

Název práce: REKONSTRUKCE STAVEBNÍCH CELKŮ A RECYKLACE ODPADNÍCH MATERIÁLŮ VZNIKAJÍCÍCH PŘI ŽELEZNIČNÍCH STAVBÁCH

Prohlášení:

Prohlašuji, že předložená práce je naším původním autorským dílem, které jsme vypracovali samostatně. Literaturu a další zdroje, z nichž jsme při zpracování čerpali, v práci řádně cituji.

Anotace:

Tato semestrální práce se zabývá v širší souvislosti rekonstrukcí a recyklací materiálů vznikajících při železničních stavbách.

Klíčová slova: železnice, recyklace, rekonstrukce.

Úvod

Recyklace odpadů vznikajících při železničních stavbách je velmi obsáhlé téma. V této semestrální práci se budeme zabývat pouze odpady vznikajícími při stavbách železničního svršku a spodku bez elektrického vedení a jejich modernizaci nebo optimalizaci; nikoliv o úskalí novostaveb. Nejprve je nutné objasnit si některé základní pojmy ze železničních staveb, abychom mohli pracovat s odbornými termíny.

Železniční stavby se obecně dělí na stavby žel. svršku a žel. spodku. Do železničního svršku patří kolejový rošt (kolejnice, upevňovací a pražce) a šterkové lože. Železniční spodek je tvořen jednak plání, skládající se z různých vrstev stavebních materiálů, dále pak ze všech staveb (mosty, propustky, opěrné a zárubní zdi, přejezdy apod.).

1 Základní názvosloví

1.1 Statistické údaje

Železniční síť Českých drah je souvisle a rovnoměrně rozložena po celém území Čech, Moravy a Slezska. Zaujímá rozlohu asi 26.700 ha, které jsou vedeny v katastru nemovitostí na listu vlastnictví ČD. Síť hlavních drah a její hlavní směry jsou produktem politického, kulturního a hospodářského vývoje po několik předchozích desetiletí. Z celkové délky tratí ČD je 80 % jednokolejných, 20 % dvoukolejných a vícekolejných. Trati jsou vesměs normálního rozchodu (1435 mm), pouze trati Jindřichův Hradec - Obrataň, Jindřichův Hradec - Nová Bystřice (tyto trati jsou zprivatizovány) a Třemešná ve Slezsku - Osoblaha mají úzký rozchod (760 mm). Síť ČD se z hlediska stavebního dělí na trati celostátní a trati regionální, které tvoří asi 30 % z její celkové délky [1]. Relativně členitý terén na území České republiky vedl k nutnosti mnohé trati vést ve značných sklonech a jejich trasu rozvinout pomocí oblouků malých poloměrů, což v dnešních poměrech železnici znevýhodňuje z hlediska

vzdálenostního i rychlostního. Pro názornost např. vzdušná vzdálenost mezi Prahou a Brnem je 184 km a po trati ČD 255 km, což vyjádřeno v procentech je prodloužení o 40 %.

tab.č. 1: Směrové poměry v hlavních kolejích [1]:

Poloměr oblouku (m)	přímá	500 a větší	300 až 499	200 až 299	méně než 200
%	58	16	14	10	2

Největší sklon 57 ‰ je užit na původní ozubnicové trati Tanvald - Harrachov.

Rychlostní poměry na značné části sítě ČD odpovídají původnímu stavebnímu stavu tratí, ke zvyšování rychlostí se zatím přistupuje na modernizovaných úsecích, které se přestavují v rámci výstavby koridorů. Zde se počítá s rychlostí 140-160 km/hod.

Hlavním parametrem, který vyjadřuje přechodnost železničních tratí je traťová třída zatížení, jejímž jedním z dvou hlavních kritérií je hmotnost na nápravu (4 nápravového vozu).

tab.č. 2: Procentuální vyjádření hmotnosti na nápravu tratí ČD [1]:

hmotnost na nápravu	22,5 t	20t	18t	16t	do 16t
%	35	54	7	3	1

Železniční infrastruktura stavebního odvětví obsahuje:
železniční svršek, spodek, stavby železničního spodku, mosty, tunely a budovy .

1.2 Železniční svršek

Železniční svršek tvoří jízdní dráhu kolejových vozidel, která vozidlo nese a vede. Skládá se ze základní konstrukce, kterou tvoří koleje, výhybky a kolejové křižovatky a ze zvláštních (účelových) konstrukcích nebo konstrukčních článků, které doplňují základní konstrukci. Základní součástí železničního svršku jsou kolejnice, kolejnicové podpory (pražce), drobné kolejivo, upevňovací, kolejové lože, výhybky a kolejové křižovatky. Jednotlivé součásti se zpravidla označují podle tvaru kolejnice. Souhrn součástí a jejich sestav, které se užívají pro určitý tvar kolejnice, se označuje jako soustava železničního svršku.

Obrázek 1: Železniční svršek a spodek (elektrifikovaná dvoukolejná trať) [6]:

Kolejnice je nejdůležitější a nejdražší součástí železničního svršku. Tím, že nese a vede vozidlo, má přímý vliv na bezpečnost dopravy a na jízdní komfort. Vývoj kolejnic, co do hmotnosti na jednotku délky a pevnosti oceli v dosavadní historii železnic zpravidla s určitým předstihem, který vycházel z dlouhé životnosti koleje a relativně rychlé inovace v oblasti vozidel, reflektoval očekávaný vývoj v hmotnosti na nápravu, rychlosti vlaku provozním zatížením. Zvyšující se rychlost vlaků a požadavky na jízdní komfort vyžadovaly rovněž stále a delší výrobní délky kolejnic. V roce 1925 bylo v tehdejší Československu na 150 soustav železničního svršku se 100 různými tvary kolejnic. V roce 1929 se zavedla kolejnice tvaru T (49,71 kg/m), v roce 1963 pak pro nejzatíženější koleje kolejnice tvaru R 65 (64,93 kg/m). V důsledku hospodářských a politických změn byla v roce 1969 kolejnice tvaru T nahrazena kolejnicí S 49 stejné



hmotnostní třídy a v roce 1991 kolejnice R 65 o 5 kg lehčí kolejnicí UIC 60. Ve stejné době (od roku 1929) se minimální pevnost kolejnicové oceli v tahu zvýšila z tehdejších asi 600 MPa na dnes standardních 900 MPa. Výrobní délky kolejnic postupně narůstaly z délek pod 20 m na dnesv tuzemsku běžných až 75 m (technické možnosti ocelářského průmyslu dnes umožňují válcovat kolejnice do délek asi 120 m). Jako u jiných moderních železnic se kolejnice u ČD svařují, prakticky bez omezení délky (tzv. bezстыková kolej s plným napětím od teplotních změn).

Kolejnice jsou dodávány podle přísných jakostních norem. Pro dosažení vysoké bezpečnosti vlakové dopravy se kolejnice pravidelně prohlížejí a zkouší ultrazvukem, aby byly včas odhaleny případně vznikající vnitřní vady. Nejvyšší dokonalosti (hladkosti) jízdní dráhy, příznivé m.j. i z hlediska redukce hluku, lze dosáhnout pravidelným broušením, hoblováním nebo frézováním kolejnic. S ohledem na vysoké náklady s touto technikou spojené je však tato technologie údržby u ČD zatím používána v omezeném rozsahu. Opotřebování (ojždění) kolejnic se dříve bránilo zpravidla mazáním okolů hnacích vozidel, což je dnes již, s ohledem na nutnost snižování záporného vlivu na životní prostředí, zakázáno.

Kolejnice se zpravidla ukládají na příčné pražce. Nejdéle používaným typem pražců jsou pražce dřevěné. Používají se především pražce z tvrdého dřeva (buk, dub, akát, habr, popřípadě některé tropické dřeviny), výjimečně také z měkkého dřeva (borovice, modřín). Dřevěné pražce jsou dlouhé 2600 mm s průřezem obvykle 260 x 150 mm. V minulosti byly používány rovněž pražce ocelové. Ocelové pražce však nelze použít na elektrifikované tratě a tam, kde je zřízeno automatické nebo poloautomatické zabezpečovací zařízení, tedy v kolejích, kde musí být zajištěno vzájemné elektrické odizolování kolejnicových pásů. Betonové pražce se u ČD (ČSD) používají od roku 1950. V současné době se používají železobetonové předem předpjaté monolitické pražce o délce 2400 mm (pražec SB 8P pro podkladnicové upevnění) nebo 2600 mm (pražec B 91S pro bezpodkladnicové upevnění. Hmotnost jednoho betonového pražce se pohybuje okolo 300 kg. Pražce se do koleje ukládají v pravidelných vzdálenostech (podle předepsaného rozdělení pražců), v současné době je nejčastěji užívána osová vzdálenost pražců 600 mm)

K upevnění kolejnic na pražce se používá podkladnicové nebo bezpodkladnicové upevnění. V podkladnicovém upevnění je mezi kolejnicí a pražcem vložena ocelová deska s upínacími prvky - podkladnice. V bezpodkladnicovém upevnění je mezi kolejnicí a pražcem pouze pružná podložka z pryže nebo plastu. Bezpodkladnicové upevnění se používá v kolejích pro rychlejší dopravu (např. na železničních tranzitních koridorech). Podkladnicové upevnění se používá na všech ostatních tratích. V obou typech upevnění se při modernizacích a rekonstrukcích používají k uchycení kolejnic svěrky z pružinové oceli.



Obrázek 2: Upevnění Pandrol Fasclip [6]:



Obrázek 3: Upevnění Vossloh Skl 14 [6]:

Kolejový rošt (kolejnice upevněné na pražcích) se ukládá do kolejového lože, které je tvořeno obvykle přírodním kamenivem vyrobeným drcením kvalitních hornin z vybraných lokalit. Kamenivo pro kolejové lože musí splnit přísné požadavky na pevnost, tvar a složení zrn atd. Pro kolejové lože se používá výhradně kamenivo frakce 32-63 mm. Řádně vybudované kolejové lože zajišťuje přenos sil vyvozovaných železničními vozidly na těleso železničního spodku, tlumí hluk a vibrace a drží kolejový rošt v předepsané poloze. Umožňuje rovněž

případnou výškovou a směrovou úpravu polohy kolejového roštu. Velká část kameniva při modernizaci železničních koridorů se v současnosti získává recyklací vyzískaného materiálu z obnovovaných tratí. Využití recyklátů výrazně přispívá ke snižování objemu odpadů a ochraně životního prostředí a krajiny.

Výhybky [1]: jsou nejsložitější konstrukce železničního svršku, které umožňují plynulý přechod železničních vozidel i ucelených vlaků z jedné koleje na druhou bez přerušení jízdy vlaku. Používají se na rozvětvení kolejí ve stanicích a ostatních dopravnách. **Kolejové křižovatky** jsou konstrukce železničního svršku, které umožňují křížení protínajících se kolejí bez možnosti přechodu kolejových vozidel z jedné koleje na druhou.

Podle konstrukčního a směrového uspořádání dělíme výhybky následovně: Jednoduché, oboustranné, obloukové, symetrické, celé křižovatkové, poloviční křižovatkové, jednoduché kolejové spojky, dvojité kolejové spojky a kolejové křižovatky. Základním typem výhybek je výhybka jednoduchá, s hlavní větví výhybky přímou a odbočnou větví výhybky obloukovou. Skládá se ze tří hlavních částí: Výměny, střední části a ze srdcovkové části výhybky.



Obrázek 4: Jednoduchá výhybka na dřevěných pražcích [6]:

Hlavní větev výhybky je přímá větev u jednoduché výhybky. U obloukové výhybky je to větev s větším poloměrem oblouku. **Vedlejší větev** výhybky je větev odbočující z hlavní větve.

Výměna zprostředkuje odbočení vozidla z jedné koleje na kolej druhou. V této části se jedna kolej rozvětjuje na dvě koleje. Je nejdůležitější a nejchoulostivější částí výhybky. Pojížděnou část výměny tvoří dvě opornice a dva jazyky.

Opornice je opracovaná kolejnice, která jako pevná část výměny slouží pro přiléhající jazyk jako opora, a pro odlehlý jazyk jako pojížděná kolejnice.

Jazyk je opracovaná kolejnice, která jako pohyblivý díl výměny umožňuje svou konstruktivní úpravou a přestavitelností pojíždění nastavené jízdní dráhy. Tečna na konci skutečné pojížděné hrany na hrotu jazyka svírá s pojížděnou hranou opornice úhel, který se označuje jako přírazný úhel.

Střední část výhybky má zpravidla dvě větve, hlavní a odbočnou, které spojují výměnu se srdcovkovou částí výhybky.

Srdcovková část výhybky má větev hlavní a odbočnou. Kolejnicové pásy těchto větví, situované uvnitř srdcovkové části, se vzájemně kříží v **srdcovce**, která má zpravidla všechny části pevné. Pojížděné hrany kolejnicových pásů, které se geometricky protínají v **matematickém bodě křížení**, musí být přerušeny pro volný průjezd okolků vozidel ve druhém směru. Úhel, který svírají pojížděné hrany srdcovky, se nazývá **úhel křížení**.

Křídlové kolejnice - jsou kolejnice vnitřních kolejnicových pásů, které se před hrotem srdcovky na začátku místa bez vedení prudkým ohybem lomí, sledují pojížděné hrany srdcovkového klínu a tvoří s ním po jeho obou stranách žlábký pro okolek.

Přídržnice zajišťuje bezpečný průjezd kola dvojkolí železničního vozidla přes nevedené místo před hrotem srdcovky (aby okolek kola nenarazil na hrot srdcovky). Osazuje se při pojížděné hraně vnějších kolejnic srdcovkové části výhybky.

Stavební délka výhybky je určena délkou mezi stykem na začátku výhybky (výměnový styk) a koncovým stykem v hlavní větvi.

Výměnový závěr (starší konstrukce mají **hákový závěr**, nové výhybkové konstrukce jsou vybaveny **čelistovým závěrem**) je zařízení, které slouží k přestavování jazyků výměny a k zajištění jejich bezpečného přiléhání k opornicím. Součásti hákového závěru jsou: **Závěrové háky, háková stěžejka, svěrací čelist, spojovací tyče, táhlo k výměníku, výměník, roubíky, čepy a závlačky**.

Svislé konstrukční prvky výhybky jsou nepřímo upevněny pomocí kluzných stoliček a podkladnic k výhybkovým pražcům. V současnosti se používají výhybkové pražce především **betonové**, popřípadě výhybkové pražce z tvrdého dřeva.

1.3 Železniční spodek

Železniční spodek [2]: je jednou ze základních částí trati. Jeho tvary a rozměry, požadovaná únosnost a stabilita jsou rozhodující pro zajištění trvalé polohy koleje a tím i bezpečnosti a plynulosti železničního provozu.

Železničním spodkem se rozumí: těleso železničního spodku, stavby železničního spodku, dopravní plochy a komunikace, drobné stavby a zařízení železničního spodku a železniční přejezdy.

Těleso železničního spodku tvoří zemní těleso, konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku a odvodňovací zařízení.

Zemní těleso je část železničního spodku, vybudovaná ze zemin nebo skalních hornin určenou technologií do předem stanoveného tvaru, závislém na průběhu terénu, poloze nivelety, typu a vlastnostech jej tvořících materiálů.

Konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku jsou vrstvy materiálů mezi plání tělesa železničního spodku a zemní plání. Zlepšují vodní a teplotní režim železničního spodku a zvyšují únosnost tělesa železničního spodku. Slouží k přenášení účinků provozního zatížení a zatížení železničního svršku na zemní pláň.

Odvodňovací zařízení zachycuje a odvádí povrchové a podzemní vody mimo těleso železničního spodku.

Stavby železničního spodku jsou konstrukce, které nahrazují z části, nebo úplně těleso železničního spodku, zvyšují jeho stabilitu nebo jej chrání, případně slouží k jinému speciálnímu účelu. Ke stavbám železničního spodku patří propustky, mosty, objekty mostům podobné, tunely, galerie, opěrné, zárubní a obkladní zdi, zdi ostatní, protihlukové stěny, a stavby ochranné.

Dopravními plochami a komunikacemi se rozumí plochy a komunikace, které jsou určeny k nastupování a vystupování cestujících, k manipulaci a skladování věcí a zajištění obsluhy při provozu dráhy pozemními dopravními prostředky.

K drobným stavbám železničního spodku patří prohlídkové a čistící jámy; mezi zařízení železničního spodku řadíme zarážedla, oplocení a zábradlí.

Železniční přejezd je definován jako úrovněvé křížení dráhy celostátní, dráhy regionální a vlečky s pozemní komunikací. (Z celkového počtu přečhodů a úrovněvých přejezdů kolejí ČD je 59 % zabezpečeno pouze výstražnými kříží.)

1.4 Mosty

Mosty [3] představují osobitý a nezaměnitelný druh objektů železničního spodku. Názvoslovná norma (ČSN) definuje most jako objekt se světlostí alespoň jednoho otvoru nejméně 2,01 m. V případě menší světlosti se nejedná o most, ale o **propustek**. Oba typy mostních objektů mají své základní poslání v "překonání přírodní nebo umělé překážky".

Mosty se rozdělují z nejrůznějších hledisek, mezi nejdůležitější však patří rozdělení podle materiálu použitého na hlavní nosnou konstrukci a to na mosty ocelové a masivní (tj. z betonu, kamene, cihel a pod.). Použitý materiál má vliv na odlišné chování konstrukcí, jejich posuzování i druh údržbových prací.

Správu a údržbu mostních objektů zajišťují **správy mostů a tunelů jednotlivých Správ dopravní cesty DDC**. Metodický dohled nad řízením správy zajišťuje **oddělení mostů a tunelů odboru stavebního**.

Výběr některých statistických údajů o mostech

Počet ocelových mostů je 1785, což představuje 27 % celkového počtu.

Počet masivních mostů je 4915, což představuje 73 % celkového počtu.

Počet jednokolejných mostů je 4400, což představuje 66 % celkového počtu.

Počet dvoukolejných mostů je 1625, což představuje 24 % celkového počtu.

Počet vícekolejných mostů je 675, což představuje 10 % celkového počtu.

Největším stavebním počinem na železnici je v současné době stavba **tranzitních koridorů**. Přimo na koridorových nebo dočasných objízdných tratích bylo rekonstruováno velké množství mostů a propustků. V rámci této investiční činnosti došlo k razantnímu nárůstu finančních prostředků vynaložených na rekonstrukce a novostavby mostů.

Tunely

Železniční tunely jsou specifickými stavebními objekty železničního spodku, které svým charakterem napomáhají vedení železniční trati přírodními překážkami. Česká norma pro projektování a provádění tunelu definuje železniční tunel jako podzemní liniovou stavbu, ve které je vedena celostátní případně regionální dráha. Tunely lze rozdělit na tunely ražené, které se provádějí bez odstranění nadloží a tunely hloubené, které se provádějí v otevřené stavební jámě a dodatečně se zasypou zeminou.

Na tratích Českých drah se nachází celkem 149 tunelů.

1.4.1 Výběr některých statistických údajů o tunelech

Dvoukolejně je z celkového počtu provozováno 31 tunel, ve zbývajících třiceti stavebně dvoukolejných tunelech je položena a provozována jen jedna kolej (z důvodu nedostatečného prostorového uspořádání).

Délka tunelů na síti ČD činí celkem 36,5 km.

Nejdelší tunel ČD je stavebně dvoukolejný, s jednou provozovanou kolejí. Je to tunel Špičácký na trati Železná Ruda - Plzeň v těsné blízkosti žel. stanice Špičák. Jeho délka činí téměř 1750 m.

Liniové stavby mají určitá specifika. Jedná se především o to, že stavba neprobíhá na pevném místě, ale je jí ovlivněn velký pruh okolí. U železničního spodku tato skutečnost s sebou

přináší velkou zátěž na životní prostředí. Velké přesuny hmot – mícháreny betonu, drtičky, čističky, montážní haly, apod. jsou třeba 10 km od místa stavby a přesto je nutno tuto přepravu uskutečnit. Úprava těchto zemin přímo na staveništi, přesun velkých stavebních celků, jejich montáž, ubytování pracovníků, skládky materiálu, apod., kladou velké nároky na organizaci celého průběhu stavby a její správné načasování etap jednotlivých celků stavby. Největší zátěž představuje kolová mechanizace, která jednak musí mít svoji příjezdovou cestu (nákladní automobily nesmí pojíždět po pláni, z důvodu vyvozujících velkých kolových tlaků), ale hlavně při přesunu značných hmot je tento způsob přepravy velmi zatěžující. Přeprava hmot po železnici na čele stavby je sice velmi výkonná, ale klade velké požadavky na harmonizaci celého systému nakladač-vůz-deponie nehledě na zatížitelnost tratí. Vznikají zde velké prostoje, jimiž se prodlužuje a zdražuje celá stavba. Norma ČSN 72 63 30 (Stavba a provoz železničních tratí) stanovuje vyrovnanou zemní bilanci, což znamená, že objem výkopů a objem násypů se musí rovnat (výjimky se povolují jen se souhlasem DSÚ- není tedy možno vytěženou zeminu odvézt do deponie a přivézt novou – zemina se musí recyklovat (viz níže).

Recyklace štěrku

Rok 1992 se stal rokem, kdy se začaly v České republice uskutečňovat první reálné projekty zabývající se recyklací stavebních sutí na kamenivo znovu využitelné ve stavebnictví. Nově vznikající odvětví zpracování odpadů dostalo výrazný impuls v podobě samofinancovatelné technologie, která si postupně dobývala své místo.

Je třeba podotknout, že základním předpokladem pro radikální změnu celého odpadového hospodářství se stalo přijetí zákona č. 238/1991 Sb. "O odpadech". V té době se v ČR využívalo opětovně ve výrobě pouze necelých 7 % odpadních materiálů. Ostatní naprostá většina nezpracovaných odpadů byla bez jakýchkoliv úprav a užitku vyvážena v lepším případě na skládky, v horším případě na černé deponie v přírodě.

Předpokladem fungování projektu recyklace stavebních odpadů bylo řádné zajištění kvality vstupních surovin a kontrola kvality výstupních recyklátů. Rok 1996 byl rokem, kdy se projekt recyklace stavebních sutí a stavebních odpadů prakticky modifikoval na prostředí rekonstrukce koridorů Českých drah. Tak jako celostátní legislativa o odpadech včetně prováděcích vyhlášek měst, které usměrňovaly nakládání s odpady, tak České dráhy vytvořily technické a kvalitativní podmínky pro recyklovaný štěrk a štěrkodrt'. Nastala další kvalitativně vyšší etapa využití recyklačních technologií sestávající se z přesně definovaných procesních etap:

- etapa příjmu odpadu nebo vstupní suroviny
vstupní materiál musí být jedné pokud možno stejné kategorie s konkrétními vlastnostmi (železniční štěrk, betonová suť, živičná suť, směsná cihelná suť atp.)
- etapa třídění vstupního materiálu
je prováděno odhlinění a odprašení pomocí síťových strojů
- etapa drcení
vytříděný vstupní materiál je drcen v odrazovém drtiči na frakce o velikosti zrn 0-120 mm
- etapa třídění

předrcený materiál je dále tříděn na síťových strojích na jednotlivé požadované frakce a s pomocí magnetického separátoru je odloučeno železo a železné kovy

· etapa expedice

vytříděné frakce jsou vybaveny kvalitativním atestem o svých deklarovaných vlastnostech. Pro požadované zhutnění je materiál vlhčen na optimální vlhkost.

1.5 Recyklace stavebních sutí

O ekologických aspektech recyklace stavebních sutí už není třeba mnoho hovořit. Je jasné, že dochází k úspoře nerostných surovin a že objem skládek určený k rychlému zasypaní je ušetřen pro budoucí období pro nerecyklovatelné odpady.

Výstupem jsou kvalitní recykláty vyráběné a dodávané podle vlastní podnikové normy. Podniková norma navazuje na příslušné ČSN v oblasti dopravního stavitelství a ČSN stavebních oborů. V průběhu dalších let v rámci naší republiky vznikla nová řada firem zabývajících se stejným předmětem činnosti. V roce 1995 firmy založily Asociaci pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice (ARSM), jenž je součástí mezinárodního sdružení F.I.R. (Federation Internationale du Recyclate) se sídlem v Holandsku.

Asociace dbá o rozvoj činností svých členů a intenzívně bojuje proti podvodným recyklačním firmám. Tyto pod pláštěkem recyklace odpad prostě skládkují bez jakékoliv evidence a odvodu poplatku do státní pokladny.

1.6 Recyklace kameniva kolejového lože

České dráhy spravují a provozují v současné době 9 300 km železničních tratí. Z toho počtu je 7 400 km tratí jednokolejných, 1 900 km dvou a víceokolejných. Je možné říci, že 99 % z této délky je tvořeno klasickou konstrukcí železničního svršku, kde kolejový rošt je uložen ve šterkovém loži. Přibližnými výpočty lze odhadnout, že v kolejích ČD je uloženo 23 milióny metrů krychlových přírodního drceného kameniva převážně frakce 32 - 63 mm.

Otázka využití starého šterku při rekonstrukcích kolejových drah byla dořešena v roce 1995, kdy byly zpracovány "Obecné technické podmínky pro kamenivo kolejového lože". České dráhy zde poprvé v historii deklarovali kvalitu recyklovaného kameniva pro nové použití v kolejovém loži na návrhovou rychlost $v = 160$ km/h. Před techniky zabývajících se recyklací vyvstal konkrétní úkol navrhnout technologii recyklace železničního kameniva a dosáhnout kvalitativního požadavku investora na recyklovaný šterk frakce 32 - 63 mm.

První stavbou, kde byla v květnu 1996 recyklace použita, byla stavba koridového úseku Brno – Skalice nad Svitavou. Od té doby byla recyklace využívána na všech dalších koridových stavbách. Rozvinula se i modifikace použití recyklované frakce 0 - 32 mm do podkladních vrstev kolejového lože. Stabilizovala se také etapovost recyklačních prací, která se navázala na výkonový harmonogram vyššího zhotovitele stavby. Jasně se potvrdila potřeba mobilních strojních sestav, které zpracovávají řádově 1 000 t materiálu denně a přesunují se na recyklační základny, jenž jsou provizorně zřizovány podél koridorové stavby a na jejichž ploše se zpracovávají dávky 10 až 25 000 t materiálu. Postupem doby se zdokonalila organizace práce při těžení starého železničního šterku a taktéž při pokládce recyklátů. Zde je využívána speciální železniční technika kontinuální těžby a pokládky.

Součástí technologického procesu recyklace je průběžná kontrola obsahu škodlivin převážně ropného původu. Předpisy pro provádění recyklace železničního šterku nedovolují použití kontaminovaného šterku. Tento se vyskytuje v oblasti výměn a stání lokomotiv, kde bylo mazáno ropnými mazadly nebo docházelo k pravidelným úkapům z hnacích vozidel.

V dnešní době pracují v celodenních směnách dvě až tři recyklační linky na současných koridorových stavbách.

Roční výkony vyrobených recyklátů v České republice použitých při rekonstrukcích koridorů ČD jsou v následující tabulce.

tab.č. 3: Roční výkony vyrobených recyklátů [3]:

Frakce/rok	1996	1997	1998	1999	2000	Celkem	podíl
0-32 mm	42 330 t	82 057 t	188 247 t	131 186 t	299 789 t	743 609 t	56,6 %
32-63 mm	37 208 t	67 397 t	93 027 t	78 561 t	40 511 t	316 704 t	24,1 %
Výsivky	17 188 t	24 655 t	48 633 t	68 466 t	94 101 t	253 043 t	19,3 %
Celkem recykl.	96 726 t	174 109 t	329 907 t	278 213 t	434 401 t	1 313 356 t	100,0 %

Ekonomika procesu recyklace

V roce 1998 nabyl účinnosti nový zákon č. 125/1997 Sb. "O odpadech". Jeho přijetím se uzavřelo dlouholeté úsilí o zlepšení režimu nakládání s odpady na území našeho státu. Nový zákon v plném rozsahu nahradil zákon č. 238/1991

Nakládání s odpady tak vstoupilo do další etapy. Základní přednost nové právní úpravy byla spatřována v tom, že původcům odpadu byl dán dostatečný prostor pro to, aby naplnili základní cíle zákona, t.j. postupně snižovali objem odpadů a pokud odpady vzniknou, aby více využívali jiných forem nakládání než zneškodňování uložením na skládce. V tomto právním rámci se rozvinula technologie recyklace stavebních sutí a železničního štěrku v ČR a byly vytvořeny dva právní a ekonomické modely recyklace:

- Model nakládání s odpady

Jeden subjekt se recyklovatelného odpadu zbavuje a nabízí jej k likvidaci, tzn. k recyklaci subjektu, který má patřičné zařízení a oprávnění. Po recyklaci je recyklát nabízen volně k prodeji na trhu stavebních hmot. Tento model je využíván převážně při zpracování stavebních sutí. Odpad, surovina, recyklát je obchodován a dochází ke změně jeho vlastníka. Ekonomický princip spočívá v konkurenční ceně za přivezení odpadu, která je nižší než cena likvidace na skládce a vyrobený recyklát má nižší cenu než odpovídající přírodní surovina srovnatelných technických parametrů. Součet příjmů za odpad a za prodej se stává výnosem. Nákladem je technologie zpracování. Je ověřeno, že tento model je ziskový.

- Model zpracování materiálu investora

Investor si najímá technologii recyklace, kterou zapojuje do svého celého technologického procesu stavebních prací. Zde nedochází ke změně vlastníka materiálu ani vzniku odpadu, nedochází k subjektivnímu rozhodnutí o "zbavení se movité věci". Tento model je využit při zpracování železničního štěrku recyklací. Investor sám určuje místo, čas, množství a kvalitativní podmínky vyrobeného recyklátu. Ekonomika procesu pak stojí na jiném schématu. Investor v první řadě ušetří na ukládce do skládky a dále významně ovlivní vlastní přepravní náklady výběrem recyklační plochy. Technologie recyklace je tvořena mobilními linkami, které se přemisťují za materiálem. Cena zpracování je obdobná jako cena v lomu, neboť linka je tvořena obdobnými stroji - třídiči a drtiči. Dalším významným přínosem pro investora je operativní zajištění dostatečného množství materiálu, které lomy nemusí mít vždy na skladě. Kombinací materiálu recyklovaného a materiálu vyráběného z přírodního kameniva je zabezpečena celková materiálová potřeba stavby koridoru. Statisticky je spočtena úspora 100 až 200 Kč na 1 t použití recyklátu místo nového drceného štěrku. Celková výše úspor je odhadována na stavbách koridorů Českých drah na 100 až 250 mil. Kč. Tuto částku uspořil investor, neboť začlenil prozřetelně technologii recyklace železničního štěrku do soutěžních

podmínek veřejných soutěží jednotlivých staveb. Model nedosahuje takového stupně ziskovosti jako model předchozí, je však také realizovatelný.

Recyklační technologie stavebních sutí a kameniva se stala technologií běžně používanou. Nemalé množství potencionálních odpadů se vrací do stavebního procesu a její pozitivní vliv na životní prostředí je nezpochybnitelný. Ekonomický efekt, který je závislý na čistotě vstupů a technologické kázni, je takový, že technologie jsou na trhu samofinancovatelné.

Další problém tkví s rekonstrukcí staveb- mostů, propustků a tunelů. Technologie údržby a rekonstrukce tunelů je velmi obsáhlá. Nejdůležitější věcí je dokonalé odvodnění celé stavby, protože voda rozrušuje stavební hmoty a tím narušuje statiku celé stavby. druhy odvodnění se liší podle druhu nadloží, typu klenby, vzdálenosti od portálu, atd. Při tzv. hadicové metodě se kamenné stavby demontují a po sanování opět složí, jejich plnivo se většinou odveze na skládku k pozdější úpravě či se použije na podřadné zásypy. Betonové stavby je nutno buď celé odstranit a odvézt na speciální skládku k pozdějšímu zpracování, nebo po posouzení statiky stávající stavby se provede obklad panely či nástřik torkretovým betonem [3].

Rekonstrukce mostních staveb

Hlavní závady, které se objevovaly u starších konstrukcí, vyplývaly jednak z neznalosti dlouhodobého přetvoření betonu - růst průhybů řady mostů letmo betonovaných i jiných, zejména štíhlých rámových konstrukcí, jednak z účinků agresivního prostředí. Především voda (ještě účinnější s rozpuštěnými rozmrazovacími solemi), která působila na obnažené betonové části, způsobovala postupný rozpad povrchové vrstvy a při dosažení výztuže její rychlou korozi a rozpínání korozních zplodin totální devastaci železobetonových částí. Podobně, i když pomaleji, působí agresivní atmosféra, zejména smog v oblastech jeho častého výskytu.

Proces projektování mostů musel být proto rozšířen z ryze statické záležitosti i na návrhové prvky, zahrnující požadavky na trvanlivost v souladu s uvažovanou životností mostu, která může být různá: U Karlova mostu je to tisíciletí, u mostů druhu Brooklyn a Firth of Forth nebo našich mostů Nuselského a Žďákovského několik století, u dnešních běžných mostů podle evropských norem 100 let s tím, že některé části mohou mít kratší životnost - 10 až 25 let, ale musí umožnit výměnu - jako ložiska, závěsy, mostní závěry, vozovková souvrství apod.

Betony jsou dle EN 206 - 1 navrhovány nejen podle pevnosti C 8/9 až C 100/115 (válcová a krychelná pevnost v MPa) a LC 8/9 až LC 80/88 u lehkých betonů, ale též z hlediska prostředí, v němž působí. Rozlišujeme celkem 8 skupin (druhů) agresivního prostředí - od neutrálního v suchém prostředí, přes účinky karbonatace na korozi, chloridy, mořskou vodu, cyklické působení mrazu s vodou a případně solemi a jiné chemicky agresivní prostředí na beton. Tomu odpovídají požadavky na beton, tloušťku krycí vrstvy výztuže a omezení šířky trhlin. U některých částí přímo sousedících s vozovkou se používají speciální ochranné nátěry.

Druhou cestou, jak zmenšit riziko degradace mostních konstrukcí, bylo vyvinutí kvalitnějšího vybavení mostů. Ocelové části jsou buď chráněny speciálními nátěry nebo pokovením kromě ocelových konstrukcí též zábradlí, stožáry, svodidla, případně jsou navrhovány z nerezové oceli - jako odvodňovací potrubí a závěsy nebo ze speciálně upravené ocelolitinové případně plastů.

Vývoj mostních ložisek šel od klasických válečkových ocelových resp. ocelolitinových k hrcovým elastomerovým vyztuženým, s kluznou teflonovou vrstvou, umožňující realizovat staticky ideální podepření. Velký význam pro trvanlivost mostních konstrukcí znamenalo zavedení kvalitních celoplošných hydroizolací, obvykle tvořených natavovacím asfaltovým

pásem s vložkou tloušťky 5 mm na epoxidové pečetící vrstvě, doplněné celožívičným souvrstvím vozovky. Veškeré spáry na mostním svršku musejí být pečlivě ošetřeny a následně utěsněny asfaltovou zálivkou.

Dalším místem možného vnikání vody do konstrukce a též příčinou dynamických rázů od přejíždějících vozidel, jsou dilatační spáry. Pro nejmenší dilatační pohyby mohou být řešeny pouze speciální úpravou vozovkového souvrství, stejně tak i u tzv. integrálních objektů, kde je nosná konstrukce tuze spojena s opěrami. Ve všech ostatních případech se používají různé typy mostních závěrů v úrovni povrchu vozovky, vyznačujících se vodotěsností, trvanlivostí a minimálními nároky na údržbu.

K tomuto stavu jsme dospěli teprve na prahu třetího tisíciletí, a můžeme doufat, že takto postavené mosty splní kriteria EN - co do životnosti.

Zkušenosti z poloviny minulého století byly bohužel horší. Vážné závady se projevily nejen u starých železobetonových mostů z doby první republiky - např. most Barikádníků v Praze, ale i řada zcela nových mostů musela být rekonstruována nebo dokonce zbourána. Někde se jednalo pouze o opravu mostního svršku a výměnu vybavení, s úpravou "omítky" mostu, (např. obloukový most přes Vltavu na Zbraslavi po cca 30ti letech). Jinde bylo nutno vyměnit hlavní nosnou výztuž – např. předpjatá táhla u mostu přes Labe v Pardubicích po asi 20 letech a provést rekonstrukci mostního svršku.

Rekonstrukce nosného systému proběhla i u známých letmo betonovaných mostů přes Otavu a Vltavu na Zvíkově po 30 letech. Původní klenby v obou hlavních polích byly zrušeny a hlavní nosná výztuž byla doplněna o kabely v tubu mostu. U nižších krajních pilířů mostu přes Vltavu bylo nutno oba duté dřívky nad základem odříznout a v místě řezu vytvořit kloub.

Zajímavý byl případ rekonstrukce silničního nadjezdu nad železničním zhlavím nádraží v Berouně, kde mohla být zachovalá nosná konstrukce z předpjatých nosníků po opravě mostního svršku ponechána, zato členěné pilíře spodní stavby byly zcela degradovány a musely být zbourány a znovu postaveny. stávající nosnou konstrukcí opět po asi 35 letech.

S odpady ze železničního svršku tak velký problém není (vyjma starých betonových pražců). Kolejový svršek je tvořen z ocelových kolejnic a upevňovadel, které se buď vyřadí, nebo obnovují a použijí do tratí s nižší zatížitelností. Betonové pražce, jelikož mají ocelovou výztuž (i předpjatou)- nemohou se tedy drtit a používat jako přísada či plnivo do betonů. Jejich využití se uplatňuje v tratích nižších tříd nebo jako základové elementy či rovnániny. Ocelové konstrukce se rozřeží kyslíko-acetylenovým plamenem nebo elektrickým obloukem, nebo se renovují. Jelikož mnoho staveb je unifikováno, hlavní části se mohou demontovat pomocí těžké mechanizace (jeřáb EDK 50,100) a celky po renovaci (či nové celky) usadit na původní místo. Problém činí odstraňování rzi a starých nátěrů barev. Při velkých objemech těchto prací je nutno (např. u mostu nad řekou) zřizovat záchytné plachty a chránit tímto tok před většinou toxickými spady.

Nedílnou součástí dokončovacích prací je zpevnění náspů a zářezů. Skrývka se odstraní do hloubky 20 cm a použije se k jiným účelům, betonové tvárnice se vyjmou a použijí jako rovnánina či plnivo do betonů, plastové geotextilie se vyjmou a odevzdají se ke granulaci či do spaloven [3].

Strojní linky pro údržbu koridorových tratí

1.7 Úvod

Významnou roli při provozování železnice hraje bezpečnost a kvalita dopravy. Oba tyto faktory jsou podstatně ovlivňovány kvalitou jízdní dráhy. Bezpečnost a kvalitu jízdní dráhy je nutno zajišťovat pravidelnou údržbou, opravami a rekonstrukcemi zařízení.

Povinnost údržby je obecně legislativně uložena Stavebním zákonem č.50/76 Sb. v platném znění, konkrétně pak Zákonem o drahách č.266/1994 Sb. (§22) a jeho prováděcí vyhláškou č.177/1995 Sb. (§25).

Bezpečnost a kvalita jízdní dráhy je samozřejmě rovněž prioritou ČD, neboť s těmito atributy bezprostředně souvisí úroveň poskytovaných služeb a zájem zákazníka. S touto prioritou kontrastuje fakt, že obdobně jako v jiných oblastech dopravní infrastruktury se i ČD potýká s trvalým nedostatkem finančních prostředků, který se citelně projevuje i v podmínkách traťového hospodářství.

Nalezení optimální strategie a realizace údržby pro bezpečné a kvalitní provozování drážní dopravy je tedy úkolem nanejvýš důležitým.

1.8 Typy opravných a udržovacích prací na žel. svršku

Údržbu a opravu železničního svršku je možno rozdělit podle jednotlivých typů prací takto:

- dohled a diagnostika - pochůzky, prohlídky, kontrolní jízdy, měření kolejí a výhybek
- ošetřování - hubení plevelů, kosení porostů, odstraňování náletových dřevin, seřízení a mazání výhybek
- udržovací práce bodového charakteru - drobná údržba spočívající v odstraňování místních závad GPK, broušení převalků u výhybek a kolejnic, údržbě závěrů výhybek, ojedinělé výměně pražců a kolejnic, úpravě rozchodu, místních opravách bezстыkové koleje, čištění zbahnělého kolejového lože
- souvislé opravné práce
 - úprava geometrické polohy kolejí
 - úprava geometrické polohy výhybek
 - čištění kolejového lože kolejí
 - čištění kolejového lože výhybek
 - zřízení bezстыkové koleje v kolejích a výhybkách
 - souvislá výměna kolejnic
 - souvislá výměna pražců
 - broušení kolejnic
- zajištění pohotovostí - pro odstraňování závad na železničním svršku a spodku (lomy kolejnic, závady na výhybkách, závady v kolejových obvodech)

1.9 Údržba koridorových tratí a použití mechanizace

Nutnost údržby koridorových tratí vychází nejen z automatického předpokladu zajištění bezpečného provozu, ale i z podmínky udržení maximálních standardů v oblasti jízdního komfortu bez omezení přechodnosti a bez existence pomalých jízd či trvalých omezení traťové rychlosti.

Pro zajištění tohoto stavu se na koridorových tratích předpokládá provádění zejména následujících prací :

- hubení plevelů a likvidace vegetace
- drobná údržba - práce na bezстыkové koleji, broušení převalků ve výhybkách a reprofilace výhybkových součástí
- souvislé zpracování kolejí a výhybek dle výsledků diagnostiky (výstupy z měřicího vozu pro železniční svršek) při použití moderních strojních linek (rychlá traťová ASP, kolejový šterkový pluh, výhybková ASP s přizvedáváním odbočné větve a podbitím hlav pražců v odbočné větvi, zhutňovač kolejového lože a dynamický stabilizátor)
- broušení kolejnic - ne pouze preventivní, ale též opravné na základě výsledků diagnostiky (výstupy z měřicího vozu - mikrogeometrie kolejnic)

- čištění kolejového lože - dle potřeby. Potřeba tohoto typu práce bude spíše ubývat (kvalitní železniční spodek, hubení plevelů, klesající podíl přepravy sypkých substrátů)
- souvislá výměna kolejnic - zejména v obloucích malých poloměrů - dle výsledků diagnostiky

Kombinace souvislého propracování kolejí s hubením plevelů ("kropení") je rovněž nevhodná z důvodu podstatně větší rychlosti kropicí mechanizace oproti stroji na souvislé propracování kolejí SUM 1000.

Samostatným zcela mechanizovaným výkonem je čištění šterkového lože v plném profilu. Vlastní čištění je v podmínkách ČD zajišťováno zejména strojními čističkami SČ 600. Po pročištění jsou pro úpravu směrového a výškového uspořádání používány standardní stroje pro souvislé propracování kolejí.

1.10 Složení strojní linky a typy použitých strojů

Pro kvalitní provedení prací na koridorových tratích je nutno pro souvislé propracování kolejí sestavit linku z těchto strojů :

- automatická strojní podbíječka (ASP)



Obrázek 5: Strojní podbíječka ASP 80 [6].

- zhutňovač kolejového lože (zejména v obloucích o malých poloměrech)
- pluh pro úpravu kolejového lože
- dynamický stabilizátor

Stroje jsou do linky zařazeny důsledně ve výše uvedeném pořadí. Před touto linkou je velmi vhodné zejména v úsecích s obtížným směrovým řešením trasy nasadit zařízení ROLAS pro vytýčení polohy koleje metodou dlouhé tětivy. V současné době je u TÚDC Praha uskutečňováno zlepšení tohoto zařízení, což umožní dosáhnout vyšší přesnosti měření a zvýšení hodinového výkonu.

Je třeba se zmínit alespoň o těchto strojích:

- zařízení ROLAS – měření absolutní polohy koleje metodou dlouhé tětivy
- ASP 09 –16 CSM – je vybavená měřícím zařízením KRAB a spolupracuje se zařízením ROLAS
- ASP 08 – 475 4S UNIMAT – universální ASP vhodná též pro souvislé propracování výhybek
- Kolejový pluh KP 900 se zásobníkem přebytečného šterku
- Kolejový pluh SSP 110 SW se zásobníkem přebytečného šterku
- Zhutňovač šterku ZŠ 800
- Zhutňovač šterku ZŠ 802
- Dynamický stabilizátor VKL 402 pracující i v režimu konstantního poklesu (řízená nivelace) – tento režim je pro nasazení při souvislém propracování kolejí nezbytný



Obrázek 6: Detail stoje SUM 1000 –těžební hlava [6].

Reálný výkon linky sestavené z ASP, zhutňovače šterku, kol. pluhu a stabilizátoru je limitován výkonem zhutňovače šterku a představuje cca 600 m/h. Je třeba znovu zdůraznit, že stroje je nutno zařazovat do linky pro souvislé propracování pouze v pořadí uvedeném na začátku této kapitoly a že použití méně kvalitních strojů případně nekompletnost linky bude mít vždy vliv na kvalitu a životnost provedených prací.

Jak již bylo výše uvedeno, je velmi vhodné využít výlukových časů pro souvislé propracování kolejí na kosení vegetace, čištění odvodňovacích zařízení či výstroje trati (mytí návěstidel). Zde se pravděpodobně nejlépe uplatní dvoucestné stroje s výměnnými typy nástaveb, které prozatím nejsou u ČD k dispozici, ale jejichž postupný nákup je plně v souladu s přijatou koncepcí v oblasti mechanizace u DDC.

U souvislého propracování výhybek na koridorových tratích je třeba jednoznačně počítat s nasazením výhybkové podbíječky umožňující synchronní zdvih odbočné větve výhybky a současné podbití hlav výhybkových pražců v odbočné větvi (např. výše zmíněná ASP 08 – 475 4S UNIMAT). Současně je nezbytná trvalá osvětla v oblasti nutného provádění demontáží i veškerých zařízení výhybek, která nedovolují kvalitní strojní podbití (prvky EOV, lanová propojení, spojovací tyče a táhla u výhybek bez žlabových pražců) a v oblasti řádného zašterkování výhybek před započítím prací, případně dohození šterku v jejich průběhu.



Obrázek 7: Stroj na obnovu zemní pláně SUM 1000 [6].

Novelizovaný předpis ČD S 3/1 rovněž velmi jasně a progresivně uvedenou problematiku řeší. Důvody proč dosud nedošlo k rozšíření této linky na koridorové tratě ČD jsou dva: Technický a ekonomický, přičemž oba jsou vzájemně provázány.

V nedávné minulosti byl zřízen v železniční stanici Bohušovice nad Ohří zkušební úsek za použití strojů firmy PLASSER a THEURER (ASP 09 – 3X a dynamický stabilizátor v kombinaci s kol. pluhem) po jehož vyhodnocení by měla být zřejmá oprávněnost nasazení dyn. stabilizátoru.

Ekonomický aspekt nasazování linky je dán její cenou. Zatímco běžně dostupnou ASP (např. řady 08) v kombinaci s pluhem PUŠL lze pořídit pro jednotky DDC v ceně do 10 000,- Kč / h (tj. přibližně za 20 000,- Kč / km koleje) kompletní linka moderních strojů je dvojnásobně až trojnásobně drahá. To je cena, která v současné době přesahuje možnosti správcovských jednotek. Na tomto faktu nic nemění ani očekávaná vysoká kvalita a životnost provedených prací [2].

Závěr

Zajištění údržby modernizovaných koridorových tratí se stane v blízké budoucnosti jednou z priorit Českých drah. Údržba musí být prováděna kvalitně a s dlouhodobou životností, odpovídající technologií a mechanizací.

Používaná mechanizace by měla zajišťovat, pokud možno, souvislou regeneraci žel. svršku (nejlépe bez rozdělení stavebních celků). Tato činnost (v našich hospodářských podmínkách) by měla být prováděna s co možná největším stupněm rekonstrukcí a recyklací jednotlivých stavebních celků. To ovšem klade velké požadavky na použitou mechanizaci a technologii práce.

Tato semestrální práce by měla nastínit problémy tohoto oboru.

Obsah

Úvod	1
<u>1 Základní názvosloví</u>	1
<u>1.1 Statistické údaje</u>	1
<u>1.2 Železniční svršek</u>	2
<u>1.3 Železniční spodek</u>	5
<u>1.4 Mosty</u>	6
<u>1.4.1 Výběr některých statistických údajů o tunelech</u>	6
<u>Recyklace šterku</u>	7
<u>1.5 Recyklace stavebních sutí</u>	8
<u>1.6 Recyklace kameniva kolejového lože</u>	8
<u>Ekonomika procesu recyklace</u>	9
<u>Rekonstrukce mostních staveb</u>	10
<u>Strojní linky pro údržbu koridorových tratí</u>	11
<u>1.7 Úvod</u>	11
<u>1.8 Typy opravných a udržovacích prací na žel. svršku</u>	12
<u>1.9 Údržba koridorových tratí a použití mechanizace</u>	12
<u>1.10 Složení strojní linky a typy použitých strojů</u>	13
<u>Závěr</u>	15

Použité zdroje:

1. ČSN 73 6360 – 1: *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – část 1 Projektování*. ICS: 45.080
2. Špánik, J. a kol. *Mechanizácia traťového hospodárstva*. VŠDS Žilina, 1993 ISBN 80 – 7100 – 134 – 1
3. Vítek, J.: *Údržba a rekonstrukce železničních mostů a tunelů*. NADAS Praha 1987 ISBN 80 – 6504 – 026 – 2
4. Taraj, A. a kol. *Mechnizácia ložných, dopravno- manipulačných operácií II*. Alfa, Bratislava 1986
5. Mikoláš, J.: *Recyklace průmyslových odpadů*. SNTL Praha 1986 04- 833- 87
6. Plasser a Theuer. Aktual. 16. 10. 2002. <<http://bdf-hp.bei.t-online.de/ubm611.htm>>