štěrkodrt' (OTP č. j. 25 640/06-OP)

Označení sít a kalibrů	Recyklovaná štěrkodrt' frakce 0/32 mm
45	100
32	85 - 100
22	-
16	52 - 88
8	30 - 69
4	17 - 53
2	9 - 42
1	5 - 32
0,5	4 - 24
0,25	3 - 13
0,125	2 - 13
0,063	0 - 9

