

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE

Studijní program: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

Studijní obor: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

GEODETICKÉ PRÁCE PŘI MONTÁŽI MOSTOVÉHO JEŘÁBU A KONTROLE JEŘÁBOVÉ DRÁHY

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.

Praha, 2019

Bc. Tereza Vyroubalová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vyroubalová Jméno: Tereza Osobní číslo: 434015

Zadávací katedra: K154 - Speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie a kartografie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Geodetické práce při montáži mostového jeřábu a kontrole jeřábové dráhy

Název diplomové práce anglicky: Geodetic works for installation of bridge crane and verification of crane runway

Pokyny pro vypracování:

Proveďte geodetická měření a vytvořte dokumentaci při montáži mostového jeřábu ve výrobní hale. Proveďte geodetické měření pro kontrolu geometrických parametrů zadané jeřábové dráhy. Vytvořte grafickou a tabulkovou dokumentaci pro směrové a výškové poměry zaměřované dráhy.

Seznam doporučené literatury:

[1] ČSN 73 5130 Jeřábové dráhy (1994)

[2] Metodický návod pro určování prostorových vztahů jeřábových drah. Český úřad geodetický a kartografický, Praha, 1978.


[3] Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2015. 336 s. ISBN 978-80-01-05843-5.


Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 20.2.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 19.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

20.2.2019

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma „Geodetické práce při montáži mostového jeřábu a kontrole jeřábové dráhy“ vypracovala samostatně, pouze s odbornou konzultací vedoucího práce Ing. Jaroslava Brauna, Ph.D. Veškerá použitá literatura a jiné použité zdroje jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Praze, dne 19.5.2019

.....

Bc. Tereza Vyroubalová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Braunovi, Ph.D. za cenné rady během celého zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Petrovi Jaškovi, Ph.D. a Ing. Tomášovi Kulíkovi za výpomoc při měření a při zpracování diplomové práce. V neposlední řadě patří velké díky rodině za podporu během celého studia.

ABSTRAKT

Tématem diplomové práce jsou geodetické práce při montáži mostového jeřábu a kontrole jeřábových drah. V teoretické části práce jsou popsány konstrukce jeřábů a jeřábových drah. Dále jsou uvedeny nejčastější metody měření a používané pomůcky. Praktická část práce je rozdělena do tří celků. V jednotlivých částech je popsán celý postup přípravy měření, samotné měření a následné vyhodnocení. Přesnosti metod a použitých pomůcek jsou popsány v kapitolách s rozbory přesnosti. Výstupem jsou tabulky s výslednými geometrickými parametry konstrukce a grafické přílohy. První část je věnována montáži mostového jeřábu, druhá urovnání nové jeřábové dráhy a třetí kontrole stávající jeřábové dráhy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jeřábová dráha, mostový jeřáb, geometrický parametr, příčná úchylka, svislá úchylka, rozchod kolejnic

ABSTRACT

The topic of this diploma thesis is geodetic work for installation of bridge crane and verification of crane runway. The theoretical part describes the construction of cranes and crane runways, the most common methods of measurement and used equipment. The practical part is divided into three parts. In the individual parts are described the whole process of measurement preparation, the measurement and the evaluation. Accuracy of methods and tools used are showed in chapters with precision analysis. The output are tables with geometrical parameters of construction and graphical attachment. The first part is devoted to the installation of the bridge crane, the second is the settlement of the new crane runway and the third control of the existing crane runway.

KEYWORDS

The crane runway, the bridge crane, geometrical parameters, transversal deviation, vertical deviation, track gauge

Obsah

1. ÚVOD	9
2. JEŘÁBY A JEŘÁBOVÉ DRÁHY	10
2.1. MOSTOVÉ JEŘÁBY	10
2.1.1. Dělení mostových jeřábů	11
2.1.2. Konstrukce jeřábů	12
2.1.3. Vlivy působící na jeřáb a jeřábovou dráhu	14
2.2. Normy a právní předpisy	14
2.2.1. Termíny a definice	15
2.3. Metody měření	16
2.3.1. Metoda záměrné přímký	17
2.3.2. Semipolární metoda	18
2.3.3. Prostorová polární metoda	19
2.3.4. Laserové skenování	20
2.3.5. Porovnání metod	20
3. SESTAVENÍ NOVÉHO JEŘÁBU	22
3.1. Teoretický postup	22
3.1.1. Montovaný mostový jeřáb	22
3.1.2. Rozbory přesnosti	24
3.1.3. Pomůcky	26
3.2. Postup měření	27
3.2.1. Měření 1. část	27
3.2.2. Měření 2. část	35
3.3. Výsledky	40
3.4. Umístění mostového jeřábu	44
4. UROVNÁNÍ NOVÉ JEŘÁBOVÉ DRÁHY	48
4.1. Příprava měření	48
4.1.1. Parametry zaměřované dráhy	49
4.1.2. Rozbory přesnosti	50
4.2. Pomůcky	55
4.3. Postup měření	56
4.4. Zpracování naměřených hodnot	57
5. KONTROLA STÁVAJÍCÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY	62
5.1. Příprava měření	62
5.1.1. Parametry zaměřované jeřábové dráhy	63
5.1.2. Rozbory přesnosti	64

5.2. Pomůcky	69
5.3. Postup měření.....	69
5.4. Zpracování naměřených hodnot.....	72
6. ZÁVĚR	77
SEZNAM ZDROJŮ.....	79
SEZNAM OBRÁZKŮ	81
SEZNAM TABULEK.....	83
SEZNAM ROVNIC	84
SEZNAM PŘÍLOH.....	85
OBSAH CD.....	87
PŘÍLOHY.....	88

1. ÚVOD

Jednou z oblastí, kterou se zabývá inženýrská geodézie, je měření v průmyslu při sestavování strojírenských objektů nebo při kontrole jejich geometrických parametrů. Využití přesné geodézie je vyžadováno zejména u objektů větších rozměrů, s velkou prostorovou členitostí a u objektů, kde jsou kladeny vysoké požadavky na přesnost měření. Těmito objekty jsou například jeřáby a jeřábové dráhy.

Jeřáby a zejména jeřábové dráhy jsou nezbytným pomocníkem v průmyslové výrobě. Každá jeřábová dráha musí splňovat pro svůj bezproblémový a bezpečný provoz přísná kritéria, která se týkají geometrického tvaru konstrukce. Měření geometrických parametrů je prováděno při montáži nových jeřábových drah, při pravidelných kontrolách pro zjištění skutečného stavu a pro potřeby rektifikace dráhy. Tolerance a mezní odchylky jsou stanoveny v technických normách, ze kterých bude při měření a zpracování této práce čerpáno. Součinnost geodeta je nutná také u montáže nových jeřábů, kde je důležité dodržení všech předepsaných parametrů a dodržení kolmostí a rovnoběžností konstrukčních částí.

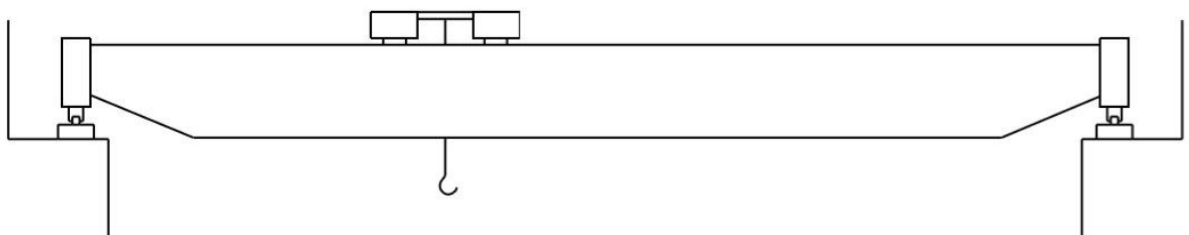
Tato diplomová práce se zabývá geodetickými činnostmi při montáži samotného mostového jeřábu, postupy při sestavení nové jeřábové dráhy a kontrole geometrických parametrů stávající jeřábové dráhy. Byly zvoleny postupy měření, které se běžně využívají v praxi podle podmínek v místě umístění jeřábové dráhy a podle tvaru a velikosti mostového jeřábu. Hodnoty tolerancí jednotlivých geometrických parametrů byly převzaty z ČSN 73 5130 [1]. Přesnost a vhodnost měřících postupů a zvolených pomůcek je ověřena v kapitolách s rozbory přesnosti.

2. JEŘÁBY A JEŘÁBOVÉ DRÁHY

Jeřáby jsou ocelové konstrukce, které slouží k přemísťování velmi těžkých břemen ve vymezeném prostoru například na stavbách nebo v průmyslových halách. Jeřáby můžeme rozdělit podle několika kritérií, nejčastěji však podle celkové konstrukce na mostové, portálové a poloportálové, věžové a sloupové. Jeřábová dráha je součástí mostových a portálových jeřábů, která slouží pro jejich pojezd. V případě portálového jeřábu se po kolejnicích pohybuje konstrukce podpěr spojených s nosníky, po kterých se pohybuje zdvihací zařízení. U mostových jeřábů jsou podpěry jeřábové dráhy pevně spojeny se zemí nebo konstrukcí haly a jeřábová dráha je umístěna ve výšce. Další kapitoly se budou zabývat přímo mostovými jeřáby, kterým se věnuje celá diplomová práce.

2.1. MOSTOVÉ JEŘÁBY

Mostové jeřáby jsou nejrozšířenějším typem jeřábů, které jsou používány především v průmyslových halách nebo na nádvoří průmyslových objektů. Častým provozem a vysokým zatížením dochází ke značnému opotřebení hlavně jeřábových drah a tím i dalších součástí. Protože by odstavení jeřábu z technických důvodů znamenalo pro chod závodu značné provozní problémy a finanční ztráty, jsou prováděny v pravidelných intervalech nebo na požádání pověřené osoby kontroly geometrických parametrů.



Obr. 1- Schéma mostového jeřábu

Při stanovení geometrických parametrů jeřábových drah se určuje rozměr a tvar objektů nebo jejich částí a poloha vůči hlavní polohové čáře nebo ose objektu. U jeřábových drah je jako hlavní polohová čára volena spojnice prvního a koncového bodu na středu jedné z kolejnic. Vůči spojnici jsou určovány polohové a výškové odchylky kolejnice, čímž je kontrolována podélná a výšková přímost. Dalším sledovaným parametrem při kontrole geometrického tvaru je rozchod kolejnic a jejich převýšení. Příčné a výškové odchylky a odchylky rozchodu jsou zjišťovány v místech všech podpěr

jeřábové dráhy a na převislých koncích, které nejsou delší než 3 metry. Jeřábová dráha musí splňovat následující podmínky

- Osy kolejnic musí být navzájem rovnoběžné
- Pojezdové plochy kolejnic jsou ve stejné výšce
- Rozchod kolejnic je shodný s osovou vzdáleností kol jeřábu
- Spojnice nárazníkových čel je kolmá na osu kolejnic
- Osa kolejnic je kolmá na točnou osu kol jeřábu

Pokud je při měření zjištěno nesplnění některých podmínek a překročení mezních odchylek, musí být provedena rektifikace jeřábové dráhy.

Při měření je nutné odstavení jeřábu z provozu. Doba odstavení závisí hlavně na velikosti jeřábu a jeřábové dráhy, prostředí a dostupnosti dráhy, požadované přesnosti, přístrojovém vybavení a zvolené metodě měření. U mostových jeřábů, kde je měření prováděno na kolejnicích umístěných ve výšce, je kladen veliký důraz na bezpečnost práce.

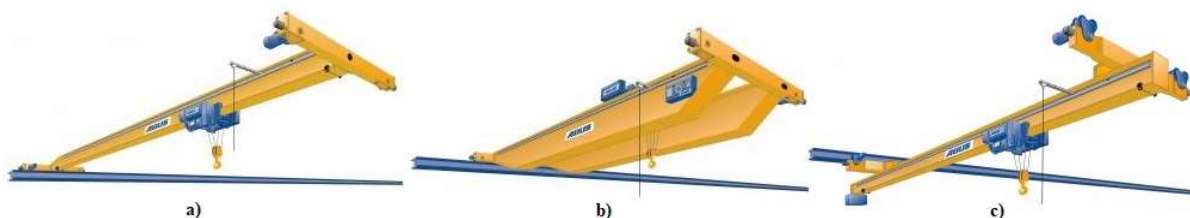
Měření v průmyslových halách, kde jsou jeřáby umístěny, bývá ovlivňováno vnějšími vlivy, jako je například provoz strojů a proudění vzduchu. Tyto vlivy by měly být po konzultaci s objednavatelem nebo odborným pracovníkem eliminovány odstavením strojů a koordinací prací v provozu. [10], [11]

2.1.1. Dělení mostových jeřábů

Mostové jeřáby jsou konstrukce, které pojíždějí po vyvýšených jeřábových drahách a jsou opatřeny zdvihacím zařízením. Nosným prvkem je jeřábový most, který se podle konstrukce dělí na

- Jednonosníkové- jeřáby menších rozměrů a nižší nosnosti. Konstrukci tvoří jeden most, po jehož spodní části pojíždí kočka. (Obr. 2a)
- Dvounosníkové- tvořeny dvěma mosty, které jsou spojeny příčníky. Na každém mostu je umístěna kolejnice pro pojezd zdvihacího zařízení, které se pohybuje v prostoru mezi mosty. Tyto jeřáby jsou umístěny ve větších halách pro přemísťování břemen několikanásobně těžších než u jednonosníkových jeřábů. (Obr. 2b)

- Podvěsné- Jeřáby zavěšené na visuté jeřábové dráze nesené střešní konstrukcí. Po spodní části jeřábu se pohybuje zdvihové zařízení. Nosnost je obdobná jako u jednosníkových jeřábů. (Obr. 2c)
- Speciální- jeřáby se speciální konstrukcí, vyrobené pro určitý typ činností.

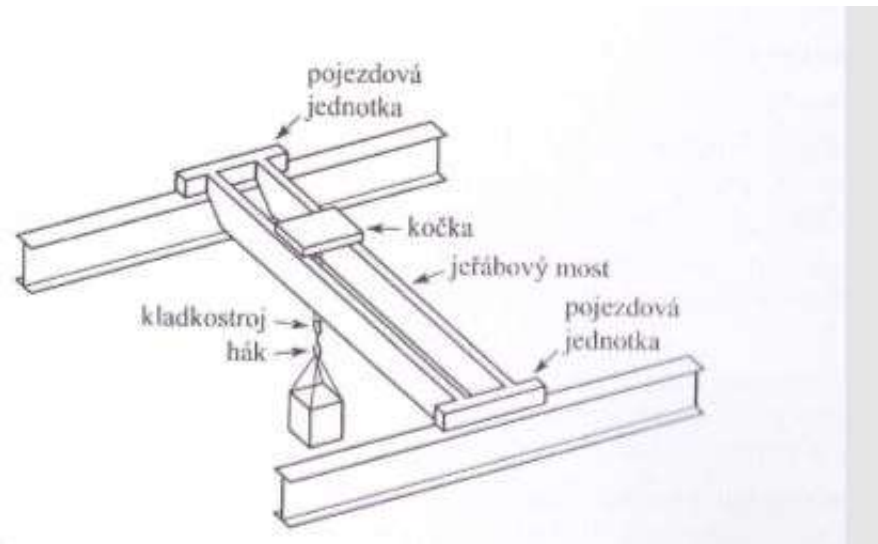


Obr. 2- Druhy mostových jeřábů [16]

Jak vyplývá z předchozího textu, na typu konstrukce jeřábu závisí jeho nosnost. Jeřáby podle nosnosti můžeme rozdělit do tří tříd. U jeřábů lehkých je udávána nosnost do 12,5 tun. Do této kategorie řadíme především jednonosníkové a podvěsné jeřáby. Nosnost 12,5 t až 50 t mají jeřáby středně těžké a při nosnosti větší než 50 t se jedná o jeřáby těžké, což jsou většinou mostové jeřáby s dvěma nosníky. Pokud má jeřáb dvě zdvihová zařízení, mluvíme o jednotce s vyšší nosností jako o jednotce hlavní a o zařízení s nižší nosností jako o jednotce pomocné.

2.1.2. Konstrukce jeřábů

Projektováním a konstruováním mostových jeřábů a jeřábů obecně se zabývá celá řada technických norem, které jsou uvedeny v kapitole 2.2. Hlavními konstrukčními prvky mostových jeřábů jsou pojezdové jednotky, jeřábový most, pojezdové zařízení, kladkostroj a prostředek pro uchopení břemene.



Obr. 3- Hlavní části jeřábu [9]

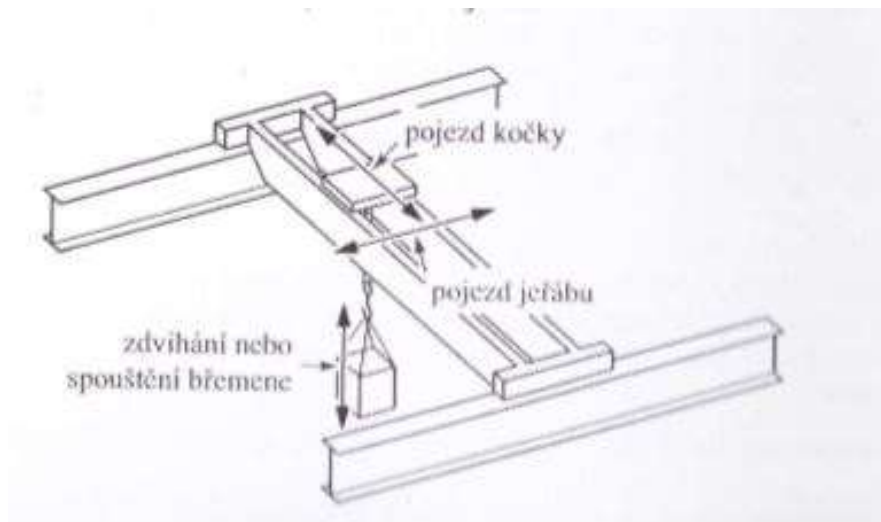
Pojezdové jednotky neboli příčníky jsou zařízení vybavené pojezdovými koly určené pro pohyb jeřábu po jeřábové dráze. U dvounosíkových jeřábů slouží ke spojení mostů.

Jeřábový most je kovová konstrukce vyrobená z velmi pevných materiálů, které snášejí dynamické i statické namáhání. Na horních pásnicích mostů jsou umístěny na podkladnicích kolejnice pro pojezd zdvihacího zařízení.

Pojezdová jednotka neboli kočka je zařízení, které se pohybuje v prostoru mezi mosty a slouží k příčnému přemísťování břemen. Součástí konstrukce kočky je i kladkostroj, který slouží ke zvedání a spouštění břemene. Břemeno je uchyceno prostředkem pro uchopení, jako je například hák, drapák, elektromagnet nebo další.

Dalšími konstrukčními prvky, které slouží především jako doplňkové k obsluze a provozu, jsou revizní lávky u mostů, elektrická zařízení a nárazníky, které chrání jeřáb při nárazu do nárazníků umístěných na jeřábové dráze.

V provozu koná jeřáb jeden ze tří základních pohybů. Podélný pojezd je pohyb celého jeřábu po jeřábové dráze. Pohyb kočky neboli příčný pohyb je pohyb zdvihacího zařízení po kolejnicích umístěných na mostech v prostoru mezi jeřábovými mosty. Zdvih nebo spouštění vykonává hák nebo jiné zařízení pro uchycení břemene. [9]



Obr. 4- Pohyby jeřábu [9]

2.1.3. Vlivy působící na jeřáb a jeřábovou dráhu

Na jeřáby a jeřábové dráhy působí mnoho vlivů, které mohou nepříznivě ovlivňovat konstrukci a provoz zařízení. Konstrukce jeřábu a jeřábové dráhy jsou neustále zatíženy vlastní vahou a vahou pojízděcího zařízení. Statické zatížení jeřábové dráhy je různé podle polohy odstaveného jeřábu. Při pohybu jeřábu po dráze dochází k dynamickému zatížení, které může být doprovázeno chvěním nebo otřesy konstrukce jeřábové dráhy. U mostů jeřábu tvoří dynamické zatížení pojezd zdvihacího zařízení. Velikosti zatížení záleží na hmotnosti samotných konstrukcí a břemen, která jsou jeřáby přemísťována.

Celá konstrukce zařízení je ovlivňována vnějšími vlivy, mezi které řadíme především změny teploty a chvění vzduchu. Změny teploty ovlivňují konstrukci podle teplotní roztažnosti použitého výrobního materiálu a můžou způsobit nebezpečné pnutí, následkem kterých můžou nastat poruchy na konstrukci.

Při opotřebení některých částí jeřábu nebo jeřábové dráhy působí na zbytek konstrukce síly, které ovlivňují celkový provoz. Opotřebení nejčastěji nastává u kolejnic, které vlivem opotřebení mění svůj tvar a tím ovlivňují pojezd jeřábů a nepříznivě působí na pojezdová kola.

2.2. Normy a právní předpisy

Jeřáby a jeřábovými drahami se zabývá řada technických norem, které by měly být podkladem při výrobě a montáži jeřábů a kontrole jeřábových drah. Samotným tělesem jeřábu se zabývají normy o ocelových konstrukcích, především ČSN EN 1090-2 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí- Technické požadavky na

ocelové konstrukce [4]. Zrušené normy ČSN 73 2601 Provádění ocelových konstrukcí [5] a ČSN 73 2611 Úchylky rozměrů a tvaru ocelových konstrukcí [3] byly nahrazeny normami evropskými, ale jejich obsah je stále využíván.

Pro geodetická měření jsou důležitým podkladem normy ČSN 73 5130 Jeřábové dráhy [1] a ČSN ISO 12488-1 Jeřáby- Tolerance pro pojezdová kola a pro jeřábové a příčné dráhy [2]. Účelem této normy je stanovit mezní hodnoty, při jejichž dodržení je zajištěn bezpečný provoz a dosažení životnosti komponentů.

Mezinárodní norma ČSN ISO 12488-1 Jeřáby- Tolerance pro pojezdová kola a pro jeřábové a příčné dráhy účinná od roku 2013 stanovuje tolerance pro konstrukce a pro provozní podmínky jeřábů a jeřábových drah. [2]

Norma ČSN 73 5130 Jeřábové dráhy se zabývá prostorovou úpravou, konstrukčním řešením, tolerancemi, měřením úchylek a rektifikací jeřábových drah. Tolerance a mezní hodnoty v normě platí pro projektování, výrobu, montáž a provoz nových jeřábových drah při teplotě 20°C, ale je používána při úpravě hodnot i u drah stávajících. Norma dále udává náležitosti, které by měl obsahovat protokol. Například technickou zprávu s údaji o dráze, postupu měření, pomůckách a zhodnocení výsledků, grafické znázornění s vyznačením směrových a výškových úchylek a s jejich hodnotami. Jednou z důležitých částí je kapitola, která vysvětluje termíny a definice konstrukčních částí jeřábových drah. Terminologie je používána v dalších dokumentech zabývajících se jeřábovými drahami. [1]

2.2.1. Termíny a definice

Termíny a definice jsou převzaty z normy ČSN 73 5130- Jeřábové dráhy. [1]

Jeřábová dráha- konstrukce určená pro pojezd jeřábu, tvořená nosníkovou konstrukcí s kolejnicemi nebo ocelovými nosníky podvěsných jeřábů nebo nosníkem pojízdného kladkostroje (zdvihadla), popř. samostatnou kolejí na podloží. Součástí jeřábové dráhy je i nutné příslušenství, zejména nárazníky, nárážky, lávky, plošiny, schodiště, žebříky, zábradlí, popř. nosníky a konzoly trolejí.

Větev jeřábové dráhy- část konstrukce jeřábové dráhy, po níž pojíždí pojezdová kola jeřábu.

Pole větve jeřábové dráhy- část větve jeřábové dráhy mezi dvěma sousedními podporami, popř. s prodloužením nosníku za poslední podporu, tj. s převislým koncem.

Rozchod jeřábové dráhy- vodorovná vzdálenost mezi svislými osami (středů) jeřábových kolejnic obou větví jeřábové dráhy mostových, portálových a poloportálových jeřábů a vodorovná vzdálenost mezi svislými osami pojížděných nosníků vnějších větví jeřábové dráhy podvěsného jeřábu.

Výška jeřábové dráhy H_0 - svislá vzdálenost od úrovně země (podlahy) k úrovni hlavy kolejnice jeřábové dráhy.

Výška jeřábové dráhy je u

- a) Jeřábů mostových, portálových a poloportálových k úrovni hlavy kolejnice
- b) Jeřábů podvěsných a pojízdnych zdvihadel k horní hraně pojížděné příruby nosníku, popř. závěsné kolejnice
- c) Pojízdnych konzolových jeřábů k úrovni hlavy nosné kolejnice na svislém nosníku

Průchozí lávka- lávka podél celé větve jeřábové dráhy určená zejména pro nouzový únik z kabiny nebo koše jeřábu, popř. z průchozí lávky jeřábu.

Revizní lávka- lávka v části větve jeřábové dráhy určená ke kontrole, údržbě a opravám jeřábu.

Revizní plošina- plošina v příčném, popř. i v přilehlém podélném směru jeřábové dráhy určená ke kontrole, údržbě a opravám jeřábu.

Nástupní plošina- plošina určená pro přístup do kabiny nebo koše jeřábu.

2.3. Metody měření

Měření jeřábových drah je běžnou geodetickou činností, která svou přesností spadá do oboru inženýrské geodezie. V dnešní době je k dispozici mnoho měřických metod a postupů, které zaručují při použití přesných pomůcek splnění požadované přesnosti měření. Volba metody je závislá na konkrétním jeřábu a jeřábové dráze a na podmínkách v místě měření. Proto je vhodné volit měřický postup po rekognoskaci a domluvě s obsluhou jeřábu. Snahou geodeta je použít metodu, která bude vyhovující pro konkrétní zadání a bude dodržena požadovaná přesnost. Tím, že musí být provoz jeřábu při měření zastaven a provoz v okolí jeřábové dráhy omezen, je snahou minimalizovat čas, který je nutný k měření. V dalších kapitolách jsou shrnuty nejpoužívanější metody. [10], [11]

2.3.1. Metoda záměrné přímky

Metoda záměrné přímky je nejstarší metoda používaná k určení úchylek v příčném směru. Metoda se řadí mezi nejpřesnější a její největší předností je získání výsledků v terénu z přímo měřených hodnot. Nevýhodou je pohyb celé měřické skupiny po jeřábové dráze, což je u některých jeřábových drah z důvodů dodržení bezpečnosti práce nemožné.

Záměrná přímka je spojnice počátečního a koncového bodu na středu kolejnice nebo jako odsazená rovnoběžka s osou kolejnice. Záměrnou přímku realizuje záměrná osa teodolitu nebo totální stanice. K upevnění teodolitu na kolejnici se používá speciální upínací podložka s nucenou centrací (Obr. 54). Koncový bod je trvale stabilizován vhodným způsobem, například hranolem.



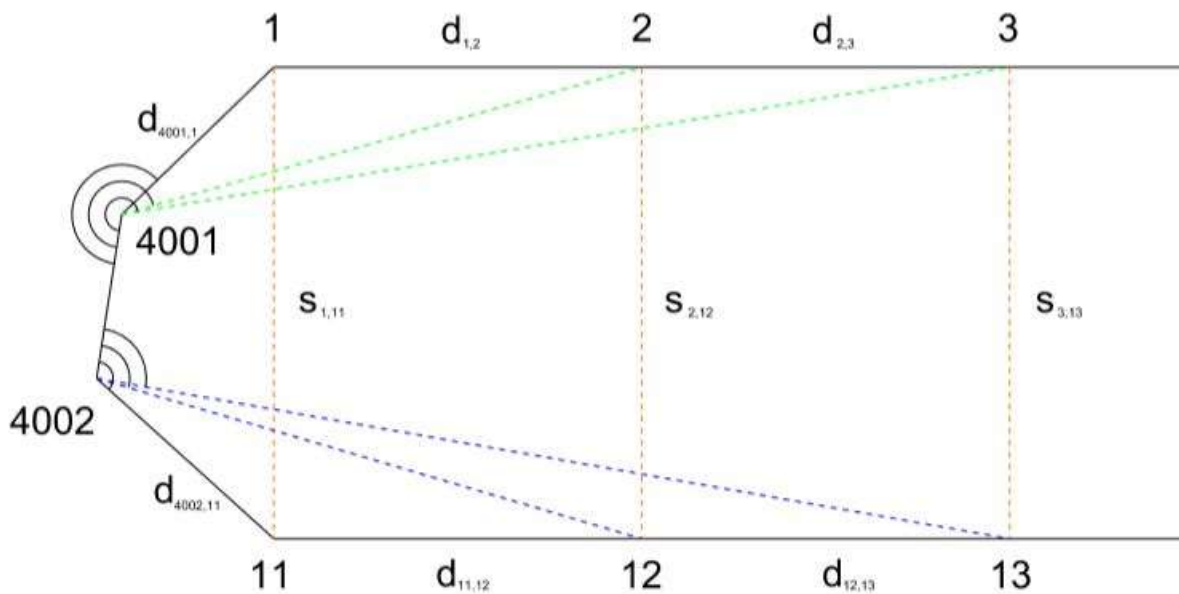
Obr. 5- Záměrná přímka [15]

Podrobné body jsou vyznačeny důlčikem nad podpěrami jeřábové dráhy. K určení středu kolejnice a vyznačení důlčíku se používají středící nůžky s průbojníkem. Vodorovné úchylky od záměrné přímky jsou čteny na příkládaném pravítku. Měření by mělo být provedeno 2x a rozdíl mezi hodnotami by neměl překročit 1 mm. Při měření na druhé kolejnici se realizuje rovnoběžka se záměrnou přímkou tím, že jsou vytyčeny kolmice z prvního a posledního bodu o délce rovné rozchodu kolejnic. Následně je opakován postup měření na první kolejnici.

Rozchody kolejnic v jednotlivých podrobných bodech se měří kalibrovaným pásmem napínaným siloměrem. Pokud měření pásmem není možné, používají se laserové dálkoměry. Měření by mělo být provedeno alespoň třikrát a rozdíl mezi hodnotami by neměl přesáhnout 1 mm. Výškové odchylky jsou měřeny nivelací, každý bod by měl být zaměřen nejméně dvakrát s rozdílem menším než 1 mm. Používají se nivelační přístroje odpovídající přesnosti a vhodné nivelační měřítko. [11]

2.3.2. Semipolární metoda

Tato metoda se využívá, pokud není možnost umístění teodolitu na kolejnici. Metoda využívá úhlové měření teodolitem a délkové měření pásmem. V prostoru mezi kolejnicemi jsou zvolena dvě stanoviště tak, aby jejich spojnice byla přibližně kolmá na dráhu jeřábu a mezi stanovišty byla přímá viditelnost s možností měření vzdálenosti. Pokud je současně prováděno i výškové měření, musí být určeny výšky horizontů přístrojů pomocným výškovým bodem. Podrobné body jsou voleny a vyznačeny jako u metody záměrné přímky.



Obr. 6- Semipolární metoda

Na stanovištích jsou měřeny vodorovné směry a zenitové úhly ve dvou skupinách s uzavěrem, délka základny mezi body, délky mezi stanovištěm a prvním bodem na kolejnici, délky mezi podrobnými body a čtení na výškovém bodě. Délka základny je měřena paralakticky nebo kalibrovaným pásmem a délky mezi body pásmem. Dále se měří rozchody kolejnic pásmem nebo laserovým dálkoměrem. Při měření délek je pásmo napínáno siloměrem a měřeno je nejméně dvakrát.

Vzdálenosti bodů od středu teodolitu jsou dopočítány z trojúhelníků kosinovou větou z jedné měřené a druhé vypočtené délky. Při výpočtu souřadnic se vychází z prvního trojúhelníku, kde je měřena vzdálenost mezi prvním bodem a přístrojem, délka mezi prvním a druhým bodem na kolejnici a vrcholový úhel. Souřadnicová soustava je volena s počátkem v jednom ze stanovišť a jednou z os vloženu do spojnice stanovišť.

V dnešní době, kdy je použití teodolitu spíše výjimečné, se tato metoda využívá jen zřídka. Při měření totální stanicí ze stanoviska mimo jeřábovou dráhu je snazší volba metody polární, kdy odpadá nutnost druhého stanoviska a měření délek pásmem. [11]

2.3.3. Prostorová polární metoda

V současnosti je metoda při použití totálních stanic nejvyužívanější. Důvodem je rychlost prací, což je výhodné při odstávce jeřábu a omezení provozu, jednoduchost a nenáročnost na požití pomůcky. Totální stanice dosahují v dnešní době vysokých přesností a tím splňují podmínky pro přesné měření v průmyslu.

Nejvhodnějším umístěním totální stanice je připevnění přímo na kolejnici nebo do míst ve výšce jeřábové dráhy. Pokud je nutné postavení přístroje na zemi, volí se stanovisko podle zastavenosti prostoru pod jeřábem a závisí i na velikosti měřené jeřábové dráhy, rozchodu a výšce uložení. U drah o větších rozměrech je nutné volit více vhodně rozmístěných stanovisek.

Některé publikace, například [10], uvádějí, že ideální volba stanoviska je přibližně v polovině délky dráhy ve středu mezi oběma kolejnicemi. Při měření totálními stanicemi musíme brát v úvahu přesnost úhlového a délkového měření, kdy úhlové je ve většině případů přesnější, protože měření délek může být ovlivněno okolními vlivy. U měření drah je nutná vyšší přesnost měření v příčném směru k ose kolejnice. Pokud tedy zvolíme stanovisko uprostřed, bude směrem ke středu délky kolejnice narůstat chyba měření v příčném směru. Vhodné postavení přístroje by tedy bylo mimo prostor jeřábu ve zvolené vzdálenosti podle konkrétní jeřábové dráhy. Převážně v halách je takové postavení nemožné, proto jsou používány totální stanice s nejpřesnějšími dálkoměry a tím je vliv chyby v příčném směru snížen.

Podrobné body jsou voleny nad podpěrami, v ose kolejnice. V některých případech můžou být body odsazeny od středu kolejnice o konstantní hodnotu. Poloha bodu je vyznačena důlčíkem pomocí středících nůžek. Měřeno je na odrazný minihranol, je tedy důležité správné nastavení součtové konstanty hranolu.

Během měření bývá provoz v okolí jeřábu omezen, ale stabilita přístroje může být ovlivněna i pracemi, které probíhají v jiných částech závodu a zdánlivě na měřené hodnoty nepůsobí. Z tohoto důvodu by měla být na začátku a po konci měření na každé

kolejnici provedena kontrola stability měření na orientační bod nebo na identický bod na kolejnici.

Vyhodnocení měřených hodnot probíhá v kanceláři a výsledkem jsou prostorové souřadnice v místním systému, které můžeme libovolně transformovat pro snazší vyhodnocení. Obvykle se vkládá počátek do prvního bodu na kolejnici a jedna osa směřuje do koncového bodu na stejné kolejnici. Výsledné úchyly jsou vypočítány z rozdílů souřadnic a pro objednavatele je vyhotoven protokol o zaměření jeřábové dráhy. [10]

2.3.4. Laserové skenování

Rozvíjející se metodou zjišťování parametrů jeřábové dráhy je použití laserového skenování. Skenery jsou v dnešní době již rozšířeným přístrojem a dosahují vyšších přesností. Výhodou při sběru dat je velké množství podrobných bodů zaznamenaných během krátké doby. Technologie zatím nedosahuje srovnatelných přesností jako jiné metody. Kvůli velkému množství dat a znalosti tvaru jeřábové dráhy, je možné v některých případech metodu použít a dosáhnout dostačující přesnosti. Velkou výhodou metody je bezkontaktní měření, při kterém není nutný pohyb měřiče po jeřábové dráze.

Skener musí být postaven na stativu z důvodů větší viditelnosti okolí, proto je nemožné umístění skeneru přímo na kolejnici. Při experimentálních měření byl skenovací systém umístěn na mostu jeřábu, na kterém byly zvoleny dvě stanoviska v blízkosti kolejnic přibližně tak, aby výška skeneru byla 2 metry nad kolejnicí. Po zaměření se jeřábový most posune po jeřábové dráze o určitou vzdálenost a skenování se opakuje. Hustota skenování byla zvolena tak, aby síť bodů byla dostatečně podrobná i v nejbližších místech na kolejnici.

Zpracování naměřených dat probíhá v kanceláři ve speciálních programech. Výstupem je očištěné mračno bodů, které se dále může dělit na segmenty nebo prokládat rovinami pro vymodelování kolejnic a následné vyhodnocení. [13]

2.3.5. Porovnání metod

Všechny uvedené metody jsou běžně využitelné a volba závisí na dostupném vybavení a okolních podmínkách při měření jeřábových drah. Metoda záměrné přímky a semipolární metoda jsou starší postupy měření, které byly využívány před příchodem totálních stanic. Přesností jsou srovnatelné s novějšími metodami. Při volbě těchto metod postačí k měření přesný teodolit, kalibrované pásmo a cíl, na který budou měřeny

vodorovné směry a úhly. Měření je časově náročnější a při nepřístupnosti jeřábových drah je volba těchto metod nevhodná.

V současnosti nejpoužívanější je prostorová polární metoda. Totální stanice, které jsou základem při volbě této metody, jsou v dnešní době dostupným vybavením, které je v geodetické praxi každodenně využíváno i pro jiné typy měření. Výhodou je zvýšení bezpečnosti práce. Postavení totální stanice je možné na podlaze pod jeřábovou drahou, odpadá tedy nutnost pohybu obou členů měřické skupiny ve výšce. Měření je oproti jiným metodám znatelně rychlejší, což zkracuje dobu odstávky jeřábu a provozu. Při této metodě úplně odpadá měření pásmem, rozchody kolejnic a délky mezi podrobnými body jsou počítány ze souřadnic.

Laserové skenování je rozvíjející se metoda. Skenery nejsou běžným vybavením, které se využívá při geodetických pracech, proto je dostupnost složitější. Oproti již zmíněným metodám je dosažená přesnost horší, ale množství získaných dat je nesrovnatelně vyšší.

I v oblasti měření jeřábových drah dochází stále k vývoji nových pomůcek a nových metod. Snahou je vymyšlení automatického systému měření, který zautomatizuje měřické procesy a nebude nutný pohyb měřičů ve výškách. Automatické měřicí systémy propojují několik systémů do jednoho celku. Základem je použití robotizované totální stanice a vyrobeného rámu, který je osazen hranoly, snímači naklonění a dalším zařízením. Registrace dat probíhá v připojeném notebooku. Pohyb rámu zajišťuje samotný jeřáb, který ho tlačí po kolejnici a totální stanice zaznamenává měřené hodnoty. Měření je ovlivněno dynamickým zatížením způsobeným pojezdem jeřábu. [14]

3. SESTAVENÍ NOVÉHO JEŘÁBU

Geodetické měření u mostových jeřábů se netýká jen jeřábových drah, ale součinnost geodeta je nutná i při sestavování nových jeřábů pro velká rozpětí. Hlavním úkolem geodeta je navržení postupu sestavení jeřábu tak, aby byly dodrženy všechny geometrické parametry, jako jsou především rovnoběžnost a kolmost částí konstrukce. Problematikou navrhování ocelových konstrukcí jeřábů se zabývá řada norem jak českých tak evropských. Pro projektování a konstruování mostových jeřábů je vydána norma ČSN EN 15011. [6]

3.1. Teoretický postup

Příprava měření a volba použitých pomůcek vychází ze zkušeností s montáží jeřábů, které již byly sestaveny. Postupy měření se mění v závislosti na podmínkách v hale a na konkrétním jeřábu. Proto se příprava před měřením vztahuje jen na přípravu pomůcek a prostudování projektové dokumentace jeřábu.

3.1.1. Montovaný mostový jeřáb

Pro sestavení každého jeřábu je hlavním podkladem projektová dokumentace, především její grafická část. Obsahem výkresů jsou řezy tělesem jeřábu. Konkrétně vodorovný řez celou konstrukcí, svislý řez příčnicí a svislý řez jeřábovým mostem. Grafická část je doplněna tabulkami s technickými parametry konkrétního jeřábu. Při sestavení je nutné znát rozpětí jeřábu a rozchod kolejnic.

Konkrétní parametry jeřábu

Druh jeřábu Jeřáb elektrický mostový teleskopický 10.0 (20.0) x 28.00 m

Investor EGW Cranes s.r.o.

Jeřábový most

- Rozpětí 28000 mm
- Rozvor 9400/1700 mm

Jeřábová kočka

- Rozvor 5800 mm
- Rozchod 6000 mm
- Nosnost 20 000 kg
- Nosnost na magnet 10 000 kg

- Výška zdvihu 6 m

Montovaný jeřáb bude umístěn v nevytápěné hale kovošrotu v Třinci. Při montování bylo potřeba zvážit teplotní roztažnost konstrukce jeřábu, která může při větších výkyvech teplot nepříznivě ovlivnit funkci jeřábu.

3.1.1.1. Teplotní roztažnost konstrukce

U mostových jeřábů, kde jsou části konstrukce protáhlého tvaru a jeden délkový rozměr výrazně převyšuje zbylé dva, uvažujeme teplotní délkovou roztažnost. Teplotní roztažnost je jev, při kterém dochází ke změně délky v určitém směru v závislosti na změně teploty. Výchozím předpokladem je, že těleso má při určité teplotě t_0 určitou délku l_0 a při teplotě t délku l . Vzorec pro výpočet délky l

Rovnice 1- Teplotní roztažnost těles

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

- kde l_0 výchozí délka při montáži,
 α koeficient teplotní roztažnosti oceli ($13 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$),
 Δt změna teploty.

Nejdelším konstrukčním prvkem jeřábů jsou mosty, kde by při prodloužení mohl být ovlivněn pohyb jeřábu po jeřábové dráze. Podle statistických údajů je průměrná roční teplota v Třinci okolo 3 °C s maximální teplotou za měsíc srpen 16,2 °C a minimální teplotou v lednu -8,3 °C. Předpokládáme, že v hale může být teplota v rozpětí od 0 °C do 30 °C. Montáž byla provedena při teplotě 13 °C. [17]

Tab. 1- Teplotní roztažnost konstrukce mostového jeřábu

Teplotní roztažnost konstrukce mostového jeřábu						
Montáž		Provoz	Změna	Koeficient	Provoz	Změna
teplota	délka	teplota	teploty	roztážnosti	délka	délky
[°C]	[m]	[°C]	[°C]	[1/K]	[m]	[mm]
13	28	0	-13	13*e-6	27,9953	-4,7
		30	17		28,0062	6,2

Při teplotě 30 °C dojde na délce 28 metrů k prodloužení o 6 milimetrů. Ke změně délky mostů dochází i při zatížení, proto je celková konstrukce jeřábů navržena tak, aby minimální délkové změny neovlivňovaly funkci. Vliv délkové roztažnosti konstrukce může být tedy na konkrétní délku zanedbán.

3.1.2. Rozbory přesnosti

Rozbory přesnosti byly provedeny pro zkontrolování předepsaných směrodatných odchylek. Byly provedeny na základě aktuálních podmínek a reálného měření v montážní hale. Pro výpočet směrodatných odchylek souřadnic bodů byl použit program PrecisePlanner [18]. Byly vytvořeny vstupní soubory se souřadnicemi bodů (příloha č. 1) a s přesnostmi měřených hodnot podle použité totální stanice (příloha č. 2).

Velké nároky na přesnost byly kladeny na urovnání stolic (Obr. 7), proto byl proveden rozbor, zda zvolený postup a pomůcky splňují mezní směrodatnou odchylku definovanou v normě ČSN 73 5130 [1]. Protokol o vyrovnání je součástí příloh (příloha č. 3).



Obr. 7- Konstrukce stolic

Výsledky a výpočty

č.b. / souřadnice	X/m	Y/m	Z/m	sX/mm	sY/mm	sZ/mm
101	5027,999340	1000,096400	0,165490	0,967	0,148	0,072
102	5027,999080	1001,096400	0,165000	0,959	0,184	0,072
103	5027,999420	1003,596100	0,158110	0,903	0,361	0,071
104	5027,999640	1004,596320	0,157090	0,870	0,431	0,071
105	5028,000460	1005,996380	0,158100	0,821	0,516	0,071
106	5028,000690	1006,996900	0,158600	0,784	0,569	0,072
107	5028,000370	1009,495980	0,160900	0,696	0,671	0,075
108	5028,000780	1010,497090	0,160810	0,664	0,702	0,076
201	4999,998810	1000,101800	0,154800	0,969	0,121	0,089
202	4999,998440	1001,102210	0,156800	0,967	0,131	0,090
203	4999,999640	1003,602600	0,159090	0,951	0,215	0,091
204	4999,999290	1004,601900	0,158610	0,940	0,256	0,092
205	5000,000480	1006,003100	0,157900	0,922	0,315	0,093
206	4999,999860	1007,001810	0,158700	0,906	0,356	0,095
207	5000,000730	1009,401980	0,157700	0,864	0,447	0,098
208	5000,001020	1010,501600	0,161000	0,843	0,484	0,100
1101	4999,999770	1000,000000	0,155010	0,969	0,121	0,089
1102	5027,999320	1000,000000	0,165300	0,968	0,148	0,072
1103	5000,001460	1010,363210	0,160400	0,846	0,480	0,100
1104	5028,001000	1010,357400	0,161000	0,669	0,698	0,076
4903	5018,445790	999,791200	0,714900	0,219	0,105	0,018

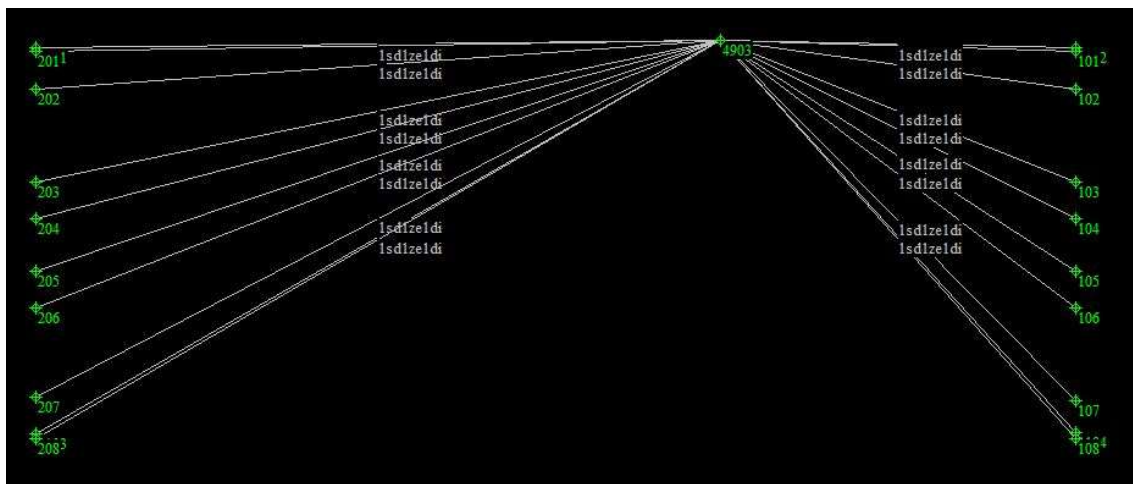
Délka Z Do Výpočet Délka 27,999550 m Uložit tabulku Sm. odchylka 1,412513 mm Uložit kov. matici

Obr. 8- Výpočet směrodatných odchylek rozchodů kolejnic na stolicích- PrecisePlanner

Ze směrodatných odchylek souřadnic bodů byla vypočítána směrodatná odchylka rozchodu kolejnic na stolicích. Směrodatná odchylka byla vynásobena koeficientem spolehlivosti, který byl zvolen 2,5 a tím byla získána mezní směrodatná odchylka rozchodu.

Tab. 2- Mezní směrodatné odchylky rozchodů kolejnic na stolicích v milimetrech

Mezní sm. odchylky rozchodů kolejnic na stolicích				
Bod	Bod	mezní sm. odchylka		hodnocení
		vypočítaná	norma	
1101	1102	3,5	7,5	OK
1103	1104	2,8		OK



Obr. 9- Výstup PrecisePlanner- schéma měření

Další kontroly byly provedeny porovnáním rozdílů projektovaných a vypočítaných hodnot rozchodů s mezními rozdíly, které byly vypočítány z hodnot směrodatných odchylek z PrecisePlanneru. Výsledky testování jsou uvedeny v kapitole 3.3. Výsledky.

3.1.3. Pomůcky

Postup měření při montáži jeřábů není v žádných dokumentech definován. Volba pomůcek je tedy závislá na tolerancích stanovených pro jednotlivé části jeřábů. [19]

Totální stanice Leica Nova MS50 R2000

Výrobní číslo 368677

Úhlová přesnost 0,3 mgon

Dálkoměr

Na hranol 1 mm + 1,5 ppm·D

Bez hranolu 2 mm + 2 ppm·D

Pro měření byla zvolena nejpresnější dostupná totální stanice. Při měření na mini hranol byla využita funkce automatického cílení pro eliminaci chyb měřiče.



Obr. 10- TS Leica Nova MS50 R2000

Odrazný hranol Leica mini GMP101

Výrobní číslo 5901826

Součtová konstanta +17,5 mm pro totální stanice Leica

Z důvodů dosažení vyšší přesnosti měření byl použit přesný mini hranol, u kterého je udávána přesnost centraxe do 1 mm. Hranol má odnímatelnou cílovou desku, což je vhodné při měření v malých prostorách konstrukce.



Obr. 11- Odrazný hranol Leica mini GMP101

Speciální přípravek

Speciální přípravek byl používán při kontrole svislosti pojezdových kol. Přípravek byl vyroben podle požadavků Ing. Petra Jaška, Ph.D. První částí je kovový válec opatřený na horní části vysoustruženou ploškou pro umístění odrazného štítku. Průřez součástky je udělán tak, aby bylo možné zastrčení do otvoru na příčnicích u horní části pojezdových kol a vůle mezi konstrukcí a přípravkem byla minimální.

Druhou část přípravku tvoří válec s výřezem pro umístění první části. Součástka zaručuje při přiložení ke konstrukci kola nebo příčnicku kolmost přípravku vůči částem konstrukce.



Obr. 12- Speciální přípravek

Pro další měření je plánována výroba přípravku s odrazným hranolem. Tím by byla eliminována chyba z manuálního cílení na odrazný štítek. Na krátké vzdálenosti je přesnost cílení ovlivněna tloušťkou samotného křížku.

Dále byl použit dřevěný stativ Leica, teploměr, barometr a souprava pro vyznačení podrobných bodů důlčíky.

3.2. Postup měření

Ve dnech 5. a 6. 2. 2019 bylo provedeno měření pro sestavení mostového jeřábu, které se skládalo z urovnání stolic, usazení příčníků do stolic a vytyčení osy kolejnic pro pojezd kočky. Měření a montování jeřábu probíhalo v hale společnosti První jílovská a.s., společnost byla zároveň objednavatelem zaměření.

Postup měření a následného montování jeřábu byl konzultován s pracovníky firmy a byl volen s ohledem na rozměry jeřábu. Protože byla montáž částí konstrukce a celkově měření časově náročné, byla práce rozdělena do dvou dnů.

3.2.1. Měření 1. část

Po vstupu do haly, byla od pracovníků převzata projektová dokumentace ke konkrétnímu mostovému jeřábu. Se zaměstnanci byl probrán postup měření, protože jejich součinnost při měření je nezbytná.

První fází bylo urovnání stolic pro montáž jeřábu. Stolice jsou konstrukce, které simulují jeřábové dráhy a je tedy nutné zajistit geometrické parametry, které má jeřábová dráha splňovat, především jde o rozchod kolejnic podle projektové dokumentace. V zadní části haly byla umístěna stolice přibližně kolmo ke stěně haly, umístění bylo provedeno pracovníky bez předešlého měření. Tato stolice byla brána jako vztažná a k ní byla urovnávána druhá na opačném konci haly. Přemístění druhé stolice bylo realizováno mostovými jeřáby, které slouží pro obsluhu v hale.



Obr. 13- Stolice

První stanovisko bylo zvoleno přibližně uprostřed mezi stolicemi u pravé stěny haly při pohledu od vrat (Obr. 15). V totální stanici byla založena zakázka a nastaveny atmosférické korekce (teplota 13°C, tlak 978 hPa). Na pravém konci středu kolejnice umístěné na stolici dále od vrat byl změřen bod 1001, bod 1002 byl změřen na kolejnici na druhé stolici. Měření bylo registrováno do paměti přístroje. V totální stanici byla zvolena funkce referenční přímky mezi body 1001 a 1002 a vypočítána vzdálenost bodů, která byla menší než projektovaný rozchod kolejnic. Stolice byla posunuta a stejným způsobem byl rozchod zkontrolován. Postup byl opakován do doby, kdy rozdíl hodnoty rozchodu naměřeného a z projektu nebyl v řádu milimetrů. Obdobným způsobem byl urovnán druhý konec stolice vůči stolici první. Na středu kolejnice na druhém konci byl zvolen bod, referenční přímka byla ponechána a stolice byla posunuta tak, aby bylo dosaženo hodnoty staničení 28 metrů.

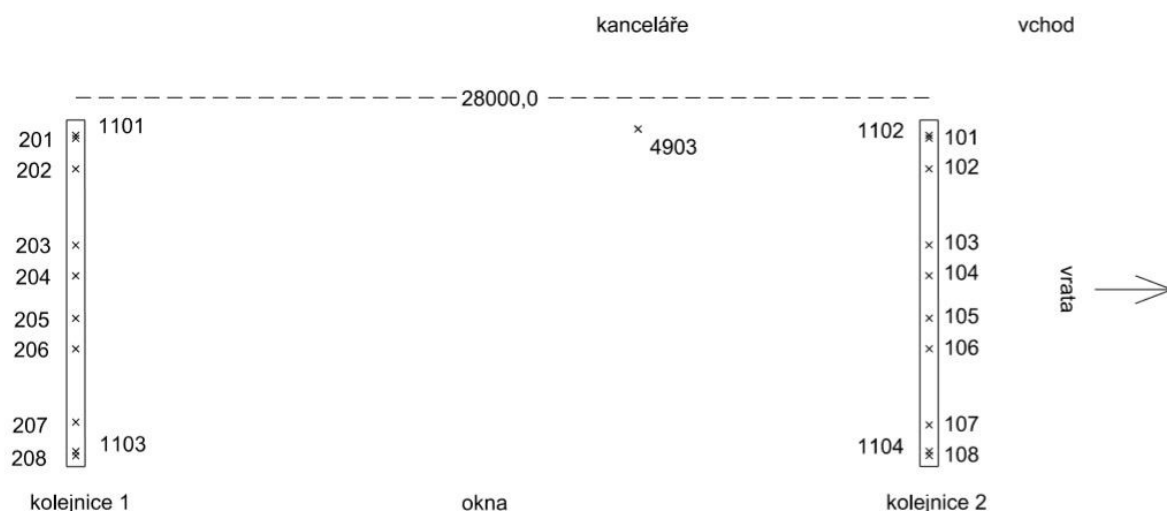
Po polohovém urovnání byly stolice vyrovnány výškově. Vztažné výškové body byly voleny nad podpěrami stolice, dva na každé stolici. Body byly vyznačeny důlčičkem pro opakované zaměření po urovnání. Výšky byly zapisovány pro okamžitý výpočet jednotlivých posunů (*příloha č. 4*). Nejdříve byla změřena osnova na čtyři výškové body a byla zvolena výška, ke které budou stolice vyrovnávány. Výškové posuny byly prováděny vůči nejvyšší změřené výšce podkládáním podpěr, výškové posuny v řádu mm byly realizovány šrouby na podpěrách. Po hrubém výškovém urovnání bylo provedeno přesné polohové a následně výškové vyrovnání s přesností na 0,5 mm. Body 1001 a 1002 byly zaměřeny pod novými čísly 1101 a 1102.

Na kolejnicích usazených na stolicích byla vytvořena síť bodů, která sloužila při změně stanoviska k připojení do souřadnicového systému jeřábové dráhy.



Obr. 14- Síť bodů na kolejnicích stolic

V totální stanici byla navolena referenční přímka z bodu 1101 na bod 1102. Body na kolejnici 2 byly vytyčovány se staničením 28 metrů a hodnoty kolmice byla volena pro jednotlivé body podle viditelnosti a vhodného rozložení na kolejnici. Následně byly vytyčeny body na kolejnici 1. Hodnota staničení byla rovna nule a kolmice byly voleny stejné jako na kolejnici předchozí. Bod 207 byl oproti bodu 107 posunut o 0,1 m z důvodů špatné viditelnosti. Rozložení bodů je zřejmé ze schématu. Seznam souřadnic bodů sítě je součástí příloh (*příloha č. 5*).



Obr. 15- Schéma měřické sítě

Na správnosti uložení stolic vůči sobě závisí přesnost následné montáže dalších dílů konstrukce jeřábu. Proto byla provedena kontrola vzájemné polohy. Z projektovaných hodnot, konkrétně hodnoty rozchodu a kolmic na body sítě na kolejnicích, byly z pravoúhlých trojúhelníků vypočítány vodorovné vzdálenosti vybraných bodů. Uhlopříčky byly porovnány se vzdálenostmi bodů vypočítaných ze souřadnic pomocí funkce v přístroji. Kombinace bodů byla volena tak, aby byla provedena kontrola rovnoměrně po celé délce stolic. Výsledné hodnoty byly zapsány do tabulky 3 a tabulky 4 a rozdíl projektovaných a vypočítaných délek byl porovnán s mezním rozdílem. Tabulky jsou uvedeny v kapitole 3.3. Výsledky.

Dalším postupem bylo urovnání příčnicku do stolic.



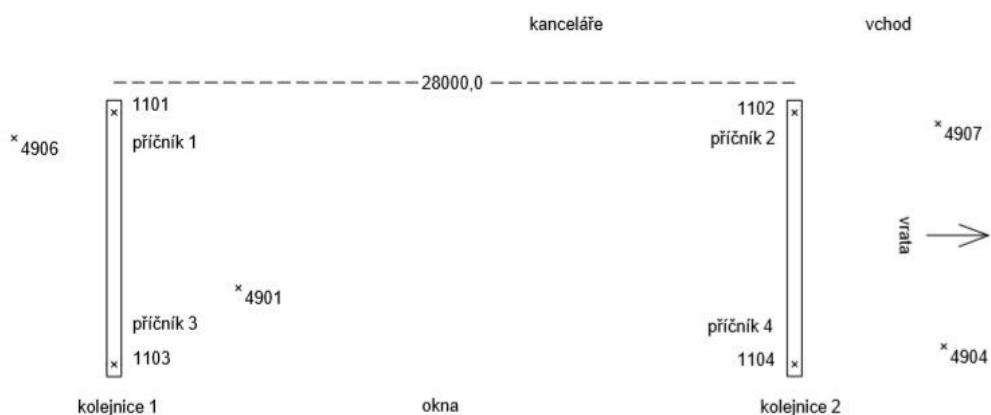
Obr. 16- Umístění příčnicku na stolic

Na příčnicku a kolejnici byly vyznačeny rýhami středy obou konstrukcí. Sesazením konstrukcí podle středů bylo provedeno hrubé urovnění příčnicku.



Obr. 17- Urovnění příčnicku

Sledovaným geometrickým parametrem je svislost kol a rovnoběžnost příčnicku s kolejnicí. Totální stanice byla přesunuta na stanoviště 4901 v blízkosti levého kola při pohledu od vrat (Obr. 18). Protínáním zpět na body na stolicích bylo stanoviště připojeno do souřadnicového systému jeřábu.



Obr. 18- Schéma umístění stanovišek při urovnění příčnicků

Svislost kol byla zjišťována na každém kole ve dvou bodech pomocí speciálního přípravku (Obr. 12). Na přípravek opatřený odrazným štítkem o konstantní velikosti bylo měřeno ve funkci referenční přímky a hodnota kolmic byla zapsána pro okamžité vyhodnocení a výpočet posunů a náklonu kol. Pro každý příčník byly naměřeny čtyři hodnoty, které byly porovnány a tím byl zjištěn odklon kol od svislice a natočení spojnice kol vůči ose stolice (*příloha č. 6*). Jednou ze součástí pojezdu mostového jeřábu jsou ložiska, kde může dojít k posunu při transportu dílů jeřábů a připevnění součástí k pohonu jeřábu. Urovnání bylo tedy provedeno tak, aby při montování dalších dílů byly dodrženy všechny geometrické parametry, ale je počítáno s drobnými posuny a konečným usazením celé konstrukce kol až po uložení jeřábu na jeřábovou dráhu.

Kolmo k usazenému příčníku byl na podpěry přemístěn pravý most jeřábu opatřený pochozí lávkou. Polohové a výškové urovnání bylo provedeno pracovníky a obsluhou jeřábu tak, aby konstrukce mostu doléhala na desku příčníku, která slouží ke spojení obou částí. Ve vzniklém prostoru po přemístění mostu bylo zvoleno nové stanoviště přibližně v polovině délky mostu. Souřadnice byly určeny metodou protínání zpět. Na vodorovné části konstrukce mostu poblíž spoje s příčníkem byla změřena výška (*bod č. 1*). Měření bylo provedeno i na druhém konci mostu (*bod č. 2*). Rozdíl výšek udával svislý posun konstrukce u druhého měřeného bodu. Posun byl realizován vytažením jedné z podložek podkládající most a velikost posunu byla zkontrolována opětovným měřením (*příloha č. 7*). Při svaření mostu a příčníku došlo k výškovému i polohovému posunu mostu, proto bylo urovnání jen hrubé a rozdíl ve výšce 3 mm na délku mostu byl ponechán.



Obr. 19- Pravý most jeřábu



Obr. 20- Umístění pravého mostu jeřábu

K urovnanému mostu na připravenou stolicí byl umístěn druhý příčník. Poloha mostu udávala přibližné umístění spojovací desky na příčníku a tím i polohu celého příčníku. Ověření polohy příčníků vůči sobě byla provedena porovnáním hodnot kolmic od přímky z bodu 101 na bod 201. Měřeno bylo na středy vnitřních kol a hodnota kolmice u prvního příčníku byla brána jako vztažná. Posuny druhého příčníku byly realizovány posouváním po kolejnici (*příloha č. 8*).



Obr. 21- Umístění druhého příčnicku

Kontrola svislosti kol byla vykonána stejným způsobem jako v předchozí etapě měření u prvního příčnicku. Stanovisko přístroje bylo zvoleno mimo prostor jeřábu u levého vnitřního kola. Protínáním zpět byly určeny souřadnice stanoviska 4904 (Obr. 18). Funkcí referenční přímka, která byla vedena po bodech na stolicí, byly zjištěny hodnoty kolmic ve dvou bodech na každém z kol. Posuny byly realizovány šrouby na konstrukci stolice (*příloha č. 9*).

Po urovnání kol byla provedena poslední kontrola vzájemné polohy příčnicků. Totální stanice byla přemístěna do prostoru jeřábu přibližně do osy středu umístěného mostu. Vzájemná poloha příčnicků byla kontrolována stejným způsobem jako v případě, kdy byl druhý příčnick urovnáván vůči prvnímu.

Referenční přímka byla volena z bodu 201 na bod 101, kolmice byly měřeny bezhranolovým dálkoměrem na středy vnitřních kol (*příloha č. 10*).

Z časových důvodů byla montáž druhé části jeřábu přesunuta na druhý den.



Obr. 22- Jeřábový most s příčnický

3.2.2. Měření 2. část

Následující den byly měřické práce při urovnávání druhého mostu obdobné jako předchozí den. Stolice, které již byly umístěny, sloužily i pro uložení dalších dvou příčníků a vybudovaná síť bodů byla převzata z předešlého měření. Tím se čas měření výrazně zkrátil.



Obr. 23- Umístění mostů a příčníků

Po příjezdu na místo byl na první stolici umístěn levý příčník a na podpěry byl přesunut levý most jeřábu. Příčník byl na kolejnici umístěn přibližně tak, aby vzdálenost mezi středy vnitřních kol splňovala předepsanou hodnotu z projektu. Umístění vykonali pracovníci firmy a měřená vzdálenost byla určena metrem. Uložení na střed kolejnice bylo provedeno také přibližně podle vyznačených os na kolejnici a příčníku.

Stanovisko přístroje bylo zvoleno poblíž vnějšího kola příčníku, mimo prostor jeřábu. Svislost kol byla určena opět měřením kolmic k referenční přímce, určené body na stolici. Při měření bylo zjištěno, že svislost kol je dodržena, ale celá konstrukce je posunuta vůči ose stolice a není tím zajištěna rovnoběžnost obou částí. Po urovnání bylo provedeno opětovné měření (*příloha č. 11*).



Obr. 24- Střed vnitřního kola příčnicku

Vzájemná poloha příčnicků na jedné stolici byla ověřena měřeními na středy vnitřních kol. V přístroji byla vypočítána vodorovná vzdálenost ze souřadnic a porovnána s hodnotou vypočítanou z projektové dokumentace. Vzdálenost vypočítaná ze souřadnic byla 3,801 m a hodnota z projektové dokumentace 3,800 m. Na kolej druhé stolice byl umístěn poslední příčník. Postup uložení a následné kontroly svislosti a vzájemné polohy příčnicků byl stejný jako v předchozím případě (*příloha č. 12*).

Poslední stanovisko bylo zvoleno uprostřed v prostoru mezi mosty. Byly zaměřeny body 401 až 404 na středech vnitřních kol všech příčnicků. V totální stanici byly vypočítány příčné vzdálenosti bodů a porovnány s mezním rozdílem (Tab. 5). Při výpočtu byl zjištěn výškový rozdíl bodů, který byl kontrolou vzájemného výškového urovnání příčnicků.

Ve středu první a poslední podkladnice na obou mostech byly zaměřeny výšky. Měřené hodnoty byly zapsány a porovnáním byly vypočítány vertikální posuny mostů. U výškového vyrovnání je výhodné volit jako vztažný bod s nejvyšší výškou. Podkládání a tím zvyšování konstrukce je snazší a někdy jediný možný vertikální pohyb. V našem případě však u bodu 504, kde mělo dojít k nadzdvižení konstrukce, nebyla vůle pro svislý pohyb. U bodů 501 a 503 bylo nutné v místě podpěr vytáhnout kovové destičky, pomocí kterých se dříve konstrukce mostu výškově vyrovnávala. Po novém zaměření bodů a kontrole výšek byl mostový jeřáb prohlášen za výškově urovnaný (*příloha č. 13*). Rozložení bodů je uvedeno v celkovém schématu sítě (*příloha č. 14*).

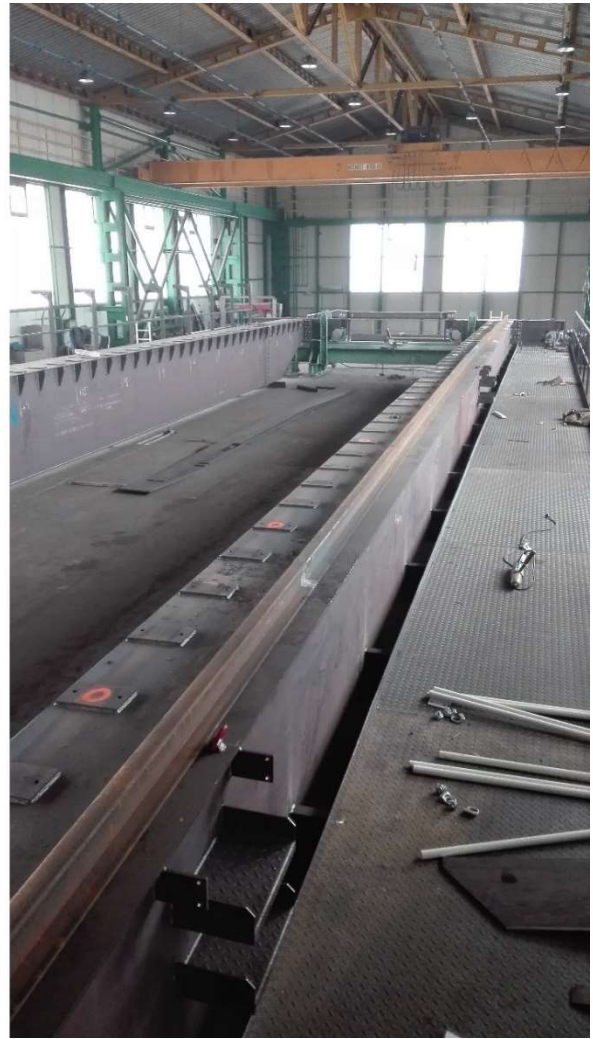
Na obou mostech jeřábu byly přivařeny podkladnice, na které budou umístěny kolejnice pro pohyb zdvihacího zařízení. Na každé podkladnici byla vyznačena osa kolejnice rýhou, ale přesné vytyčení polohy kolejnic bylo provedeno geodeticky. Na pravém mostu byly na první a poslední podkladnici vyznačeny středy. Střed podkladnice byl určen jako průsečík vyznačené osy a k ní kolmé spojnice děr pro šrouby.



Obr. 25- Vytyčený bod na podkladnici

Body 5001 a 5002 byly zaměřeny a registrovány do paměti totální stanice. Referenční přímka byla zvolena jako spojnice těchto bodů. Na levém mostě na stejných podkladnicích byly vytyčeny body s hodnotou kolmice rovné projektovanému rozchodu kolejnic. U jednoho ze zaměřených bodů byl příčný posun vytyčeného bodu od osy 5 mm, byl proveden posun mostu a opětovné vytyčení. Kontrolou bylo porovnání projektovaných a vypočtených rozchodů ze souřadnic (Tab. 6).

Osa kolejnice byla vytyčena na každé páté podkladnici pro přesné určení polohy. Na podkladnicích levého mostu byly vytyčeny body 601 až 609 s hodnotou kolmice 6 metrů. Na pravém mostě byla vytyčovaná hodnota kolmice 0 metrů a body byly uloženy pod čísly 610 až 618. Registrací vytyčených bodů do totální stanice došlo i k výškovému zaměření podkladnic. Tloušťka podkladnic je kontrolována při výrobě podle projektu a normy, výškové zaměření slouží jako podklad pro vyhotovení dokumentace.



Obr. 26- Vytýčená osa kolejnic na podkladnicích



Obr. 27- Sestavený mostový jeřáb



Obr. 28- Sestavený mostový jeřáb

3.3. Výsledky

Vyhodnocení měření probíhalo převážně přímo v terénu při montáži jeřábu. V kanceláři byly výsledné naměřené hodnoty zapsány do tabulek a porovnány s mezními hodnotami, čímž byla provedena opakovaná kontrola správnosti měření. Pro objednavatele byla vyhotovena technická zpráva se základními údaji o použitých pomůckách a postupu měření. Součástí dokumentace byly i výkresy, kde byly znázorněny hodnoty měřených parametrů.

Soubor s naměřenými daty (*příloha č. 15*) z obou měřických dnů byl vyexportován z totální stanice a stažen do počítače. Zpracování bylo provedeno v softwaru Leica tak, aby výsledné souřadnice byly zapsány na čtyři desetinná místa. Pro snazší a názornější zpracování byly souřadnice transformovány v softwaru Groma tak, že osa X byla vložena do spojnice bodů 1101 a 1102, protokol o transformaci je součástí příloh (*příloha č. 16*). Seznam souřadnic v systému jeřábové dráhy je doložen v přílohách (*příloha č. 17*).

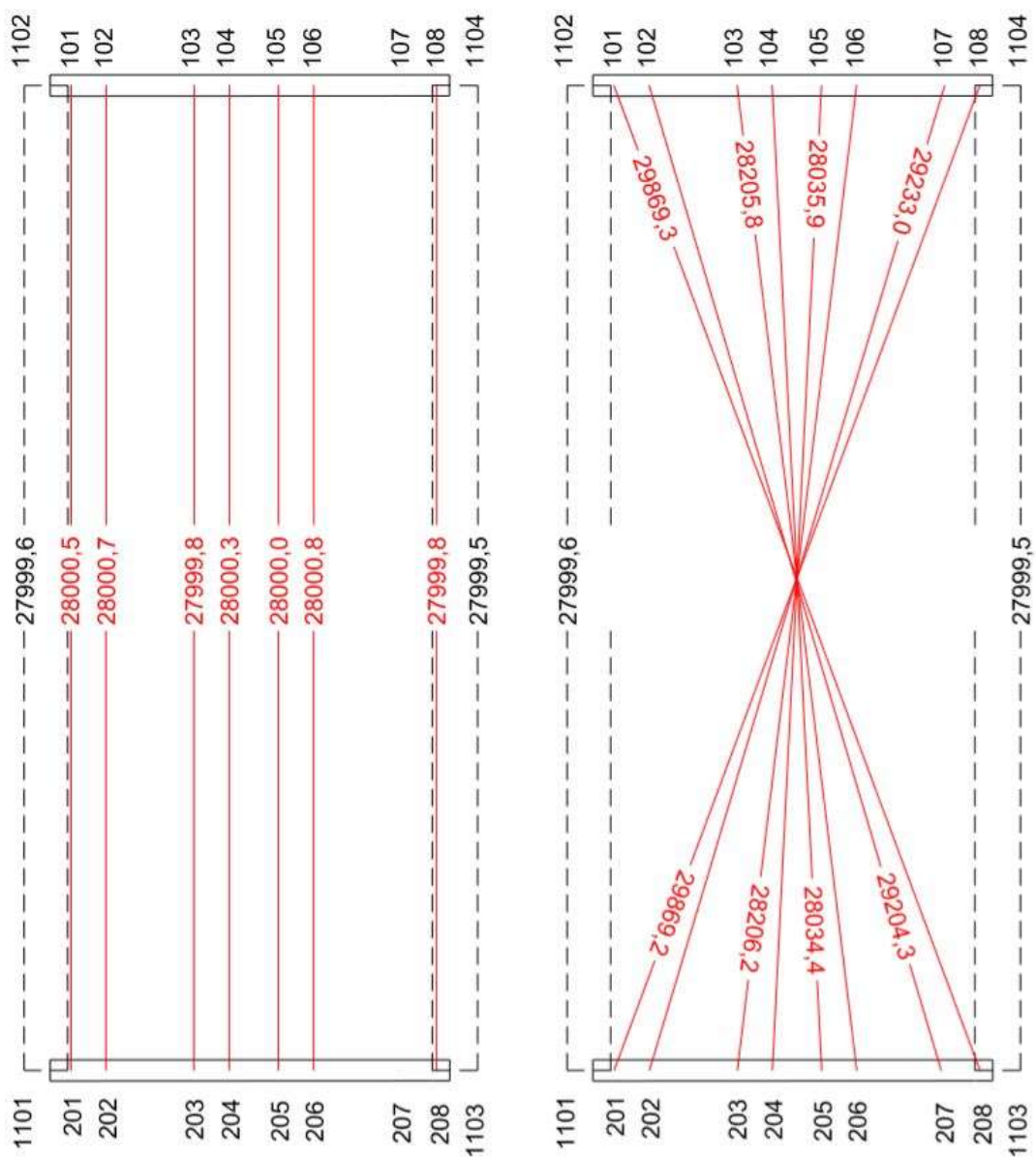
Kontrola polohového urovnání stolic byla provedena porovnáním projektovaných a vypočítaných hodnot rozchodů a úhlopříček ze souřadnic. V terénu byly kontrolovány jen vybrané přepony trojúhelníků. Zbylé spojnice byly dopočítány a porovnány s projektovými hodnotami v kanceláři. Rozdíly hodnot byly testovány pomocí mezních rozdílů, které byly vypočítány z hodnot směrodatných odchylek souřadnic získaných v PrecisePlanneru [18].

Tab. 3- Kontrola rozchodu

Kontrola rozpětí						
spojnice		projekt	ze souřadnic	rozdíl	mezní rozdíl	hodnocení
Bod	Bod	[m]	[m]	[mm]	[mm]	
1101	1102	28,0000	27,9996	0,4	3,5	OK
1103	1104	28,0000	27,9995	0,5	2,8	OK
101	201	28,0000	28,0005	-0,5	3,5	OK
102	202	28,0000	28,0007	-0,7	3,5	OK
103	203	28,0000	27,9998	0,2	3,4	OK
104	204	28,0000	28,0003	-0,3	3,3	OK
105	205	28,0000	28,0000	0,0	3,2	OK
106	206	28,0000	28,0008	-0,8	3,1	OK
108	208	28,0000	27,9998	0,2	2,7	OK

Tab. 4- Kontrola úhlopříček

Kontrola úhlopříček							
trojúhelník	spojnice		projekt [m]	výpočet [m]	rozdíl [mm]	mezní rozdíl [mm]	hodnocení
	Bod	Bod					
101,208,108	101	208	29,8690	29,8693	-0,3	3,4	OK
102,207,202	102	207	29,2043	29,2043	0,0	3,4	OK
103,206,106	103	206	28,2057	28,2058	-0,1	3,3	OK
104,205,204	104	205	28,0350	28,0344	0,6	3,3	OK
105,204,104	105	204	28,0350	28,0359	-0,9	3,2	OK
106,203,206	106	203	28,2057	28,2062	-0,5	3,2	OK
107,202,102	107	202	29,2329	29,2330	-0,1	3,2	OK
108,201,208	108	201	29,8690	29,8692	-0,2	3,2	OK

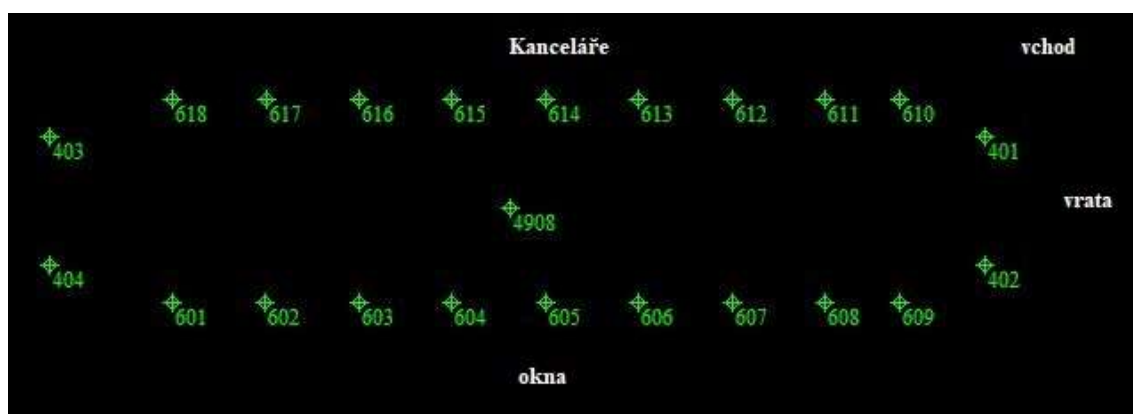


Obr. 29- Schéma vypočítaných rozchodů a úhlopříček

Správná poloha příčníků vůči sobě byla určena z měření na středy vnitřních kol. Ze souřadnic byly vypočítány délky mezi body 401 - 404 a 402 - 403. Byly připraveny vstupní soubory s měřením (příloha č. 18) a souřadnicemi (příloha č. 19). V programu PrecisePlanner byly vypočítány směrodatné odchylky těchto vzdáleností a z nich mezní rozdíl, se kterým byl porovnán rozdíl délek. Ve schématu (Obr. 30) je naznačeno rozmístění bodů. Protokol o výpočtu je součástí příloh (příloha č. 20).

Tab. 5- Kontrola polohového a výškového urovnání příčníků

Kontrola polohového a výškového urovnání příčníků				
spojnice	vzdálenost	rozdíl délek	mezní rozdíl	rozdíl výšek
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
401-404	27,8104	2,3	5	1,1
402-403	27,8127			0,3



Obr. 30- Schéma rozmístění bodů na podkladnicích a středech vnitřních kol příčníků

Po kontrole polohy příčníků byla provedena závěrečná kontrola polohy mostů. Body 5001 a 5002 změřené na podkladnicích na pravém mostu byly brány za vztažné a ve funkci referenční přímky byla zjišťována hodnota kolmice u bodů na druhém mostě, která by měla být rovna projektovanému rozchodu.

Tab. 6- Polohové urovnání mostů

Polohové urovnání mostů				
spojnice		projekt	ze souřadnic	rozdíl
Bod	Bod	[m]	[m]	[mm]
5001	5003	6,0000	6,0011	-1,1
5002	5004	6,0000	6,0017	-1,7

Na podkladnicích urovnaných mostů byly vytyčeny průběhy os kolejnic. Vytyčení probíhalo ve dvou fázích. V první fázi byla na podkladnici vytyčena osa kolejnice a bod byl vyznačen důlčíkem. Ve druhé fázi bylo provedeno kontrolní vytyčení a zaměření bodů. Podélné odchylky ve směru osy kolejnic jsou zanedbatelné. Hodnoty příčných odchylek jsou zapsány v tabulce 7. Výškový průběh podkladnic byl zjišťován pro kontrolu správného výškového průběhu kolejnic, aby nedocházelo při zatížení k jejich výraznému průhybu.

Tab. 7- Polohové vytyčení os kolejnic

Polohové vytyčení os kolejnic							
Pravý most				Levý most			
Bod	Y [m]	X [m]	q [mm]	Bod	Y [m]	X [m]	q [mm]
5001	1002,1869	5001,0941	0,0	5003	1008,1880	5001,1178	1,0
5002	1002,1770	5026,8792	0,0	5004	1008,1787	5026,8615	1,7
610	1002,1779	5025,2846	0,3	609	1008,1771	5025,2700	-0,6
611	1002,1780	5023,0767	-0,5	608	1008,1783	5023,0728	-0,2
612	1002,1799	5020,3307	0,4	607	1008,1807	5020,3246	1,2
613	1002,1816	5017,5777	1,0	606	1008,1799	5017,5744	-0,7
314	1002,1808	5014,8333	-0,8	605	1008,1811	5014,8259	-0,5
615	1002,1819	5012,0834	-0,7	604	1008,1826	5012,0822	-0,1
616	1002,1836	5009,3437	-0,2	603	1008,1846	5009,3275	0,8
617	1002,1845	5006,5888	-0,3	602	1008,1835	5006,5814	-1,3
618	1002,1858	5003,8373	0,0	601	1008,1853	5003,8257	-0,6

Tab. 8- Výškový průběh podkladnic

Výškový průběh podkladnic					
Pravý most			Levý most		
	Z [m]	v [mm]		Z [m]	v [mm]
5001	0,8714	1,0	5003	0,8704	0,0
5002	0,8704	0,0	5004	0,8711	0,7
610	0,8815	11,1	609	0,8796	9,2
611	0,8901	19,7	608	0,8893	18,9
612	0,8969	26,5	607	0,8979	27,5
613	0,9026	32,2	606	0,9034	33,0
314	0,9076	37,2	605	0,9068	36,4
615	0,9062	35,8	604	0,9069	36,5
616	0,9042	33,8	603	0,9037	33,3
617	0,8966	26,2	602	0,896	25,6
618	0,8855	15,1	601	0,8848	14,4

Ze souřadnic zaměřených bodů na podkladnicích byly vypočítány rozchody kolejnic. Rozdíl projektovaného rozchodu a vzdálenosti os kolejnic byl porovnán s mezním rozdílem. K výpočtu mezní hodnoty byla využita funkce v PrecisePlanneru pro výpočet směrodatných odchylek vodorovných spojnic bodů.

Tab. 9- Kontrola rozchodu kolejnic pro pojezd kočky

Kontrola rozchodu						
spojnice		projekt	ze souřadnic	rozdíl	mezní rozdíl	hodnocení
Bod	Bod	[m]	[m]	[mm]	[mm]	
610	609	6,0000	5,9992	0,8	0,9	OK
611	608	6,0000	6,0003	-0,3	1,1	OK
612	607	6,0000	6,0008	-0,8	1,5	OK
613	606	6,0000	5,9983	1,7	2,2	OK
614	605	6,0000	6,0003	-0,3	3,3	OK
615	604	6,0000	6,0007	-0,7	3,1	OK
616	603	6,0000	6,0010	-1,0	2,0	OK
617	602	6,0000	5,9990	1,0	1,4	OK
618	601	6,0000	5,9995	0,5	1,0	OK

Výstupem montáže mostového jeřábu je dokumentace obsahující technickou zprávu s popisem prací a použitými pomůckami a grafické přílohy. Byly vyhotoveny výkresy s hodnotami odklonu kol příčníků od svislice (*příloha č. 21*), kontrolou osazení příčníků (*příloha č. 22*) a výkres znázorňující polohové vytyčení osy na podkladnicích a jejich výškový průběh (*příloha č. 23*).

3.4. Umístění mostového jeřábu

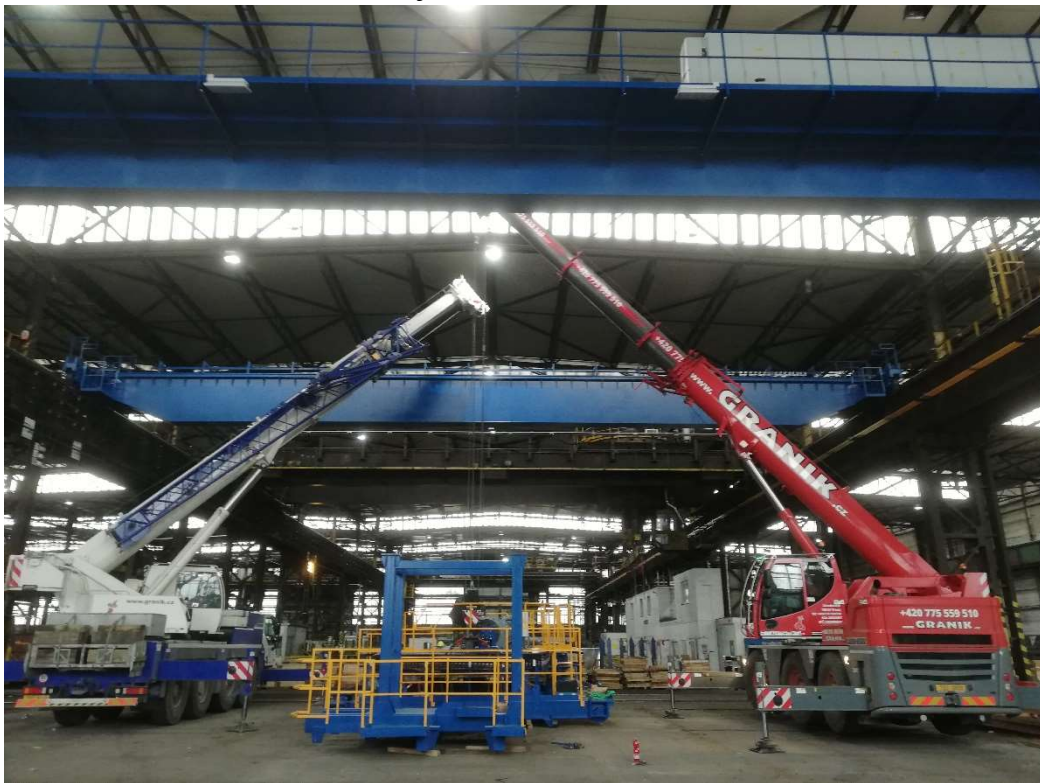
Po sestavení mostového jeřábu byla konstrukce rozložena na menší části tak, aby byl umožněn převoz jeřábu a byly po opětovném smontování dodrženy geometrické parametry. Nosníky, které spojují příčníky, byly demontovány a tím došlo k oddělení mostů. Příčníky byly k mostům přivařeny pomocí desek umístěných na příčnicích. Desky byly k příčníkům připevněny šrouby. Při převážení byly příčníky odděleny od mostů. Během opětovného sestavení jeřábu byly mosty a příčníky spojeny. Díky ploše spojovací desky a připevnění šrouby byla zajištěna kolmost částí konstrukcí, což je důležité pro bezproblémový provoz jeřábu.

Pomocí jeřábů byly příčníky a mosty jeřábu vyzdviženy na urovanou jeřábovou dráhu.



Obr. 31- Umístění příčniku na jeřábovou dráhu

Montáž kočky na konstrukci zdvihacího zařízení byla provedena v hale a poté byla celá konstrukce umístěna na kolejnice mostů.

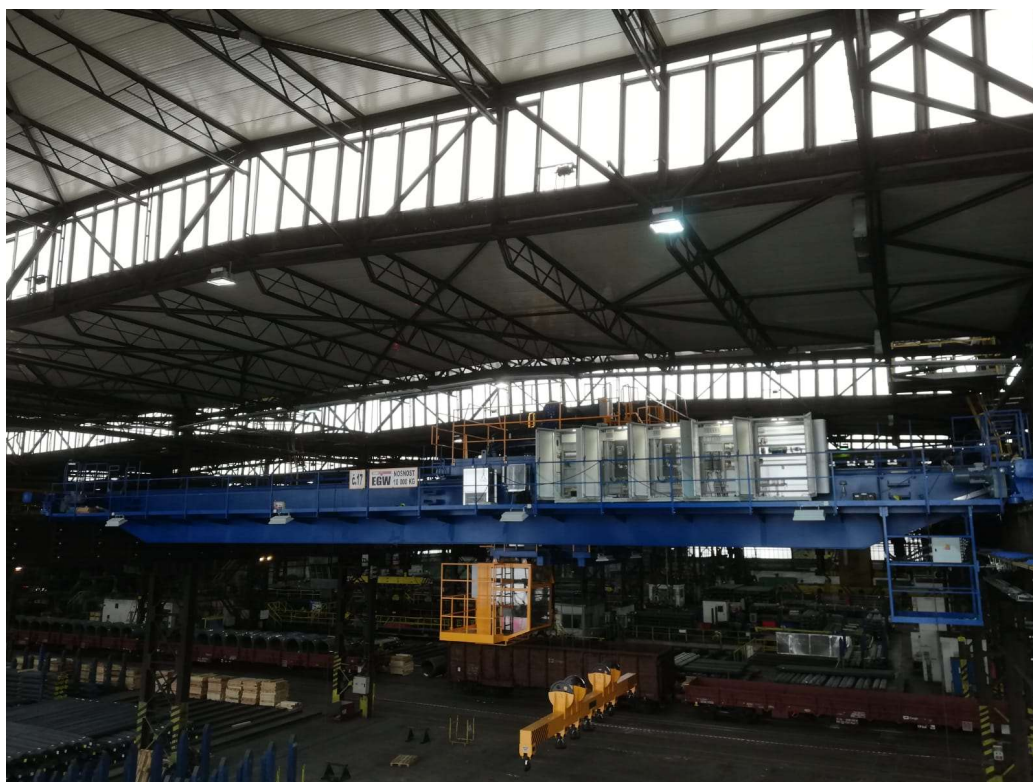


Obr. 32-Montáž zdvihacího zařízení

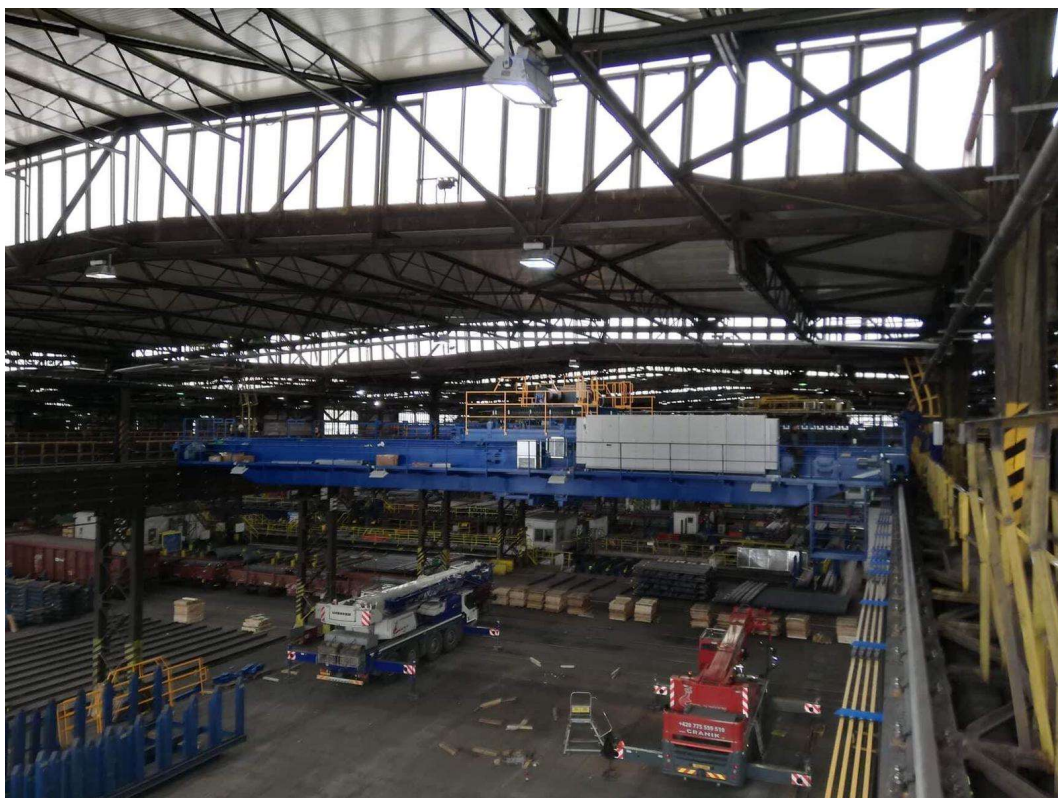


Obr. 33- Vyzdvižení kočky

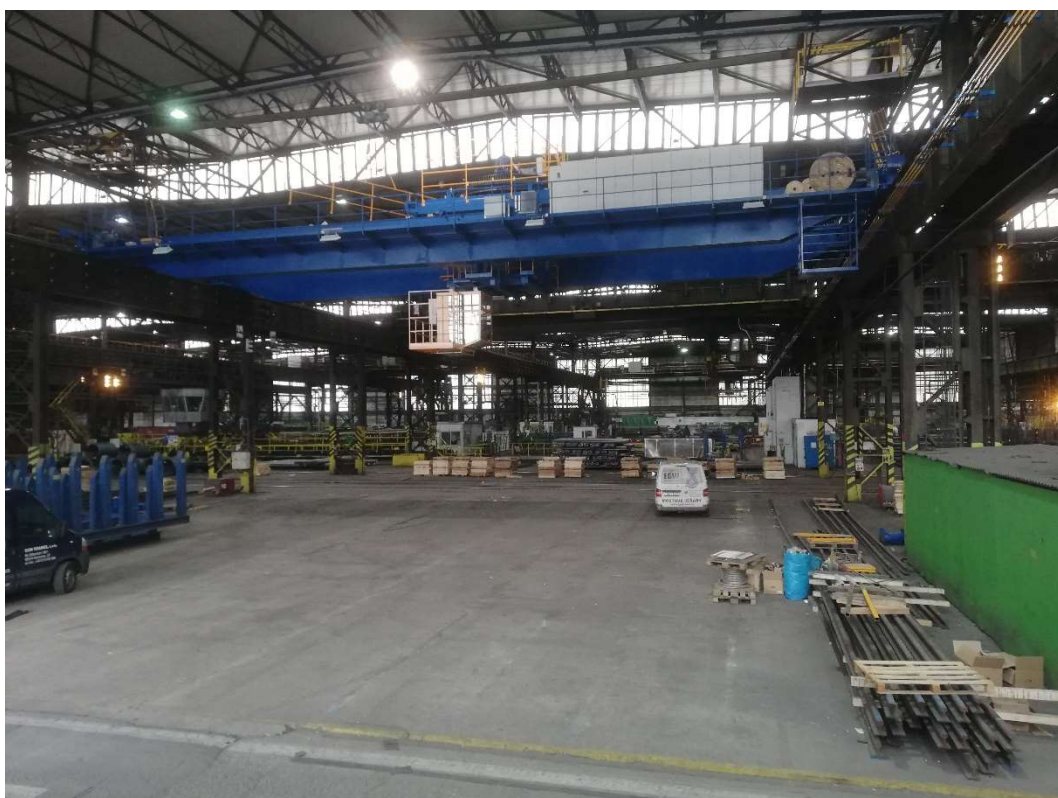
Následně bylo provedeno osazení mostového jeřábu dalšími konstrukčními a provozními prvky a byla provedena kontrola montáže a provozuschopnosti jeřábu.



Obr. 34- Mostový jeřáb



Obr. 35- Jeřábová dráha s umístěným mostovým jeřábem



Obr. 36- Mostový jeřáb

4. UROVNÁNÍ NOVÉ JEŘÁBOVÉ DRÁHY

Před uvedením nové jeřábové dráhy do provozu je vyžadováno provedení geodetického zaměření kvůli polohovému a výškovému urovnání kolejnic. Měření je objednáváno majitelem dráhy nebo odpovědnou osobou. Při urovnávání větví jeřábových drah je jedna větev brána jako vtažná a druhá je vůči ní urovnávána. Úchyly jsou zjišťovány během měření a předávány pracovníkům, kteří provádějí posuny kolejnic. Měření je opakováno, dokud nejsou splněny tolerance stanovené normou ČSN 73 5130. [1]

Během měření jsou zkoumány úchyly v bočním směru, výškové úchyly a odchylky od projektovaného rozchodu. Při splnění tolerancí je objednavateli předán protokol o zaměření jeřábové dráhy. Následně může být na urovnanou jeřábovou dráhu umístěn mostový jeřáb a celé zařízení může být uvedeno do provozu.

Zaměření jeřábové dráhy v areálu První jílovska a.s. v hale- PL provedl Ing. Tomáš Kulík. Pro zpracování této části diplomové práce byl převzat soubor s měřenými daty a poznámky o průběhu měření.

4.1. Příprava měření

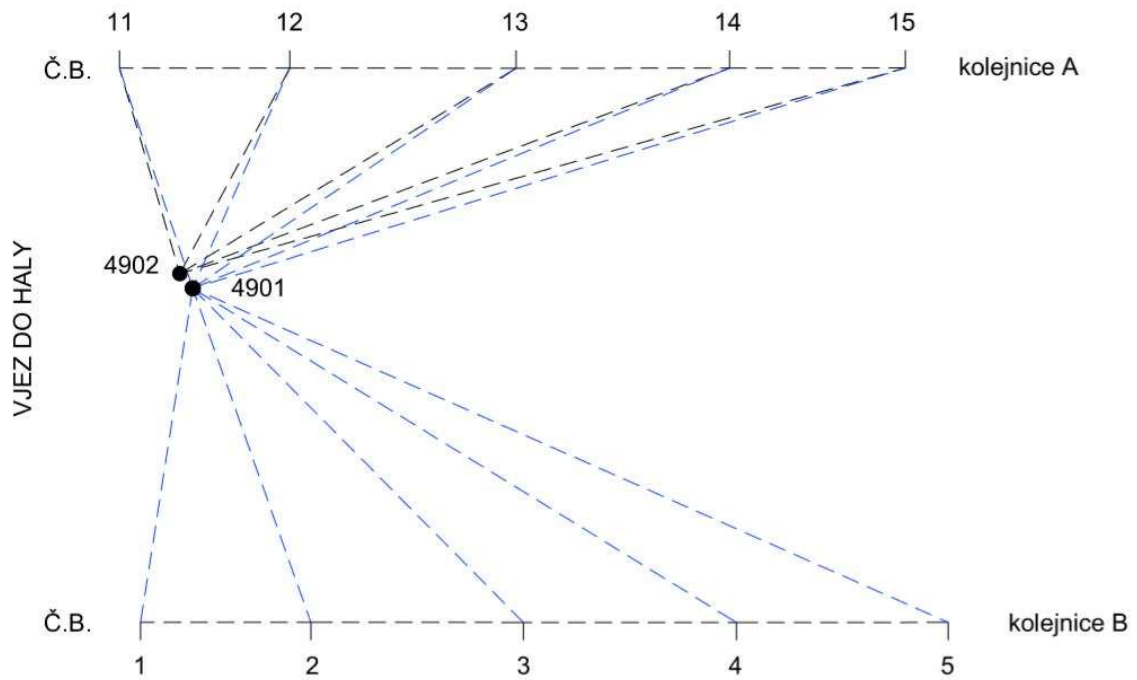
Zaměřovaná jeřábová dráha je umístěna v areálu KOVO První jílovska a.s. v hale- PL. Měření se týkalo urovnání kolejnic jeřábové dráhy před osazením jeřábu a uvedením celé konstrukce do provozu.

Prohlídka pracoviště byla provedena již dříve při zaměření stávající jeřábové dráhy ve vedlejší hale. V této době byla umístována na pravou větev dráhy kolejnice. Při rekognoscaci bylo zjištěno, že jeřábová dráha není opatřena pochozími lávkami, které nemohly být k dráze umístěny z důvodů umístění podpěr v blízkosti konstrukce haly.

V den měření byla provedena obhlídka haly. Stanovisko bylo zvoleno na zemi v prostoru jeřábové dráhy. Protože nebylo možné umístění totální stanice na kolejnici, byly zjišťované geometrické parametry měřeny polární metodou. Měření mohlo být provedeno z jednoho stanoviska. Mostový jeřáb byl umístěn na jeřábovou dráhu až po předání dokumentace o správnosti urovnání dráhy, proto byla zajištěna viditelnost na všechny podrobné body během měření. Fotografie jeřábové dráhy byly pořízeny po umístění jeřábu.



Obr. 37- Nová jeřábová dráha



Obr. 38- Situace měření nové jeřábové dráhy

4.1.1. Parametry zaměřované dráhy

Jeřábová dráha je umístěna v hale na kovových podpěrách v blízkosti stěn haly. Dráha je složena ze dvou kolejnic o pracovní délce jeřábové dráhy 22,8 metrů. Projektovaný rozchod kolejnic je 15,6 m. Po jeřábové dráze se bude pohybovat jeden mostový jeřáb o nosnosti 8 000 kg.

Konstrukce jeřábové dráhy je opatřena na koncích kolejnic nárazníky. Pochozí a revizní lávky, které by měly být součástí vybavení, nebyly u jeřábové dráhy umístěny. Proto byl pohyb při měření značně ztížený a byl kladen větší důraz na bezpečnost práce.

4.1.2. Rozbory přesnosti

Geodetická měření jeřábových drah jsou v dnešní době běžnou činností, a proto i na základě zkušeností byly zvoleny pomůcky a měřický postup, které splňují požadované přesnosti, bez provedení rozborů přesnosti před měřením. Přesnost konkrétních výstupů měření byla ověřena zpětně v programu PrecisePlanner [18].

Jedním ze vstupních souborů byl soubor se souřadnicemi jednotlivých podrobných bodů (*příloha č. 24*), jehož součástí jsou souřadnice stanovisek, které bylo nutné vypočítat. Výpočet byl proveden v programu Groma, kam byl načten soubor s měřenými daty ve formátu asc. Funkcí polární metoda dávkou byly vypočítány souřadnice stanovisek, jako orientace byly zvoleny všechny podrobné body na kolejnicích měřené z konkrétních stanovisek. Výpočet je doložen v protokolu, který je součástí příloh (*příloha č. 25*). Druhým vstupním souborem byl soubor s přesnostmi totální stanice, konkrétně rozepsané přesnosti pro vodorovný směr, zenitový úhel a měřenou délku (*příloha č. 26*).

Po spuštění PrecisePlanneru byly nahrány připravené soubory a byl proveden výpočet směrodatných odchylek souřadnic a výšek (*příloha č. 27*). Grafickou část výstupů tvoří mapa souřadnic, kde je naznačena poloha bodů sítě a mapa měření, kde jsou zobrazeny měřené veličiny na jednotlivé body.

Souřadnice

č.b.	X/m	Y/m	Z/m
4901	5009,401	1001,468	0,667
4902	5009,815	1001,106	0,690
1	5000,000	1000,000	3,947
2	5000,001	1004,796	3,946
3	4999,999	1010,783	3,948
4	4999,995	1016,789	3,946
5	5000,000	1022,754	3,947
11	5015,602	999,403	3,945
12	5015,600	1004,203	3,946
13	5015,596	1010,577	3,948
14	5015,599	1016,592	3,947
15	5015,604	1021,547	3,945

Uložit jako Uložit

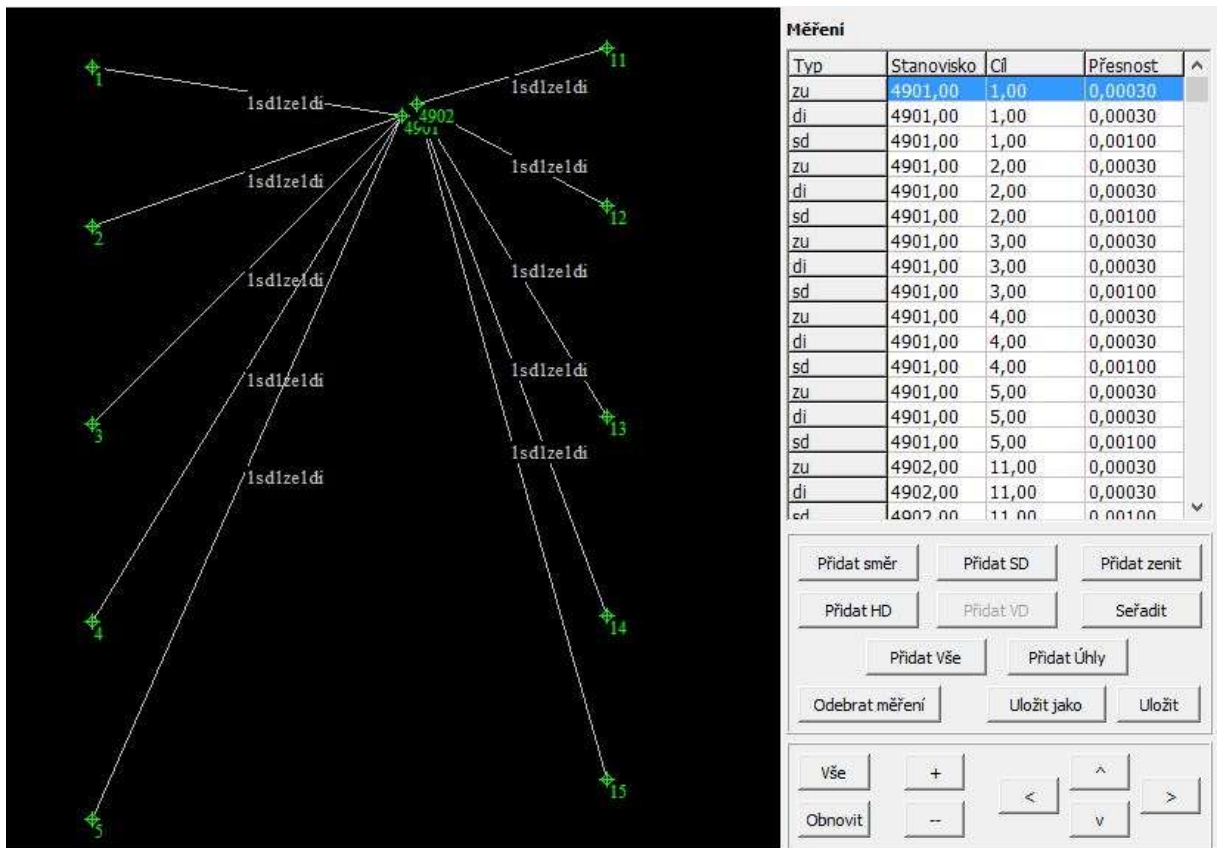
Číslo Výška Odebrat bod

Přidat bod

Vše + < ^ >

Obnovit -- < v >

Obr. 39- Grafický výstup PrecisePlanner- seznam souřadnic



Obr. 40- Grafický výstup PrecisePlanner- měření

Směrodatné odchylky příčných úchylek σ_q byly počítány zákonem hromadění směrodatných odchylek.

Rovnice 2- Směrodatná odchylka příčné úchylky

$$q_i = d_i \cdot \cos \omega_i$$

$$\varepsilon_{qi} = \varepsilon_d \cdot \cos \omega_i - d_i \cdot \sin \omega_i \cdot \varepsilon_{\omega_i}$$

$$\sigma_{qi} = \sqrt{\sigma_d^2 \cdot \cos^2 \omega_i + d_i^2 \cdot \sin^2 \omega_i \cdot \left(\frac{\sigma_{\omega_i}}{\rho}\right)^2}$$

kde σ_d směrodatná odchylka délky $\sigma_d = 1 \text{ mm}$,

σ_{ω_i} směrodatná odchylka úhlu $\sigma_{\omega_i} = 0,3 * \sqrt{2} \text{ mgon}$,

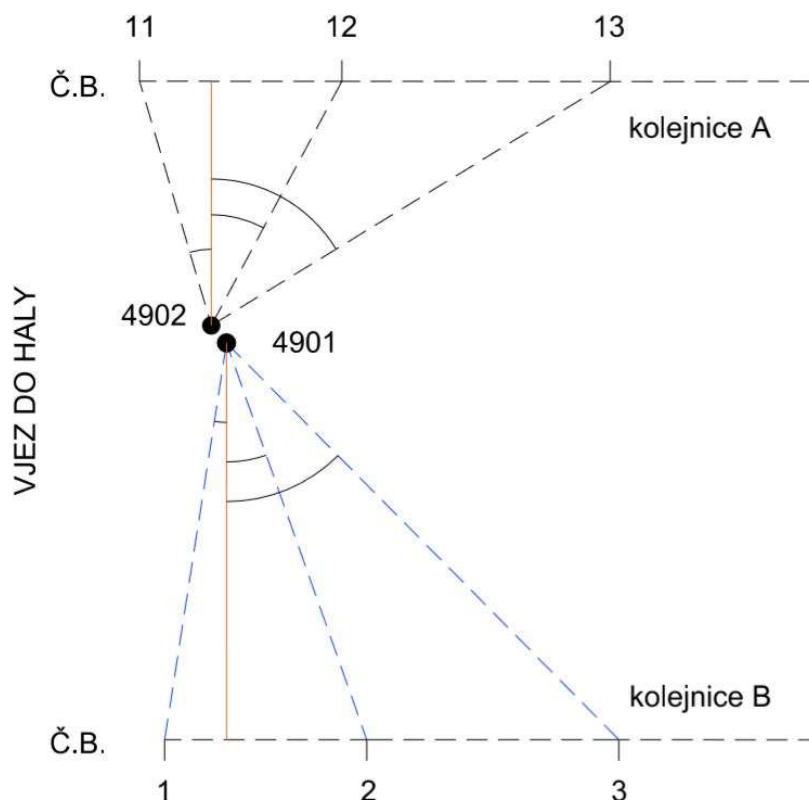
ρ radián,

d_i vodorovná délka,

ω_i úhel mezi počátkem a podrobným bodem.

Výpočet byl proveden pomocí pravoúhlých trojúhelníků. Z každého stanoviska byl pomocí kolmic k ose kolejnic určen průmět polohy stanoviska na osu. Z rozdílu

souřadnic Y prvního bodu a stanoviska byla určena vzdálenost bodů po ose kolejnice a z rozdílu souřadnic X kolmá vzdálenost stanoviska od osy kolejnice. Z pravouhlého trojúhelníku byl vypočítán úhel ω_0 od kolmice k prvnímu bodu. Z rozdílu vodorovných směrů na podrobné body a první bod a odečtením ω_0 byly vypočítány úhly ω_i na zbylé body. Vodorovné délky byly vypočítány v programu Groma (příloha č. 28).



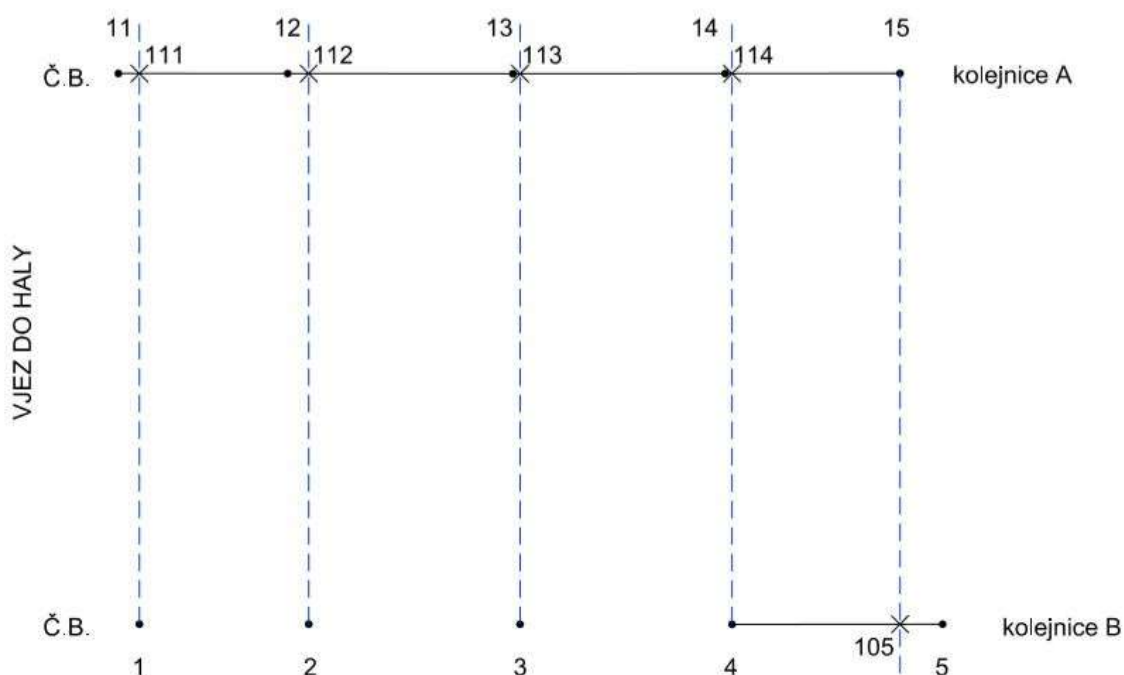
Obr. 41- Schéma určení velikosti úhlů pro výpočet směrodatných odchylek příčných úchylek

Pomocí funkce PrecisePlanneru byly z přesnosti výšek podrobných bodů a stanoviska vypočítány směrodatné odchylky výškových úchylek.

Tab. 10- Směrodatné odchylky příčných a svislých úchylek

SMĚRODATNÉ ODCHYLKY PŘÍČNÝCH A SVISLÝCH ÚCHYLEK					
	KOLEJNICE A			KOLEJNICE B	
číslo	úchylky [mm]		číslo	úchylky [mm]	
bodu	vodorovné	svislé	bodu	vodorovné	svislé
11	0,96	0,48	1	0,99	0,33
12	0,88	0,45	2	0,94	0,32
13	0,52	0,29	3	0,71	0,25
14	0,36	0,21	4	0,53	0,20
15	0,30	0,18	5	0,43	0,18

Dalším sledovaným parametrem byly směrodatné odchylky rozchodů kolejnic. Rozchod kolejnic je definován jako vodorovná vzdálenost kolmá k osám kolejnic. Podrobné body na kolejnicích nebyly měřeny vzájemně na kolmicích, a proto nemůže být hodnota rozchodů a následně jejich směrodatné odchylky počítány přímo ze souřadnic a jejich směrodatných odchylek. Pro výpočet byly použity pomocné body. Jejich souřadnice byly určeny graficky jako průsečíky spojnic jednotlivých bodů na kolejnici A a přímek vedených z bodů na kolejnici B po ose X. U bodu 5 nemohl být určen pomocný bod, protože kolejnice A je kratší. Proto byl vypočítán pomocný bod na kolejnici B obdobným způsobem.



Obr. 42- Schéma rozmístění pomocných bodů

Kontrolní určení souřadnic pomocných bodů bylo provedeno v programu Groma funkcí průsečík přímek, kde byla první přímka definována body na kolejnici A a druhá přímka bodem na kolejnici B a bodem na přímce. Výšky pomocných bodů byly zjištěny interpolací výšek. Souřadnice pomocných bodů jsou uvedeny v tabulce, která je součástí příloh (příloha č. 29).

Do připravených vstupních souborů (příloha č. 24 a č. 26) pro výpočet přesností v PrecisePlanneru byly doplněny souřadnice pomocných bodů a přesnosti měření. Tím, že pomocné body byly v blízkosti reálně měřených bodů, byla uvažována stejná přesnost. Z vypočtených směrodatných odchylek souřadnic (příloha č. 30) byly vypočítány směrodatné odchylky rozchodů kolejnic.

Tab. 11- Směrodatné odchyly rozchodů kolejnic

Směrodatné odchyly rozchodů kolejnic		
Číslo bodu	Číslo bodu	Sm. odchylka [mm]
1	111	0,98
2	112	1,03
3	113	0,79
4	114	0,56
105	15	0,45

Z nejvyšší směrodatné odchyly u všech sledovaných parametrů byla vypočítána mezní hodnota. K výpočtu byl zvolen koeficient spolehlivosti 2,5. Mezní směrodatné odchyly byly porovnány s tolerancemi z ČSN 73 5130. [1]

Tab. 12- Hodnocení přesnosti použitých pomůcek a metody měření

Hodnocení přesnosti použitých pomůcek a metody měření					
směrodatná odchylka	směrodatná odchylka		mezní odchylka	mezní odchylka norma	hodnocení
	minimální	maximální			
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
vodorovné úchyly	0,30	0,99	2,48	10,0	OK
svislé úchyly	0,18	0,48	1,20	10,0	OK
rozchod	0,45	1,03	2,58	4,4	OK

Všechny mezní odchyly splňují předepsané hodnoty. Tím byla ověřena vhodnost volby pomůcek a zvoleného postupu měření.

4.2. Pomůcky

Při měření byly použity kalibrované přístroje a pomůcky vyšší přesnosti. [19]

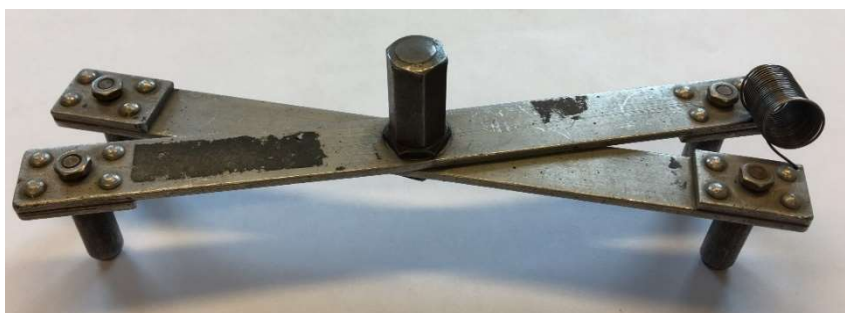
Byla zvolena totální stanice vysoké přesnosti. U přístroje byla využita funkce one-man systému, tedy automatického cílení na hranol a sledování hranolu. Popis použité totální stanice Leica Nova MS50 R2000 je uveden v kapitole 3.1.3 Pomůcky.

Odrazný hranol Leica mini GMP111

Součtová konstanta +17,5 mm pro totální stanice Leica

Dosah 2000 m

Středící nůžky



Obr. 44- Středící nůžky



Obr. 43- Odrazný hranol Leica mini GMP111

Dále byl použit dřevěný stativ Leica, teploměr a barometr. Pro dodržení bezpečnosti práce při pohybu ve výškách byl vyžadován bezpečnostní postroj a jistící lano.

4.3. Postup měření

Datum- 7.2.2019

Místo- hala v areálu KOVO první Jílovská a.s.

Atmosférické podmínky- teplota 17 °C, tlak 998 mbar, vlhkost 52 %

Stanovisko totální stanice bylo zvoleno v prostoru jeřábové dráhy v blízkosti vchodu do haly. Totální stanice byla umístěna na stativu a byla provedena horizontace přístroje. V totální stanici byly nastaveny atmosférické korekce a založena zakázka. Měřeno bylo v místním souřadnicovém systému a data byla registrována na paměťovou kartu v přístroji.

Pro měření geometrických parametrů dráhy byla zvolena polární metoda s využitím one-man systému s automatickým cílením a sledováním hranolu. Měřeny byly vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé délky v jedné skupině na podrobné body, které byly voleny

nad podpěrami. Poloha bodu na středu kolejnice byla určena pomocí středících nůžek. Kvůli odstranění systematické chyby byly nůžky umístovány jedním směrem. Podrobné body byly vyznačeny důlčíkem. Měřeno bylo na mini hranol Leica GMP111 s konstantní výškou.

V první etapě měření byly zaměřeny ze stanoviska 4901 všechny podrobné body. Pravá větev jeřábové dráhy byla zvolena jako vztažná a byla k ní urovnávána větev levá. K výpočtu horizontálních a vertikálních posunů byla použita funkce referenční přímky v totální stanici. Přímka byla určena body 1 a 5. Hodnoty horizontálních posunů byly určeny jako rozdíly hodnot kolmic a projektovaného rozchodu kolejnic. Výškové odchylky byly vztaženy k nejvyšší zaměřené výšce, aby mohly být vertikální posuny realizovány podkládáním kolejnice. Hodnoty požadovaných posunů byly předány pracovníkům firmy.

Protože během provádění rektifikace jeřábové dráhy byla měřena další jeřábová dráha, byly před přesunutím totální stanice zvoleny vztažné body tak, aby mohlo být další stanovisko připojeno do souřadnicového systému jeřábové dráhy.

Po realizaci posunů byla totální stanice postavena v blízkosti prvního stanoviska. Souřadnice stanoviska 4902 byly určeny protínáním zpět na vztažné body 5001 až 5004. V této etapě měření byly zaměřeny jen body na levé kolejnici a jako v předchozím případě byly vypočítány posuny. Bod 15 nebyl v této etapě znovu zaměřován z důvodů splnění odchylek již v předchozí etapě a špatné dostupnosti této části jeřábové dráhy. U bodu 13 byla zjištěna odchylka, která nesplňovala kritéria stanovená normou, proto byl proveden další posun.

Soubory s měřenými hodnotami byly vyexportovány ve formátech gsi a asc.

4.4. Zpracování naměřených hodnot

Soubor s naměřenými daty ve formátu gsi (*příloha č. 31*) byl naimportován do programu Kokeš, kde došlo k výpočtu souřadnic podrobných bodů. Seznam souřadnic byl uložen s příponou stx tak, aby bylo možné souřadnice použít k dalšímu zpracování.

Seznam souřadnic byl načten v programu Groma. Souřadnice byly v místním souřadnicovém systému, pro jednodušší zpracování byla provedena transformace do souřadnicového systému jeřábové dráhy s počátkem v bodu číslo 1 a osou Y vloženou do osy kolejnice B. Pro výpočet byla zvolena shodnostní transformace a výsledky

transformace jsou doloženy v protokolu, který je součástí příloh (*příloha č. 32*). Výsledné souřadnice jsou zapsány v tabulce (*příloha č. 33*).

Vodorovné úchyly byly počítány vůči ose kolejnice B, kterou představovala spojnice bodů 1 a 5. Z rozdílů hodnot souřadnic X u podrobných bodů 2 až 4 a souřadnice X u bodu 1 byly vypočítány vodorovné úchyly. Osa u kolejnice A byla zvolena jako spojnice bodů na kolmicích vůči ose vedených z bodů 1 a 5, kde hodnota kolmice byla rovna hodnotě projektovaného rozchodu. Vodorovné úchyly byly počítány stejným způsobem jako v předchozím případě a byly vztaženy k určené ose kolejnice A.

Svislé úchyly byly vztaženy k nejvyššímu bodu na kolejnicích. Nejvyšší body jsou voleny z důvodu možnosti podkládání kolejnic, čímž mohou být vyrovnávány odchylky ve výškovém průběhu kolejnic a výšek kolejnic vůči sobě.

Hodnoty tolerancí byly převzaty z normy ČSN 73 5130 [1]. Tolerance jsou platné pro nové jeřábové dráhy při provozní teplotě 20 °C. Hodnota tolerance pro vodorovné úchyly je ± 10 mm pro celou délku jeřábové dráhy. Pro svislé úchyly platí stejná hodnota tolerance jako pro úchyly v bočním směru. Protože je výška vztažena k nejvyššímu bodu, je toleranční pole jednostranné. Svislé úchyly musí tedy splnit toleranční interval $\langle -20 \text{ mm}, 0 \text{ mm} \rangle$. Všechny vypočítané úchyly splnily předepsané tolerance.

Tab. 13- Vodorovné a svislé úchyly

VODOROVNÉ A SVISLÉ ÚCHYLKY						
Kolejnice A						
Číslo bodu	Vodorovné úchyly [mm]	Tolerance [mm]	Hodnocení	Svislé úchyly [mm]	Tolerance [mm]	Hodnocení
11	-2	±10	OK	-3	±10	OK
12	0		OK	-2		OK
13	4		OK	0		OK
14	1		OK	-1		OK
15	-4		OK	-3		OK
Kolejnice B						
1	0	±10	OK	-1	±10	OK
2	-1		OK	-2		OK
3	1		OK	0		OK
4	5		OK	-2		OK
5	0		OK	-1		OK

Dalším parametrem, ke kterému norma stanovuje hodnotu tolerance, je rozchod jeřábové dráhy. Rozchod kolejnic je definován jako kolmá vzdálenost os kolejnic. Hodnoty rozchodu byly vypočítány ze souřadnic podrobných bodů na kolejnici B a pomocných bodů vypočítaných na kolejnici A. Výjimkou je konec jeřábové dráhy, kde je kolejnice A kratší než kolejnice B. Kvůli interpolaci výšek byl rozchod určován mezi bodem 105 a 15. Schéma rozmístění bodů bylo uvedeno v kapitole 4.1.2 *Rozbory přesnosti*. Rozchod nemohl být počítán jako vzdálenost podrobných bodů, protože poloha bodů vůči sobě nebyla na kolmici. Vypočítané hodnoty rozchodů byly porovnány s projektovanou hodnotou rozchodu 15,6 m a tím byly vypočítány odchylky, které byly následně porovnány s hodnotou tolerance. V normě je tolerance rozchodu pro jeřábové dráhy s rozchodem menším než 10 m stanovena hodnotou ± 3 mm. Pro dráhy s větším rozchodem je tolerance počítána ze vzorce

Rovnice 3- Tolerance rozchodu jeřábové dráhy [1]

$$\Delta s = \pm [3 + 0,25 \cdot (s - 10)] \text{mm}$$

kde s rozchod jeřábové dráhy v metrech



Obr. 45- Buňka postavená v blízkosti kolejnice jeřábové dráhy

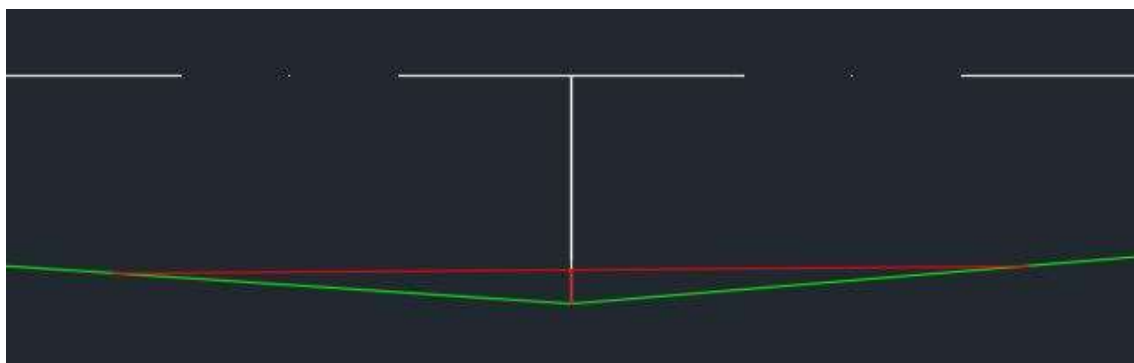
Vypočítaná hodnota tolerance je 4,4 mm. V tabulce č. 14 jsou zapsány hodnoty rozchodů, které jsou porovnány s mezními hodnotami. Odchylka u rozchodu mezi body 105 a 15 nesplňuje toleranci. Konec kolejnice u bodu 15 nebude využíván kvůli postavené

buňce vedle kolejnice (Obr. 45). Pohyb jeřábu bude tedy možný jen mezi podpěrami 1 až 4 a tudíž nebyl na urovnání poslední části kolejnice kladen takový důraz. Nesplnění tolerance podle normy není překážkou pro provoz jeřábové dráhy.

Tab. 14- Úchylky rozchodu kolejnic

Úchylky rozchodu kolejnic					
Číslo bodu	Číslo bodu	Rozchod [m]	Úchylky [mm]	Tolerance [mm]	Hodnocení
1	101	15,602	-2	± 4,4	OK
2	102	15,599	1		OK
3	103	15,597	3		OK
4	104	15,604	-4		OK
105	15	15,605	-5		KO

Parametry, které byly testovány v dřívější době před nástupem totálních stanic, ale norma je stále udává, jsou úchylky v podélném směru kolejnic v každém bodě měřené délky 2 m. Jedná se jak o úchylky vodorovné, tak svislé. V dřívější době byly úchylky zjišťovány pomocí dvoumetrové tyče, která byla ke kolejnici přikládána a byly měřeny odchylky kolmo k ose kolejnice. Z důvodu, že se toto měření již neprovádí, byly úchylky zjištěny graficky. Nad každým měřeným bodem byla sestrojena dvoumetrová úsečka. Střed úsečky byl nad měřeným bodem a konce úsečky přiléhaly k úsečkám představujícím průběh kolejnice. Kolmice sestrojena z úsečky do podrobného bodu udává velikost úchylky. Tento postup byl proveden na všech bodech u vodorovného i svislého průběhu kolejnic. Největší zjištěné úchylky byly porovnány s hodnotami stanovenými v normě ČSN 73 5130. [1]



Obr. 46- Určení vodorovných úchylek na délku 2 m



Obr. 47- Určení svislých úchylek na délku 2 m

Výsledkem prováděného urovnávání jeřábové dráhy je dokumentace s výslednými úchylkami, jejíž součástí je technická zpráva. Technická zpráva obsahuje popis prací, použité pomůcky a dosažené výsledky. Hodnoty úchylek jsou zapsány v tabulce, kde jsou porovnány s tolerancemi požadovanými normou. Grafickou částí dokumentace je výkres s polohovým a výškovým průběhem kolejnic, který byl vyhotoven podle vzoru v Metodickém návodu [7] (příloha č. 34).

Tab. 15- Porovnání skutečných a mezních úchylek

JEŘÁBOVÁ DRÁHA			
název, velikost úchylky	skutečná úchylka [mm]	mezní úchylka [mm]	Vyhovuje Nevyhovuje
1	2	3	4
Tolerance rozchodu dráhy Δs	min. -4 ; max. +3	$\pm 4,4$ mm	Vyhovuje
Tolerance výškové úrovně hlavy			
kolejnice „A“	0 až -3	-20 mm	Vyhovuje
kolejnice „B“	0 až -2	-20 mm	Vyhovuje
Výšková úchylka pro měřenou délku 2 metry	0,3 mm /2m	2 mm/2 m	Vyhovuje
Výškový rozdíl větví dráhy v příčném řezu	Max. 2 mm	± 10 mm	Vyhovuje
Tolerance prostorového uložení kolejnice			
kolejnice „A“	+4 až -4	± 10 mm	Vyhovuje
kolejnice „B“	+5 až -1	± 10 mm	Vyhovuje
Boční úchylka pro měřenou délku 2 metry	0,8mm /2m	1 mm/2 m	Vyhovuje
Pozn.: Rozchod mezi body na poslední podpěře není uvažován (viz text DP)			

5. KONTROLA STÁVAJÍCÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY

Pojmem stávající jeřábová dráha je myšlena jeřábová dráha využívaná v běžném provozu k přemísťování břemen. Geodetické zaměření jeřábové dráhy je objednáváno odpovědnou osobou. Ke kontrole geometrie může mít provozovatel několik důvodů. U jeřábových drah se provádějí pravidelné prohlídky a zaměření. Intervaly a postup kontrol předepisují pro různé skupiny jeřábových drah české technické normy. Při poruše jeřábu slouží geodetické zaměření k odhalení příčiny poruchy. Nejčastěji dochází k opotřebení kolejnic nebo pojezdových kol. Po opravě jeřábu nebo dráhy je vyžadována kontrola geometrických parametrů tak, aby byl zajištěn bezproblémový provoz a nedošlo k dalším poruchám a opotřebení konstrukčních částí. Někteří objednatelé požadují zjištění skutečného stavu dráhy mimo dobu pravidelné kontroly. Důvodem je zjištění velikosti úchylek pro vyrovnání dráhy. Tímto krokem je možné odhalit začínající opotřebení jeřábové dráhy a včasnou údržbou předejít nákladným opravám a vyřazením jeřábu z provozu.

Zjišťovanými parametry jsou polohové a výškové úchylky osy kolejnice a rozchody kolejnic. Výsledkem měření je protokol s výkresy předávaný objednateli.

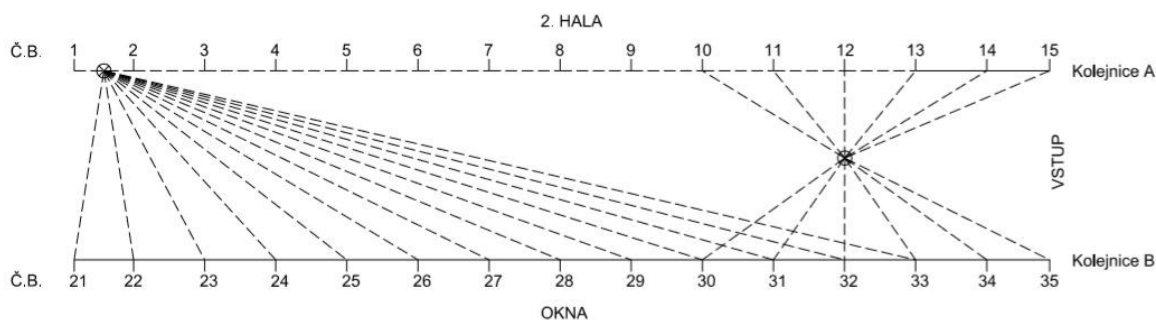
5.1. Příprava měření

Mostový jeřáb, jehož jeřábová dráha byla předmětem měření, je umístěn ve výrobní hale v areálu společnosti První jílovská a.s.. Měření bylo objednáno z důvodů provedení pravidelné prohlídky a kontroly geometrických parametrů dráhy.



Obr. 48- Stávající jeřábová dráha

Před začátkem měření byla provedena obhlídka pracoviště a samotného jeřábu a byla teoreticky naplánována posloupnost měřických činností. Při průzkumu byl zjištěn druh jeřábu, přibližná výška a rozpětí, možnost přístupu ke kolejnicím, stav lávek a plošin, podmínky zajištění bezpečnosti práce a zjištění vlivu okolního prostředí. Kvůli zastavěnosti plochy haly výrobními stroji a přístupnosti pouze jedné větve jeřábové dráhy byla zvolena pro měření polární metoda s jedním stanovištěm na kolejnici a druhým na zemi. Jeřáby byly odstaveny na konec jeřábové dráhy ke straně haly s hlavním vchodem a byl vypnut přívod elektrického proudu pro zajištění bezpečnosti při pohybu na jeřábové dráze.



Obr. 49- Schéma sítě

5.1.1. Parametry zaměřované jeřábové dráhy

Jeřábová dráha je umístěna v areálu KOVO První jílovské a.s. ve dvoulodní hale Kemper 1. Dráha je složena ze dvou kolejnic, které jsou uloženy na podpěrách ve výšce deseti metrů. Délka kolejnic je podle naměřených hodnot přes 82 metrů. Rozchod kolejnic byl odhadnut na 15,9 metrů.

Od objednavatele byla žádána projektová dokumentace k jeřábové dráze, která ale nebyla dohledána. Proto jsou parametry dráhy odhadnuty z naměřených hodnot.

Kolejnice mají obdélníkový průřez a jsou vyrobeny z pevné oceli. Jeřábová dráha je opatřena na koncích nárazníky. Pochozí lávky jsou umístěny na pravé straně na začátku a konci pravé větve. Ostatní části jeřábové dráhy nejsou lávkami opatřeny a pohyb po dráze byl komplikovaný.

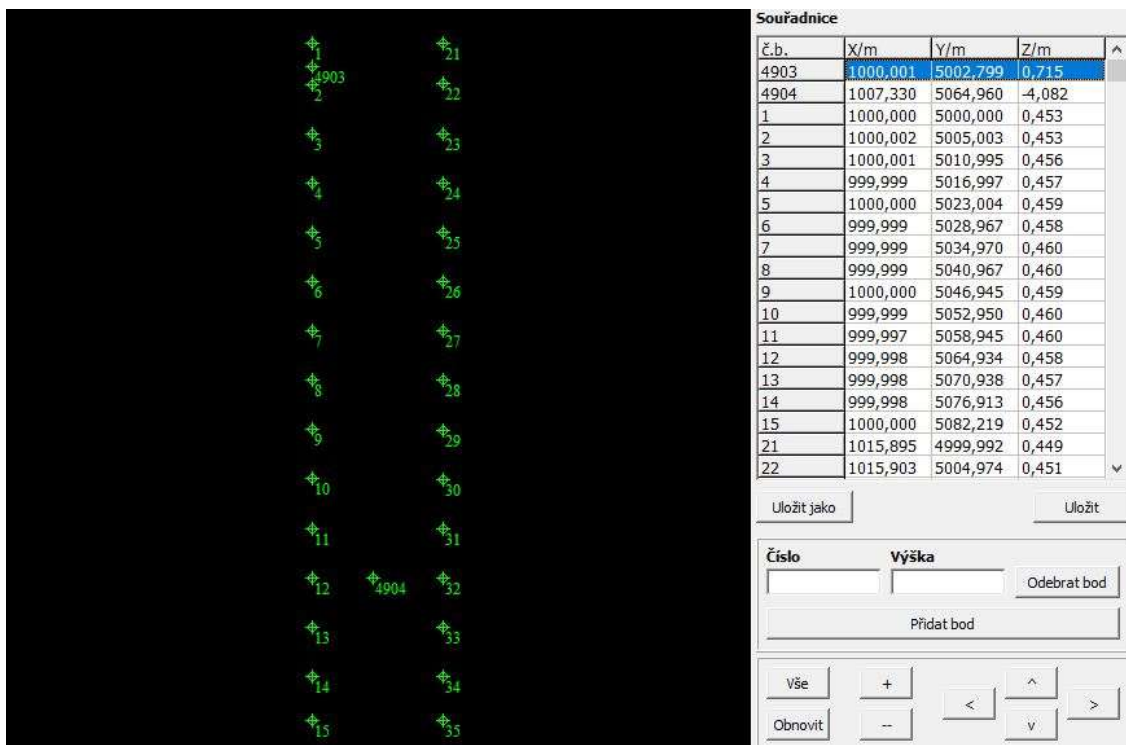
Po jeřábové dráze se pohybují dva mostové jeřáby. Hlavní mostový jeřáb je dvounosníkový a má nosnost 8000 kg. Druhý jednonosníkový jeřáb má nosnost 5000 kg. Ve druhé části haly je umístěna jeřábová dráha s jednonosníkovým mostovým jeřábem o nosnosti 5000 kg. Je umístěn na samostatných podpěrách.

5.1.2. Rozbory přesnosti

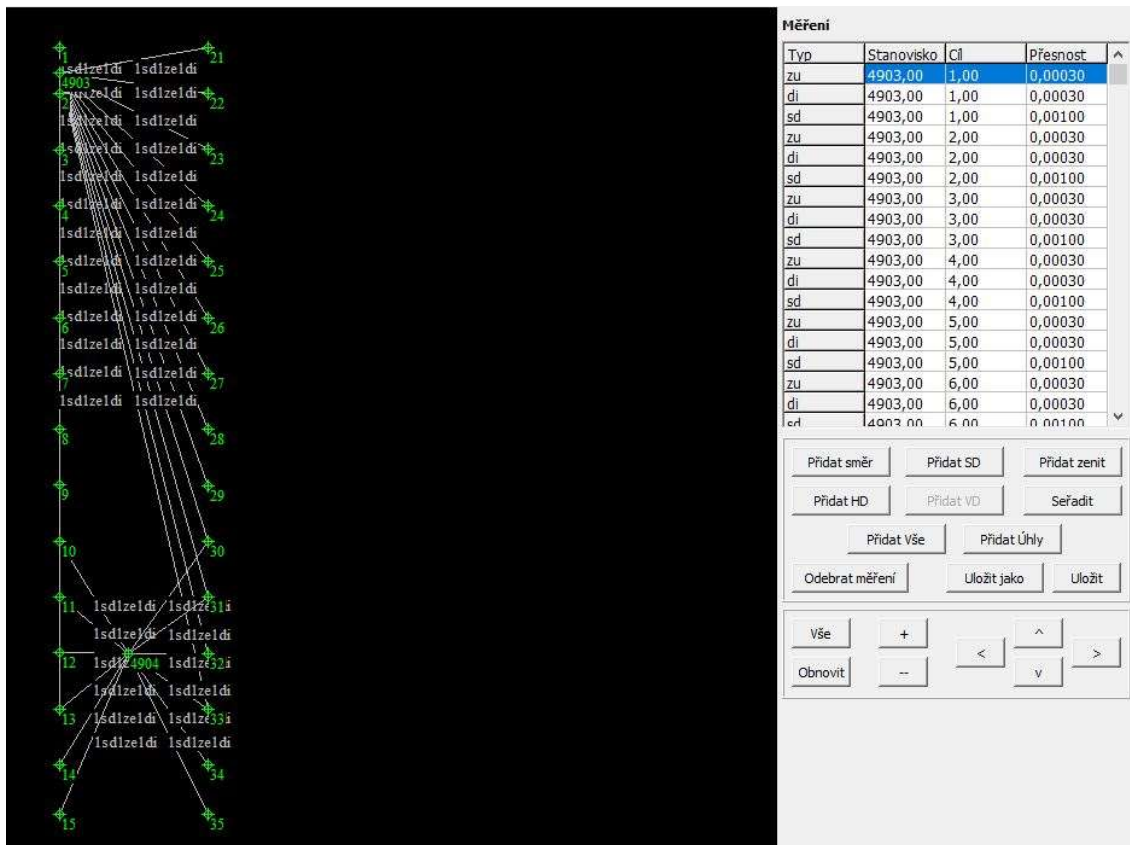
Rozbory před měřením nebyly provedeny. Pro měření byla zvolena dostatečně přesná totální stanice a dodržení přesnosti bylo zkontrolováno až po měření z konfigurace měřené sítě v programu PrecisePlanner [18].

V programu Groma byly načteny soubory s měřením ve formátu asc (*příloha č. 35*) a funkcí polární metoda dávkou byly vypočítány souřadnice stanovišek. Pro výpočet byly jako orientace zvoleny všechny podrobné body, které byly měřeny z jednotlivých stanovišek. Průběh výpočtu je doložen ve výpočetních protokolech (*příloha č. 36*).

Podle vzoru byl připraven vstupní soubor se souřadnicemi a soubor s přesnostmi totální stanice pro vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé délky (*příloha č. 37*). V softwaru PrecisePlanner bylo provedeno modelové vyrovnání. Výsledkem byly směrodatné odchylky pro souřadnice a výšky jednotlivých podrobných bodů (*příloha č. 38*). Grafickými výstupy z programu jsou mapa souřadnic, která zobrazuje rozmístění bodů a mapa měření, kde jsou vyznačeny měřené osnovy. Protokol o vyrovnání je součástí příloh (*příloha č. 39*).

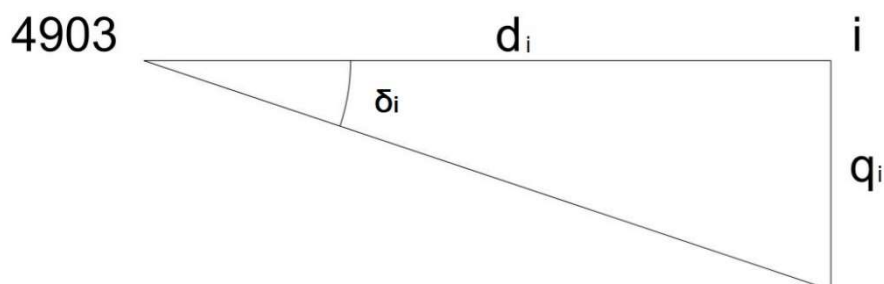


Obr. 50- Grafický výstup souřadnice- PrecisePlanner



Obr. 51- Grafický výstup měření- PrecisePlanner

Tím, že byla jedna z os souřadnicového systému jeřábové dráhy definována jako spojnice dvou koncových bodů na první kolejnici, byly směrodatné odchylky příčných úchylek u podrobných bodů 1 až 13 na kolejnici A počítány zákonem hromadění směrodatných odchylek ze vzorce pro výpočet příčné úchylyky metodou záměrné přímky. Vzdálenost bodů po přímce byla počítána rozdílem souřadnic X. Vliv chyby délkového měření nebyl uvažován, protože přesnost určení příčné odchylky závisí především na přesnosti úhlového měření (příloha č. 40).



Obr. 52- Výpočet směrodatných odchylek příčných úchylek- záměrná přímka

$$\operatorname{tg} \delta_i = \frac{q_i}{d_i} \rightarrow \delta_i = \frac{q_i}{d_i} \quad q_i = \delta_i \cdot d_i$$

$$\varepsilon_{qi} = \varepsilon_d \cdot \delta_i + d_i \cdot \varepsilon_{\delta i}$$

$$\sigma_{qi} = \sqrt{d_i^2 \cdot \left(\frac{\sigma_{\delta i}}{\rho}\right)^2}$$

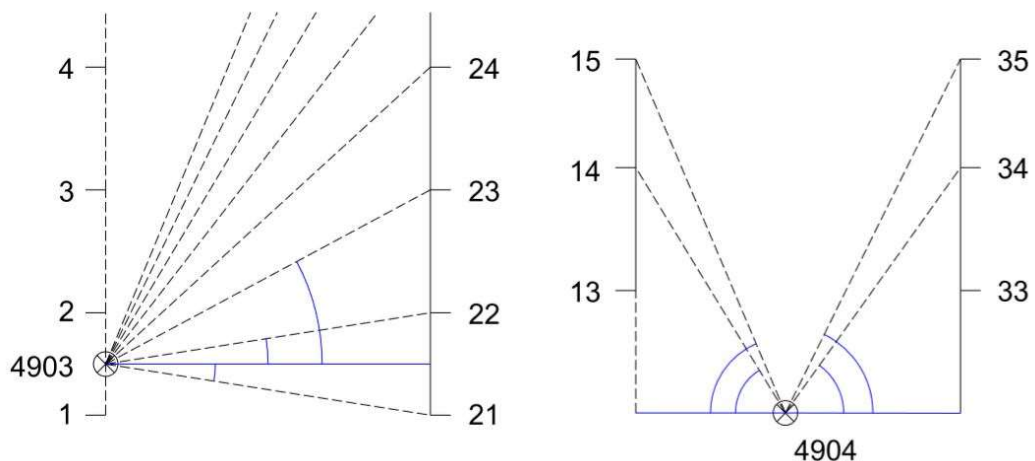
kde $\sigma_{\delta i}$ směrodatná odchylka úhlu $\sigma_{\delta i} = 0,3 * \sqrt{2} \text{ mgon}$

d_i délka po záměrné přímce

ρ radián

Určení směrodatných odchylek příčných úchylek na kolejnici B bylo složitější z důvodu ovlivnění přesnosti měření chybou měřené délky. Ta se na kolejnici A neprojevila, protože příčnou úchylku ovlivňovala přesnost měřeného směru, která je řádově přesnější než přesnost dálkoměru. Směrodatné odchylky byly počítány zákonem hromadění směrodatných odchylek (Rovnice 2).

Počátek osnovy byl zvolen na kolmici z bodu 4903 ve vzdálenosti rovné rozchodu kolejnic. Z pravouhlého trojúhelníku byl vypočítán úhel mezi počátkem a bodem 21. Úhly na další body byly počítány jako rozdíl směrů na podrobný bod a bod 21 a od rozdílu byl odečten úhel mezi počátkem a bodem 21. Vodorovné délky byly převzaty ze souboru měření exportovaného do programu Groma (příloha č. 41).



Obr. 53- Schéma určení velikosti úhlů pro výpočet směrodatných odchylek příčných úchylek

Směrodatné odchytky v příčném směru u bodů měřených ze stanoviska 4904 byly vypočítány obdobně jako u prvního stanoviska.

Směrodatné odchytky svislých úchylek byly počítány v PrecisePlanneru z přesností určení výšek jednotlivých bodů a výšky stanoviska.

Tab. 16- Směrodatné odchytky příčných a svislých úchylek

SMĚRODATNÉ ODCHYLKY PŘÍČNÝCH A SVISLÝCH ÚCHYLEK					
	KOLEJNICE A			KOLEJNICE B	
číslo	úchylky [mm]		číslo	úchylky [mm]	
bodů	vodorovné	svislé	bodů	vodorovné	svislé
1	0,02	0,09	21	0,98	0,08
2	0,01	0,12	22	0,99	0,08
3	0,05	0,05	23	0,89	0,09
4	0,09	0,07	24	0,75	0,10
5	0,13	0,10	25	0,63	0,12
6	0,17	0,12	26	0,55	0,14
7	0,21	0,15	27	0,49	0,17
8	0,25	0,18	28	0,46	0,20
9	0,29	0,21	29	0,45	0,22
10	0,33	0,16	30	0,45	0,15
11	0,37	0,17	31	0,46	0,16
12	0,41	0,19	32	0,48	0,18
13	0,45	0,20	33	0,51	0,21
14	0,53	0,31	34	0,59	0,30
15	0,41	0,25	35	0,46	0,25

Ze směrodatných odchylek souřadnic jednotlivých bodů byly vypočítány směrodatné odchylky rozchodů.

Tab. 17- Směrodatné odchylky rozchodů kolejnic

Směrodatné odchylky rozchodů kolejnic		
Číslo bodu	Číslo bodu	Sm. odchylka [mm]
1	21	0,98
2	22	0,99
3	23	0,89
4	24	0,75
5	25	0,63
6	26	0,55
7	27	0,49
8	28	0,46
9	29	0,45
10	30	0,28
11	31	0,33
12	32	0,38
13	33	0,40
14	34	0,75
15	35	0,59

Největší směrodatné odchylky pro jednotlivé skupiny úchylek byly převedeny na mezní směrodatné odchylky. Byl použit koeficient spolehlivosti 2,5. Mezní směrodatné odchylky úchylek byly porovnány s mezními směrodatnými odchylkami stanovenými v normě ČSN 73 5130. [1]

Tab. 18- Hodnocení přesnosti použitých pomůcek a metody měření

Hodnocení přesnosti použitých pomůcek a metody měření					
směrodatná odchylka	směrodatná odchylka		mezní odchylka	mezní odchylka norma	hodnocení
	minimální	maximální			
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
vodorovné úchylky	0,01	0,99	2,48	12	OK
svislé úchylky	0,05	0,31	0,78	12	OK
rozchod	0,28	0,99	2,48	4,5	OK

Z tabulky vyplývá, že mezní odchylky stanovené výpočtem jsou menší než mezní odchylky, které stanovuje norma. Zvolená totální stanice je tedy vhodná pro použití a spolu s metodou měření splňují předepsané přesnosti.

5.2. Pomůcky

Pro měření byly využity přesné pomůcky podle zvolené metody měření. [19]

Totální stanice Leica Nova MS50 R2000 byla zvolena z důvodů přesného úhlového a délkového měření. Při měření byla využita funkce automatického zaostřování a automatického cílení, což usnadnilo práci při špatné přístupnosti k totální stanici. Během měření byly dále využity středící nůžky a odrazný hranol Leica mini. Parametry totální stanice a dalších pomůcek jsou uvedeny v kapitole 3.1.3 Pomůcky.

Univerzální držák totální stanice na kolejnici



Obr. 54- Univerzální držák totální stanice na kolejnici

Dále byl použit dřevěný stativ Leica, teploměr a barometr. Pro dodržení bezpečnosti práce při pohybu ve výškách byl vyžadován bezpečnostní postroj a jistící lano.

5.3. Postup měření

Datum- 22.1.2019

Místo- výrobní hala v areálu společnosti První jílovska a.s.

Atmosférické podmínky- teplota 18 °C, tlak 1018 mbar, vlhkost 50 %.

První stanovisko totální stanice bylo zvoleno na kolejnici u revizní plošiny, která byla umístěna mezi předposlední a poslední podpěrou pravé větve jeřábové dráhy při pohledu od vrat a byla přístupná po žebříku, který je součástí vybavení dráhy. Speciální přípravek pro postavení totální stanice byl připevněn na kolejnici a následně na něj byla

umístěna totální stanice. Protože byla zvolena pro měření polární metoda, nemuselo být umístění přístroje přímo na střed kolejnice, čímž byla eliminována chyba centrace.



Obr. 55- Umístění totální stanice na kolejnici a použití středících nůžek

Po spuštění byla založena zakázka a nastavena teplota a tlak. Měřeno bylo na Leica mini hranol GMP111 v jedné skupině s automatickým cílením pro vyloučení chyby z cílení měřiče. Podle Metodického návodu pro určování prostorových vztahů jeřábových drah [7] bylo měřeno na kolejnicích v místech přibližně svislých os každé podpěry.

Body, v nichž jsou měřeny prostorové úchyly, jsou, jak již bylo zmíněno, body nad jednotlivými podpěrami na středu kolejnice v příčném řezu. Pro jednoduché určení středu kolejnice byly použity středící nůžky (Obr. 55), které byly pro odstranění možných systematických chyb, umísťovány vždy jedním směrem na obou kolejnicích. Body byly vyznačeny důlčikem, do kterého byl následně umístěn mini hranol s konstantní výškou, která byla nastavena i v totální stanici. Měřeny byly vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé délky. Měření bylo provedeno nad všemi podpěrami na kolejnici mimo posledních dvou, které nebyly přístupné kvůli odstaveným jeřábům. Z důvodů chybějících lávek byl pohyb po polích jeřábové dráhy značně ztížený, jištění pracovníka bylo možné jen v místě podpěr. Poloha nárazníku na začátku kolejnice byla zaměřena bezhranolovým

dálkoměrem. Nárazníky nejsou předmětem kontroly, ale jejich poloha je zaznamenána do výkresů jako doplňující informace.

U druhé větve jeřábové dráhy nebyla k dispozici lávka ani plošina a k přístupu na kolejnici musel být použit žebřík, který byl opřen o konstrukci dráhy. Z důvodu nepřístupnosti bylo měření provedeno ze stanoviska na první kolejnici. Podrobné body byly opět měřeny nad podpěrami v ose kolejnice. K vyznačení bodů byly použity středící nůžky, které byly přikládány stejným směrem jako u první kolejnice, aby byla vyloučena systematická chyba z nesprávného určení středu. Body nad posledními dvěma podpěrami nebyly změřeny ze stejného důvodu jako v předchozím případě. Nakonec byla změřena poloha nárazníku.

Měření bylo přerušováno při pohybu jeřábu, který je umístěn ve vedlejší hale. Jeřábová dráha je umístěna na vlastních podpěrách, proto nebylo požadováno úplné odstavení jeřábu, ale kvůli lehkému chvění sledované jeřábové dráhy bylo vyčkáváno na ukončení pohybu jeřábu.



Obr. 56- Druhé stanovisko totální stanice

Druhé stanovisko bylo zvoleno na zemi s viditelností na části kolejnic, na kterých byly odstaveny jeřáby, a proto nemohlo být provedeno jejich měření z prvního stanoviska. Umístění přístroje bylo ztíženo podmínkami v hale, především zastavěností plochy pod jeřábem, provozem a pohybem osob. Poloha stanoviska byla konzultována s pracovníky, aby nebyl omezen pozemní provoz pracoviště a byla zajištěna ochrana postavení přístroje.



Obr. 57- Zaměřovaná jeřábová dráha

Pro zajištění návaznosti na první stanoviště byla požadována viditelnost na poslední čtyři měřené body na obou kolejnicích, které byly při zpracování použity jako identické body transformace. Jeřáby byly přesunuty na opačný konec haly. Měřeno bylo obdobným způsobem jako z prvního stanoviště. Nejdříve bylo provedeno měření na body již zaměřené z předchozího stanoviště, které byly stabilizovány důlčikem. Následovalo vyznačení bodů nad zbylými dvěma podpěrami a jejich zaměření na obou kolejnicích. Poloha nárazníků byla zaměřena bezhranolovým dálkoměrem.

Během měření byly vyhotoveny náčrty, které byly podkladem pro pozdější zpracování. Naměřené hodnoty byly z totální stanice exportovány ve formátu gsi.

5.4. Zpracování naměřených hodnot

Soubor s měřením byl zpracován v programu Kokeš pro každé stanoviště zvlášť. Výstupem byly seznamy souřadnic v různých souřadnicových systémech, které byly uloženy s příponou .stx.

Další zpracování probíhalo v softwaru Groma, kam byly načteny seznamy souřadnic. Pro další výpočty bylo měřítko nastaveno na hodnotu 1. V prvním kroku byla provedena transformace bodů měřených z druhého stanoviště do souřadnicového systému prvního stanoviště. Byla použita funkce transformace souřadnic a zvolena varianta shodnostní transformace. Jako identické body byly použity poslední čtyři měřené

body na kolejnici, které byly zaměřeny z obou stanovisek. Výsledkem transformace byl seznam souřadnic všech bodů a protokol o výpočtu (*příloha č. 42*). Protože v programu Groma lze transformovat jen souřadnice polohy, byly výšky bodů měřených z druhého stanoviska dopočteny z rozdílů výšek na identických bodech.

Pro názornější vyhodnocení byl seznam souřadnic transformován do souřadnicového systému jeřábové dráhy, který byl definován osou X ve spojnici prvního a posledního bodu na první kolejnici. Výsledky transformace jsou součástí protokolu o výpočtu (*příloha č. 43*). Souřadnice a výšky, které byly podkladem pro další výpočty, jsou zapsány v tabulce, která je součástí příloh (*příloha č. 44*).

Ze souřadnic podrobných bodů byly vypočítány vodorovné a svislé úchyly vůči ose kolejnice A. Osa byla definována spojnicí bodu číslo 1 a číslo 15, což je po transformaci zároveň průběh osy X. Polohové odchylky byly tedy dány rozdílem souřadnice Y u počátečního bodu a podrobných bodů. Osa druhé kolejnice byla zvolena jako spojnice bodů, které jsou na kolmici vedené z bodu 1 a 15 ve vzdálenosti rovné rozchodu kolejnic. Úchyly byly rovny rozdílu souřadnic Y podrobných bodů a bodů definující osu kolejnice.

Tolerance pro odchylky v bočním směru byly převzaty z normy ČSN 73 5130 [1], kde jsou udávány tolerance pro nové jeřábové dráhy, pro běžnou teplotu 20 °C. V našem případě, kdy nejde o novou dráhu, byly hodnoty tolerancí zmírněny o 20% původní hodnoty. Pro celou délku kolejnice nové jeřábové dráhy je nejvyšší hodnota tolerance v bočním směru ± 10 mm. Tolerance pro stávající jeřábovou dráhu je tedy ± 12 mm. Jak je patrné z Tab. 19- Vodorovné a svislé úchyly, hodnoty úchylek na obou kolejnicích spadají do intervalu, který stanovuje norma a není nutné provádět rektifikaci polohy kolejnic.

Výškové úchyly byly vztaženy k nejvyššímu bodu na obou kolejnicích. Nejvyšší bod je volen kvůli možnosti podkládání částí kolejnice, které je snadněji proveditelné než snižování hlavy kolejnice. Odchyly, které jsou zapsány v tabulce, byly porovnávány s mezními hodnotami z technické normy. Norma stanovuje toleranci pro výškový průběh kolejnice na hodnotu ± 10 mm pro novou jeřábovou dráhu. Tolerance pro používanou dráhu je ± 12 mm. Protože byla teoretická výška vztažena k nejvyššímu bodu, je toleranční pole jednostranné a byl použit interval 0 až -24 mm. Žádná z úchylek mez tolerance nepřekročila a není tedy nutná ani výšková rektifikace jeřábové dráhy.

Tab. 19- Vodorovné a svislé úchytky

VODOROVNÉ A SVISLÉ ÚCHYLKY						
Kolejnice A						
Číslo bodu	Vodorovné úchytky [mm]	Tolerance [mm]	Hodnocení	Svislé úchytky [mm]	Tolerance [mm]	Hodnocení
1	0	±12	OK	-7	0,-24	OK
2	2		OK	-7		OK
3	1		OK	-4		OK
4	-1		OK	-3		OK
5	0		OK	-1		OK
6	-1		OK	-2		OK
7	-1		OK	0		OK
8	-1		OK	0		OK
9	0		OK	-1		OK
10	-1		OK	0		OK
11	-3		OK	0		OK
12	-2		OK	-2		OK
13	-2		OK	-3		OK
14	-2		OK	-4		OK
15	0		OK	-8		OK
Kolejnice B						
21	-5	±12	OK	-11	0,-24	OK
22	3		OK	-9		OK
23	5		OK	-8		OK
24	1		OK	-9		OK
25	1		OK	-8		OK
26	2		OK	-6		OK
27	1		OK	-4		OK
28	2		OK	-5		OK
29	0		OK	-5		OK
30	-1		OK	-8		OK
31	1		OK	-5		OK
32	0		OK	-2		OK
33	-1		OK	-5		OK
34	1		OK	0		OK
35	3		OK	-7		OK

Dalším sledovaným geometrickým parametrem je rozchod jeřábové dráhy. Rozchod kolejnic je kolmá vzdálenost os kolejnic. Funkcí výpočet vzdálenosti byly vypočítány délky mezi podrobnými body na kolejnici A a kolejnici B. Projektovaný rozchod nebyl znám, protože k jeřábu nebyla dodána projektová dokumentace.

Z měřených hodnot byl rozchod odhadnut na délku 15,9 m a byly vypočteny odchylky. Tolerance pro dráhy s rozchodem menším než 10 metrů je stanovena hodnotou ± 3 mm.

U jeřábových drah s rozchodem kolejnic delších jak 10 metrů jsou meze tolerance počítány ze vzorce

Rovnice 5- Tolerance rozchodu jeřábové dráhy [1]

$$\Delta s = \pm [3 + 0,25 \cdot (s - 10)] \text{mm}$$

kde s rozchod jeřábové dráhy v metrech.

Hodnota tolerance vypočítaná ze vzorce platí pro novou jeřábovou dráhu. U použitých drah jsou odchylky rozchodů porovnávány s tolerancí o 20% vyšší, tedy s hodnotou 5,4 mm. Vypočtené úchyly spadají do intervalu mezních hodnot. Mezi body 1 a 21 je úchylnka největší, ale tolerance je dodržena. Pokud by tento případ nastal u bodů ve středu kolejnic, uvažovalo by se o rektifikaci dříve než by při dalších kontrolách mohla být mezní hodnota překročena. Body 1 a 21 jsou na okraji dráhy, kde se jeřáb pohybuje výjimečně, proto není nutné rektifikaci provádět. Pokud by byl jeřáb do krajní polohy odstaven, nemělo by i při překročení tolerance o 20% dojít k opotřebení díky polohové vůli pojezdových kol.

Tab. 20- Úchyly rozchodu kolejnic

Úchyly rozchodu kolejnic					
Číslo bodu	Číslo bodu	Rozchod [m]	Úchyly [mm]	Tolerance [mm]	Hodnocení
1	21	15,895	5	± 4,5	OK
2	22	15,901	-1		OK
3	23	15,904	-4		OK
4	24	15,902	-2		OK
5	25	15,901	-1		OK
6	26	15,903	-3		OK
7	27	15,902	-2		OK
8	28	15,903	-3		OK
9	29	15,900	0		OK
10	30	15,900	0		OK
11	31	15,904	-4		OK
12	32	15,902	-2		OK
13	33	15,901	-1		OK
14	34	15,903	-3		OK
15	35	15,903	-3		OK

Poslední parametry, které norma sleduje, jsou úchytky v každém měřeném bodě na délce 2 metry. Jedná se o úchytky svislé i vodorovné. Postup určení hodnot úchytek je popsán v části urovnání nové jeřábové dráhy v kapitole 4.4. Zpracování naměřených hodnot.

Objednavateli zaměření jeřábové dráhy je předávána dokumentace s výsledky měření, jejíž součástí je technická zpráva s popisem postupu, použitými pomůckami a závěrem, zda geometrické parametry jeřábové dráhy splňují předepsané podmínky. Součástí technické zprávy je tabulka a hodnotami úchytek a porovnáním s tolerancemi stanovenými normou. Grafickou část dokumentace tvoří výkres s polohovým a výškovým průběhem kolejnic, který odpovídá vzoru z Metodického návodu [7]. Výkres je součástí příloh (*příloha č. 45*).

Tab. 21- Porovnání skutečných a mezních úchytek

JEŘÁBOVÁ DRÁHA			
název, velikost úchytky	skutečná úchytky [mm]	mezní úchytky +20% [mm]	Vyhovuje Nevyhovuje
1	2	3	4
Tolerance rozchodu dráhy Δs	min. -5 ; max. +4	$\pm 5,6\text{mm}$	Vyhovuje
Tolerance výškové úrovně hlavy			
kolejnice „A“	0 až -8	-24 mm	Vyhovuje
kolejnice „B“	0 až -11	-24 mm	Vyhovuje
Výšková úchytky pro měřenou délku 2 metry	1,1 mm /2m	2,4mm/2m	Vyhovuje
Výškový rozdíl větví dráhy v příčném řezu	Max. 8 mm	± 12 mm	Vyhovuje
Tolerance prostorového uložení kolejnice			
kolejnice „A“	+2 až -3	$\pm 12\text{mm}$	Vyhovuje
kolejnice „B“	+5 až -5	$\pm 12\text{mm}$	Vyhovuje
Boční úchytky pro měřenou délku 2 metry	0,5mm /2m	1,2mm/2m	Vyhovuje

6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navržení a shrnutí postupu při montáži mostového jeřábu, urovnávání a kontrole jeřábových drah. Všechna měření byla provedena zaměstnanci Geodetické kanceláře Nedoma & Řezník, s.r.o. jako zakázky pro firmu První jílovská, a.s.. Zvolené postupy jsou běžně využívány v praxi a byly upraveny podle situace v místech měření.

Spolupráce při montáži mostového jeřábu je specifickou geodetickou činností, jejíž postup není uveden v normách ani metodických návodech. Konkrétní postup měření byl navržen Ing. Petrem Jaškem, Ph.D. a v této diplomové práci byla ověřena přesnost postupu a vhodnost volby pomůcek. Jak již bylo zmíněno v textu, je uvažováno o výrobě speciálního přípravku, kde by byl nahrazen odrazný štítek mini hranolem Leica. Při použití nového přípravku by byla použita funkce totální stanice automatické cílení, což by vyloučilo chybu měřiče v cílení na odrazný štítek. Chyba cílení je podle předpokladů způsobena jen tloušťkou kříže na odrazném štítku, protože měření je prováděno na krátké vzdálenosti a vnější nepříznivé vlivy jsou minimální. Proto by při nahrazení odrazného štítku odrazným hranolem nedošlo k výraznému zpřesnění měření, ale automatickým cílením by byla zrychlena a zjednodušena práce měřiče.

Před umístěním jeřábu a uvedením do provozu, je nutné provést zaměření konstrukce jeřábové dráhy. Při měření jsou na místě zjišťovány hodnoty posunů kolejnic v horizontálním i vertikálním směru tak, aby po urovnání splňovala jeřábová dráha tolerance předepsané v technické normě ČSN 73 5130 [1]. U jednoho z rozchodů kolejnic jeřábové dráhy byla překročena tolerance stanovená normou. Jak bylo v textu vysvětleno, tato část kolejnice je umístěna za buňkou postavenou v blízkosti jeřábové dráhy a jeřáb se v této části nebude pohybovat. Proto nebylo požadováno nové zaměření a urovnání. V případě odstranění buňky a provozu jeřábu po celé délce jeřábové dráhy, byla objednavateli doporučena rektifikace polohy kolejnic jeřábové dráhy. Přesnost zvoleného postupu a použitých pomůcek byla testována pomocí vypočítaných mezních směrodatných odchylek, které byly porovnány se zadanými tolerancemi.

Zaměření stávající jeřábové dráhy bylo objednáno pro provedení pravidelné kontroly geometrických parametrů jeřábové dráhy. Vyhodnocení probíhalo v kanceláři a objednavateli byla předána dokumentace s vypočtenými úchyly, které byly porovnány s tolerancemi stanovenými normou ČSN 73 5130 [1]. Protože se jednalo o

používanou jeřábovou dráhu, byla hodnota tolerancí zvýšena o 20 %, jak je uvedeno v technické normě. Součástí předávané dokumentace byl výkres s polohovým i výškovým průběhem kolejnic.

Diplomová práce jako celek navrhuje a popisuje postupy týkající se geodetických prací v oblasti průmyslu, které se týkají mostových jeřábů a jeřábových drah. Zvolené postupy a pomůcky jsou běžně používány v praxi. Cílem práce bylo dokázání jejich vhodnosti a přesnosti.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] ČSN 73 5130- Jeřábové dráhy Český normalizační institut. Praha, 1994
- [2] ČSN ISO 12488-1- Tolerance pro pojezdová kola a pro jeřábové a příčné dráhy-
Část 1: Obecně Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
Praha, 2012
- [3] ČSN 73 2611- Úchylky rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí Český normalizační institut. Praha, 1978
- [4] ČSN EN 1090-2- Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí- Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce Evropský výbor pro normalizaci. Brusel, 2008
- [5] ČSN 73 2601- Provádění ocelových konstrukcí Úřad pro normalizaci a měření. Praha, 1988
- [6] ČSN EN 15011- Jeřáby – Mostové a portálové jeřáby Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha, 2011
- [7] METODICKÝ NÁVOD pro určování prostorových vztahů jeřábových drah Český úřad geodetický a kartografický. Praha, 1978
- [8] Hampacher, M.- Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2. vyd. Praha: Česká technika- nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2015
- [9] Pilgr, M.: KOVOVÉ KONSTRUKCE Výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM s.r.o., 2012
- [10] Pospíšil, J.: Měření jeřábových drah pro jejich montáž, revizi a údržbu - 05/12/2016 - Řízení a údržba průmyslového podniku. [cit. 19.04.2019]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artikul/article/mereni-jerabovych-drah-pro-jejich-montaz-revizi-a-udrzbu/>
- [11] Procházka, J.: Syllabus přednášky č. 10 z ING3 [online]. Katedra speciální geodézie [cit. 29.04.2019]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie/ing3/Syllabus_ING3_10.pdf
- [12] Novák, Z.- Procházka, J.: Inženýrská geodézie 10, ČVUT Praha 1998

[13] Koska, B.- Křemen, T.- Pospíšil, J.- Štroner, M. Laserové skenování ve speciálních průmyslových aplikacích [online]. Katedra speciální geodézie [cit. 29.04.2019].

Dostupné z:

<http://k154.fsv.cvut.cz/~koska/publikace/soubory/laserove%20skenovani%20ve%20specialnich%20prumyslovych%20aplikacich.pdf>

[14] Štroner, M.- Urban, R.- Třasák, P.: Zaměření obtížně dostupné jeřábové dráhy metodou volné sítě se dvěma stanovisky. Stavební obzor. 2011, roč. 20, č.2. s.60-64. ISSN1210-4027.

[15] Procházka, J.: Syllabus přednášky č. 11 z ING [online]. Katedra speciální geodézie [cit. 29.04.2019]. Dostupné z:

http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/inge/Syllabus_IG_11.pdf

[16] Mostové jeřáby ABUS | iteco.cz: Jeřáby a zdvihací technika | iteco.cz [online]. 2017 [cit. 29.04.2019]. Dostupné z: <http://www.iteco.cz/mostove-jeřaby/>

[17] Počasí statistiky pro Třinec, Česká republika: Počasí, podrobná a aktuální předpověď počasí z yr.no česky [online]. 2000 [cit. 29.04.2019]. Dostupné z: <https://meteobox.cz/trinec/statistiky/>

[18] PrecisePlanner- Dostupné z: <http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/PPlanner/index.html>

[19] Leica Geosystems: When it has to be right | Leica Geosystems [online]. 2019 Leica Geosystems AG [cit. 22.04.2019]. Dostupné z: <https://leica-geosystems.com/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1- Schéma mostového jeřábu.....	10
Obr. 2- Druhy mostových jeřábů [16].....	12
Obr. 3- Hlavní části jeřábu [9]	13
Obr. 4- Pohyby jeřábu [9]	14
Obr. 5- Záměrná přímka [15].....	17
Obr. 6- Semipolární metoda.....	18
Obr. 7- Konstrukce stolic	24
Obr. 8- Výpočet směrodatných odchylek rozchodů kolejnic na stolicích- PrecisePlanner.....	24
Obr. 9- Výstup PrecisePlanner- schéma měření.....	25
Obr. 10- TS Leica Nova MS50 R2000.....	26
Obr. 11- Odrazný hranol Leica mini GMP101	26
Obr. 12- Speciální přípravek.....	27
Obr. 13- Stolice	28
Obr. 14- Síť bodů na kolejnicích stolic	29
Obr. 15- Schéma měřické sítě	30
Obr. 16- Umístění příčnicku na stolicí.....	30
Obr. 17- Urovnání příčnicku.....	31
Obr. 18- Schéma umístění stanovisek při urovnání příčnicků	31
Obr. 19- Pravý most jeřábu	32
Obr. 20- Umístění pravého mostu jeřábu	33
Obr. 21- Umístění druhého příčnicku	34
Obr. 22- Jeřábový most s příčnický	34
Obr. 23- Umístěné mosty a příčnický	35
Obr. 24- Střed vnitřního kola příčnicku.....	36
Obr. 25- Vytyčený bod na podkladnici	37
Obr. 26- Vytyčená osa kolejnic na podkladnicích	38
Obr. 27- Sestavený mostový jeřáb	39
Obr. 28- Sestavený mostový jeřáb	39
Obr. 29- Schéma vypočítaných rozchodů a úhlopříček	41
Obr. 30- Schéma rozmístění bodů na podkladnicích a středech vnitřních kol příčnicků.....	42
Obr. 31- Umístění příčnicku na jeřábovou dráhu	45
Obr. 32- Montáž zdvihacího zařízení.....	45
Obr. 33- Vyzdvižení kočky	46
Obr. 34- Mostový jeřáb	46
Obr. 35- Jeřábová dráha s umístěným mostovým jeřábem	47
Obr. 36- Mostový jeřáb.....	47
Obr. 37- Nová jeřábová dráha.....	49
Obr. 38- Situace měření nové jeřábové dráhy.....	49
Obr. 39- Grafický výstup PrecisePlanner- seznam souřadnic.....	51
Obr. 40- Grafický výstup PrecisePlanner- měření	52
Obr. 41- Schéma určení velikosti úhlů pro výpočet směrodatných odchylek příčných úchylek	53
Obr. 42- Schéma rozmístění pomocných bodů	54
Obr. 43- Odrazný hranol Leica mini GMP111	56
Obr. 44- Středící nůžky	56
Obr. 45- Buňka postavená v blízkosti kolejnice jeřábové dráhy.....	59
Obr. 46- Určení vodorovných úchylek na délku 2 m.....	60
Obr. 47- Určení svislých úchylek na délku 2 m.....	61
Obr. 48- Stávající jeřábová dráha.....	62

Obr. 49- Schéma sítě.....	63
Obr. 50- Grafický výstup souřadnice- PrecisePlanner.....	64
Obr. 51- Grafický výstup měření- PrecisePlanner	65
Obr. 52- Výpočet směrodatných odchylek příčných úchylek- záměrná přímka.....	65
Obr. 53- Schéma určení velikosti úhlů pro výpočet směrodatných odchylek příčných úchylek	66
Obr. 54- Univerzální držák totální stanice na kolejnici	69
Obr. 55- Umístění totální stanice na kolejnici a použití středících nůžek.....	70
Obr. 56- Druhé stanovisko totální stanice.....	71
Obr. 57- Zaměřovaná jeřábová dráha.....	72

SEZNAM TABULEK

Tab. 1- Teplotní roztažnost konstrukce mostového jeřábu	23
Tab. 2- Mezní směrodatné odchylky rozchodů kolejnic na stolicích.....	25
Tab. 3- Kontrola rozchodu	40
Tab. 4- Kontrola úhlopříček.....	41
Tab. 5- Kontrola polohového a výškového urovnání příčníků.....	42
Tab. 6- Polohové urovnání mostů	42
Tab. 7- Polohové vytyčení os kolejnic.....	43
Tab. 8- Výškový průběh podkladnic.....	43
Tab. 9- Kontrola rozchodu kolejnic pro pojezd kočky.....	44
Tab. 10- Směrodatné odchylky příčných a svislých úchylek.....	53
Tab. 11- Směrodatné odchylky rozchodů kolejnic.....	55
Tab. 12- Hodnocení přesnosti použitých pomůcek a metody měření	55
Tab. 13- Vodorovné a svislé úchylky	58
Tab. 14- Úchylky rozchodu kolejnic.....	60
Tab. 15- Porovnání skutečných a mezních úchylek.....	61
Tab. 16- Směrodatné odchylky příčných a svislých úchylek.....	67
Tab. 17- Směrodatné odchylky rozchodů kolejnic.....	68
Tab. 18- Hodnocení přesnosti použitých pomůcek a metody měření	68
Tab. 19- Vodorovné a svislé úchylky	74
Tab. 20- Úchylky rozchodu kolejnic.....	75
Tab. 21- Porovnání skutečných a mezních úchylek.....	76

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1- Teplotní roztažnost těles.....	23
Rovnice 2- Směrodatná odchylka příčné úchyly.....	52
Rovnice 3- Tolerance rozchodu jeřábové dráhy [1].....	59
Rovnice 4- Směrodatná odchylka příčné úchyly- záměrná přímka	66
Rovnice 5- Tolerance rozchodu jeřábové dráhy [1].....	75

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Vstupní soubor PrecisePlanner- souřadnice	CD
Příloha 2: Vstupní soubor PrecisePlanner- měření	CD
Příloha 3: Protokol o vyrovnání sítě- PrecisePlanner	CD
Příloha 4: Výškové urovnání stolic	88
Příloha 5: Seznam souřadnic bodů sítě na stolicích	88
Příloha 6: Kontrola svislosti kol a rovnoběžnosti spojnic kol s osou kolejnice u prvního příčnicku....	89
Příloha 7: Výškové urovnání pravého mostu jeřábu	89
Příloha 8: Polohové urovnání druhého příčnicku vůči příčnicku č. 1	89
Příloha 9: Kontrola svislosti kol a rovnoběžnosti spojnic kol s osou kolejnice u druhého příčnicku... 89	
Příloha 10: Kontrola polohové urovnání druhého příčnicku vůči příčnicku č. 1	90
Příloha 11: Kontrola svislosti kol a rovnoběžnosti spojnic kol s osou kolejnice u třetího příčnicku.....	92
Příloha 12: Kontrola svislosti kol a rovnoběžnosti spojnic kol s osou kolejnice u čtvrtého příčnicku... 92	
Příloha 13: Výškové urovnání mostů	90
Příloha 14: Schéma měřených bodů	91
Příloha 15: Soubor s naměřenými daty	CD
Příloha 16: Protokol transformace souřadnic do systému jeřábové dráhy	CD
Příloha 17: Seznam souřadnic v systému jeřábové dráhy.....	92
Příloha 18: Vstupní soubor PrecisePlanner- měření	CD
Příloha 19: Vstupní soubor PrecisePlanner- souřadnice	CD
Příloha 20: Protokol o vyrovnání sítě- PrecisePlanner	CD
Příloha 21: Výkres- Schéma odklonu pojezdových kol	desky
Příloha 22: Výkres- Kontrola osazení příčnicků	desky
Příloha 23: Výkres- Rozchod a výškové uložení podkladnic	desky
Příloha 24: Vstupní soubor PrecisePlanner- souřadnice	CD
Příloha 25: Protokol polární metoda dávkou	CD
Příloha 26: Vstupní soubor PrecisePlanner- měření	CD
Příloha 27: Protokol vyrovnání místní geodetické sítě- PrecisePlanner	CD
Příloha 28: Výpočet příčných úchylek	92
Příloha 29: Souřadnice pomocných bodů pro výpočet směrodatných odchylek rozchodů	93
Příloha 30: Směrodatné odchylky souřadnic	93

Příloha 31: Soubor s měřenými daty	CD
Příloha 32: Protokol shodnostní transformace	CD
Příloha 33: Seznam souřadnic v systému nové jeřábové dráhy	93
Příloha 34: Výkres- Nová jeřábová dráha	desky
Příloha 35: Soubor s měřenými daty	CD
Příloha 36: Protokol polární metoda dávkou	CD
Příloha 37: Vstupní soubor PrecisePlanner- měření	CD
Příloha 38: Vstupní soubor PrecisePlanner- souřadnice	CD
Příloha 39: Protokol o vyrovnání PrecisePlanner	CD
Příloha 40: Výpočet příčných úchylek- záměrná přímka	94
Příloha 41: Výpočet příčných úchylek- stávající jeřábová dráha	94
Příloha 42: Protokol transformace souřadnic	CD
Příloha 43: Transformace do systému jeřábové dráhy	CD
Příloha 44: Seznam souřadnic v systému stávající jeřábové dráhy	95
Příloha 45: Výkres- Stávající jeřábová dráha	desky

OBSAH CD

Montáž mostového jeřábu

- Příloha 1: Vstupní soubor PrecisePlanner- souřadnice
- Příloha 2: Vstupní soubor PrecisePlanner- měření
- Příloha 3: Protokol o vyrovnání sítě- PrecisePlanner
- Příloha 15: Soubor s naměřenými daty
- Příloha 16: Protokol transformace souřadnic do systému jeřábové dráhy
- Příloha 18: Vstupní soubor PrecisePlanner- měření
- Příloha 19: Vstupní soubor PrecisePlanner- souřadnice
- Příloha 20: Protokol o vyrovnání sítě- PrecisePlanner

Nová jeřábová dráha

- Příloha 24: Vstupní soubor PrecisePlanner- souřadnice
- Příloha 25: Protokol polární metoda dávkou
- Příloha 26: Vstupní soubor PrecisePlanner- měření
- Příloha 27: Protokol vyrovnání místní geodetické sítě- PrecisePlanner
- Příloha 31: Soubor s měřenými daty
- Příloha 32: Protokol shodnostní transformace

Stávající jeřábová dráha

- Příloha 35: Soubor s měřenými daty
- Příloha 36: Protokol polární metoda dávkou
- Příloha 37: Vstupní soubor PrecisePlanner- měření
- Příloha 38: Vstupní soubor PrecisePlanner- souřadnice
- Příloha 39: Protokol o vyrovnání PrecisePlanner
- Příloha 42: Protokol transformace souřadnic
- Příloha 43: Transformace do systému jeřábové dráhy

PŘÍLOHY

Příloha č. 4 – Výškové urovnání stolic

Výšky bodů nad podpěrami					
Měření	1	2	3	4	5
Bod	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	0,1423	0,1504	0,1547	0,1574	0,1598
2	0,1462	0,1581	0,1590	-	-
3	0,1251	0,1550	0,1593	-	-
4	0,1081	0,1521	0,1594	-	-

Příloha č. 5 – Seznam souřadnic bodů sítě na stolicích

Seznam souřadnic			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
1101	1000,0000	5000,0000	0,1550
1102	1000,0000	5027,9996	0,1653
1103	1010,3632	5000,0015	0,1604
1104	1010,3574	5028,0010	0,1610
Podrobné body na stolicích			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
101	1000,0964	5027,9993	0,1655
102	1001,0964	5027,9991	0,1650
103	1003,5961	5027,9994	0,1581
104	1004,5963	5027,9996	0,1571
105	1005,9964	5028,0005	0,1581
106	1006,9969	5028,0007	0,1586
107	1009,4960	5028,0004	0,1609
108	1010,4971	5028,0008	0,1608
201	1000,1018	4999,9988	0,1548
202	1001,1022	4999,9984	0,1568
203	1003,6026	4999,9996	0,1591
204	1004,6019	4999,9993	0,1586
205	1006,0031	5000,0005	0,1579
206	1007,0018	4999,9999	0,1587
207	1009,4020	5000,0007	0,1577
208	1010,5016	5000,0010	0,1610

Příloha č. 6 – Kontrola svislosti kol a rovnoběžnosti spojnic kol s osou kolejnice u prvního příčnicku

Příčnick č. 1 (kolejnice 1, pravý)				
Bod	kolmice	svislost	spojnice	rovnoběžnost
	[m]	[mm]		[mm]
1	0,2614	0,1	1 - 3	1,1
2	0,2613			
3	0,2603	-0,7	2 - 4	0,3
4	0,2610			

Příloha č. 7 – Výškové urovnání pravého mostu jeřábu

Výškové urovnání pravého mostu				
Bod	výška	posun	výška	rozdíl
	[m]	[mm]	[m]	[mm]
1	0,1964	0,0	0,1964	3,3
2	0,2032	-7,0	0,1931	

Příloha č. 8 – Polohové urovnání druhého příčnicku vůči příčnicku č. 1

Polohové urovnání příčnicku 2				
střed kola	kolmice	posun	kolmice	rozdíl
	[m]	[mm]	[m]	[mm]
příčnick 1	-3,1852	0,0	-3,1852	0,5
příčnick 2	-3,1890	3,8	-3,1857	

Příloha č. 9 - Kontrola svislosti kol a rovnoběžnosti spojnic kol s osou kolejnice u druhého příčnicku

Příčnick č. 2 (kolejnice 2, pravý)						
Bod	kolmice			svislost	spojnice	rovnoběžnost
	[m]	[m]	[m]	[mm]		[mm]
1	-0,2601	-0,2602	-0,2612	0,3	1 - 3	0,0
2	-0,2608	-0,2605	-0,2615			
3	-0,2621	-0,2612	-0,2612	0,6	2 - 4	0,3
4	-0,2627	-0,2618	-0,2618			

Příloha č. 10 - Kontrola polohové urovnání druhého příčnicku vůči příčnicku č. 1

Kontrola polohového urovnání příčnicku 2		
střed kola	kolmice	rozdíl
	[m]	[mm]
příčnick 1	3,1862	-0,7
příčnick 2	3,1869	

Příloha č. 11 - Kontrola svislosti kol a rovnoběžnosti spojnic kol s osou kolejnice u třetího příčnicku

Příčnick č. 3 (kolejnice 1, levý)						
Bod	kolmice			svislost	spojnice	rovnoběžnost
	[m]	[m]	[m]	[mm]		[mm]
1	-0,2608	-	-	0,2	1 - 3	-0,7
2	-0,2610	-	-			
3	-0,2571	-0,2584	-0,2601	0,1	2 - 4	-0,8
4	-0,2585	-0,2585	-0,2602			

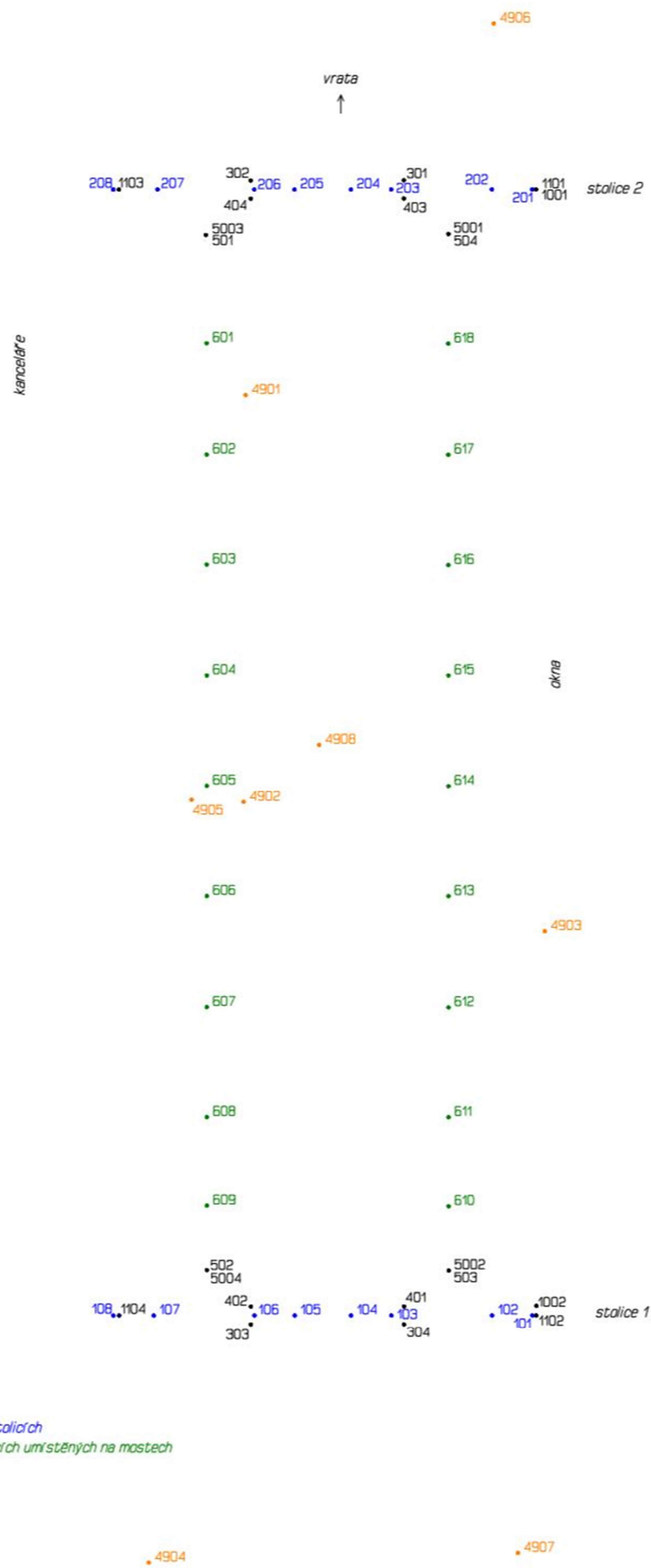
Příloha č. 12 - Kontrola svislosti kol a rovnoběžnosti spojnic kol s osou kolejnice u čtvrtého příčnicku

Příčnick č. 4 (kolejnice 2, levý)				
Bod	kolmice	svislost	spojnice	rovnoběžnost
	[m]	[mm]		[mm]
1	-0,2615	-0,5	1 - 3	0,1
2	-0,2610			
3	-0,2616	-1	2 - 4	-0,4
4	-0,2606			

Příloha č. 13 – Výškové urovnání mostů

Výškové urovnání mostů		
Bod	Výšky	
	[m]	
501	0,8776	0,8707
502	0,8710	0,8710
503	0,8781	0,8709
504	0,8716	0,8716

Příloha č. 14 – Schéma měřených bodů



Příloha č. 17 – Seznam souřadnic v systému jeřábové dráhy

Seznam souřadnic			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
1101	1000,0000	5000,0000	0,1550
1102	1000,0000	5027,9996	0,1653
1103	1010,3632	5000,0015	0,1604
1104	1010,3574	5028,0010	0,1610
Podrobné body na stolicích			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
101	1000,0964	5027,9993	0,1655
102	1001,0964	5027,9991	0,1650
103	1003,5961	5027,9994	0,1581
104	1004,5963	5027,9996	0,1571
105	1005,9964	5028,0005	0,1581
106	1006,9969	5028,0007	0,1586
107	1009,4960	5028,0004	0,1609
108	1010,4971	5028,0008	0,1608
201	1000,1018	4999,9988	0,1548
202	1001,1022	4999,9984	0,1568
203	1003,6026	4999,9996	0,1591
204	1004,6019	4999,9993	0,1586
205	1006,0031	5000,0005	0,1579
206	1007,0018	4999,9999	0,1587
207	1009,4020	5000,0007	0,1577
208	1010,5016	5000,0010	0,1610

Příloha č. 28- Výpočet příčných úchylek

Číslo stanoviska	Číslo bodu	délka [m]	úhel [gon]	úhel [rad]	sq [mm]
4901	1	9,515	9,8613	0,1549	0,99
	2	9,972	21,65859	0,3402	0,94
	3	13,235	49,70413	0,7808	0,71
	4	17,978	64,94647	1,0202	0,53
	5	23,270	73,51986	1,1548	0,43

Číslo stanoviska	Číslo bodu	délka [m]	úhel [gon]	úhel [rad]	sq [mm]
4902	11	6,032	18,2213	0,2862	0,96
	12	6,562	31,29881	0,4916	0,88
	13	11,096	65,11448	1,0228	0,52
	14	16,531	77,24747	1,2134	0,36
	15	21,245	82,42949	1,2948	0,30

Příloha č. 29- Souřadnice pomocných bodů pro výpočet směrodatných odchylek rozchodů

Pomocné body pro určení rozchodu			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
111	1000,000	5015,602	3,945
112	1004,796	5015,600	3,946
113	1010,783	5015,596	3,948
114	1016,789	5015,599	3,947
105	1021,547	4999,999	3,947

Příloha č. 30- Směrodatné odchylky souřadnic

SMĚRODATNÉ ODCHYLKY							
číslo bodu	KOLEJNICE A			číslo bodu	KOLEJNICE B		
	sY [mm]	sX [mm]	sZ [mm]		sY [mm]	sX [mm]	sZ [mm]
11	0,35	0,58	0,41	1	0,28	0,67	0,29
12	0,43	0,66	0,39	2	0,34	0,75	0,28
13	0,72	0,46	0,27	3	0,61	0,62	0,23
14	0,80	0,30	0,21	4	0,73	0,44	0,19
15	0,83	0,23	0,20	5	0,79	0,31	0,18

Příloha č. 33- Seznam souřadnic v systému nové jeřábové dráhy

SEZNAM SOUŘADNIC							
číslo bodu	KOLEJNICE A			číslo bodu	KOLEJNICE B		
	Y [m]	X [m]	Z [m]		Y [m]	X [m]	Z [m]
11	999,403	5015,602	3,945	1	1000,000	5000,000	3,947
12	1004,203	5015,600	3,946	2	1004,796	5000,001	3,946
13	1010,577	5015,596	3,948	3	1010,783	4999,999	3,948
14	1016,592	5015,599	3,947	4	1016,789	4999,995	3,946
15	1021,547	5015,604	3,945	5	1022,755	5000,000	3,947

Příloha č. 40- Výpočet příčných úchylek- záměrná přímka

Číslo stanoviska	Číslo bodu	délka [m]	sm. od. úhel [gon]	sq [mm]
4903	11	2,799	0,00042	0,02
	12	2,204		0,01
	13	8,196		0,05
	14	14,198		0,09
	15	20,205		0,13
	16	26,168		0,17
	17	32,171		0,21
	18	38,168		0,25
	19	44,146		0,29
	20	50,151		0,33
	21	56,146		0,37
	22	62,135		0,41
	23	68,139		0,45

Příloha č. 41- Výpočet příčných úchylek- stávající jeřábová dráha

Číslo stanoviska	Číslo bodu	délka [m]	úhel [gon]	úhel [rad]	sq [mm]
4903	21	16,140	11,1284	0,1748	0,98
	22	16,050	8,65532	0,1360	0,99
	23	17,883	30,23263	0,4749	0,89
	24	21,301	46,35131	0,7281	0,75
	25	25,689	57,51183	0,9034	0,63
	26	30,639	65,26439	1,0252	0,55
	27	35,901	70,79182	1,1120	0,49
	28	41,359	74,87898	1,1762	0,46
	29	46,962	78,01489	1,2255	0,45
	30	52,639	80,46902	1,2640	0,45
	31	58,383	82,44244	1,2950	0,46
	32	64,178	84,06466	1,3205	0,48
	33	69,996	85,41513	1,3417	0,51

Číslo stanoviska	Číslo bodu	délka [m]	úhel [gon]	úhel [rad]	sq [mm]
4903	14	14,022	64,97637	1,0206	0,53
	15	18,751	74,43584	1,1692	0,41
	34	14,742	60,4984	0,9503	0,59
	35	19,305	70,70349	1,1106	0,46

Příloha č. 44- Seznam souřadnic v systému stávající jeřábové dráhy

SEZNAM SOUŘADNIC							
číslo bodu	KOLEJNICE A			číslo bodu	KOLEJNICE B		
	Y [m]	X [m]	Z [m]		Y [m]	X [m]	Z [m]
1	1000,000	5000,000	0,453	21	1015,895	4999,992	0,449
2	1000,002	5005,003	0,453	22	1015,903	5004,974	0,451
3	1000,001	5010,995	0,456	23	1015,905	5010,976	0,452
4	999,999	5016,997	0,457	24	1015,901	5016,973	0,451
5	1000,000	5023,004	0,459	25	1015,901	5022,976	0,452
6	999,999	5028,967	0,458	26	1015,902	5028,989	0,454
7	999,999	5034,970	0,460	27	1015,901	5034,987	0,456
8	999,999	5040,967	0,460	28	1015,902	5040,979	0,455
9	1000,000	5046,945	0,459	29	1015,900	5046,988	0,455
10	999,999	5052,950	0,460	30	1015,899	5052,980	0,452
11	999,997	5058,945	0,460	31	1015,901	5058,975	0,455
12	999,998	5064,934	0,458	32	1015,900	5064,978	0,458
13	999,998	5070,938	0,457	33	1015,899	5070,966	0,455
14	999,998	5076,913	0,456	34	1015,901	5076,954	0,460
15	1000,000	5082,219	0,452	35	1015,903	5082,256	0,453