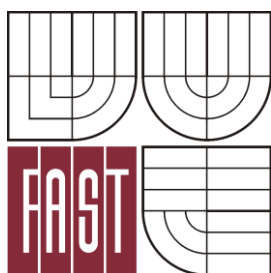


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

ANALÝZA VYBRANÝCH METOD ZŘIZOVÁNÍ A MĚŘENÍ PROSTOROVÉ POLOHY KOLEJE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Jakub Karásek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. JAROSLAV SMUTNÝ, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav železničních konstrukcí a staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Jakub Karásek
Název	Analýza vybraných metod zřizování a měření prostorové polohy koleje
Vedoucí diplomové práce	prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2011
Datum odevzdání diplomové práce	13. 1. 2012
V Brně dne 31. 3. 2011	

.....
doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.

Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Podklady a literatura

ČSN 73 6360-2

Služební rukověť SR103/4.1

S 2/3 Předpis pro organizaci a provádění kontrol tratí Českých drah

Modern Railway Track - Esveld

Ostatní platné právní předpisy

Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce je srovnání různých způsobů měření a navádění automatické strojní podbíječky (ASP) při zřizování geometrických parametrů koleje vybraného traťového úseku. Výsledky práce ASP budou ověřeny různými metodami. Tyto metody budou vzájemně porovnány. Předpokládá se vyhodnocení pro stavební odchylky prostorové polohy koleje dle ČSN 73 6360-2 a srovnání známek kvality případně známek podbíjení. Práce bude obsahovat závěry a doporučení pro stavební praxi.

Předepsané přílohy

Analýza stávajícího stavu

Srovnání metod navádění ASP

Srovnání vybraných měřicích metod GPK

Rozbor výsledků měření na vybraném úseku

Závěry a doporučení pro praxi

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....
prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Bibliografická citace VŠKP

KARÁSEK, Jakub. *Analýza vybraných metod zřizování a měření prostorové polohy koleje*. Brno, 2011. 79 s., 87 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.

Abstrakt

Předmětem práce je srovnání různých způsobů měření geometrických parametrů koleje a srovnání metod navádění automatické strojní podbíječky (ASP) při zřizování geometrických parametrů koleje vybrané části mezistaničního traťového úseku Brodek u Přerova - Grygov. Práce obsahuje popis měřicího vozu železničního svršku a měřicího systému APK, jejichž data posloužily k porovnání geometrických parametrů koleje a její prostorové polohy po dobu sledování úseku. Závěr práce obsahuje zhodnocení jednotlivých měření a doporučení pro praxi.

Klíčová slova

Prostorová poloha koleje, geometrické parametry koleje, měření, měřicí vůz pro železniční svršek, měřicí systém APK

Abstract

The aim of the work is to compare different ways of measuring geometric parameters of railway track and compare methods for guidance automatic tamping machine in establishing the geometrical parameters of the selected track section between train stations Brodek u Přerova - Grygov. The work contains a description of the superstructure gauging carriage and measuring system APK, whose data were used to compare the track geometry and its spatial position during the observation period. Conclusion of the work includes an assessment of individual measurements and recommendations for practise.

Keywords

Spatial position of railway track, geometric parameters, measurement, superstructure gauging carriage, measuring system APK

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2012

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji Ing. Liborovi Vavrečkovi za zasvěcení do problematiky měření prostorové polohy koleje systémem APK a za pomoc a ochotu při vyhodnocování dat a zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Lubomírovi Sieglovi z TÚDC a Ing. Ivaně Švábeníkové z GŘ SŽDC za pomoc při zpracování kapitol týkajících se navádění automatické strojní podbíječky a za poskytnutí materiálů ke zpracování těchto kapitol. Poděkování patří i Ing. Janovi Březinovi za poskytnutí dat z měřicího vozu. Děkuji prof. Ing. Jaroslavu Smutnému, Ph.D. za pomoc při celkovém zpracování diplomové práce a za cenné připomínky.

V Brně dne 11. 1. 2012

OBSAH:

1. ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU	6
1.1. ÚVOD.....	6
1.2. CÍL PRÁCE.....	6
1.3. ZÁKLADNÍ POJMY	7
1.4. AUTOMATICKÁ STROJNÍ PODBÍJEČKA (ASP).....	9
1.4.1. Popis nivelačního zařízení ASP	9
1.4.2. Princip práce nivelačního zařízení	9
1.4.3. Popis směrovacího zařízení ASP.....	10
1.4.4. Princip práce směrovacího zařízení.....	11
1.4.5. Faktory ovlivňující kvalitu práce ASP	11
2. SROVNÁNÍ METOD NAVÁDĚNÍ ASP	14
2.1. METODA ZMENŠOVÁNÍ CHYB	14
2.1.1. Zmenšování chyb ve výškové úpravě	14
2.1.2. Zmenšení chyb ve směrové úpravě	14
2.2. PŘESNÁ METODA	16
2.2.1. Přesná metoda ve výškové úpravě	16
2.2.2. Přesná metoda ve směrové úpravě	18
2.3. POUŽITÍ METOD.....	20
3. SROVNÁNÍ MĚŘÍCÍCH METOD GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ KOLEJE	21
3.1. MĚŘENÍ GEOMETRICKÉHO A KONSTRUKČNÍHO USPOŘÁDÁNÍ KOLEJE	21
3.1.1. Geometrické uspořádání koleje	21
3.1.2. Konstrukční uspořádání koleje.....	22
3.1.3. Měřicí vůz železničního svršku.....	23
3.1.4. Měřicí drezína	26
3.1.5. Měřicí vozík Krab	28
3.1.6. Elektronické, mechanické, ruční rozchodky	30
3.1.7. Použití metod a srovnání přesností.....	30
3.2. MĚŘENÍ PROSTOROVÉ POLOHY KOLEJE.....	31
3.2.1. Prostorová poloha koleje a její zajištění.....	31
3.2.2. Relativní měření (metoda dlouhé tětiny).....	33
3.2.3. Měření s použitím GPS	35
3.2.4. Měření v absolutním souřadném systému	35
3.2.5. Měřicí zařízení APK	36
3.2.6. Použití metod a srovnání přesností.....	39
4. ROZBOR VÝSLEDKŮ A MĚŘENÍ NA VYBRANÉM ÚSEKU	40
4.1. POPIS PROBLÉMU	40
4.2. ČASOVÁ OSA.....	41
4.3. POPIS ÚSEKU.....	41
4.3.1. Přehled směrového vedení	41

4.3.2.	Parametry složeného směrového oblouku	42
4.3.3.	Přehled výškového vedení	42
4.3.4.	Popis železničního svršku	42
4.3.5.	Popis železničního spodku	42
4.4.	VLASTNÍ MĚŘENÍ PPK SYSTÉMEM APK	42
4.4.1.	Měření PPK	42
4.4.2.	Postup prací s APK	43
4.5.	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ PPK Z DAT APK	44
4.5.1.	Odchyly prostorové polohy koleje	45
4.5.2.	1. měření – 7. 7. 2010	46
4.5.3.	2. měření – 7. 1. 2011	47
4.5.4.	3. měření – 15. 3. 2011	49
4.5.5.	4. měření – 11. 4. 2011	51
4.5.6.	Celkové porovnání vyhodnocených hodnot PPK	52
4.6.	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ GPK Z DAT MĚŘÍČÍHO VOZU	52
4.6.1.	Hodnocení lokálních závad GPK	53
4.6.2.	Úsekové hodnocení	54
4.6.3.	1. měření – 12. 7. 2010	54
4.6.4.	2. měření – 23. 11. 2010	57
4.6.5.	3. měření – 30. 03. 2011	59
4.6.6.	4. měření – 15. 08. 2011	61
4.6.7.	Celkové porovnání vyhodnocených hodnot GPK	63
4.7.	SROVNÁNÍ MĚŘENÍ PPK A GUK	63
4.7.1.	Srovnání PPK a GUK z dat naměřených před 1. podbitím	65
4.7.2.	Srovnání PPK a GUK z dat naměřených před 2. podbitím	69
4.7.3.	Srovnání PPK a GUK z dat naměřených po 2. podbití	70
4.7.4.	Celkové zhodnocení srovnání PPK a GUK	71
5.	ZÁVĚR	73
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	75
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	77
	SEZNAM PŘÍLOH	79

1. ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU

1.1. Úvod

Aby byla na tratích, zejména na železničních koridorech s rychlostí nad $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, ve správě Správy železniční dopravní cesty, státní organizace (dále jen SŽDC), zajištěna správná prostorová poloha koleje, je zapotřebí pravidelně sledovat diagnostickými prostředky její stav. Správná prostorová poloha koleje je základním předpokladem pro bezpečný a ekonomický provoz železnice. Aby bylo možno zajistit vyhovující stav prostorové polohy koleje i po letech provozu, musí se provádět její údržba a opravy. S rostoucími požadavky na kvalitní úpravu směrového a výškového uspořádání kolejí a vyšší produktivitu jednotlivých prací se na souvislou údržbu tratí nasazují automatické strojní podbíječky (ASP). Základním předpokladem zřízení kvalitní prostorové polohy koleje je bezchybná funkčnost ASP a především vhodně zvolená metoda jejího navádění. Zásadou kvalitní směrové a výškové úpravy koleje je nezvyšovat počet podbíjecích cyklů, ale zvýšit kvalitu práce a snížit tak celkové náklady na údržbu koleje.

Nezastupitelné místo při kontrole stavu tratí za provozu a při přejímkových a opravných pracích má i kontinuální měření a hodnocení stavu geometrických parametrů koleje. Její kvalitní diagnostika přispívá k včasnému odhalení závad a tím k efektivnějšímu využívání finančních prostředků na údržbu trati a její modernizaci.

1.2. Cíl práce

Téma této práce vzniklo na základě sledování prostorové polohy koleje směrového oblouku v mezistaničním úseku Brodek u Přerova – Grygov. Tento úsek byl vyhodnocen Správou železniční geodzie (dále jen SŽG) zařízením APK na jeho prostorovou polohu. Výsledky tohoto měření ukázaly značné odchylky prostorové polohy koleje od projektovaných hodnot. Neuspokojivé výsledky přineslo i měření po podbití koleje, jehož jsem byl účastníkem. Práce ASP byla reklamována, přičemž tato problematika se stala zajímavým tématem pro další sledování úseku a dala tak základ této diplomové práci.

Cílem teoretické části této práce je popsat metody navádění ASP a měřicí metody geometrických parametrů koleje. V praktické části diplomové práce je provedena analýza a srovnání metod práce ASP na výše zmíněném úseku, který byl vyhodnocován systémem APK z hlediska prostorové polohy koleje a měřicím vozem železničního svršku na sledování geometrických parametrů koleje.

Práce je rozčleněna do 5 kapitol. Úvodní kapitola je věnována základním pojmům a jsou zde popsány základní principy automatické strojní podbíječky. Ve druhé kapitole jsou popsány jednotlivé metody navádění ASP a uvedeny podmínky jejich použití. Třetí kapitola obsahuje popis metod vyhodnocování geometrických a konstrukčních parametrů koleje, stejně tak i její prostorové polohy. Čtvrtá kapitola je věnována vyhodnocení a srovnání práce ASP různými metodami na vybraném úseku. Pátá kapitola je závěrem, který shrnuje dosažené výsledky. Nedílnou součástí diplomové práce je seznam použité literatury, licenční smlouva a přílohy.

1.3. Základní pojmy

V diplomové práci se vyskytují základní pojmy a veličiny týkající se konstrukčního a geometrického uspořádání koleje železničních drah a její prostorové polohy a pojmy železniční geodezie. V této kapitole jsou vysvětleny základní pojmy [1], [3], [4].

Absolutní poloha koleje – prostorová poloha koleje, pokud jsou použité souřadnice mající vztah k absolutnímu referenčnímu souřadnicovému systému.

Absolutní polohová odchylka (Ska) – příčná odchylka osy koleje od její projektované polohy.

Absolutní výšková odchylka (Vka) – odchylka nivelety temene nepřevýšeného kolejnicového pásu od její projektované hodnoty.

Geometrické parametry koleje (GPK) – konstrukční uspořádání koleje, geometrické uspořádání koleje a prostorová poloha koleje.

Geometrické uspořádání koleje – směr, podélná výška a sklon koleje.

Konstrukční uspořádání koleje (KUK) – rozchod koleje a vzájemná výšková poloha kolejnicových pásů (převýšení, sklon, vzestupnice, vzájemný sklon kolejnicových pásů – zborcení koleje).

Mezní odchylka – odchylka, která nesmí být překročena a je stanovena s bezpečnostní rezervou.

Niveleta – bokorysný průmět temene kolejnicového pásu nebo určeného místa na pražci, vyjadřuje výškové vedení železniční trati.

Osa koleje – množina bodů, ležící v rovinách příčných řezů na spojnici pojížděných hran protilehlých kolejnicových pásů, v oblouku a přechodnici vzdálená o polovinu normálního

rozchodu koleje od vnějšího kolejnicového pásu, v přímé zpravidla od pásu přilehlého k zajišťovacím značkám.

Pravý (levý) kolejnicový pás – kolejnicový pás ležící vpravo (vlevo) od osy koleje ve směru stoupajícího staničení trati.

Prostorová poloha koleje (PPK) – množina bodů osy koleje, jednoznačně určených v projektu polohopisnými souřadnicemi a nadmořskou výškou.

Projektovaná hodnota – hodnota geometrické veličiny daná projektem.

Provozní odchylka – odchylka od projektované nebo předepsané hodnoty geometrické veličiny na provozované trati.

Přechodnice – tvoří plynulý směrový přechod mezi úseky koleje s odlišnou křivostí, tzn. mezi přímou kolejí a kružnicovým obloukem nebo mezi dvěma kružnicovými oblouky stejného směru.

Převýšení koleje – výškový rozdíl kolejnicových pásů daný úhlem, který svírá spojnice temen protilehlých kolejnicových pásů a vodorovná rovina, udává se délkou kratší odvěsny pravoúhlého trojúhelníka, jehož přepona má délku 1500 mm.

Rozchod koleje je vzdálenost vnitřních ploch hlav (pojízdných hran) kolejnic, měřená u běžných kolejnic 14 mm pod jejich temeny podle tvaru.

Rychlostní pásmo – pásmo traťových rychlostí rozhodující pro hodnocení geometrické kvality koleje.

Směr koleje v geometrické ose – půdorysný průmět středů příčných spojnic pojízdných hran protilehlých kolejnicových pásů.

Směr kolejnicového pásu – půdorysný průmět pojížděné hrany kolejnicového pásu.

Železniční svršek – je jednou ze základních částí železniční dopravní cesty. Železniční svršek tvoří jízdní dráhu, která nese a vede kolejová vozidla. Skládá se ze základní konstrukce tvořené kolejemi, výhybkami a výhybkovými konstrukcemi a ze zvláštních (účelových) konstrukcí nebo konstrukčních článků, které ji doplňují.

Železniční trať – ucelený stavební úsek kolejové jízdní dráhy.

1.4. Automatická strojní podbíječka (ASP)

Nejčastěji prováděnou prací na tratích SŽDC je úprava geometrických parametrů koleje. Ta je prováděna výhradně automatickými strojními podbíječkami, s výjimkou oprav lokálních závad, při kterých se využívá lehkých přenosných podbíjecích prostředků. ASP zajišťuje uvedení osy a nivelety koleje do správné polohy a následné podbití pražců podbíjecími agregáty. K tomu, aby bylo dosaženo požadované polohy koleje, využívá ASP nivelačního a směrovacího zařízení.

1.4.1. Popis nivelačního zařízení ASP

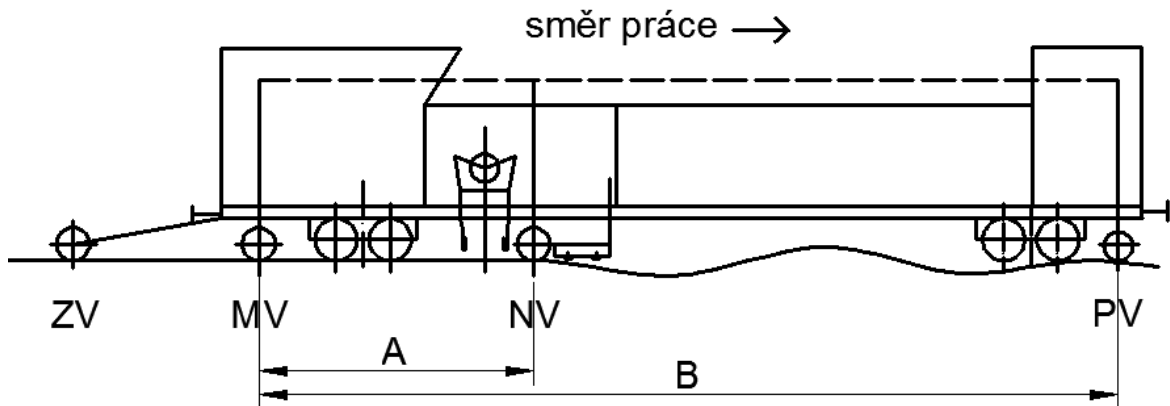
Nivelační zařízení ASP je tvořeno dvěma ocelovými lanky nataženými mezi přední a zadní kabinou stroje. Přední konce lanek jsou uchyceny na tyči předního nivelačního vozíku, který je umístěn před přední nápravou stroje. Opačné konce jsou uchyceny na tyči zadního nivelačního vozíku umístěném za zadní nápravou stroje. Tato lanka jsou napínána vzduchovými válci. S nivelačními lanky jsou spojeny i tyče vozíku umístěného v prostoru podbíjecích agregátů s nivelačními snímači. U starších typů strojních podbíječek byly podbíjecí agregáty před přední nápravou, dnes se nachází mezi přední a zadní nápravou. Tyče prostředního vozíku jsou vybaveny buď:

- a) doteky – zvedání koleje probíhá tak dlouho, dokud se dotek vozíku nedotkne nivelačního ocelového lanka. Rychlost zvedání je konstantní.
- b) nivelačními snímači – v nich je umístěn potenciometr, spojený lankovým převodem s hřídelkou raménka snímače. Je-li kolej ve správné výšce, je potenciometr v nulové poloze. V opačném případě se kolej zvedá, dokud není dosaženo tohoto stavu. Zvedací rychlost je úměrná velikosti napětí potenciometru nivelačního snímače. Na počátku je rychlost zvedání větší a postupně se zpomaluje. Čím větší je tedy zdvih koleje, tím vyšší je počáteční rychlost přizvednutí [10].

1.4.2. Princip práce nivelačního zařízení

Přední nivelační vozík (PV) jede po neupravené koleji, zadní vozík (ZV) po již podbité koleji. Na předním vozíku je lanko zvednuté o hodnotu požadovaného zdvihu koleje, čímž vytváří vztahnou základnu rovnoběžnou s požadovanou niveletou koleje. Nivelační vozík (NV) umístěný v blízkosti podbíjecích agregátů řídí zdvih koleje. Jakmile zvedací zařízení vyzdvihne kolej do požadované nivelety, vypne se jeho činnost a podbíjecí agregáty podbijí zdvižený pražec. Zařízení podélné nivelace se vždy vztahuje na jeden kolejnicový pás, který je určený jako řídicí. Řídicí pás se volí s ohledem na členitost trati, v oblouku koná funkci

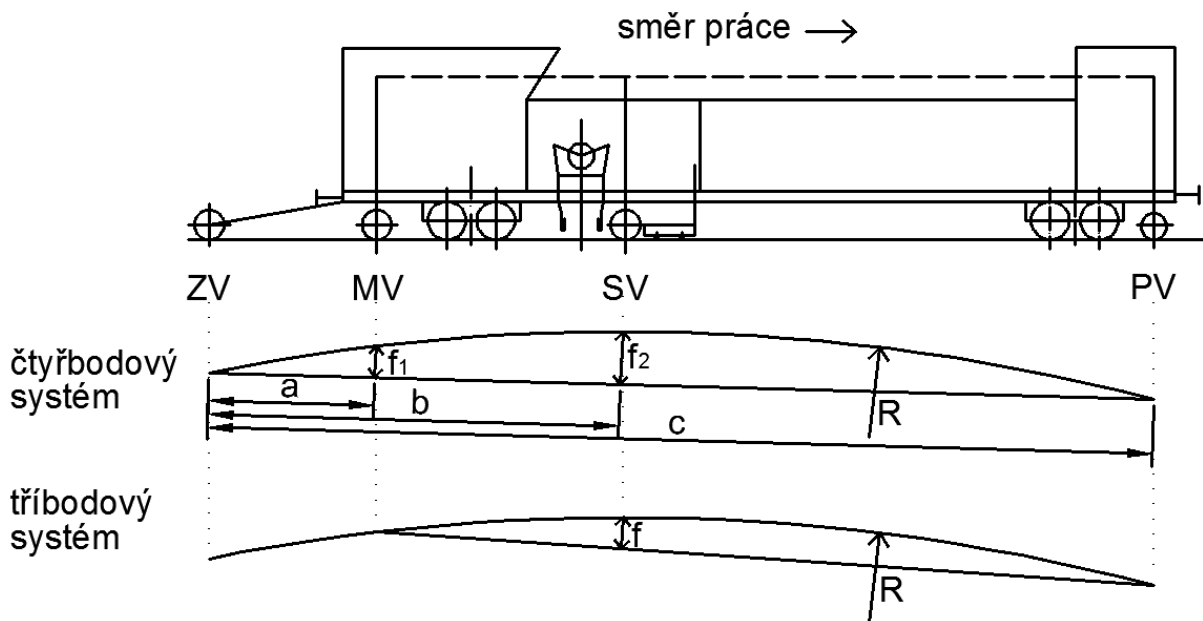
řídícího pásu vnitřní pás. V koleji s převýšením zadává požadované převýšení obsluha ASP na předním stanovišti, hodnota tohoto převýšení se automaticky vztáhne k řídicímu pásu a nastaví se na předním nivelačním vozíku [9].



Obr. 1-1 Princip práce nivelačního zařízení ASP [9]

1.4.3. Popis směrovacího zařízení ASP

Směrovací zařízení ASP je v současnosti tvořeno tětívkovým systémem, dříve používané podbíječky (Matisa, SIG) vycházely z metody srovnávání úhlů. Současné ASP se liší počtem tětív, jejich délkami a systémem (třibodová, čtyřbodová tětíva).



Obr. 1-2 Čtyřbodový a třibodový tětívkový systém ASP [9]

U čtyřbodového systému je přední konec dlouhé tětivy, kterou tvoří ocelové lanko, uchycen na předním vozíku (PV), zadní konec na zadním vozíku (ZV). Mezi nimi se nachází směrovací (SV) a měřicí vozík (MV). Na obou těchto vozících jsou umístěny snímače pro měření vzepětí oblouku. Ty jsou sestaveny z pohonné lankové kladky a vratné kladky.

Bočním pohybem tětiny dochází k jejich otáčení, které je přenášeno na přesný potenciometr. Každá změna posuvu tětiny vede ke změně odporu potenciometru.

U třibodového systému se vzepětí měří pouze na směrovacím vozíku (SV), MV je s tětinou spojen pevně a tvoří její zadní výchozí bod [9].

1.4.4. Princip práce směrovacího zařízení

Přední nivelační vozík (PV) jede po neupravené koleji, zadní vozík (ZV) a měřicí vozík (MV) po již podbité koleji. Přední vozík je osazen zařízením pro přestavování předního konce tětiny, který ovládá obsluha z přední kabiny ASP. Směrovací vozík je umístěn před podbíjecími agregáty. Během práce stroje se kolej posunuje směrovacími válci tak dlouho, dokud není dosaženo požadovaného vzepětí nebo posunu [10].

1.4.5. Faktory ovlivňující kvalitu práce ASP

Aby bylo možno dosáhnout co možná nejlepší kvality podbití, je třeba vzít v potaz veškeré faktory, které kvalitu práce ASP ovlivňují. Vlastní práce ASP totiž není mnohdy jediným úkonem, který zaručí kvalitu propracování. Ta závisí taktéž na provedení přípravných prací, na vhodně zvolené technologii práce, na dobrém technickém stavu stroje i na kvalitní práci jeho obsluhy [10].

1.4.5.1. Vliv stavu železničního svršku

Aby bylo vůbec možné nasadit ASP, je zapotřebí zkontrolovat stav železničního svršku. Znečištěné lože ovlivňuje jak kvalitu podbití, tak trvanlivost provedené úpravy. Navíc snižuje výkon stroje a zvyšuje jeho opotřebení. Je-li šterkové lože zbahnělé, nesmí se ASP použít vůbec, jelikož by trvanlivost podbití byla velice krátká a stav koleje by se podbitím paradoxně zhoršil v důsledku poklesů nivelety ve zbahnělých místech. Důležité je také množství šterku a jeho zrnitost. Obojí ovlivňuje především trvanlivost výškové úpravy, nedostatek šterku za hlavami pražců snižuje navíc trvanlivost provedené směrové úpravy. Dále je zapotřebí před vlastní prací ASP zkontrolovat stav a držečnost upevňovadel - aby bylo možno podbit pražec do potřebné výšky, musí k němu být pevně přichycena kolejnice, kterou zdvihací zařízení podbíječky zvedá. K zamezení vytlačení nebo zaseknutí vozíků ASP je zapotřebí označit dilatační spáry větší než 25 mm a nahlásit je obsluze stroje [10].

1.4.5.2. Vliv kvality přípravných prací

V rámci přípravných prací je vhodné odstranit všechny nedostatky uvedené v předchozí kapitole. Pro výsledek kvalitně podbité koleje a bezproblémový chod stroje by mělo být

zajištěno odstranění všech překážek, které by překážely ASP v práci, jako např. železniční přejezdy, kolejové mazníky apod. Také je nutné správně označit na pražce všechny hlavní body (ZP, ZO, KO, KP, ZZO, KZO). Důležité je rovněž správné stanovení řídicího nivelovaného kolejnicového pásu při práci přesnou metodou a vypsání jeho případných změn. V místech, kde není možné podbíjet, jako jsou mosty, neodstranitelné přejezdy, silně zbahnělá místa apod. se musí provést vytýčení směrových a výškových výběhů [10].

1.4.5.3. Vliv technického stavu a správného seřízení stroje

Pro zaručení kvalitně provedené práce je nutný dobrý technický stav stroje. Správné seřízení hydraulických okruhů, opotřebením agregátů a dalších pracovních součástí stroje ovlivňují jak výkonnost ASP, tak i kvalitu práce. Pro dokonalou funkčnost stroje při přizvedávání koleje je důležité seřízení nivelačního systému a převýšení. Při správném seřízení se při ruční kontrole kvality vodní váhou dá dosáhnout chyby maximálně ± 1 mm. Směrovací zařízení se kontroluje ručním změřením tětivy v oblouku či v přímé. Nesprávné seřízení má za následek vytlačování koleje vlevo respektive vpravo od požadovaného posunu. Vykazují-li podbíjecí pěchy vyšší opotřebením než dovolené (minimální výška činné plochy má být 50 mm), případně dojde-li k jejich ulomení, musí se vyměnit ihned, nejpozději po skončení denního výkonu. Kvalitu podbíjení ovlivňuje i seřízení hloubky podbíjení a podbíjecích tlaků. Poloha pěchů musí být seřizena tak, aby horní hrana činné plochy pěchu byla 15 – 20 mm pod spodní plochou pražce. Při každé změně tvaru železničního svršku se musí hloubka pěchu seřizovat. Seřízení svírací síly pěchů závisí na stavu kolejového lože, doba svírání pěchu by měla být v rozmezí přibližně 0,8 – 2 s tak, aby se stihla přeskupit zrna šterku pod pražcem. Jednou z nejdůležitějších podmínek kvalitní činnosti stroje je taktéž správná funkce hydraulického okruhu stroje, elektrických ovládacích systémů a vzduchového okruhu [10].

1.4.5.4. Vliv obsluhy

Aby bylo možno zajistit dobrý technický stav stroje a kvalitní výsledky práce podbíjení, musí jej obsluhovat vyškolená obsluha. Ta přispívá k jakosti provedených úprav zejména správným nastavováním údajů pro provádění výškové a směrové úpravy při použití přesné metody. Při výškových a směrových úpravách je důležité dodržet správný řídicí kolejnicový pás, který byl znivelován. Záměnou za druhý by došlo k chybám ve výškové úpravě. Pro bezpečnost železniční dopravy je také nezbytné správné provedení výběhů na začátku a na konci práce. Je nutno dodržet minimální výběh 1 : 1000, hodnoty přizvednutí se pro vytvoření výběhů rozepisují na pražce. Před tím, než byly ASP vybaveny počítači, měla osádka stroje

zásadní vliv i na provedení převýšení, které se manuálně nastavovalo na předním stanovišti stejně tak jako správné nastavování korekcí při práci v přechodnicích a přechodech mezi místy s odlišnou křivostí. Nezbytná je rovněž kontrola prováděných úprav, aby bylo možno v případě vzniknuvších nedostatků včas zasáhnout a zajistit jejich odstranění [10].

2. SROVNÁNÍ METOD NAVÁDĚNÍ ASP

2.1. Metoda zmenšování chyb

2.1.1. Zmenšování chyb ve výškové úpravě

Na předním vozíku se nastaví hodnota přízvednutí pro celý úsek a ponechá se nastavená po celou dobu práce. Druhý kolejnicový pás se vyrovnává dle zjištěných hodnot rozdílů převýšení. Při práci přední bod nivelačního lanka průběžně kopíruje stávající niveletu koleje. Již ze samotného uspořádání nivelačního zařízení ASP je patrné, že při výškové úpravě automaticky dochází ke zmenšování výškových deformací koleje. Hodnota zmenšení stávajících bodových závad je dle předpisu SŽDC S3/1 přibližně jedna pětina. Skutečná velikost poměru zmenšení je dána poměry vzdáleností mezi předním a zadním nivelačním vozíkem a nivelačním vozíkem v místě podbíjecích agregátů, v praxi se chyba zmenší pětkrát až šestkrát.

Tato metoda lze použít jen v případech, kdy nejsou výškové rozdíly v niveletě koleje příliš velké. Jedná-li se o místo, které vykazuje velkou změnu ve výšce nivelety na úseku delším, než je samotná délka stroje a jeho nivelační systém, stroj závalu neodstraní. Pouze ji roztáhne do větší délky. V tomto případě je tedy zapotřebí použít metodu přesnou [9].

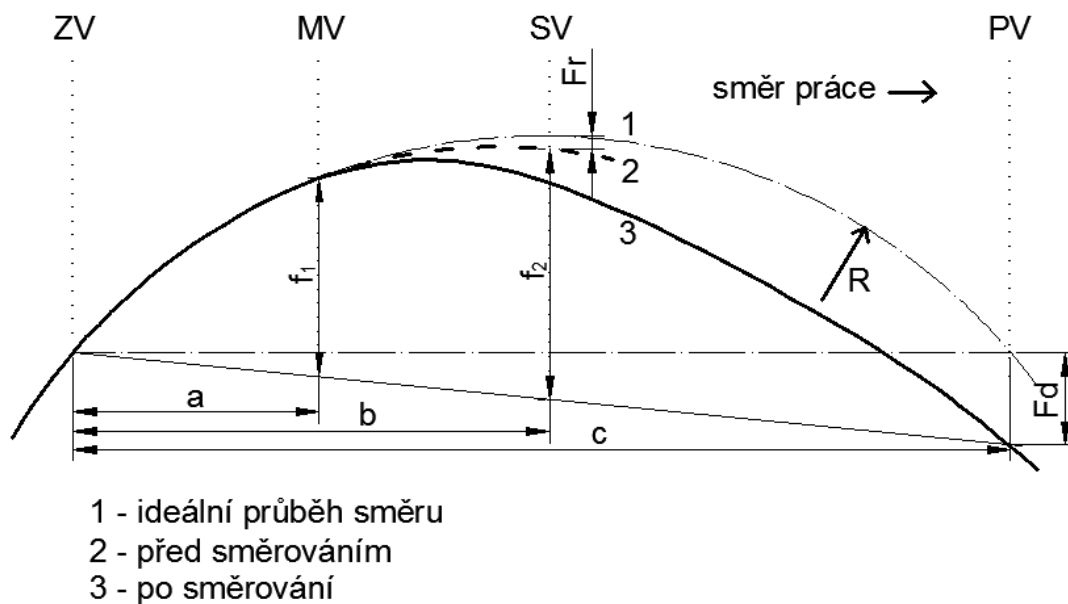
2.1.2. Zmenšení chyb ve směrové úpravě

Během této metody nejsou nastavovány žádné hodnoty posunu. Stroj vyrovnává nerovnosti koleje na základě naměřených odchylek polohy předního konce tělivity. Směrové nerovnosti stroj při práci automaticky zmenšuje v poměru zmenšení, které je dané uspořádáním směrovacího systému [9].

2.1.2.1. Čtyřbodový systém

U čtyřbodového systému snímají vzepětí MV a SV. Vzepětí změřená na MV a SV se snímají, převodem do analogového snímače se vyhodnotí a porovnávají podle poměru $f_1 : f_2$. SV je směrován, dokud poměr obou vzepětí není správný. V závislosti na poměru zmenšování chyby zůstává u SV zbytková chyba f_r . Vzájemný poměr obou vzepětí je (Obr. 2-1):

$$i = \frac{f_2}{f_1} = \frac{b \times (c - b)}{a \times (c - a)} \quad (2.1)$$

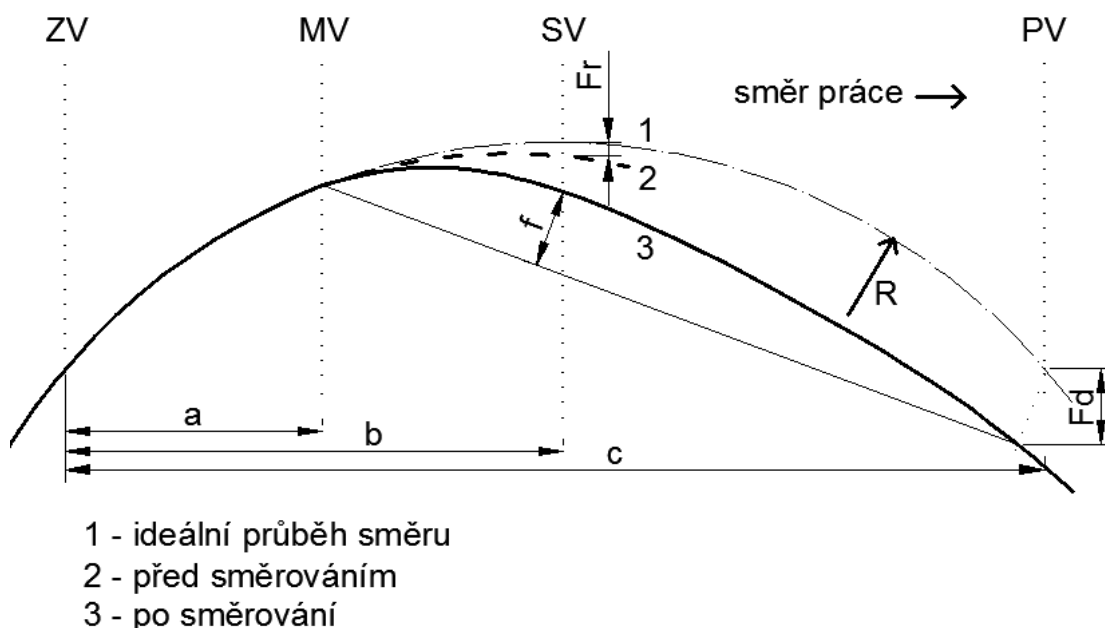


Obr. 2-2 Zmenšení chyby ve směru čtyřbodovým těživovým systémem

Poměr vzepětí je v místech s konstantní křivostí (přímá, oblouk) stálý. V přechodnicích a přechodech přímá – oblouk je nutno při směrové úpravě používat směrové korekce. Při směřování by při běžné práci stroje docházelo k nežádoucím posunům, proto je zapotřebí vzít změnu křivosti v úvahu a provést vychýlení předního konce těivy pomocí tzv. korekcí. Dnes jsou korekce automaticky nastavovány počítačovým vybavením ASP, dříve se provádělo pomocí tabulek korekcí, které jsou vypracovány pro každý typ stroje. V tabulce jsou uvedeny hodnoty koeficientu „ v_0 “, který se určuje v závislosti na poloměru navazujícího oblouku a délce přechodnice. Hodnota korekce se pak ručně nastavovala vždy po cca 2,5 m od nuly po koeficient „ v_0 “ [9], [15].

2.1.2.2. Třibodový systém

Principem třibodového systému není srovnávání naměřených vzepětí, jako u čtyřbodové metody, ale s porovnáním vzepětí f naměřeného na MV se vzepětím požadovaným. V přímé koleji je vzepětí 0. V oblouku, v přechodnici a v přechodu přímá - oblouk se počítá automaticky palubním počítačem vybaveným systémem ALC na základě předem známých parametrů (délka přechodnice, poloměr oblouku) v závislosti na vzdálenosti, která je odměřována na předním vozíku snímačem ujeté dráhy. Zadáním správné hodnoty vzepětí f se dostává SV do polohy, která odpovídá požadovanému poloměru oblouku, z poměru vzdáleností měřících bodů zůstává u SV zbytková chyba f_r .



Obr. 2-3 Zmenšení chyby ve směru tříbodovým tětíkovým systémem

Stejně jako při výškové úpravě stroj nedokáže opravit závadu, která je delší než směřovací systém stroje. V tomto případě opět vznikne chyba, která sice bude co do hodnot menší, ale pro větší plynulost delší [9], [15].

2.2. Přesná metoda

2.2.1. Přesná metoda ve výškové úpravě

Přesná metoda spočívá v nastavení požadovaných hodnot zdvihu nivelety tak, aby bylo dosaženo její ideální polohy. Není-li možno přizvednout niveletu do potřebné výšky najednou, projede ASP podbíjený úsek několikrát, dokud není ideální polohy dosaženo. Podbíječka navíc i při přesné metodě zmenšuje chyby díky svému konstrukčnímu uspořádání, takže při dobrých podmínkách se dá dosáhnout ideální výškové polohy koleje. Dosažení projektovaného stavu koleje se dá přesnou metodou dosáhnout několika způsoby [4], [10].

2.2.1.1. Ručně

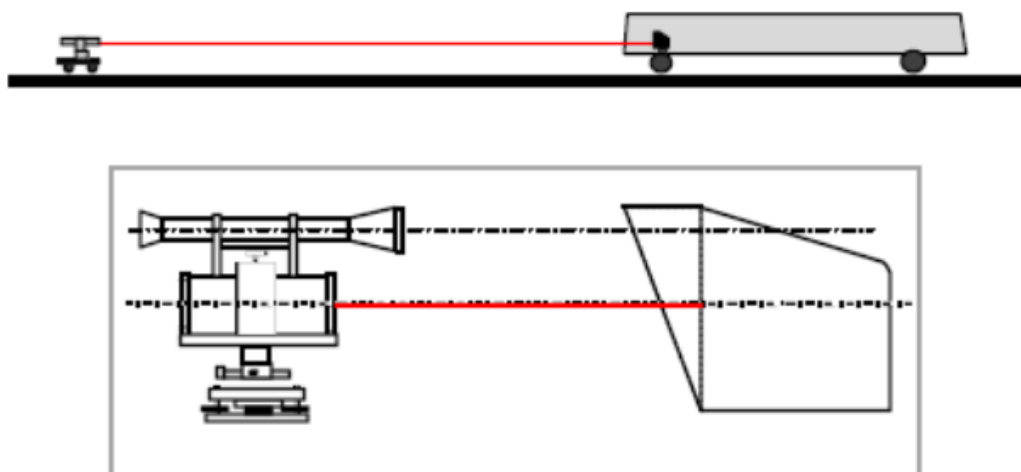
Před použitím této metody je zapotřebí výškové vytýčení řídicího pásu a zjištění potřebných zdvihů. Nastavení požadovaného zdvihu provádí obsluha předního stanoviště ASP. Hodnoty požadovaného zdvihu se napíší na prazce mezi kolejnicové pásy blíže k pásu převýšenému, zjišťují-li se výšky nivelací. Niveláčnické lanko se tak ve vyměřených bodech dostává do ideální polohy. Dnes už se tato metoda nepoužívá [10].

2.2.1.2. Pomocí optického přístroje a rádiového ovládání

Tato metoda vyžaduje výškové vytýčení koleje. Před strojem je na řídicím kolejnicovém pásu umístěno optické zařízení, jehož nitkový kříž je nasměrován na terčík spojený s nivelačním zařízením předního vozíku. Pracovník u optického zařízení zvedá nebo spouští terčík a nastavuje tak nivelační lanko do potřebné polohy. Pro tuto metodu je zapotřebí dobrá viditelnost. Výkon ASP navíc snižuje přenášení optického zařízení na další stanoviště. K zamezení příliš velkých zdvihů koleje musí být navíc v přední kabině člen osádky, který průběžně sleduje velikost zdvihu [9].

2.2.1.3. Pomocí laseru

Metoda využívá poznatků metody ovládání rádiem, liší se pouze použitím laserového vysílače, který se umístí před stroj namísto optického zařízení. Usměrněný paprsek je zaměřen na přijímač, který je spojený s nivelačním zařízením předního vozíku. Nivelační zařízení se automaticky přestavuje do roviny určené laserovým paprskem.



Obr. 2-4 Laserový přijímač a vysílač [13]

Po zaměření se v řídicí počítači nastaví požadovaný výškový posun v místě vozíku. Je nutno znát jeho vzdálenost od stroje, měří se ručním dálkoměrem s přesností 0,5 m. Výhodou tohoto systému je větší přesnost a možnost práce na větší vzdálenost (až 400 m). Taktéž není zatížen potřebnou viditelností, neboť mlha, déšť či sníh optický paprsek zeslabí, ale nemají vliv na jeho přesnost [13].

2.2.1.4. Navádění na data z APK

System pro měření absolutní polohy koleje, popsany v kapitole 3.2.5 Měřicí zařízení APK lze použít i pro technologické měření ke zjišťování údajů požadovaného zdvihu a směrového posunu pro ASP. Po zaměření prostorové polohy se porovnají naměřená data s projektovou dokumentací, z čehož vyplynou odchylky od projektované polohy koleje. Tyto odchylky předá správce prostorové polohy koleje obsluze ASP na médiu (disketa, USB flash disk) jako soubor obsahující potřebné posuny a zdvihy vztažené ke staničení dané koleje zároveň s projektovanou trasou s hlavními body (ZP, ZO, KO, KP, ZZO, KZO). Takto zadané údaje umožňují bez zásahu obsluhy úpravu směrového a výškového uspořádání koleje s nejvyšší přesností. Obsluha v přední kabině podbíječky pouze dohlíží na správnou činnost zařízení a provádí synchronizaci ujeté vzdálenosti v závislosti na poloze zajišťovacích značek [8].

2.2.2. Přesná metoda ve směrové úpravě

Přesná metoda spočívá v nastavení požadovaných hodnot posunu osy koleje tak, aby bylo dosaženo její projektované polohy. Při práci touto metodou je zapotřebí předem zjistit odchylky od projektované polohy koleje, případně je zjišťovat během práce. Obsluha stroje přestavuje přední konec tětivy ve smyslu zjištěné odchylky. Hodnoty mezi sousedními body, v nichž byly odchylky zjištěny, se spočítají interpolací. Před prací je nutno vypsát na pražce hlavní body (ZP, ZO, KO, KP) s potřebnými údaji. Nastavení předního směrovacího lanka lze dosáhnout několika způsoby [9].

2.2.2.1. Ručně

Při této metodě je zapotřebí zjistit geodeticky hodnoty požadovaných směrových posunů, nejčastěji metodou dlouhé tětivy, popsané v kapitole 3.2.2. Hodnoty posunu se píší na pražce k vnějšímu kolejnicovému pásu spolu s označením směru požadovaného posunu. Nastavení požadovaného posunu poté provádí obsluha ASP z předního stanoviště stroje [10].

2.2.2.2. Pomocí lanka

Této metody se využívalo dříve jen v případě, že kolej vykazovala pouze jednostranné směrové odchylky na velice krátkém úseku koleje, zpravidla 10 – 30 m. Oba konce lanka se přiloží k pojížděné hraně kolejnice a směrové odchylky se změří pravítkem. Změřené hodnoty se zapisují na pražce. Druhá možnost je napínat lanko od jedné zajišťovací značky ke druhé a měřit metrem polohu koleje od lanka. Porovnáním hodnot s předepsanou vzdáleností se dají spočítat odchylky koleje a ty zapsat na pražce. Musí být zajištěno maximální napnutí lanka,

aby byly nepřesnosti co nejmenší. Proto je tato metoda použitelná pouze na krátkých úsecích. Dnes se ale již tato metoda nepoužívá [10].

2.2.2.3. Pomocí optického přístroje a rádiového ovládání

Na předním vozíku, na kterém je umístěn přední konec tětivy, je umístěna záměrná tabulka, nejlépe nad řídicí kolejnicí. Před stroj (cca 40 – 80 m) se k pevné značce postaví optický zaměřovač, v tomto místě se zjistí hodnota a smysl odchylky koleje od požadované polohy. O tuto hodnotu se záměrný kříž optického zaměřovače posune od řídicí kolejnice. Operátor, pracující s vytyčovací optikou, sleduje záměrnou tabulku na předním vozíku ASP a udržuje její záměrný obrazec pomocí povelové radiové soupravy v nitkovém kříži dalekohledu. Přestavuje nahlášenou hodnotu na předním konci tětivy a nastavuje tak správný posuv. Optický přístroj se po podbití úseku přenesse a pokračuje se stejným způsobem až do dosažení posledního úseku (konec práce nebo pevná překážka), kdy se optický přístroj ustaví do skutečné polohy [9].

2.2.2.4. Pomocí naváděcího systému DLS

Navádění systémem DLS funguje na podobném principu jako při práci s optickým zaměřovačem. V přímé koleji, kde je vzepětí nulové, určuje chybu koleje v daném místě posun záměrné tabulky od jejího nulového bodu. V přechodnici a oblouku, kde se vzepětí mění, určuje poloha tabulky od jejího nulového bodu skutečné vzepětí. Okamžitou, teoretickou hodnotu vzepětí v jakémkoliv místě podbíjeného úseku stanoví počítač ze zadaných vstupních hodnot. Chyba koleje v daném místě směrově upravovaného úseku je rozdílem mezi skutečným vzepětím, zjištěným polohovým snímačem záměrné tabulky a vzepětím teoretickým, stanoveným počítačem. Tato hodnota je zavedena do směrovacího systému ASP [9].

2.2.2.5. Pomocí laseru

Tato metoda využívá obdobného způsobu jako při výškové úpravě. Před stroj se umístí v dostatečné vzdálenosti laserový vysílač, na stroji je pak přijímač. Vysílač vysílá laserový signál, který přijímač zachycuje a odvozuje se od něj i pohyb tětivy. Docílí se tak vyšší přesnosti než v případě použití optického přístroje [13].

2.2.2.6. Navádění na data z APK

Princip práce APK při zaměřování směrových odchylek je totožný se zaměřováním výškových odchylek popsanych v kapitole 2.2.1.4 Navádění na data z APK.

2.3. Použití metod

Podmínky použití jednotlivých metod navádění ASP stanovuje předpis SŽDC S3/1. V něm je uvedeno, že navádění ASP přesnou metodou je nutno použít vždy při úpravě kolejí s traťovou rychlostí vyšší než 120 km.h^{-1} a hlavních kolejních tratí. Dále je nutno použít přesné metody při úpravě koleje po čištění koleje, její rekonstrukci, po zřízení nového kolejového lože, při úpravě přečhodnic a vzestupnic dle Blossse, při úpravě výběhů k pevným bodům a překážkám, před zřízením bezstykové koleje a při překročení provozních odchylek prostorové polohy koleje od polohy projektované. Za přesnou metodu se nepovažuje použití optického přístroje či laseru bez předchozího vytýčení míst v souladu s technickou dokumentací.

V ostatních podmínkách lze použít i metody zmenšování chyb, rozhoduje o tom přednosta správy tratí příslušné SDC [4].

3. SROVNÁNÍ MĚŘÍCÍCH METOD GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ KOLEJE

3.1. Měření geometrického a konstrukčního uspořádání koleje

Měření a vyhodnocování parametrů geometrických parametrů koleje (dále jen GPK) vychází z faktu, že jsou měřeny jako skutečná geometrie koleje nebo jsou na ni přepočteny. To je dáno matematickým modelem, který zabezpečuje jednotkovou přenosovou funkci. Pro všechna rychlostní pásma je definováno hodnocení provozních a mezních provozních odchylek GPK. Provozní odchylka je odchylka od projektované nebo předepsané hodnoty geometrické veličiny na provozované trati, definovaná ve dvou stupních:

- a) AL – mez sledování: popisuje hodnotu, při jejím překročení je třeba GPK posoudit a vzít v úvahu při plánování udržovacích prací
- b) IL – mez zásahu (opravy): při jejím překročení je třeba provést udržovací práce tak, aby při příští kontrole nedošlo k překročení mezní provozní odchylky

Mezní provozní odchylka je odchylka od projektované nebo předepsané hodnoty geometrické veličiny na provozované trati, která nesmí být překročná. Je definována jako:

- a) IAL – mez bezodkladného zásahu: po jejím překročení se musí provést bezodkladné opatření k zajištění bezpečnosti provozu

V případě přejímky prací se jedná o mezní stavební odchylky geometrických veličin definovaných podle provedeného rozsahu stavebních prací a použitého materiálu:

- a) Mezní stavební odchylky při přejímce prací s vložením nového materiálu (i zánovního)
- b) Mezní stavební odchylky při přejímce prací s vložením užitého (i regenerovaného) materiálu
- c) Mezní stavební odchylky při přejímce ostatních prací

Pro zjednodušení definuje norma ČSN 73 6360-2 čtyři základní geometrické veličiny rozdělené do dvou skupin:

- a) GUK (geometrické uspořádání koleje) – směr koleje (SK) a podélná výška koleje (VK)
- b) KUK (konstrukční uspořádání koleje) – rozchod koleje (RK) a převýšení (PK) [1], [2]

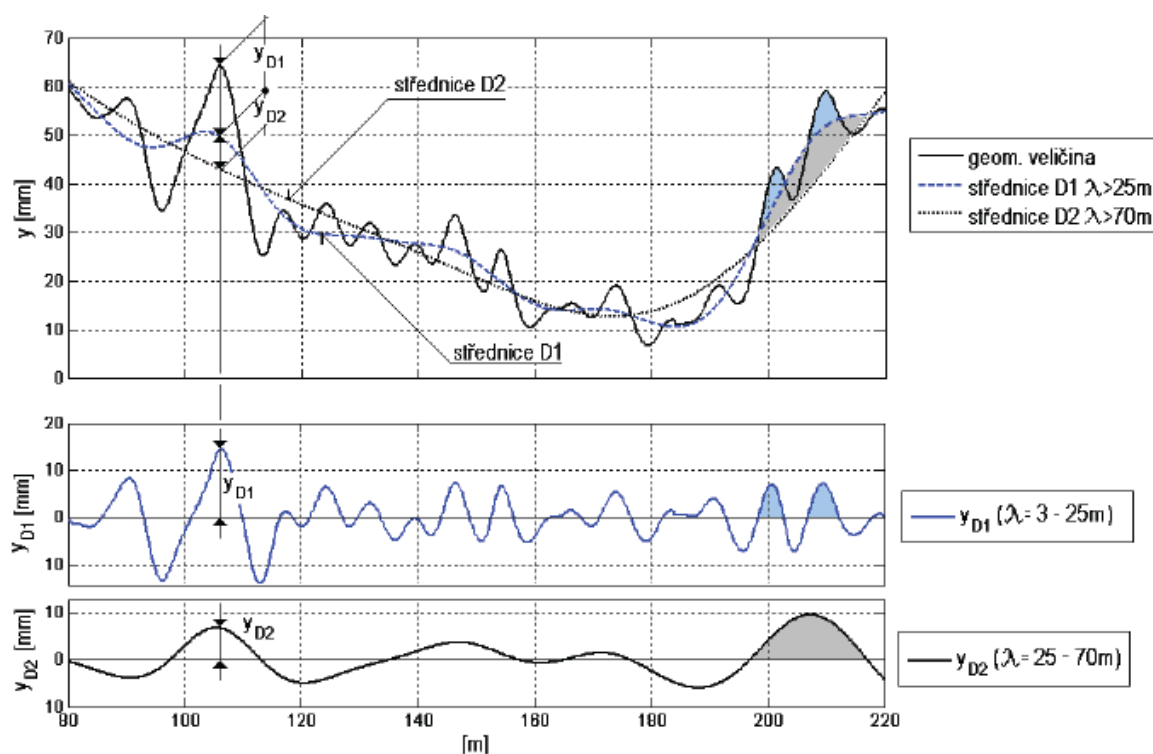
3.1.1. Geometrické uspořádání koleje

Veličinami geometrického uspořádání koleje jsou směr koleje a její podélná výška. Geometrie jízdní dráhy kolejových vozidel je obecně dána prostorovými křivkami. Veličiny GUK nelze měřit přímo a odchylky těchto veličin jsou relativní, vztažené ke střednici geometrické veličiny. Střednice geometrické veličiny je ve skutečné geometrii myšlená jako průběh hodnot, které by vznikly filtrací geometrické veličiny měřené v celém vlnovém

rozsahu $\lambda = 1 \div \infty$ m dolnofrekvenční propustí s hraniční hodnotou 25 m pro rozsah vlnových délek D1 a s hraniční hodnotou 70 m pro rozsah D2. Tyto křivky vytvářejí nulové čáry pro dynamické geometrické veličiny, od nichž jsou hodnoceny lokální základy a jsou k nim vztaženy veškeré odchylky (stavební, provozní, mezní provozní) [2].

Vyhodnocení probíhá ve vlnových pásmech:

Označení	popis	vlnové pásmo	rychlostní pásmo
SL, SP	Směr levého a pravého KP	D1: $3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$	RP0 až RP5
SK	Směr koleje v ose	D2: $25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$	RP3 až RP5
VL, VP	Podélná výška LKP a PKP	D1: $3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$	RP0 až RP5
VK	Podélná výška koleje v ose	D2: $25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$	RP3 až RP5



Obr. 3-1 Relativní odchylky v podélné výšce a směru koleje ve vlnových pásmech D1, D2 [2]

3.1.2. Konstrukční uspořádání koleje

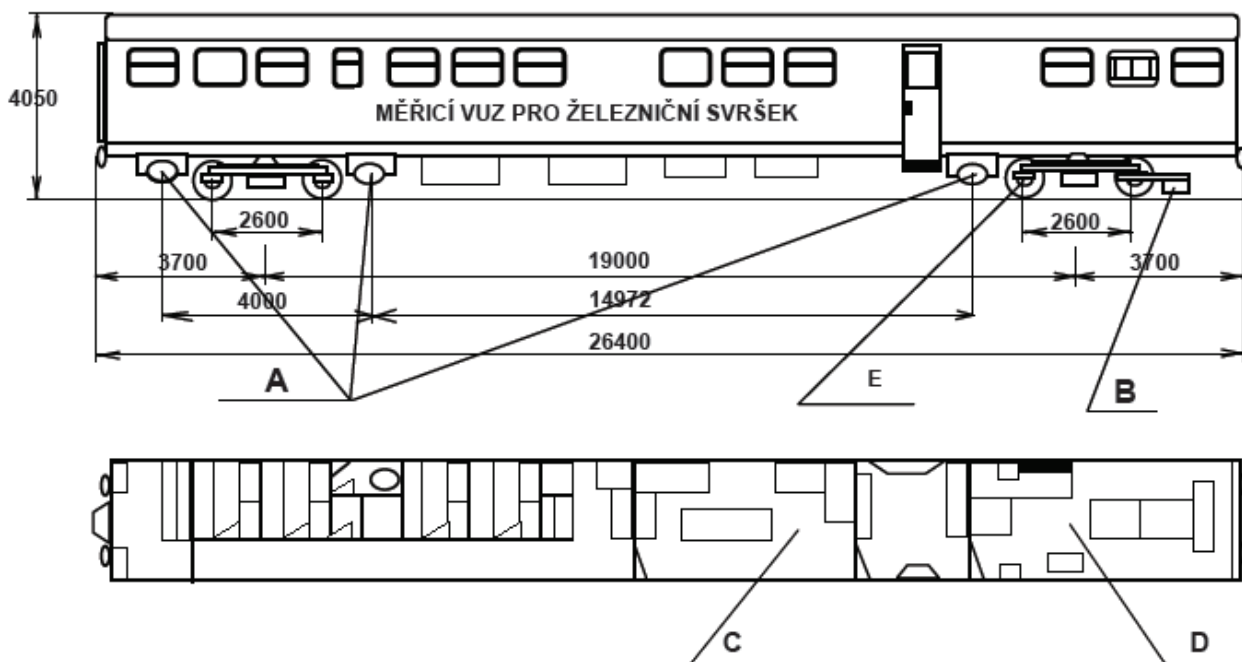
Veličinami KUK se rozumí rozchod koleje a vzájemná výšková poloha kolejnicových pásů. Tyto veličiny přímo měřitelné jako skutečná geometrie (přenosová funkce se rovná jedné) v celém rozsahu vlnových délek $\lambda = 1 \div \infty$ m. Z těchto veličin lze odvodit zborcení koleje (ZK), které se vypočítává z převýšení koleje (PK) a změna rozchodu na 2 m délky koleje (ZR), která se vypočítává z rozchodu koleje (RK) [2].

3.1.3. Měřicí vůz železničního svršku

Měřicí vůz je diagnostický prostředek vyvinutý Výzkumným ústavem železničním, o.z. (VUZ) a Technickou ústřednou dopravní cesty (TÚDC). Byl postaven na železničním vagoně řady Bymee, na který byly nainstalovány jednotlivé měřicí systémy, které hodnotí rozhodující parametry geometrické polohy koleje.

Technické údaje:

délka přes nárazníky:	26400 mm
vzdálenost otočných čepů:	19000 mm
jmenovitá hmotnost:	43245 kg
max. hmotnost na nápravu:	12500 kg
max. přepravní rychlost:	160 km.h ⁻¹
měřicí rychlost:	40 ÷ 160 km.h ⁻¹
maximální využitelný nedostatek převýšení:	130 mm
minimální jmenovitý poloměr oblouku koleje při měření:	190 m
minimální jmenovitý průjezdný poloměr oblouku:	150 m
maximální převýšení:	200 mm
rozmezí pracovních teplot:	-10 °C až +35 °C



Obr. 3-2 Uspořádání měřícího vozu a hlavních částí měřícího systému

- A snímací jednotky tětívového systému měřených parametrů GPK
- B snímací jednotka příčného profilu kolejnic
- C společenská místnost s monitory pro sledování výsledků měření GPK
- D prostor s vyhodnocovací a ovládací technikou a tiskárnami výstupních sestav
- E snímače vertikálního povrchu kolejnic (CMS)

Zaznamenávání jednotlivých parametrů systém exportuje ve vzorkovacím intervalu 0,25 m. Jsou to **parametry**:

SL, SP	Směr koleje levého a pravého kolejnicového pásu ve vlnovém pásmu D1
SK	Směr koleje v ose koleje ve vlnovém pásmu D2
VL, VP	Podélná výška koleje levého a pravého kolejnicového pásu ve vlnovém pásmu D1
VK	Podélná výška v ose koleje ve vlnovém pásmu D2
PK	Převýšení koleje celkové
PKD	Převýšení koleje dynamické
PKQ	Převýšení koleje kvazistatické
RK	Celkový rozchod koleje
RKD	Rozchod koleje dynamický
KK _s	Křivost koleje
Kn	Celková křivost koleje

Tyto parametry vyhodnocuje čtveřice měřicích systémů TMS, CMS, ORIAN a HOST [3].

3.1.3.1. Systém TMS (track measuring system)

Systém TMS využívá principu inerční metody, tzn. ve využití Newtonových zákonů síly a setrvačnosti, které vyhodnocuje jako:

- a) dynamické veličiny - podélná výška koleje, dynamická převýšení, směr koleje, dynamická složka rozchodu, zborcení s volitelnou délkou základny
- b) kvazistatické veličiny – křivost, převýšení, rozchod

Pro realizaci systém využívá snímačů zrychlení, úhlové rychlosti a indukčních snímačů posunutí, pro vyhodnocení rozchodu laserový nekontaktní systém. Ujetou dráhu snímá inkrementální snímač z jedné osy dvojkolí měřícího podvozku. Data se snímají v reálném čase, operace jednotlivých snímačů (integrace zrychlení, filtrace, korekce a opravy fáze) je prováděna palubním počítačem MV. Aby bylo dosaženo co nejvyšší přesnosti snímání dráhy

vozu, osazují se na začátku a na konci definičních úseků přenosné magnetické značky, které umožňují automatickou korekci dráhy [3], [11].

3.1.3.2. Systém CMS (*corrugation measurement system*)

Tento systém je určen pro orientační měření vertikální mikrogeometrie hlavy kolejnice a k lokalizaci vadných svarů a styků včetně zahrnutí nerovností povrchu kolejnice ve vlnové délce 0,03 m až 3,0 m. Princip je založen na měření vertikální složky zrychlení ložiskových domků dvojkolí měřicího podvozku. Systém CMS převádí signál na vlastní geometrii a přepočítává směrodatné odchylky na srovnávací úroveň rychlosti, při níž se měří. Výstupní data ze systému CMS jsou:

- a) vlna 0,03 – 0,3 m – zrychlení krátké, geometrie krátká a svary krátké v obou kolejnicových pásech
- b) vlna 0,3 – 3,0 m – styky dlouhé v levém i pravém kolejnicovém pásu

Přesnost těchto dat je pouze v desítkách procent, je to však jediná použitelná metoda na MV [3], [11].

3.1.3.3. Systém ORIAN (*optical rail inspection and analysis system*)

Je určen pro měření příčného profilu kolejnic. Pracuje na principu světelných řezů vytvořených laserovým zdrojem světla, který je snímán CCD kamerami. Zaměřené profily jsou během jízdy zobrazovány na monitoru a jsou posuzovány odchylky tvaru kolejnice (boční a svislé ojetí, sklon osy kolejnice od základny systému a převalky). V místě snímaných profilů je vyhodnocen rozchod 14 mm pod temenem kolejnice. Systém na základě předem zadaných parametrů o kolejnici (pracuje s UIC60, R65, S49 a A) vyhodnocuje překročené mezní hodnoty a zobrazuje na monitoru aktuální tvary kolejnic [3], [11].

3.1.3.4. Systém HOST (*hodnocení stavu koleje*)

Tento systém má za úkol spolupracovat s předchozími systémy a zpracovávat jejich výstupy do metodiky hodnocení u SŽDC. Tiskne grafickou sestavu všech požadovaných parametrů a výskyt okamžitých závad. Dále ukládá data parametrů GPK ve vzorkovacích intervalech po 0,25 m. Součástí systému HOST je i systém pro posuzování odezvy vozidla (VRA), který ze změřené geometrie systémem TMS počítá odezvu vybraného vozidla. Jako vstupní veličiny využívá signál směru, rozchodu, podélné výšky a převýšení. Výstupem jsou síly Q a Y a svislé a vodorovné zrychlení skříně vozu. Vůz je dále vybaven videokamerou, která snímá v průběhu jízdy barevný obraz tratě, který ukládá.

Celkovým výstupem z měřicího vozu jsou následující sestavy:

- a) tištěný graf GPK a SDO mikrometrie kolejnic
- b) tištěný přehled okamžitých závad a úsekové hodnocení
- c) tištěný přehled závad příčného profilu kolejnic
- d) videozáznam měřené tratě [3], [11]

3.1.3.5. Metodika hodnocení

Hodnocení dat z měřicího vozu vychází z posouzení okamžitých odchylek v identifikovatelném místě koleje stanovením překročení mezní hladiny pro příslušné rychlostní pásmo. Hodnocení je realizováno pomocí statistického zpracování směrodatnými odchylkami, pro délky úseků 200m a 1000 m v intervalech vzorkování 0,25 m. Hodnocení probíhá ve dvou fázích:

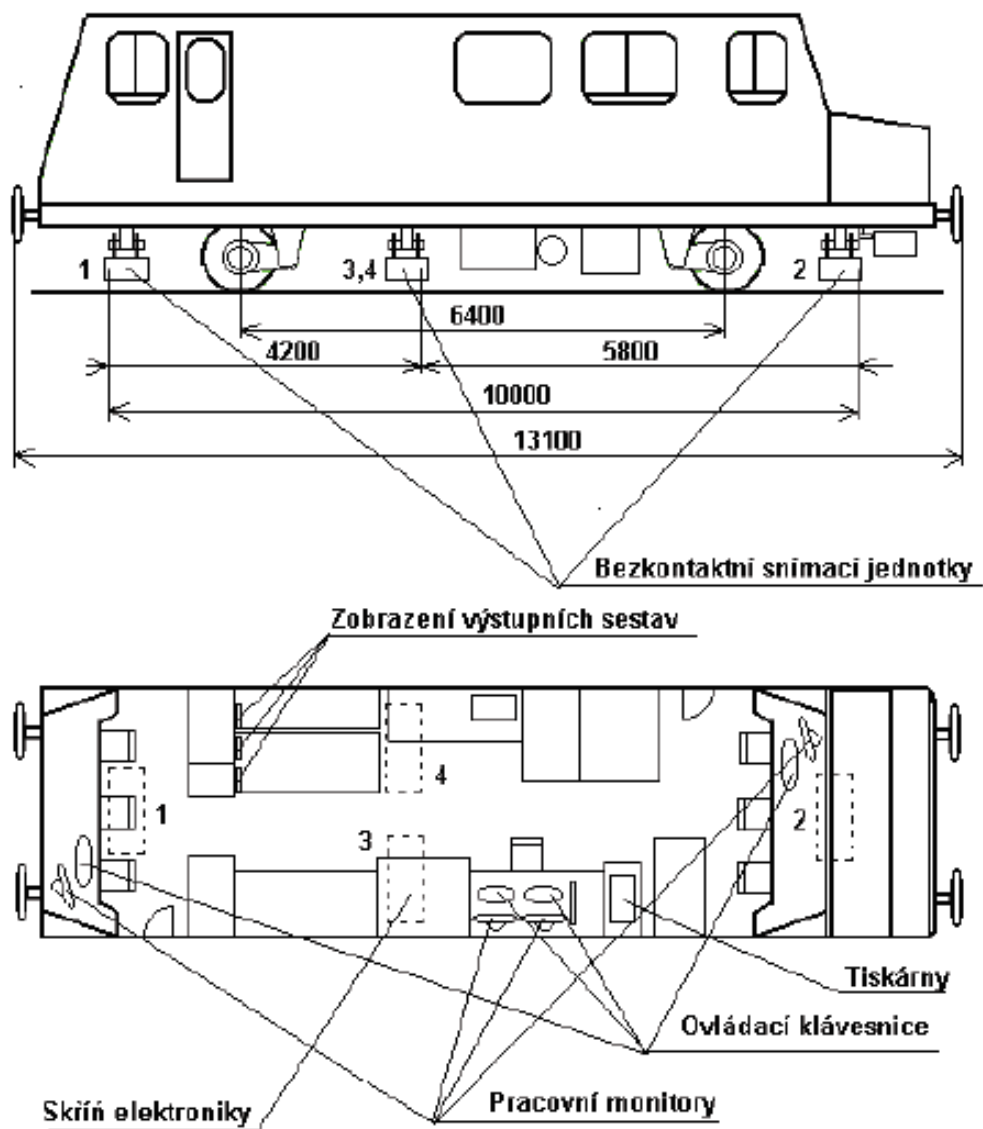
- a) okamžité hodnocení – v něm jsou posuzovány lokální závady měřených veličin GPK ve dvou úrovních. Úroveň 1 (údržba) vychází ze stavebních odchylek příslušné veličiny koleje, které nemají být za provozu překročeny. Úroveň 2 (bezpečnost provozu) vychází ze stavebních odchylek, které nesmí být za provozu překročeny. Každá lokální závada je vyznačena kilometrickou polohou, délkou závady a úrovní překročení závady.
- b) úsekové hodnocení – je statistické zpracování úseku po 200 a 1000 m, který je vyjádřen tzv. známkou kvality. Ta je počítána z jednotlivých směrodatných odchylek, přičemž je přihlédnuto k závažnosti jednotlivých parametrů. Znamky kvality jsou zaznamenávány na přenosné médium se všemi informacemi identifikujícími měřenou trať [3].

3.1.4. Měřicí drezína

Měřicí drezína je podobně jako měřicí vůz diagnostický prostředek určený k vyhodnocování rozhodujících parametrů GPK (rozchod, směr, převýšení, podélná výška obou kolejnicových pásů a zborcení na volitelné základně). Je to dvounápravový traťový stroj lehké stavby s jednou hnací nápravou. Měřicí zařízení tvoří tři podvozky, které jsou připojené k ložiskovým domkům náprav.

Technické údaje:

délka přes nárazníky:	13100 mm
rozvor náprav:	6400 mm
max. hmotnost na nápravu:	16 t
rychlost při přepravě:	80 km.h ⁻¹
měřicí rychlost:	10 ÷ 80 km.h ⁻¹
min. jmenovitý poloměr oblouku koleje při měření:	150 m
při omezené rychlosti:	100 m
směr měření v obou směrech	
pracovní teplota:	- 5 °C ÷ + 45 °C



Obr. 3-3 Nákres měřicí drezíny [3]

Měřené parametry:

SL, SP	Směr koleje levého a pravého kolejnicového pásu ve vlnovém pásmu D1
VL, VP	Podélná výška koleje levého a pravého kolejnicového pásu ve vlnovém pásmu D1
PK	Převýšení koleje celkové
PKD	Převýšení koleje dynamické
PKQ	Převýšení koleje kvazistatické
RK	Celkový rozchod koleje
RKD	Rozchod koleje dynamický
KKQ	Křivost koleje [3], [11]

3.1.4.1. Princip měření

Měřicí drezína pracuje na principu mechanického snímání GPK s elektrickým přenosem a zpracováním dat v palubním počítači. Převod je zajištěn lineárními indukčnostními převodníky, dráha je snímána inkrementálním čidlem z osy podvozku drezíny. Převýšení vyhodnocují snímače úhlové rychlosti a snímače zrychlení umístěné na rámu drezíny. Měřicí dvojkolí jednotlivých vozíků snímá tříbodově polohu snímacích kol, na základě čehož je vyhodnocen směr koleje a rozchod koleje. Podélná výška je snímána dvěma koly měřících vozíků a pojezdového kola drezíny. Zborcení se počítá automaticky z hodnot převýšení kolejnicových pásů.

Výstupem z MD je grafický záznam průběhů změn GPK a tištěný přehled okamžitého a úsekového hodnocení. Tvar výstupních sestav je totožný s výstupními sestavami z MV stejně jako metodika hodnocení [3], [11].

3.1.5. Měřicí vozík Krab

Měřicí vozík Krab je určen pro měření geometrických veličin tratí libovolného rozchodu. Na rozdíl od měřícího vozu a měřící drezíny neměří data pod zatížením, jeho hmotnost je pouhých 65 kg. Skládá se z trojúhelníkového podvozku, který nese teleskopickou měřící osu.

Technické údaje:

Hmotnost:	63kg (verze light 34 kg)
Teplota pracovního prostředí:	-5 ÷ 55°C
Rychlost měření:	8 km·h ⁻¹ , rozšířená verze až 15 km·h ⁻¹
Rozchod:	750 ÷ 1668 mm



Obr. 3-4 Měřicí vozík Krab

Měřicí vozík Krab obsahuje šest kontaktních snímačů, které elektronickým přenosem zaznamenávají tyto **veličiny**:

SL, SP Směr koleje levého a pravého kolejnicového pásu ve vlnovém pásmu D1

VL, VP Podélná výška koleje levého a pravého kolejnicového pásu ve vlnovém pásmu D1

PK Převýšení koleje celkové

PKD Převýšení koleje dynamické

PKQ Převýšení koleje kvazistatické

RK Celkový rozchod koleje

RKD Rozchod koleje dynamický

KKQ Křivost koleje

Krab se využívá při přejímkách stavebních prací, pro měření regionálních drah, staničních kolejí, vleček apod. Stejně tak se používá jako záznamové a řídicí zařízení ASP [14].

3.1.5.1. Princip měření

System zaznamenává měřené veličiny v kroku 0,25 m, které pak následně vyhodnocuje ve vlnovém pásmu D1 ($3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$) a D2 ($25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$). V případě měření podélného sklonu je horní hranice vlnového pásma vertikálního profilu trati až 150 m. Program je též schopen vypočítat vzepětí směru a výšky na libovolné délce tětivy (do 50 m). Měřená data jsou zapisována do paměti, program průběžně provádí kontrolu, v případě překročení dovolených geometrických odchylek akusticky případně opticky upozorní. Lze i ručně přidávat informace např. o zbahněném místě, prasklém pražci, stejně jako ručně upravovat kilometráž. Po měření se data přenáší pomocí kabelu do počítače. Výstupem pak jsou:

- Graf geometrických veličin
- Tabulka úsekového hodnocení (směrodatné odchyly / známky kvality)
- Tabulka lokálních závad – výpis překročení dovolených mezí [14]

3.1.6. Elektronické, mechanické, ruční rozchodky

Rozchodky kontaktně snímají veličiny KUK (kontinuální rozchod koleje a převýšení). Elektronické rozchodky (např. RPR-E, EPR-E apod.) umožňují elektronický přenos a záznam dat, z nichž lze vyhodnotit na měřičské základně zborcení a změnu rozchodu. Totéž lze učinit i s rozchodkami mechanickými. Ruční rozchodky měří rozchod koleje pouze bodově, zborcení a změna rozchodu se vyhodnocuje rozdíly hodnot rozchodu na měřičské základně [2].

3.1.7. Použití metod a srovnání přesností

Kontinuální měření měřícím vozem nebo měřící drezínou je nutno uskutečnit vždy před uvedením stavby do zkušebního provozu v rámci TBZ. Při převímce prací v kolejích zařazených do RP3 je vyžadováno hodnocení měřícím vozem ve vlnové délce D2, neboť žádné jiné zařízení není schopno tyto údaje poskytnout. Jenom tak se prokáže, že byly při práci dodrženy mezní stavební odchyly SK a VK i ve vlnové délce D2.

Záznamovým zařízením (Krab, měřící zařízení ASP) se používá v rámci TBZ pro uvedení koleje do zkušebního provozu ve smyslu vyhlášky 177/1995 Sb., Vyhláška taktéž stanovuje plány a organizaci měření v následujících intervalech:

- pro rychlost vyšší než 120 km.h⁻¹ každé 4 měsíce
- pro rychlost 60-120 km.h⁻¹ každých 6 měsíců
- pro rychlost do 60 km.h⁻¹ každých 12 měsíců

U ostatních dopravních kolejí se provádí měření každých 12 měsíců, obvykle vozíkem Krab či pojízdnými rozchodkami. Přesnost výše uvedených diagnostických prostředků zobrazuje následující tabulka [2], [3], [14].

Zařízení	SL, SP D1	SK D2	VL, VP D1	VK D2	PK	RK
MVŽS	±0,3 mm	±0,5 mm	±0,3 mm	±0,5 mm	±0,3 mm	±0,2 mm
MD	±0,3 mm		±0,3 mm		±0,3 mm	±0,2 mm
Krab	±1,0 mm		±1,0 mm		±1,0 mm	
Pojízdná rozchodka RPR-E					±0,7 mm	±0,6 mm

Tab. 3-1 Srovnání přesností zařízení na měření GUK a KUK

3.2. Měření prostorové polohy koleje

3.2.1. Prostorová poloha koleje a její zajištění

3.2.1.1. Prostorová poloha koleje

Prostorová poloha koleje (dále PPK) je množina bodů osy koleje jednoznačně určených v projektu polohopisnými souřadnicemi a nadmořskou výškou. Jsou-li prostorové parametry vztaženy k platnému geodetickému (polohovému i výškovému) referenčnímu systému, hovoříme o absolutní prostorové poloze koleje. V České republice se používá souřadný polohový systém S-JTSK (jednotné trigonometrické síť katastrální) a výškový systém Bpv (Baltický po vyrovnání). S-JTSK je nejpoužívanější systém pro určení polohy závazný pro všechna státní mapová díla v ČR, jeho rovinné souřadnice se zapisují body Y, X, kdy osa X je orientována k jihu a osa Y na západ. Systém Bpv je dnes jediným závazným geodetickým systémem pro určení výšky v ČR [5].

3.2.1.2. Zajištění prostorové polohy koleje

Zajištění PPK je souhrn opatření umožňujících kdykoliv vytyčit PPK ve stanovené přesnosti danou normami a porovnat ji se stávající polohou koleje. Využívá se pro projekční a kontrolní účely a pro navádění traťových strojů při směrové a výškové úpravě koleje. Zajištění PPK se uskutečňuje:

- a) geodetickým kontinuálním měřením – terestrické metody a metody GNSS
- b) zajištěním polohy osy koleje a výšky nivelety temene nepřevýšeného kolejnícového pásu na zajišťovací značky [5]

3.2.1.3. Zajišťovací značky

Prostorová poloha musí být vztažena k zajišťovacím značkám, jejichž vzájemnou polohu a výšku stanovuje projektová dokumentace. Zajišťovací značky jsou podkladem jak pro provedení a převzetí stavby, tak pro kontrolu prostorové polohy koleje během železničního provozu. Na tratích SŽDC se používají tyto zajišťovací značky:

- a) sloupková (ŽB sloupek) – používá se pouze do doby zřízení nového zajištění prostorové polohy koleje a pro potřeby údržby takto zřízené koleje. Sestává se z ŽB sloupku umístěného svisle v betonovém základu.
- b) konzolová – je tvořena konzolovou značkou stabilně uchycenou na vhodném nosném podkladu (typicky stožár trakčního vedení, kovový sloupek, konstrukce mostu apod.).

V horní ploše konzoly je vyvrtaný svislý otvor, který tvoří měřičský znak. Konzolová značka je doplněna štítkem obsahujícím popis základních parametrů zajištění koleje.

- c) hřebová – osazuje se do betonových základů stožáru na elektrifikovaných tratích. Je umístována taktéž v železničních stanicích a zastávkách do nástupišť, do parapetů mostů apod. Tvoří ji hřeb z kovu, jehož podélná osa je svisle orientována a v jehož nejvyšším místě je vyvrtán otvor nebo vypilovaný kříž plnící funkci měřičského znaku [5].

3.2.1.4. Zajišťovací míry

Zajištění PPK je dáno zajištěním polohy osy koleje a výšky nivelety temene nepřevýšeného kolejnicového pásu na polohově a výškově zaměřenou zajišťovací značku. Vodorovná vzdálenost mezi osou koleje a zajišťovací značkou (o) je dána vodorovnou kolmou vzdáleností osy koleje od zajišťovací značky v jejich půdorysném průmětu. Je-li hodnota kladná, nachází se značka vpravo od koleje ve směru staničení. Je-li hodnota záporná, zajišťovací značka se nachází vlevo. Rozdíl výšek projektované nivelety temene kolejnicového pásu a zajišťovací značky (v) je vždy vypočten jako výška zajišťovací značky mínus výška nivelety koleje. Zajišťovací značky jsou vzdáleny od osy koleje 3 – 10 m (se souhlasem stavební správy 2,6 m). Výškový znak má být pokud možno 50 mm nad projektovaným temenem převýšeného kolejnicového pásu [5].

3.2.1.5. Správa prostorové polohy koleje

K tomu, aby bylo možné udržovat vysokou přesnost geodetického zaměření, zajištění prostorové polohy koleje a spravovat data PPK je určen správce parametrů prostorové polohy koleje (SPPK). Tím je na tratích SŽDC organizační jednotka SŽG (Správa železniční geodezie). Správce prostorové polohy koleje:

- a) spravuje a poskytuje jednotné geodetické podklady pro zaměření a kontrolní určení PPK a jejího zajištění,
- b) stanovuje technologie zaměření a výpočtu PPK, včetně jejího zajištění,
- c) stanovuje geodetický referenční systém a způsob transformace souřadnic,
- d) stanovuje alternativní řešení nebo úpravy postupů pro kontrolu PPK a údržbu jejího zajištění (stanovených v projektové dokumentaci) a to na základě změn v geodetických podkladech, vývoje měřických technologií a jiných změn, které se během provozu systému zajištění PPK vyskytnou,

- e) provádí pro objednatele stavby kontrolní měření, kontroluje veškerou dokumentaci týkající se geodetického zaměření a výpočtu PPK a jejího zajištění, její úplnost, formální úpravu dat a ověřuje dosažené přesnosti,
- f) přebírá data od objednatele pro centrální správu a pro výpočet referenčního stavu PPK,
- g) poskytuje data týkající se referenčního stavu PPK a jejího zajištění,
- h) zabezpečuje měřické práce související s údržbou systému zajištění a periodickou kontrolou PPK [5].

3.2.2. Relativní měření (metoda dlouhé tětivy)

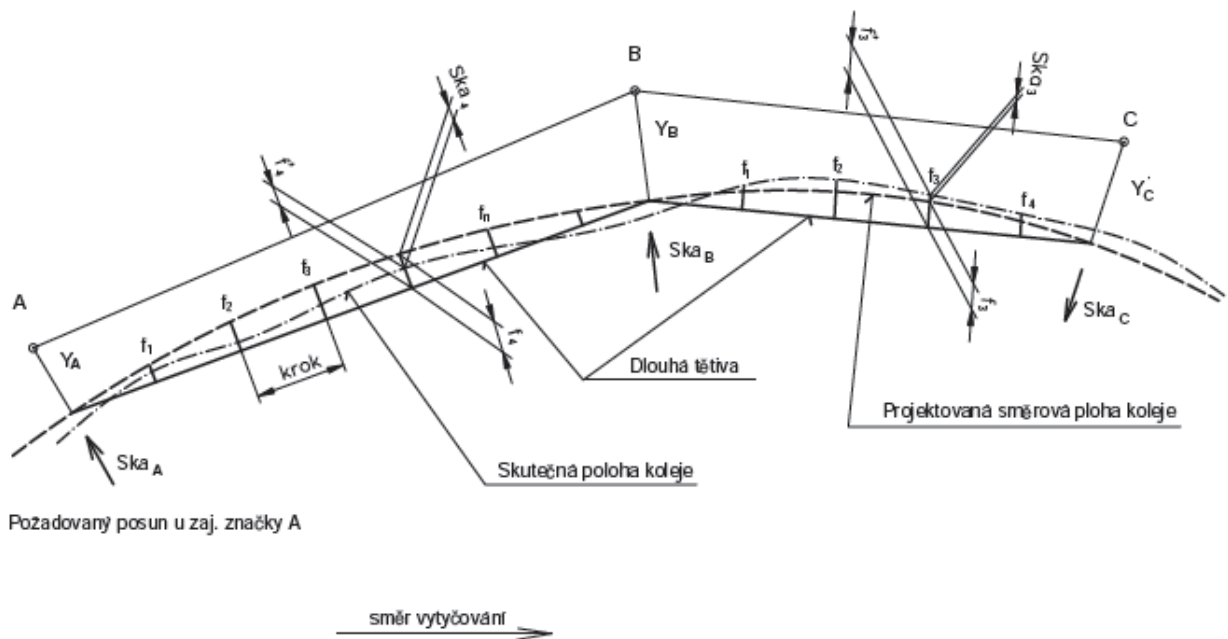
Metoda dlouhé tětivy se využívá především ke směrovému vytyčení nepřímých úseků. Spočívá ve vytyčení podrobných bodů oblouku pravoúhlými souřadnicemi od tětivy spojující body projektované osy v místech při zajišťovacích značkách. Aby ji bylo možno použít, je nutno znát tyto hodnoty:

- vzdálenosti osy koleje od zajišťovacích značek Y_A ; Y_B (respektive Y_C) na začátku a konci dlouhé tětivy,
- místa vytyčení podrobných bodů oblouku, tj. podélné vzdálenosti dvou sousedních podrobných bodů oblouku (délka kroku),
- pořadnice (vzepětí) nad dlouhou tětivou v místech vytyčení podrobných bodů oblouku, které je nutno vypočítat, respektive které jsou u rekonstrukcí železničního svršku součástí projektu [5].

3.2.2.1. Vytyčování dlouhé tětivy

Z počáteční zajišťovací značky se spustí kolmice na tečnu k ose koleje, ve vzdálenosti „ Y_A “ na této kolmici od zajišťovací značky se nachází bod Ska_A projektované osy koleje. Totéž se provede i u koncové zajišťovací značky, kde se nachází bod Ska_B . Spojením těchto bodů vznikne tzv. dlouhá tětiva, ta se ustaví do projektované polohy a vyznačí se místa měření v požadované délce kroku (volí se zpravidla 5 m). Vzepětí dané projektem f_x se porovná ve vyznačených místech se skutečným vzepětím f'_x , jejich rozdíl pak činí příčný posun koleje Ska_x . Dlouhá tětiva se realizuje:

- a) mechanicky pomocí napínaného lanka s vyznačenými místy měření vzepětí
- b) opticky pomocí teodolitu
- c) paprskem laseru [5]



Obr. 3-5 Metoda dlouhé tětivy [5]

3.2.2.2. Měření metodou dlouhé tětivy

V praxi se dlouhá tětíva realizuje zpravidla laserovým paprskem. Na vozíku ASP opatřeném senzory se odečítají hodnoty pořadnic a kolmic, jejichž výsledkem jsou posuny a zdvihy měřené osy koleje od projektované polohy koleje. Polohově jsou dané hodnotou staničení.

Nejnámějším zařízením, pracujícím na principu metody dlouhé tětivy je měřicí vozidlo EM-SAT společnosti Plasser & Theurer.



Obr. 3-6 Měřicí vozidlo EM-SAT

Jeho výhodou je vysoká přesnost a rychlost měření. Je však závislá na kvalitě zajišťovacích značek, jejichž přesností je celé měření ovlivněné. U nás se EM-SAT kvůli nepřesnostem zajišťovacích značek neosvědčil, nicméně je nasazován u německých a rakouských drah, kde je homogenitě sítě zajišťovacích značek věnována patřičná pozornost.

Na tratích SŽDC se dříve využívalo měřicího zařízení ROLAS (rotační laser), které bylo ale postupně nahrazeno měřením v absolutním souřadném systému systémem APK [8].

3.2.3. Měření s použitím GPS

Použití technologie GPS má jistou výhodu v nezávislosti na zajišťovacích značkách a vysokou výkonnost měření a možnost měření za provozu vlakové dopravy. Umožňuje on-line zobrazení měřeného stavu. Z automatizovaných systémů používajících technologii GPS je především systém GNBAHN využívaný např. v Německu. Používá se k řízení při výstavbě koleje a její rekonstrukci, k vytýčení tras, k získání požadované prostorové polohy a k vytváření digitální databáze tras (GuSDE). Systém je tvořen vozíkem měřícím rozchod a převýšení vybaveným vysoce přesnou GPS. Systém umožňuje navíc korekce souřadnic pomocí dat z veřejné nebo místní referenční stanice, souřadnice lze transformovat do různých souřadnicových systémů (DB_REF, GNTRANS). Přesnost systému činí určování polohy 5 – 10 mm, v určování výšky 10 – 15 mm. Tento systém byl začleněn i do měřicího vozidla EM-SAT pro měření dlouhé tětivy [8].

3.2.4. Měření v absolutním souřadném systému

Měření v absolutním souřadném systému je geodetická metoda určení polohy a výšky bodu v ose koleje opírající se o platný souřadný systém. Vychází se z ověřených bodů vytyčovací sítě, výsledkem jsou souřadnice a výšky bodů měřené osy koleje. Změřený skutečný stav lze porovnat s body projektované osy, jejich rozdíly pak činí směrové a výškové odchylky od projektované prostorové polohy koleje. Metody měření se dají shrnout do dvou kategorií – ruční a automatizované měření [5].

3.2.4.1. Ruční měření

Při ručním měření je na kolej přikládána rozchodka, opatřená odrazným hranolem. Rozchodka měří rozchod koleje a její převýšení. Hranol je zaměřován totální stanicí, v případě potřeby přesnějšího určení výšky je výška určována nivelací. Výpočet souřadnic osy koleje se provádí po ukončení měření přepočtem vzdáleností, směrových a výškových úhlů pomocí počítače s potřebným softwarem.

3.2.4.2. *Automatizované měření*

Automatizované měření pracuje na stejném principu jako měření ruční, využívá ale pojízdné rozchodky, která je sledována robotizovanou totální stanicí. Rozchodka vysílá data o rozchodu a převýšení on-line do řídicího počítače, který okamžitě vypočítává odchylky koleje od projektovaného stavu. Touto metodou pracuje např. systém GRP 3000 švýcarské firmy Leica, stejně tak jako měřicí zařízení APK české výroby [8].

3.2.5. **Měřicí zařízení APK**

3.2.5.1. *Účel a vývoj APK*

Od roku 1992 platí na tratích SŽDC, (dříve ČD) povinnost provádět veškeré práce v souřadném systému. Na území České republiky se používá polohový souřadný systém S-JTSK a výškový systém Bpv. S touto povinností bylo zapotřebí vyvinout a uvést do provozu takové měřicí a diagnostické prostředky, které by byly schopny zajistit správné provedení stavebních prací, stejně tak i jejich kontrolu. V zahraničí se v tu dobu používal systém EM-SAT, jeho pořízení bylo ale pro SŽDC, z ekonomických důvodů nereálné, u organizační jednotky TÚDC (dříve TÚČD) se využíval zastaralý systém ROLAS. Ten bylo ale zapotřebí vzhledem k rostoucím požadavkům na kontrolu polohy prostorové polohy koleje zejména na stavbách železničních koridorů nahradit modernějším zařízením. Jeho vývojem bylo pověřeno TÚDC ve spolupráci se SŽG Olomouc. Výsledkem spolupráce se stalo měřicí zařízení pro měření absolutní polohy koleje APK-1, které bylo od roku 2005 nasazeno do trvalého provozu. Od té doby prošlo několika vývojovými stupni, v současné době se hojně využívá třetí řada – APK-3 vyvíjená ostravskou firmou Geotel.



Obr. 3-7 Měřicí systém APK-1

3.2.5.2. *Popis systému APK*

System pro měření prostorové polohy koleje APK-3 se skládá ze dvou součástí – měřícího vozíku a robotizované totální stanice [6], [8].

Měřící vozík GG-03

První generace APK byla založena na vozíku KRAB-LIGHT, současná verze je postavena na rámu vlastní konstrukce. Vozík se skládá z vlastního kovového rámu spočívajícího na třech kolech, na němž je umístěna tyč délky 1 m s odrazným hranolem. Vozík je nadále vybaven bezdrátovým vysílačem pro komunikaci s totální stanicí a madlem pro snadný posun po koleji. Vozík je navržen pro rychlé sestavení a pohodlný přenos a rychlé snesení z koleje.

Technické parametry:

Hmotnost:	17 kg
Doba provozu do vybití:	24 hodin
Doba dobíjení:	8 hodin
Pracovní rozsah teplot:	-10 + 40 °C



Obr. 3-8 Měřící vozík GG-03

Parametry měření:

Rozchod:	Rozsah měření -30 mm/50mm od norm. rozchodu (přesnost $\pm 0,2$ mm)
Převýšení:	Rozsah měření ± 350 mm (přesnost $\pm 0,5$ mm)
Ujetá vzdálenost:	Rozsah měření 4500 m do vynulování čítače (přesnost $\pm 0,5$ mm)

[6], [8]

Robotizovaná totální stanice

Pro systém APK-3 se využívá totální stanice TOPCON GPT-9001A. Je vybavena servomotorem a trackerem, díky kterým může sledovat v rozsahu 360° odrazný hranol. Díky systému uzamčeného sledovaného cíle je zajištěno, že v případě výskytu několika odrazných hranolů zařízení sleduje ten správný. Stanice je bezdrátově synchronizována s měřícím vozíkem.

Technické parametry:

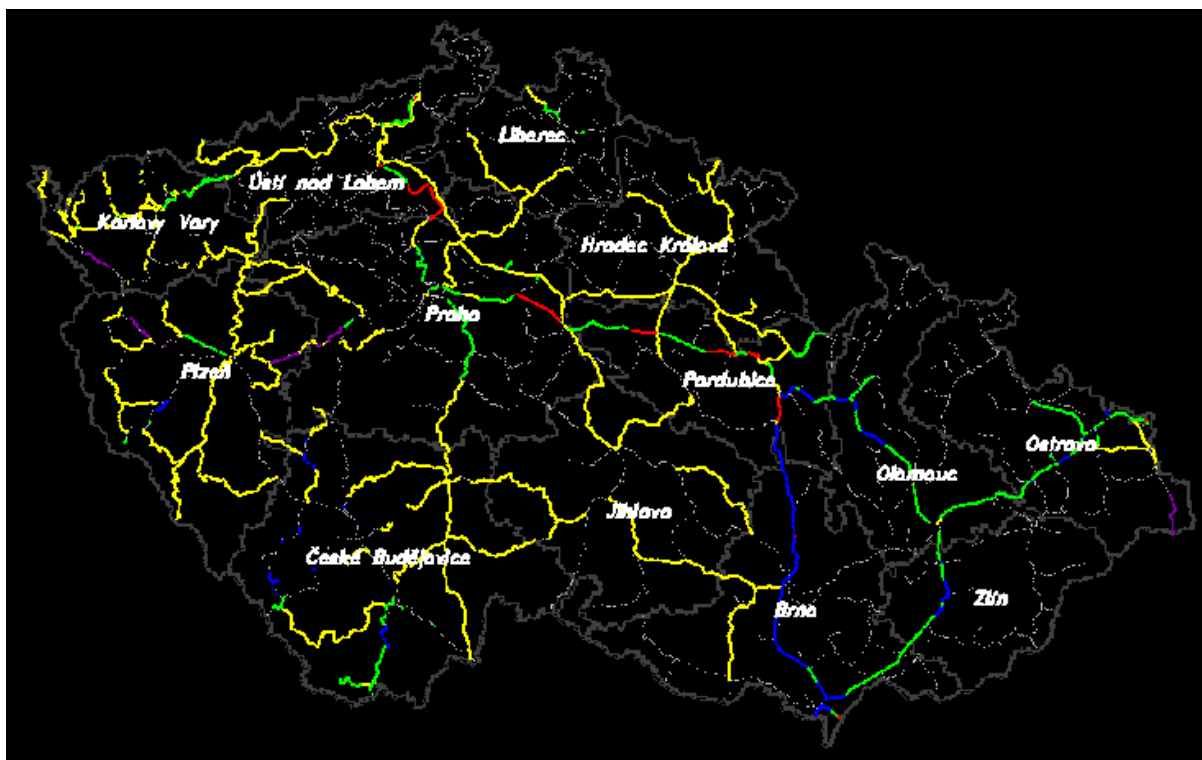
Úhlová přesnost:	0,3mgon
Přesnost dálkoměru:	± 2 mm +2 ppm
Automatické cílení	
Rychlost sledování:	15°/sec
Doba měření:	1,2 sec
Doba měření na 2 baterie:	9 hodin
Operační systém:	Windows CE
Program TopSURV pro geodetické měření	
Program RailSURV pro aplikaci s vozíkem GG-03	



Obr. 3-9 Robotizovaná totální stanice

3.2.5.3. Princip práce APK

Aby bylo možno pracovat se systémem APK, je zapotřebí zajistit podklady pro měření, kterými jsou zejména souřadnice a výšky bodů vytyčovací sítě v platných souřadnicích. Správa železniční geodezie spravuje informační systém správy prostorové polohy koleje (IS SPPK), který dává informace o stavu dokumentace zajištění prostorové polohy koleje a jejich možnosti využití pro navádění ASP. Pro usnadnění orientace v terénu je vhodný výkres situace.



Obr. 3-10 Stav dokumentace zajištění PPK

Na místě měření se zaměří libovolný počet orientačních bodů (zajišťovacích značek), na základě čehož spočítá totální stanice polohu stanoviska. V případě přechodného stanoviska se vždy každé stanovisko určí orientací na minimálně 4 zajišťovací značky v návaznosti minimálně na jednu z předchozího stanoviska [6], [8].

Po výpočtu souřadnic stanoviska probíhá vlastní měření. Spočívá v pohybu měřícího vozíku tlačným obsluhou po koleji. Totální stanice díky servomotorům neustále sleduje odrazný hranol na měřícím vozíku. Obsluha vozík zastavuje v závislosti na podrobnosti měřených bodů, pro kontrolu PPK je to obvykle po 10 m. Po zastavení totální stanice zaměří polohu vozíku a uloží data měřeného bodu. Probíhá-li měření kontinuálně, záznam probíhá automaticky s frekvencí ukládání dat 1 s a vzdálenost mezi jednotlivými měřenými body je dána rychlostí obsluhy vozíku. Zároveň s polohou bodů vozík synchronizuje s totální stanicí údaje o rozchodu koleje a jejího převýšení. Činnost totální stanice a měřícího vozíku je řízena speciálně vyvinutým programem RailSURV. Údaje lze vyhodnocovat online přímo na místě počítačem, který je vybaven potřebným softwarem RailV@W [7], [8].

3.2.6. Použití metod a srovnání přesností

Sestava APK je v současné nejčastěji používaná metoda pro kontinuální ověření stavu polohy koleje. Ruční měření dlouhé tětivy, případně ruční měření souřadnic rozchodkou opatřenou hranolem je časově velice náročné a přesnost je dána přesností měřidel (teodolit, pásma, lanka). Měření dlouhé tětivy laserem pomocí zařízení EM-SAT se u nás z ekonomických důvodů a z důvodu kvality zajišťovacích značek neuchytilo, nicméně jejich stále se zlepšující stav zejména na tranzitních koridorech by do budoucna mohlo být příslibem použití tohoto, či jiného obdobného zařízení.

Použití měření s pomocí GPS se u nás taktéž nepoužívá, i když se s ním taktéž experimentovalo. SŽG jej testovalo na zařízení AKP-1 a použilo jej i při vývoji APK-2 pro měření v režimu RTK. Nicméně pro potřeby měření prostorové polohy osy koleje nebylo zařízení dostatečně spolehlivé, v místech zastínění antény aparatury vegetací nebo objekty bylo měření prakticky znemožněno. Docházelo tak k výpadkům měření a snižování přesnosti, proto je tato metoda bez pomoci dalších podpůrných prostředků nevhodná. V následující tabulce je uvedena orientační přesnost jednotlivých metod.

Zařízení	Převýšení	Rozchod	Směr/výška
APK-3	±0,5 mm	±0,2 mm	±3,0 mm
EM-SAT	±1,0 mm	1-3 mm	±1,0 mm
GRP-300	±0,3 mm	±0,3 mm	±3,0 mm

Tab. 3-2 Srovnání přesností zařízení měřících PPK

4. ROZBOR VÝSLEDKŮ A MĚŘENÍ NA VYBRANÉM ÚSEKU

4.1. Popis problému

K praktickému porovnání dvou metod navádění podbíječky a měření GPK jsem vybral složený pravotočivý směrový oblouk ve druhé koleji na trati č. 270 mezi stanicemi Brodek u Přerova – Grygov, výběr úseku proběhl na základě vzniklého problému, který je popsán níže. Tento úsek byl změřen pomocí přístroje APK Správou železniční geodezie koncem záruční doby trati. Železniční trať v tomto úseku vykazovala značné odchylky oproti projektované poloze koleje. Téměř 17% z její délky překračovalo maximální povolené absolutní příčné odchylky od projektovaných souřadnic osy koleje a 70% absolutní výškové odchylky nepřevyšného kolejnicového pásu od projektované výšky koleje. V rámci opravy prostorové polohy koleje byl tento úsek podbit ASP metodou zmenšování chyb. Podbitá kolej je ale pojížděna traťovou rychlostí vyšší než $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a měla být v souladu s předpisem SŽDC S3/1 podbita přesnou metodou. Rovněž tento předpis uvádí, že by mělo standardem použití dynamického stabilizátoru, což se v tomto případě také nestalo. Po opětovném změření úseku, jehož jsem byl účastníkem, bylo procento odchylek překračujících maximální povolené odchylky od projektované PPK stále velice vysoké. Na práci ASP byla uplatněna reklamace, opravné podbití mělo být provedeno již přesnou metodou. Úsek trati byl opětovně změřen systémem APK, data z tohoto měření posloužila k navádění ASP. Po opravném podbití přesnou metodou byla trať opět změřena, odchylky od projektované polohy koleje v případě směrové polohy překročeny nebyly, ve výšce nepřevyšného kolejnicového pásu byly překročeny pouze v 4%. Těchto měření jsem se rovněž účastnil. Po dobu sledování tohoto úseku prováděl celkem čtyři měření měřící vůz železničního svršku v intervalu zhruba čtyři a pět měsíců. Vyhodnocení jednotlivých měření APK a měřícího vozu společně se vzájemným srovnáním bude provedeno v následujících kapitolách.

4.2. Časová osa

<u>datum</u>	<u>práce</u>	<u>číslo grafické přílohy</u>
07. 07. 2010	Měření APK ke konci záruky	2/1
12. 07. 2010	Průjezd měřicího vozu	3/1
27. 09. 2010	Podbití metodou zmenšení chyb	
23. 11. 2010	Průjezd měřicího vozu	3/1
07. 01. 2011	Měření APK	2/1
15. 03. 2011	Měření APK pro navádění ASP	2/2
30. 03. 2011	Průjezd měřicího vozu	3/2
03. 04. 2011	Oprava ASP přesnou metodou	
11. 04. 2011	Měření APK po práci ASP	2/2
15. 08. 2011	Průjezd měřicího vozu	3/2

4.3. Popis úseku

Trať je součástí II. a III. tranzitního koridoru a je zařazena do rychlostního pásma RP3 (120 – 160 km·h⁻¹). Celý mezistaniční úsek Brodek u Přerova – Grygov má 5,281 km, v této diplomové práci bude posouzen pravotočivý oblouk mezi km 193,080 599 – 194,645 768. Jezdí se zde rychlostí 160 km·h⁻¹. Oblouk je složený z přechodnice, dvou pravotočivých oblouků o různých poloměrech a je zakončen přechodnicí. Ve výškovém řešení posuzované oblasti se nachází dva lomy nivelety, střídá se mírné stoupání a mírné klesání trati.

4.3.1. Přehled směrového vedení

<u>označení</u>	<u>staničení (km)</u>	<u>směrový prvek</u>	<u>délka (m)</u>
ZÚ	193,037 390	přímá	43,209
ZP	193,080 599	klotoida	77,002
ZO1	193,157 601	oblouk R1=2600 m	195,292
KO1/ZO2	193,352 893	oblouk R2=2845 m	1158,039
KO2	194,510 932	klotoida	134,836
KP	194,645 768	přímá	27,976
KÚ	194,673 440		

4.3.2. Parametry složeného směrového oblouku

$R_1 = 2600$ m; $V = 160$ km/h; $D = 55$ mm; $I = 61$ mm; $\alpha_s = 5,7245$ g, $d_0 = 195,292$ m;
 $T = 154,422$ m; $n = 8,75$ V; $m = 0,095$ m; $l_k = 77,002$ m; $A = 447$; klotoida

$R_2 = 2845$ m; $V = 160$ km/h; $D = 55$ mm; $I = 51$ mm; $\alpha_s = 27,4218$ g, $d_0 = 1158,032$ m;
 $T = 689,219$ m; $n = 15,32$ V; $m = 0,266$ m; $l_k = 134,836$ m; $A = 619$; klotoida

4.3.3. Přehled výškového vedení

označení	staničení (km)	sklon (‰)	délka (m)
ZÚ	193,037 390	stoupá 0,168	137,486
LN1	193,174 876	stoupá 2,230	815,788
LN2	193,990 664	klesá 1,50	683,080
KÚ	194,673 440		

4.3.4. Popis železničního svršku

Na řešeném úseku je užito bezpodkladnicového upevnění W14 skládajícího se z kolejnic 60E1, pražců B91S/1 o rozdělení U a pružných svěrek Sk114. Rozchod koleje je normální – 1435 mm. Tloušťka kolejového lože pod ložnou hranou pražce je 350 mm.

4.3.5. Popis železničního spodku

Celý úsek trati se nachází v náspu, ten je tvořen písčitou hlínou, výška náspu je přibližně 1 - 1,5 metru. Sklon svahu činí 1:2, po obou stranách je příkop. V km 193,944 a 193,980 jsou trubní propustky.

4.4. Vlastní měření PPK systémem APK

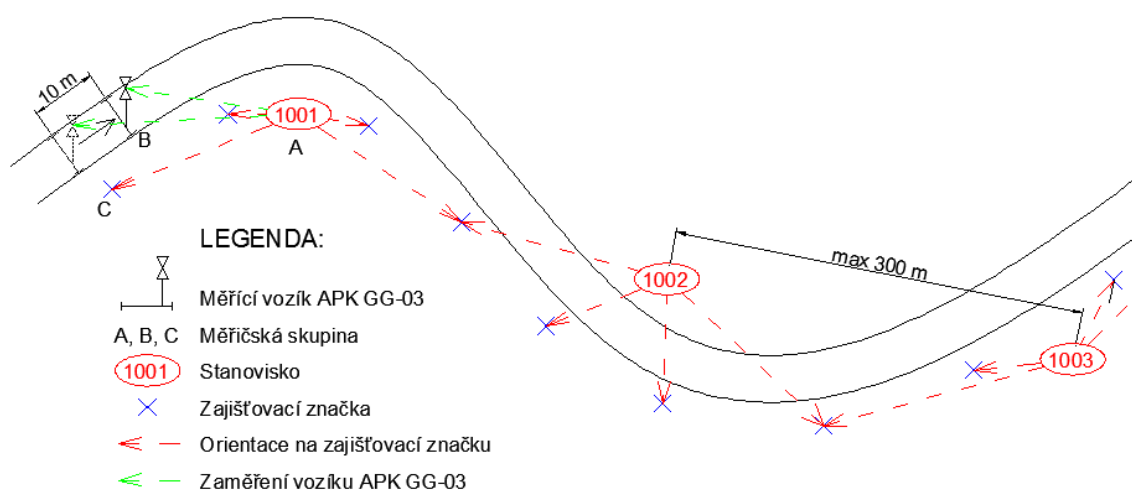
4.4.1. Měření PPK

K zaměření prostorové polohy koleje bylo použito systému APK-3 firmy GeoTel popsaného v kapitole 3.2.5 Měřicí zařízení APK. Na tomto úseku proběhla od období před prvním podbitím do období po druhém podbití čtyři měření. První měření bylo kontrolní v době končící záruky tratě, druhé sloužilo ke kontrole práce ASP ze dne 27. 09. 2010, třetí měření bylo technologické pro zjištění požadovaných zdvihů a posunů pro ASP a čtvrté měření bylo kontrolní po druhém podbití. Tabulky a grafy z naměřených dat z jednotlivých měření jsou součástí příloh k diplomové práci.

4.4.2. Postup prací s APK

V případě všech čtyř provedených měření na daném úseku bylo postupováno dle principů popsaných v kapitole 3.2.5.3 Princip práce APK. Nutné podklady pro měření, jimiž byly souřadnice a výšky bodů vytyčovací sítě obstarala SŽG, pod jejíž kompetence měření spadala. Orientační body zajišťovaly zajišťovací značky, jejichž souřadnice byly převzaty z projektu. Přejícné stanovisko bylo určeno vždy minimálně ze čtyř orientací na zajišťovací značky. K měření a obsluze APK byla ustanovena měřičská skupina, jejímž členem jsem byl při třech z celkově čtyř měření. K samotnému měření postačil jeden měřič (A) a dvojice figurantů (B, C). Na těchto místech se členové skupiny v rámci jednotlivých měření střídali, měl jsem tak možnost účastnit se měření z pohledu všech potřebných pracovníků. Samotný postup měření probíhal následujícím způsobem:

- A postavil a urovnal totální stanici na prvním stanovisku, B připravil vozík a navázal komunikaci s A. C se postavil na zajišťovací značku
- C přiložil hranol na zajišťovací značku pro měření orientací, A jej zaměřil
- B projel první měřenou část úseku, po každých cca 10 m zastavil vozík, aby mohl A zaměřit jeho polohu
- Mezitím C přikládá odrazný hranol k ostatním zajišťovacím značkám
- Jakmile vzdálenost mezi stanoviskem a aktuální polohou měřicího vozíku přesáhla hodnotu 130 - 150 m, přesunul A totální stanici na jiné stanovisko, C přikládá odrazný hranol na další zajišťovací značky, tak aby minimálně jedna byla shodná s měřením předchozí části
- Postup se opakoval až po zaměření celého úseku a všech zajišťovacích značek v jeho blízkosti [2]

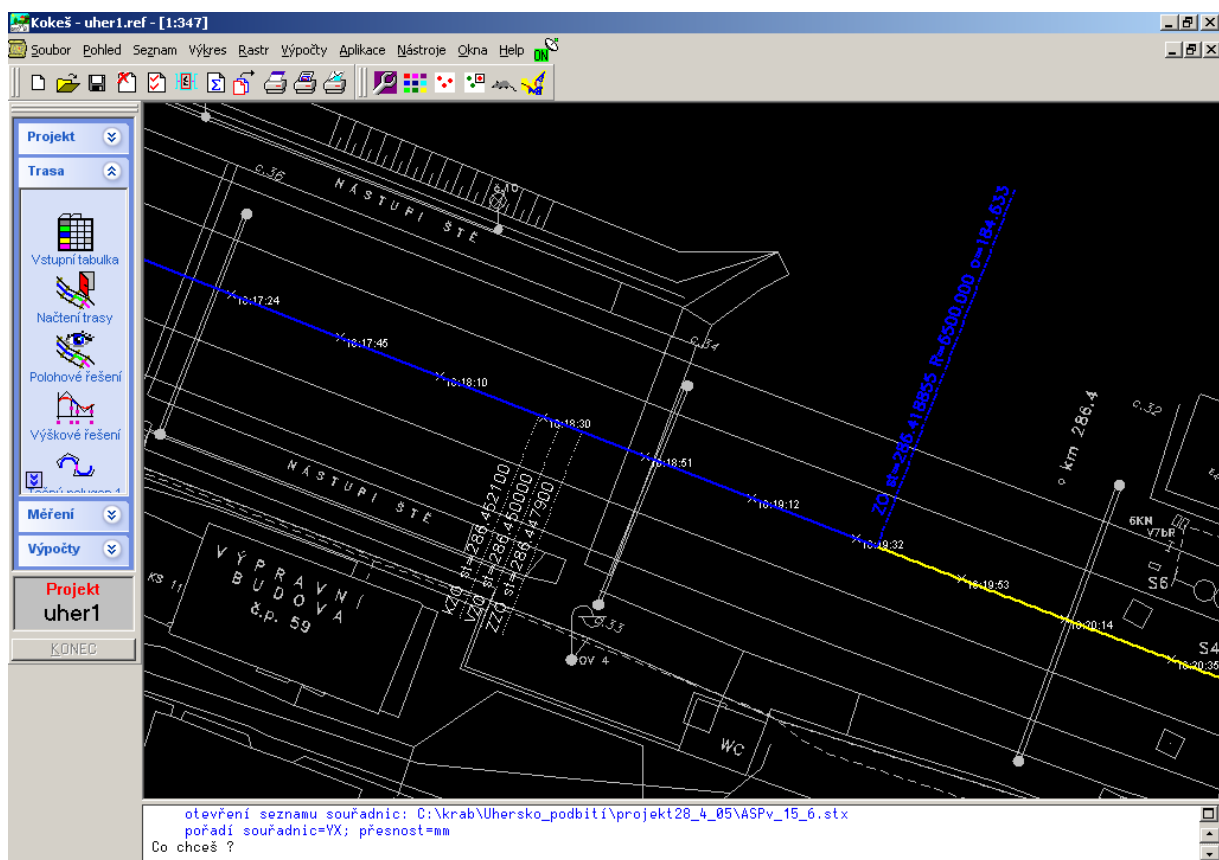


Obr. 4-1 Postup prací měření systémem APK

4.5. Vyhodnocení měření PPK z dat APK

Naměřená data z jednotlivých měření byla vyexportována do programu Rail V&W. Tato aplikace vznikla na SŽG Olomouc a je stále aktualizována. Obsahuje dvě části:

- Přenosový terminál – s jeho pomocí se provádí synchronizace měřených dat z totální stanice a měřícího vozíku v případě on-line vyhodnocování;
- Část pro vyhodnocení odchylek od projektované osy – tato část aplikace spolupracuje s grafickým prostředím geodetického programu Kokeš, který je vybaven programovacím jazykem. Ten umožňuje doprogramovat jednotlivé funkce dle vlastních potřeb.



Obr. 4-2 Obrazovka grafického prostředí Kokeš

Tento program umožňuje díky naprogramovaným modulům práci s teoretickou osou a jejím zobrazením, výpočet odchylek měřené osy od osy teoretické a výstup záznamů dat pro ASP. Zpracovaná data obsahující směrové a výškové odchylky od projektované PPK byla převedena do programu Microsoft Excel pro další práci. Data byla následně zpracována do grafů v programu AutoCAD s nástavbou RailCAD pro možnost doplnění grafiky směrového a výškového řešení úseku. Poměr mezi odchylkami PPK a staničením činí ve všech v grafech 1:5000 [8].

4.5.1. Odchylyky prostorové polohy koleje

4.5.1.1. Provozní odchylyky PPK

Zjištěné odchylyky od projektované PPK byly porovnány s povolenými provozními odchyilkami uvedenými v ČSN 73 6360-2 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba. Norma uvádí hodnoty absolutní výškové odchylyky nivelety temene nepřevýšeného kolejnicového pásu VKa a absolutní polohové odchylyky SKa od projektované polohy koleje, které nemají být za provozu překročeny.

Rychlostní pásmo	V km·h ⁻¹	SKa mm	Vka mm
RP0, RP1	$V \leq 80$ km/h	±25	+20, -50
RP2 až RP5	$80 < V \leq 300$ km/h	±25	+20, -30

Tab. 4-1 Maximální provozní odchylyky PPK [1]

Vnitřní přesnost měření byla 5 mm, tudíž hodnoty, které přesahují odchylyky ±3 mm, jsou v toleranci přesnosti měření a nelze je použít jako důkaz o překročení normových hodnot [1].

4.5.1.2. Stavební odchylyky PPK

Po přejímce prací ASP se výsledky měření porovnávali s hodnotami mezních stavebních odchylek PPK pro ostatní práce uvedených v ČSN 73 6360-2 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba. V ní jsou uvedeny absolutní výškové odchylyky Ska a absolutní polohové odchylyky Vka, které by při přejímce prací neměly být překročeny bez ohledu na rychlostní pásmo. Norma navíc uvádí mezní rozdíly stavebních odchylek Δ SKa a Δ VKa v pásmech 30 – 60 m, jejichž dodržení má být do jisté míry kontrolovatelné měřícím vozem s hodnocením pro RP3 a dodržení přejímkových hodnot VK (D2) a SK (D2).

Druh odchylyky	Ostatní práce mm
Vka	+10, -20
Δ VKa/30-60 m	±15
Ska	±20
Δ SKa/30-60 m	±15

Tab. 4-2 Maximální odchylyky Vka, Δ VKa, Ska a Δ SKa [1]

Vnitřní přesnost měření byla 5 mm, tudíž hodnoty, které přesahují odchylky ± 3 mm, jsou v toleranci přesnosti měření a nelze je použít jako důkaz o překročení normových hodnot.

Přibližné porovnání mezních rozdílů provozních a stavebních odchylek s hodnotami naměřenými měřícím vozem bude provedeno dále v kapitole 4.7 Srovnání měření PPK a [1], [2], [8].

4.5.2. 1. měření – 7. 7. 2010

Před ukončením záruční doby stavby se zpravidla provádí kontrolní měření a vyhodnocení prostorové polohy koleje. Záruční doba trvá pět let od uvedení do zkušebního provozu, výsledky jsou podkladem pro případnou reklamaci koleje. Při vyhodnocení na provozní odchylky byly zjištěny následující údaje:

4.5.2.1. Absolutní výšková odchylka Vka

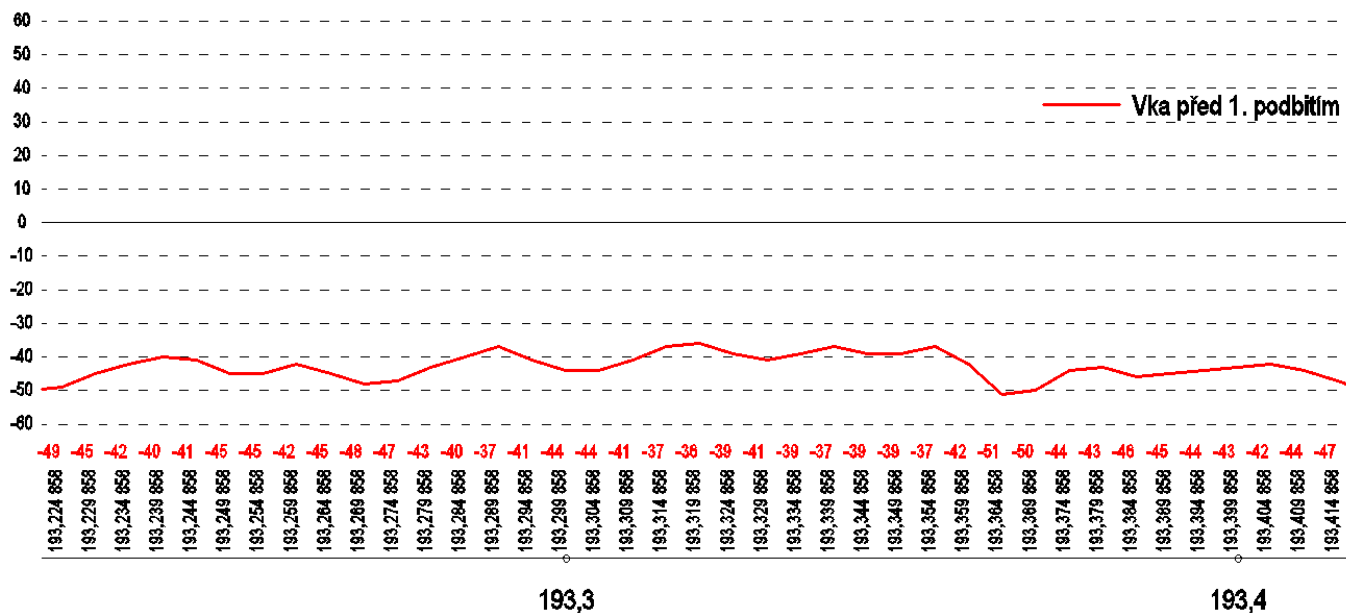
1145 m koleje (70% z celkové délky) překročilo normou udávanou hodnotu Vka

Niveleta temene nepřevýšeného pásu koleje byla v celé délce pod projektovanou niveletou

Největší odchylka ve výšce nivelety činila **58 mm**

Nejdelší oblast nevyhovující Vka byla dlouhá **645 m**

Niveleta koleje byla průměrně 38 mm pod projektovanou niveletou



Graf 4-1 Absolutní výšková odchylka koleje 1

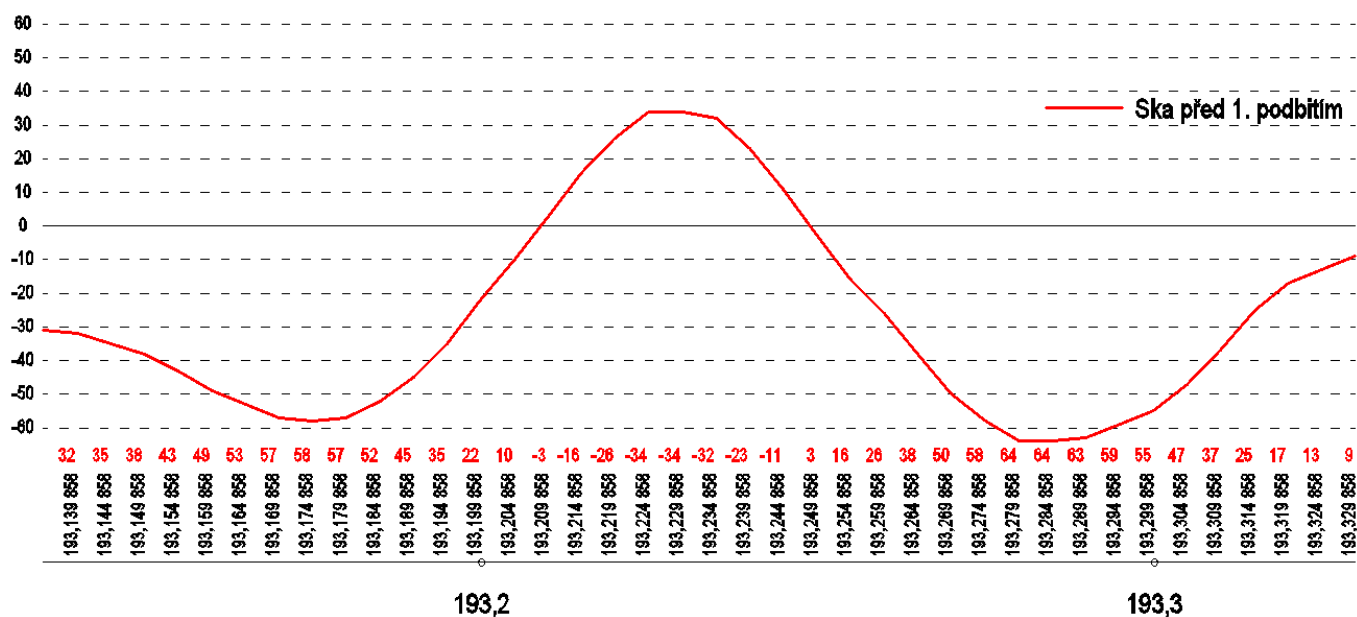
4.5.2.2. Absolutní polohová odchylka Ska:

270 m koleje (16,5% z celkové délky) překročilo normou udávanou hodnotu Ska

Nejvyšší odchylky činily 64 mm vpravo a 34 mm vlevo od projektované PPK

Nejdélší oblast nevyhovující Ska byla dlouhá 90 m

Největší rozdíl mezi odchylkami byl 98 mm na délce 50 metrů



Graf 4-2 Absolutní polohová odchylka koleje 1

4.5.3. 2. měření – 7. 1. 2011

Druhé měření proběhlo cca 3 měsíce po úpravě GPK. ASP pracovala metodou zmenšování chyb a součástí strojní linky nebyl ani dynamický stabilizátor, což je v rozporu s předpisem SŽDC S3/1. Při měření bylo zjištěno, že odchylky od projektované prostorové polohy koleje se zejména ve výškové úpravě na mnoha místech příliš neliší od měření před podbitím, měření bylo po cca 630 metrech ukončeno a práce podbíječky byla reklamována. Při vyhodnocení na provozní odchylky byly zjištěny následující údaje:

4.5.3.1. Absolutní výšková odchylka Vka

470 m koleje (**74,4%** z celkové délky) překročilo normou udávanou hodnotu Vka

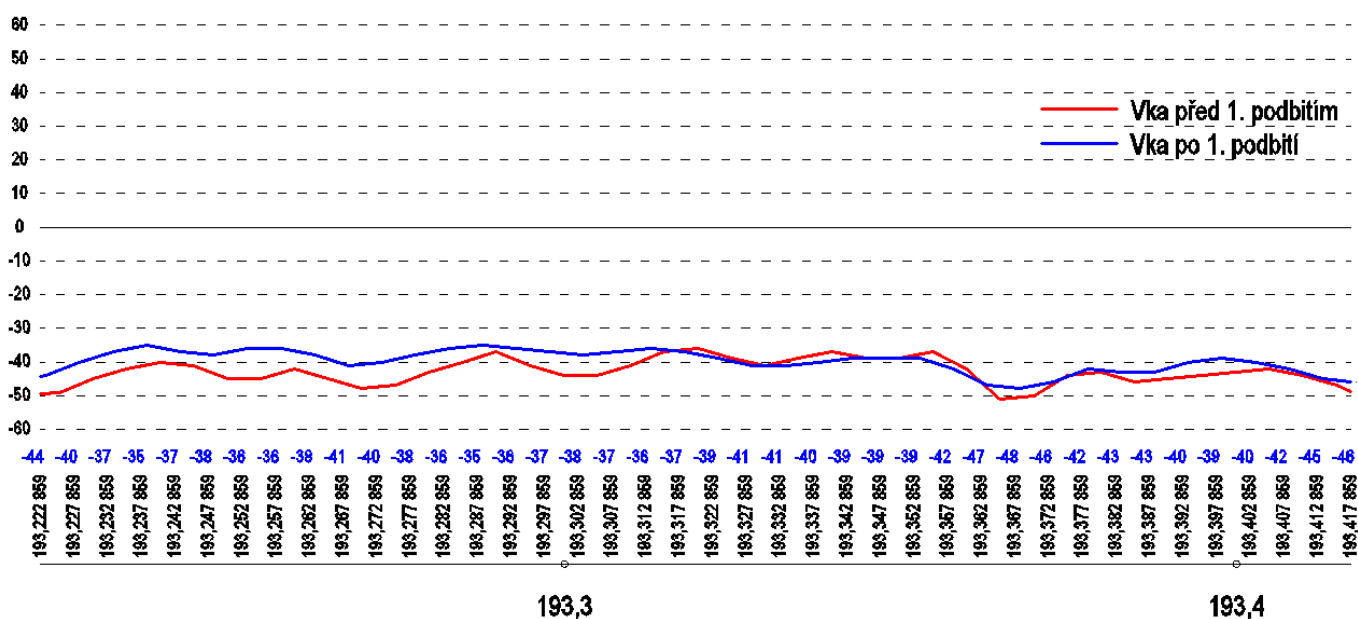
Niveleta temene nepřevýšeného pásu koleje byla v celé délce pod projektovanou niveletou

Největší hodnota poklesu činí **54 mm**

Nejdelší oblast nevyhovující Vka činí **473 m**

Niveleta koleje je průměrně 37 mm pod projektovanou niveletou (před podbitím byla na vyhodnocované části o délce 629 metrů 41 mm)

Pokles na několika místech je způsoben časovým rozdílem mezi podbitím a měřením, který je 4 měsíce. Po tuto dobu byla kolej plně pojížděná.



Graf 4-3 Absolutní výšková odchylka koleje 2

4.5.3.2. Absolutní polohová odchylka Ska:

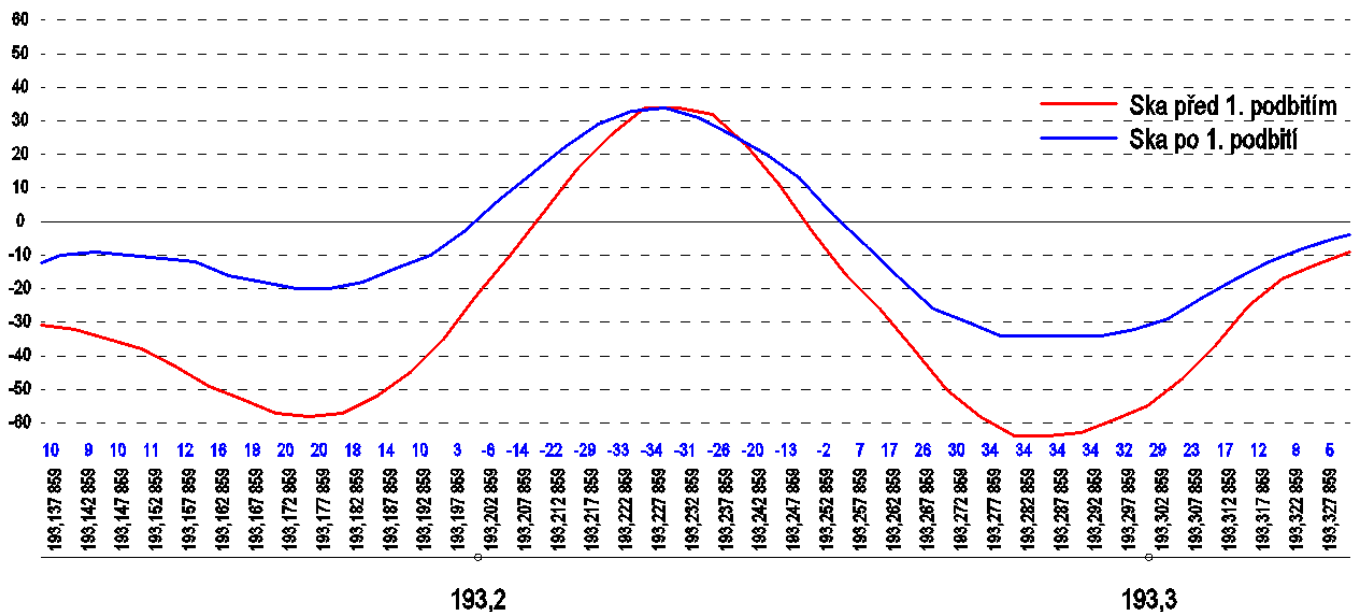
55 m koleje (**8,7%** z celkové délky) překročilo normou udávanou hodnotu Ska

Nejvyšší odchylky činily **34 mm** vpravo a **34 mm** vlevo od projektované PPK

Nejdelší oblast nevyhovující Ska je dlouhá **40 m**

Největší rozdíl mezi odchylkami je 68 mm na délce 50 metrů

ASP zmenšila chyby místy až o 35 mm, přesto byl jeden pojezd ASP metodou zmenšování nedostatečný



Graf 4-4 Absolutní polohová odchylka koleje 2

4.5.4. 3. měření – 15. 3. 2011

Třetí měření bylo technologické a sloužilo ke zjišťování údajů požadovaného zdvihu a směrového posunu pro podbíječku. Uskutečnilo se cca 3 měsíce od druhého měření, výsledky těchto měření se lišily maximálně 10 mm jak v Ska, tak ve Vka. Opačné hodnoty veličin Ska a Vka určily hodnoty potřebných zdvihů a poklesů. Při vyhodnocení na provozní odchylky bylo zjištěno:

4.5.4.1. Absolutní výšková odchylka Vka

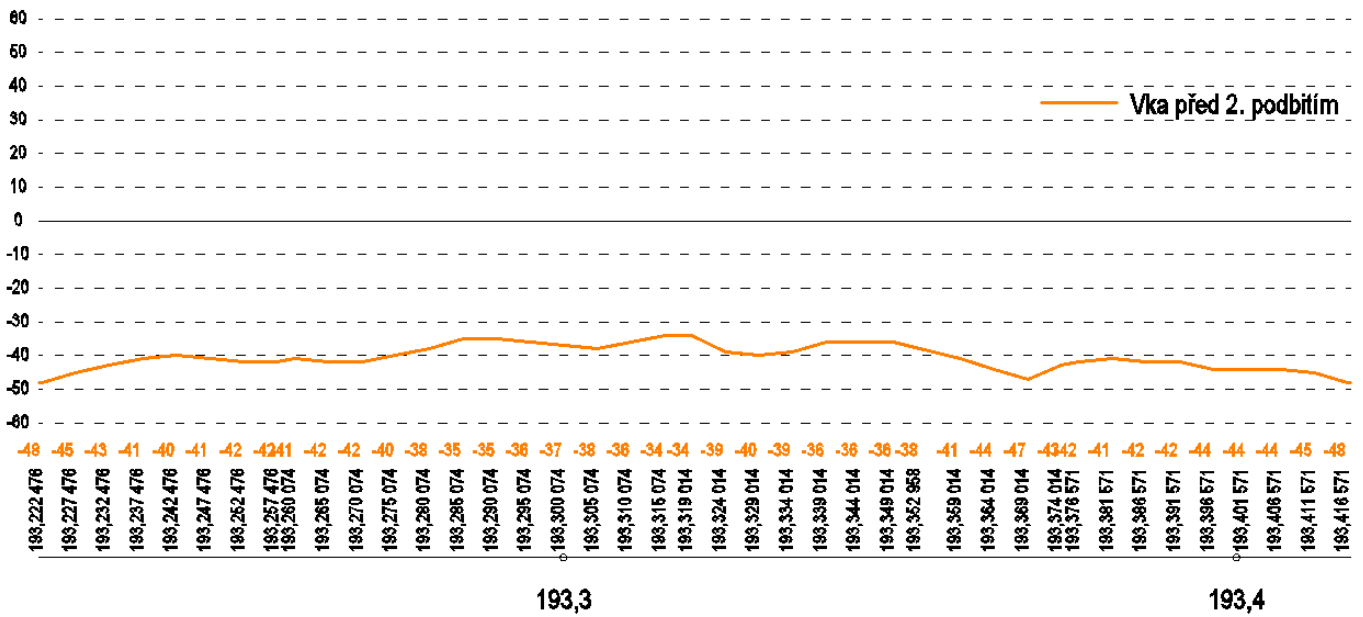
1125,3 m koleje (**68,8%** z celkové délky) překročilo normou udávanou hodnotu Vka

Niveleta temene nepřevýšeného pásu koleje byla v celé délce pod projektovanou niveletou

Největší hodnota poklesu činí **57 mm**

Nejdelší oblast nevyhovující Vka činí **632 m**

Niveleta koleje je průměrně 37 mm pod projektovanou niveletou



Graf 4-5 Absolutní výšková odchylka koleje 3

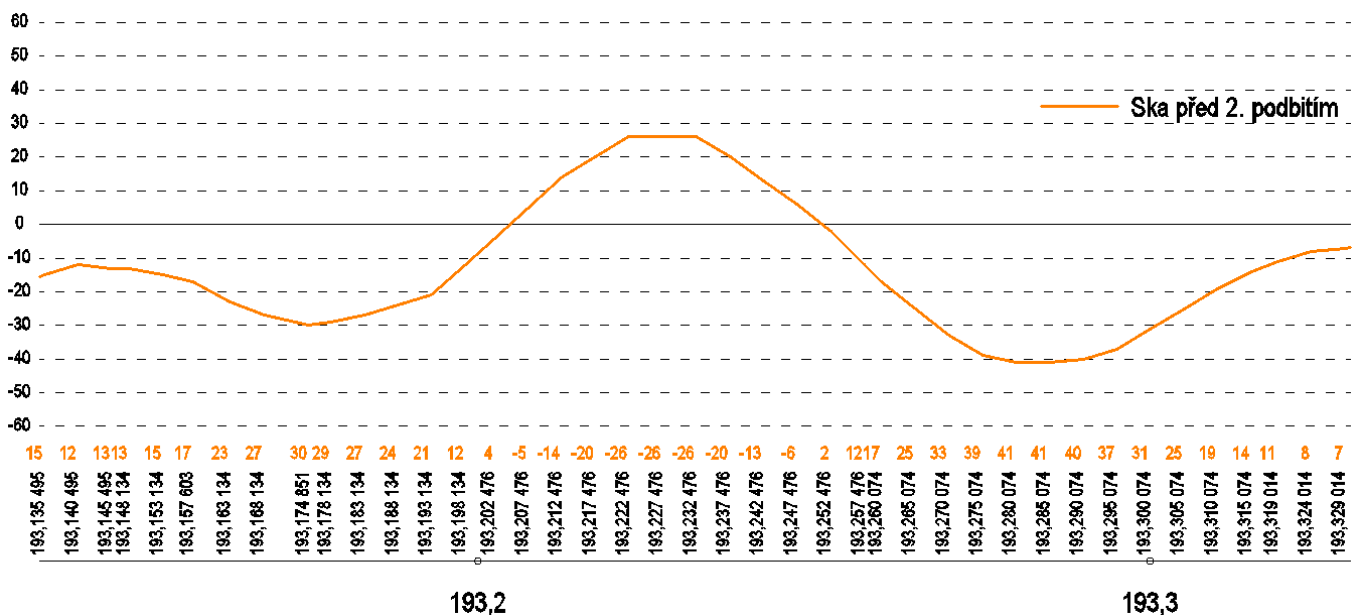
4.5.4.2. Absolutní polohová odchylka Ska

194,1 m koleje (11,9% z celkové délky) překročilo normou udávanou hodnotu Ska

Nejvyšší odchylky činily 50 mm vpravo a 26 mm vlevo od projektované PPK

Nejdělsí oblast nevyhovující Ska je dlouhá 139 m

Největší rozdíl mezi odchylkami je 66 mm na délce 50 metrů



Graf 4-6 Absolutní polohová odchylka koleje 3

4.5.5. 4. měření – 11. 4. 2011

Poslední měření na tomto úseku proběhlo týden po druhém podbití. ASP pracovala přesnou metodou, naváděna byla naměřenými daty z předchozího měření. Jelikož se jednalo o přímou kontrolu práce ASP, vyhodnocovala se data na stavební odchylky.

4.5.5.1. Absolutní výšková odchylka Vka

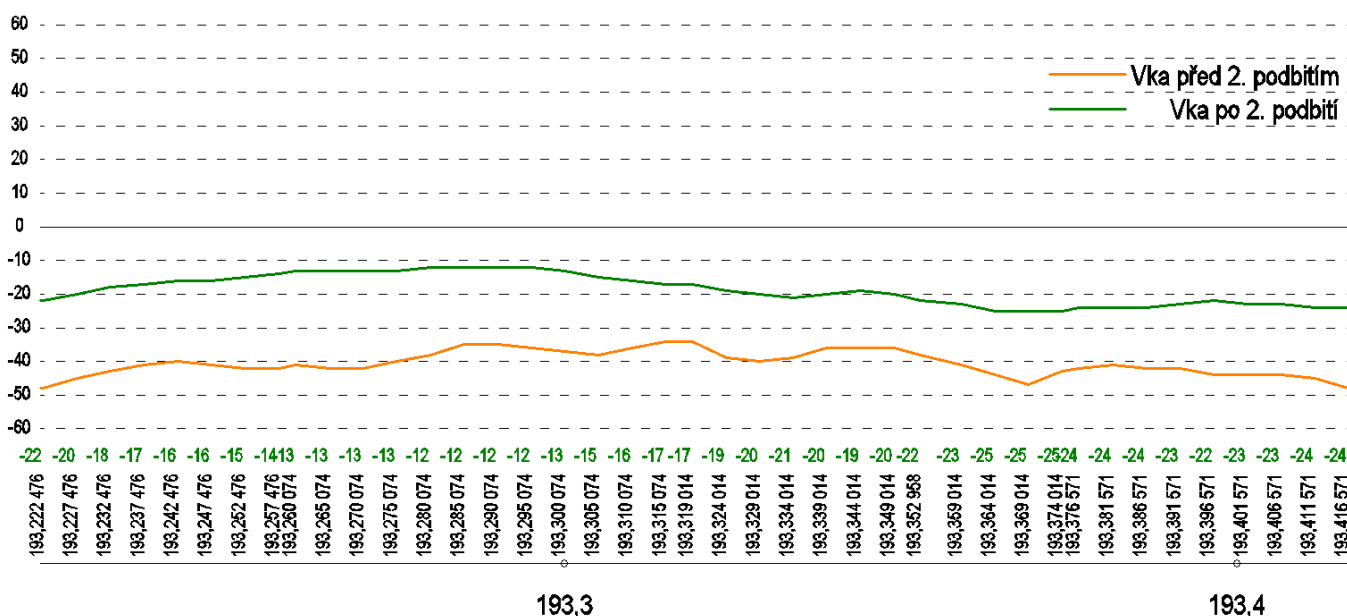
87,5 m koleje (**5,3%** z celkové délky) překročilo normou udávanou hodnotu Vka

Niveleta temene nepřevýšeného pásu koleje se ani v jednom místě nedostala nad projektovanou polohu, nicméně takřka z 95 % vyhověla na posouzení stavebních odchylek

Největší hodnota poklesu činí **26 mm**

Nejdělsí oblast nevyhovující Vka činí **30 m**

Niveleta koleje je průměrně 18,3 mm pod projektovanou niveletou



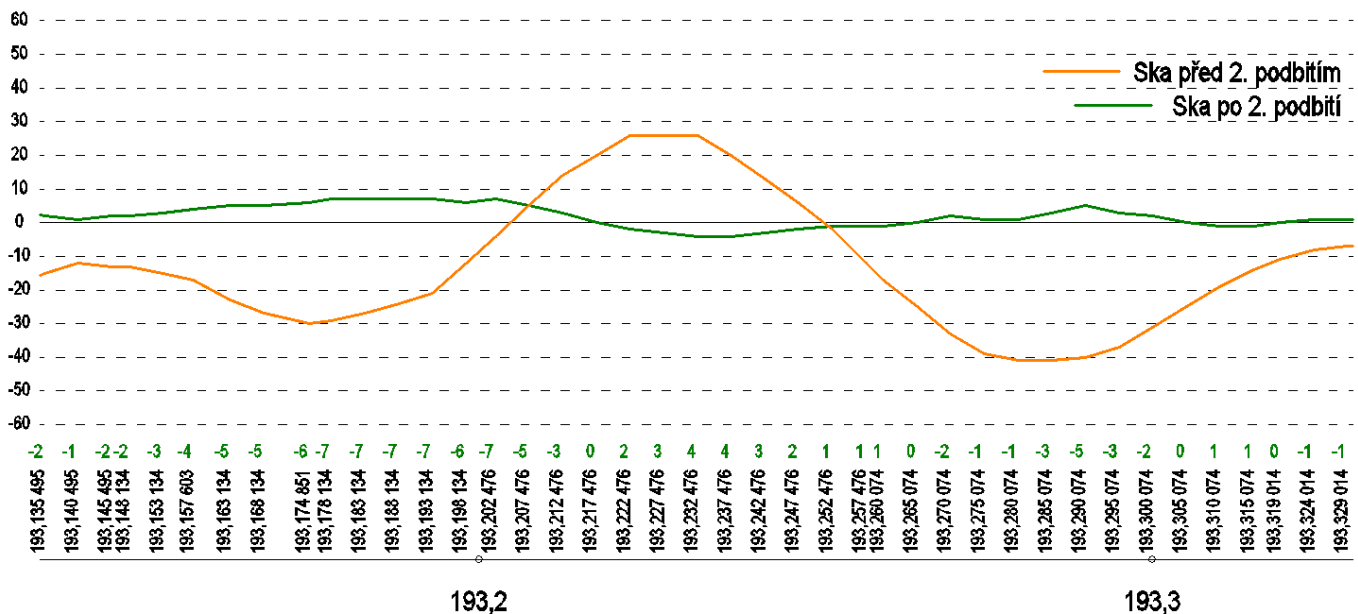
Graf 4-7 Absolutní výšková odchylka koleje 4

4.5.5.2. Absolutní polohová odchylka Ska

0 m koleje (**0%** z celkové délky) překročilo normou udávanou hodnotu Ska

Nejvyšší odchylky činily **11 mm** vpravo a **7 mm** vlevo od projektované PPK

ASP vykonala směrové posuny až 40 mm a podařilo se jí dostat kolej do požadované prostorové polohy



Graf 4-8 Absolutní polohová odchylka koleje 4

4.5.6. Celkové porovnání vyhodnocených hodnot PPK

Z grafů jednotlivých měření lze vyčíst, že stav prostorové polohy koleje se prvním podbitím metodou zmenšování chyb zlepšil a odchylky od projektovaného stavu již nedosahovaly tak vysokých hodnot, jako tomu bylo před prvním podbitím. Nicméně se ukázalo, že kolej je zejména ve výškové úpravě stále ve stavu, který se od projektované polohy velice liší. Automatická strojní podbíječka, pracující metodou zmenšování chyb, měla mít v tomto případě nastavenou mnohem vyšší hodnotu konstantního přízvednutí.

Druhé podbití přesnou metodou uvedlo kolej do polohy, která vyhověla vyhodnocení na maximální povolené stavební odchylky. Směrově se kolej nachází v ideální poloze, výškově je cca 20 mm pod projektovanou niveletou. To má na svědomí omezená hodnota zdvihu, kterou může podbíječka jednou jízdou realizovat. I tak ale úsek trati z 95% vyhověl vyhodnocení na maximální dovolené stavební odchylky.

4.6. Vyhodnocení měření GPK z dat měřícího vozu

Měřící vůz pro železniční svršek Technické ústředny dopravní cesty zajišťuje zpravidla měření na tranzitních koridorech 3 – 4x ročně. První měření na tomto úseku ve sledované době proběhlo 7. 7. 2010, tedy těsně před ukončením záruční doby trati. Od období před prvním podbitím úseku do období po druhém podbití projel po sledované koleji měřící vůz železničního svršku celkem čtyřikrát. Data z těchto měření umožňují poskytnout pohled na stav koleje zejména z hlediska komfortu jízdy a bezpečnosti železničního provozu. Naměřená

data z měřicího vozu byla poskytnuta ve formátu tabulek z jednotlivých měření, které k danému staničení koleje, vzorkovanému po 0,25 m, obsahovaly tyto údaje ve sloupcích:

KM.M	staničení
RK1-i	rozchod celkový
SL_D1	směr levý - krátká vlna
SP_D1	směr pravý - krátká vlna
SK_D1	směr v ose - krátká vlna
SK_D2	směr v ose - dlouhá vlna
K70-i	křivost kvazistatická
PKcel	převýšení celkové
ZKS_%	syntetické zborcení
ZKS_b	báze zborcení
VK_D2	výška v ose - dlouhá vlna
VL_D1	výška levá - krátká vlna
VP_D1	výška pravá - krátká vlna

Společně s těmito daty byly poskytnuty i hodnoty směrodatných odchylek a výpis známek kvality pro jednotlivá měření. Jelikož měřicí vůz ani v jednom případě neměřil stav koleje z hlediska přejímky prací, ale vždy za provozu, byla data z měření vyhodnocována na provozní a mezní provozní odchylky GPK [3].

4.6.1. Hodnocení lokálních závad GPK

Mezní veličiny pro výše zmíněné meze uvádí norma ČSN 73 6360-2 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba. Pro rychlostní pásmo RP3 (120 – 160 km·h⁻¹) jsou to tyto hodnoty:

Mez	RK mm	ZR mm/2m	RK100 mm	VL, VP D1 mm	VK D2 mm	SL, SP D1 mm	SK D2 mm
AL	+18, -5	4	+16, -3	±7	±12	±7	±12
IL	+22, -7	5	+18, -4	±10	±18	±8	±14
IAL	+27, -8	6	+20, -5	±13	±22	±11	±18

Tab. 4-3 Mezní provozní hodnoty GPK pro RP3 [2]

4.6.2. Úsekové hodnocení

Z dat měřicího vozu bylo možno získat i úsekové hodnocení směrodatných odchylek SDO měřeného úseku vyhodnocené ve známkách kvality. Zatímco hodnocení provozních a mezních provozních odchylek vyjadřuje překročení hodnot z hlediska lokálních závad, úsekové hodnocení je navrženo tak, aby nastínilo představu o celkovém stavu koleje. Mezní hodnoty SDO pro rychlostní pásmo RP3 jsou vyhodnocovány po 20 metrech v semigrafickém zobrazení [2], [3].

Značka	Popis	SK (mm)	RK (mm)	PK (mm)	VK (mm)
!	Překročení mezní hodnoty SDO daného RP	1,84	1,8	1,77	3,06
:	Střední hodnota mezi ! a .	1,46	1,35	1,34	2,27
.	Překročení mezní hodnoty SDO nižšího RP	1,07	0,9	0,91	1,47

Tab. 4-4 Mezní hodnoty SDO pro RP3 [3]

Známky kvality SK, RK, PK, VK, počítané ze směrodatných odchylek, jsou vyhodnocovány v úsecích dlouhých 200 metrů, pro každých 1000 metrů je pak spočítána průměrná známka kvality. Metodika hodnocení vychází ze statistické analýzy, aby pro dané rychlostní pásmo měly známky kvality statistické rozdělení pravděpodobností a průměrem 3. Mezní hladina, která by neměla být za provozu překročena je vyjádřena hodnotou 4 včetně (ve výhybkách a kolejových křižovatkách 3,7). Její překročení svědčí o celkově nepříznivém stavu koleje a upozorňuje na možnost dalšího rychlejšího nárůstu lokálních závad [3].

4.6.3. 1. měření – 12. 7. 2010

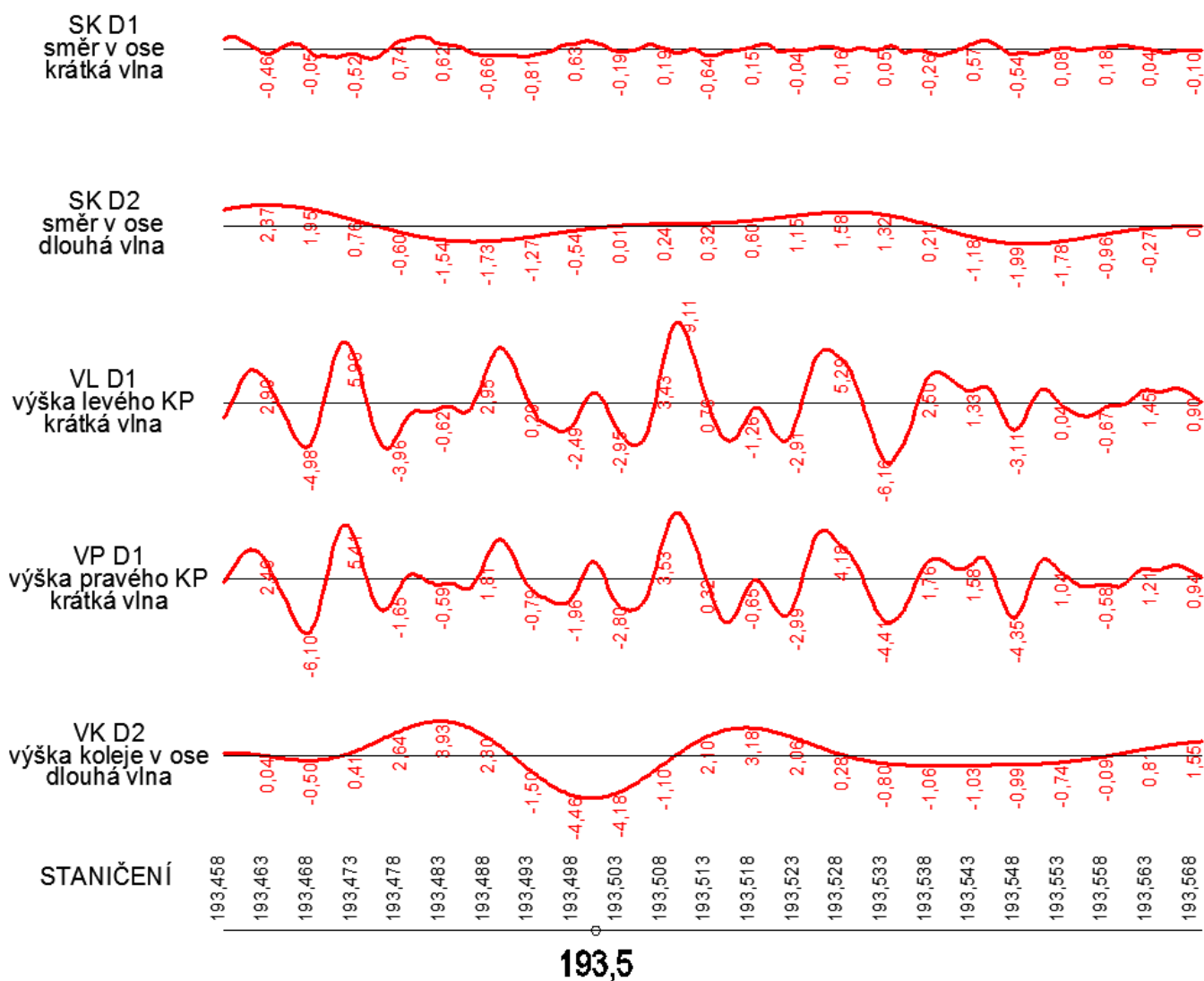
4.6.3.1. Hodnocení lokálních závad

Přestože odchylky od PPK byly po vyhodnocení měření absolutní polohy koleje 7. 7. 2010 značné, vyhodnocení měřicím vozem nevykázalo výraznější relativní odchylky v GPK. Ty se pohybovaly v těchto mezích:

veličina	RK mm	ZR mm/2m	VL D1 mm	VP D1 mm	VK D2 mm	SL D1 mm	SP D1 mm	SK D2 mm
Min.	-2,83	-2,21	-9,98	-9,5	-5,55	-3,16	-3,01	-6,91
Max.	1,38	2,31	9,11	7,56	6,61	2,78	3,39	6,01

Tab. 4-5 Hodnoty lokálních závad 1

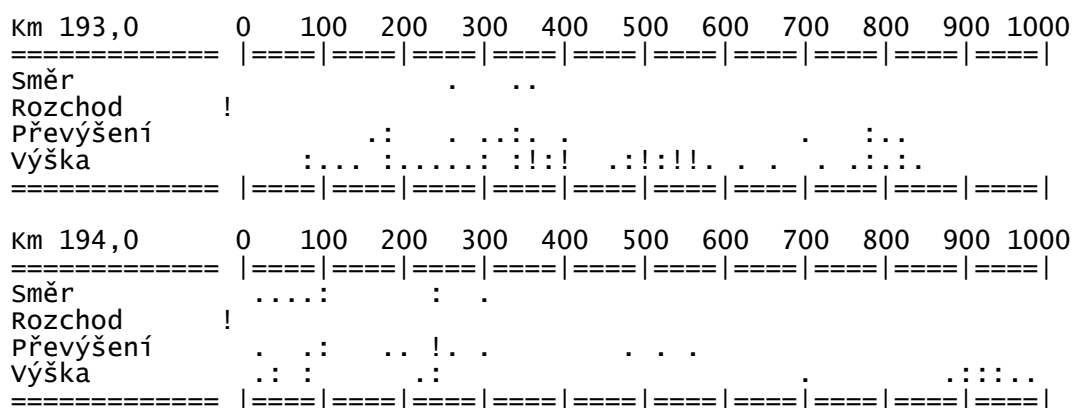
Mez sledování AL byla překročena pouze v případě VL D1 a VP D1, mez zásahu ani mez bezodkladného zásahu překročeny nebyly. Jelikož rozchod koleje ani její převýšení na celém úseku nepřesáhly mez sledování, byly graficky vyhodnocovány pouze veličiny směru koleje a podélné délky. Z celkové délky byla vybrána část grafu, ve které jsou odchylky výšky levého a pravého kolejnicového pásu na krátké vlně největší.



Graf 4-9 Výstupy měřícího vozu 1

4.6.3.1. Úsekové hodnocení

Měřicí vůz při měření v době před prvním podbíjením vyhodnotil tyto směrodatné odchylky a známky kvality:



KM	SK	RK	PK	VK	CZK
193,2	3,05	2,50	3,92	4,34	4,01
193,4	3,60	2,48	4,24	4,94	4,50
193,6	2,63	2,23	3,55	4,85	4,09
193,8	2,87	2,21	3,89	4,12	3,88
194,0	2,39	2,35	3,11	3,74	3,27
	2,97	2,35	3,80	4,53	4,05

KM	SK	RK	PK	VK	CZK
194,2	3,85	2,24	4,09	4,04	3,94
194,4	3,57	2,42	4,08	3,22	3,50
194,6	2,67	2,17	3,86	2,82	3,18
194,8	1,96	2,18	2,76	2,69	2,54
195,0	2,60	2,25	3,33	4,29	3,67
	3,11	2,26	3,72	3,63	3,53

Tab. 4-6 Úsekové hodnocení 1

Na prvním kilometru řešeného úseku překročila celková známka kvality mezní hladinu, což znamená žádoucí údržbu. Také na semigrafickém zobrazení SDO jsou patrné závady v GPK, místy byly i překročeny mezní hodnoty nižšího rychlostního pásma vyjádřené v semigrafickém zobrazení vykřičníkem.

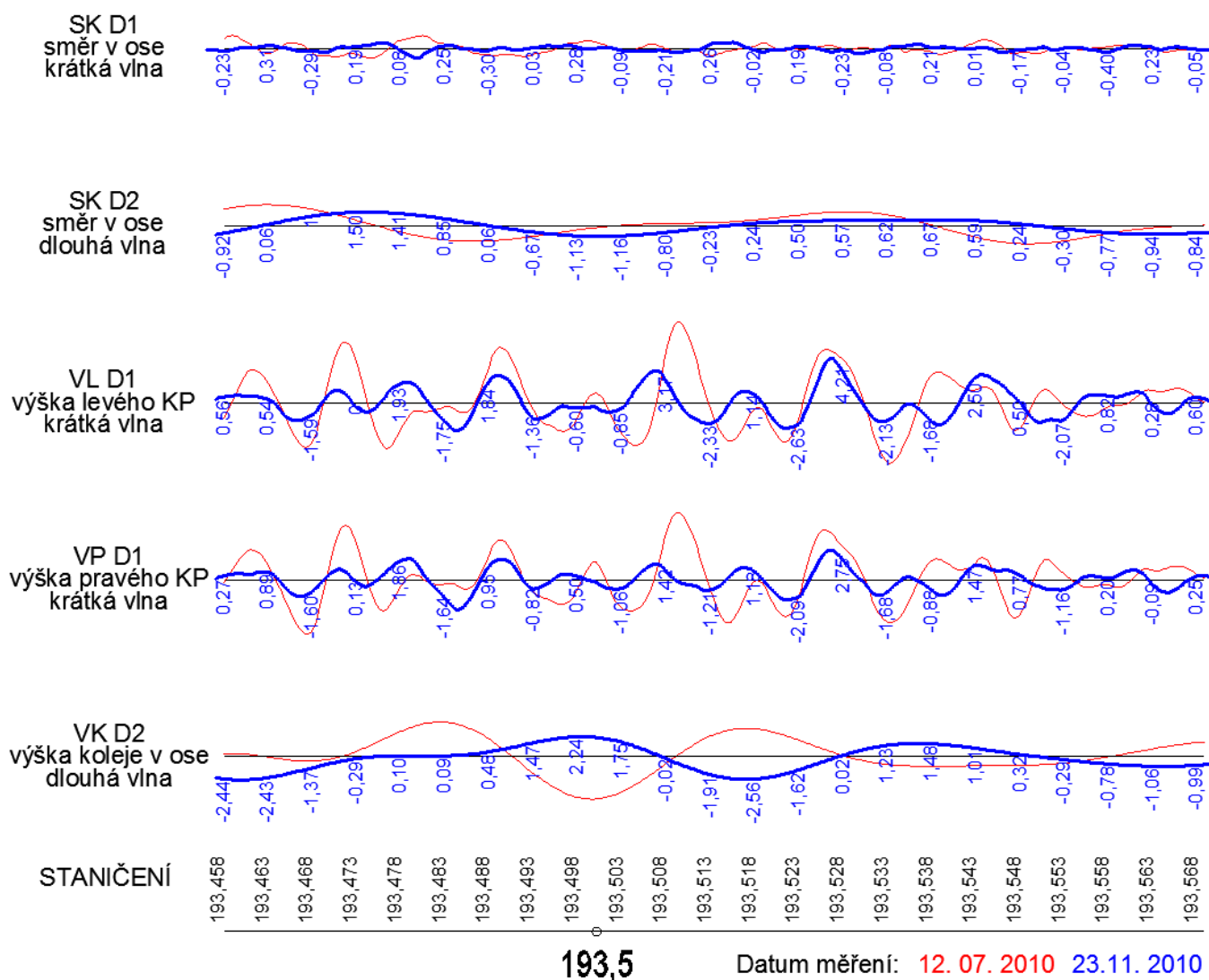
4.6.4. 2. měření – 23. 11. 2010

4.6.4.1. Hodnocení lokálních závad

Druhý průjezd měřicího vozu se uskutečnil dva měsíce po prvním podbití. Metoda zmenšování chyb, která byla při tomto podbití použita, měla pozitivní vliv na odstranění lokálních závad v GPK koleje, přestože trať nebyla z hlediska prostorové polohy koleje v pořádku. Odchytky koleje od její střednice se pohybovaly v těchto mezích.

veličina	RK mm	ZR mm/2m	VL D1 mm	VP D1 mm	VK D2 mm	SL D1 mm	SP D1 mm	SK D2 mm
Min.	-2,41	-2,13	-3,3	-3,59	-5,78	-1,59	-1,62	-4,96
Max.	2,05	2,28	5,04	3,34	6,13	2,05	1,71	5,34

Tab. 4-7 Hodnoty lokálních závad 2



Graf 4-10 Výstupy měřicího vozu 2

4.6.4.2. Úsekové hodnocení

Z druhého měření MV byly získány tyto hodnoty:

Km 193,0	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
Směr											
Rozchod	!										
Převýšení											
Výška	!										
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
Km 194,0	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
Směr											
Rozchod	!										
Převýšení				
Výška	!										
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====

KM	SK	RK	PK	VK	CZK
193,2	2,23	2,31	2,70	2,63	2,48
193,4	2,30	2,42	2,61	3,60	2,66
193,6	1,55	2,60	3,80	3,56	3,16
193,8	1,54	2,23	2,12	2,49	2,12
194,0	1,97	2,35	3,10	2,89	2,78
	1,87	2,28	2,75	3,20	2,71

KM	SK	RK	PK	VK	CZK
194,2	2,10	2,17	3,10	2,64	2,65
194,4	2,34	2,37	2,50	1,88	2,17
194,6	2,46	2,70	3,66	2,76	3,40
194,8	1,79	2,14	2,70	2,76	2,55
195,0	1,55	2,12	2,43	2,86	2,46
	2,70	2,18	2,95	2,63	2,61

Tab. 4-8 Úsekové hodnocení 2

Hodnoty známek kvality se po prvním již nedostaly nad mezní hladinu, nicméně jejich hodnoty se blíží spíše průměrné známce 3. V hodnocení SDO se vyskytlo několik míst ve výšce a v převýšení, které v daném rychlostním pásmu překročily mezní hodnoty.

4.6.5. 3. měření – 30. 03. 2011

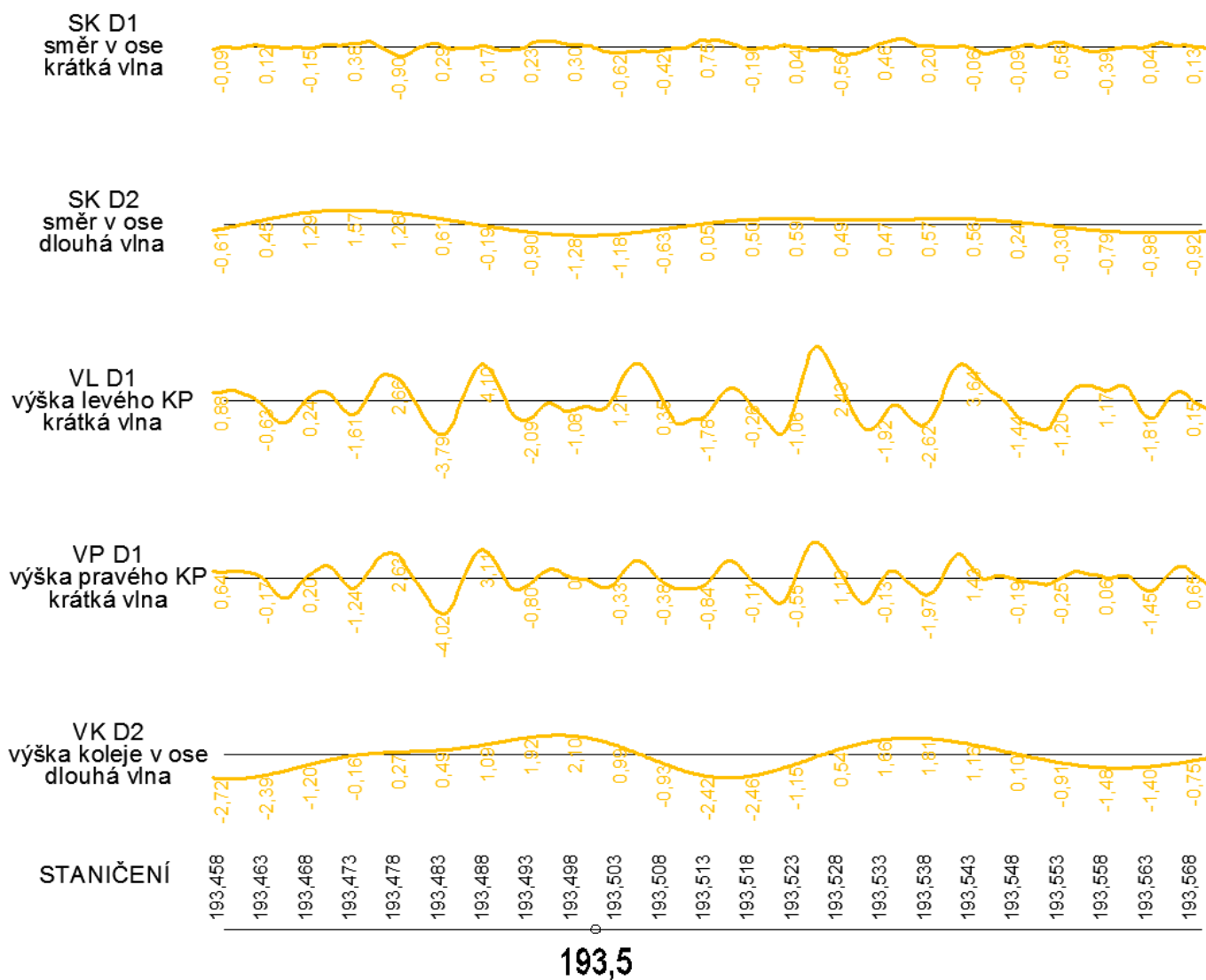
4.6.5.1. Hodnocení lokálních závad

Třetí průjezd měřicího vozu se uskutečnil tři dny před druhým podbitím a vyhodnocená data se příliš nelišila s daty z druhého měření. Odchyłky od střednice se pohybovaly v těchto mezích:

veličina	RK mm	ZR mm/2m	VL D1 mm	VP D1 mm	VK D2 mm	SL D1 mm	SP D1 mm	SK D2 mm
Min.	-2,71	-2,15	-4,56	-4,1	-5,68	-1,66	-1,8	-5,07
Max.	1,88	2,4	6,11	3,98	6,65	2,05	1,77	5,28

Tab. 4-9 Hodnoty lokálních závad 3

Žádná z hodnot nepřesáhla mez pozorování.



Graf 4-11 Výstupy měřicího vozu 3

4.6.6. 4. měření – 15. 08. 2011

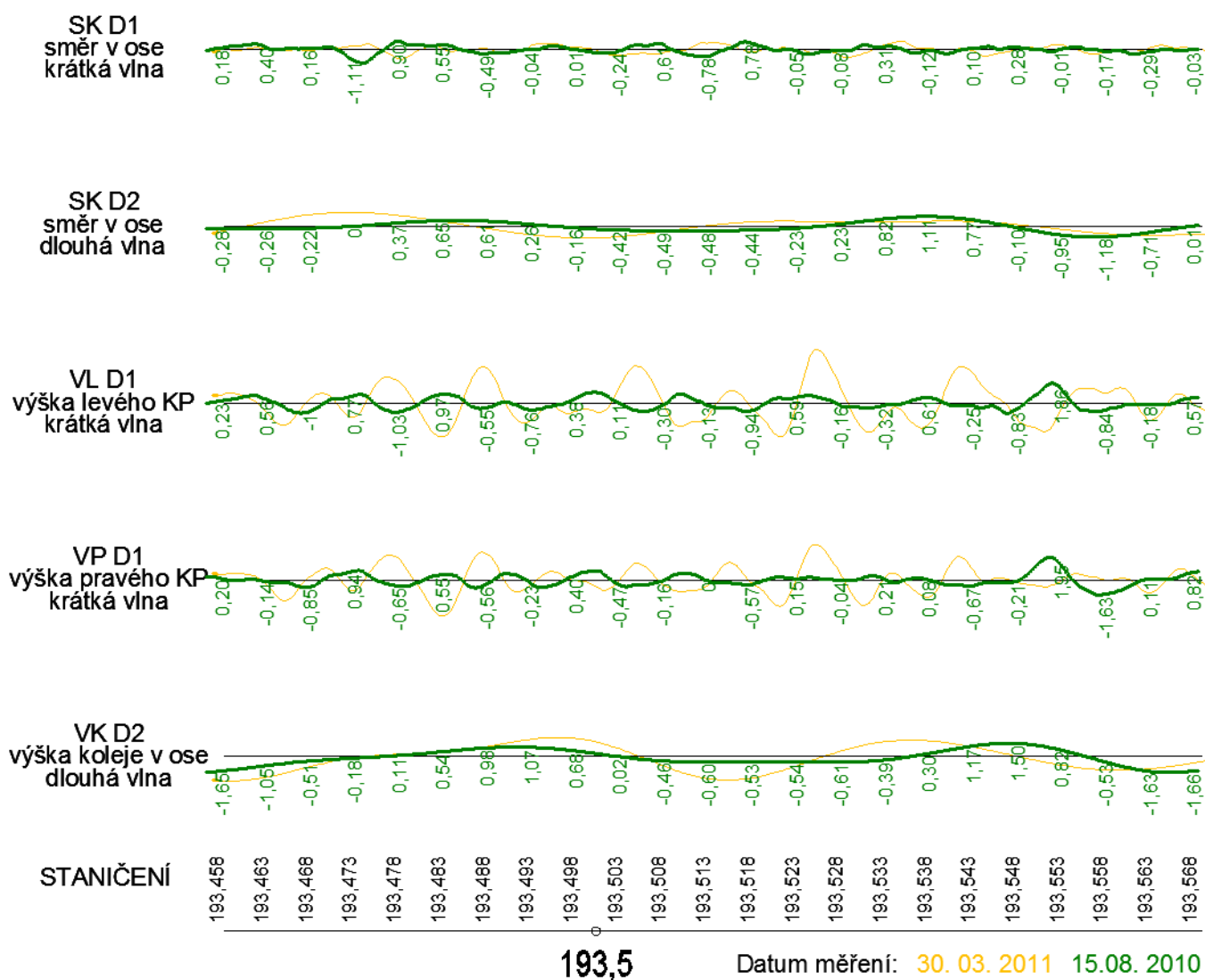
4.6.6.1. Hodnocení lokálních závad

Čtvrté měření proběhlo čtyři měsíce po druhém podbití trati. Přestože GPK trati nevykazovaly před podbitím odchylky přesahující hraniční meze, podbití zapůsobilo na GPK velice příznivě. Odchylky od střednice se pohybovaly po podbití v těchto mezích:

veličina	RK mm	ZR mm/2m	VL D1 mm	VP D1 mm	VK D2 mm	SL D1 mm	SP D1 mm	SK D2 mm
Min.	-3,1	-2,4	-2,05	-2,23	-4,76	-2,34	-2,63	-2,03
Max.	1,46	2,42	2,46	3,24	5,51	2,93	4,65	1,93

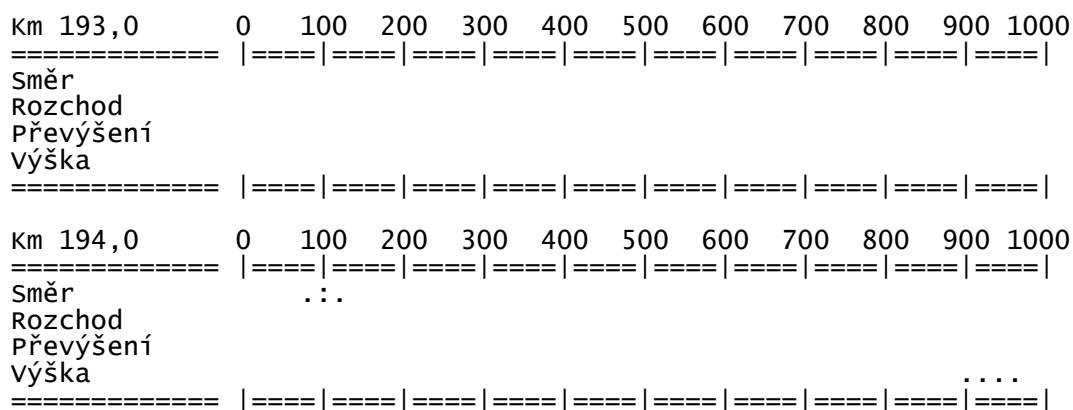
Tab. 4-11 Hodnoty lokálních závad

Parametry trati se oproti stavu před 2. podbitím výrazně zlepšily.



Graf 4-12 Výstupy měřicího vozu 4

4.6.6.2. Úsekové hodnocení



KM	SK	RK	PK	VK	CZK
193,2	1,91	2,46	2,13	1,80	1,94
193,4	1,78	2,50	2,13	2,35	2,05
193,6	2,33	2,20	2,15	2,22	2,09
193,8	2,09	2,27	2,10	1,90	1,97
194,0	2,34	2,34	2,44	2,29	2,18
	2,12	2,35	2,20	2,15	2,03

KM	SK	RK	PK	VK	CZK
194,2	3,52	2,29	2,85	2,28	2,86
194,4	2,21	2,41	2,53	1,92	2,10
194,6	1,92	2,11	2,04	1,89	1,81
194,8	2,12	2,26	2,32	2,16	2,05
195,0	1,64	2,18	2,49	3,50	2,82
	2,47	2,25	2,47	2,56	2,33

Tab. 4-12 Úsekové hodnocení 4

Přestože mezi druhým podbitím a posledním měřením MV uběhly čtyři měsíce, známky kvality koleje dosahují znatelně lepších hodnot, pouze mezi km 194,080 – 194,120 byly překročeny SDO ve směrové poloze koleje.

4.6.7. Celkové porovnání vyhodnocených hodnot GPK

Srovnání mezi jednotlivými měřeními byla popsána v předchozích kapitolách. Z nich je patrné, že z hlediska GPK bylo první podbití prospěšné, překročené odchylky ve výšce měřené v krátké vlně byly odstraněny a také známky kvality a odchylky SDO doznaly jistých zlepšení.

Je ale také patrné, že po pouhých čtyřech měsících se parametry koleje zejména ve výšce a převýšení opět zhoršily. Druhé podbití uskutečněné přesnou metodou přineslo výrazně lepší stav koleje, co se týče jak lokálních odchylek, tak i celkového stavu koleje popsaného známkami kvality a to přestože čtvrté měření proběhlo čtyři měsíce po opravě ASP.

Datum	Stav koleje	CZK km 193	CZK km 194
12. 7. 2010	před 1. podbitím	4,05	3,53
23. 11. 2010	po 1. podbití	2,71	2,61
30. 3. 2011	před 2. podbitím	3,29	2,91
15. 8. 2011	po 2. podbití	2,03	2,33

Tab. 4-13 Srovnání známek kvality

4.7. Srovnání měření PPK a GUK

Jelikož výsledkem měření PPK i GUK má být zhodnocení stavu koleje z hlediska její bezpečnosti, komfortu jízdy, případně nutnosti úpravy její polohy, měly by i závěry z těchto měření být do jisté míry shodné. Cílem této kapitoly je provést srovnání naměřených hodnot PPK a GUK ve snaze nalézt mezi nimi vztah a zhodnotit, zda-li skutečně poskytují shodné závěry.

Hodnoty odchylek PPK a GUK jsou velice těžko srovnatelné, neboť odchylky prostorové polohy koleje jsou vztaženy k projektovanému stavu, zatímco odchylky veličin geometrických parametrů koleje jsou vztaženy ke střednici geometrické veličiny. Ta tvoří pomyslnou ideální čáru průběhu výšky a směru v daném vlnovém rozsahu, neposkytne však informace o skutečných směrových a výškových odchylkách. Jak podélná výška, tak směr je v případě vyhodnocování měřicím vozem měřena asymetrickou tětivou. Za předpokladu konstantního (případně nulového) vzepětí tětivy systém nevyhodnotí žádné odchylky. To znamená, že pokud je kolej například konstantně 30 mm pod projektovanou niveletou, měřící vůz (a v podstatě jakékoliv zařízení měřící systémem tětivy) nezjistí žádné vzepětí a tudíž nevyhodnotí vůči střednici žádné odchylky.

Služební rukověť SŽDC 103/8 zavádí v hodnocení PPK i sledování rozdílů odchylek PPK ΔVKa a ΔSKa . V tomto předpise je uvedeno, že sledování rozdílů odchylek PPK ΔVKa a ΔSKa na vzdálenost 30 až 60 m je do jisté míry duplicitní s hodnocením relativních odchylek

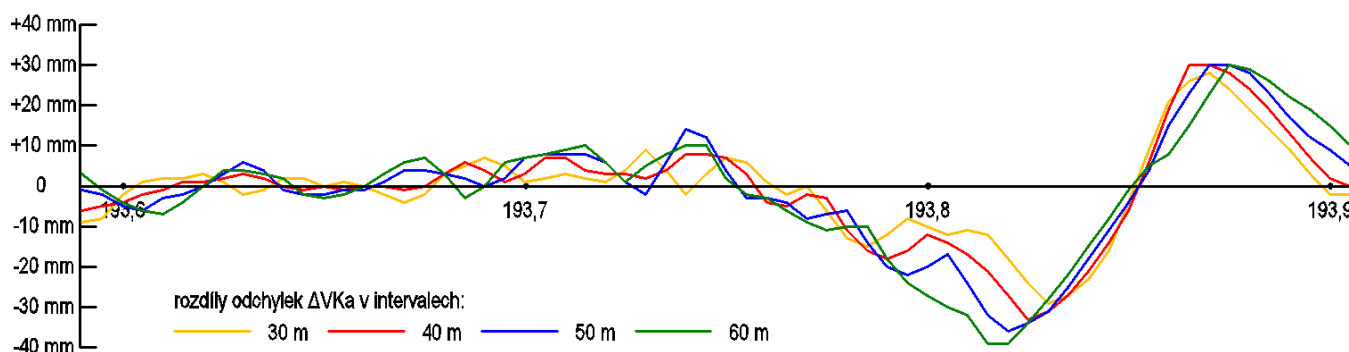
VL,VP/VK a SL,SP/SK zejména měřením měřicího vozu ve vlnovém pásmu D2. Prokáže-li se překročení mezních odchylek IAL měřícím vozem, zpravidla se následným změřením PPK prokáží odchylky v podélné výšce a směru koleje ΔVKa a ΔSKa [2].

Z tohoto důvodu byly hodnoty naměřené APK vyhodnoceny i na rozdíly odchylek ΔVKa a ΔSKa v intervalech 30, 40, 50 a 60 metrů, v tabulkách označeny jako ro-p a ro-v (absolutní hodnota rozdílů odchylek v poloze a výšce). Červeně jsou označeny hodnoty překračující ± 20 mm v případě vyhodnocení provozních odchylek, 15 mm v případě vyhodnocování stavebních odchylek.

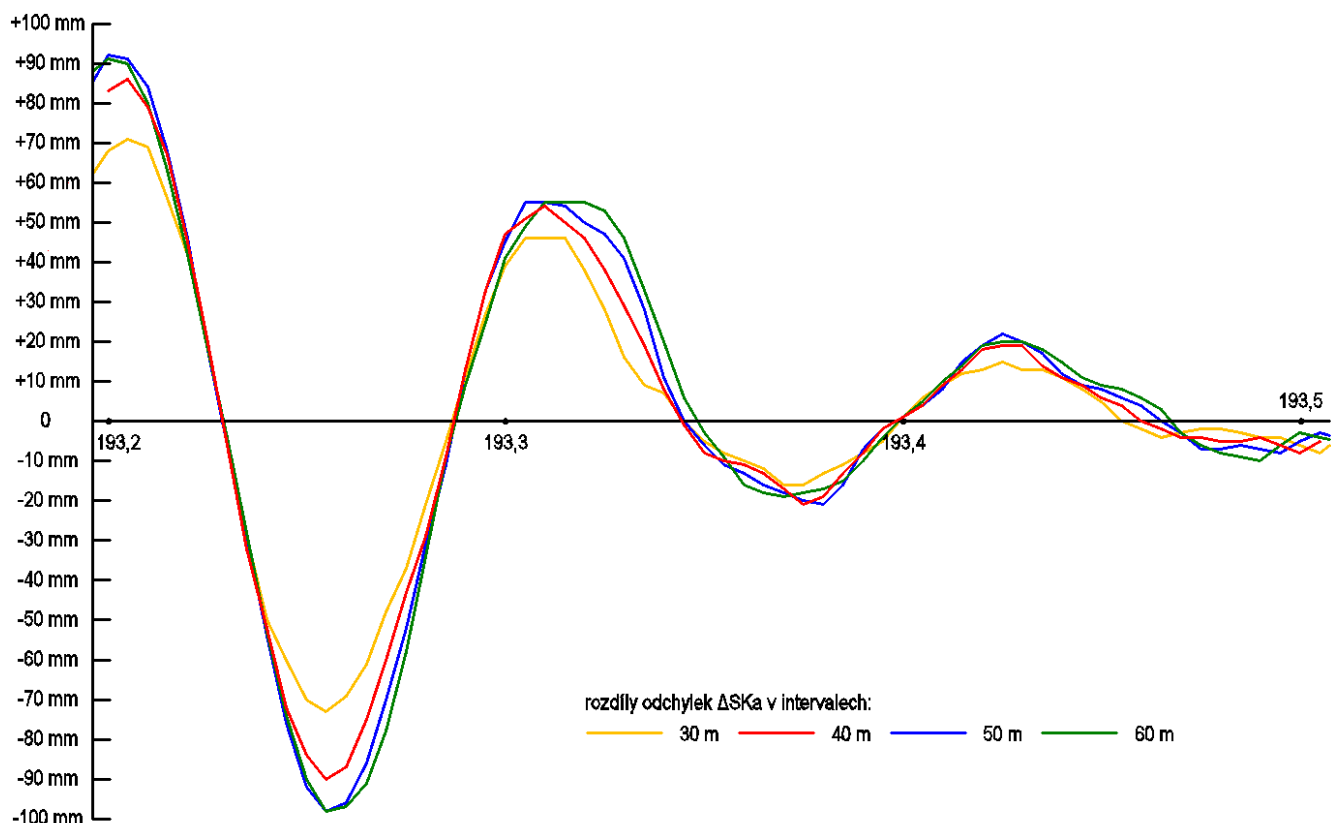
ST	VZ	Ska	Vka	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v
				interval 30m		interval 40m		interval 50m		interval 60m	
(km)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
194,209858	5,000	20	-31	-21	14	-25	19	-26	20	-24	22
194,214858	5,000	20	-29	-19	15	-26	21	-27	22	-23	20
194,219858	5,000	22	-31	-16	14	-21	18	-23	21	-23	22
194,224858	5,000	26	-36	-10	12	-13	14	-17	18	-19	20
194,229858	5,000	28	-40	-8	14	-6	12	-9	13	-17	19
194,234858	5,000	31	-43	-4	12	-4	13	-6	13	-12	16

Tab. 4-14 Vyhodnocení ΔVKa a ΔSKa

Z těchto hodnot byly vyneseny grafy zvlášť pro odchylky směru a odchylky ve výšce.



Graf 4-13 Rozdíly odchylek ΔVKa



Graf 4-14 Rozdíly odchylek ΔSKa

4.7.1. Srovnání PPK a GUK z dat naměřených před 1. podbitím

Veličiny vyhodnocené z prvního měření PPK uskutečněném 7. 7. 2010, tzn. před prvním podbitím, dosahovaly těchto hodnot:

	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v
	interval 30m		interval 40m		interval 50m		interval 60m	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Max.	71	28	86	30	92	30	91	30
Min.	-73	-29	-90	-33	-98	-36	-98	-39

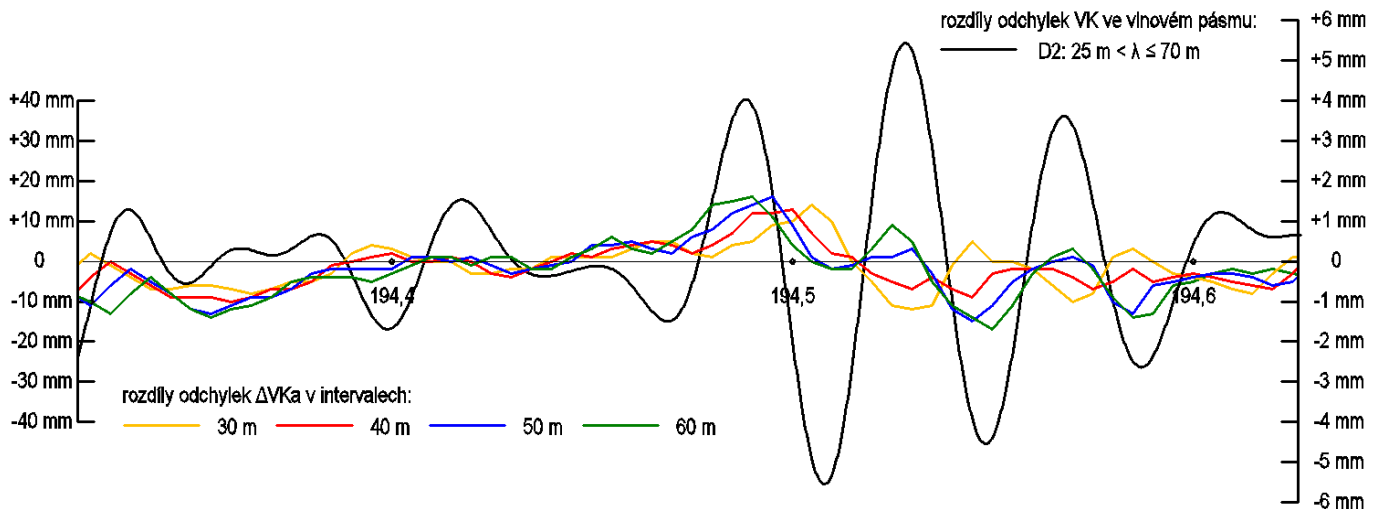
Tab. 4-15 Hodnoty ΔVKa a ΔSKa 1

Pro srovnání takto vyhodnocených dat posloužila data z měřicího vozu ze dne 12. 7. 2010. Mezi těmito měřeními je časový rozdíl pouhých pěti dní, během nichž se s prostorovou polohou koleje nepohybovalo.

4.7.1.1. Porovnání výškových odchylek

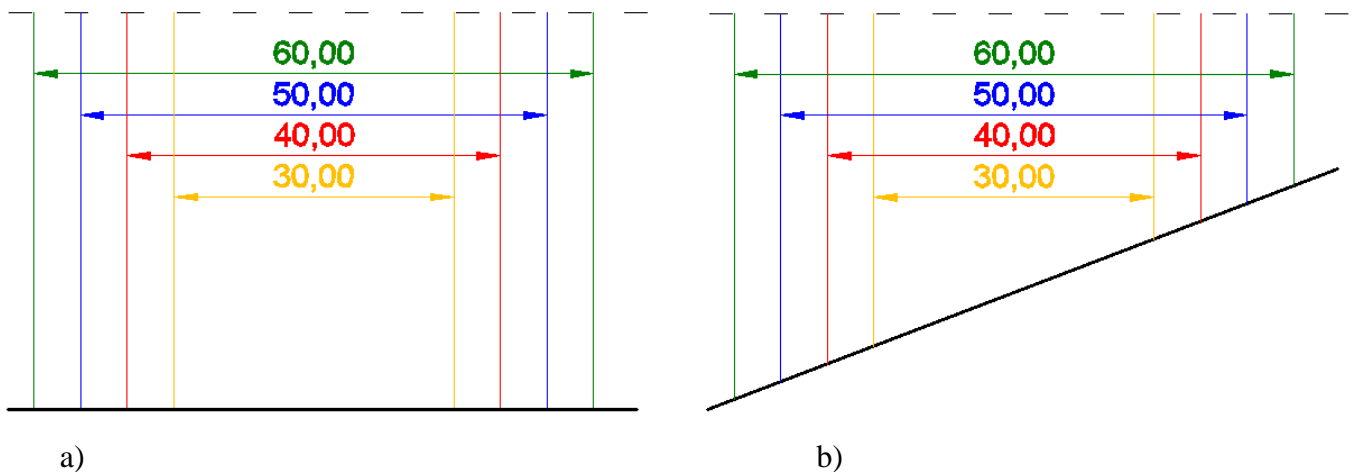
Pouhým porovnáním hodnot je patrné, že odchylky VK naměřené měřícím vozem a odchylky ΔVKa spočítané z dat APK, jsou řádově neporovnatelné. Zatímco rozdíly ΔVKa ve intervalu 30 - 60 metrů dosahují až 28 - 39 mm, hodnoty VK ve vlnové délce D2 mají svoje maximum do 7 mm. Z tohoto důvodu je hodnota VK v grafech oproti hodnotám ΔVKa 10 x

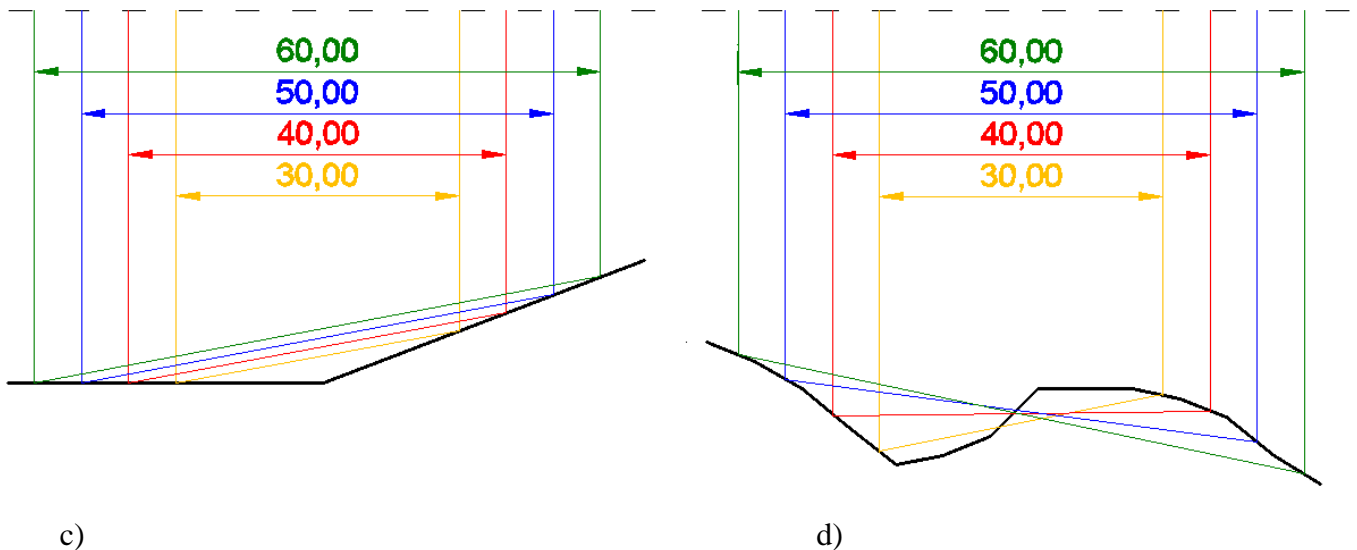
převýšená, aby bylo možno vysledovat trendy jednotlivých křivek a najít mezi nimi souvislosti.



Graf 4-15 Srovnání ΔVKa a VK_{D2} 1

Z porovnání grafů lze vyčíst, že je-li průběh ΔVKa plynulý, nejlépe lineární, jsou i odchylky VK minimální. Je také patrné, že k největším odchylkám změnám VK dochází v místech, kde nastává prudká změna rozptylu mezi jednotlivými křivkami rozdílů odchylek ΔVKa nebo případně jejich překřížením. Vysvětlení poskytuje následující obrázek. Černou čarou je znázorněna skutečná výšková poloha koleje, barevně jsou označeny spojnice jednotlivých rozdílů odchylek ΔVKa v intervalech 30 – 60 metrů.





Obr. 4-3 Křivky rozdílů odchylek

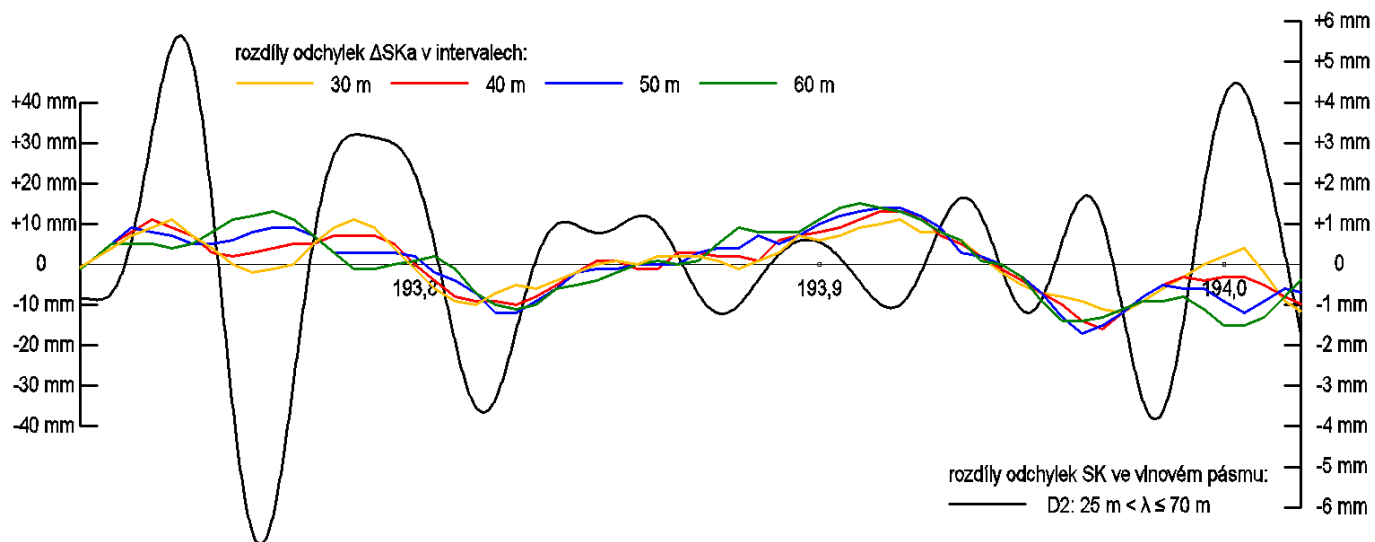
Z obrázku 4-3 a) a b) je patrné, že pokud nenastávají náhlé změny sklonu koleje, nedochází k rozbíhání, sbíhání či křížení spojnic jednotlivých rozdílů odchylek ΔVKa . Tento stav nezachytí ani měřicí vůz a nevyhodnotí tak žádné odchytky VK.

Nastane-li ale ke směně sklonu koleje stejného smyslu (obr 4-3 c), spojnice jednotlivých rozdílů odchylek ΔVKa se od sebe vzájemně vzdálí. Místo, kde dojde k nárůstu jejich rozptylu je také vyhodnoceno měřicím vozem jako odchytky VK. Čím je změna rozptylu náhlejší, tím je vyhodnocena větší odchytky VK, čím je plynulejší, tím menší odchytky VK měřicí vůz zachytí.

Nastane-li ke změně sklonu koleje opačného smyslu (obr 4-3 d), spojnice jednotlivých rozdílů odchylek ΔVKa se překříží. Místo, kde dojde k překřížení je opět místo změny rozptylu, což měřicí vůz vyhodnotí jako odchytky VK, k čím prudší změně nastane, tím je vyhodnocená odchytky VK vyšší.

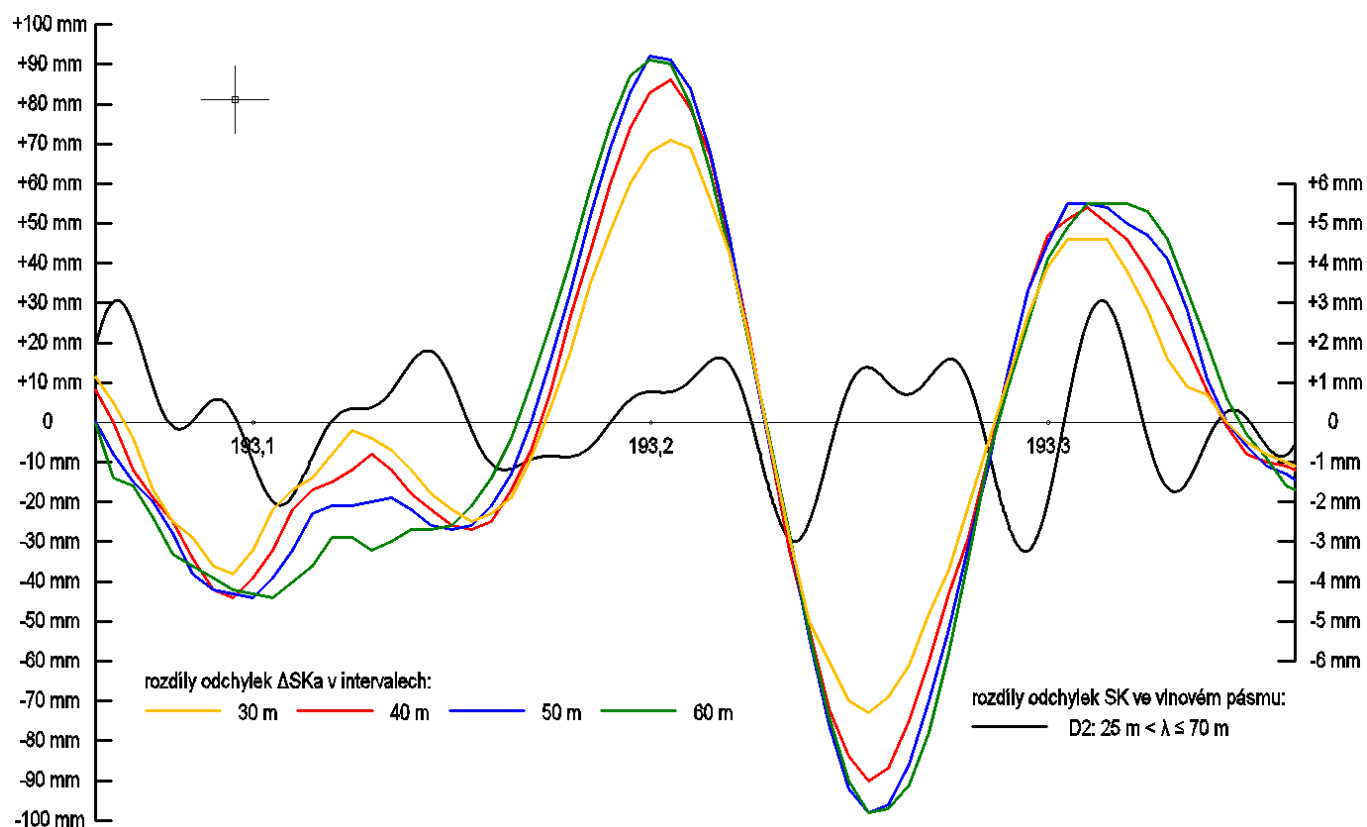
4.7.1.2. Porovnání směrových odchylek

Při porovnávání směrových odchylek bylo postupováno stejným způsobem jako při porovnávání výškových odchylek. Hodnoty odchylek VK ve vlnové délce D2 získané z měřicího vozu se řádově rozdílům odchylek ΔSKa nepodobají. Zatímco rozdílů ΔSKa se pohybují v rozmezí 73 – 98 mm, hodnoty naměřené měřicím vozem ve vlnové délce D2 se nabývají hodnot do 7 mm. Hodnota VK je tak v grafech oproti hodnotě ΔSKa 10x převýšena.



Graf 4-16 Srovnání Δ SKa a SK_D2 1a

Z obrázku lze vyčíst, že stejně jako ve srovnání výškových odchylek, tak i v tomto případě dochází k největším odchylkám VK v místech, kde se prudce rozbíhají, sbíhají nebo kříží křivky rozdílů odchylek Δ SKa jednotlivých intervalových délek. Tuto teorii potvrzuje i vyhodnocení místa, kde během prvního měření PPK došlo k největším směrovým odchylkám.



Graf 4-17 Srovnání Δ SKa a SK_D2 1b

I v tomto případě platí, že nastane-li změna rozptylu rozdílů odchylek ΔSKa jednotlivých intervalových délek pozvolně, nedosahuje odchylka SK v pásmu D2 vysokých hodnot.

4.7.2. Srovnání PPK a GUK z dat naměřených před 2. podbitím

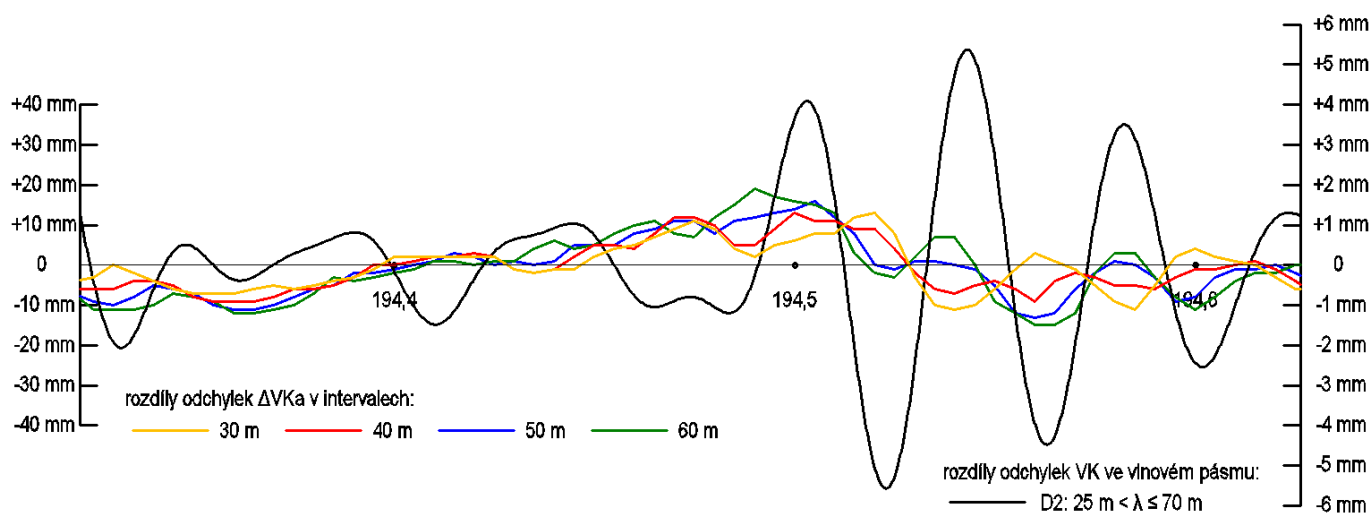
Další relativně dobře porovnatelná data jsou z měření PPK ze dne 15. 3. 2011 a dat z měřicího vozu ze dne 30. 3. 2011. Mezi těmito měřeními nedošlo ke směrovým ani výškovým úpravám koleje. Veličiny vyhodnocené z prvního měření PPK uskutečněném 7. 7. 2010, tzn. před prvním podbitím, dosahovaly těchto hodnot:

	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v
	interval 30m		interval 40m		interval 50m		interval 60m	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Max.	47	31	53	34	56	33	56	32
Max.	-46	-27	-59	-29	-67	-33	-67	-36

Tab. 4-16 Hodnoty ΔVKa a ΔSKa 2

4.7.2.1. Porovnání výškových odchylek

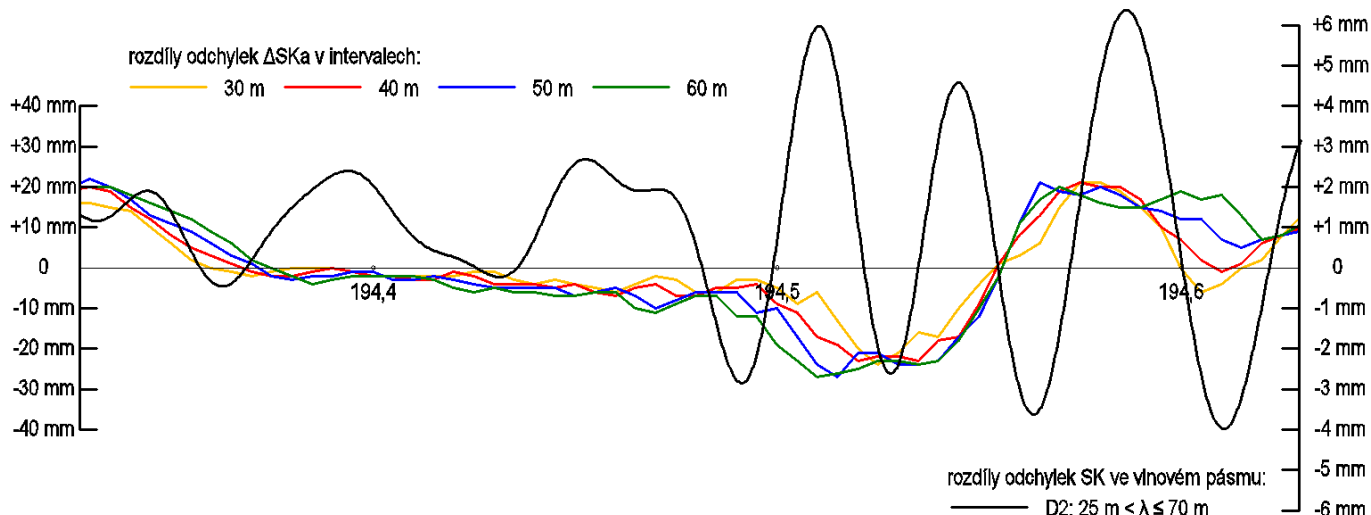
Výškové rozdíly odchylek ΔVKa zůstaly od minulého měření takřka stejné, stejně tak i odchylky VK ve vlnové délce D2. Metodika porovnání zůstala stejná, jako v předchozím případě.



Graf 4-18 Srovnání ΔVKa a VK_{D2} 2

4.7.2.2. Porovnání směrových odchylek

Směrové rozdíly odchylek ΔSKa se zmenšily cca na polovinu, měření odchylek VK doznalo také jistých zlepšení, některé úseky ale zůstaly v obou případech takřka stejné. Metodika porovnání zůstala stejná.



Graf 4-19 Srovnání ΔSKa a SK_{D2}

4.7.3. Srovnání PPK a GUK z dat naměřených po 2. podbití

Hodnocení stavu koleje po druhém podbití je zde uvedeno jenom orientačně, mezi měřeními PPK systémem APK a měřeními GPK měřícím vozem uběhly více než čtyři měsíce. Veličiny vyhodnocené čtvrtým měřením PPK uskutečněným 11. 4. 2011 dosahovaly těchto hodnot:

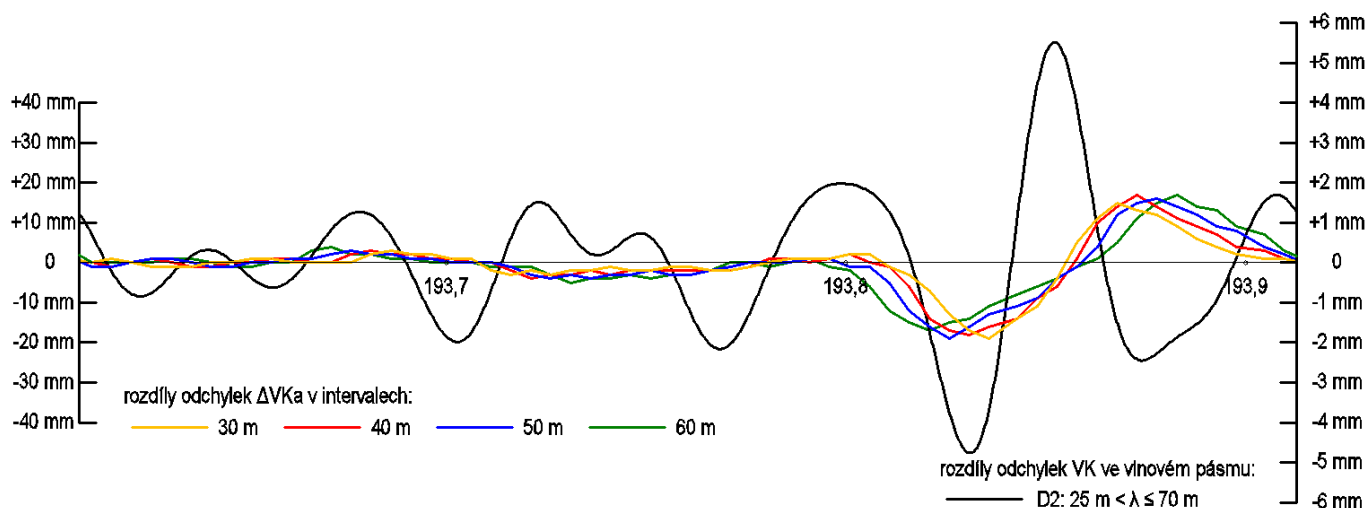
	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v	ro-p	ro-v
	interval 30m		interval 40m		interval 50m		interval 60m	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Max.	6	15	7	17	8	16	9	17
Max.	-11	-19	-11	-18	-11	-19	-11	-17

Tab. 4-17 Hodnoty ΔVKa a ΔSKa 3

Z těchto hodnot je poznat, že kolej doznala ztelného zlepšení. Tato data byla porovnána s daty naměřenými měřícím vozem 15. 8. 2011.

4.7.3.1. Porovnání výškových odchylek

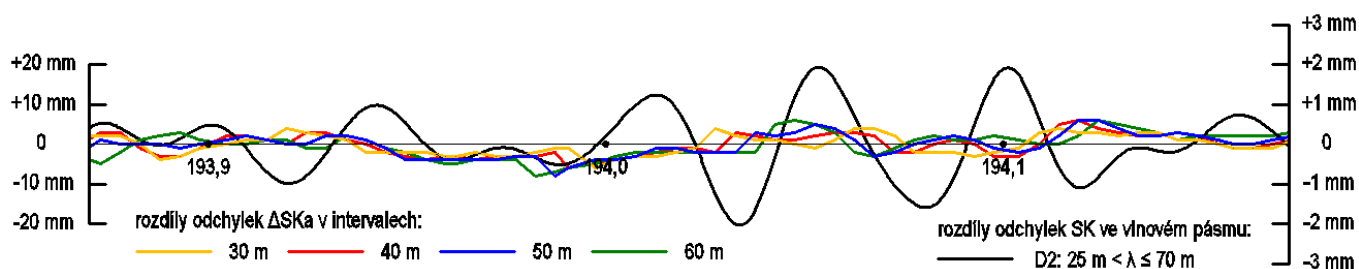
Po druhém podbití koleje přesnou metodou došlo ke ztelným zlepšením výškových rozdílů odchylek ΔVKa , stejně tak i odchylek VK v $D2$. Opět dochází k největším odchylkám v místech, kde se sbíhají křivky rozdílů odchylek ΔVKa .



Graf 4-20 Srovnání ΔVKa a VK_{D2} 1

4.7.3.2. Porovnání směrových odchylek

Po druhém podbití koleje přesnou metodou došlo ke znatelným zlepšením směrových rozdílů odchylek ΔSKa , stejně tak i odchylek SK v $D2$. Opět dochází k největším odchylkám v místech, kde se sbíhají křivky rozdílů odchylek ΔSKa .



Graf 4-21 Srovnání ΔSKa a SK_{D2} 1

4.7.4. Celkové zhodnocení srovnání PPK a GUK

Jelikož je měření PPK a GUK zcela odlišnou záležitostí, tak i srovnání hodnot z těchto měření je obtížné. Už samotné měření geometrického uspořádání koleje odlišnými měřicími prostředky je svým způsobem těžko porovnatelné, i když je zde snaha převádět všechny dynamicky měřené veličiny na skutečnou geometrii pomocí přenosové funkce. U měřícího vozu železničního svršku se navíc nelze spolehnout na přesnost skutečné polohy v trati, tolerance polohy se pohybuje zpravidla v rozmezí ± 5 m, a tudíž není jistota, zda naměřená odchylka se vztahuje skutečně k danému staničení.

Srovnání v předchozích kapitolách posloužilo ke snaze nalézt přibližný vztah mezi naměřenými hodnotami PPK a GUK. Hodnoty, které byly naměřeny měřícím vozem, ve srovnání s absolutními hodnotami rozdílů odchylek v poloze a výšce z měření PPK, byly řádově neporovnatelné. Porovnáním grafického vyjádření byl nalezen vztah, popsany

v kapitole 4.7.1.1 Porovnání výškových odchylek. Tento vztah byl splněn ve zhruba 80% porovnávaných hodnot, nicméně pro jeho další uplatnění by bylo zapotřebí větší vzorek měření. Lze ale předpokládat, že v místech, ve kterých dochází k prudké změně rozptylu mezi spojnici absolutních odchylek prostorové polohy koleje v různých intervalech, dochází i k nežádoucímu stavu geometrických parametrů koleje. Na základě vyhodnocení porovnaných dat ale nelze souhlasit se zněním kapitoly 7.5.1 SŽDC SR103/8, kde je uvedeno, že rozdíly hodnot ΔVK_a a ΔSK_a jsou s hodnotami relativních odchylek VL,VP/VK a SL,SP/SK duplicitní [2].

5. ZÁVĚR

Měření jak prostorové polohy koleje, tak geometrické polohy koleje, přinesly v podstatě shodné závěry. Stav koleje po podbití metodou zmenšení chyb byl z hlediska GUK a KUK uspokojivý, avšak známky kvality, které vyhodnotil měřící vůz, nebyly příslibem pro dlouhodobé udržení vyhovujícího stavu koleje. Odchyilkám PPK nevyhověla kolej zejména v rozdílu mezi projektovanou a změřenou výškou její nivelety. Pokud by proběhlo kontrolní měření GUK a KUK, případně PPK ihned po podbití koleje, kolej by maximálním dovoleným stavebním odchyilkám nevyhověla. Bohužel kontrola GPK měřícím vozem proběhla až 2 měsíce po podbití, kontrola PPK 3 měsíce po podbití. Jediný záznam o kontrole práce ASP byl pouze výpis záznamového zařízení ASP, který se ale bohužel nepodařilo získat z důvodu havárie počítače ASP, která podbíjení realizovala.

Druhé podbití, kdy byla ASP naváděna na data naměřená systémem APK-3, dopadlo o poznání lépe. Trať vyhověla jak maximálním stavebním odchyilkám prostorové polohy koleje, tak i směrodatným odchyilkám vyjádřeným známkami kvality naměřeným měřícím vozem.

Z těchto poznatků lze konstatovat, že za reklamaci a nutnost druhého podbití v časovém intervalu šesti měsíců může zejména nedodržení předpisů. Pokud by bylo první podbití provedeno přesnou metodou tak, jak stanovuje předpis S3/1, nemuselo by k reklamaci a nutnosti druhého podbíjení vůbec dojít.

Jelikož cena podbíječky za strojoden (typicky 8 hodin) se v dnešní době pohybuje mezi 150 – 300 tisíci Kč, bylo rozhodnutí použít v rozporu s předpisy metodu zmenšování chyb, neekonomické. Cena jednoho podbití by byla navýšena pouze o cenu práce APK, která činí cca 8 000 Kč za jeden kilometr změřené koleje, což je vzhledem ke kvalitě a trvanlivosti podbité koleje zanedbatelná částka.

V budoucí praxi bych doporučil, aby se nešetřily peníze na zdánlivě nepotřebných úkonech, jakým se může zdát použití APK a aby se striktně dodržovaly předpisy. Metoda zmenšení chyb je sice do jisté míry účinná, avšak na tranzitních koridorech a na tratích pojižděných rychlostí nad 120 km.h^{-1} má být použito přesné metody. Ideálně by měla být trať vyhodnocována kontinuálními prostředky GPK a v případě nalezení lokálních závad nebo vyhodnocení neuspokojivými známkami kvality by měla být změřena měřícím systémem APK. Toto měření by zároveň posloužilo pro navádění ASP přesnou metodou, která je na těchto tratích žádoucí. Jen tak lze dosáhnout kvalitního podbití koleje s příslibem co nejdelšího udržení jejího dobrého stavu. Jak jsem již psal v úvodu, snahou by nemělo být

zvyšovat počet podbíjecích cyklů, ale kvalitu práce a snížit tak celkové náklady na údržbu koleje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN 73 6360-2 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha. Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba, říjen 2009
- [2] Předpis SŽDC SR103/8(S) Komentář ČSN 73 6360 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha, schváleno dne 22.11.2010, č.j.: 55549/10-OTH, účinnost od 1. března 2011
- [3] Předpis SŽDC SR103/4(S) Využívání měřicích vozů pro železniční svršek s kontinuálním měřením tratě pod zatížením. Schváleno generálním ředitelem SŽDC dne 7.7.2010, č.j.: S 31722/10-OTH, účinnost od 1. srpna 2010
- [4] Předpis SŽDC (ČD) S3/1, změna č. 2 Práce na železničním svršku. Schváleno generálním ředitelem SŽDC dne 21.12.2009, č.j.: 5170/2009-TÚDC, účinnost od 1. ledna 2010
- [5] Předpis SŽDC S3 díl III Železniční svršek: Zajištění prostorové polohy koleje. Schváleno generálním ředitelem SŽDC dne 3.6.2008, č.j.: 9675/08/OP, účinnost od 1. října 2008
- [6] TALÁCKO, Milan: Měření prostorové polohy koleje metodou GPS – RTK. X. Seminář s mezinárodní účastí, Aplikace družicových měření v geodézii, Brno 2007
- [7] TALÁCKO, Milan: Systém APK-1 pro měření osy koleje v absolutních souřadnicích, Žilina 2005
- [8] VAVREČKA, Libor: Měření prostorové polohy koleje systémem APK-1, Brno 2007
- [9] JELÍNEK, Václav: Nivelační a směrovací zařízení ASP, metody práce a jejich užití, Olomouc 1991
- [10] JELÍNEK, Václav: Příručka pro obsluhy strojů pro směrovou a výškovou úpravu kolejí a výhybek, Olomouc 1978
- [11] VANČURA, Bohumil: Nové diagnostické prostředky Technické ústředny dopravní cest pro měření železničního svršku. NŽT 2/2000
- [12] Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah, kapitola 8 Konstrukce koleje a výhybek. Schváleno generálním ředitelem SŽDC dne 7.4.2008, č.j.: 12153/08-OKS, účinnost od 1.7.2008
- [13] Automatizace strojů a procesů s.r.o.: Směrový a výškový laser, Plzeň 2005
- [14] KŽV s.r.o.: Lehký měřicí vozík Krab 84.09 pro skutečnou geometrii koleje, Praha 2006

[15] PLASSER & THEUER: 09 CSM Směrovací systém – všeobecný popis, říjen 2009

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AL	mez sledování (alert limit)
ALC	naváděcí systém ASP
APK	absolutní poloha koleje
ASP	automatická strojní podbíječka
BPV	Baltský po vyrovnání (výškový systém)
CMS	systém pro měření mikrogeometrie kolejnic (corrugation measurement system)
CZK	celková známka kvality
ČD	České dráhy
DLS	naváděcí systém ASP (direction line systém)
GNSS	globální družicový polohový systém (global navigation satellite system)
GPK	geometrické parametry koleje
GPS	globální polohový systém (global positioning system)
GUK	geometrické uspořádání koleje
KO	konec oblouku
KP	konec přechodnice / kolejnicový pás
KÚ	konec úpravy
KUK	konstrukční uspořádání koleje
KZO	konec zakružovacího oblouku
MD	měřicí drezína
MV	měřicí vozík
MVŽS	měřicí vůz železničního svršku
NV	nivelační vozík
PK	převýšení koleje
PPK	prostorová poloha koleje
PV	přední vozík
RK	rozchod koleje

ROLAS	rotační laser
RP	rychlostní pásmo
RTK	metoda určování polohy (real time kinematic)
SDC	Správa dopravní cesty
SDO	směrodatná odchylka
SK	směr koleje
SKA	absolutní směrová odchylka koleje
SL, SP	směr pravého, levého kolejnicového pásu
S-JTSK	souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SV	směrovací vozík
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
SŽG	Správa železniční geodezie
TBZ	technická bezpečnostní zkouška
TMS	traťový měřicí systém GPK na MV (Track Measuring System)
TÚDC	Technická ústředna dopravní cesty
VK	podélná výška koleje v ose
VKA	absolutní výšková odchylka koleje
VL, VP	podélná výška temen levého, pravého kolejnicového pásu
VRA	systém pro posuzování odezvy vozidla (Vehicle Response Analysis)
VUZ	Výzkumný ústav železniční
ZKV	známka kvality
ZO	začátek oblouku
ZP	začátek přechodnice
ZÚ	začátek úseku
ZV	zadní vozík
ZZO	začátek zakružovacího oblouku

SEZNAM PŘÍLOH

Měření PPK – tabulky (příloha 1)

<u>Číslo přílohy</u>	<u>název přílohy</u>	<u>počet stran</u>
1/1	1. měření 7. 7. 2010	7
1/2	2. měření 7. 1. 2010	3
1/3	3. měření 15. 3. 2011	7
1/4	4. měření 11. 4. 2011	7

Měření PPK – grafy (příloha 2)

<u>Číslo přílohy</u>	<u>název přílohy</u>	<u>počet stran</u>
2/1	1. a 2. měření PPK	9
2/2	3. a 4. měření PPK	9

Měření GPK – grafy (příloha 3)

<u>Číslo přílohy</u>	<u>název přílohy</u>	<u>počet stran</u>
3/1	1. a 2. měření GPK	9
3/2	2. a 3. měření GPK	9

Srovnání PPK a GUK – grafy (příloha 4)

<u>Číslo přílohy</u>	<u>název přílohy</u>	<u>počet stran</u>
4/1	Měření PPK 7. 7. 2010 a měření GPK 12. 7. 2010	9
4/2	Měření PPK 15. 3. 2011 a měření GPK 30. 03. 2011	9
4/3	Měření PPK 11. 4. 2011 a měření GPK 15. 8. 2011	9