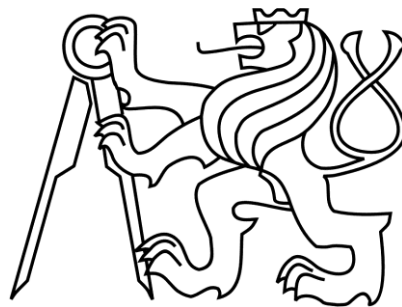


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Konstrukce a dopravní stavby



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technologické postupy sanace
pražcového podloží

Vyhotovila: Zuzana Mašková

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Břešťovský, PhD.

Praha 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Přijmení: <u>Mašková</u>	Jméno: <u>Zuzana</u>	Osobní číslo: <u>423663</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra železničních staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce a dopravní stavby</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Technologické postupy sanace pražcového podloží</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Technological processes of trackbed rehabilitation</u>	
Pokyny pro vypracování: Proveďte rešerši technologických postupů sanace pražcového podloží metodou se snášením a bezsnášením kolejového roštu. Tyto technologické postupy mezi sebou porovnejte.	
Seznam doporučené literatury: Bado, Jelínek: Speciální drážní vozidla, agentura ALHA, 2012, ISBN 978-80-260-2039-3. Ižvolt, Šestáková, Šmalo: Železničné staviteľstvo 2, EDIS, Žilina, 2015, ISBN 978-80-554-1169-9.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Petr Břešťovský, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>22.2.2017</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28.5.2017</u>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>22.2.2017</u>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

PODROBNÉ ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: Zuzana Mašková

Technologické postupy sanace pražcového podloží

I. Zadání

Jako bakalářskou práci zpracujte zhodnocení technologických postupů sanace pražcového podloží. Technologické postupy uvažujte se snížením a bez snížení kolejového roštu.

Cílem bakalářské práce je:

1. Provedení rešerše na téma pražcového podloží, průzkumu a vad pražcového podloží
2. Provedení rešerše dostupných technologií sanaci pražcového podloží
3. Vytvoření technologického postupu sanace pražcového podloží (asi je jedno jestli to je v porovnání s nějakým přesně daným úsekem a technologií na něm provedené, nebo jestli se to pojme čistě teoreticky)
4. Následné časové zhodnocení technologických postupů (eventuálně další posouzení lidských zdrojů, nebo ekonomické)

II. Vypracování

1. Rešerše pražcového podloží
2. Rešerše stavebních strojů a postupů pro sanaci pražcového podloží
3. Sestavení technologického postupu sanace pražcového podloží ve dvou variantách
4. Časové zhodnocení technologického postupu sanace pražcového podloží

Upozorňujeme studenta, že podle zákona č. 266/1994 Sb. o drahách nejsou veřejně přístupná všechna místa na dráze mimo prostor určených veřejnosti!

Ing. Petr Běšťovský, Ph.D.

ČVUT, FSv, Katedra železničních staveb

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Technologické postupy sanace pražcového podloží** zpracovala samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne ...

.....

Zuzana Mašková

Poděkování

Děkuji Ing. Petru Břešťovskému, PhD. za jeho ochotu, trpělivost, odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Zbyňku Mynářovi ze STRAGAG Rail a.s. za jeho čas, konzultace, věcné připomínky a poskytnutí materiálů. Mé díky dále patří Ing. Petru Jasanskému ze SŽDC, Ing. Lukáši Vostrému ze Swietelsky Rail CZ s.r.o. a Ing. Františku Boudovi z INFRAM a.s. za jejich čas, zodpovězení dotazů a poskytnutí materiálů. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a svým blízkým, kteří mi byli po celou dobu studia velkou oporou.

**TECHNOLOGICKÉ POSTUPY SANACE
PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ**

TECHNOLOGICAL PROCESSES
OF TRACKBED REHABILITATION

Anotace

Tato práce se zabývá problematikou sanace pražcového podloží, popisuje vznik chyb a deformací a jejich výskyt v konstrukci pražcového podloží. Dále je zde rozebírán geotechnický průzkum a přípravné práce před zahájením vlastních opravných prací. Hlavním obsahem bakalářské práce je popis technologických postupů sanace pražcového podloží technologiemi se snášením a bez snášení kolejového roštu. V kapitole zabývající se technologií sanace pražcového podloží se snášením kolejového roštu je stručně popsána aplikace moderních technologií automatického navádění stavebních strojů. V rámci technologie bez snášení kolejového roštu jsou popsány a srovnány vybrané sanační stroje. Poslední část pak obsahuje porovnání obou technologií.

Klíčová slova

pražcové podloží, poruchy pražcového podloží, technologický postup, technologie se snášením kolejového roštu, technologie bez snášení kolejového roštu

Summary

This thesis deals with problems of trackbed rehabilitation, it informs about origins of defects and failures and their occurrence in trackbed construction. In the next part, there is an analysis of geotechnical survey and preparatory work before the initiation of redevelopment work. Most importantly, the thesis focuses on technological processes of trackbed rehabilitation through the use of technology with and without track grillage dismantling. In the chapter dealing with the technology with track grillage dismantling, the application of modern technologies of automatic machine guidance is briefly described here. In terms of the technology without track grillage dismantling, there are described and compared several chosen machines for the trackbed rehabilitation. The last part contains a comparison of both technologies.

Key words

trackbed, trackbed failure, technological process, technology with track grillage dismantling, technology without track grillage dismantling

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. KONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍ TRATI	8
2.1 Rozdělení trati ze stavebního a udržovacího hlediska	8
2.1.1 Železniční svršek	8
2.1.2 Železniční spodek	9
2.1.2.1 Součásti železničního spodku	9
2.1.2.2 Těleso železničního spodku	10
2.2 Rozdělení trati z konstrukčního hlediska	12
2.2.1 Kolejový rošt	12
2.2.2 Pražcové podloží	12
2.2.2.1 Kolejové lože	12
2.2.2.2 Konstrukční vrstvy	14
2.2.2.3 Typy pražcového podloží	14
3. SANACE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ	18
3.1 Geotechnický průzkum a diagnostika železničního spodku	18
3.1.1 Předběžný geotechnický průzkum	18
3.1.2 Podrobný geotechnický průzkum	19
3.1.3 Vyhodnocení geotechnického průzkumu	20
3.2 Chyby a nedostatky v kvalitě pražcového podloží	20
3.2.1 Poruchy a deformace vyvolané promrznutím pražcového podloží	21
3.2.2 Poruchy a deformace vyvolané ztrátou deformační odolnosti	22
3.3 Rozdělení technologií sanace pražcového podloží v závislosti na charakteru jeho poškození	24
3.3.1 Sanace pražcového podloží technologií se snášením kolejového roštu	25
3.3.2 Sanace pražcového podloží technologií bez snášení kolejového roštu	25
4. TECHNOLOGICKÝ POSTUP SANACE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ SE SNÁŠENÍM KOLEJOVÉHO ROŠTU	27
4.1 Přípravné práce	27
4.2 Popis technologického postupu	27
4.2.1 Nestmelené vrstvy	29
4.2.2 Stmelené vrstvy	30
4.2.3 Plošné prvky	32
4.3 Stavební mechanizace	33
4.3.1 Druhy použitých strojů	34

4.3.2	Technologie pro automatické navádění strojů -----	35
4.3.2.1	Virtuální propojení stavebních činností -----	36
4.3.2.2	Nivelační systémy pro řízení stavebních strojů -----	36
5.	TECHNOLOGICKÝ POSTUP SANACE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ BEZ SNÁŠENÍ KOLEJOVÉHO ROŠTU -----	38
5.1	Přípravné práce -----	38
5.2	Popis technologického postupu -----	41
5.3	Popis funkcí vybraných strojů -----	42
5.3.1	Strojní čističky kolejového lože -----	42
5.3.2	Sanační komplexy -----	44
5.3.2.1	AHM 800 R -----	44
5.3.2.2	RPM 2002 -----	46
5.3.2.3	PM 1000 URM -----	47
5.3.3	Rekapitulace a srovnání strojů -----	50
6.	POROVNÁNÍ TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ -----	53
6.1	Výhody a nevýhody technologie se snášením kolejového roštu -----	53
6.1.1	Výhody -----	53
6.1.2	Nevýhody -----	54
6.2	Výhody a nevýhody technologie bez snášení kolejového roštu -----	54
6.2.1	Výhody -----	54
6.2.2	Nevýhody -----	55
6.3	Zhodnocení časové náročnosti obou technologií -----	56
6.3.1	Předpokládané podmínky pro sanaci technologií se snášením kolejového roštu	57
6.3.2	Předpokládané podmínky pro sanaci technologií bez snášení kolejového roštu	58
6.3.3	Vyhodnocení modelového příkladu -----	59
6.4	Rekapitulace -----	60
	ZÁVĚR -----	62
	7. SEZNAM LITERATURY -----	64
	8. SEZNAM OBRÁZKŮ -----	67
	9. SEZNAM PŘÍLOH -----	68

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ASP	Automatická strojní podbíječka
BIM	Building Information Modeling (z aj) = Informační model budovy
BK	Bezstyková kolej
ČSN	Česká technická norma
GTX	Geotextilie
CHKO	Chráněná krajinná oblast
KL	Kolejové lože
KP	Kolejové pole
KR	Kolejový rošt
KV	Konstrukční vrstva
PP	Pražcové podloží
PSS	Planumschutzschicht (z nj) = ochranná vrstva pláně
SŽDC	Správa železniční dopravná cesty
TK	Temeno kolejnic
TNŽ	Technická norma železnic
ZP	Zemní pláň

1. ÚVOD

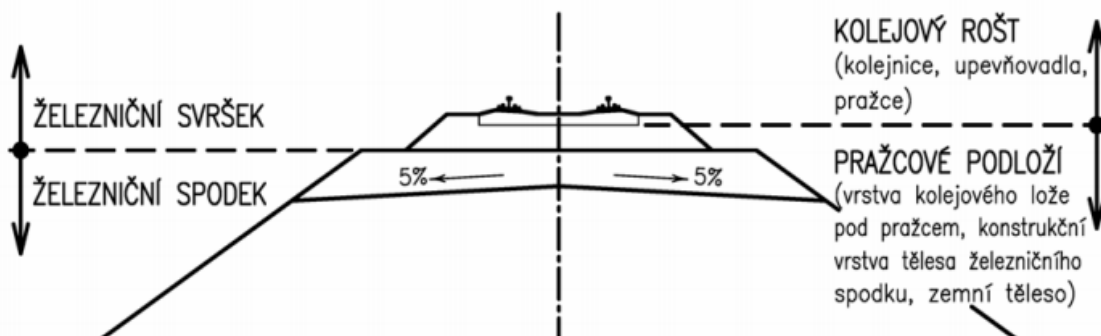
Vzhledem k vysoké hustotě železniční sítě na území České republiky a mnohdy zastaralému stavu tratí se dají v budoucnosti předpokládat jejich časté rekonstrukce a modernizace. Kvůli zvyšujícímu se dopravnímu zatížení, stejně jako zvyšování traťových rychlostí jsou v důsledku zajištění bezpečnosti a spolehlivosti provozu kladeny na tratě stále vyšší nároky. Bezpečná jízdní dráha musí disponovat dostatečnou únosností, deformační odolností vůči působícímu zatížení a povětrnostním vlivům tak, aby u ní nedocházelo ke vzniku chyb a deformací.

V rámci této práce je stručně popsán vznik poruch pražcového podloží a také jeho diagnostika. Bakalářská práce se zabývá zejména použitelnými technologiemi pro sanaci pražcového podloží, přípravnými pracemi, a dále popisuje technologické postupy vlastní sanace. Jsou zde uvedeny příklady vhodných stavebních strojů včetně popisu jejich činnosti. Celá práce je pojata čistě teoreticky a neopírá se o žádné konkrétní zadání či již realizovanou stavbu.

Hlavním cílem práce je získání uceleného pohledu na problematiku zvyšování únosnosti pražcového podloží. Snahou je sepsat rozdíly v realizaci opravných prací, výhody a nevýhody vyplývající z použití dostupných technologií a jejich následné srovnání. Sepsání podmínek a faktorů bezprostředně ovlivňujících výběr správné technologie by mělo poskytnout rámcovou představu o dostupnosti a vhodnosti aplikace tradičních i moderních technologií pro opravu železničních tratí.

2. KONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍ TRATI

Konstrukce železniční trati je ze stavebního hlediska tvořena železničním svrškem a železničním spodkem (viz Obr. 2.1). Jedná-li se o trať s klasickou konstrukcí železničního svršku, lze ji popsat jako kolejový rošt uložený v kolejovém loži (viz Obr. 2.1). Konstrukce železničního svršku bez kolejového lože (tzv. *moderní, neklasická, bezštěrková konstrukce*) je označována jako pevná jízdní dráha. [1] V textu je dále popisována pouze klasická konstrukce.



Obr. 2.1 - Konstrukce v širé trati [2]

2.1 Rozdělení trati ze stavebního a udržovacího hlediska

2.1.1 Železniční svršek

Železniční svršek tvoří jízdní dráhu a zajišťuje bezpečné vedení železničních vozidel. Jeho součástí jsou: [3]

- základní konstrukce tvořené kolejemi,
- výhybky a výhybkové konstrukce,
- zvláštní (účelové) konstrukce či konstrukční články, které ji doplňují.

„Základními součástmi železničního svršku jsou kolejnice, kolejnicové podpory, drobné kolejivo, upevňovací a kolejové lože. Jednotlivé součásti se zpravidla označují tvarem; souhrn součástí železničního svršku, příslušející k určitému tvaru kolejnic, se nazývá soustava železničního svršku. Z těchto součástí se sestavují jednotlivé konkrétní sestavy železničního svršku.“ [3]

2.1.2 Železniční spodek

Železniční spodek je stejně jako železniční svršek základní částí trati. Jeho tvar a rozměry, stejně jako požadovaná únosnost a stabilita, jsou základem pro trvalou geometrickou polohu koleje, a tím pak bezpečnou jízdu a plynulost železničního provozu. [4] *„Jeho tvar a rozměry musí vyhovovat ustanovení předpisu SŽDC S4 Železniční spodek, platným technickým normám a typovým podkladům.“* [1]

Pro projektování, stavební práce, rekonstrukce, modernizace, opravy a údržbu konstrukcí železničního spodku je nutno postupovat v souladu s platnými státními normami (ČSN), předpisem SŽDC S4 Železniční spodek, vzorovými listy železničního spodku a interními výnosy SŽDC. [5]

2.1.2.1 Součásti železničního spodku

„Železničním spodem se rozumí:

- *těleso železničního spodku,*
- *stavby železničního spodku,*
- *dopravní plochy a komunikace,*
- *drobné stavby a zařízení železničního spodku.*

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

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

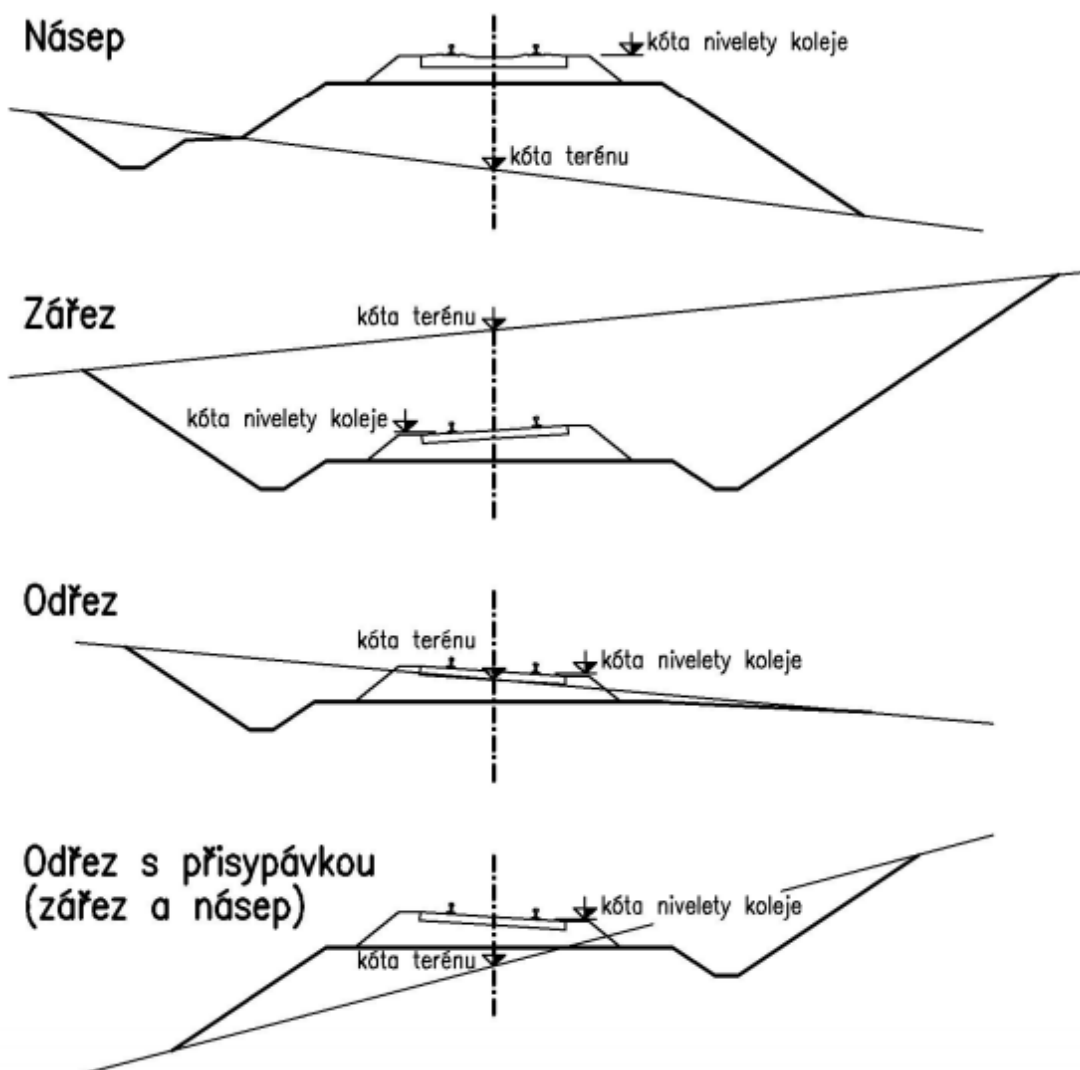
Dopravními plochami a komunikacemi se rozumí plochy a komunikace, které jsou určeny k nastupování a vystupování cestujících, k manipulaci a skladování věcí a zajištění obsluhy při provozu dráhy pozemními dopravními prostředky apod. Patří sem nástupiště, nákladiště, rampy, příjezdy na nákladiště, účelové komunikace, apod.

K drobným stavbám železničního spodku patří prohlídkové a čistící jámy; mezi zařízení železničního spodku řadíme zarážedla, oplocení a zábradlí.“ [4]

2.1.2.2 Těleso železničního spodku

Těleso železničního spodku slouží k uložení konstrukce železničního svršku. Musí být provedeno tak, aby jeho konstrukce zabezpečovala veškeré předepsané geometrické parametry koleje (konstrukční uspořádání koleje - rozchod a vzájemná výšková poloha kolejnicových pásů; geometrické uspořádání koleje - směr, podélná výška a sklon koleje; prostorová poloha koleje - osa koleje a niveleta [5]). Dále musí být zajištěn přenos statického i dynamického zatížení od železničních vozidel, aniž by došlo k deformaci pláňě tělesa železničního spodku. [4]

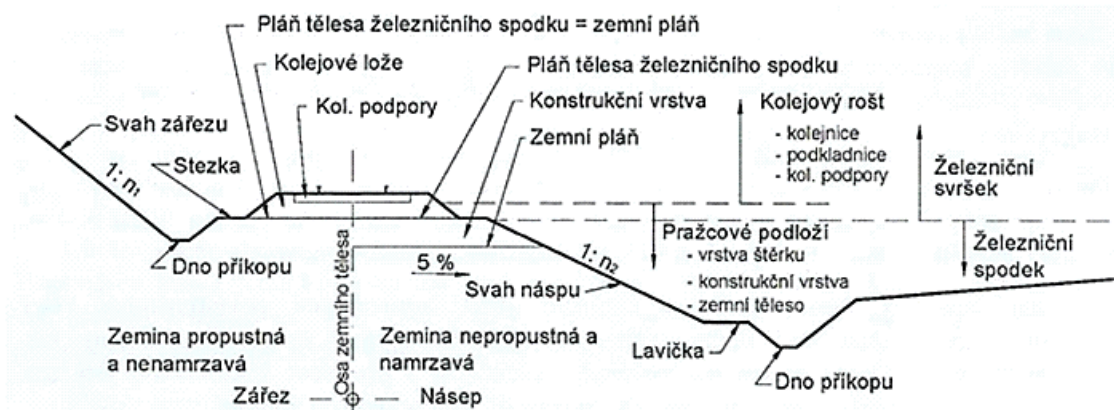
Podle vzájemné polohy nivelety terénu a nivelety koleje rozlišujeme jednotlivé tvary zemního tělesa - zářezy vyhloubené v terénu, násypy zbudované z hornin a zemin odtěžených ze zářezů, odřezy a kombinace násypu a zářezu (viz Obr. 2.2). [1]



Obr. 2.2 - Tvary zemního tělesa [2]

„Při volbě konstrukce tělesa železničního spodku se vychází z druhu a stavu zeminy či horniny zemní pláň, z únosnosti zemní pláň a z nejvyšší předepsané rychlosti vlaků. Přihlíží se také k vodnímu a teplotnímu režimu.“ [4]

Hlavní části tělesa železničního spodku jsou vyznačeny a popsány na Obr. 2.3. Pokud je zemní těleso vybudováno z propustné nenamrzavé zeminy, může být pláň tělesa železničního spodku totožná se zemní plání. Je-li však zemní těleso tvořeno ze zeminy nepropustné a namrzavé, zřizuje se mezi kolejovým ložem a zeminou zemního tělesa propustná konstrukční vrstva. V případě většího počtu konstrukčních vrstev se nejsvrchnější vrstva, tedy vrstva nejbližší kolejovému loži, označuje jako vrstva podkladní.



Obr. 2.3 - Názvosloví železničního spodku [1]

Pláň tělesa železničního spodku tvoří hranici mezi železničním svrškem a železničním spodkem. Provádí se v příčném sklonu, většinou rovnoběžně se zemní plání, případně zcela beze sklonu. Aby se předešlo smísení materiálu pláň tělesa železničního spodku a materiálu kolejového lože, musí být splněno filtrační kritérium.

Zemní pláň se dá popsat jako horní plocha zemního tělesa. Je-li zemní pláň tvořena nesoudržnými, propustnými a nenamrzavými zeminami, může být buď vodorovná nebo v příčném sklonu 5 %, jedná-li se však o zeminy soudržné, provádí se zemní pláň zásadně v 5 % sklonu. [1] V případě, kdy zemní pláň nevykazuje požadovanou únosnost, realizuje se na zemním tělese vrstva únosnějšího materiálu nebo se únosnost zvýší stabilizací, zlepšením zemin či použitím výztužných prvků. V případě, že se v tělese železničního spodku nevyskytuje žádná konstrukční vrstva, je zemní pláň totožná s plání tělesa železničního spodku.

2.2 Rozdělení trati z konstrukčního hlediska

2.2.1 Kolejový rošt

Kolejový rošt je součástí železničního svršku a tvoří vlastní jízdní dráhu, umožňující bezpečné vedení drážních vozidel. Rovněž přenáší zatížení vlivem pojezdu vozidel do pražcového podloží. Vlastní jízdní dráha je tvořena dvěma kolejnicovými pásy, pomocí upevňovadel a drobného kolejiva jsou kolejnice připevněny na kolejnicové podpory - převážně v podobě příčných pražců (dřevo, beton, alternativně plast), které jsou vloženy ve šterkovém loži. [6]

2.2.2 Pražcové podloží

Pražcové podloží je vícevrstvý systém, který tvoří vrstva kolejového lože pod pražci, konstrukční vrstvy různé únosnosti, mocnosti i různého materiálu a zemní těleso (dle stavebního hlediska je však kolejové lože součástí železničního svršku). Základním požadavkem na pražcové podloží je zajištění dostatečné únosnosti z důvodu zajištění stability koleje. Dalšími požadavky dále jsou rovnoměrný přenos sil od dopravního zatížení, dostatečný tepelný odpor a odolnost proti nepříznivým klimatickým podmínkám. V neposlední řadě musí pražcové podloží zajistit urychlený odvod vody z konstrukce. [7]

2.2.2.1 Kolejové lože

„Kolejové lože je částí konstrukce železničního svršku, která přenáší silové účinky železničního provozu z kolejnicových podpor na pláň tělesa železničního spodku, slouží ke zpružnění konstrukce železničního svršku a tím k tlumení dynamických účinků železničního provozu. Podílí se na zajištění dostatečného odporu proti příčnému a podélnému posunu kolejového roštu. Část kolejového lože pod úrovní ložné plochy kolejnicových podpor tvoří spolu s konstrukcí tělesa železničního spodku pražcové podloží.“ [3]

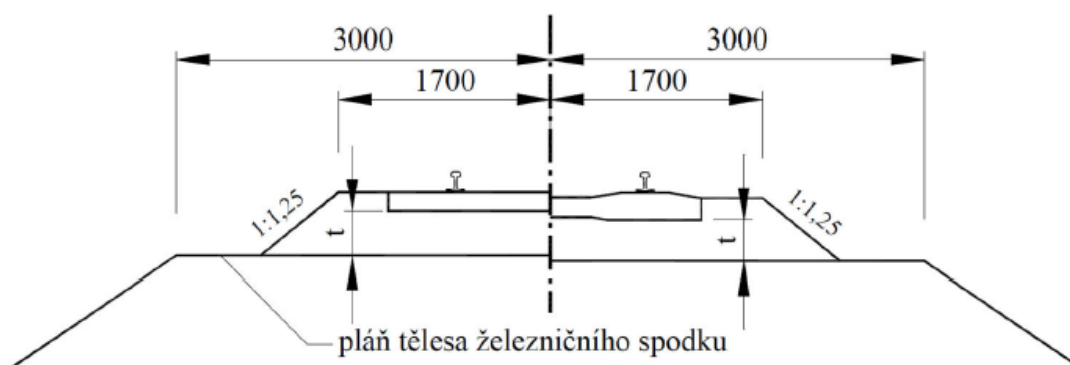
Kolejové lože také zajišťuje odvedení srážkové vody z koleje a umožňuje směrovou a výškovou úpravu polohy koleje. Musí být propustné a nenamrzavé, dostatečně pružné i stabilní, a v případě elektrizovaných tratí musí zajišťovat vzájemnou izolaci kolejnicových pásů.

K základním parametrům kolejového lože patří: [3]

- tloušťka kolejového lože, která se měří mezi ložnou plochou kolejnicové podpory (příčného pražce) u nepřevýšeného kolejnicového pásu a plání tělesa železničního spodku,
- profil kolejového lože,
- geotechnické vlastnosti kameniva,
- míra homogenizace kameniva v kolejovém loži,
- ekologické vlastnosti kameniva.

Tvar kolejového lože

Lichoběžníkový tvar kolejového lože koleje bez převýšení a jeho základní rozměry jsou patrné z Obr. 2.4. Na území ČR šířka kolejového lože v úrovni ložné plochy pražce činí 1 700 mm od osy koleje. Šterkové lavičky za hlavami pražců zvyšují odpor proti příčnému posunu pražců a jejich sklon 1:1,25 odpovídá úhlu vnitřního tření drceného kameniva frakce 31,5/63. [6] Použití dřevěných pražců je na obrázku vlevo, vpravo je znázorněno použití betonových pražců. Tloušťka kolejového lože t je závislá na kategorii dráhy ve smyslu předpisu SŽDC S3.



Obr. 2.4 - Tvar kolejového lože jednokolejné trati s kolejí bez převýšení [6]

U kolejí v převýšení se provádí rozšíření a nadvýšení kolejového lože dle předpisu SŽDC S3/2 Bezstyková kolej. Maximální projektovaná výška kolejového lože u koleje s převýšením na pláni tělesa železničního spodku ve sklonu je 900 mm. [3]

Materiál kolejového lože

„Materiál kolejového lože musí mít takové vlastnosti, aby po dobu předpokládané životnosti stavby byla při běžné údržbě zaručena zejména mechanická pevnost a stabilita stavby, ochrana zdraví a životního prostředí a ochrana proti hluku.“ [3]

Materiál kolejového lože musí splňovat požadavky na pevnost, kdy se materiál při pojezdu železničních vozidel ani při podbíjení nesmí drtit. Dále musí být odolný proti účinkům mrazu, aby nedocházelo ke změnám jeho vlastností při střídavém promrzání a rozmrzání. [6]

Pro zřizování a údržbu kolejového lože se smí používat kamenivo nové přírodní, recyklované (vytěžené z kolejového lože a upravené v recyklačním zařízení) nebo umělé (vyráběné drcením a třídění vysokopeční strusky). Jedná se o kamenivo drcené o objemové hmotnosti min. 2 000 kg.m⁻³, frakce 31,5/63. [3]

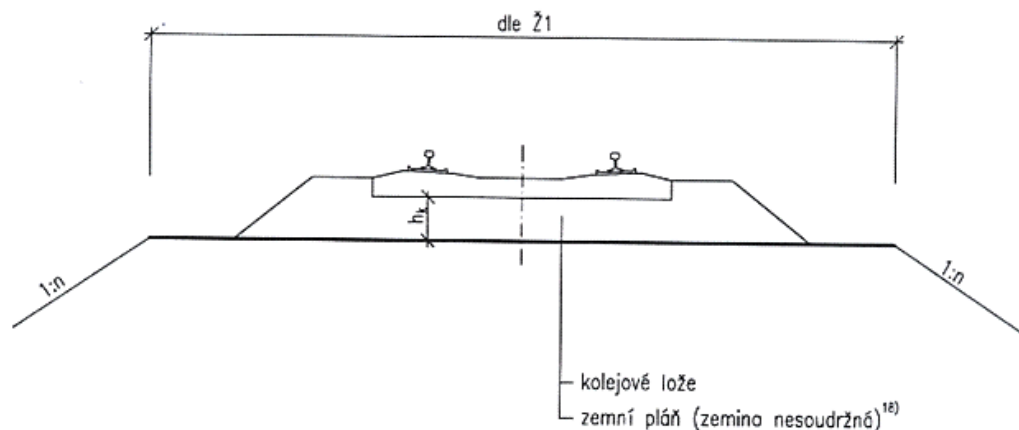
2.2.2.2 Konstrukční vrstvy

Konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku se využívají pro zlepšení únosnosti na pláni tělesa železničního spodku, potažmo i na zemní pláni. Materiály konstrukčních vrstev musí splňovat požadavky na nenamrzavost, propustnost a musí vyhovovat filtračnímu kritériu. [4] Typickými materiály používanými do konstrukčních vrstev jsou například minerální směsi, štěrkodrt' frakce 0/32, stejně tak i recyklovaná štěrkodrt', vyzískaná z procesu čištění kolejového lože. [5]

2.2.2.3 Typy pražcového podloží

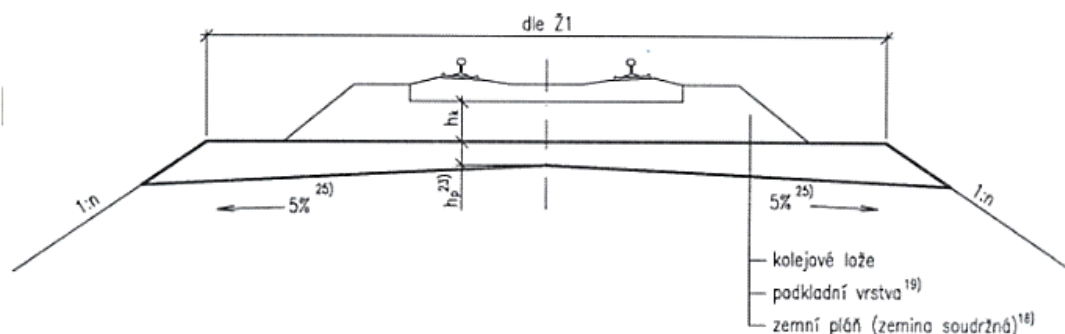
„Podle složení konstrukčních vrstev se užívají především tyto konstrukce pražcového podloží:

Typ 1 - *železniční svršek je umístěn přímo na zemní pláň, která je totožná s plání tělesa železničního spodku.“ [4].* Tento typ konstrukce se využívá výhradně v případech, kdy je zemní těleso tvořeno z nesoudržných, propustných a nenamrzavých zemin. [5] Viz Obr. 2.5.



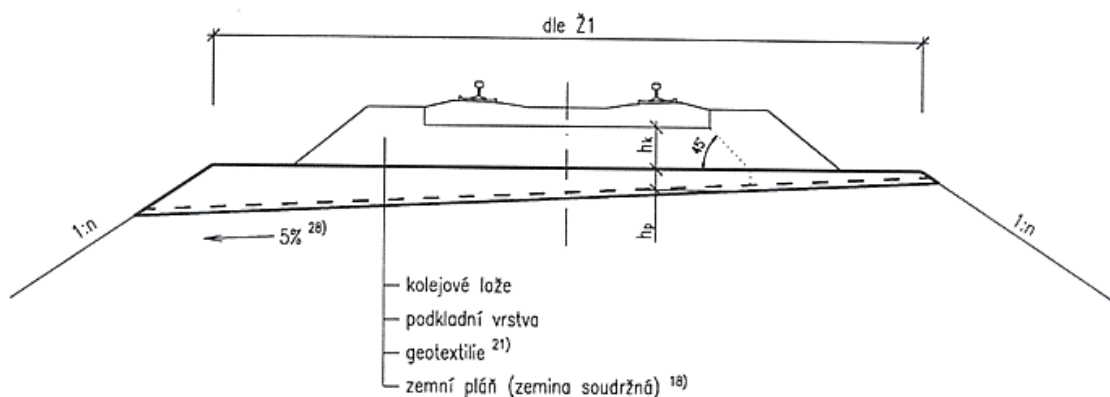
Obr. 2.5 - Konstrukce pražcového podloží - typ 1 [8]

„**Typ 2** - železniční svršek uložen na konstrukční vrstvě (podkladní), případně podkladní a konstrukční vrstvě, která spočívá na zemní pláni.“ [4] Viz Obr. 2.6, kde je zobrazena jednokolejná trať se zemní plání v oboustranném sklonu.



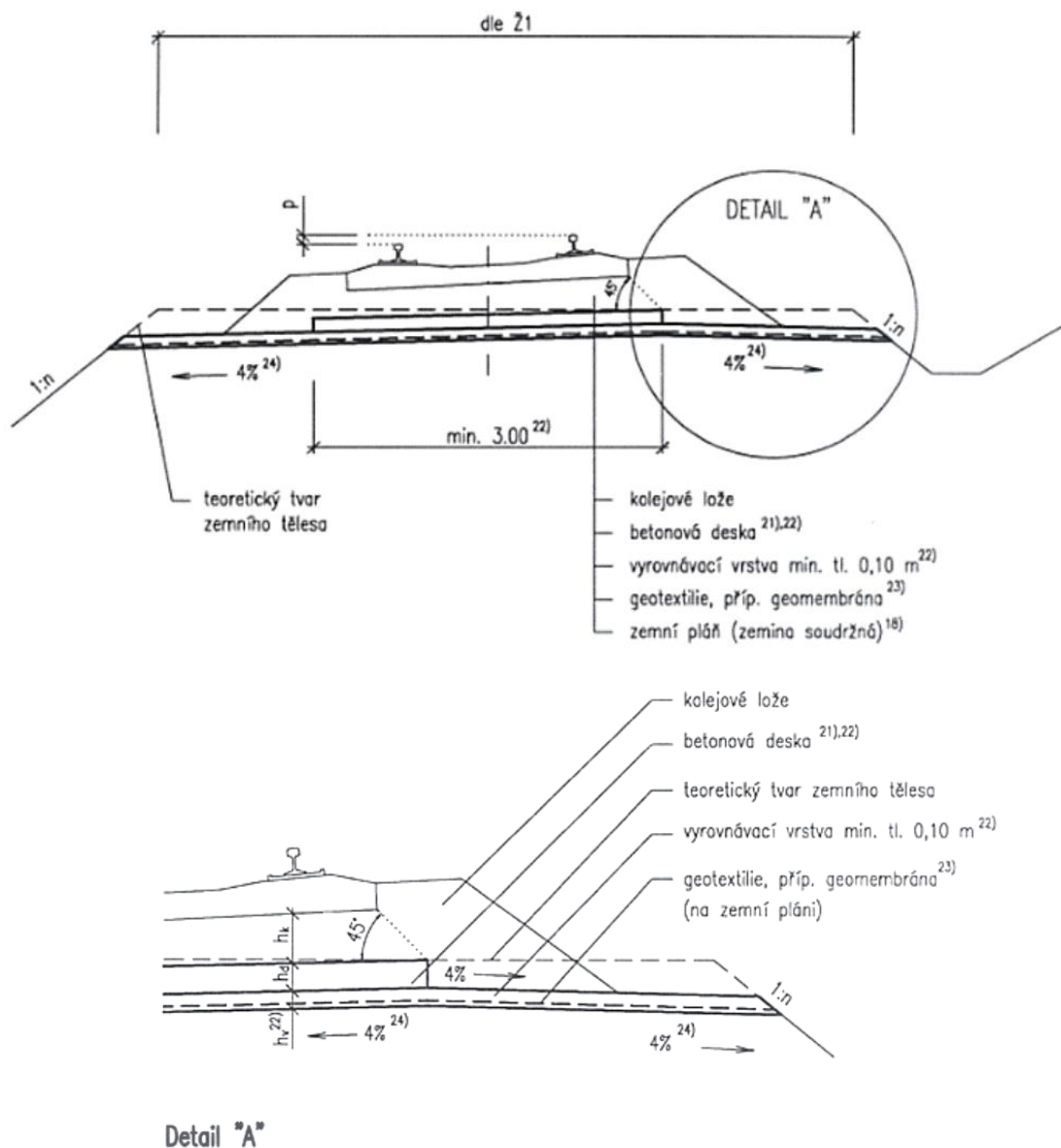
Obr. 2.6 - Konstrukce pražcového podloží - typ 2 [8]

„**Typ 3** - železniční svršek je uložen na konstrukční vrstvě (podkladní vrstvě), která spočívá na geosyntetikách uložených na zemní pláni.“ [4] Na Obr. 2.7 lze vidět zemní pláň v jednostranném sklonu.



Obr. 2.7 - Konstrukce pražcového podloží - typ 3 [8]

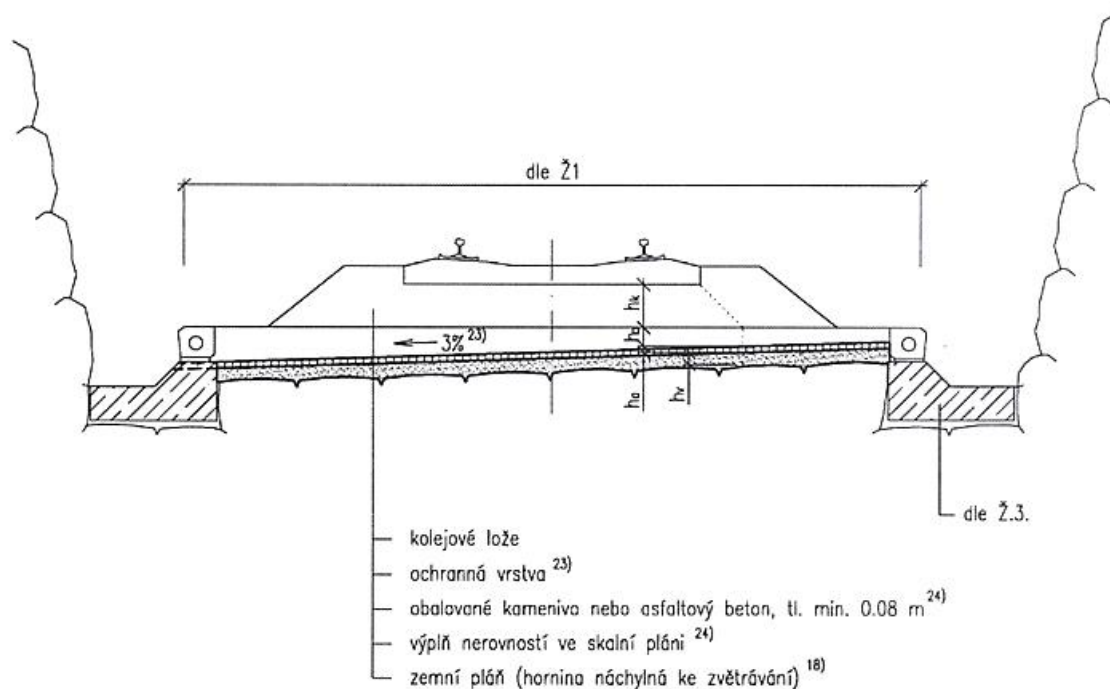
„**Typ 4** - železniční svršek je uložen na betonové prefabrikované desce, která spočívá na vyrovnávací vrstvě z písku nebo štěrkopísku, zřízené na geotextilii nebo geomembráně uložené na zemní pláni.“ [4] Tento typ (viz Obr. 2.8) se už nenavrhuje a u nových konstrukcí se nepoužívá.



Obr. 2.8 - Konstrukce pražcového podloží - typ 4 [8]

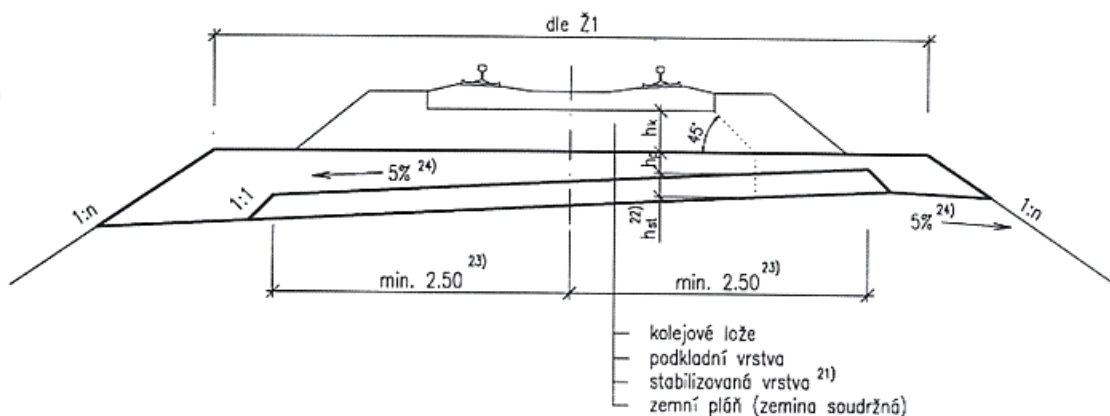
„**Typ 5** - železniční svršek je uložen na vrstvě asphaltového betonu nebo drceného obalovaného kameniva, která spočívá na vyrovnávací vrstvě ze štěrkodrtě zřízené na zemní pláni ze snadno zvětrávajících hornin.“ [4] Vrstva asphaltového betonu je

zřizována ve sklonu 3 % na celé šířce zemní pláň, a to jak v jednostranném (viz Obr. 2.9), tak v oboustranném sklonu. [5]



Obr. 2.9 - Konstrukce pražcového podloží - typ 5 [8]

„**Typ 6** - železniční svršek je uložen na konstrukční vrstvě (podkladní vrstvě), která spočívá na vrstvě stabilizace zřízené na zemní pláni nebo na zemní pláni vytvořené ze zlepšené zeminy případně stabilizace.“ [4] Stabilizace dovezená (viz Obr. 2.10) se provádí v míchacím centru, ve výjimečných případech se provádí stabilizace na místě. [5]



Obr. 2.10 - Konstrukce pražcového podloží - typ 6 [8]

3. SANACE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ

Pravidelná kontrola kvality jízdní dráhy, jež je zodpovědná za bezpečnost provozu, je nedílnou součástí správy a údržby železničních tratí. Pro správný návrh rekonstrukcí a sanačních opatření jsou základním východiskem výsledky geotechnického průzkumu prováděného v rámci předběžných prací. Na základě získaných dat se pak navrhuje opravy v oblastech železničního spodku i svršku a probíhá jejich následná realizace. [4]

3.1 Geotechnický průzkum a diagnostika železničního spodku

„Geotechnický průzkum zemního tělesa slouží ke zjištění složení a stavu tělesa železničního spodku.

Cílem geotechnického průzkumu tělesa železničního spodku je zjištění fyzikálně mechanických vlastností materiálů konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku a zemního tělesa, zejména stanovení únosnosti, zhodnocení stability a určení příčin poruch a deformací tělesa železničního spodku, v návaznosti na inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry sledované lokality.“ [4]

„Geotechnický průzkum se obvykle provádí ve třech stupních, jako geotechnický průzkum:

- *předběžný,*
- *podrobný (zpravidla pro zadání stavby),*
- *doplňující (zpravidla pro projektovou dokumentaci).*

S ohledem na rozsah průzkumu a složitost poměrů posuzovaného úseku trati je možno jednotlivé stupně geotechnického průzkumu slučovat.“ [4]

3.1.1 Předběžný geotechnický průzkum

Předběžný geotechnický průzkum spočívá nejprve v prohlídce úseku sledované trati spolu se správcem trati. Zaměření spadá zejména na místa častých poruch, přičemž je snahou stanovit jejich pravděpodobné příčiny. Při modernizacích a rekonstrukcích tratí se v rámci předběžného geotechnického průzkumu doporučují používat kontinuální měření nedestruktivními metodami (např. při předpokládaném zvyšování únosnosti pražcového podloží technologií bez snášení kolejového roštu), poskytujícími informace o stavu a složení tělesa železničního spodku. [4] Příkladem je

radiolokační metoda, kde použití georadaru poskytuje informace o skutečné tloušťce kolejového lože, přítomnosti vody v pražcovém podloží, stanovení hranic mezi jednotlivými konstrukčními vrstvami, hranicích kvazihomogenních bloků či výskytu poruch v pražcovém podloží. Ovšem k určení druhu a stavu materiálu jednotlivých vrstev tělesa železničního spodku a k vyjádření jejich pevností a deformačních charakteristik aplikace georadaru nestačí. [6] K získání těchto údajů se realizují kopané sondy za hlavami pražců či kopané rýhy napříč kolejovým ložem uskutečňované v souladu s průzkumem místním šetřením. [4]

3.1.2 Podrobný geotechnický průzkum

Úkolem podrobného geotechnického průzkumu, vyplývajícího z požadavků stanovených předběžným průzkumem, je co nejpřesnější popis geotechnických poměrů v tělese železničního spodku. Zaměřuje se především na poruchy a deformace zemního tělesa a na stabilitu svahů zemního tělesa, přičemž se zjišťují příčiny a rozsah poruch, stejně jako jejich odhadovaný vývoj. K podrobnému průzkumu lze využívat nedestruktivních geofyzikálních metod (seismická, radarová, apod.), ale i metod destruktivních, za pomoci kopaných či vrtaných sond a následných polních zkoušek (penetrační, zatěžovací, atd.). Kopané sondy jsou časově náročné a znamenají v běžných podmínkách jejich četnost odpovídá zhruba deseti kusům na kilometr. Pokud jsou v daném úseku místa vykazující porušení (zablácená místa, poklesy a projevy nestability), musí se odpovídajícím způsobem zkrátit vzdálenost mezi jednotlivými sondami. Další nedílnou součástí sondování je odběr vzorků materiálů, jejich následný laboratorní rozbor a popis zjištěných mechanických a fyzikálních vlastností. Tyto výsledky jsou pak fundamentem pro spolehlivé stabilitní výpočty a pozdější návrh jejich sanačních opatření. [4]

V případě potřeby se zpřesňují níže vypsané poznatky z podrobného průzkumu třetí fází, a to doplňujícím geotechnickým průzkumem. Průzkum se uplatňuje hlavně na místech s výrazným poškozením zemního tělesa, případně pro zpřesnění hranic úseků s jednotnou konstrukcí pražcového podloží, apod.

3.1.3 Vyhodnocení geotechnického průzkumu

V souladu s předpisem SŽDC S4 ŽELEZNIČNÍ SPODEK musí závěry podrobného geotechnického průzkumu obsahovat následující údaje: [4]

- složení a popis konstrukce pražcového podloží, tj. tloušťku, materiál a stav jednotlivých vrstev včetně kolejového lože,
- výškovou úroveň zemní pláně a pláně tělesa železničního spodku,
- charakteristiku stavu zemní pláně,
- výsledky laboratorních zkoušek zahrnujících zrnitostní rozbor, konzistenční meze, číslo konzistence, přirozenou vlhkost, propustnost, namrzavost a klasifikaci zemin,
- přetvárné vlastnosti zemin zemní pláně a pláně tělesa železničního spodku,
- vodní režim zemní pláně pro posouzení konstrukce z hlediska nepříznivých účinků mrazu,
- příčiny poruch a deformací.

Závěrečné vyhodnocení geotechnického průzkumu je shrnuto ve zprávě. Zpráva zpravidla obsahuje použité podklady, charakteristiku poměrů, výsledky předběžného průzkumu, metodiku průzkumu, výsledky zkoušek a měření, doporučení a technická opatření. V přílohách jsou obsaženy výsledky zkoušek, dokumentace a popis sond a výkresová dokumentace. [1]

3.2 Chyby a nedostatky v kvalitě pražcového podloží

Na vznik chyb a deformací v pražcovém podloží má vliv nemalá řada faktorů. K typickým příčinám patří: [9]

- překročení pevnostní hranice zeminy vlivem mechanického zatížení,
- stlačení a deformace zeminy pláně,
- znečištění kolejového lože a následný pokles modulu pružnosti šterku,
- nedodržení filtračního kritéria,
- relativně malá životnost konstrukčních částí koleje, upevnění i pražců a jejich zatížení, překračující limitní hodnoty pevnosti.

Nelze opomenout také značný vliv povětrnostních podmínek, které zvyšují nepříznivé namáhání jízdní dráhy. Zejména dochází ke zvětšení: [9]

- mechanického přetížení zeminy,
- stlačení pražcového podloží a jeho následný pokles,
- průniku vody do zemní pláně či tvoření ledových čoček.

K těmto faktům se musí připočíst i další nedostatky vznikající nedokonalou údržbou dráhy. Jsou to nedostatky z důvodu použití nevhodných diagnostických metod neumožňujících nalezení skutečné příčiny problému. Další negativní skutečností je nedostatek finančních prostředků pro včasné odstranění rozvíjejících se vad a brzkou realizaci opravných prací stanovených výsledky diagnostiky. [9] Po vyčtení těchto faktorů je pravděpodobnost výskytu deformací a chyb konstrukčního a geometrického uspořádání koleje značná, a vede k vyšším provozním nákladům, snižování traťových rychlostí, jakož i celkovému využití poškozeného úseku.

K častým problémům pražcového podloží dochází i v přechodových oblastech, kdy těleso železničního spodku plynule přechází na stavbu železničního spodku (mosty, přejezdy či konstrukce pevné jízdní dráhy). Nerovnoměrná tuhost železničního spodku často zapříčiní potíže s geometrickou polohou koleje, a to zejména v přechodových oblastech mostních objektů. [10]

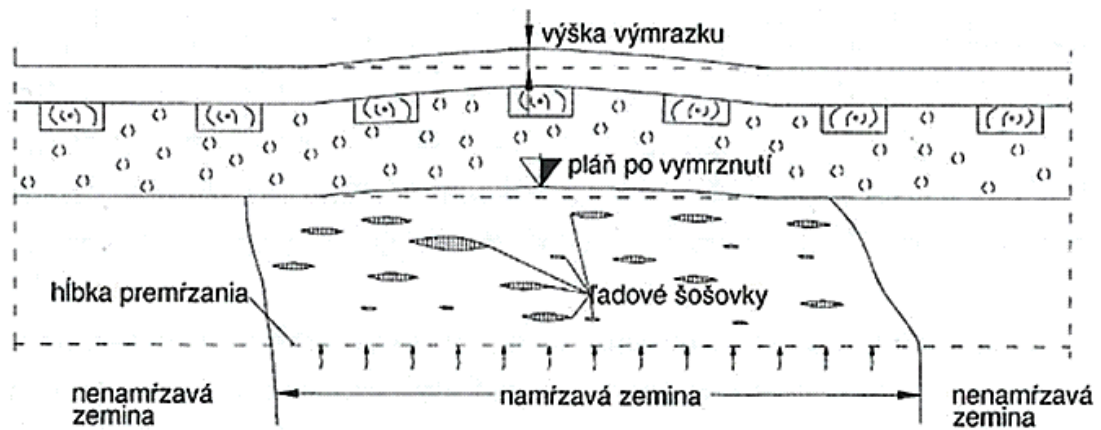
Obecně lze chyby pražcového podloží rozdělit do dvou skupin podle příčiny: [9]

- promrznutí konstrukce pražcového podloží,
- nedostatečná deformační odolnost zemní pláně, konstrukční vrstvy či kolejového lože.

3.2.1 Poruchy a deformace vyvolané promrznutím pražcového podloží

Typickým příkladem poruchy vlivem účinků mrazu je tvorba ledových čoček. Zeminy, u kterých dochází k tomuto jevu, jsou označovány jako namrzavé. Tvorba ledových čoček v oblasti promrzlé zeminy pod úrovní zemní pláně dává v koleji vzniku tzv. *hloubkovým výmrazkům* (viz Obr. 3.1), které mohou zapříčinit zdvih nivelety koleje, a tím razantně ohrozit bezpečnost provozu. Nepříznivý vodní režim umožňuje podzemní vodě vzlínat do pórů vytvořených zvětšením objemu ledových čoček, kde voda poté zamrzá. Po zimním období, kdy dochází k opakovaným zdvihům koleje, nastává jarní tání, což vede k rozmrznutí ledových čoček, a tím navýšení vlhkosti zeminy zemní pláně. Zemina tímto ztrácí na únosnosti, což se projevuje poklesem

a deformací výškové polohy koleje. Změnou konzistence zeminy taktéž může docházet k jejímu vyplavování do materiálu kolejového lože. [5], [9]



Obr. 3.1 - Hĺubkový výmrazek v koleji [9]

3.2.2 Poruchy a deformace vyvolané ztrátou deformační odolnosti

Důsledky poruch pražcového podloží vyvolaných ztrátou deformační odolnosti se s časem zvětšují, a to zejména v případech, kdy jsou na nich provedena pouze pohotová dočasná opatření (např. podbití nebo snížení traťové rychlosti). Jejich další vývoj je tím sice zpomalen, ale v žádném případě není finálním řešením. Je potřeba problém prozkoumat a navrhnout řádnou opravu. [9]

Poruchy pražcového podloží vlivem ztráty deformační odolnosti se dělí podle vzniku a výskytu na: [9]

- poruchy a deformace zemní pláně,
- poruchy a deformace podkladové vrstvy,
- poruchy a deformace kolejového lože.

Nejčastějším místem poruch je v rámci železničního spodku oblast zemní pláně. Velký vliv na kvalitu a deformační odolnost pláně má: [9]

- materiál, ze kterého je zbudovaná,
- intenzita statického i dynamického zatížení,
- kvalita zhutnění zemní pláně,
- stav odvodnění,
- poloha podzemní vody a kapilarita,
- deformační odolnost kolejového svršku,
- rozdělení pražců, a další.

Pokud některý ze zmíněných bodů přesáhne hraniční hodnoty nebo není proveden dostatečně kvalitně, dochází k poškození a deformaci zemní pláně, a tedy k nutnosti oprav. Vnějším projevem těchto poruch může být například výskyt tzv. *blatáků*, tedy zablácených míst - viz Obr. 3.2. Jejich vznik lze dobře vysvětlit na příkladu konstrukce pražcového podloží bez konstrukční vrstvy, tedy v případě, že je pláň tělesa železničního spodku totožná se zemní plání. Zatlačováním jednotlivých zrn kolejového lože do jemnozrnné zeminy zemní pláně vznikají nerovnosti, které narušují rovnou plochu pro odvod povrchové vody. Ta se v nich usazuje a prosakuje do jemnozrnného materiálu, mění jeho konzistenci a tím i jeho pevnost. To má za následek pronikání jemnozrnné zeminy do materiálu kolejového lože, a tím i jeho další zatlačování. Takto deformovaná pláň je schopná více vsakovat vodu a více měknout. Střídavým zatěžováním a odlehčováním vlivem pojezdu vozidel, současně s působením srážkové vody, dochází k vytlačování materiálu zemní pláně o kašovitě konzistenci na povrch kolejového lože - tzv. *pumpovací efekt*. [9]



Obr. 3.2 - "Blaták" v oblasti výhybkové konstrukce [10]

Chyby v oblasti konstrukčních vrstev jsou bezprostředně spjaty s tzv. *směsnými zónami*, což jsou oblasti, kde dochází k promíchání materiálu zemní pláně a konstrukční vrstvy, nebo materiálu konstrukční vrstvy a kolejového lože. V případech malého rozsahu (malá tloušťka) nevzniká žádný problém, respektive jeho promísení ani nejde zabránit. Problém nastává v případech, kdy je tloušťka směsné zóny větší. Dochází pak v prvním případě ke snížení deformační odolnosti konstrukční vrstvy, a tím i k omezení celé její funkčnosti, možnosti vzniku výmrazků či změně geometrické polohy koleje. V případě druhém dochází při silné vrstvě směsné zóny k poklesu pražců z důvodu chybějícího štěrku, a tím i následné změně polohy koleje. [9]

Poruchy a deformace kolejového lože jsou důsledkem jeho znečištění. Příklad *znečištění z podloží* vlivem pumpovacího efektu již byl popsán výše. Tzv. *vnitřní znečištění* je projevem vysokého kontaktního napětí mezi zrny kolejového štěrku, které způsobuje jejich mechanické poškození, a to zejména u štěrku menších pevností. Nebezpečí je v tom, že je toto znečištění jemnými úlomky velmi nenápadné. Hrozí ovšem jen u extrémně měkkých hornin. Dalším, takřka nepodstatným druhem je *znečištění shora* vznikající spádem jemných částic nákladu. V neposlední řadě může nastat *znečištění bokem*, převážně u tratí vedených v úrovni terénu, jako důsledek extrémních srážek či povodní. Dochází totiž k zanesení kolejového lože materiálem přilehlým k trati, případně ke vzniku zabahněných míst. [9]

3.3 Rozdělení technologií sanace pražcového podloží v závislosti na charakteru jeho poškození

Je nanejvýš důležité zachovat dlouhodobou stabilitu jízdní dráhy a zabezpečit její bezpečný provoz. Proto je nutné pravidelné odstraňování poruch a deformací pražcového podloží, pokud možno ihned po objevení nedostatků. Působením nepříznivých hydrogeologických a hydrologických podmínek, nadměrného, nejen dopravního zatížení či nedodržení norem a předpisů dochází k řadě poruch (příklady byly popsány v předchozí kapitole), které vyžadují specifické druhy oprav. Obecně se dají technologické postupy oprav chyb a deformací pražcového podloží pojmout dvěma způsoby. Zřízením nové, vícevrstevné konstrukce pražcového podloží s použitím tradičních materiálů o specifických vlastnostech a tloušťkách (konvenční metodou), nebo vložením nové vrstvy do již stávající konstrukce pražcového podloží (kolejový rošt není snášen).

Způsoby sanace pražcového podloží tedy můžeme rozdělit na: [9]

- technologie se snášením kolejového roštu,
- technologie bez snášení kolejového roštu.

Volba sanační metody úzce souvisí s charakterem poruch a vyžaduje nejlepší technologické řešení, které je v danou chvíli k dispozici. Především má velký vliv na budoucí provozování tratě, a to z časových důvodů a plánování výluk. Nutno počítat se zvyšujícími se požadavky na intenzitu provozu, rostoucí traťové rychlosti, nápravová zatížení a hlavně se zmenšujícími se časovými okny určenými pro opravné práce. [9], [10]

3.3.1 Sanace pražcového podloží technologií se snášením kolejového roštu

Technologie se snášením kolejového roštu je prozatím nejpoužívanější sanační metodou, která vyžaduje nasazení klasické stavební mechanizace. Základním znakem této technologie je prvotní sejmutí stávajícího kolejového roštu. Následné práce mají charakter tradičních zemních prací, při nichž je využíváno především silničních mechanismů. Použití této technologie umožňuje zřízení vícevrstevné konstrukce pražcového podloží při zachování původní polohy nivelety koleje. Používá se v případech, kdy se vyskytla chyba v hloubce větší než 1 000 mm pod úložnou plochou pražce, a v rámci průzkumu byl zaznamenán pokles deformační odolnosti zemní pláně. Je vhodná pro realizaci všech typů pražcového podloží. [11]

V průběhu prací je celý opravovaný úsek vystaven klimatickým podmínkám, vlastním stavebním činnostem i přepravě materiálu těžkými nákladními automobily, a to po celou dobu realizace opravných prací. Pochopitelně je vyžadována nepřetržitá výluka opravované koleje. V případě dvojkolejné tratě je na sousední koleji částečně omezen provoz a mezi jednotlivými kolejemi musí být zřízena specifická bezpečnostní opatření. [9], [11]

3.3.2 Sanace pražcového podloží technologií bez snášení kolejového roštu

Jak již z názvu vyplývá, není u této metody kolejový rošt snášen, ale je pomocí speciálních traťových mechanismů pouze nadzdvihován. Veškeré práce probíhají kontinuálně na stávajícím kolejovém roštu a jsou prováděny speciálními strojnými

linkami. Kolej přitom zůstává k dispozici coby pracovní plocha a slouží k transportu materiálu.

Technologie bez snášení kolejového roštu se používá výhradně v případech, kdy hloubka výskytu chyby nepřesahuje 1 000 mm pod úroveň úložné plochy pražce. Zároveň by v daném úseku nemělo být zaznamenáno snížení deformační odolnosti zemní pláně. Pro zajištění geometrické polohy koleje je možné zvýšit deformační odolnost stávajícího pražcového podloží vložím nové konstrukční vrstvy, případně zesílením už vrstvy existující. Sanaci bez snesení kolejového roštu lze aplikovat pouze na pražcové podloží typu 2 a typu 3. [11]

Technologický postup bez snášení kolejového roštu probíhá buď za úplného vyloučení sanované koleje, nebo ve vyhraněných výlukových časových oknech. Je také vhodnou alternativou pro úseky se složitými podmínkami pro přístup stavební nekolejové mechanizace. Použití této technologie se taktéž nabízí v případě omezeného přístupu v chráněných krajinných oblastech, přírodních rezervacích, apod. [9], [11]

4. TECHNOLOGICKÝ POSTUP SANACE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ SE SNÁŠENÍM KOLEJOVÉHO ROŠTU

Technologický postup sanace pražcového podloží slouží pro zdůvodnění délky výluky, rozsahu objektů vyloučených z provozu během sanace, stejně jako k řízení samotných opravných prací. Na jeho základě se pak vystavuje rozkaz o výluce, obsahující časovou náročnost prací, údaje o dodavateli prací, stavební opatření, atd. Při tvorbě technologického postupu sanace pražcového podloží se vychází z místních podmínek. [12]

Technologie se snášením kolejového roštu je na území České republiky stále nejvyužívanější metodou sanace a objektivně vzato jsou s ní největší zkušenosti. Zhotovitelé využívají vlastní strojový park a nepotřebují si zajišťovat speciální mechanizaci dostupnou převážně jen u zahraničních výrobců. Tato technologie je běžně nazývána *klasickou* nebo *konvenční* metodou sanace pražcového podloží.

4.1 Přípravné práce

Před samotným zahájením stavby je potřeba přichystat daný úsek a zajistit řadu opatření. Přípravné práce sanace pražcového podloží jsou často organizované společně s přípravnými pracemi pro rekonstrukci železničního svršku. V rámci přípravných prací je zhotovitelem nutno: [12]

- zajistit místa pro skladování materiálu a vybudovat deponie (zpravidla v nejbližší možné vzdálenosti od sanovaného úseku),
- vybudovat přístupové cesty pro potřebnou nekolejovou stavební mechanizaci,
- zbudovat zařízení staveniště a plochu pro odstavení stavebních strojů,
- zajistit ochranu nebo přeložení podzemních a nadzemních vedení,
- zajistit stavební mechanizaci v bezchybném technickém stavu a v souladu s platnou legislativou.

4.2 Popis technologického postupu

Technologie sanace pražcového podloží se snášením kolejového roštu využívá tradičních stavebních strojů pro zemní práce. Může být využita pro konstrukci

kteréhokoliv typu pražcového podloží. V závislosti na konkrétním návrhu sanačního opatření, resp. navrženého typu pražcového podloží, se mění druh použité mechanizace a sled prací je u jednotlivých typů odlišný. Důležitým společným znakem je kvalitní zřízení konstrukčních vrstev, ale až po provedení povrchového a podpovrchového odvodnění. Celkový technologický postup prací je uskutečňován v následujících krocích: [11], [13]

- zrušení bezстыkové koleje,
- vyjmutí, odvoz a případná demontáž kolejových polí,
- těžba a odvoz materiálu stávajícího pražcového podloží (kolejového lože a zeminy zemní pláně),
- výstavba odvodnění,
- zhotovení, urovnání a zhutnění zemní pláně,
- zřízení konstrukčních vrstev pražcového podloží dle projektové dokumentace,
- dovoz materiálu, rozprostření a zhutnění spodní vrstvy kolejového lože,
- pokládka kolejového roštu,
- směrová a výšková úprava koleje,
- dovoz a dosypání zbytkového materiálu kolejového lože,
- opětovná směrová a výšková úprava koleje,
- úprava profilu kolejového lože,
- hutnění kolejového lože,
- zřízení bezстыkové koleje.

Při realizace sanačních opatření metodou se snášením kolejového roštu je nutnou podmínkou zajištění plynulého odtoku vody ze zemní pláně. Pokud vlivem zanedbání nebo nekvalitním provedením odvodnění dojde k zatopení a následnému znehodnocení zemní pláně, je zhotovitel nucen na vlastní náklady zjednat opravu dle požadavků stavebního dozoru. Během celé výstavby musí být odvodňovací zařízení důkladně chráněno před poškozením. [13]

Zemní plán musí být zhotovena podle schválené projektové dokumentace. Musí být vytvořena z požadovaných materiálů, v daném příčném i podélném sklonu, v souladu se směrovým vytyčením a v rámci výškových tolerancí. Při předávce

stavebnímu dozoru musí být povrch zemní pláně rovný, čistý, zhutněný na požadovanou hodnotu a bez nežádoucích deformací. Poté co je stavebním dozorem potvrzeno splnění veškerých požadavků (schválené odvodnění i zemní pláň, převzaté výsledky počátečních zkoušek materiálů konstrukčních vrstev, vhodné klimatické podmínky), může se přistoupit k provádění konstrukční vrstvy. [13]

Technologický postup realizace konstrukční vrstvy musí být zvolen tak, aby byl pojezd již upravené zemní pláně omezen na minimum. Zhotovitel je povinen zajistit kontrolní zkoušky jakosti materiálů, jejichž výsledky konzultuje se stavebním dozorem. Pokud stavební dozor shledá nedodržení požadovaných kvalitativních kritérií konstrukční vrstvy, je zhotovitel povinen na vlastní náklady provést opravu. Pojezdy po již zhotovené konstrukční vrstvě jsou přípustné pouze po předchozí domluvě se stavebním dozorem, a to jen v případě, že hotová vrstva vykazuje dostatečnou únosnost. Pojezdy mechanizace na umístěných plošných prvcích - geosyntetikách, antivibračních rohožích či tepelně izolačních deskách jsou vyloučené. Skladování materiálu na již upraveném a schváleném povrchu zemní pláně či konstrukční vrstvy je taktéž nepřípustné. Dovezený materiál musí být ihned rozprostřen a zhutněn. Stavebním dozorem převzaté konstrukční vrstvy už nesmí být podrobeny dalším stavebním úpravám. [13]

4.2.1 Nestmelené vrstvy

K materiálům používaným do tzv. nestmelených vrstev řadíme například štěrkovité přírodní drcené i nedrcené kamenivo, umělé kamenivo, recyklovaný dřívě použitý materiál a minerální směsi. Pokud není na styku vrstvy se zemní plání splněno filtrační kritérium dle TNŽ 73 6949 Odvodnění tratí a stanic, musí být na zemní plání položena vhodná separační vrstva - geosyntetikum. Filtrační kritérium musí být taktéž splněno na pomezí konstrukční vrstvy a kolejového lože, tedy na plání tělesa železničního spodku. Zmíněné vlastnosti materiálů jsou doloženy počátečními zkouškami. Kvalitu materiálu je zhotovitel povinen pravidelně prokazovat.

Materiál nestmelených vrstev se pokládá v jedné či více vrstvách, a to s nadvýšením. Po zhutnění musí tloušťka vrstvy odpovídat projektové dokumentaci a neměla by být menší než 150 mm. Zhutňovat se začíná ihned po rozprostření materiálu postupně od krajů do středu v požadovaném oboustranném sklonu nebo od spodního kraje k předhutněnému hornímu okraji v případě sklonu jednostranného. Pokud se vrstev realizuje více, hutní se každá vrstva jednotlivě.

K hutnění konstrukčních vrstev se používá těžká hutnicí technika. Nejčastěji se používají tzv. *vibrační válce* (viz Obr. 4.1) s hladkým (pro soudržné a směsné materiály) či ježkovým (hrubozrnné materiály) běhounem. Před započítím hutnění se provádí tzv. *hutnicí pokus* (na vedlejším zkušebním úseku), na jehož základě se stanoví počet hutnicích pojezdů. Hutnicí pokus se vždy týká konkrétního materiálu a konkrétního stroje. Po dosažení požadované hodnoty zhutnění musí být nestmelená vrstva v co nejkratší době překryta další navazující vrstvou. [13]



Obr. 4.1 - Hutnění vibrační válcem [14]

4.2.2 Stmelené vrstvy

Materiál stmelených vrstev je získán promísením zeminy s pojivem za účelem úpravy jejích vlastností. Jako pojivo se používá vápno, hydraulické látky (např. cement), chemické přípravky a popílky. Dle způsobu úpravy zemin rozlišujeme: [13]

- zlepšené zeminy, u kterých promísením zeminy s pojivem dochází ke snazšímu zpracování málo vhodných materiálů,
- stabilizace - po smísení zeminy a pojiva či chemické příměsi (častěji v mísicím centru) dochází k nárůstu pevnosti v tlaku a odolnosti proti účinkům vody a mrazu.

Vrstva takto upravených zemin se provádí na celé šířce zemní pláně minimálně 2 500 mm od osy koleje. U zemin zlepšených musí po zhutnění dosahovat minimální mocnosti 300 mm, u stabilizovaných zemin 250 mm. Před zhotovením vrstvy se ze zemní pláně odstraní organické látky, kameny a jiné nežádoucí předměty. Pro samotnou realizaci se používá zemní fréza (viz Obr. 4.2). Je-li mísení prováděno v pásech, musí dojít k jejich překryvu alespoň o 200 mm. Poté, co je vrstva řádně zhutněna, musí se chránit před poškozením a vysycháním. U zlepšených zemin se po uplynutí 24 hodin může přidávat konstrukční vrstva, pokud je dosaženo požadované hodnoty modulu přetvárnosti. Vrstva stabilizace je oproti zlepšeným zeminám ošetřována a kropena po dobu dalších sedmi dnů. Dokud neuplyne tato doba zrání, a není dosaženo požadovaného modulu přetvárnosti, je poježdění této vrstvy nepřijatelné. [13]



Obr. 4.2 - Zemní fréza [14]

4.2.3 Plošné prvky

Plošnými prvky se nazývají výrobky používané v pražcovém podloží pro zlepšení jeho vlastností. Umístění jednotlivých prvků je dáno projektovou dokumentací. Technologie jejich provádění jsou stanoveny v předpisu SŽDC S4, případně ve Zvláštních technických a kvalitativních podmínkách.

Do plošných prvků se řadí: [13]

- geosyntetika,
- antivibrační rohože,
- tepelně izolační desky,
- betonové desky (dnes se už do konstrukce pražcového podloží používat nesmí).

Geosyntetika

Prvním, asi nejčastějším typem plošných prvků jsou geosyntetika. Základními typy geosyntetik, které se používají do konstrukčních vrstev železničního spodku, jsou geotextilie, výztužné geotextilie, geomřížky a geomembrány. V konstrukci pražcového podloží mohou plnit následující funkce: [5]

- separační,
- filtrační,
- výztužnou,
- odvodňovací,
- ochrannou,
- izolační.

Jeden geosyntetický prvek může plnit i několik funkcí najednou.

Pokládka geosyntetika probíhá na odsouhlasenou a převzatou plochu zemní pláně, případně nestmelené konstrukční vrstvy. Při kladení geosyntetika nesmí docházet ke skladům a krabacení, a musí se dbát na minimální délky překladů a předepsaný způsob ukládání. Zejména u geomřížek závisí na jejich uložení ve správném směru, mnohdy má totiž geomřížka jiné vlastnosti v podélném a příčném směru. Pokud dojde k potřebě aplikovat geotextilii i geomřížku, je na úroveň zemní pláně umístěna vždy první geotextilie, a až na ni přijde geomřížka (viz Obr. 4.3). [13]



Obr. 4.3 - Instalace konstrukční vrstvy na uložená geosyntetika [14]

Geobuňky

Geobuňky plní separační, výztužnou i ochrannou funkci, a zpravidla se vkládají na úroveň zemní pláň. Při jejich pokládce je nejdůležitější zajistit, aby stěny rozvinutých geobuněk byly kolmé na úložnou plochu, a aby při jejich zásypu nedošlo ke zborcení. Hutnění zásypu je podmíněno dostatečnou výškou přesypání, aby v jeho průběhu nedošlo k poškození geobuněk. [13]

4.3 Stavební mechanizace

Pro účely sanace železniční trati se používá široké spektrum stavební mechanizace. Opravné práce zahrnují i činnosti v oblasti železničního svršku, což se týká zejména vytrhávání a ukládání kolejových polí. Pro účely bakalářské práce nebude tato mechanizace více rozebírána.

4.3.1 Druhy použitých strojů

K hlavním druhům stavební mechanizace pro zemní práce používané u liniových staveb patří: [6], [15]

- rypadla - těžba stávajících vrstev pražcového podloží,
- nakladače - nakládka materiálu na nákladní vozy,
- rozrývače - rozpojení nesehadno rozpojitelného podkladu,
- skrejpry - těžba a distribuce materiálu (pro zemní práce plošného charakteru),
- dozery - stroje pro těžbu a přemístění materiálů,
- grejdry (viz Obr. 4.4) - rozprostření materiálu a urovnání pláňě,
- vibrační válce - hutnění,
- nákladní automobily pro transport materiálu.



Obr. 4.4 - Grejdr s nivelačním systémem navádění

K těžbě stávajících vrstev pražcového podloží se používají rypadla a nakladače spolu s nákladními vozy pro manipulaci s materiálem. Stroje můžeme rozdělit podle podvozkové konstrukce na: [15]

- pásové,
- kolové,

- krácející,
- dvoucestné.

Dvoucestné stroje jsou speciální vozidla s vlastním pohonem, která se mohou pohybovat po silnici či terénu a díky tzv. *kolejovým adaptérům* i po koleji. Za dvoucestné vozidlo se považuje vozidlo s kolejovými adaptéry v pracovní poloze (viz Obr. 4.5). V opačném případě se jedná o tradiční stroj pro zemní práce. [16] Podmínky pro provoz a údržbu speciálních vozidel jsou stanoveny v předpisu SŽDC S8.



Obr. 4.5 - Dvoucestné rypadlo [17]

4.3.2 Technologie pro automatické navádění strojů

Ve snaze ušetřit na materiálu, dopravě, geodetických pracích a obecně na finančních prostředcích se stavební firmy často snaží zefektivnit využití svého strojového parku zavedením moderních technologií. V souvislosti s BIM je snaha zavádět automatické navádění strojů, které by umožnilo datovou komunikaci mezi kanceláří a reálnou stavbou. [18]

4.3.2.1 Virtuální propojení stavebních činností

Společnost Trimble nabízí internetovou službu Connected Community, prostřednictvím které se dají řídit a sdílet informace o stavbě. Hlavní myšlenka spočívá v neustálé aktualizaci dat ve všech řídicích jednotkách stavebních strojů, stejně jako v přísunu aktualizovaných dat geodetům a pracovníkům na stavbě. Díky této internetové aplikaci dochází k propojení kanceláře a vlastní stavební činnosti. Prostřednictvím sběru dat ze stavby mohou pracovníci v kanceláři v reálném čase monitorovat současné dění na stavbě, chod a výkon pracovních strojů i spotřebu materiálu. Dostávají pravidelné údaje o využívané mechanizaci - na čem pracuje, jaký má výkon, zda nevyžaduje lepší údržbu, apod. V případě výskytu problému jsou ze stavby poslána patřičná data a obě strany mohou řešit problém v reálném čase, aniž by kdokoliv z nich musel přerušit práci a dopravovat se za problémem na stavbu či naopak na středisko, do kanceláře. V praxi to znamená nemalé finanční úspory a zkrácení pracovních prodlev. [19]

4.3.2.2 Niveláčnické systémy pro řízení stavebních strojů

K dalším moderním nástrojům snižujícím provozní náklady patří niveláčnické systémy pro řízení stavebních strojů. Jedná se o zařízení, které udržuje pracovní nástroj (radlici, hladicí lištu, apod.) stavebního stroje v požadované výšce a příčném sklonu, a tím zvyšuje přesnost zemních prací. Niveláčnické systémy lze rozdělit do dvou kategorií:

- 2D niveláčnické systémy (tzv. konvenční),
- 3D niveláčnické systémy.

Konvenční 2D niveláčnické systémy pracují podle předem dané fyzické referenční roviny. Referenční rovinou může být rotační laser (viz Obr. 4.6), niveláčnické lanko nebo třeba obrubník či srovnaná vrstva. Z důvodů načítání nepřesností během častých geodetických kontrol u staveb s proměnlivým příčným i podélným sklonem se doporučuje využívat 3D niveláčnických systémů.

3D niveláčnické systémy pracují na základě vloženého digitálního modelu terénu. Pro určení přesné pozice pracovního nástroje se používají dva druhy navigace, lišící se v přesnosti práce - satelitní navigace a univerzální motorizovaná totální stanice. [18]



Obr. 4.6 - Umístění rotačního laseru

5. TECHNOLOGICKÝ POSTUP SANACE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ BEZ SNÁŠENÍ KOLEJOVÉHO ROŠTU

Technologický postup zřizování konstrukčních vrstev pražcového podloží je součástí projektové dokumentace a sestává z psané a grafické části. V psané části je formulován popis prací včetně časových údajů, dále jsou zde uvedeny technické a výkonové parametry mechanismů spolu s pokyny, jež nejsou graficky znázornitelné. V části grafické jsou pak zobrazeny časové návaznosti jednotlivých operací. Přípravné a dokončovací práce nejsou součástí technologického postupu, jsou zde zmiňovány pouze okrajově a jejich příprava je řešena odděleně.

Na technologický postup mají značný vliv místní podmínky. Například geologické a hydrogeologické poměry i tvar terénu v daném úseku podstatně ovlivňují přístup na místo stavby nebo dopravu a skladování materiálu, a tím pádem mohou rozhodovat o návrhu technologie sanace.

Pro technologii sanace bez snášení kolejového roštu musí být proveden doplňkový geotechnický průzkum, který poskytne potřebné podrobné informace o složení a stavu jednotlivých vrstev pražcového podloží. V závislosti na možnostech těžení materiálu těžícím řetězem musí doplňkový geotechnický průzkum poskytnout další údaje (frakce, staré základy, atd.) popsané v Metodickém pokynu pro zřizování konstrukčních vrstev pražcového podloží technologií bez snášení kolejového roštu. [21]

5.1 Přípravné práce

Před nasazením speciálních strojních linek a započítím samotných opravných prací je nutno u všech technologií zabezpečit opatření, která zajišťují bezproblémový chod sanačního komplexu. V rámci přípravných prací je potřeba: [13], [21], [22]

- zajistit skladování materiálu (vyhradit plochy pro deponie nového materiálu - většinou na začátku úseku, stejně tak i mezideponie pro překládku materiálu vytěženého),
- zřídit příjezdové cesty (pokud to situace vyžaduje),
- vyčistit a uvolnit prostor přilehlý ke koleji (odstranit materiál podél koleje, který by mohl omezovat průjezd sanačního stroje - cca 80 cm za hlavami pražců),

- likvidovat staré základy a jiné překážky, které by zasahovaly do průjezdného a pracovního prostoru sanačního stroje (např. základy pro osvětlení, trakční vedení či návěstidla),
- upravit svahy,
- demontovat dosavadní přejezdy a přechody, případně nástupiště,
- zajistit ochranu, případně přeložení podzemního a nadzemního vedení (zpracováno v projektové dokumentaci),
- zajistit sjízdnost rekonstruované koleje,
- zajistit koleje pro manipulaci a odstavení strojů v přílehlých železničních stanicích,
- zajistit definitivní odvodnění drážního tělesa (zejména zřízení trativodů, drážních příkopů či příkopových zídek a žlabů),
- odstranit pražcové kotvy a ukolejnění,
- ověřit hloubku zemní pláně pod ložnou plochou pražců (pomocí kopaných sond za hlavami pražců).



Obr. 5.1 - Příprava geosyntetik a jejich rozmístění podél tratě [22]

Další přípravné práce jsou potřebné jen u některých technologií v závislosti na volbě sanačního stroje. Patří k nim například demontáž částí trakčního vedení či zabezpečovacích zařízení, zrušení bezстыkové koleje (nařezání kolejnic po cca 360 m), dočasné snížení převýšení koleje v obloucích (hodnoty okolo 80 - 120 mm), úprava zemního tělesa (vytvoření zemní pláně požadovaného sklonu a šířky, zřízení stezky, případně odtěžení svahů), příprava geosyntetik (srolování do rolí a jejich rozmístění podél koleje - viz Obr. 5.1) nebo čištění kolejového lože (odstranění zeleně z koleje, v případě velkého znečištění lože předzásobení štěrkem). [21], [22]

U mechanizace využívající těžící řetězy je potřeba před začátkem sanace vytvořit rýhu pro zapuštění malého těžícího řetězu - posunout pražce a odtěžit štěrkové lože (viz Obr. 5.2). Taktéž je nutné rozříznout kolejnice a umístit velký těžící řetěz. Na mostech by měla být vrstva štěrku minimálně 200 mm pod ložnou plochou pražců. [22]



Obr. 5.2 - Rýha pro umístění těžícího řetězu [22]

5.2 Popis technologického postupu

Technologii sanace pražcového podloží bez snášení kolejového roštu je možné použít ke vložení, zesílení nebo upravení konstrukčních vrstev, a to dříve než dojde k procesu snížení deformační odolnosti zemní pláně. Využívá se kontinuálních strojů pracujících pod úrovní kolejového roštu, které stávající kolejový rošt využívají k vlastnímu pohybu a dopravě materiálu. Speciální sanační stroje umožňují krátkodobé odkrytí zemní pláně a pracují na relativně krátkém úseku. Sanace bez snášení kolejového roštu je realizovatelná pomocí těchto mechanizačních prostředků: [11]

- upravené čističky kolejového lože - tzv. *metodou obracení vrstev* nebo kontinuálním postupem,
- stroje bez těžícího řetězu (např. KSEM - vždy v kombinaci s čističkou kolejového lože),
- stroje s těžícím řetězem,
- stroje s těžícím řetězem a recyklační jednotkou.

Některé z výše zmíněných sanačních strojů budou rozepsány v podkapitole 5.3. Je nutné podotknout, že se jednotlivé technologické postupy liší právě v závislosti na použitém stroji a jeho možnostech.

Obecně lze stanovit jednotlivé kroky technologického postupu vkládání konstrukční vrstvy v následujícím pořadí: [9], [13]

- zdvih kolejového roštu,
- plnoprofilové čištění kolejového lože (metoda obracení vrstev vyžaduje prvotní rozprostření materiálu konstrukční vrstvy),
- zřízení zemní pláně požadované výšky, rovinatosti a sklonu,
- pokládka geosyntetika,
- zřízení konstrukční vrstvy,
- zřízení kolejového lože na pláni tělesa železničního spodku,
- opětovné uložení zdvihnutého kolejového roštu,
- doplnění materiálu kolejového lože,
- podbití a úprava směrové polohy koleje.

Zhutnění kolejového lože se realizuje dynamickým stabilizátorem v rámci nového pojezdu.

5.3 Popis funkcí vybraných strojů

Jak už bylo předesláno, technologický postup je závislý na typu použité mechanizace. V následující kapitole jsou popsány vybrané sanační stroje a jsou zde stručně shrnuty jejich technologické postupy.

5.3.1 Strojní čističky kolejového lože

Sanační čistička SČ 600 S je český výrobek firmy MTH Praha z roku 1992 a je typickým zástupcem z řad upravených čističek kolejového lože. Vychází z plnoprofilové čističky kolejového lože typu SČ 600 a kromě těžení a čištění kolejového lože umožňuje klást geosyntetikum na zemní pláň a na něm zřizovat konstrukční vrstvu ze štěrkodrti. [23]

Stroj na zvyšování únosnosti pražcového podloží SČ 600 S je dvoudílný traťový stroj složený z energetického vozu (PA 300 nebo PA 600) a vlastní pracovní sekce. Celá strojní linka se skládá ze soupravy mechanizovaných vozů SMV a samotné sanační čističky s vlastním pohonem pojezdu. [6], [24]

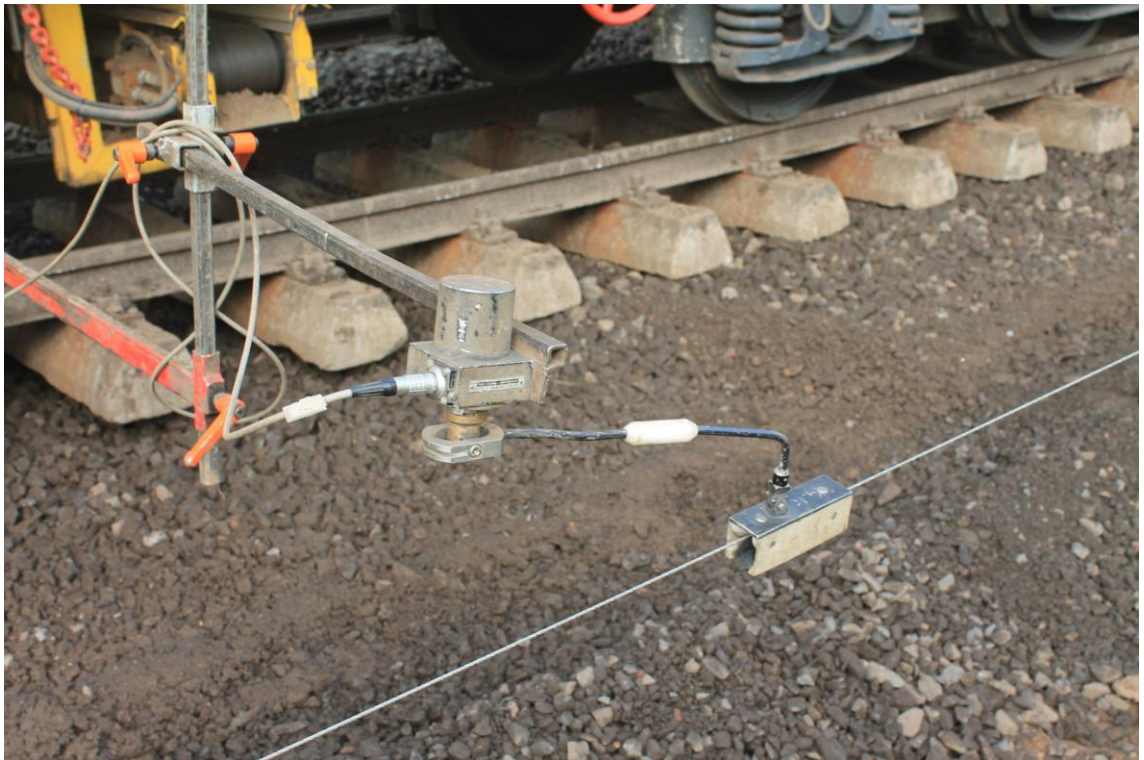
Konstrukční vrstva může být do pražcového podloží vkládána dvoufázovou metodou obracení vrstev nebo kontinuálním jednofázovým postupem. Obě metody zřízení konstrukční vrstvy jsou patrné ze schématu v Příloze 1.

Metoda obracení vrstev spočívá v uložení materiálu konstrukční vrstvy (hnědá barva) na již dříve vyčištěné kolejové lože (modrá). Obě vrstvy sanovaného úseku se poté znovu odtěží a skrz upravená síta třídíče (růžová) nejprve propadne materiál konstrukční vrstvy (zpravidla frakce 0 - 31,5 mm), který je po možném uložení geosyntetika rozhrnut a zhutněn. Pročištěný štěr k frakce 31,5 - 63 mm je uložen na zhotovenou vrstvu štěrkodrti.

V rámci kontinuálního postupu se jedním pojezdem soupravy vytěží kolejové lože (červená). Poté, co je materiál vytříděn, je nepoužitelný materiál (šedá) odvážen na dopravníkových páslech do předních mechanizovaných vozů. Současně je odsud v opačném směru dopravován nový materiál pro konstrukční vrstvu (hnědá), jenž je po uložení geosyntetika rozprostřen a vibračními deskami zhutněn, jak je tomu i u metody obracení vrstev. Na konstrukční vrstvu je opět uloženo kolejové lože (zelená). V obou případech pak následuje úprava směru a výšky koleje. [11], [23]



Obr. 5.3 - Sanační čistička SČ 600 S [23]



Obr. 5.4 - Navádění pomocí vodícího lanka [27]

5.3.2 Sanační komplexy

Zřizování konstrukční vrstvy níže popsanými sanačními stroji se zpracováním materiálu v ose nevyžadují přítomnost recyklační základny, jak je tomu u starších typů mechanizace. Typickým zástupcem sanačních strojů se zpracováním materiálu na recyklační základně je například souprava sestávající z čističky kolejového lože a stroje pro zřízení konstrukční vrstvy (KSEM - 1993). [25], [26]

Veškeré níže popsané stroje jsou naváděny pomocí vodícího lanka (Obr. 5.4), popřípadě mohou být naváděna laserem. Před samotným zahájením prací jsou na celém úseku ukotvena vodící lanka pro bezchybné navádění sanačního stroje. [26], [28]

5.3.2.1 AHM 800 R

Strojní linka AHM 800 R je výrobkem rakouské firmy Plasser & Theurer z roku 1994 (viz Obr. 5.5). Souprava v rámci jednoho pojezdu odtěží staré kolejové lože, materiál předrtí, a po jeho promísení s doplňkovým materiálem instaluje na zemní pláň konstrukční vrstvu. Je-li potřeba, ukládá i geosyntetikum. Pokládka nového kolejového lože se musí realizovat v rámci dalšího pojezdu. [29]



Obr. 5.5 - Strojní linka AHM 800 R [29]

Souprava AHM 800 R se skládá z několika oddílů. V přední části celé soupravy jsou umístěny mechanizované zásobníkové vozy (cca 6 MFS jednotek) a tažný vůz (lokomotiva) sloužící pro odvoz vytěženého materiálu. Za soupravou vozů je umístěn samotný sanační stroj. Jeho první součástí tvoří recyklační jednotka. Následuje výkopový stroj s odtěžovacími řetězy, hnací vůz a celý komplex je zakončen vagóny s kontejnery pro zásobování doplňkovým materiálem (optimální počet je cca 60 kontejnerových vozů). [6], [29] Celé schéma sanačního komplexu je znázorněno na obrázku v Příloze 2.

Prvním krokem samotné realizace je odtěžení svrchní části kolejového lože pod nadzdvihnutým kolejovým roštem pomocí malého těžícího řetězu v tloušťce cca 200 mm. Vytěžený materiál putuje na dopravníku přes magnetický separátor kovů do kuželového drtiče, kde je kamenivo šterkového lože předrceno na frakci 0 - 32 mm (na schématu zobrazeno modrou barvou).

V pořadí druhý, mohutnější řetěz těží zbytek kolejového lože a materiál zemní pláně do požadované hloubky. Výzisk (zobrazeno červeně) je dopravníkovými pásy odváděn pryč na silovozy (MFS jednotky), které jsou ve dvou skupinách odváženy na deponii, případně mezideponii.

Před dalším krokem je zemní pláň za druhým těžícím řetězem uhlazena a částečně zhutněna pomocí vibrační lišty. Následuje pokládka geosyntetika (v případě potřeby ve dvou vrstvách).

Zepředu je předrcený kolejový štěrk přiváděn do mísícího centra (hnědě), kam jsou ze zadní části soupravy pomocí portálového jeřábu přiváženy kontejnery s doplňkovým materiálem (zeleně). Po smísení obou materiálů a dosažení požadované zrnitosti nastává provlhčení směsi. Nyní je možno realizovat na zemní pláň konstrukční vrstvu o maximální tloušťce 500 mm (šedě). Materiál je rozložen, vyrovnán a zhutněn vibračními deskami. Boky nově zřízené vrstvy jsou zhutněny pomocí bočně uspořádaných vibračních desek.

Po instalaci a zhutnění nové vrstvy je zpětně pokládán kolejový rošt. Kolejové lože je třeba zřídit samostatným pracovním procesem. AHM 800 R může pokládat kolejové lože v rámci druhého pojezdu s využitím MFS vozů. [6], [26], [29], [30], [31]

5.3.2.2 RPM 2002

Dalším zástupcem je o něco novější stroj RPM 2002 (viz Obr. 5.6), taktéž vyvinut firmou Plasser & Theurer, který byl na přelomu tisíciletí předán firmě RPM Wiebe & Swietelsky specializující se na opravné a údržbové práce. Jedná se o vylepšení předchozího sanačního stroje AHM 800 R. RPM 2002 je navržen na plně mechanizované vložení ochranné vrstvy pláně (PSS vrstvy), ale oproti svému předchůdci dokáže vytvářet i nové kolejové lože se současnou směrovou i výškovou úpravou koleje. Poprvé je tedy umožněno realizovat veškeré pracovní kroky sanace během jednoho pojezdu. [32]

Sanační linka RMP 2002 se skládá z těžící jednotky, recyklační jednotky, části pro podbíjení, včetně předávající jednotky se zásobníkovým vozem pro doplňování materiálu, a samozřejmě pohonné jednotky. Další neodmyslitelnou částí jsou silozy typu MFS pro odvážení vytěženého materiálu umístěné na začátku soupravy a pro zásobování novým materiálem na samotném konci. Přehledné schéma stroje je zobrazeno v rámci Přílohy 2.



Obr. 5.6 - Sanační linka RPM 2002 [22]

Posloupnost prací opět začíná odtěžením horní vrstvy kolejového lože prostřednictvím malého těžícího řetězu (modře). Soudržný materiál znečišťující štěrkové lože je vyčištěn v jednotce hvězdicových sít firmy Wiebe. Po odebrání kovových částí v separátoru míří materiál do kuželového drtiče, kde je zstrohraněn. Po opětovném vytrídění je zpracovaný materiál (zeleně) ukládán do spodní vrstvy nového kolejového lože, přičemž konstrukční vrstva je realizovaná z kompletně nového materiálu (hnědě).

Masivnější těžící řetěz poté odebírá zbývající materiál podloží až do požadované hloubky zemní pláně (červeně). Vytěžený materiál je, stejně jako zbytek z hvězdicových a vibračních sít (šedě), odváděn pásovými dopravníky do přední části soupravy a MFS vozy odvážen pryč. Zemní pláň se vyhlazuje a je-li třeba, pokládá se geosyntetikum prostřednictvím odvalovacího zařízení.

Materiál konstrukční vrstvy (PSS) je regulačním zařízením a otočným dopravníkovým pásem rovnoměrně rozprostírán po celé šířce pláně. Kontrolované dávkování vody zaručuje optimální vlhkost směsi. Urovnaná vrstva je pak zhutňována šesti konsolidačními deskami.

Po instalaci konstrukční vrstvy stroj pokládá recyklovaný štěrk do spodní vrstvy kolejového lože. Je-li potřeba, je ze zadní části komplexu dovážen nový štěrk (žlutozeleně). Po zřízení spodní vrstvy kolejového lože je zpětně položen kolejový rošt a zaštěrkováním se kolej připraví na budoucí směrovou a výškovou úpravu pomocí integrovaného podbíjecího agregátu. [26], [32], [33]

5.3.2.3 PM 1000 URM

Stroj PM 1000 URM (viz Obr. 5.7) od firmy Plasser & Theurer z roku 2009 kombinuje a vylepšuje veškeré dosud známé metody pro sanaci pražcového podloží strojními linkami, např. princip AHM. Stroj optimalizuje recyklaci dostupného materiálu třemi těžícími řetězy, které odtěžují materiál ve třech vrstvách. Stroj umožňuje instalaci až pěti nových vrstev - geosyntetikum, mezilehlá konstrukční vrstva z recyklovaného materiálu, druhé geosyntetikum, ochranná podkladní vrstva (PSS) a recyklované kolejové lože. Navíc umožňuje provedení stabilizace nejspodnější nosné vrstvy. [26], [34]



Obr. 5.7 - Sanační komplex PM 1000 URM [35]

V Příloze 3 je schéma sestavené celé strojní linky. Přímo za řadou silovozů MFS začíná samotný stroj předním hnacím vozem. Odkalovací vana pro vyčištění vody je následována samotnou vysokotlakou mycí a třídící jednotkou. Dalším v pořadí je vagón na třídění materiálu kolejového lože, motorový vagón, první těžící jednotka se dvěma řetězy těžícími štěrky, druhá těžící jednotka se třetím řetězem těžícím materiál pláň, podbíjecí zařízení a zadní hnací vůz. Celý komplex je ukončen vagónem s portálovým jeřábem pro transport nového materiálu a palivovým cisternovým vagónem. Další vozy na konci soupravy slouží k zásobování novým materiálem.

PM 1000 URM sbírá materiál kolejového lože dvěma řetězy (modře). Svrchní vrstva je přepravována od prvního řetězu k válcovému třídíči, kde jsou vytříděny nadměrné kusy kameniva. V prstovém sítu je materiál starého kolejového lože zbaven drobných částí a po odstranění kovových prvků putuje do odrazového drtiče ke zostrohanění. Zostrohaněný materiál je i se zbytkovými částicemi transportován do vibračních sítí, kde jsou příliš malé frakce vytříděny a vysypány podél ramene kolejového lože. Recyklovaný materiál kolejového lože projíždí vysokotlakým mycím filtrovacím zařízením a je připraven k opětovnému použití do tratě. Použitá voda je čištěna v odkalovacím zařízení, aby mohla být znovu využita v pracovním procesu.

Pomocí druhého řetězu je odtěžována smíšená zóna se zbytky kolejového lože (opět modře). Přes magnetický oddělovač kovů putuje materiál k dalšímu válcovému třídíči, kde jsou separovány příliš malé části a kameny větší než 55 mm jsou přidány k recyklačnímu procesu prvního řetězu. Vytríděná drobná frakce tvoří základ pro budoucí mezilehlou vrstvu (růžově). V tomto okamžiku je možné přidat přísady pro zlepšení zeminy do ochranné vrstvy zemní pláně.

Třetí řetěz těží zbylý materiál pražcového podloží až do požadované hloubky. Odtěžená zemina (červeně) je prostřednictvím pásových dopravníků transportována do MFS jednotek na začátku soupravy. Stejným způsobem je do MFS jednotek dopravován zbytkový materiál z procesu recyklace (světle modře).

Přímo za třetím odtěžovacím řetězem je na geosyntetikum spirálovými dopravníky pokládána samotná mezilehlá vrstva z kompletně recyklovaného materiálu. V případě potřeby je kladeno druhé geosyntetikum. Dalším krokem je realizace podkladní ochranné vrstvy (fialově). Materiál pro tuto vrstvu je dodáván v kontejnerech pomocí portálových jeřábů ze zadních zásobovacích vagónů.

Proces sanace pražcového podloží je ukončen zašterkováním omytým recyklovaným štěrkem (hnědě), a novým materiálem kolejového lože (světle zeleně). Nakonec je upravena poloha osy koleje a trať je podbita (viz na Obr. 5.8). Geometrie trati a tloušťka vrstev je zdokumentována nahrávacím zařízením. Zametací jednotka odstraní přebytečný štěrk z vrchní plochy pražců pro bezproblémový průběh prací na železničním svršku (např. výměna kolejnic). [26], [34], [36]



Obr. 5.8 - Pohled na podbíjecí agregát [27]

5.3.3 Rekapitulace a srovnání strojů

Obecně lze říci, že kvalita sanačních strojů je vyšší s každým novým modelem, což jde ruku v ruce s technickým vývojem. Mechanizované vkládání konstrukčních vrstev je léty osvědčená a velice efektivní metoda, která se začala používat a postupně vyvíjet už od začátku sedmdesátých let minulého století. [32]

Obrovský posun je zřejmý zejména v oblasti recyklace materiálu stávajících vrstev pražcového podloží. Oproti českému výrobku SČ 600 S, jež využívá k instalaci konstrukční vrstvy kompletně nový materiál, umožňuje zahraniční sanační linka AHM 800 R poprvé využít starého materiálu kolejového lože do budoucí konstrukční vrstvy s částečným přídavkem doplňkového materiálu. Díky tomu je značně zmenšena spotřeba materiálu nového. S příchodem nové linky RPM 2002 byl recyklační proces opět posunut na vyšší úroveň, poté co byla celá konstrukční vrstva zhotovena z pročištěného a předrceného materiálu starého kolejového lože.

Nejdokonalejší recyklační systém nabízí nejnovějšího sanační komplex PM 1000 URM. Produkce recyklovaného materiálu pro mezilehlou a ochrannou podkladní vrstvu (PSS) redukuje přísun nového materiálu zhruba o 50 % a zároveň šetří na likvidaci vytěženého materiálu. V porovnání s předchozími technologiemi má PM 1000 URM díky abnormálním úsporám v dodávce a likvidaci materiálu až o 50 % méně palivových a logistických přestávek, což se značně promítá do denního výkonu dosahujícího až 1 000 m. [31], [34]

V tabulce 5.1 jsou shrnuty vlastnosti a technické parametry všech výše popsaných strojů.

Tab. 5.1 - Srovnání a technické parametry sanačních strojů [21], [24], [29], [31], [37]

	SČ 600 S	AHM 800 R	RPM 2002	PM 1000 URM
Rok výroby	1992	1994	1999	2009
Čištění KL	ano	ne	ano	ano
Těžba KL	ano	ano	ano	ano
Těžba ZP	ne	ano	ano	ano
Počet řetězů	1	2	2	3
Max. hloubka těžby pod TK [m]	0,85	1,20	1,20	1,26
Geosyntetikum	ano	ano	ano	ano
Zřízení KV	ano	ano	ano	ano
Max. tloušťka KV [m]	0,20	0,50	0,50	1,50
Max. šířka [m]	4,00	6,00	6,50	6,58
Zřízení KL v jednom pojezdu	ano	ne	ano	ano
Max. tloušťka KL [m]	0,20	(2. pojezd) 0,30	0,30	0,30
Recyklace	ne	ano	ano	ano
Stabilizace	ne	ne	ne	ano
Délka [m]	24,30	102,34	140,60	270,10
Hmotnost [t]	77	377	560	889
Max. výkon [m/h] (*)	60	110	110	120
Obsluha [počet osob]	4	10	12	25

(*) Výkon bez přerušení vlivem logistiky, závisí na tloušťce zřizovaných vrstev

5.3.4 Logistika a speciální vozy pro přepravu materiálu

Nevyhnutelnou součástí rekonstrukce trati je nepřetržitý přesun obrovské masy materiálu v poměrně krátké době. Doba trvání a efektivita opravných prací, stejně jako bezchybný a souvislý chod sanačních komplexů, může být zajištěn pouze díky správně vyřešené a plně funkční logistice. U vybraných strojů se pro dopravu materiálu často využívá tzv. silovozů - MFS jednotek rakouského výrobce Plasser & Theurer. Hlavní funkcí MFS vozů je rychlý odvoz vytěžených hmot a současný přísun nového materiálu. Přísun a odvoz materiálu musí být dokonale zkoordinován, aby nedocházelo

k hromadění či strádání materiálu. Na trhu je k dispozici hned několik modelů lišících se v množství přepravovaného materiálu a způsobu jeho dopravy. [23], [28], [38]

Přeprava materiálu v jednotce MFS 100 (viz Obr. 5.8) je uskutečňována pomocí dvou pásových dopravníků. Dno vozu tvoří první skloněný dopravník, který přemísťuje materiál na další šikmý pás přesahující čelo nárazníku. Takto rozmístěné dopravníky umožňují přesypání materiálu do dalšího připojeného vozu. Šikmý pás může být konstruován jako otočný, aby byl v případě potřeby vytočen na stranu koleje a vykládal materiál na mezideponii. [23] Celková kapacita modelu MFS 100 je 68 m³ a doba vykládky materiálu je 5-7 min. [31]

Soupravy MFS jednotek s vlastním hnacím vozidlem jsou situovány zpravidla před i za samotným sanačním strojem. Počet zásobovacích jednotek se liší a je sestavován na míru každé jednotlivé stavbě. Obecně platí, že čím větší je přepravní vzdálenost, tím více MFS jednotek je potřeba.



Obr. 5.9 - Zásobovací vůz typu MFS 100 [23]

Četnost logistických přestávek je úměrná potřebě nakládky a vykládky materiálu, doplnění rolí s geosyntetikem a doplnění pohonných hmot a vody. Nakládka nového materiálu se realizuje na deponii situované zpravidla na začátku sanovaného úseku. Na místě je k dispozici příslušná stavební mechanizace přemísťující materiál do přistavených zásobníkových vozů a cisterna s vodou pro zajištění optimální vlhkosti materiálu. Vykládka materiálu může být provedena pomocí otočných ramen MFS jednotek na mezideponie podél koleje nebo jsou vozy s odpadním materiálem po skupinách odváženy pryč na konec úseku, kde dojde k jejich vyprázdnění. Souprava MFS vozů bývá někdy doplněna o vykládkový vůz ULW 3000, který má delší otočné rameno (7,5 m od osy) a postupně vykládá materiál z připojených MFS jednotek. [23], [28], [31]

6. POROVNÁNÍ TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ

V předchozích kapitolách byl vysvětlen princip obou technologií pro sanaci pražcového podloží, byly vyjmenovány příklady stavební mechanizace a následně byly popsány jednotlivé technologické postupy prací. Pro srovnání obou technologií budou nejdříve formulovány přednosti a omezení jejich použití.

6.1 Výhody a nevýhody technologie se snášením kolejového roštu

6.1.1 Výhody

Použití technologie se snášením kolejového roštu pro sanační práce na pražcovém podloží má následující přednosti: [6], [11], [13], [14]

- roky zkušeností,
- ekonomická nenáročnost,
- uplatnění moderních metod automatického navádění strojů,
- použití klasické stavební mechanizace, využití vlastních kapacit firmy,
- žádná omezení stavebních strojů na rekonstruované koleji,
- možnost aplikace pro kterýkoliv typ pražcového podloží,
- detailní odkrytí zemní pláň a lepší přehled o jejím stavu - přesnější odhalení chyb, které by diagnostika nemusela zaznamenat,
- možnost provedení změny konstrukce,
- možnost pokládky různých druhů plošných prvků - geobuněk, antivibračních rohoží, apod.,
- možnost dokonalého zhutnění zemní pláň,
- možnost úpravy směrové a výškové polohy koleje,
- výhodnost použití ve staničních i traťových úsecích.

6.1.2 Nevýhody

Realizace opravných prací metodou se snášením kolejového roštu s sebou nese následující rizika a omezení: [6], [11], [14]

- nutnost odstranění kolejového roštu,
- zřízení přístupových cest,
- náročnou koordinaci prací,
- vystavení zemní pláně klimatickým podmínkám po celou dobu výstavby,
- nebezpečí poškození zemní pláně i konstrukční vrstvy vlivem poježdění stavební mechanizace,
- vysokou prašnost,
- nepříznivý dopad na životní prostředí,
- možné ohrožení stability sousední koleje - nutnost zajištění její stability,
- omezení provozu na vedlejší koleji,
- velkou časovou náročnost.

6.2 Výhody a nevýhody technologie bez snášení kolejového roštu

6.2.1 Výhody

Aplikace technologie bez snášení kolejového roštu je výhodná v oblastech technologických, kvalitativních i ekologických. K hlavním pozitivům této technologie patří: [6], [11], [21], [25], [37]

- využití stávajícího kolejového roštu,
- transport materiálu po rekonstruované koleji,
- nižší náklady na dopravu materiálu,
- plně mechanizované vkládání konstrukčních vrstev, případně pokládka geosyntetika - vše během jednoho pojezdu,
- zřízení kolejového lože v rámci jednoho pojezdu (v závislosti na konkrétním stroji),
- odkrytí zemní pláně pouze na krátkou dobu, zřizování konstrukčních vrstev i během nepříznivých povětrnostních podmínek,

- zřízení vrstvy bez pojezdu stavební mechanizace,
- vysoká kvalita provedení,
- vysoký výkon,
- rychlost provádění, a tím následné zkrácení výluky,
- žádné výluky v sousední provozované koleji,
- možná recyklace vytěženého materiálu a jeho opětovné použití do konstrukce,
- úspora nového materiálu,
- šetrnost k životnímu prostředí a nižší dopravní zátěž v okolí stavby,
- možnost okamžitého pojezdu sanované koleje rychlostí až 70 km/h v závislosti na konkrétním modelu sanační linky.

6.2.2 Nevýhody

Přes všechna výše popsaná pozitiva má technologie sanace bez snášení kolejového roštu značný počet nevýhod: [6], [11], [14], [37]

- nelze přesně zjistit skutečný stav zemní pláně,
- míra zhutnění zemní pláně je nižší než u klasické technologie,
- reakce na výskyt problému, který nebyl odhalen v rámci geotechnického průzkumu jsou značně omezené,
- lze aplikovat jen pro pražcové podloží typu 2 a 3 (s výjimkou PM 1000 URM),
- není vhodné pro staniční koleje,
- nelze použít při změně polohy osy koleje,
- velký hluk a vibrace,
- náročné přípravné práce,
- vysoká cena za pronájem a dopravu sanačních strojů.

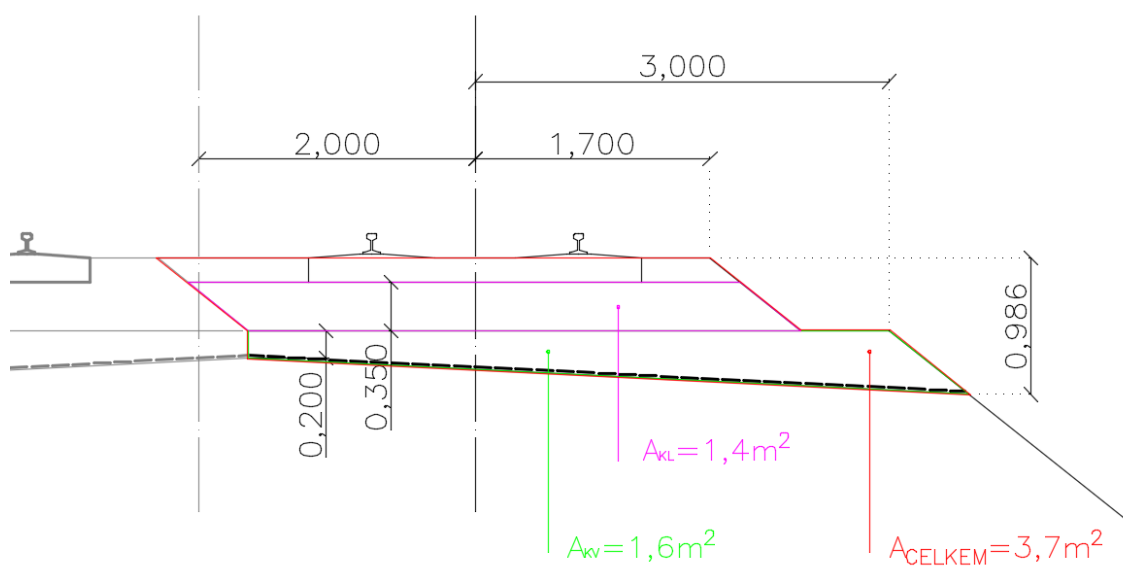
6.3 Zhodnocení časové náročnosti obou technologií

Časová náročnost obou technologií je demonstrována na následujícím modelovém příkladu. Modelovým příkladem je sanace pražcového podloží jedné koleje na úseku dvoukolejné trati o délce 5 000 m. Nevyhovující stav pražcového podloží je na celém úseku trati a cílem je jeho kompletní obnova. V okolí sanované trati jsou optimální podmínky pro zřízení příjezdových cest i skladování materiálu. Na trati se nevyskytují žádné překážky (staré základy, apod.), které by mohly bránit pracovní činnosti sanační linky.

U obou technologií je navrženo pražcové podloží typu 3 v tomto složení:

- separační geotextilie,
- konstrukční vrstva ze štěrkodrti tl. 200 mm,
- kolejové lože tl. 350 mm.

Na Obr. 6.1 je zobrazen schematický příčný řez s přibližnými rozměry pražcového podloží.



Obr. 6.1 - Zjednodušený řez novou konstrukcí pražcového podloží

Veškeré předpoklady a závěry se týkají pouze tohoto smyšleného úseku. Zjednodušený harmonogram prací je znázorněn v Příloze 5. Doba trvání prací je v harmonogramu znázorněna v jednotkách dní. V harmonogramu nejsou započítány

přípravné práce ani technologické přestávky. U obou technologií je traťová rychlost sousední koleje omezena na 50 km/h.

6.3.1 Předpokládané podmínky pro sanaci technologií se snášením kolejového roštu

V rámci opravných prací na zadaném úseku je první možností aplikace klasické technologie se snášením kolejového roštu. Předpokládá se 14 hodinová pracovní doba (od 6:00 - 20:00 hodin). Práce probíhají současně na dvou čelech a postupuje se od krajů do středu úseku, kde je situována deponie materiálu a montážní základna. Materiál starého šterkového lože je odvážen na recyklační základnu a pro zřízení nového kolejového lože bude recyklovaný materiál doplněn materiálem novým. V Tabulce 6.1 jsou vypočteny předpokládané objemy stavebního materiálu, na základě kterých byly doloženy doby trvání jednotlivých procesů. Od celkové kubatury stávajícího podloží je odečten objem pražců stanovený jako 5 % objemu celého úseku.

Tab. 6.1 Objemy zpracovaného materiálu

	Množství [m³]
Staré pražcové podloží	3,7 x 5 000 x 0,95 ~ 17 600
Konstrukční vrstva	1,4 x 5 000 = 7 000
Kolejové lože	1,6 x 5 000 = 8 000
Šterkování	1 x 5 000 = 5 000

Pokud by sanovaný úsek měl nefunkční odvodnění, před započítáním vlastních opravných prací by byla provedena reprofilace zemního tělesa a bylo by zřízeno nové odvodnění. Materiál ze zanesených příkopů by byl odtěžován dvoucestnými rypadly a pomocí MFS vozů přepravován na deponii. Proces vytrhávání kolejových polí by pak byl odsunut o cca čtyři dny.

Prvním krokem stavebního procesu je vytržení stávajícího kolejového roštu pomocí pokladače kolejových polí DESEC. Při odhadovaném výkonu 1 000 m/den bude kolejový rošt odstraněn během 5 dní. Po odstranění několika prvních polí může začít odtěžování materiálu stávajícího pražcového podloží. Při použití sedmi rypadel, každém o výkonu 25 m³/h, bude odtěžení stávajícího pražcového podloží hotovo

za 8 dní. Předpokládá se plynulý odvoz těženého materiálu nákladními automobily. Po odtěžení stávajícího pražcového podloží následuje urovnání a zhutnění zemní pláně. Při použití dvou grejdrů a dvou vibračních válců o výkonu 100 m/h, bude pláň připravena během dvou dnů. Bezprostředně před pokládkou konstrukční vrstvy bude postupně pokládána geotextilie. Při plynulém zásobování materiálem na obou pracovištích s frekvencí vykládky 15 min bude konstrukční vrstva srovnána a zhutněna za 8 dní. Realizace kolejového lože proběhne obdobným postupem a bude trvat 9 dní. Na spodní vrstvu kolejového lože bude během 5 dní pokladačem kolejových polí položen kolejový rošt, opět s výkonem 1000 m/den. Zašterkování proběhne pomocí lokomotivy a vagónů se šterkem (objem vagónu 30 m³). Jednou lokomotivou lze dopravit maximálně 10 vagónů, avšak při použití dvou lokomotiv může být najednou zapojeno 20 vagónů. Šterkování tak bude na celém úseku provedeno v rámci 8 cyklů s využitím dvou lokomotiv. Zbývající část úseku bude v posledním cyklu došterkována za pomoci soupravy s jednou lokomotivou. Technologický postup pak bude uzavřen pojezdem automatické strojní podbíječky.

6.3.2 Předpokládané podmínky pro sanaci technologií bez snášení kolejového roštu

Před nasazením sanačního stroje by v případě nutnosti proběhlo v rámci přípravných prací zřízení odvodnění (stejně jako u předchozí technologie). Rozmístění geosyntetika podél koleje a napnutí vodícího lanka probíhá zpravidla den před nasazením stroje. V rámci přípravy stroje dojde před začátkem úseku k vytěžení šterkového lože a vykopání rýh pro zapuštění těžících řetězů. Celková příprava stroje včetně instalace těžících řetězů a ustavení hutnicích desek trvá okolo 3 - 4 hodin.

V případě použití sanační linky AHM 800 R by byl úsek zrekonstruován během dvou pojezdů. V první etapě dojde k odtěžení starého kolejového lože, je položena geotextilie a následně zřízena konstrukční vrstva. V druhém pojezdu je pak nanesen materiál kolejového lože. Je-li uvažován výkon stroje 700 m/den, bude konstrukční vrstva zhotovena za 8 dní. Realizace kolejového lože probíhá rychleji, během 5 dní. První podbití po šterkování bude při použití podbíječky o maximálním výkonu 1 400 m/h provedeno v rámci jednoho dne. Použitím soupravy RPM 2002 o výkonu 700 m/den by byl stejný úsek zhotoven během osmi dní.

U technologie bez snášení kolejového roštu se počítá s nepřetržitým využitím stroje. Přerušení prací nastává pouze z důvodů technologických přestávek.

K zastavení stroje dochází zejména kvůli nakládce nového materiálu, kdy je z deponie pomocí zásobníkových vozů přivezen nový materiál. Doba přesunu materiálu se pohybuje okolo 20 minut a v závislosti na spotřebě materiálu se provádí zhruba po čtyřech hodinách. Vykládka vytěženého materiálu plynulost stroje téměř neovlivňuje, neboť je materiál pravidelně po částech odvážen pryč. Jakmile dojde k naplnění několika MFS vozů, jsou plné vozy odpojeny a dojde k jejich vyložení na mezideponii. Vyložení jednoho MFS vozu trvá okolo 7 minut. Po jejich vyložení se skupina vozů vrací ke strojní lince, kde jsou opět připojeny.

Stroj se zastavuje každých 6 - 10 hodin kvůli doplnění pohonných hmot (cca 10 - 15 minut) a vody. Voda je odčerpávána z cisteren (30 min) nebo může být doplňována do stroje pomocí systému potrubí z cisternového vozu, jež je připojen k MFS jednotkám v rámci dovozu nového materiálu.

6.3.3 Vyhodnocení modelového příkladu

Z harmonogramu jasně vyplývá, že časová náročnost opravných prací je znatelně menší u technologie bez snášení kolejového roštu. Modelový pětakilometrový úsek by byl zhotoven pomocí technologie se snášením kolejového roštu během 37 dní. Technologií bez snášení roštu by v případě použití sanačního stroje AHM 800 R práce trvaly 14 dní. Při použití linky RPM 2002 by byl úsek hotov o dalších 6 dní dříve.

Na základě zjištěných údajů lze konstatovat, že použití sanačních linek vede k výraznému zkrácení času oprav. I v rámci technologie bez snášení kolejového roštu je patrný rozdíl při aplikaci novější generace strojů. Z čistě technologického pohledu je výhodné nasazení sanačních linek ve všech případech, ve kterých lze s ohledem na technické podmínky těchto strojů využít.

6.4 Rekapitulace

Pro lepší přehlednost jsou v Tabulce 6.1 vyzdvihnuty nejdůležitější oblasti, ve kterých jsou technologie porovnávány. Symbol "✓" je umístěn u té technologie, která je v rámci dané problematiky výhodnější, resp. s sebou nese menší omezení.

Tab. 6.2 - Porovnání technologií sanace pražcového podloží

	Se snášením KR	Bez snášení KR
Zkušenosti s technologií	✓	
Náklady na mechanizaci	✓	
Nároky na výluku		✓
Přípravné práce	✓	
Přístupové cesty a zatížení okolí dopravou		✓
Organizace prací		✓
Rychlost výstavby		✓
Kvalita a provedení		✓
Možnost provedení změny konstrukce	✓	
Hluk a vibrace	✓	
Prašnost		✓
Dopad na životní prostředí		✓
Vliv počasí		✓

Klasická technologie se snášením kolejového roštu je vyžadována v následujících případech:

- hloubka výskytu poruchy je větší než pracovní rozsah sanačního stroje,
- návrh konstrukce pražcového podloží vyžaduje aplikaci plošných prvků jako jsou například antivibrační rohože, tepelně izolační desky či geobuňky,

- pražcové podloží obsahuje množství kamenů a balvanů přesahující 20 % objemu výkopku a balvanů větších než 300 mm [21],
- je nutná změna polohy osy koleje.

Naproti tomu technologie sanace bez snášení kolejového roštu se doporučuje použít: [21]

- v krátkých časových termínech výstavby, pokud je třeba minimalizovat výluky,
- v nepřístupných úsecích pro staveništní dopravu (nesjízdný terén, apod.)
- v husté zástavbě,
- v případech nutné eliminace negativních dopadů na životní prostředí (trať v blízkosti přírodní rezervace, oblast CHKO, apod.).

Ve většině ostatních případů je z technického hlediska možné použití obou technologií. Volba vhodné technologie je závislá na konkrétním zadání, technických možnostech dodavatele, finančních možnostech investora a mnoha dalších faktorech. Nejdůležitějším kritériem obecně zůstává finanční náročnost rekonstrukce. Do ekonomických nákladů je třeba zahrnout náklady na lidské zdroje, použitou techniku (ať už vlastní nebo pronajatou), materiál, náklady spojené s odpadovým hospodářstvím a v neposlední řadě náklady na výluky. Konečné rozhodnutí o tom, jaká technologie je v konkrétním případě výhodnější, je výsledkem komplexního posouzení provozně-technologických, technických, ekologických a ekonomických podmínek.

ZÁVĚR

První část práce je věnována popisu konstrukce železniční trati, definicím základních pojmů a shrnutí typů a vlastností pražcového podloží. Následující kapitola se zabývá způsobem zjišťování stavu tělesa železničního spodku a diagnostikou chyb a deformací pražcového podloží. Popisuje rozdělení technologií sanací pražcového podloží v závislosti na charakteru jeho poškození. V další části je podrobněji rozepsán technologický postup sanace pražcového podloží klasickou metodou, tj. se snášením kolejového roštu. Následující kapitola je věnována druhé technologii sanačních prací, tj. technologii bez snášení kolejového roštu. Tato technologie je realizována pomocí speciálních sanačních komplexů. Na čtyřech strojích je popsán princip opravných prací a jsou zde porovnány jejich možnosti. Poslední kapitola se pak věnuje porovnání obou technologií, se zdůrazněním jejich výhod a případných omezení. Jako součást porovnání je zpracován modelový příklad, který ukazuje časovou náročnost zmíněných technologií.

Práce byla pojata z čistě teoretického pohledu, a tudíž neřeší žádnou konkrétní situaci. Ačkoli na začátku byla snaha o zahrnutí ekonomických ukazatelů do porovnání obou technologií, bylo nutné od tohoto záměru upustit, neboť se i přes maximální úsilí a kontaktování odborníků z několika stavebních společností nepodařilo získat relevantní podklady pro alespoň základní ekonomickou rozvahu. Kontaktování odborníci byli velice vstřícní a ochotní předat podklady a konzultovat technická řešení, avšak údaje související s financováním či ekonomikou provozu byly s ohledem na zachování firemního know-how nedostupné.

Po provedení rešerše lze konstatovat, že u obou technologií dochází k výrazným pokrokům a k využití pokročilejších technických prostředků. Z vnějšího pohledu se může zdát, že klasická technologie se snášením kolejového roštu se nemění. Při bližším seznámení je patrný výrazný posun ve využití sofistikovaného řízení stavebních strojů. Stroje jsou dnes řízeny pomocí laserů či satelitních navigací, jejich činnost je monitorována v reálném čase a data jsou přenášena do centrály k další analýze a případné optimalizaci prací.

U sanačních komplexů je vidět velmi dynamický vývoj. Každá generace je schopna většího rozsahu činností než generace předchozí a zároveň je mnohem výkonnější a ekologičtější. Díky zdokonalení recyklačních procesů dochází k výrazným úsporám materiálu, nákladů na logistiku a dochází ke zvýšení pracovního výkonu. Z časového zhodnocení vychází použití speciálních sanačních linek velmi pozitivně,

což s sebou nese výrazné zkrácení času potřebného na realizaci rekonstrukcí, a tím i značné zkrácení výlukových časů. Při správném naplánování rekonstrukcí může použití technologií bez snášení kolejového roštu vést k výraznému urychlení obnovy naší železniční sítě.

7. SEZNAM LITERATURY

- [1] PLÁŠEK, Otto. *Železniční stavby: železniční spodek a svršek*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2621-7.
- [2] TREŠL, Ondřej. *Železniční spodek [přednáška]*. Praha: Fakulta dopravní ČVUT v Praze, 2011. [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z:
<https://www.fd.cvut.cz/personal/tyfal/str/predmety/ikod-pr/ikod03.pdf>
- [3] Předpis SŽDC S3 Železniční svršek, 2008.
- [4] Předpis SŽDC S4 Železniční spodek, č.j.: S 263/08-OP, 2008.
- [5] KREJČÍŘÍKOVÁ, Hana a Martin LIDMILA. *Železniční stavby 1*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04693-7.
- [6] KREJČÍŘÍKOVÁ, Hana. *Železniční stavby 2*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04889-4.
- [7] ŘÍHA, Tomáš a Jan Valehrach. *Pražcové podloží [přednáška]*. Brno: Fakulta stavební VUT v Brně, 3.-4.12.2014. [online]. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z:
http://www.csvs.cz/projekty/2014_veda_pro_zivot/KA3_prilohy/prezentace-doktorandu/a_Tomas%20Riha,%20Jan%20Valehrach_Prazcove%20podlozi.pdf
- [8] SŽDC Ž Vzorové listy železničního spodku
- [9] IŽVOLT, Libor. *ŽELEZNIČNÝ SPODOK: Namáhanie, diagnostika, navrhovanie a realizácia konštrukčných vrstiev železničného spodku*. Žilina: EDIS - vydavateľstvo ŽU, 2008. ISBN 978-80-8070-802-3.
- [10] HORNÍČEK, Leoš. *Identifikace technických problémů a jejich možných příčin v drážním spodku [prezentace]*. CESTI Workshop, 2013. [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: http://www.cesti.cz/wc13/WP2_02.pdf
- [11] IŽVOLT, Libor, Janka ŠESTÁKOVÁ a Michal ŠMALO. *Železničné staviteľstvo 2: Diagnostika, mechanizácia prác a technologické postupy údržby železničnej jazdnej dráhy*. Žilina: EDIS - vydavateľské centrum ŽU, 2015. ISBN 978-80-554-1169-9.
- [12] ČSD SR 104/2 (S) Pracovní postupy sanácie podvalového podložia staničných a traťových kolají, č.j.: 15 476/87. NADAS,1889.

- [13] SŽDC Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah: 6 Konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku, č.j.: 12153/08-OKS, 2017. Dostupné z:
<http://typdok.tudc.cz/typdok/files/tkp/seznam.html>
- [14] *Technologie sanace železničního spodku* [přednáška], Děčín: VOŠ a SPŠ Děčín, 2010.
- [15] *Pracovní příslušenství* [prezentace]. Slideplayer.cz [online]. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2861572/>)
- [16] Předpis SŽDC S8 Provoz, údržba a opravy speciálních vozidel, 2011.
- [17] ZLINSKÝ, Zbyněk. *Ex-popradský „krokodýl“ pomáhal otvírat chotěbořský terminál.* [online]. 2011. Dostupné z: <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/4064-Ex-popradsky-krokodyl-pomahal-otvirat-choteborsky-terminal/>
- [18] *Stroje pro práce na železničním spodku a svršku: sborník přednášek vydaný u příležitosti semináře konaného ve dnech 4.a 5.3.2015 v Děčíně.* Děčín: VOŠ a SPŠ Děčín, 2015. ISBN 978-80-905733-2-1.
- [19] Trimble: *If you lose sight of the site...* [online]. Trimble, 2017. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://connectedsite.com/#1>
- [21] SŽDC Metodický pokyn pro zřizování konstrukčních vrstev pražcového podloží technologiemi bez snášení kolejového roštu, č.j. S 26996/11-OTH, 2012.
- [22] BOUDA, František a Radka Sobotková. *Sanační traťové stroje na infrastrukturu SŽDC.* [seminář]. Praha: Progresivní přístup ke zřizování a údržbě železničního spodku technologií bez snášení kolejových polí, 12.10.2016. [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.sizi.cz/prezentace-s-1-2016>
- [23] BADO, Peter a Václav JELÍNEK. *Speciální drážní vozidla. 2., dopl. vyd.* Karlovy Vary: ALHA, 2014. ISBN 978-80-260-5856-4.
- [24] Materiály Traťové strojní společnosti a. s. [online]. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: http://www.tssas.cz/files/file/katalog_stroju/SC_600.pdf
- [25] MYNÁŘ, Zbyněk. *Stroje pro technologii sanace železničního spodku bez snášení kolejového roštu.* [seminář]. Praha: Progresivní přístup ke zřizování a údržbě železničního spodku technologií bez snášení kolejových polí, 12.10.2016. [online]. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.sizi.cz/prezentace-s-1-2016>

- [26] RIEBOLD, Klaus. Gleisgebundene Unterbausanierungstechnologien. *Eisenbahn Ingenieur Kompendium*. [online]. 2010. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z:
https://www.plassertheurer.com/pdf/publications/eik_10.pdf
- [27] PETÝREK, Michal. [foto]. Německo, 2017.
- [28] *Opravy a rekonstrukce železničních tratí ve výlukách: Sborník přednášek vydaný u příležitosti semináře konaného ve dnech 8. a 9.2.2017 v Děčíně*. Děčín: VOŠ a SPŠ Děčín, 2017. ISBN 978-80-905733-4-5.
- [29] Materiály EURAILPOOL GmbH. [online]. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z:
<http://www.eurailpool.com/?/ep/site/>
- [30] SOBOTKOVÁ, Radka a Zdeněk Jeřábek. *Sanace železničního spodku bez snášení kolejového roštu*. Materiál INFRAM a. s. 2006.
- [31] Materiály SWIETELSKY Bugessellschaft m.b.H. V tištěné podobě.
- [32] Plasser's Moster Millenium Machine. *International Railway Journal*. [online]. March 2000. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z:
https://www.plassertheurer.com/pdf/publications/irj_0003.pdf
- [33] TRNOV, T. *Zřizování konstrukčních vrstev pražcového podloží technologií bez snášení kolejového roštu*. Materiál STRABAG Rail. a. s., 2005.
- [34] Eurailpool. *PM 1000 URM*. [DVD]. 2009.
- [35] Fotocommunity. *PM 1000 URM*. [online]. [vid. 2017-05-26]. Dostupné z:
<http://www.fotocommunity.de/photo/pm-1000-urm-gerda-s/19240488>
- [36] *EI-Der Eisenbahningenieur: Internationale Fachzeitschrift für Schienenverkehr und Technik*. Hamburg: Tetzlaff Verlag, April 2010. ISSN 0013-2810.
- [37] ZUMOTOVÁ, Zuzana. *Srovnání technologických postupů rekonstrukce železničních tratí*. [online]. Ostrava, 2006 [cit. 2017-06-05]. Dostupné z:
<http://www.fsv.cvut.cz/svoc/2006/prisp/03/zumotova.pdf>
- [38] Plasser & Theurer. *Bringing large quantities of material onto the rail: Material logistics*. [online]. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z:
<https://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/material-logistics>.

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 - Konstrukce v širé trati [2]	8
Obr. 2.2 - Tvary zemního tělesa [2].....	10
Obr. 2.3 - Názvosloví železničního spodku [1]	11
Obr. 2.4 - Tvar kolejového lože jednokolejné trati s kolejí bez převýšení [6].....	13
Obr. 2.5 - Konstrukce pražcového podloží - typ 1 [8]	15
Obr. 2.6 - Konstrukce pražcového podloží - typ 2 [8]	15
Obr. 2.7 - Konstrukce pražcového podloží - typ 3 [8]	15
Obr. 2.8 - Konstrukce pražcového podloží - typ 4 [8]	16
Obr. 2.9 - Konstrukce pražcového podloží - typ 5 [8]	17
Obr. 2.10 - Konstrukce pražcového podloží - typ 6 [8]	17
Obr. 3.1 - Hloubkový výmrazek v koleji [9]	22
Obr. 3.2 - "Blaťák" v oblasti výhybkové konstrukce [10]	23
Obr. 4.1 - Hutnění vibrační válcem [14].....	30
Obr. 4.2 - Zemní fréza [14].....	31
Obr. 4.3 - Instalace konstrukční vrstvy na uložená geosyntetika [14]	33
Obr. 4.4 - Grejdr s nivelačním systémem navádění	34
Obr. 4.5 - Dvoucestné rypadlo [17]	35
Obr. 4.6 - Umístění rotačního laseru	37
Obr. 5.1 - Příprava geosyntetik a jejich rozmístění podél tratě [22]	39
Obr. 5.2 - Rýha pro umístění těžcího řetězu [22].....	40
Obr. 5.3 - Sanační čistička SČ 600 S [23]	43
Obr. 5.4 - Navádění pomocí vodícího lanka [27]	43
Obr. 5.5 - Strojní linka AHM 800 R [29].....	44
Obr. 5.6 - Sanační linka RPM 2002 [22].....	46
Obr. 5.7 - Sanační komplex PM 1000 URM [35]	48
Obr. 5.8 - Pohled na podbíjecí agregát [27]	49
Obr. 5.9 - Zásobovací vůz typu MFS 100 [23].....	52
Obr. 6.1 - Zjednodušený řez novou konstrukcí pražcového podloží	56

9. SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 - SCHÉMA SČ 600 S [21]

PŘÍLOHA 2 - SCHÉMA AHM 800 R [29]

PŘÍLOHA 3 - SCHÉMA RPM 2002 [21]

PŘÍLOHA 4 - SCHÉMA PM 1000 URM [29]

PŘÍLOHA 5 - HARMONOGRAMY