



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

OPTIMALIZACE TRATĚ MIKULOVICE ST. HR. - HANUŠOVICE V ÚSEKU KM 20,6 AŽ 23,3

OPTIMALIZATION OF MIKULOVICE ST. HR. - HANUŠOVICE RAILWAY TRACK, KM 20,6
- KM 23,3

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

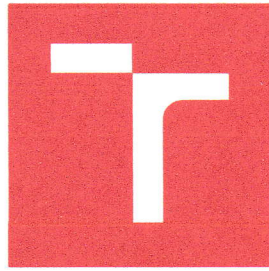
Jiří Válek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MIROSLAVA HRUZÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM B3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
PRACOVISŤE Ústav železničních konstrukcí a staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT Jiří Válek
NÁZEV Optimalizace tratě Mikulovice st. hr. - Hanušovice v úseku km 20,6 až 23,3
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ 30. 11. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ 26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

.....
doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.
Vedoucí ústavu



.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

geodetické zaměření úseku

ČSN 73 6360-1

SŽDC S3 Železniční svršek

SŽDC S4 Železniční spodek

Vzorové listy železničního spodku

a další platné předpisy a normy

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Navrhnete rekonstrukci železniční tratě Mikulovice st.hr. - Hanušovice v úseku od km 20,6 do km 23,3. Úsek se nachází v mezistaničním úseku Ostružná - Horní Lipová.

V rámci rekonstrukce navrhnete:

- úpravu geometrických parametrů koleje
- rekonstrukci železničního svršku a spodku
- obnovu odvodnění

Dále vypracujte výkaz výměr.

Požadované přílohy:

1. Situace 1:1000
2. Podélný profil 1:2000/200
3. Charakteristické příčné řezy 1:50
4. Výkaz výměr

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Hružíková

Ing. Miroslava Hružíková, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem rekonstrukce železniční tratě Mikulovice st. hr. - Hanušovice v úseku od km 20,6 do km 23,3, který se nachází mezi stanicemi Ostružná - Horní Lipová. Cílem této práce je úprava geometrických parametrů koleje, rekonstrukce železničního svršku a spodku, obnova odvodnění a vypracování výkazu výměr.

KLÍČOVÁ SLOVA

železniční trať, geometrické parametry koleje, rekonstrukce, železniční svršek, železniční spodek, odvodnění

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with design of reconstruction of the railway line Mikulovice st. hr. – Hanušovice in section from km 20,6 to km 23,3, that is located between stations Ostružná - Horní Lipová. The object of this thesis is improvement of the track geometry parameters, reconstruction of the railway superstructure and substructure, renewal of the drainage and elaboration of the bill of quantities.

KEYWORDS

railway track, track geometry parameters, reconstruction, railway superstructure, railway substructure, drainage

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jiří Válek *Optimalizace tratě Mikulovice st. hr. - Hanušovice v úseku km 20,6 až 23,3*. Brno, 2017. 23 s., 12 příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26. 5. 2017

Jiří Válek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26. 5. 2017

Jiří Válek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat paní Ing. Miroslavě Hruzíkové, Ph.D za její ochotu a poskytování cenných rad a informací při vypracovávání bakalářské práce.

V Brně dne 26. 5. 2017

Jiří Válek
autor práce

Náležitosti VŠKP

Titulní list

Zadání bakalářské práce

Abstrakt a klíčová slova

Bibliografická citace

Prohlášení o původnosti díla

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

Poděkování

Obsah práce

1. Průvodní a technická zpráva

2. Situace M 1:1000

2.1 Situace km 20,600 000 - km 21,900 000

2.2 Situace km 21,900 000 - km 23,302 940

3. Podélný profil 1:2000/200

4. Charakteristické příčné řezy

4.1 Charakteristický příčný řez km 20,791 656

4.2 Charakteristický příčný řez km 21,000 401

4.3 Charakteristický příčný řez km 21,107 567

4.4 Charakteristický příčný řez km 21,319 774

4.5 Charakteristický příčný řez km 22,242 604

4.6 Charakteristický příčný řez km 22,557 011

4.7 Charakteristický příčný řez km 22,686 001

4.8 Charakteristický příčný řez km 23,038 264

5. Výkaz výměr



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

PRŮVODNÍ A TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Válek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MIROSLAVA HRUZÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2017

Obsah

1. Úvod	2
1.1. Identifikační údaje o stavbě	2
1.2. Zadání práce.....	2
1.3. Podklady.....	2
1.4. Předepsané přílohy	3
2. Informace o stávajícím stavu	3
3. Navržený stav	4
3.1. Směrové poměry	4
3.2. Sklonové poměry	8
3.3. Železniční svršek.....	9
3.3.1. Sestava železničního svršku	9
3.3.2. Kolejové lože.....	9
3.3.3. Rozšíření rozchodu koleje	9
3.4. Železniční spodek	10
3.4.1. Konstrukční vrstva	10
3.4.2. Pláň tělesa železničního spodku	10
3.4.3. Zemní pláň	11
3.4.4. Svahy zemního tělesa	11
3.5. Odvodnění	11
3.5.1. Zpevněný příkop z betonových tvárnic TZZ3.....	12
3.5.2. Příkopový žlab J - velký.....	12
3.5.3. Podélný trativod.....	14
3.6. Stavby železničního spodku	15
3.6.1. Propustky	16
3.6.2. Opěrné a zárubní zdi.....	17
3.6.3. Mosty	17
Seznam použitých zdrojů	18
Seznam použitých zkratk	19
Přílohy	20
Příloha č. 1: Tabulka rozšíření rozchodu koleje	20
Příloha č. 2: Posouzení konstrukce pražcového podloží	21
Příloha č. 3: Fotodokumentace	22

1. Úvod

1.1. Identifikační údaje o stavbě

Název stavby:	Optimalizace tratě Mikulovice st. hr. – Hanušovice v úseku km 20,6 až 23,3
Druh stavby:	dopravní, rekonstrukce
Zadavatel:	Ústav železničních konstrukcí a staveb Vysoké učení technické v Brně Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno
Místo stavby:	trať č. 292, mezistaniční úsek Ostružná – Horní Lipová km 20,6 – km 23,3
Dotčená území:	katastrální území Ostružná a Horní Lipová
Okres:	Jeseník
Kraj:	Olomoucký
Projektant:	Jiří Válek
Vedoucí projektu:	Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D

1.2. Zadání práce

Cílem bakalářské práce je návrh rekonstrukce tratě Mikulovice st. hr. – Hanušovice v mezistaničním úseku Ostružná – Horní Lipová mezi km 20,6 až km 23,3. V rámci práce je navržena úprava geometrických parametrů koleje, rekonstrukce železničního svršku a železničního spodku a obnova odvodnění. Je vypracován také výkaz výměr.

1.3. Podklady

Hlavním podkladem pro vypracování bakalářské práce bylo geodetické zaměření úseku. Dále tabulka traťových poměrů, nákresný přehled železničního svršku a vizuální prohlídka trati.

1.4. Předepsané přílohy

1. Průvodní a technická zpráva
2. Situace 1:1000
3. Podélný profil 1:2000/200
4. Charakteristické příčné řezy 1:50
5. Výkaz výměr

2. Informace o stávajícím stavu

Jedná se o jednokolejnou neelektrifikovanou trať, která prochází hornatým a členitým terénem. Většina rekonstruovaného úseku je vedena v odřezu, část je v náspu a také v zářezu. Vyskytují se zde skalní stěny, opěrné, zárubní zdi a strmé svahy.

Původní traťová rychlost je 40 km/h. Na úseku se nachází 10 směrových oblouků s krajními přechodnicemi, 1 prostý kružnicový oblouk, 1 složený oblouk ze tří poloměrů, 2 přímé a 11 mezipřímých. Poloměry oblouků se pohybují v rozmezí od 182 m do 970 m. Úsek v celé své délce klesá. Je zde celkem 10 lomů sklonů. Některé lomy sklonů jsou nevhodně umístěny přímo v přechodnici nebo v mezipřímé tak, že pravděpodobně zasahují do zaoblení vzestupnice. Maximální podélný sklon je 27,28 ‰, minimální 19,70 ‰.

Železniční svršek je tvořen kolejnicemi tvaru S49 na dřevěných pražcích, navržená je stykovaná kolej. Stav železničního spodku a pražcového podloží nebyl zjištěn, jelikož úsek byl v době vizuální prohlídky již zrekonstruován.

Dále se na úseku nachází kamenný klenbový most, na který navazuje násep a celkem 8 propustků, z toho je 6 rámových, 1 trubní a 1 klenbový, který je umístěn v opěrné zdi. Stav propustků také není k dispozici, ale dá se předpokládat, že jsou silně zanesené. V délce úseku nedochází k žádnému křížení s inženýrskými sítěmi.

V průběhu navrhování byly zjištěny nedostatky v geodetickém zaměření úseku. Zejména poloha, délka a hrany skalních stěn a také nedostatečné zaměření některých propustků. Tyto problémy byly částečně vyřešeny vizuální prohlídkou trati, kde proběhlo orientační změření pásmem.

3. Navržený stav

3.1. Směrové poměry

Na rekonstruovaném úseku jsou navrženy nové geometrické parametry koleje tak, aby splňovaly alespoň mezní hodnoty dle normy ČSN 73 6360-1. Začátek a konec úseku je napojen na stávající stav v přímé pomocí vyrovnané vstupní a koncové tečny.

Traťovou rychlost se podařilo zvýšit na 50 – 55 km/h. Snaha byla o co nejmenší směrové posuny vůči stávající ose, ale z důvodu stísněných poměrů zejména podél opěrných zdí, nedostatečné šířce pláňe tělesa železničního spodku a nutností upravit délky přechodnic pro zajištění zvýšení rychlosti jsou posuny na některých místech trati značné. Největší směrové posuny se nacházejí v obloucích č. 5, č. 6, č. 10 a č. 11 právě z důvodu potřeby posunout novou osu koleje tak, aby vzdálenost od osy koleje k hraně opěrné zdi byla alespoň 2,6m (snížená hodnota při použití Y pražců). Posuny se pohybují v rozmezí od 0 do 353 mm. Nově jsou navrženy 2 inflexní motivy z důvodu nevyhovující délky mezipřímé. Ostatní mezipřímé jsou zachovány a případně prodlouženy na vyhovující délku. Počet oblouků je stejný jako ve stávajícím stavu, tedy 12. Došlo jen k úpravě jejich poloměrů. Nejmenší poloměr $R=181\text{m}$ má směrový oblouk s krajními přechodnicemi č. 2. Oblouk se nachází na vysokém náspu a případné zvětšení tohoto poloměru by vedlo k obrovským posunům a zásahům do zemního tělesa. Největší poloměr $R=961\text{ m}$ má prostý kružnicový oblouk bez převýšení č. 4. Dále se na úseku nachází složený kružnicový oblouk ze tří poloměrů č. 8 s krajními přechodnicemi a bez mezilehlých přechodnic, který prochází kolem dvou skalních stěn a opěrné zdi.

Parametry jednotlivých prvků směrového řešení:

Zn.	Staničení	Směr. prvek	Popis
ZÚ	km 20,600 000	přímá	začátek úseku, dl. 195,595 m
ZP	km 20,790 595	přechodnice	$n=9,76V$, $n_{130}=8,87V_{130}$, $L_k=20,000\text{ m}$ $A=77$, $m=0,056\text{ m}$, $T=94,554\text{m}$, klotoida
ZO	km 20,810 595	oblouk č. 1 levostranný	$R=296,0\text{ m}$, $V=50\text{ km/h}$, $V_{130}=55\text{ km/h}$ $D=41\text{ mm}$, $l=58\text{ mm}$, $l_{130}=80\text{ mm}$ $\alpha_s=35,3842^\circ$, $do=140,842\text{ m}$
KO	km 20,951 437	přechodnice	$n=13,34V$, $n_{130}=12,13V_{130}$, $L_k=27,357\text{ m}$ $A=90$, $m=0,105\text{ m}$, $T=98,060\text{ m}$, klotoida

KP/ZP	km 20,978 794	přechodnice	$n=13,34V$, $n_{130}=12,13V_{130}$, $L_k=47,374$ m $A=93$, $m=0,516$ m, $T=203,365$ m, klotoida
ZO	km 21,026 167	oblouk č. 2 pravostranný	$R=181,0$ m, $V=50$ km/h, $V_{130}=55$ km/h $D=71$ mm, $l=92$ mm, $l_{130}=127$ mm $\alpha_s=99,4561^g$, $do=243,081$ m
KO	km 21,269 249	přechodnice	$n=9,01V$, $n_{130}=8,19V_{130}$, $L_k=32,000$ m $A=76$, $m=0,236$ m, $T=195,970$ m, klotoida
KP	km 21,301 249	mezipřímá	dl. 20,184 m
ZP	km 21,321 433	přechodnice	$n=9,13V$, $n_{130}=8,30V_{130}$, $L_k=31,500$ m $A=79$, $m=0,208$ m, $T=87,788$ m, klotoida
ZO	km 21,352 933	oblouk č. 3 levostranný	$R=199,0$ m, $V=50$ km/h, $V_{130}=55$ km/h $D=69$ mm, $l=80$ mm, $l_{130}=111$ mm $\alpha_s=44,1819^g$, $do=106,607$ m
KO	km 21,459 541	přechodnice	$n=9,13V$, $n_{130}=8,30V_{130}$, $L_k=31,500$ m $A=79$, $m=0,208$ m, $T=87,788$ m, klotoida
KP	km 21,491 041	mezipřímá	dl. 99,752 m
ZO	km 21,590 792	oblouk č. 4 pravostranný	$R=961,0$ m, $V=50$ km/h, $V_{130}=55$ km/h $D=0$ mm, $l=31$ mm, $l_{130}=37$ mm $\alpha_s=15,9513^g$, $do=240,790$ m
KO	km 21,831 583	mezipřímá	dl. 142,109 m
ZP	km 21,973 692	přechodnice	$n=9,01V$, $n_{130}=8,19V_{130}$, $L_k=32,000$ m $A=78$, $m=0,222$ m, $T=64,651$ m, klotoida
ZO	km 22,005 692	oblouk č. 5 pravostranný	$R=192,0$ m, $V=50$ km/h, $V_{130}=55$ km/h $D=71$ mm, $l=83$ mm, $l_{130}=115$ mm $\alpha_s=31,5649^g$, $do=63,198$ m
KO	km 22,068 890	přechodnice	$n=9,01V$, $n_{130}=8,19V_{130}$, $L_k=32,000$ m $A=78$, $m=0,222$ m, $T=64,651$ m, klotoida
KP	km 22,100 890	mezipřímá	dl. 33,607 m
ZP	km 22,134 496	přechodnice	$n=9,08V$, $n_{130}=8,25V_{130}$, $L_k=29,500$ m $A=75$, $m=0,191$ m, $T=52,332$ m, klotoida

ZO	km 22,163 996	oblouk č. 6 levostranný	R=190,0 m, V=50 km/h, $V_{130}=55$ km/h D=65 mm, l=91 mm, $l_{130}=123$ mm $\alpha_s=24,8416^\circ$, do=44,640 m
KO	km 22,208 636	přechodnice	n=9,08V, $n_{130}=8,25V_{130}$, $L_k=29,500$ m A=75, m=0,191 m, T=52,332 m, klotoida
KP	km 22,238 136	mezipřímá	dl. 23,731 m
ZP	km 22,261 868	přechodnice	n=9,00V, $n_{130}=8,18V_{130}$, $L_k=36,000$ m A=85, m=0,270 m, T=67,600 m, klotoida
ZO	km 22,297 868	oblouk č. 7 pravostranný	R=200,0 m, V=50 km/h, $V_{130}=55$ km/h D=80 mm, l=68 mm, $l_{130}=99$ mm $\alpha_s=30,9149^\circ$, do=61,122 m
KO	km 22,358 990	přechodnice	n=9,00V, $n_{130}=8,18V_{130}$, $L_k=36,000$ m A=85, m=0,270 m, T=67,600 m, klotoida
KP	km 22,394 990	mezipřímá	dl. 35,321 m
ZP	km 22,430 311	přechodnice	n=9,60V, $n_{130}=8,73V_{130}$, $L_k=36,000$ m A=74, m=0,104 m, T=43,633 m, klotoida
ZO	km 22,454 311	oblouk č. 8 levostranný	R=230,0 m, V=50 km/h, $V_{130}=55$ km/h D=50 mm, l=79 mm, $l_{130}=106$ mm $\alpha_s=17,6026^\circ$, do=51,595 m
KO/ZO	km 22,505 906		R=361,0 m, V=50 km/h, $V_{130}=55$ km/h D=50 mm, l=32 mm, $l_{130}=49$ mm $\alpha_s=12,5143^\circ$, do=70,963 m
KO/ZO	km 22,576 869		R=230,0 m, V=50 km/h, $V_{130}=55$ km/h D=50 mm, l=79 mm, $l_{130}=106$ mm $\alpha_s=22,5581^\circ$, do=62,860 m
KO	km 22,639 729	přechodnice	n=14,91V, $n_{130}=13,56V_{130}$, $L_k=37,277$ m A=93, m=0,252 m, T=59,135 m, klotoida
KP/ZP	km 22,677 007	přechodnice	n=14,91V, $n_{130}=13,56V_{130}$, $L_k=43,242$ m A=96, m=0,366 m, T=61,152 m, klotoida
ZO	km 22,720 248	oblouk č. 9 pravostranný	R=213,0 m, V=50 km/h, $V_{130}=55$ km/h D=58 mm, l=81 mm, $l_{130}=110$ mm $\alpha_s=23,6994^\circ$, do=44,673 m

KO	km 22,764 921	přechodnice	$n=8,97V$, $n_{130}=8,15V_{130}$, $L_k=26,000$ m $A=74$, $m=0,132$ m, $T=53,776$ m, klotoida
KP	km 22,790 921	mezipřímá	dl. 24,362 m
ZP	km 22,815 283	přechodnice	$n=8,15V$, $n_{130}=8,15V_{130}$, $L_k=26,000$ m $A=81$, $m=0,110$ m, $T=63,474$ m, klotoida
ZO	km 22,841 283	oblouk č. 10 levostranný	$R=255,0$ m, $V=55$ km/h, $V_{130}=55$ km/h $D=58$ mm, $l=82$ mm, $l_{130}=82$ mm $\alpha_s=24,8704^g$, $do=73,619$ m
KO	km 22,914 902	přechodnice	$n=8,15V$, $n_{130}=8,15V_{130}$, $L_k=26,000$ m $A=81$, $m=0,110$ m, $T=63,474$ m, klotoida
KP	km 22,940 902	mezipřímá	dl. 23,468 m
ZP	km 22,964 369	přechodnice	$n=8,16V$, $n_{130}=8,16V_{130}$, $L_k=22,000$ m $A=75$, $m=0,079$ m, $T=65,734$ m, klotoida
ZO	km 22,986 369	oblouk č. 11 pravostranný	$R=255,0$ m, $V=55$ km/h, $V_{130}=55$ km/h $D=49$ mm, $l=91$ mm, $l_{130}=91$ mm $\alpha_s=26,9132^g$, $do=85,802$ m
KO	km 23,072 171	přechodnice	$n=8,16V$, $n_{130}=8,16V_{130}$, $L_k=22,000$ m $A=75$, $m=0,079$ m, $T=65,734$ m, klotoida
KP	km 23,094 171	mezipřímá	dl. 22,666 m
ZP	km 23,116 837	přechodnice	$n=8,23V$, $n_{130}=8,23V_{130}$, $L_k=24,000$ m $A=77$, $m=0,096$ m, $T=45,328$ m, klotoida
ZO	km 23,140 837	oblouk č. 12 levostranný	$R=250,0$ m, $V=55$ km/h, $V_{130}=55$ km/h $D=53$ mm, $l=90$ mm, $l_{130}=90$ mm $\alpha_s=16,8681^g$, $do=42,241$ m
KO	km 23,183 078	přechodnice	$n=8,23V$, $n_{130}=8,23V_{130}$, $L_k=24,000$ m $A=77$, $m=0,096$ m, $T=45,328$ m, klotoida
KP	km 23,207 078	přímá	dl. 95,862 m
KÚ	km 23,302 940		konec úseku

3.2. Sklonové poměry

Všechny výšky jsou vztaženy k výškovému systému Bpv (Balt po vyrovnání). Niveleta je napojena na začátku a konci úseku na původní stav s nulovými výškovými posuny a ve stejném podélném sklonu. Svislé posuny nepřesahují v celém úseku hodnotu 100 mm. Je navrženo celkem 10 lomů sklonů. Z toho 7 je jich umístěno v kružnicové části oblouku a 3 jsou umístěny v mezipřímé. Všechny lomy sklonů jsou navrženy tak, aby nezasahovaly do zaoblení vzestupnice. U všech je zvolen poloměr $R_v=3000$ m.

Některé lomy sklonů jsou od sebe vzdáleny méně než 200 m a to z důvodu snahy co nejvíce kopírovat stav původní nivelety. Nově je maximální podélný sklon 26,77 ‰, minimální 19,02 ‰.

Parametry jednotlivých prvků sklonového řešení:

Výška lomu sklonu	Staničení	Popis
747,016 m n. m.	km 20,600 000	začátek úseku, klesá 25,41 ‰, dl. 584,488 m
732,166 m n. m.	km 21,184 488	klesá 19,02 ‰, dl. 126,873 m $R_v=3000$ m, $t_z=9,577$ m, $y_v=0,015$ m
729,753 m n. m.	km 21,311 361	klesá 23,00 ‰, dl. 101,767 m $R_v=3000$ m, $t_z=5,969$ m, $y_v=0,006$ m
727,412 m n. m.	km 21,413 128	klesá 26,77 ‰, dl. 313,045 m $R_v=3000$ m, $t_z=5,660$ m, $y_v=0,005$ m
719,030 m n. m.	km 21,726 173	klesá 26,07 ‰, dl. 311,122 m $R_v=3000$ m, $t_z=1,065$ m, $y_v=0,000$ m
710,921 m n. m.	km 22,037 294	klesá 24,14 ‰, dl. 149,019 m $R_v=3000$ m, $t_z=2,881$ m, $y_v=0,001$ m
707,323 m n. m.	km 22,186 313	klesá 25,21 ‰, dl. 421,920 m $R_v=3000$ m, $t_z=1,594$ m, $y_v=0,000$ m
696,687 m n. m.	km 22,608 233	klesá 24,69 ‰, dl. 194,952 m $R_v=3000$ m, $t_z=0,768$ m, $y_v=0,000$ m
691,873 m n. m.	km 22,803 185	klesá 26,70 ‰, dl. 149,446 m $R_v=3000$ m, $t_z=3,007$ m, $y_v=0,002$ m

687,883 m n. m.	km 22,952 631	klesá 24,64 ‰, dl. 209,358 m R _v =3000 m, t _z =3,087 m, y _v =0,002 m
682,724 m n. m.	km 23,161 989	klesá 26,77 ‰, dl. 140,951 m R _v =3000 m, t _z =3,193 m, y _v =0,002 m
678,951 m n. m.	km 23,302 940	konec úseku, klesá 26,77 ‰

3.3. Železniční svršek

3.3.1. Sestava železničního svršku

Sestava železničního svršku se skládá z nových kolejnic tvaru 49E1, pružného bezpodkladnicového upevnění typu S15 a ocelových Y pražců. Tyto pražce jsou zvoleny z důvodu stísněných poměrů na celém rekonstruovaném úseku. Ocelové Y pražce umožňují navrzení menší šířky kolejového lože a pláň tělesa železničního spodku. Rozdělení pražců „/“ (1245 mm, 802 ks na 1 km koleje).

3.3.2. Kolejové lože

Kolejové lože je navrženo pro Y pražce dle předpisu SŽDC S3. Je tvořeno štěrkem frakce 31,5/63 mm v tloušťce 0,300 m pod ložnou plochou pražce. Sklon svahu kolejového lože je 1:1,25. Vzdálenost hrany kolejového lože od osy přilehlé koleje je 1,3 m.

Nově bude zřízena bezstyková kolej dle předpisu SŽDC S3/2. Nadvýšení a rozšíření kolejového lože ani použití pražcových kotev není z důvodu použití Y pražců navrženo.

Parametry kolejového lože:

Staničení	Popis
km 20,600 000 - km 23,302 940	základní tvar, šířka 2,6 m

3.3.3. Rozšíření rozchodu koleje

V obloucích o poloměru menších než 275 m je navrženo rozšíření rozchodu koleje. Týká se celkem 10 směrových oblouků. Rozšíření se provede posunutím vnitřního kolejnicového pasu směrem ke středu oblouku. Vypočtené hodnoty rozšíření a délka výběhu jsou uvedeny v příloze č. 1.

3.4. Železniční spodek

3.4.1. Konstrukční vrstva

Vzhledem k chybějícím geotechnickým podkladům je posouzeno pražcové podloží jen z hlediska ochrany zemní pláně proti promrzání, viz příloha č. 2. V celém úseku je navrženo pražcové podloží typu 2. Konstrukční vrstva je tvořena štěrkodrtí frakce 0/32 mm v tloušťce minimálně 0,350 m ($E_{def}=80$ MPa, $I_D=0,95$)

3.4.2. Plán tělesa železničního spodku

Plán tělesa železničního spodku je v příčném sklonu 0 %. Základní šířka pláně tělesa železničního spodku je s ohledem na použití ocelových Y pražců min. 2,6 m od osy koleje na obě strany v celém úseku. Tedy celkem minimálně 5,2 m.

V místech s nedostatečnou šířkou pláně tělesa železničního spodku je navrženo rozšíření stezky pomocí vyzískaných betonových pražců uspořádaných ve dvou řadách s dvěma vrstvami pražců nad sebou. Vyzískané pražce se uloží do betonového lože C12/15 v min. tloušťce 0,050 m, sepnou se ocelovými sponami a následně se z části zasypou štěrkodrtí frakce 0/32 mm. Podklad betonového lože i zásyp ze štěrkodrti bude proveden ve sklonu 5 % směrem od osy koleje.

Rozšíření stezky pomocí vyzískaných betonových pražců:

Staničení	Délka	Popis
km 20,747 959 - km 20,807 959	60,000 m	vpravo
km 21,082 350 - km 21,162 350	80,000 m	vlevo
km 21,439 250 - km 21,569 250	130,000 m	vpravo
km 22,023 880 - km 22,059 880	36,000 m	vpravo
km 22,279 684 - km 22,329 684	50,000 m	vpravo
km 22,906 180 - km 22,971 180	65,000 m	vpravo
km 23,187 940 - km 23,302 940	115,000 m	vpravo

3.4.3. Zemní pláň

Zemní pláň je navržena jednostranná ve sklonu 5 %. V převážné části úseku je sklon pravostranný. Podél opěrných zdí, jejichž koruna je přibližně v úrovni pláně tělesa železničního spodku, je sklon levostranný z důvodu odvedení vody směrem od konstrukce do odvodňovacího zařízení.

Sklon zemní pláně:

Staničení	Sklon	Směr sklonu
km 20,600 000 - km 22,201 098	5 %	pravostranný
km 22,201 098 - km 22,279 684	5 %	levostranný
km 22,279 684 - km 22,506 489	5 %	pravostranný
km 22,506 489 - km 22,572 386	5 %	levostranný
km 22,572 386 - km 22,858 328	5 %	pravostranný
km 22,858 328 - km 22,906 180	5 %	levostranný
km 22,906 180 - km 23,302 940	5 %	pravostranný

3.4.4. Svahy zemního tělesa

Nové svahy zemního tělesa jsou navrženy ve sklonu 1:1,50, protože jsou převážně tvořeny jen konstrukční vrstvou a v řešené oblasti se předpokládá výskyt nesoudržných zemin.

Odhumusování bude provedeno podle potřeby v místech nově navržených odvodňovacích zařízení v tloušťce dle pedologického průzkumu.

3.5. Odvodnění

Pro odvodnění rekonstruovaného úseku je navržen převážně příkopový žlab J-velký z důvodu snížení objemu výkopových prací a zásahů do stávajících svahů. Dále je navržen zpevněný příkop z tvárnic TZZ3 a podél většiny skalních stěn kvůli hodně stísněným poměrům podélný trativod.

3.5.1. Zpevněný příkop z betonových tvárnic TZZ3

Příkopové tvárnice TZZ3 se uloží do podkladního betonu C12/15 v minimální tloušťce 0,050 m. Příčné spáry se vyplní cementovou maltou. Dno příkopu musí být min. 0,5 m pod plání tělesa železničního spodku. Sklony svahů jsou navrženy 1:1,5.

Popis zpevněných příkopů:

Staničení

km 22,884 340 - km 21,050 490

Popis

pravá strana, dl. 166,150 m,
klesá 25,41 ‰, vyústěn na svah

km 22,506 364 - km 22,535 864

levá strana, dl. 29,500 m, klesá 58,82 ‰,
vyústěn do propustku, (výška dna vyústění
696,088 m n. m.)

km 22,546 614 - km 22,576 114

levá strana, dl. 29,500 m, stoupá 2,63 ‰,
vyústěn do propustku, (výška dna vyústění
696,088 m n. m.)

km 22,624 294 - km 22,775 594

levá strana, dl. 151,300 m,
klesá 24,69 ‰, vyústěn do propustku

3.5.2. Příkopový žlab J - velký

Příkopové žlaby se uloží do výkopu šířky 1,440 m na podkladní beton C12/15 tl. 0,150 m a spojí se k sobě cementovou maltou. Sklony svahu výkopu jsou navrženy 5:1. Prostor pod odvodňovacími otvory se vyplní nepropustným materiálem s horním povrchem ve sklonu 5 % směrem do odvodňovacích otvorů. Rub žlabu bude opatřen izolací proti vodě. Z obou stran se žlab překryje filtrační geotextílií 250 g/m². Prostor za žlabem se dosype štěrskem frakce 31,5/63 mm a zbylé místo přilehlé ke koleji se vyplní konstrukční vrstvou ze štěrkodrti frakce 0/32 mm. Vzdálenost hrany žlabu od osy koleje je 2,35 m.

Ve staničení km 20,910 000 - km 21,020 000 je příkopový žlab veden podél skalní stěny, kde není dostatek místa na provedení výkopu šířky 1,440 m. Skalní stěna se upraví tak, aby za příkopovým žlabem vzniklo alespoň dostatek místa pro vložení filtrační geotextílie a zásyp.

Popis příkopových žlabů:

Staničení

km 20,600 000 - km 21,665 358

km 20,665 358 - km 20,850 000

km 20,850 000 - km 20,910 000

km 20,910 000 - km 21,055 000

km 21,283 302 - km 21,311 361

km 21,311 361 - km 21,398 302

km 21,423 045 - km 21,602 076

km 21,602 076 - km 21,728 173

km 21,728 173 - km 21,828 403

km 21,828 403 - km 22,037 294

km 22,037 294 - km 22,064 294

km 22,205 924 - km 22,348 924

km 22,828 794 - km 22,952 631

km 22,952 631 - km 23,105 794

km 23,165 940 - km 23,302 940

Popis

levá strana, celková délka 455,000 m,
klesá 25,41 ‰, vyústěn do propustku

klesá 25,41 ‰

změna sklonu, klesá 22,16 ‰

klesá 25,41 ‰, vyústěn na svah

pravá strana, celková délka 115,000 m
klesá 19,02 ‰

klesá 23,00 ‰, vyústěn na svah

levá strana, celková délka 639,000 m
klesá 26,77 ‰, vyústěn do propustku

klesá 26,77 ‰

klesá 26,07 ‰, vyústěn do propustku

klesá 26,07 ‰

klesá 24,14 ‰, vyústěn do propustku

levá strana, celková délka 143,000 m
klesá 25,21 ‰, vyústěn do propustku

levá strana, celková délka 277,000 m
klesá 26,70 ‰

klesá 24,64 ‰, vyústěn do propustku

levá strana, celková délka 137,000 m
klesá 26,77 ‰, konec úseku

3.5.3. Podélný trativod

Podélný trativod je tvořen plastovými šachtami s poklopem DN 300 mm a plastovými rourami DN 150 mm (PE-HD) odolnými proti mrazu. Trativodní rýha je navržena šířky 0,45 m a vyložena filtrační geotextílií 250g/m². Trativod je v ní uložen na vrstvu štěrkopísku tl. 0,050 m a následně zasypán štěrskem frakce 16/32 mm. Dno trativodní roury je min. 0,8 m pod plání tělesa železničního spodku.

Trativody jsou opatřeny vždy vrcholovou šachtou sloužící k pročišťování a dále kontrolními šachtami. Šachty jsou umístěny tak, aby jejich vnější hrana byla min. 2,35 m od osy koleje. Vzdálenost šachet je navržena do 50 m. Trativod je mezi jednotlivými šachtami přímý.

Vzhledem k tomu, že trativod je veden podél skalní stěny, bude pravděpodobně nutné v některých místech skálu upravit tak, aby povrch trativodní roury byl vždy min. 0,15 m od hrany skály.

Trativody jsou vyústěny do příkopových žlabů a zpevněných příkopů. V příkopovém žlabu se vyřeže ve stěně otvor, roura se vsune dovnitř a okraje se utěsní montážní pěnou odolné proti vodě. Ve zpevněném příkopu se trativodní roura umístí nad příkopovou tvárnici a obetonuje se.

Popis podélných trativodů:

Zn.	Staničení	Výška dna	Délka	Sklon
ŠV1	km 21,264 189	729,283 m n. m.	31,382 m	klesá 22,07 ‰
ŠK1	km 21,295 571	728,643 m n. m.	30,435 m	klesá 22,07 ‰
ŠK2	km 21,326 006	727,981 m n. m.	15,493 m	klesá 22,07 ‰
ŠK3	km 21,341 499	727,650 m n. m.	15,408 m	klesá 22,07 ‰
ŠK4	km 21,356 907	727,318 m n. m.	15,289 m	klesá 22,07 ‰
ŠK5	km 21,372 196	726,987 m n. m.	15,391 m	klesá 22,07 ‰
ŠK6	km 21,387 587	726,656 m n. m.	15,510 m	klesá 22,07 ‰
ŠK7	km 21,403 097	726,324 m n. m.	15,504 m	klesá 22,07 ‰
ŠK8	km 21,418 601	725,994 m n. m.		

ŠV2	km 22,066 424	708,848 m n. m.	29,911 m	klesá 24,29 ‰
ŠK9	km 22,096 335	708,119 m n. m.	49,687 m	klesá 24,29 ‰
ŠK10	km 22,146 022	706,905 m n. m.	24,009 m	klesá 24,29 ‰
ŠK11	km 22,170 031	706,490 m n. m.	15,390 m	klesá 24,29 ‰
ŠK12	km 22,185 421	706,113 m n. m.	15,436 m	klesá 24,29 ‰
ŠK13	km 22,200 857	705,724 m n. m.		
ŠV3	km 22,351 799	701,781 m n. m.	30,425 m	klesá 25,58 ‰
ŠK14	km 22,382 224	700,988 m n. m.	49,565 m	klesá 25,58 ‰
ŠK15	km 22,431 789	699,735 m n. m.	30,605 m	klesá 25,58 ‰
ŠK16	km 22,462 394	698,958 m n. m.	20,365 m	klesá 25,58 ‰
ŠK17	km 22,482 759	698,405 m n. m.	15,322 m	klesá 25,58 ‰
ŠK18	km 22,498 081	698,021 m n. m.		
ŠV4	km 22,576 114	696,153 m n. m.	30,395 m	klesá 25,04 ‰
ŠK19	km 22,606 509	695,402 m n. m.	15,258 m	klesá 25,04 ‰
ŠK20	km 22,621 767	695,026 m n. m.		
ŠV5	km 22, 778 584	691,110 m n. m.	47,698 m	klesá 25,72 ‰
ŠK21	km 22,826 282	698,905 m n. m.		
ŠV6	km 23,108 970	682,661 m n. m.	35,128 m	klesá 24,78 ‰
ŠK22	km 23,144 098	681,918 m n. m.	19,011 m	klesá 24,78 ‰
ŠK23	km 23,163 109	681,383 m n. m.		

3.6. Stavby železničního spodku

3.6.1. Propustky

Na úseku se nachází celkem 8 propustků. U všech je nutné provést celkové pročištění a případnou úpravu čela. Propustek v km 22,665 358 se z důvodu rozšiřování drážního tělesa prodlouží na pravé straně o 0,85 m.

Napojení příkopových žlabů a zpevněných příkopů na propustky je navrženo pomocí skluzů z lomového kamene, který se uloží do suché betonové směsi C12/15. Spáry musí být řádně vyplněny cementovou maltou. Lomovým kamenem bude vydlážděn také prostor před čelem propustku, na vtokové i výtokové straně.

Popis propustků:

Staničení	Popis
km 22,665 358	rámová konstrukce, rozměry 0,6 x 0,8m, pravostranný podélný sklon 7,1 %
km 21,602 076	rámová konstrukce, rozměry 0,8 x 0,8 m. pravostranný podélný sklon 21,6 %
km 21,828 423	rámová konstrukce, rozměry 0,8 x 0,8 m pravostranný podélný sklon 18,3 %
km 22,064 294	trubní konstrukce, průměr 0,8 m pravostranný podélný sklon 10,4 %
km 22,349 845	rámová konstrukce, rozměry 0,8 x 0,8 m pravostranný podélný sklon 26,3 %
km 22,541 364	klenbová konstrukce, rozměry 2,0 x 3,0 m pravostranný podélný sklon 33,8 %
km 22,776 618	rámová konstrukce, rozměry 0,8 x 0,8 m pravostranný podélný sklon, 34,6 %
km 23,107 017	rámová konstrukce, rozměry 0,8 x 0,7 m pravostranný podélný sklon 15,3 %

3.6.2. Opěrné a zárubní zdi

Podél rekonstruovaného úseku se nachází 5 opěrných a 1 zárubní zeď. U třech opěrných zdí je navržena úprava dobetonováním římsy. Ostatní jsou ponechány ve stávajícím stavu.

Postup prací:

Hrana opěrné zdi se upraví do požadované výšky, vyvrtají se otvory a vzniklá plocha se začistí. Poté se zhotoví bednění, do otvorů se vloží ocelové tyče Ø 16 mm (á 0,5 m) sloužící k lepšímu spojení obou konstrukcí a plocha se opatří penetračním nátěrem. Následně se provede výplň z betonu C16/20 (viz charakteristické příčné řezy č. 5 a č. 6). Úprava je navržena s ohledem na nedostačující podklady o stavu opěrných zdí. Při případné realizaci a zjištění skutečného stavu se může postup lišit dle návrhu dodavatele stavby.

Popis opěrných a zárubních zdí:

Staničení	Popis
km 21,311 180 - km 21,321 591	zárubní zeď vlevo, dl. 10,411 m,
km 22,201 098 - km 22,279 684	opěrná zeď vpravo, dl. 78,586 m, dobetonování římsy
km 22,506 489 - km 22,572 386	opěrná zeď vpravo, dl. 65,897 m dobetonování římsy opatřena zábradlím, profil L 60x60x8 mm
km 22,634 922 - km 22,779 179	opěrná zeď vpravo, dl. 144,257 m
km 22,858 328 - km 22,906 180	opěrná zeď vpravo, dl. 47,852 m dobetonování římsy
km 23,253 713 - km 23,292 228	opěrná zeď vpravo, dl. 38,515 m

3.6.3. Mosty

Na úseku se nachází jeden železniční most ve staničení km 21,172 814. Jedná se o kamennou klenbovou konstrukci o rozměrech 4,0 x 4,5 m, která je zapuštěna v náspu zemního tělesa.

V Brně dne 26. 5. 2017

.....
Jiří Válek

Seznam použitých zdrojů

ČSN 73 6360-1. Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha, Část 1: Projektování. Český normalizační institut. Říjen 2008

Předpis SŽDC S3. Železniční svršek, Správa železniční dopravní cesty, s. o

Předpis SŽDC S4. Železniční spodek, Správa železniční dopravní cesty, s. o

Vzorové listy železničního spodku Ž1: Základní rozměry pláně tělesa železničního spodku

Vzorové listy železničního spodku Ž2: Zemní těleso

Vzorové listy železničního spodku Ž3: Odvodňovací zařízení

Vzorové listy železničního spodku Ž4: Pražcové podloží

Vyhláška ministerstva dopravy č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah.

ŽPSV a.s. Katalog produktů firmy ŽPSV OHL Group. [online]. [cit. 26. 5. 2017].
Dostupné z: <http://www.zpsv.cz>

Státní správa zeměměřičství a katastru. [online]. [cit. 26. 5. 2017].
Dostupné z: <http://www.cuzk.cz>

Mapy Google. [online]. [cit. 26. 5. 2017].
Dostupné z: <http://www.maps.google.com>

Seznam použitých zkratk a značek

α_s	středový úhel směrového oblouku	[g]
λ_{sd}	součinitel tepelné vodivosti štěrkopísku	[Wm ⁻¹ .K ⁻¹ .]
λ_{sd}	součinitel tepelné vodivosti štěrkodeřti	[Wm ⁻¹ .K ⁻¹ .]
A	parametr přechodnice	[-]
B _{pv}	Balt po vyrovnání	[m n. m.]
d _o	délka kružnicové části oblouku	[m]
D	převýšení	[mm]
l	nedostatek převýšení	[mm]
l ₁₃₀	nedostatek převýšení pro V ₁₃₀	[mm]
l _D	index ulehlosti	[-]
l _{mn}	index mrazu	[°C.den]
h _{z,dov}	dovolená hloubka promrzání	[m]
h _{kl}	tloušťka kolejového lože	[m]
h _{pr}	hloubka promrzání	[m]
h _{sd}	tloušťka vrstvy štěrkodeřti	[m]
h _{sp}	tloušťka vrstvy štěrkopísku	[m]
KO	konec oblouku	
KP	konec přechodnice	
KÚ	konec úseku	
L _k	délka přechodnice	[m]
m	odsazení kružnicové části oblouku	[m]
n	součinitel strmosti vzhledem k vodorovnici	[-]
n ₁₃₀	součinitel strmosti vzhledem k vodorovnici V ₁₃₀	[-]
R	poloměr směrového oblouku	[m]
R _v	poloměr zaoblení lomu sklonu	[m]
S-JTSK	systém jednotné trigonometrické sítě katastrální	
ŠK	šachta kontrolní	
ŠV	šachta vrcholová	
T	délka tečny	[m]
t _z	délka tečny zaoblení lomu sklonu	[m]
V	traťová rychlost	[km.h ⁻¹]
V ₁₃₀	rychlost pro vozidla s dovoleným nedostatkem převýšení 130 mm	[km.h ⁻¹]
y _v	maximální svislá pořadnice zaoblení lomu sklonu	[m]
ZO	začátek oblouku	
ZP	začátek přechodnice	
ZÚ	začátek úseku	

Přílohy

Příloha č. 1: Tabulka rozšíření rozchodu koleje

číslo oblouku	poloměr oblouku R[m]	délky přechodnic L_{k1}/L_{k2} [m]	rozšíření rozchodu Δu_1 [mm]	délka výběhu L_{u1} [m]
2	181,000	47,374	14	17,000
		32,000		11,000
3	199,000	31,500	10	9,000
5	192,000	32,000	12	10,000
6	190,000	29,500	12	10,000
7	200,000	36,000	10	10,000
8	230,000	24,000	6	4,000
	361,000	-	-	6,000 *
	230,000	37,277	6	7,000
9	213,000	43,242	8	10,000
		26,000		6,000
10	255,000	26,000	3	2,000
11	255,000	22,000	3	2,000
12	250,000	24,000	3	3,000

* délka výběhu pro vyrovnání rozdílu rozchodů koleje složeného oblouku

Příloha č. 2: Posouzení konstrukce pražcového podloží z hlediska ochrany zemní pláně proti promrzání

- index mrazu: $I_{mn}=650^{\circ}\text{C}\cdot\text{den}$
- zemina: nebezpečně namrzavá
- vodní režim: nepříznivý

$$h_{pr} \leq h_{kl} + h_{\dot{s}p} + h_{z,dov}$$

$$h_{pp} = 0,045 \cdot \sqrt{I_{mn}} = 0,045 \cdot \sqrt{650} = 1,15 \text{ m}$$

$$h_{kl} = 0,395 \text{ m}$$

$$h_{\dot{s}p} = h_{\dot{s}d} \cdot (\lambda_{\dot{s}p} / \lambda_{\dot{s}d}) = 0,35 \cdot (2,3 / 2,0) = 0,4 \text{ m}$$

$$h_{z,dov} = 0,4 \text{ m}$$

$$h_{pr} = \mathbf{1,15 \text{ m}} < 0,395 + 0,4 + 0,4 = \mathbf{1,195 \text{ m}} \text{ vyhovuje}$$

Příloha č. 3: Fotodokumentace



Obr. 1: Začátek úseku, km 20,900 000



Obr. 2: Pohled na skalní stěnu, km 21,300 000



Obr. 3: Pohled na odřez s opěrnou zdí, km 22,200 000



Obr. 4: Skalní odřez, km 22,800 000