



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**GEODETICKÉ ČINNOSTI PŘI REKONSTRUKCI
POVRCHU DÁLNICE D1**

GEODETIC WORKS DURING RECONSTRUCTION OF HIGHWAY D1

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Peter Gunár

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ BUREŠ, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Peter Gunár
Název	Geodetické činnosti při rekonstrukci povrchu dálnice D1
Vedoucí práce	doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] ANDĚL J. – Matematická statistika, SNTL, Praha 1978
- [2] BÖHM J., RADOUCH V., HAMPACHER M. – Teorie chyb a vyrovnávací počet, GKP Praha, 1990
- [3] BITTERER, L. - Vyrovnávací počet, ŽU v Žilině, EDIS, 2006, ISBN 80-8070-517-8
- [4] DUBIŠAR P. – Charakteristiky vnitřní spolehlivosti polohové sítě, GaKO 39/81, Praha 1993
- [5] INGEDULD M., JANDOUREK J., RATIBORSKÝ J., BLAŽEK R. – Metody výpočtu a vyrovnání geodetických sítí, skriptum, ČVUT Praha 1993
- [6] MICHALČÁK O., VOSIKA O., VESELÝ M., NOVÁK Z. – Inžinierska geodézia I, SNTL Praha 1985
- [7] MICHALČÁK O., VOSIKA O., VESELÝ M., NOVÁK Z. – Inžinierska geodézia II, ALFA Bratislava 1990, ISBN 80-05-00678-0
- [8] ŠVÁBENSKÝ O., VITULA A., BUREŠ J. - Inženýrská geodézie I, GE16 modul 03, Návodý ke cvičením, studijní opora pro studijní programy s kombinovanou formou studia, VUT v Brně, Fakulta stavební.
- [9] KRCHO J. - Modelovanie georeliéfu a jeho geometrickej štruktúry pomocou DTM, polohová a numerická presnosť. Bratislava 2001. ISBN 80-85401-92-4
- [10] ČSN související bezprostředně s řešenou problematikou

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Podílejte se na geodetických činnostech při rekonstrukci povrchu dálnice D1 v úseku Rosice - Brno. Popište souvislosti geodetických a stavebních činností a postupu výstavby. Použité měřické postupy podrobte teoretické analýze přesnosti v kontextu s předepsanými odchylkami uvedenými v projektové dokumentaci nebo v ČSN. Samostatně zpracujte vybraná naměřená data, vyhodnoťte výsledky, analyzujte dosaženou přesnost a zpracujte potřebnou dokumentaci. V závěru zhodnoťte celý proces geodetických činností.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cieľom diplomovej práce je popis súvislostí geodetických a stavebných činností a postupov prác pri rekonštrukcii povrchu diaľnice D1 v úseku Rosice – Brno. Práca sa venuje oblasti inžinierskej geodézie a rieši problematiku tvorby meračskej siete, vytýčenia, kontrolného merania a zamerania skutočného vyhotovenia stavby. Použité meračské postupy sú podrobené analýze presnosti v kontexte s predpísanými odchýlkami uvedenými v projektovej dokumentácii alebo v príslušných ČSN. Pre vybrané namerané dáta je spracovaná geodetická dokumentácia.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytyčovací sieť, vytýčovanie, kontrolné meranie, diaľnica, inžinierska geodézia, geodetická dokumentácia

ABSTRACT

The main goal of the diploma thesis is the description of geodetic and construction activities and work processes dealing with reconstruction of the D1 highway surface in the section Rosnice – Brno. The thesis is focused within the sphere of engineering geodesy and address the issue of creation of point field, stake-out, control measurement and the measurement of real building execution documents. Used survey procedures are analyzed in the context of the standard deviation listed in the project documentation or ČSN. The geodetic documentation is compiled for the chosen measured data.

KEYWORDS

Surveying network, stake-out, control measurement, highway, engineering surveying, geodetic documentation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Peter Gunár *Geodetické činnosti při rekonstrukci povrchu dálnice D1*. Brno, 2019. 55 s., 22 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Geodetické činnosti při rekonstrukci povrchu dálnice D1* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2019

Bc. Peter Gunár

autor práce

POĎAKOVANIE:

V prvom rade chcem poďakovať vedúcemu diplomovej práce, doc. Ing. Jiřímu Burešovi, Ph.D. za odborné vedenie, konzultácie, cenné rady a pripomienky pri spracovaní práce. Vďaka patrí aj mojim rodičom, ktorí ma podporovali počas celého štúdia. Ďalej by som sa chcel poďakovať firme ZK- Brno, kde som počas štúdia pracoval, a ktorá mi umožnila použitie všetkej dokumentácie potrebnej k danej téme.

Obsah

1	ÚVOD	10
2	ÚVOD DO PROBLEMATIKY	11
2.1.	POPIS STAVBY	14
2.2.	HARMONOGRAM	16
3	TERMINOLÓGIA	17
3.1.	SKLADBA VOZOVKY	17
3.2.	ČÍSLOVANIE BODOV	20
4	VYTYČOVACIA SIETĚ	21
4.1.	PRÍSTROJOVÉ VYBAVENIE	21
4.2.	KONTROLA SÚČTOVEJ KONŠTANTY PRÍSTROJA TRIMBLE S5	23
4.3.	VÝSTUP DÁT ZO ZÁKAZKY	23
4.4.	METÓDY POLOHOVÉHO A VÝŠKOVÉHO URČENIA	26
4.4.1.	<i>Polárna metóda</i>	26
4.4.2.	<i>Trigonometrické určenie výšky</i>	26
4.4.3.	<i>Metóda prechodného stanoviska</i>	26
4.4.4.	<i>Metóda RTK - GNSS</i>	27
4.5.	ROZBOR PRESNOSTI	27
4.6.	PODKLADY	29
4.7.	STABILIZÁCIA	29
4.8.	MERANIE V SIETI	31
4.9.	VYROVNANIE SIETE	31
5	PODKLADOVÁ VRSTVA	34
5.1.	ZAMERANIE ODBÚRANIA STÁVAJÚCEHO POVRCHU	34
5.2.	VYHODNOTENIE	34
5.3.	KUBATÚRA A PLOCHA ODŤAŽENÉHO MATERIÁLU	34
6	VYTYČOVANIE	36
6.1.	LANKO DRÁHA	36
6.2.	KONTROLA NADVÄZNOSTI LANKO DRÁHY	39
6.3.	VYHODNOTENIE ODCHÝLOK NADVÄZNOSTI LANKO DRÁHY	39
6.4.	VYBAVENIE DIALNICE	40
6.4.1.	<i>Záchytné zariadenia</i>	40
6.4.2.	<i>SOS hlásky a dohľadové miesta</i>	41
6.4.3.	<i>Dopravné značenie</i>	42

6.4.4.	<i>Odvodnenie</i>	43
7	KONTROLNÉ ZAMERANIE VRSTIEV	45
7.1.	MERANIE V KONTROLNÝCH BODOCH	45
7.2.	VYHODNOTENIE VRSTIEV	47
7.3.	VYHODNOTENIE PLOCHY VRSTIEV	47
7.4.	GDPS	48
8	ZÁVER	49
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	51
	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	53
	ZOZNAM OBRÁZKOV	54
	ZOZNAM TABULIEK	54
	ZOZNAM PRÍLOH	55

1 Úvod

Diplomová práca s názvom *Geodetické činnosti při rekonstrukci povrchu dálnice D1* sa zaoberá problematikou geodetických práci súvisiacich s činnosťami pri úprave povrchu diaľnice a opravou povrchov na mimoúrovňových kríženíach. Konkrétne sa jedná o úsek diaľnice D1 v km 181,990 – 189,700 a o príslušné mimoúrovňové kríženia.

Práca je vyhotovená na podklade merania realizovaného v dobe od mája do októbra v roku 2018. Zaoberá sa všetkými činnosťami pri realizácii rekonštrukcie, od vytvorenia pomocnej meračskej siete až po zameranie skutočného prevedenia stavby. Celkovo sa práca opiera o problematiku inžinierskej geodézie, konkrétne líniových stavieb a zaoberá sa aj súčasnými postupmi pri rekonštrukcii alebo pri modernizácii líniových stavieb.

V práci je popísaný časový a stavebný harmonogram práci vykonávaných pri rekonštrukcii povrchu diaľnice. Všetky podklady, ktoré boli využité napríklad pre vytyčenie objektov, boli zadané projektantom stavby. Ďalej sú v práci uvedené použité meračské prístroje, ktoré boli použité pri práci na rekonštrukcii povrchu.

Následne je v diplomovej práci popísaný postup pri budovaní pomocnej meračskej siete, jej rozbor a posúdenie vhodnosti použitia danej metódy. Ďalej sú opísané postupy pri riešení vytyčovania a následného kontrolného zamerania jednotlivých etáp vykonávaných na stavbe. Spomenuté sú aj práce na vytyčovaní a zameriavaní vybavenia diaľnice.

2 Úvod do problematiky

Geodetické práce ovplyvňujú výstavbu pozemných komunikácií radou vykonávaných činností. Tieto práce je možné rozdeliť do troch oblastí podľa toho, ako sa jednotlivých etáp výstavby komunikácie dotýkajú. Jedná sa o:

- geodetické práce spojené s vypracovaním projektovej dokumentácie
- geodetické práce spojené s realizáciou stavby a s vykonávaním kontrolného monitoringu počas výstavby
- geodetické činnosti spojené s dokončením stavby a jej uvedením do prevádzky

Geodetické podklady sú nedeliteľnou položkou vypracovania projektovej dokumentácie pozemných komunikácií. Dokumentácia sa podľa stavebného zákona č. 183/2006 Sb. *o územnom plánovaní a stavebnom ráde*, spoločne s naväzujúcimi technickými predpismi a Smernicou pro dokumentaci stavby pozemných komunikací [1], člení do týchto stupňov:

- štúdia
- dokumentácia pre vydanie územného rozhodnutia (DÚR)
- dokumentácia pre vydanie stavebného povolenia (DSP)
- projektová dokumentácia pre vykonávanie stavby (PDPS)
- realizačné dokumenty stavby (RDS)
- dokumentácia skutočného vyhotovenia stavby (DSPS)

Každý zo stupňov projektu má svoje geodetické prílohy projektu, ktoré sú spracovávané na základe jednotlivých vstupných dát. Geodetické zameranie a zistenie stávajúcich inžinierskych sietí je spracované na základe geodetických podkladov, geodetická dokumentácia na základe schváleného projektu a majetkoprávny elaborát na základe GP alebo schváleného projektu. [15]

Projektová dokumentácia stavieb pozemných komunikácií je vyhotovovaná polohovom systéme S-JTSK a vo výškovom systéme Bpv. Geodetické podklady tvoria základ pre spracovanie účelových podkladov a geodetickej dokumentácie.

Pri geodetických prácach spojených s vypracovaním projektovej dokumentácie sa prakticky jedná o mapovanie vo veľkej mierke, čo je najbežnejšia geodetická úloha, ktorá sa skladá z viacerých meračských úkonov. Výsledkom je vyhotovení polohopisného a výškopisného plánu v zadanej mierke, súradnicovom a výškovom systéme. Pre účely

mapovania je možné použitie viacerých meračských metód, kde rozhodujúcim faktorom pre voľbu metódy je požadovaná presnosť. Vytvorená účelová mapa má veľký vplyv na smerové a výškové riešenie projektu a z toho dôvodu musia byť vyhotovované podklady v súlade s technickými požiadavkami na geodetické zameranie (spôsob stabilizácie, presnosť meračskej siete, technické spracovanie účelovej mapy). Netreba však zabudnúť ani na zistenie stávajúcich inžinierskych sietí, ktoré majú v záujmovej oblasti vplyv na trasovanie komunikácie alebo na jednotlivé stavebné objekty. Preto ich zaistenie a zákres do výkresu situácie je veľmi dôležitý. Projektová dokumentácia môže ďalej vyžadovať špeciálne geodetické práce, napríklad zameranie priestorovej polohy mostných konštrukcií pre zistenie podjazdných výšok, zameranie nadzemného elektrického vedenia a podobne.

Zememeračská činnosť je nedeliteľnou zložkou aj pri samotnej výstavbe pozemnej komunikácie. Pre staviteľa je dôležité poznať miesto stavby, poprípade potrebuje vedieť, či vo výstavbe môže pokračovať. Pri realizácii sprevádzajú stavbu viaceré meračské činnosti:

- vytýčenie obvodu staveniska zo zvláštnym právom na využitie pozemku
- zriadenie a zameranie bodov vytyčovacej siete a ich zabezpečenie proti poškodeniu a zničeniu
- priestorové vytýčenie stavby v súlade s územným rozhodnutím a stavebným povolením
- vytýčenie stávajúcich vedení pokiaľ môžu byť dotknuté stavebnou činnosťou
- vytýčenie tvaru a rozmeru objektu
- geodetické kontrolné merania, merania pretvorenia a posunu objektu
- meranie skutočného vyhotovenia stavby

Vytyčenie je oproti zameraniu technicky aj časovo náročnejšie. Pred samotným vytýčením je potrebné vyhotoviť rozbor presnosti pred meraním, ktorého výsledkom je vhodná metóda, použité meračské pomôcky a počet meraní. Počas merania sa uskutočňuje rozbor presnosti pri meraní, kde sa hodnotia napríklad odľahlé merania. Nakoniec sa vyhotovuje rozbor presnosti po meraní, kde sa hodnotia dosiahnuté výsledky a zisťuje sa, či odpovedajú projektovanej presnosti. Vytyčovanie týchto stavieb riešia normy:

- ČSN 73 0420-1 *Přesnost vytyčování staveb – část 1. Základní požadavky*

- ČSN 73 0420-2 *Přesnost vytyčování staveb – část 2. Vytyčovací odchylky*

Najskôr sa pristúpi k polohovému vytýčeniu u pozemných komunikácií – vytýčenie hlavných bodov (HB) trasy. Po vytýčení tvaru a rozmeru sa pristúpi k výškovému vytýčeniu stavby. Výškové vytyčovacie siete sa budujú vo výškovom systéme Bpv a presnosť výškových vytyčovacích sietí musí odpovedať hlavným výškovým bodom (HVB), ktoré sa nadväzujú na body ČSNS. Z týchto HVB bodov sa následne vykonáva podrobné výškové vytyčovanie.

Po vybudovaní zemného telesa sa pristúpi k vytýčeniu a budovaniu jednotlivých vrstiev konštrukcie vozovky. Zvýšenú pozornosť je potrebné venovať priečnemu sklonu, minimálnej a maximálnej hrúbke vrstvy a šírke krytu. Presné dodržanie týchto parametrov pri pokladaní asfaltových zmesí umožňujú finišery, ktoré sú vybavené automatickým nivelačným systémom alebo GNSS systémom, ktorý riadi výšku, šírku a priečny sklon hladiacej lišty finišeru. [16]

Po dokončení stavby a uvedení do prevádzky je úlohou geodeta najmä zhotovenie geodetickej časti dokumentácie skutočného vyhotovenia stavby, vyhotovením a doplnením geodetickej časti dokumentácie stávajúcich stavebných objektov. Ďalej je úlohou geodeta geodetické bezpečnostné meranie posunov a pretvorení, geodetické kontrolné meranie, najmä pri líniových stavbách alebo pri stavbách stanovených zvláštnymi predpismi. Sledovanie objektu po dokončení alebo pri uvedení do prevádzky má význam pri určení zaťaženia na objekt a to hlavne pri zložitých a nových konštrukciách. [2]

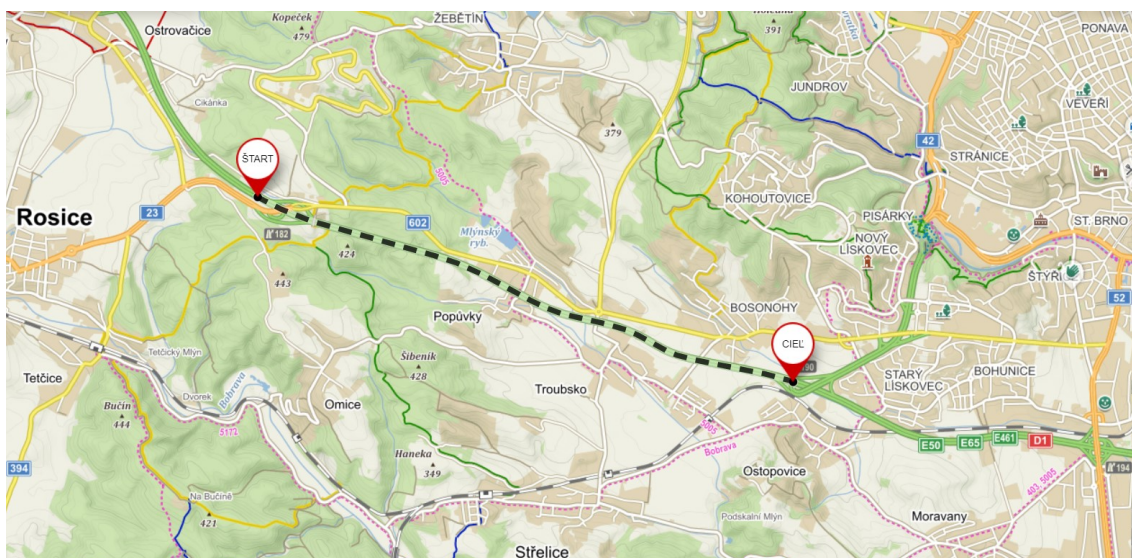
Vo vyhláške č. 31/1995 Sb., Českého úradu zeměměřického a katastrálního, ktorou sa vykonáva zákon č. 200/1994 Sb., *o zeměměřictví, v § 13 – Výsledky zeměměřických činností ve výstavbě, odst. 5, písm. a)*, je popísané čo má obsahovať geodetická časť dokumentácie skutočného vyhotovenia stavby a to:

- Číselné a grafické vyjadrenie výsledkov zamerania skutočnej polohy, výšky a tvaru pozemných, podzemných a nadzemných objektov a zariadení, vrátane technického vybavenia, vzhľadom k bodom vytyčovacej siete
- Polohopis s výškovými údajmi spravidla v mierke 1:200, 1:500 alebo 1:1000 zo zobrazením všetkých novo postavených objektov a zariadení a bodov vytyčovacej siete

- Meračské náčrty s číselnými údajmi, zoznamom súradníc a výšok bodov bodového poľa, vytyčovacej siete a podrobných bodov, technickú správu

2.1. Popis stavby

Názov stavby je D1 Rekonštrukcia vozovky km 181,990 - 189,700 vpravo a označenie objektu je SO 101.1. Objekt sa nachádza v Jihomoravskom kraji a je súčasťou viacerých katastrálnych území (konkrétne: Omice, Popůvky u Brna, Troubsko, Bosonohy, Ostopovice a Starý Lískovec) vid' obrázok č.1. Staničenie opravovaného úseku je naviazané na staničenie modernizovaného úseku 25, na ktorý opravovaný úsek naväzuje.



Obrázok 1 Rozsah rekonštruovaného úseku [3]

Oprava vozovky na diaľnici D1 v km 181.997 – 189.700 vpravo je samostatným objektom stavby. Na tento objekt stavby SO 101.1 nadväzujú aj iné objekty SO. Uskutočňovanie prác je potrebné koordinovať s ostatnými objektami SO stavby, ako napríklad objekty dopravného značenia SO rady 190, mostné objekty SO rady 200 a objekty elektro SO rady 400.

Riešený úsek začína v km 181.997 vpravo diaľnice D1 na rozhraní novej cementobetónovej a pôvodnej cementobetónovej vozovky pred mimoúrovňovou križovatkou Kývalka. Koniec úseku je v km 189.700 vpravo, pred vetvou MÚK Brno-

západ. Šírka diaľnice v riešenom úseku odpovedá kategórii D 26.5/120. Povrch diaľnice je tvorený cementobetónovou vozovkou a asfaltobetónová vozovka tvorí spevnené krajnice a vetvy MÚK Kývalka a MÚK Brno-západ.

Na úseku sa nachádza aj odpočívadlo Troubsko približne v km 187.500 – 187.600 vpravo, a dve mimoúrovňové križovatky MÚK Kývalka (EXIT 182) a MÚK Brno-západ (EXIT 190). vozovka v miestach mimoúrovňových križovaní je rozšírená o odbočovacie a pripojovacie pruhy.

Na riešenom úseku rekonštrukcie diaľnice D1 je 6 diaľničných mostov a to konkrétne D1-219, D1-220, D1-221, D1-223, D1-224 a D1-226. Súčasťou úseku sú 3 hlásky SOS a jedna meteorologická stanica.

Smerové riešenie rekonštrukcie diaľnice D1 vychádza z pôvodného stavu, kde trasa plynulo nadväzuje na predchádzajúci a následný úsek diaľnice. Na začiatku rekonštruovaného úseku bude plynulý prechod zo stávajúceho cementobetónového krytu – CB na nový AB- asfaltobetónový kryt zaistený prechodovým úsekom v dĺžke 30 m. riešený úsek rekonštrukcie končí v oblúku, na ktorý bude nadväzovať ďalšia stavba.

Diaľnice je v riešenom úseku čiastočne vedená cez obývané územie. V týchto úsekoch je diaľnica zabezpečená stávajúcimi protihlukovými stenami. Výškové riešenie rekonštruovaného úseku tiež vychádza z pôvodného stavu.

Šírkové usporiadanie diaľnice sa pri oprave povrchu nezmení a ostáva v pôvodnom stave. Rozčlenenie šírky je nasledujúce:

- Stredný deliaci pás	2.00 m
- Spevnená krajnica	0.25 m
- Vnútorý vodiaci prúžok	0.25 m
- Jazdný pruh 2 x 3.75 m	7.50 m
- Vonkajší vodiaci prúžok	0.25 m
- Spevnená krajnica	2.50 m
- Nespevnená krajnica	0.50 m
Celková šírka komunikácie	13.25 m – šírka spevnenia 10.75

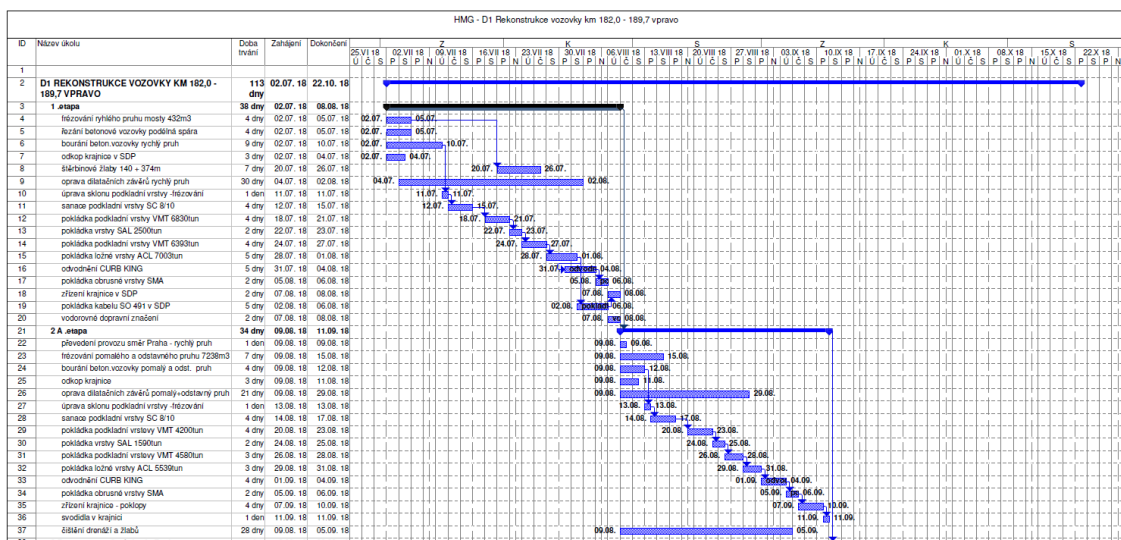
2.2. Harmonogram

Rekonštrukcia prebiehala počas spustenej dopravy na diaľnici D1 v danom úseku s tým, že doprava bola obmedzená potrebnými dopravnými opatreniami. Počas dlhodobých etáp opravy bola doprava vedená v režime 2+1+1. V priebehu jednotlivých etáp rekonštrukcie boli krátkodobo uzavierané jednotlivé vetvy MÚK Kývalka a MÚK Brno-západ.

Podľa daného a odsúhlaseného harmonogramu boli práce započaté 2.7.2018 a koniec bol naplánovaný na 22.10.2018. Harmonogram prác bol rozdelený na viac etáp.

V prvej etape boli primárne práce na oprave rýchleho jazdného pruhu a na prácach na nespevnených krajniciach v strednom deliacom páse. V prvej časti druhej etapy bol predmetom opravy pomalý jazdný pruh a odstavný pruh a nespevnená krajnica. V druhej časti druhej etapy boli prevádzané práce na rampách MÚK. V poslednej tretej etape zahrnuté terénne úpravy, montáž zvodidiel a oprava prejazdov v strednom deliacom páse.

Všetky konkrétne časové vymedzenia sú uvedené v časovom harmonograme ako je možné vidieť na obrázku č. 2.



Obrázok 2 Ukážka harmonogramu prác [projekt]

Jednotlivé etapy obsahovali úlohy ako frézovanie a odbúranie stávajúceho krytu vozovky, sanácia podkladovej vrstvy, pokladanie jednotlivých vrstiev daných projektovou skladbou vozovky a zriaďovanie odvodňovacích zariadení v podobe Curb Kingu alebo v podobe štrbinových žľabov.

3 Terminológia

Základné pojmy:

Charakteristický bod osy – prvok určujúci priestorovú polohu osy líniovej stavby, obvykle sú to koncové body

Hlavný bod trasy – bod v ose líniovej stavby vo vymedzenej vzdialenosti alebo v styku dvoch smerových návrhových prvkov, určujúcich polohu vo vodorovnej rovine

Hlavný výškový bod – výškový bod umiestnený mimo stavebný objekt a jeho vplyv, z ktorého sa vytyčuje výšková úroveň objektu

Vytyčovací náčrt (schéma) – zobrazenie výsledkov vykonaného vytyčenia, napríklad v predávacom protokole alebo v stavebnom denníku, alebo predloha pre vlastné vytyčenie vyhotovené na základe projektu

Líniová stavba – objekt s prevládajúcim jedným rozmerom

Vytyčovacie podklady – vytyčovacie výkresy a ďalšie výkresy z projektovej dokumentácie, miestopisy, vytyčovacie siete, situačné výkresy, vytyčovacie schémy a pod.

Geometrický prvok – bod, priamka, rovina, na ktorej sa rozkladajú stavebné konštrukcie pre vytyčovanie priestorovej polohy

Návrhové prvky – geometrické a konštrukčné prvky pre projektovanie komunikácií

Vytyčovací prvok – geometrická veličina určujúca polohu predmetu vytyčovania vzhľadom k vytyčovacej sieti

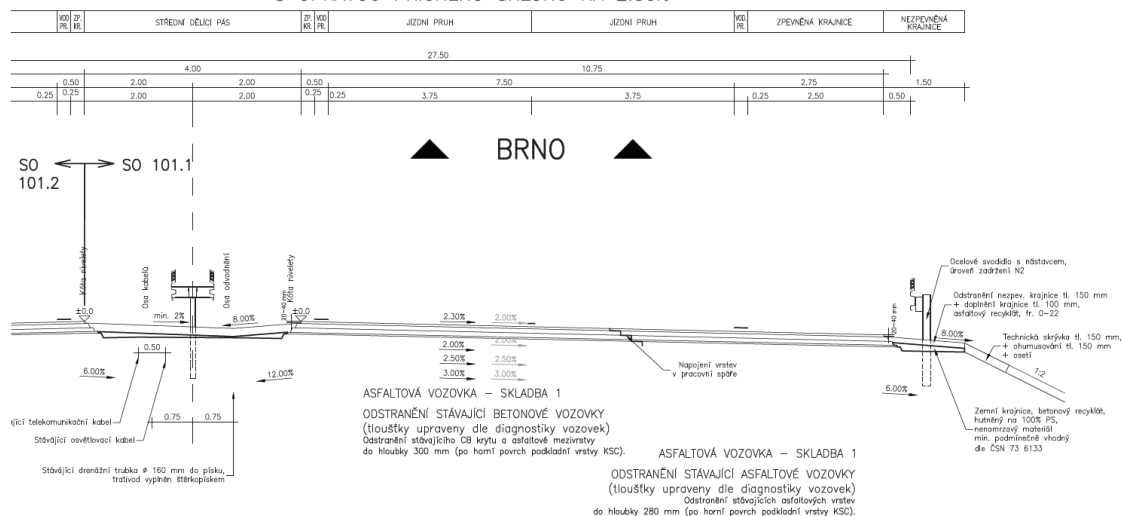
Vytyčovacia sieť – meračská sieť pro vytyčovanie polohy stavebných objektov

Pojmy uvedené v tejto podkapitole sú čerpané z literatúry [4].

3.1.Skladba vozovky

Na obrázku č. 3 je možné vidieť priečny rez komunikácie a šírkové usporiadanie diaľnice, ktoré bolo popísané už v kapitole 2.1.

D 26.5/120
V PŘÍMÉ A OBLOUČÍCH $R \geq 3500$, S PŘÍDATNÝM PRUHEM
ASFALTOBETONOVÁ VOZOVKA MÍSTO STÁVAJÍCÍ CEMENTOBETONOVÉ VOZOVKY
S ÚPRAVOU PŘÍČNÉHO SKLONU NA 2.30%



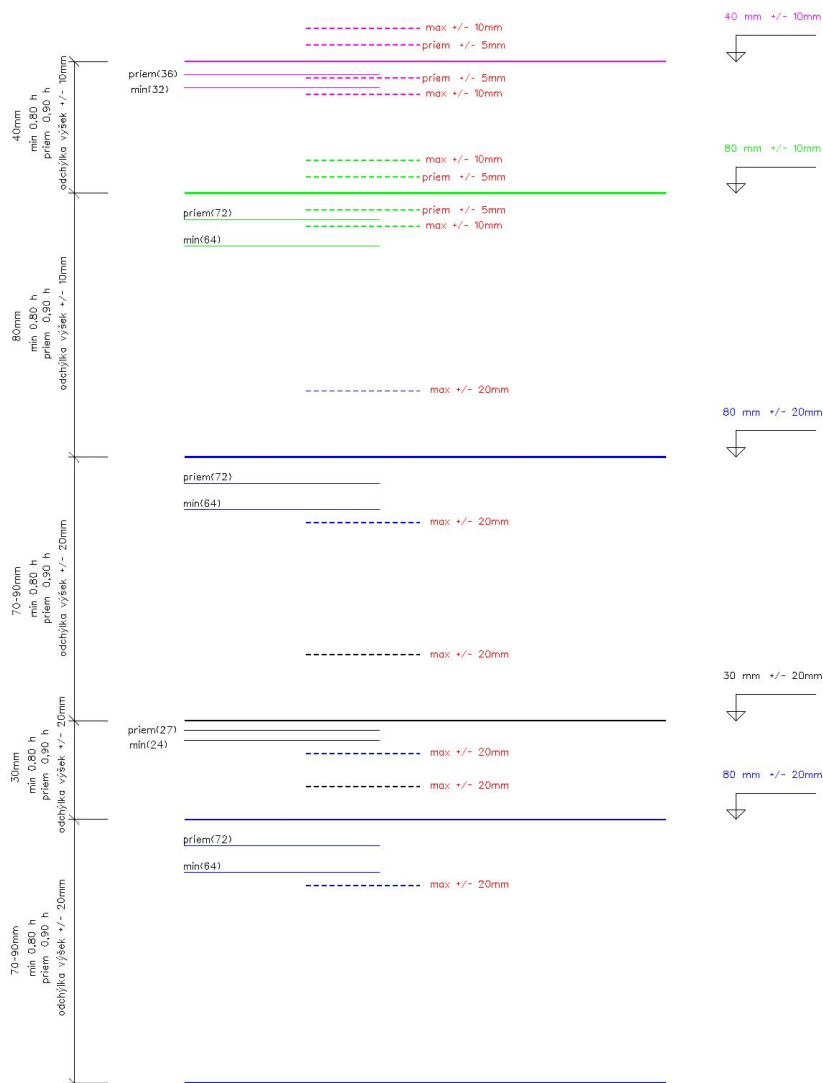
Obrázok 3 Ukážka priečného rezu komunikáciou [projekt]

Navrhovaná konštrukcia podľa projektovej dokumentácie je zložená z nasledujúcich častí:

- | | | |
|---|-----|-------|
| - asfaltový koberec mastixový | SMA | 40 mm |
| - spojovací postrek emulziou | | |
| - asfaltový betón pre ložnú vrstvu | ACL | 80 mm |
| - spojovací postrek emulziou | | |
| - asfaltová zmes s vysokým modulom tuhosti | VMT | 80 mm |
| - spojovací postrek emulziou | | |
| - asfaltová zmes so zvýšenou odolnosťou voči šíreniu trhlín | SAL | 30mm |
| - spojovací postrek emulziou | | |
| - asfaltová zmes s vysokým modulom tuhosti | VMT | 80 mm |

Pre potreby kontrolných meraní nás zaujímali len asfaltové vrstvy. Vrstvy spojovacích postrekov boli len tenké vrstvy, ktoré neboli záujmom geodetického zamerania. Emulzný postrek je úprava vytvorená z vrstvy pojidla nanesej pomocou rozstrekovača na povrch konštrukčnej vrstvy. Využíva sa pri výstavbe a opravách vozoviek k dosiahnutiu vzájomného spojenia jednotlivých konštrukčných vrstiev vozovky.

Kontrola jednotlivých vrstiev bola vykonaná podľa platných technicko-kvalitatívnych podmienok (TKP) pre stavby pozemných komunikácií vydaných ministerstvom dopravy a podľa kontrolného a skúšobného plánu (KZP) vypracovaného pre zhotoviteľa rekonštrukcie diaľnice. Podrobné zakótovanie jednotlivých hrúbok vrstiev a ich presností podľa KZP je vidno v nasledujúcom obrázku č. 4 a v prílohe č.5 . Pre každú pokladanú asfaltovú vrstvu platia iné požadované parametre.



Obrázok 4 Rez vrstiev vozovky s ich požiadavkami na presnosť [autor]

3.2. Číslovanie bodov

Všetky body v projektovej dokumentácii mali špecifické číslovanie. Označenie bodu bolo dané staničením a potom pridaným číslom. Ako je vidieť na obrázku č. 14, vychádza číslovanie v reze nasledovne (číslovanie zľava doprava v smere staničenia):

- 21 vnútorná hrana SMA
- 91 kontrolný bod vnútorný vzdialený 0,5 m od vnútornej hrany SMA
- 93 kontrolný bod uprostred
- 05 lanko uprostred
- 07 stĺpik lanka uprostred
- 95 kontrolný bod vonkajší vzdialený 0,5 m od vonkajšej hrany SMA
- 25 vonkajšia hrana SMA
- 09 lanko vonkajšie
- 11 stĺpik lanka vonkajší

Počas výstavby boli pridávané ďalšie čísla bodov jednotlivých objektov, ktoré boli vytyčované, či už sa jednalo o objekty ako dohľadové miesto, SOS hlásky alebo iné vytyčované objekty.

4 Vytyčovací sieť

Vytyčovací siete majú pre samotnú realizáciu výstavby projektovaných objektov mimoriadny význam a treba im venovať najvyššiu pozornosť a starostlivosť. Od využiteľnosti siete závisí správne vytyčenie jednotlivých celkov a objektov stavby. Vytyčovaciu sieť tvorí množina polohovo a výškovo určených bodov, ktoré sú s ohľadom na tvar, rozmery a zložitosť stavby vhodne lokalizované a stabilizované. Rozmiestnenie siete treba prispôbiť aj vzhľadom k zariadeniam staveniska a k postupom práci na stavenisku, aby neboli body vytyčovacej siete počas výstavby poškodené. Pri tvorbe vytyčovacej siete je dôležitá aj viac účelovosť využitia siete.

Druh a tvar vytyčovacej siete sa volí podľa rozsahu, technickej zložitosti a vyžadovanej presnosti vytyčovania projektových objektov výstavby [5]. Vytyčovací siete delíme na líniové a plošné. Medzi líniové siete zahrňujeme polygónovú sieť alebo napríklad trojuholníkový či štvoruholníkový reťazec. Plošné siete môžu byť pravidelného alebo nepravidelného tvaru, ktoré sa skladajú zo štvorcov alebo trojuholníkov. Plošné siete sa používajú hlavne na vytyčovanie objektov s priestorovou skladbou, najmä u pozemných stavieb.

Polygónové siete sú vhodné z hľadiska použitia najmä pri líniových stavbách, pretože je možné sa lepšie prispôbiť podmienkam terénu, možnej zástavbe a rôznym zariadeniam staveniska.

4.1. Prístrojové vybavenie

Počas rekonštrukcie daného úseku boli použité prístroje od firmy Trimble a konkrétne sa jednalo o robotizovanú totálnu stanicu Trimble S5 3'' a GNSS aparátúra Trimble R8-2. Tieto prístroje boli použité na skoro všetky práce vykonávané na stavbe.

Robotizovaná totálna stanica bola použitá pri vytváraní a zahusťovaní pomocnej meračskej siete, pri kontrolnom zamieraní odbúrania stávajúceho krytu vozovky, na vytyčovacie práce, či už pri vytyčovaní lankodráhy alebo pri vytyčovaní vybavenia diaľnice ako aj pri následnom kontrolnom meraní jednotlivých pokladaných asfaltových vrstiev a iných kontrolovaných častí alebo objektov.

GNSS aparátúra Trimble R8-2 bola zväčša využívaná na vytyčovanie objektov, kde nebol kladený dôraz na vyššiu presnosť, či už polohovú ale hlavne na výškovú. Jednalo sa zväčša o vytyčovanie polohy. Medzi vytyčované objekty patrili napríklad zadržovacie zariadenia (v strednom deliacom páse alebo na kraji odstavného pruhu), polohové vytýčenia zálivov, zameranie plochy sanovaných úsekov, dohľadových miest, SOS hlások a ostatných zariadení diaľnice. GNSS aparátúra bola často používaná aj pri vytyčovaní inžinierskych sietí a pri vyznačovaní staničení podľa požiadavok stavby.

V jednotlivých tabuľkách je možné vidieť špecifikácie geodetických prístrojov používaných na stavbe.

Tabuľka 1 Špecifikácia totálnej stanice Trimble S5 [6]

Totálna stanica Trimble S5 3 DR Plus, v.č.:37010318	
Presnosť merania uhlov	3'' (1,0 mgon)
Presnosť merania dĺžok (hranol)	2 mm + 2 ppm
Presnosť merania dĺžok (bezhranol)	2 mm + 2 ppm
Kompenzátor	dvojosový
Rozsah kompenzátora	±5,4' (±100 mgon)
Zväčšenie ďalekohľadu	30 x
Minimálna zaostrovacia schopnosť	3 m



Obrázok 5 Totálna stanica Trimble S5 3'' [autor]

Tabuľka 2 Špecifikácia GNSS aparatúry Trimble R8-2 [7]

Trimble R8-2, v.č.: 4903163251	
Podporované systémy	GPS - NAVSTAR, GLONASS, GALILEO, BEIDOU
Presnosť RTK v polohe	8 mm + 1 ppm
Presnosť RTK vo výške	15 mm + 1 ppm
Komunikácia s kontrolérom	Bluetooth

4.2. Kontrola súčtovej konštanty prístroja Trimble S5

Pred použitím bola vykonaná kontrola súčtovej konštanty odrazného 360° hranolu. Overenie súčtovej konštanty bolo vykonané meraním na základni tvorenej troma statívami, kde boli merané tri úseky. Statívy boli pri kontrole súčtovej konštanty zaradené do priamky. Dĺžky úsekov boli dlhé približne 10, 20 a 30 m. V prístroji bola nastavená na hodnotu -2 mm. Pre výpočet súčtovej konštanty potom platí nasledujúci vzťah:

$$PSM = c - (a + b)$$

Výsledná hodnota súčtovej konštanty nebolo nutné v prístroji meniť, pretože hodnota PSM bola menšia ako neistota určenia PSM (s rizikom $\alpha=5\%$)

4.3. Výstup dát zo zákazky

Po dokončení prác v teréne boli z každej zákazky exportované merané údaje. Exportované boli tri typy súborov. Pri meraní siete bol vytvorený export vo formáte .asc (.zap). Pri vytyčovaní alebo meraní priamo v súradniciach bol následne exportovaný formát .txt a ten stý formát bol exportovaný aj pri meraní GNSS aparátúrou.

Jednotlivé formáty majú svoje usporiadanie a obsah. Pri exporte zápisníku (formát .zap) obsahuje dokument :

- Úvodnú hlavičku (názov, dátum merania)
- Stanovisko – číslo, výška a kód
- Merané orientácie a podrobné body
 - číslo bodu
 - výška cieľa
 - horizontálny uhol

- zenitový uhol
- kód bodu

```
; Zakazka: D1TS2806, TSC ver.: 2.90, Datum: 28.06.2018, Meril: GUNAR
9999
999999999
100001
1
3
0
2

1 8007 1.735 *STN
8006 190.193 1.550 0.00000 98.23368 *KRIZ
8006 190.184 1.550 199.99995 301.76535 *KRIZ
9118 152.427 1.550 394.64134 98.54153 *HREB
9118 152.417 1.550 394.64125 98.54149 *HREB
9118 152.429 1.550 194.64125 301.45783 *HREB
9014 149.507 1.550 0.93066 98.26345 *KOLEK HREB
9014 149.508 1.550 200.93044 301.73607 *KOLEK HREB
9119 89.198 1.550 390.81629 98.85736 *HREB
9119 89.188 1.550 190.81397 301.13924 *HREB
9015 94.155 1.550 1.46520 98.25352 *KOLEK
9015 94.156 1.550 201.46226 301.74629 *KOLEK
```

Obrázok 6 Výstup súboru zápisníku [autor]

Z GNSS aparatury bol exportovaný protokol GNSS (RTK) merania a vytyčovania a z totálnej stanice protokol merania TS. Oba tieto protokoly sú vo formáte .txt a majú podobnú štruktúru.

Protokol merania TS:

- Hlavička (názov zákazky, dátum merania, informácie o prístroji a kontroleri, mierkový koeficient, merané jednotky – meter a grády)
- Určenie stanoviska (typ určenia stanoviska – napríklad pretínanie, čas založenia stanoviska, nastavené hodnoty tlaku a teploty, merané hodnoty na orientácie, súradnicové odchýlky na jednotlivých orientáciách a výsledné súradnice určovaného stanoviska)
- Merané a vytyčované body a merané hodnoty na tieto body (pri vytyčovaní odchýlky vytyčenia od projektovaných súradníc a výšok)


```

PROTOKOL MERENI s TS
-----
Firma: GEOTRONICS Praha, s.r.o.
      Pikovicka 206/11
      147 00 Praha 4

Zakazka: D1TS2108
Odkaz:
Popis:
Poznamka:
Meril:
Datum: 21.08.2018

Pristroj: Trimble S5 3 DR Plus vyr. c.:37010341 ver.fw.:H1.1.20
Survey Controller SW: 3.00 ver. protokolu:0.84
Meritkove cislo:0.9998464556 Delkove jednotky:Metry Uhlove jednotky:Grady
-----

STANOVISKO 9999
Vyska:0.000 Typ:PROTINANI
Datum: 21.08.2018 Cas: 08:55:34
Tlak:977.4 Teplota:25 PPM:14
Orientaci: 5 Orientacni posun:0.00000 Str. chyba orientace:0.00267
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Cislo bodu Vc K.Hr. SD. Hz. Vz. Cas Kod dSd dHz dVz dY dX dZ
-----
9130 1.550 0.002 21.6060 341.67565 101.68254 08:56:53 KOLEK 0.0014 -0.00747 -0.00039 0.0026 0.0012 0.0001
9131 1.550 0.002 80.7680 325.77341 102.22999 09:00:45 HREB -0.0021 -0.00438 -0.00258 0.0004 0.0059 0.0033
9026 1.550 0.002 113.0249 316.80292 101.59443 09:02:10 KOLEK HREB -0.0157 0.00282 -0.00020 -0.0165 -0.0007 0.0007
9129 1.550 0.002 47.8136 120.45629 98.33632 09:04:30 KOLEK -0.0063 -0.00682 0.00293 0.0043 -0.0068 -0.0024
9128 1.550 0.002 97.3255 122.53917 98.46520 09:07:04 HREB -0.0074 0.00198 -0.00232 0.0080 0.0002 0.0034
-----
9999 Y: 608682.7064 X: 1160700.6275 Z: 358.3968 dY: 0.0036 dX: 0.0033 dZ: 0.0008

```

Obrázok 7 Výstup mrania TS [autor]

Protokol merania GNSS:

- Hlavička (názov zákazky, dátum merania, informácie o prístroji a kontroleri, súradnicový systém, súbor rovinnej dotransformácie, nastavené horizontálne a vertikálne tolerancie, nastavený model kvazigeoidu)
- Merané a vytyčované body (pri meraní súradnice a výška meraného bodu, presnosť horizontálna a presnosť vertikálna, hodnota PDOP, označenie siete – VRS, počet satelitov, výška antény, doba observácie – začiatok merania, a kód meraného bodu, pri vytyčovaní navyše odchýlky vytyčenia od projektovaných súradníc a výšok)

```

-----
PROTOKOL GNSS (RTK) MERENI
-----
Firma: ZK Brno s.r.o.
      Marie Hubnerove 1704/58
      621 00 Brno

Zakazka: D1280618GPS
Meril:
Datum: 28.06.2018

Pristroj: Trimble R8-2, fw: 4.44, vyr. c.: 4903163251
Trimble Survey Controller SW: 12.50
Verze protokolu: 4.95
Body vypsaný od (RRRRMDD): 20150101
Souradnicovy system: Pouzit transformacni modul zpsrenne globalni transformace Trimble 2013 verze 1.0 schvaleny CUZK pro mereni od 1.7.2012.
Zona: Krovak_2013
Soubor rovinne dotransformace: KG2013

Vertikalni transformace
-----
Model kvazigeoidu: CR-2005
-----
POUZITE A MERE NE BODY
-----

Cislo bodu Y X Z Presnost XY Z PDOP Sit* Pocet Antena Datum Zacatek Doba Kod bodu
sat. vyska; od** mereni mereni[s]
-----
9032 608218.27 1160870.87 343.07 0.007 0.018 2.52 1 VRS 13 1.80 SZ 28.06 15:45 30 HREB
9032-2 608218.27 1160870.87 343.09 0.011 0.029 2.54 1 VRS 13 1.80 SZ 28.06 15:46 20 HREB

```

Obrázok 8 Výstup merania GNSS [autor]

4.4. Metódy polohového a výškového určenia

4.4.1. Polárna metóda

Polárna metóda patrí k najvyužívanejšej metóde merania alebo vytyčovania. Meranie polárnou metódou spočíva v určení počiatočného (nulového) smeru a následným meraním smerov a dĺžok na určované body. Meranými veličinami teda sú merané smery, z ktorých sa vypočíta uhol (rozdiel dvoch smerov) a merané dĺžky (vodorovné alebo šikmé- nutnosť merať aj zenitový uhol). Pri vytyčovaní sa počítajú polárne vytyčovacia prvky z bodov vytyčovacej siete a z pravouhlých súradníc záujmových bodov vytýčenia.

4.4.2. Trigonometrické určenie výšky

Pri určovaní výšky pomocou trigonometrickej metódy vychádzame z výpočtu prevýšenia, na ktoré potrebujeme mať zmeranú vzdialenosť a zenitový uhol. Výška výsledného bodu sa potom spočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$H_B = H_A + h_s + s_v * \cot g z_A - h_c,$$

kde: H_B – počítaná výška bodu B

H_A – daná výška bodu A

s_v – vodorovná vzdialenosť medzi bodmi A a B

h_s – výška prístroja

h_c – výška cieľa

z_A – zenitový uhol

4.4.3. Metóda prechodného stanoviska

Metóda prechodného stanoviska začína byť jednou z najpoužívanějších metód pri určení súradníc stanoviska. Princípom určenia polohy prechodného stanoviska je meranie na body so známymi súradnicami. Najčastejšie sú to vybudované body vytyčovacej siete alebo body polohového bodového poľa. Pri použití tejto metódy sa meranú na známe body vodorovné smery a dĺžky. Najčastejšie sa merajú aspoň 3 body, z ktorých je zaručená kontrola správnosti. Z nameraných hodnôt sa potom vypočítajú približné súradnice a za predpokladu nadbytočného počtu meraných veličín môžu byť súradnice

vypočítané metódou MNČ. Konkrétne pri riešení prechodných stanovísk sa v moderných prístrojoch o výpočet stará software totálnej stanice.

4.4.4. Metóda RTK - GNSS

Skratka GNSS (Global Navigation Satellite System) zahrňuje viacero družicových systémov a to GPS – NAVSTAR, GLONASS alebo Galileo. Tieto systémy sú tvorené tromi segmentami. Kozmickým, riadiacim a užívateľským. Určovanie polohy prijímaču spočíva v triangulácii zo satelitov obiehajúcich na obežnej dráhe Zeme. Meraná pseudovzdialenosť medzi satelitom a prijímačom je určená z rozdielu času signálu medzi vyslaním satelitom a prijatím prijímačom.

RTK – Real Time Kinematic je metóda, pri ktorej GNSS prijímač spracováva korekcie zo základňovej stanice alebo zo siete permanentných referenčných staníc. Použitie riešenia VRS – Virtual Base Station (virtuálna referenčná stanica) je takisto produktom sieťového riešenia, ktoré sa používa pri meraní v reálnom čase. Pri tejto metóde sa rieši krátky vektor vytváraný virtuálne len niekoľko metrov od meraného miesta. Sieťovo vypočítané hodnoty korekcie sa prenášajú do miesta blízkeho merania a na základe vytvorenej krátkej vzdialenosti VRS – prijímač sa neprejaví vonkajšie vplyvy, ktoré by sa prejavili pri použití dlhých vektorov.

4.5. Rozbor presnosti

Pre podrobné vytyčenie pozemnej komunikácie podľa ČSN 73 0420 – 2, tabuľka 23 (obrázok č.9), je najprísnejším kritériom vytyčenie krytu vozovky. Z medznej vytyčovacej odchýlky je následne odvodená presnosť polárnej metódy.

Body podrobného vytyčení	Mezní vytyčovací odchylka δx_M (mm)		
	podélná	příčná	výšková
zemní těleso	± 100	± 100	± 50
pláň zemního tělesa	± 50	± 40	± 20
vrstvy podkladu vozovky	± 40	± 30	± 10
kryt vozovky	± 20	± 15	± 4

Obrázok 9 ČSN 73 0420-2, tab.23 [8]

$$\delta_{x,y} = 0,015 \text{ m}$$

$$m_{x,y} = \frac{\delta_{x,y}}{t} = 0,0075 \text{ m}$$

$$m_{x,y}^2 = m_{x,y(VS)}^2 + m_{x,y(M)}^2$$

Použitím zásady rovnakého vplyvu dostaneme:

$$m_{x,y(VS)} = m_{x,y(M)}$$

Zo vzorca pre výpočet polárnej metódy následne odvodíme strednú chybu meraného uhlu a strednú chybu meranej dĺžky. Dosádzané hodnoty do vzorca použijte z najmenej vhodnej konfigurácie, ktorá môže nastať pri meraní a vytyčovaní na stavbe.

$$m_{x,y(M)}^2 = \left(1 - \frac{s}{s_{AB}} \cdot \cos\omega + \frac{s^2}{s_{AB}^2}\right) \cdot m_{x,y(VS)}^2 + \frac{1}{2}(m_s^2 + s^2 \cdot m_\omega^2)$$

Vypočítaná hodnota strednej chyby dĺžky je $m_s = 0,005 \text{ m}$ a stredná chyba uhlu je $m_\omega = 20''$. Použitie prístrojové vybavenie (Trimble S5 3'') odpovedá presnostiam potrebným pre splnenie najprísnejšieho kritéria.

Rozbor presnosti trigonometrickej nivelácie vychádza z extrémnych podmienok daných pri meraní a z presnosti prístrojového vybavenia uvedeného výrobcom alebo určeného z kalibrácie. Ako medzné hodnoty boli stanovené dĺžka na najvzdialenejší bod, ktorý je pri meraní vzdialený približne 180 - 200 m a pri vytyčovaní približne 100 – 120 m a zenitový uhol 105° (ekvivalentne 95°). Presnosť daná výrobcom je presnosť zenitového uhlu $m_z = 10''$ a presnosť meranej dĺžky $m_s = 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$. Pri uvažovaní dĺžky nad 100 m je potrebné uvažovať do výpočtu refrakčný koeficient. Pri týchto hodnotách je celková smerodatná odchýlka metódy rovná hodnote pre vzdialenosť 180 m 3 mm a pre vzdialenosť 120 m rovná hodnote 2 mm.

Vzorec pre výpočet presnosti určenia výšky trigonometrickou metódou (nad 100m):

$$m_H^2 = m_{H(A)}^2 + \cot^2 z * m_s^2 + \frac{s^2}{\sin^4 z} * m_z^2 + m_i^2 + m_v^2 + \frac{s^4}{4R^2} * m_k^2$$

4.6. Podklady

Pred začatím tvorby pomocnej meračskej siete bola vykonaná rekognoskácia bodového poľa využitého pri zameriavaní podkladu pre projekt. Body polohového bodového poľa pri zameriavaní podkladu pre projekt boli umiestnené v odstavnom pruhu rekonštruovaného úseku diaľnice a boli realizované nastrelenými meračskými klincami. Nakoľko pred začatím rekonštrukcie bola všetka doprava smerujúca na Brno zvedená len do odstavného pruhu diaľnice, vyhľadanie a overenie týchto bodov bolo problematické. Body boli od seba vzdialené približne po 200 m a museli byť vytyčované pre potreby ich vyhľadania. Väčšina bodov použitých pri zameraní podkladu nebola nájdená alebo bola v zlom stave. Zlý stav bodového poľa bol zapríčinený najmä dopravou, ktorá bola tadeto vedená. Ďalšou príčinou mohlo byť aj to, že samotný podklad pre projekt bol meraný v apríli a v júny 2016 a od tej doby mohlo dôjsť k mechanickému poškodeniu napríklad pri odstraňovaní snehu z diaľnice počas zimy alebo pri dielčích malých rekonštrukciách odstavného pruhu.

Pre potreby vybudovania pomocnej meračskej siete pre rekonštrukciu diaľničného úseku bolo nájdených a zameraných 10 pôvodných bodov, ktoré boli následne použité do vyrovnania pomocnej meračskej siete.

Podklady pre vytyčenie môžu byť projektantom spracovávané do geodetického koordinačného výkresu alebo sú spracované vo forme tabuliek zoznamov súradníc a výšok. Všetky vytyčované body sú uvádzané v súradnicovom systéme JTSK – jednotnej trigonometrickej sieti katastrálnej a vo výškovom systéme Bpv – Balt po vyrovnaní.

4.7. Stabilizácia

Stabilizácia pomocnej meračskej siete bola riešená viacerými spôsobmi. Tie sa odvíjali od možností umiestnenia a od požiadaviek na dostatočnú viditeľnosť pri riešení vytyčenia alebo zamerania pre jednotlivé etapy merania. To znamená, že museli byť body bodového poľa rozmiestnené tak, aby bolo možné orientovať aj pri rekonštrukcii pomalého jazdného pruhu ako aj pri rekonštrukcii rýchleho jazdného pruhu.

Stabilizácia bodov bola realizovaná napríklad meračskými klincami v odtokových žľaboch (obr. 5- vpravo dole), roxorovou tyčou zatĺčenou do zeme (obr. 5- vpravo hore)

tak, aby vyčnieval iba vrch a vedľa neho boli pre signalizáciu a ochranu bodu ešte drevené kolíky. Na úsekoch pri protihlukových stenách bolo nutné body pomocnej meračskej siete umiestniť na túto stenu, pretože pochôdzkový chodník vedený popri protihlukovej stene bol počas realizácie prerábaný.

Na protihlukových stenách boli body siete stabilizované odrazovým štítkom. Odrazné štítky boli použité aj na nadjazdoch, mostoch a na verejnom osvetlení, ktoré nebolo súčasťou rekonštrukcie a tým pádom neboli body ohrozené stavebnou činnosťou.

Ďalšou možnosťou ktorá sa naskytovala bolo stabilizovanie meračskej siete vytvorením d'úľku (jamky) v betónových pätkách verejného osvetlenia (obr. 5- vľavo).

Body vytyčovacej siete boli stabilizované po oboch stranách rekonštruovaného úseku. V smere staničenia vľavo bolo nutné body stabilizovať v strednom deliacom páse. Tieto body boli v záverečnej etape – rekonštrukcia SDP zničené. Body v smere staničenia vpravo boli stabilizované do svahov, zárezov svahu alebo ako bolo spomenuté do žľabov.



Obrázok 10 Ukážky stabilizácie pomocnej meračskej siete [autor]

4.8. Meranie v sieti

Meranie prebiehalo zároveň stabilizácie bodov pomocnej meračskej siete. Kvôli hustej doprave bolo nutné aby meranie vykonávali 3 pracovníci. Prvý obsluhoval totálnu stanicu a staral sa o správne nastavenie v prístroji, či už sa jednalo o konštanty hranola alebo nastavenie teploty a tlaku v prístroji. V prístroji bol pri meraní nastavený aj mierkový koeficient na hodnotu 1,0000. Konštanty hranolov sa používali dve a to jedna pre meranie na odrazové štítky, ktorej hodnota je 0,000 m a druhá, ktorá bola nastavená pri meraní na hranol, ktorej hodnota je určená na +0,002 m. Ďalší dvaja pracovníci boli potrební pri tvorbe bodového poľa a pri meraní týchto bodov, nakoľko bodové pole bolo tvorené po oboch stranách rekonštruovaného krytu a prebiehanie krížom cez diaľnicu by nebolo vhodné pre vysokú intenzitu dopravy. Meranie bolo realizované polygónovým ťahom meraným cez voľné stanoviska. Merali sa body v dvoch polohách ďalekohľadu a v jednej skupine. Realizované body boli merané na výtyčku skrz časovú tieseň. Pri použití trojpodstavcovej súpravy by boli dosiahnuté vyššie presnosti, no nebola by možnosť väčšej variability výšky hranolu pri meraní, ktorá bola potrebná najmä v prípadoch, keď sa vytvorili dopravné zápchy.

4.9. Vyrovnanie siete

Polohová a výšková zložka zameranej vytyčovacej siete bola vyrovnaná v programe G-NET. V tomto programe sa vyrovnanie polohovej zložky počíta nezávisle na výškovej zložke siete, preto sú výstupom dva protokoly. Prvý protokol pre vyrovnanie polohy a druhý protokol pre vyrovnanie výšky. Ďalším výstupom je databáza bodov s určenými súradnicami, strednou chybou v jednotlivých súradniciach a výške, strednou polohovou chybou a parametrami elíps chýb. Ukážku protokolu je možné vidieť na obrázku č. 11 a na obrázku č. 12 je ukážka výstupu z databázy bodov. Výsledné súradnice bodov siete boli používané počas celej stavby. Pri meraní a vytyčovaní bol následne vždy zavádzaný koeficient z nadmorskej výšky a z opravy dĺžok zo zobrazenia, ktoré hodnota bola od začiatku stanovená zo súradníc približného ťažiska lokality a veľkosť bola 0,9998464556, čo je -15,3 cm/km.

Pri výpočte vyrovnania siete boli zadané defaultné (prednastavené) nastavenia. Toto nastavenie neodpovedá presnostiam používanej totálnej stanice, s ktorou bola sieť

zameraná. Pri týchto nastaveniach program počíta so strednou chybou meraného smeru a meraného zenitového uhlu s hodnotou $40''$ a s presnosťou meraných dĺžok $15 \text{ mm} + 10 \text{ ppm}$.

Po konzultácii s vedúcim práce bola sieť prepočítaná s nastavením správnych parametrov, čo znamená s nastavením presnosti horizontálneho smeru a zenitového uhlu na $10''$ a presnosťou meranej dĺžky $2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$. Pri prepočte bolo použité to isté nastavenie, čo sa týka fixovania bodov. Fixované body boli najmä prebraté body z merania podkladu pre projekt, z ktorých nás zaujímala výšková zložka a potom body určené metódou GNSS, ktoré dopĺňali zložku polohovú.

Rozdiely medzi súradnicami a výškou bodov určených prvým vyrovnaním siete a bodov určených prepočítaním vyrovnania siete boli minimálne, maximálna hodnota pri súradnici X bola 10 mm , pri súradnici Y 8 mm a pri výške H bol rozdiel len 1 mm .

Výsledná presnosť výškovej zložky siete je daná strednou chybou $m_z = 3,7 \text{ mm}$ a pri polohovej zložke je stredná súradnicová chyba $m_{x,y} = 8,5 \text{ mm}$. Podľa normy ČSN 73 0420-2, tab. 22 – *Mezní vytyčovací odchýlky vytýčení prostorové polohy*, je hodnota medznej vytyčovacej výškovej odchýlky HVB $\pm 10 \text{ mm}$, čo pri strednej chybe siete, určenia stanoviska a metódy dáva súhrnnú strednú chybu výškovej zložky vypočítanú zo vzťahu:

$$m_H = \sqrt{m_{H(VS)}^2 + m_{H(MET)}^2 + m_{H(ST)}^2} = 4,7 \text{ mm}$$

kde:

$m_{H(VS)} = 3,7 \text{ mm}$ – stredná chyba výškovej zložky vytyčovacej siete

$m_{H(MET)} = 2,0 \text{ mm}$ – stredná chyba metódy vytýčenia

$m_{H(ST)} = 2,0 \text{ mm}$ – stredná chyba určenia stanoviska

a vyhovuje medznej vytyčovacej výškovej odchýlke HVB.

 Rozbor vyrovnani vyskove site

Pocet prevyseni pouzitych ve vyrovani: 645
 Pocet nadbytecnych velicin: 265
 Jednotkova stredni chyba aposteriori: 1.5168
 Kriticka hodnota chi-kvadrat pro test 1: 1.0710
 Pravdepodobnost, ze na zaklade testu 1 bude
 presnost oznacena za nedodrzenou neopravnene: 5.0 %

 Pocet podminek pro regularizaci: 0
 Pocet radku matice linearniho modelu: 645
 Pocet sloupcu matice linearniho modelu: 380
 Defekt matice: 0
 Vypoctena hodnota poctu nadbytecnych velicin: 264.99994
 Odhad jedn. str. ch. pri vyloucení podezreleho mereni: 1.4812
 Index nejpodzrelejsiho mereni: 517
 Pouzita standardni odchylka sigma 1.5168
 Na zaklade statistickeho testu 1 se presnost mereni poklada za
 nedodrzenou (na hladine vyznamnosti 5.0 %).

Informace o vyrovnani prevyseni

	CB1	CB2	hodnota	AprStr	L	VNorm	Oprava	Apost	Vyrovnana	FC
1	8001	2525	-0.6001	1.60	0.00	0.000	0.0	2.42	-0.6001	0.000 [1,7]
2	8001	8002	-0.2839	3.14	2.09	0.070	0.3	2.02	-0.2836	0.576 [1,2]
3	8001	9001	-0.8287	2.86	-0.00	0.000	-0.0	4.34	-0.8287	0.000 [1,3]
4	8001	9002	0.9074	1.64	-0.01	0.000	-0.0	2.48	0.9074	0.000 [1,4]
5	8001	9101	-0.7083	3.05	0.01	0.000	-0.0	4.62	-0.7083	0.000 [1,5]
6	8001	9003	1.1759	1.02	0.00	0.000	-0.0	1.55	1.1759	0.000 [1,6]
7	8001	9102	0.3353	1.05	0.01	0.000	-0.0	1.59	0.3353	0.000 [1,8]
8	8001	9103	2.5030	1.18	-0.01	0.000	-0.0	1.79	2.5030	0.000 [1,9]

Obrázok 11 Ukážka protokolu vyrovnania [autor]

Lokalita: "D1_181,990-189,700" etapa: 1 sit: 1

	CB	Y [m]	X [m]	Z [m]	MY	MX	CovXY	MXY	MP	A	B	Alfa	MZ
5104	603537,8131	1163108,2854	246,0925	8,43	1,45	-9,4010	6,05	8,55	8,50	0,91	108	3,08	
5105	603580,0594	1163092,3241	247,2152	7,83	4,62	-22,6211	6,43	9,09	8,46	3,34	127	3,10	
5106	603633,6794	1163072,4044	248,5347	8,27	6,72	-9,8004	7,54	10,66	8,49	6,45	122	3,14	
5107	603711,8462	1163044,9722	250,4802	8,27	2,32	-13,7213	6,08	8,59	8,44	1,59	113	2,77	
5108	603792,2697	1163018,3218	252,5913	8,13	5,74	-13,5925	7,04	9,96	8,43	5,30	122	2,74	
5109	603835,0579	1163004,3377	253,5145	8,23	5,60	-11,2555	7,04	9,96	8,43	5,31	118	2,63	
5110	603878,1086	1162990,9212	254,6218	8,24	2,54	-12,8352	6,10	8,62	8,39	1,97	113	2,40	
5111	603921,4853	1162977,2643	255,6901	7,87	3,91	-24,3350	6,21	8,79	8,50	2,22	126	2,30	
5112	603964,2037	1162964,2335	256,7380	8,25	5,85	-14,0880	7,15	10,11	8,55	5,40	122	2,38	
5113	604007,4776	1162950,8071	257,8279	8,31	5,56	-13,5375	7,07	10,00	8,57	5,16	120	2,24	
5114	604050,0459	1162937,6348	258,8632	8,39	3,18	-12,1449	6,35	8,98	8,53	2,79	112	1,99	
5115	604093,1939	1162924,1671	259,9769	8,06	4,84	-23,4096	6,65	9,40	8,69	3,59	127	2,03	
5116	604137,1166	1162910,7675	261,0231	8,41	6,92	-11,4514	7,70	10,89	8,69	6,57	125	2,32	
5117	604179,3191	1162897,6906	262,0663	8,48	6,92	-8,8335	7,74	10,95	8,65	6,70	120	2,40	
5118	604222,1715	1162884,6225	263,1308	8,38	4,05	-14,4793	6,58	9,31	8,59	3,57	116	2,23	
5120	604330,2033	1162851,0138	265,8711	8,19	6,48	-11,9384	7,39	10,44	8,48	6,10	124	2,20	
5121	604382,8037	1162834,8375	267,0566	8,20	5,91	-12,4459	7,15	10,11	8,45	5,54	121	2,00	
5122	604433,6250	1162819,1609	268,3288	7,51	5,81	-27,3258	6,72	9,50	8,64	3,94	138	1,89	
5123	604484,3098	1162803,4959	269,5306	8,24	6,95	-11,5366	7,62	10,78	8,56	6,56	128	2,16	
5124	604533,8350	1162789,4426	270,8703	8,33	6,57	-9,8273	7,50	10,61	8,52	6,32	121	2,29	
5125	604594,3911	1162769,7499	272,3365	8,42	1,45	-7,5750	6,04	8,54	8,47	1,13	107	2,10	
5126	604647,7833	1162751,8646	273,6341	8,20	5,01	-19,9392	6,80	9,61	8,67	4,14	124	2,23	

Obrázok 12 Ukážka výstupu z databázy bodov

5 Podkladová vrstva

5.1.Zameranie odbúrania stávajúceho povrchu

Jednou z prvých prácí po vybudovaní pomocnej meračskej siete bolo zameranie odbúraného materiálu. Diaľnica bola tvorená dvoma jazdnými pruhmi z cementobetónu a odstavným jazdným pruhom z asfaltobetónu. Každý typ povrchu musel byť odstránený samostatne, kvôli rôznemu typu recyklácie.

Po odstránení krytu a vyčistení bolo možné začať zo zameraním odbúraného úseku v kontrolných bodoch daných projektom. Rozloženie kontrolných bodov bolo v profiloch po 20 m v celom úseku. V každom profile boli zmerané 3 KB - kontrolné body a zamerané kraj celého odbúrania, ktorý sa následne využil pre výpočet kubatúry jednotlivých povrchov.

5.2.Vyhodnotenie

Po samotnom zameraní odbúrania pôvodného krytu sa dáta poslali projektantovi. Posielali sa 3 body v profiloch po 20 m po celej dĺžke rekonštruovaného úseku. Tieto dáta projektant porovnával s projektom. Pri nevhodnosti výškového usporiadania podkladovej vrstvy projektant upravil v miestach kde to bolo možné projektovanú niveletu. V miestach kde nebolo možné niveletu upraviť, napríklad z dôvodu napojenia odpočívadla alebo zjazdov na mimoúrovňové kríženia, bolo nutné vykonať jemné frézovanie podkladovej vrstvy. K tomuto kroku sa pristúpilo len vo výnimočných prípadoch, aby nemusela byť podkladová vrstvy frézovaná a tým pádom aj oslabovaná na hrúbke. Ak bolo toto frézovanie v daných úsekoch realizované, tak bolo nutné zamerať podkladovú vrstvu v kontrolných bodoch.

5.3.Kubatúra a plocha odťazeného materiálu

Pre potreby fakturácie za odstránenie stávajúceho povrchu rekonštruovaného diaľničného úseku bolo nutné vyhotoviť dokumentáciu s informáciami o ploche a hlavne o kubatúre odťazeného materiálu. Táto dokumentácia bola vyhotovovaná pre každého

zhotoviteľa zvlášť, nakoľko každý mal iný úsek. Kubatúra bola spočítaná z prevzatej projektovej dokumentácie pre rekonštrukciu a zo zamerania podkladovej vrstvy po odbúraní stávajúceho povrchu.



Obrázok 13 Ukážka vyčistenej podkladovej vrstvy [autor]

6 Vytyčovanie

Požiadavky na presnosť vytyčovania a kontrolu geometrickej presnosti pre stavby pozemných komunikácií určuje príloha č.9 patriaca do TKP Kapitola 1 (Všeobecné) a musí byť jednoznačne hodnotovo určená aj s odkazmi (na príslušné normy alebo technicko-kvalitatívne podmienky) na vytyčovacích výkresoch alebo schémach. Výnimočne je možné využiť aj určenie presnosti a rozbor presnosti v prílohe technickej správy. [9]

Vytyčovaním sa rozumejú geodetické úkony na stavbe, ktorými sa v teréne alebo na stávajúcich objektoch, vyznačujú vytyčovacími značkami geometrické prvky umožňujúce výstavbu alebo prestavbu objektu na určenom mieste v predpísanom rozmere. [9]

Presnosť vytýčenia priestorovej polohy stavebných objektov pozemnej komunikácie sa stanovuje zo skutočnej polohy hlavných bodov (HB) osy komunikácie a hlavných výškových bodov (HVB), poprípade charakteristických bodov alebo podrobných bodov a hlavných výškových bodov a vyjadruje sa medznými odchýlkami vzhľadom k bodom nadradeného systému. Základným podkladom pre stanovenie vytyčovacích odchýlok pozemných komunikácií vrátane mostných objektov sú ČSN 73 0420-1 a 2.

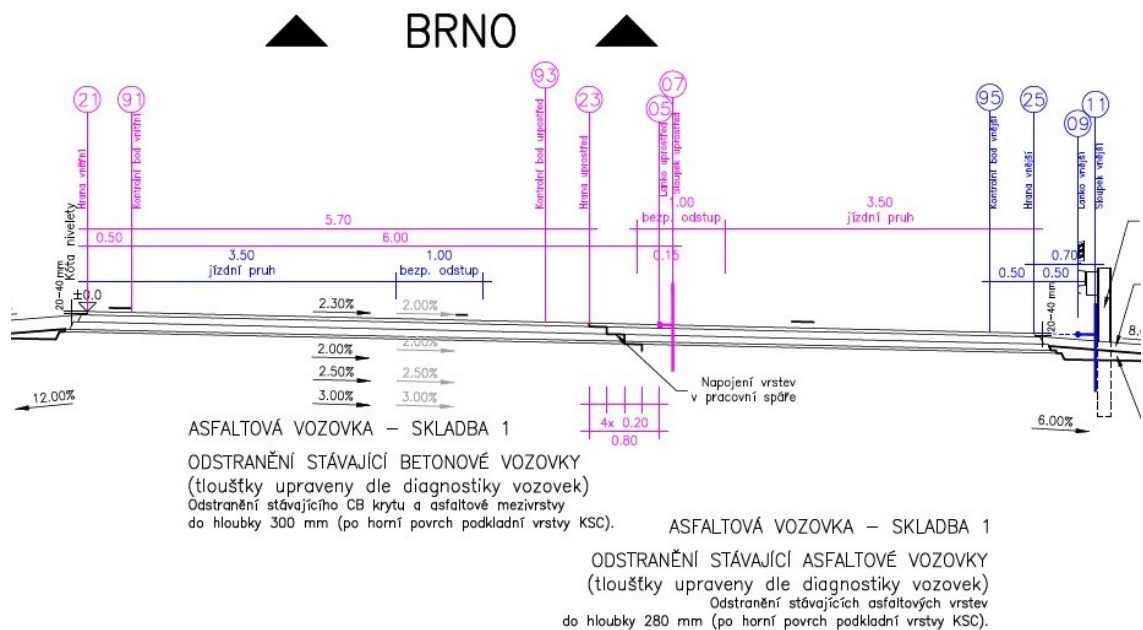
6.1.Lanko dráha

Vytyčovanie lanko dráhy prebiehalo v dvoch etapách. V prvej etape bola vytyčovaná lanko dráha pre RJP – rýchly jazdný pruh. V druhej etape bolo vytýčenie pre PJP – pomalý jazdný pruh a odstavný pruh. Na obrázku č. 14 je možné vidieť ako bola lanko dráha umiestnená voči rekonštruovanej vozovke.

Body s označením 05 (poloha a výška lanko dráhy) a 07 (poloha nosného stĺpika lanko dráhy) patrili do prvej etapy. V druhej etape vytýčenia boli vytyčovanými bodmi body s označením 09 (poloha a výška lanko dráhy) a 11 (poloha nosného stĺpika lanko dráhy). Pri vytýčení sa postupovalo tak, že poloha nosného stĺpika bola vopred vytýčená pomocou GNSS, vzhľadom na dostatočnú presnosť určenia polohy, a následne sa vytyčovali výšky lanko dráhy. Tie sa pre potreby stavby navyšovali o 10 cm, a to z toho

dôvodu, že pri pokladaní vyšších vrstiev by nebolo možné ísť s ultrazvukovým senzorom na finišery nad lankom.

Výšky na lanko dráhach boli vytyčované po 10 m, poprípade na požiadavky stavby boli v určitých úsekoch vytyčované výšky po 5 m. Na obrázku č. 16 je možné vidieť použitý odrazný systém použitý pri vytyčovaní a miesto, ku ktorému je výška vytyčovaná.



Obrázok 14 Ukážka vytyčovaný a kontrolovaných bodov v reze [projekt]

Na základe požiadaviek stavby boli určité úseky kontrolované, najmä pred pokladaním ložnej vrstvy, ktorá sa ako posledná pokladala na základe lanko dráhy. Tieto kontrolné merania, alebo obnovovacie vytýčenia boli uskutočnené najmä z dôvodu poškodenia stavebnou činnosťou alebo z dôvodu overenia pri napojovaní na mostné objekty. Pri poškodení, ako je možné vidieť na obrázku č. 15, dochádzalo väčšinou k zničeniu posuvného mechanizmu alebo k ohnutiu. Toto poškodenie malo za následok skok vo výškových úrovniach.



Obrázok 15 Ukážka poškodených mechanizmov lanko dráha [autor]

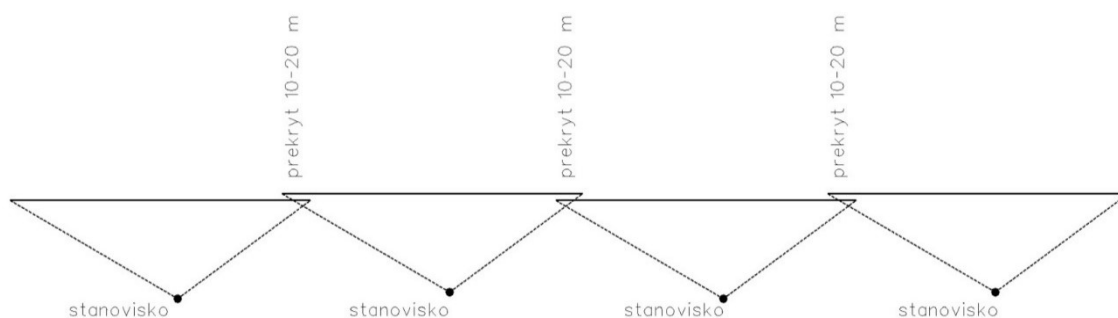


Obrázok 16 Ukážka z vytyčovania [autor]

6.2. Kontrola nadväznosti lanko dráhy

Medzi jednotlivými stanoviskami pri vytyčovaní výšky lanko dráhy bola dôležitá kontrola nadväznosti. Pri vytyčovaní sa dbalo na to, aby bolo medzi jednotlivými stanoviskami prekrytie, kde by sa skontrolovali odchýlky od vytyčovaných hodnôt. Vždy sa kontrolovali minimálne posledné dve vytyčené výšky, aby sa zabezpečila plynulá nadväznosť jednotlivých stanovísk.

Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole, pri poškodení sa znova vytyčovali jednotlivé výšky lanko dráhy. V týchto prípadoch bolo nutné skontrolovať nielen samotnú poškodenú časť, jedno alebo viacero úchytovej lanko dráhy, ale najmä nadväznosť na predchádzajúce a nasledujúce úchyty, ktoré taktiež zabezpečovali plynulé napojenie opravovaného úseku.



Obrázok 17 Ukážka prekrytia medzi jednotlivými stanoviskami [autor]

6.3. Vyhodnotenie odchýlok nadväznosti lanko dráhy

Vyhodnocovanie odchýlok medzi jednotlivými stanoviskami prebiehalo priamo v teréne. Pri prekročení medznej hodnoty boli dve možnosti nápravy. Prvá možnosť zahrňovala nové určenie súradníc prechodného stanoviska novým orientovaním, kde sa vybrala iná kombinácia orientovaných bodov. Táto možnosť nastala len výnimočne, a aj to pravdepodobne kvôli zlému odrazu dĺžky, spôsobenému hustou dopravou. Ak bolo prekročenie tesne nad hranicou medznej odchýlky, pristúpilo sa k úprave výšok posledných 2-3 bodov a to tak, aby bola zachovaná plynulosť. Väčšinou sa jednalo o úpravu výšky o polovičnú hodnotu.

V tabuľke č. 3 je vidno ukážku, ako vychádzali jednotlivé rozdiely v miestach prekrývania sa jednotlivých stanovísk.

Tabuľka 3 Rozdiely na prekryte stanovisk [autor]

Rozdiely na prekrytoch stanovisk pri vytyčovaní lanko dráhy					
Prístroj: Trimble S5 3'' DR Plus, v.č.: 37010341, ver. Fw.:H1.1.20					
SC SW: 3.00 ver. Protokolu: 0.84					
Línia Staničenie	Projektovaná výška	1. stanovisko	2. stanovisko	Rozdiel na prekryte	Poznámka
	Z [m]	dZ [m]	dZ [m]	ΔZ [m]	
1877405-1877505	282,540	-0,099	-0,099	-0,001	
1880005-1880105	280,710	-0,100	-0,098	-0,002	
1882605-1882705	276,339	-0,101	-0,099	-0,002	
1885405-1885505	269,536	-0,099	-0,098	-0,001	
1887805-1887905	263,627	-0,100	-0,098	-0,002	
1890405-1890505	257,736	-0,099	-0,098	-0,001	
1892605-1892705	252,504	-0,101	-0,101	0,001	
1894405-1894505	248,331	-0,101	-0,101	0,000	
1896905-1896805	242,441	-0,102	-0,100	-0,002	
1891905-1891805	254,177	-0,101	-0,101	0,000	
1889705-1889605	259,405	-0,099	-0,102	0,003	výška opravená na polovičnú hodnotu
1887105-1887005	265,777	-0,099	-0,102	0,003	výška opravená na polovičnú hodnotu
1883805-1883705	273,545	-0,100	-0,100	0,000	
1881805-1881705	278,134	-0,101	-0,102	0,001	
1881605-1881505	278,316	-0,100	-0,101	0,001	
1879205-1879105	281,624	-0,100	-0,101	0,001	
1876805-1876705	282,821	-0,101	-0,102	0,001	
1824605-1824705	389,410	-0,101	-0,098	-0,002	
1827005-1827105	386,702	-0,100	-0,099	0,000	
1820205-1820105	389,353	-0,100	-0,100	0,000	
1836605-1836505	361,951	-0,100	-0,099	-0,001	
1839005-1838905	355,078	-0,099	-0,102	0,003	
1864305-1864405	279,6313	-0,0994	-0,0988	-0,001	
1866705-1866805	278,6312	-0,0989	-0,1005	0,002	
1871905-1872005	281,1144	-0,1013	-0,098	-0,003	
1874005-1874105	282,1254	-0,1014	-0,0993	-0,002	

0,003 max [m]
0,000 priem [m]

6.4. Vybavenie diaľnice

Neoddeliteľnou súčasťou rekonštrukcie bola aj rekonštrukcia vybavenia diaľnice. To bolo nutné vzhľadom k zastaranému a neodpovedajúcemu stavu stávajúceho vybavenia. V rámci riešeného úseku sa nachádzajú SOS hlásky, meteorologická stanica, portál mýtnej brány, automatický sčítač dopravy a záchytné zariadenia. Novobudované vybavenie diaľnice musí byť vykonané podľa vzorových riešení ŘSD a príslušných ČSN.

6.4.1. Záchytné zariadenia

Zvodidlá nachádzajúce sa v nespevnenej krajnici boli pri oprave vozovky odstránené v celej dĺžke. Po dokončení práci na vozovke a následnej úprave krajnic boli tieto zvodidlá vytyčované a následne po osadení aj zamerané. Vytyčovali sa len miesta zmeny medzi typmi zvodidiel podľa projektovej dokumentácie. V dokumentácii od

projektanta boli uvedené staničenia a konkrétne súradnice v S-JTSK a zároveň aj popis typu zvodidla. Odsadenie od hrany povrchu nebolo vytyčované, pracovníci si ho odmeriavali priamo od samotnej hrany vozovky.

Pri rekonštrukcii boli osádzané tri typy oceľových zvodidiel. Konkrétne išlo o zvodidlá s úrovňou zachytenia N2, H1 a H2. Toto označenie bolo dôležité dodržať aj pri dokumentácii prevedenia stavby. Ďalším typom záchytného zariadenia boli betónové zvodidlá, ktoré sa nachádzali na konci riešeného úseku. Tieto zvodidlá boli preložené a bolo nutné vybudovať nové monolitické pätky pod tieto zvodidlá. Monolitické pätky boli vytyčované podľa projektovej dokumentácie vyhotovenej projektantom. Celkovo bolo vytyčených niekoľko desiatok týchto monolitických pätiiek, ktoré boli následne aj zamerané pre potreby fakturácie. Na obrázku č. 18 je vidno ako prebiehala budovanie monolitickým pätiiek pod betónové zvodidlá. Priestor medzi jednotlivými pätkami bol následne vyplnený asfaltovým recyklátom.

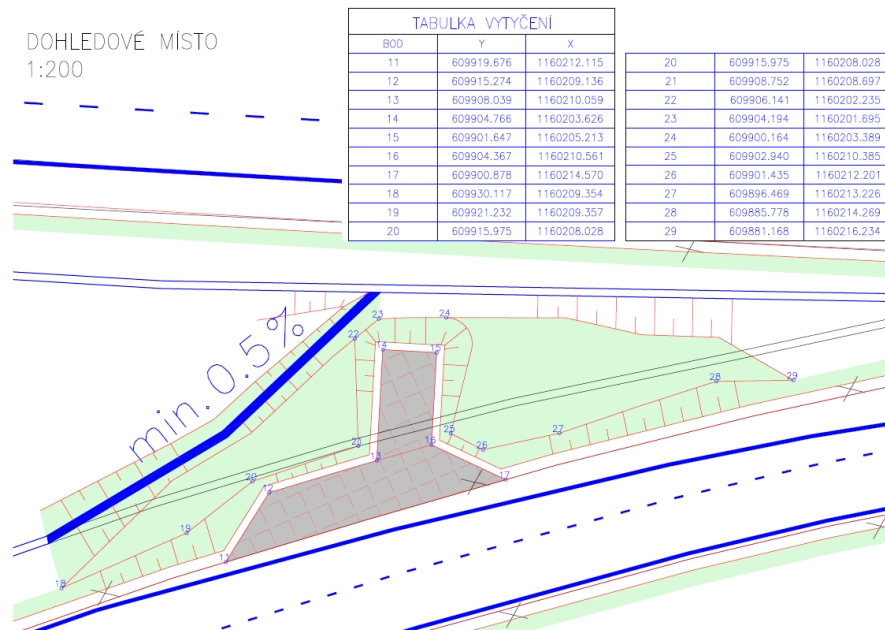


Obrázok 18 Budovanie monolitických pätiiek v SDP [autor]

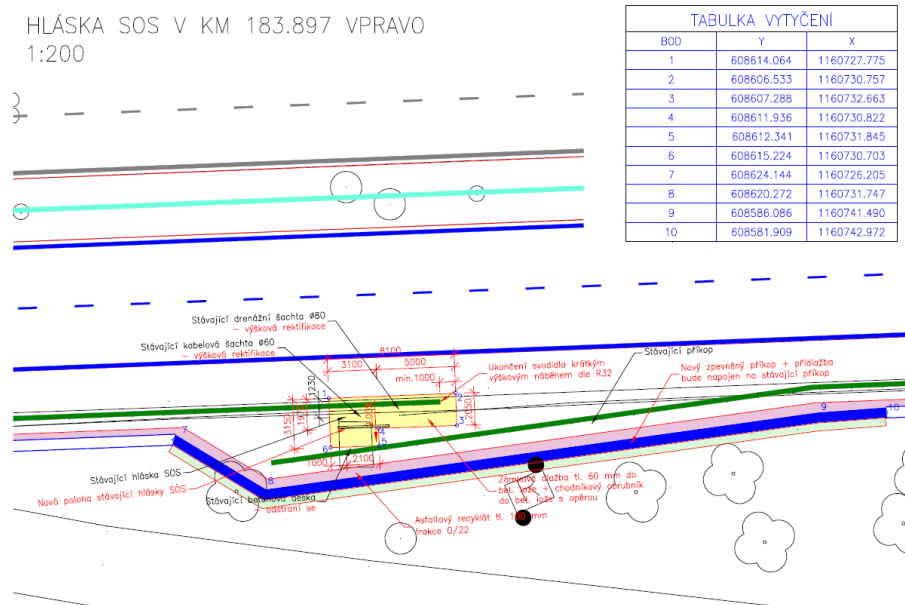
6.4.2. SOS hlásky a dohľadové miesta

Vytyčovanie SOS hlások a dohľadového miesta prebiehalo na podklade projektu. Projektant poslal priamo riešené časti vo forme projektu a aj vo forme tabuľky so súradnicami vytyčovaných bodov. Vytyčovali sa svahy a spevnené povrchy. Po vybudovaní týchto vybavení bolo nutné ich zameranie do geodetickej dokumentácie

prevedenia stavby. Na nasledujúcich obrázkoch možno vidieť ukážky vytyčovacích výkresov vyhotovených projektantom.



Obrázok 19 Vytyčovacia schéma dohľadového miesta [projekt]



Obrázok 20 Vytyčovacia schéma hlásky SOS [projekt]

6.4.3. Dopravné značenie

V rámci vytyčenia nebolo potrebné vytyčovať dopravné značenie, či už vodorovné alebo zvislé. Všetko vodorovné značenie si rozmeriavala stavba na základe vytyčených

kontrolných bodov a odmeriavaním od krajov vozovky. Dopravné značenie bolo zameriavané pre potreby GDPS – geodetickej dokumentácie vyhotovenia stavby. Jednalo sa skoro výhradne o plné a prerušované čiary a šrafovanie.

6.4.4. Odvodnenie

Koncepcia odvodnenia diaľnice bola zachovaná a prebehlo len vyčistenie a prípadná oprava. Odvodnenie povrchu vozovky bolo realizované dvoma spôsobmi.

Prvým spôsobom bolo odvodnenie monolitickými betónovými rigolmi – Curb Kingom (obrázok č. 21), ktorý bol položený v projektovaných úsekoch po položení novej vozovky. Projektované úseky boli vytýčené začiatkom a koncom monolitického rigolu a vytýčením vpustí. Okrem toho boli vytýčené aj hrany SMA, podľa ktorých bol vedené zarezanie povrchu do rovnej línie podľa ktorej následne bol pokladaný nový monolitický žľab finišerom.

Druhým spôsobom bolo odvodnenie za pomoci štrbinových žľabov (obrázok č. 22). Tie boli taktiež vytýčené a umiestnené podľa projektovej dokumentácie. Tieto štrbinové žľaby sú budované v miestach prejazdov SDP – stredného deliaceho pásu. Celkovo bolo na riešenom úseku rekonštrukcie vybudovaných 6 prejazdov SDP. Pre možné osadenie žľabov bolo nutné vytýčenie ich začiatkov a koncov. Štrbinové žľaby sa vytyčovali aj výškovo, pretože ich vrchná časť musela lícovať s pokladanou finálnou vrstvou SMA.

Oba typy odvodnenia boli po realizácii zamerané ako aj pre potreby dokumentácie prevedenia stavby, tak aj pre potreby predávania digitálnej projektovej dokumentácie pre ŘSD ČR.



Obrázok 21 Ukážka monolitického žľabu [autor]



Obrázok 22 Ukážka štrbinového žľabu [autor]

7 Kontrolné zameranie vrstiev

Geodetické práce zhotoviteľa ako aj kontrolné merania musia vyhovovať požiadavkám súboru noriem ČSN ako aj príslušných TKP (technických kvalitatívnych podmienok). U pozemných komunikácii sa podľa ČSN 73 0212-4 kontroluje hlavne:

- Priestorová poloha
- Poloha vo vodorovnej rovine v miestach charakterizujúcich priebeh osy cestnej komunikácie, a to aspoň v počiatku, strede a na konci smerového oblúku (poprípade v ich blízkosti)
- Výška v kontrolných bodoch, ktoré sú určené dokumentáciou stavby
- Priečny sklon vozovky a spevnenej krajnice
- Hrúbka a šírka jednotlivých vrstiev vozovky (poprípade CB krytu)
- Rovnosť povrchu vozovky
- Vzdialenosť od iných objektov v krížení alebo v súbehu

Kontrola hrúbky jednotlivých vrstiev vozovky (šírky CB krytu) je zvláštnou kontrolou určenou pre vozovky pozemných komunikácii. Vykonáva sa podľa technických predpisov uvedených v technicko-kvalitatívnych podmienkach alebo podľa požiadaviek uvedených v projektovej dokumentácii. [9]

Ďalšou kontrolovanou časťou bola aj kontrola hrúbky na nájazdoch MÚK. V týchto miestach nebola vypracovaná projektová dokumentácia a preto bolo nutné zamerať ako pôvodnú vrstvu, tak odfrézovanie stávajúceho krytu a následné polozenie asfaltových vrstiev. Body, v ktorých sa nájazdové rampy kontrolovali, boli realizované v profiloch približne po 20 m a v každom profile boli merané 2 body, vzdialené približne 0,5 – 0,6 m od hrany stávajúceho povrchu.

7.1. Meranie v kontrolných bodoch

Kontrolné meranie prebiehalo po každej položenej asfaltovej vrstve. Merané boli profily po 20 m a v každom profile boli merané 3 body. Dva z týchto bodov sa nachádzali 0,5 m od kraja hrany SMA. Posledný z bodov bol uprostred pokladanej šírky asfaltových vrstiev. Popri meraní kontrolných bodov boli merané aj kraje pokladanej vrstvy, ktoré boli následne využité pre výpočet plochy pokladanej vrstvy. Aj samotné meranie

kontrolných bodov prebiehalo v dvoch etapách, pretože nebola pokladaná naraz celá šírka asfaltovej vrstvy.

Zameriavanie kontrolných bodov bolo vykonávané vytyčovaním si polohy kontrolných bodov daných projektom. V tomto bode bola zmeraná výška, ktorá bola následne kontrolovaná s výškou vrstvy ktorá leží pod meranou a z týchto dvoch výšok bola vypočítaná a posudzovaná hrúbka jednotlivých vrstiev. Bez zamerania a najmä bez odsúhlasenia každej pokladanej vrstvy nebolo možné pokračovať v pokladaní nasledujúcej vrstvy. Výsledné hodnoty hrúbok vrstvy sa posielali v prehľadných tabuľkách na kontrolu stavebnému dozoru, ktorý odobril pokladanie nasledujúcej vrstvy alebo nariadil opravu určitých miest.



Obrázok 23 Ukážka odskoku pokladaných vrstiev [autor]

Popri vytyčovaní si kontrolných bodov boli tieto body stabilizované a signalizované za pomoci spreja pre potreby stavby. Tá potrebovala tieto body najmä na kontrolu šírky pokladania vrstiev. Tá sa odvíjala od toho, že na finálnej vrstve SMA je kontrolný bod vzdialený od hrany SMA 0,5 m. Každá ďalšia vrstva pod finálnou vrstvou musela byť o určitú hodnotu širšia aby nedochádzalo k pokladaniu tesne na hranu, tá by nemusela vydržať pojazdy pri hutnení asfaltovej vrstvy a mohlo by dôjsť k jej poškodeniu. Toto uskočenie jednotlivých vrstiev je vidno aj na obrázku č. 23 so zakreslením jednotlivých hrán vrstiev.

7.2. Vyhodnotenie vrstiev

Jednotlivé vrstvy boli vyhodnocované z dát nameraných v kontrolných bodoch. Pred každou ďalšou vrstvou musela byť najskôr odsúhlasená stavebným dozorum položená predchádzajúca vrstva. na základe merania sa vyhodnocovali viaceré aspekty. Prvým bol rozdiel nameranej výšky od projektovanej výšky v danom kontrolnom bode. Pre každú vrstvu sú rozdielne medzné odchýlky výšky meraného kontrolného bodu voči projektu, ako je vidno aj na schéme v prílohe č. 5. Ďalej bola vyhodnocovaná hrúbka pokladanej vrstvy, ktorá bola daná medznou minimálnou hrúbkou vrstvy a medznou minimálnou priemernou hrúbkou vrstvy, ktoré bola podľa projektovej dokumentácie takisto pre každú vrstvu rôzne. V každom profile sa vyhodnocoval aj priečny sklon vozovky, pre ktorý platila medzná odchýlka spádu s hodnotou rovnou $\pm 0,4\%$.

Pri vyhodnocovaní prvej pokladanej vrstvy sa pre vyhodnotenie hrúbky vrstvy použila ako spodná výška, výška zo zamerania po odbúraní. V prílohách č. 1 – 4 je ukážka vyhodnotenia hrúbky vrstiev v úseku km 181,960 – 184,980. V prílohe je možné vidieť aj prázdne bunky. V týchto profiloch z viacerých dôvodov nebola kontrolne zmeraná výška vrstvy. Jedným z dôvodov mohlo byť odstavenie stavebného mechanizmu v mieste kontrolného bodu. Ďalej je možné v prílohe vidieť hodnoty zvýraznené červenou farbou. Tieto hodnoty boli následne posudzované stavebným dozorum, projektantom alebo stavbyvedúcim daného úseku, ktorý rozhodli, či je možné pokračovať v pokladaní asfaltových vrstiev.

7.3. Vyhodnotenie plochy vrstiev

Zameranie širok pokladanej vrstvy vozovky bolo realizované na podklade potreby stavby. Tá mala následne možnosť na základe pokladanej plochy a priemernej hrúbky vrstvy možnosť rýchleho prepočtu kubatúry. Ďalej toto zameranie slúžilo aj na kontrolu odsadení jednotlivých pokladaných vrstiev. Najdôležitejšie bolo zameranie finálne vrstvy SMA, kde sa kontrolovala projektovaná šírka pokladanej vrstvy a toto zameranie bolo zakreslené do digitálnej projektovej dokumentácie pre ŘSD ČR.

Ďalšie plochy, ktoré boli pre stavbu dôležité, boli plochy frézovania sanácii. Tie sa zamerali len obvodom, a na meranie sa použila metóda GNSS – RTK. Dokumentácia odfrézovaných sanácii bola použitá pre potreby fakturácie.

7.4.GDPS

Tvorba geodetickej dokumentácie vyhotovenia stavby je daná *Předpisem pro předávání digitální projektové dokumentace pro ředitelství silnic a dálnic ČR* s označením C2 z roku 2015. Účelom predpisu je stanovenie pravidiel pre odovzdávanie digitálnych výstupov projektovej dokumentácie pozemných komunikácií, spracovávaných pre riaditeľstvo silnic a diaľnic ČR. Úlohou predpisu je:

- Zjednotenie spôsobu spracovania digitálnej dokumentácie v uzavretom formáte tak, aby bolo možné digitálne výkresy reálne využívať v rámci ŘSD a v prípade potreby ich bolo možné vo vymedzenom rozsahu ľahko prezentovať aj mimo ŘSD
- Stanovuje základné požiadavky pre predávanie dokumentácie v otvorených formátoch

Štandardizácia spracovania digitálnej formy dokumentácie je potrebná z dôvodov koordinácie, archivácie a ďalšieho automatického spracovania. [10]

V predpise sú presne definované atribúty pre odovzdávanie dokumentácie. Každý prvok má svoje označenie a zaradenie do triedy. Smernica definuje presnú vrstvu, typ a hrúbku čiary, atribút a obsah jednotlivkej vrstvy.

8 Záver

Diplomová práca popisuje geodetické činnosti v procese rekonštrukcie povrchu diaľnice D1 v úseku km 181,990 – 189,700 vpravo, a opravou povrchov na mimoúrovňových kríženíach. V úvodnej kapitole je sú popísané geodetické práce pri výstavbe pozemných komunikácii, od vypracovania projektovej dokumentácie po práce spojené s dokončením stavby a jej uvedením do prevádzky. Ďalej je popísaný rozsah a vymedzenie stavby, ktorej sa rekonštrukcia dotýkala a harmonogram práci vykonávaných na stavbe.

V diplomovej práci je popísaný postup realizácie výstavby a popis jednotlivých stavebných činností. Rekonštrukcia sa týkala vyťaženého a frekventovaného úseku diaľnice D1. V práci sú vymenované použité meračské prístroje. Pred začiatkom práci bola vykonané overenie súčtovej konštanty hranolov používaných pri meraní.

Následne je popísaná tvorba vytyčovacej siete, jej stabilizovanie, zameranie a vyrovnanie. Vytyčovacia sieť bola vybudovaná metódou polygónového ťahu meraným cez voľné stanoviska. Body polygónového ťahu boli určené metódou GNSS – RTK s využitím virtuálnej referenčnej stanice siete VRS NOW CZ. Výškovo bola sieť napojená na body využité pri zamieravaní podkladu pre projekt. V kapitole sú popísané použité metódy merania s teoretickou analýzou presnosti v kontexte s predpísanými odchýlkami uvedenými v ČSN.

Práca je previazaná radou ČSN, ktoré navzájom spolu súvisia a nie je možné sa zamerať na jednu konkrétnu normu a je potrebné aby bolo s normami pracované v širších súvislostiach. Jednou z najčastejšie rozoberaných noriem je norma *ČSN 73 0420-2 Presnosť vytyčování staveb – Část 2: Vytyčovací odchylky*. Na tieto normy sa odkazujú aj príslušné technicko-kvalitatívne podmienky a projektová dokumentácia.

Pre dané účely boli použité metódy pre polohové určenie dostačujúce. Pre výškové určenie boli použité metódy – trigonometrická metóda určovania výšok, limitné, najmä pri tvorbe vytyčovacej siete. Veľkú pozornosť bolo treba venovať presnosti merania, pretože so zväčšujúcou sa dĺžkou klesá presnosť určenia výšky určenej trigonometrickou metódou. Vhodnejšie by bolo využitie metódy presnej nivelácie. Táto metóda nemohla byť použitá z hľadiska časovej tiesne a najmä z hľadiska frekventovaného úseku s častou tvorbou dopravných zápch.

Po dokončení prác na vytyčovacej sieti boli realizované práce na samotnej rekonštrukcii. Začalo sa so zameraním podkladovej vrstvy, na základe ktorej bola projektantom navrhnutá niveleta. Pri samotnom vytýčení výšky lanko dráhy bolo nutné aby medzi jednotlivými stanoviskami prebiehala kontrola naviazanosti. To bolo vykonané realizovaním prekrytia na jednotlivých stanoviskách a kontrolou vytyčovaných výšok. Ďalej boli kontrolované jednotlivé pokladané vrstvy, ktoré boli merané profiloch po 20 m a to troma bodmi v profile. V týchto kontrolných bodoch bola kontrolovaná odchýlka od projektovaných výšok, hrúbka pokladanej vrstvy a odchýlka od projektovaného sklonu vozovky. Jednotlivé výsledné hodnoty vrstiev sú spracované do prehľadných tabuliek. Pri prekročení odchýlok musel o možnosti pokračovania rozhodnúť stavebný dozor alebo projektant.

V neposlednej rade sú popísané zvyšné práce geodeta pri vytyčovaní a kontrolnom zameraní jednotlivých stavebných objektov, pri vybavení diaľnice a pri vyhotovení dokumentácie skutočného vyhotovenia stavby podľa predpisu pre tvorbu mapových podkladov v rámci ŘSD ČR.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] Směrnice pro dokumentaci staveb pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy ČR, 02.2007
- [2] Geodetické práce a zpracování dat pro silniční stavby [online]. 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z:
<http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/geodeticke-prace-a-zpracovani-dat-pro-silnicni-stavby/>
- [3] Mapy ČR [online].2019 [cit 2019-05-22]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [4] ŠVÁBENSKÝ, O. VITULA, A. BUREŠ, J. GE16 MODUL 02 Inženýrská geodézie I: Geodézie ve stavebnictví. Brno, 2006. 110 s.
- [5] MICHALČÁK O., VOSIKA O., VESELÝ M., NOVÁK Z. - Inžinierska geodézia I, SNTL Praha 1985
- [6] Totální stanice Trimble S5 [online]. 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z:
<https://geospatial.trimble.com/sites/default/files/2019-03/Datasheet%20-%20Trimble%20S5%20Total%20Station%20-%20English%20USL%20-%20Screen.pdf>
- [7] Trimble R8 GNSS Receiver [online]. 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z:
https://www.positioningsolutions.com/Trimble/product_specs/trimble_r8-model2.pdf
- [8] ČSN 73 0420-2 – Přesnost vytyčování staveb – Část 2: Vytyčovací odchylky, červenec 2002
- [9] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Kapitola 1 – Všeobecně, Ministerstvo dopravy
Odbor pozemních komunikací, leden 2017,84 s.
- [10] Předpis pro předávání digitální projektové dokumentace pro říditelství silnic a dálnic ČR - C2, Ředitelství silnic a dálnic, 2015

- [11] ŠVÁBENSKÝ, O.; VITULA, A; BUREŠ, J. Inženýrská geodézie I: Základy inženýrské geodézie. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie, 2007. 92 s.
- [12] ŠVÁBENSKÝ, O. VITULA, A. BUREŠ, J. GE16 MODUL 03 Inženýrská geodézie I: Návod ke cvičením. Brno, 2006. 161 s
- [13] MICHALČÁK O., VOSIKA O., VESELÝ M., NOVÁK Z. – Inžinierska geodézia II, ALFA Bratislava 1990, ISBN 80-05-00678-0
- [14] ČSN 70 0422 - Přesnost vytyčování liniových a plošných stavebních objektu, 10/1986
- [15] Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu
- [16] Bagry. Hájek, O. Moderní systémy 2D a 3D nivelace zemních strojů v praxi [online]. 2018 [2018-05-22]. Dostupné z:
http://bagry.cz/cze/clanky/technika/moderni_systemy_2d_a_3d_nivelace_zemnich_stroju_v_praxi
- [17] ČSN 73 0420-1 – Přesnost vytyčování staveb – Část 1: Základní požadavky
- [18] ČSN ISO 4463-1 – Měřicí metody ve výstavbě – Vytyčování a měření – Část 1: Navrhování, organizace, postupy měření a přijímací podmínky
- [19] ČSN ISO 4463-2 – Měřicí metody ve výstavbě – Vytyčování a měření – Část 2: Měřické značky
- [20] ČSN 73 6121 – Stavba vozovek – Hutněné asfaltové vrstvy – Provádění kontroly a shody
- [21] ČSN 73 6126-1 – Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Část 1: Provádění kontroly a shody
- [22] ČSN 73 0401 – Názvosloví v geodézii a kartografii

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

- S-JTSK – Systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej
- Bpv – Balt po vyrovnání
- ČSN – Česká technická norma
- HVB – Hlavný výškový bod
- GNSS – Globálny družicový polohový systém (Global Navigation Satellite System)
- SO – Stavebný objekt
- MÚK – Mimoúrovňové kríženie
- CB – Cementobetón
- AB - Asfaltobetón
- SMA – Asfaltový koberec mastixový
- ACL – asfaltový betón pre ložnú vrstvu
- VMT – Asfaltová zmes s vysokým modelom tuhosti
- SAL – Asfaltová zmes so zvýšenou odolnosťou voči šíreniu vrsteiv
- TKP – Technické kvalitatívne podmienky
- KZP – Kontrolný a skúšobný plán
- ppm – Parts per million
- MNČ – Metóda najmenších štvorcov
- RTK – Real-time kinematic
- VRS – Virtual reference station
- SDP – Stredný deliaci pruh
- PJP – Pomalý jazdný pruh
- RJP – Rýchly jazdný pruh
- KB – Kontrolný bod
- ŘSD – Ředitelství silnic a dálnic
- GDPS – Geodetická dokumentácia vyhotovenia (provedení) stavby

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obrázok 1 Rozsah rekonštruovaného úseku [3]</i>	14
<i>Obrázok 2 Ukážka harmonogramu prác [projekt]</i>	16
<i>Obrázok 3 Ukážka priečneho rezu komunikáciou [projekt]</i>	18
<i>Obrázok 4 Rez vrstiev vozovky s ich požiadavkami na presnosť [autor]</i>	19
<i>Obrázok 5 Totálna stanica Trimble S5 3'' [autor]</i>	22
<i>Obrázok 6 Výstup súboru zápisníku [autor]</i>	24
<i>Obrázok 7 Výstup mrania TS [autor]</i>	25
<i>Obrázok 8 Výstup merania GNSS [autor]</i>	25
<i>Obrázok 9 ČSN 73 0420-2, tab.23 [8]</i>	27
<i>Obrázok 10 Ukážky stabilizácie pomocnej meračskej siete [autor]</i>	30
<i>Obrázok 11 Ukážka protokolu vyrovnania [autor]</i>	33
<i>Obrázok 12 Ukážka výstupu z databázy bodov</i>	33
<i>Obrázok 13 Ukážka vyčistenej podkladovej vrstvy [autor]</i>	35
<i>Obrázok 14 Ukážka vytyčovaný a kontrolovaných bodov v reze [projekt]</i>	37
<i>Obrázok 15 Ukážka poškodených mechanizmov lanko dráha [autor]</i>	38
<i>Obrázok 16 Ukážka z vytyčovania [autor]</i>	38
<i>Obrázok 17 Ukážka prekrytia medzi jednotlivými stanoviskami [autor]</i>	39
<i>Obrázok 18 Budovanie monolitických pätiiek v SDP [autor]</i>	41
<i>Obrázok 19 Vytyčovacia schéma dohľadového miesta [projekt]</i>	42
<i>Obrázok 20 Vytyčovacia schéma hlásky SOS [projekt]</i>	42
<i>Obrázok 21 Ukážka monolitického žľabu [autor]</i>	44
<i>Obrázok 22 Ukážka štrbinového žľabu [autor]</i>	44
<i>Obrázok 23 Ukážka odskoku pokladaných vrstiev [autor]</i>	46

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tabuľka 1 Špecifikácia totálnej stanice Trimble S5 [6]</i>	22
<i>Tabuľka 2 Špecifikácia GNSS aparatury Trimble R8-2 [7]</i>	23
<i>Tabuľka 3 Rozdiely na prekryte stanovisk [autor]</i>	40

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1: Vyhodnotenie vrstvy VMT1 v km 181,960 – 184,980

Príloha č.2: Vyhodnotenie vrstvy SAL v km 181,960 – 184,980

Príloha č.3: Vyhodnotenie vrstvy VMT2 v km 181,960 – 184,980

Príloha č.4: Vyhodnotenie vrstvy ACL v km 181,960 – 184,980

Príloha č.5: Rez vrstiev vozovky a ich požiadavky na presnosť

Príloha č.6: Výkres vytyčovacej siete - ukážka