

Obsah

1	ÚVOD	3
2	METODIKA ŘEŠENÍ A CÍLE PRÁCE	4
2.1	Metodika řešení práce.....	4
2.2	Cíle práce.....	5
3	ZVÝŠENÍ TRAŤOVÉ RYCHLOSTI	6
3.1	Popis traťového úseku.....	6
3.2	Stávající stav.....	9
3.3	Zvýšení rychlosti se současnými GPK.....	11
3.3.1	Navrhovaný stav pro mezní hodnoty	11
3.3.2	Navrhovaný stav pro maximální hodnoty.....	13
3.4	Zvýšení rychlosti se změnami GPK.....	16
3.4.1	Navrhovaný stav pro standardní hodnoty.....	16
3.4.2	Navrhovaný stav pro mezní hodnoty.....	18
3.4.3	Navrhovaný stav pro maximální hodnoty.....	21
3.5	Omezující prvky pro návrh zvýšení rychlosti.....	24
3.6	Konečný návrh.....	27
4	ZÁVĚR	28
5	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	29
6	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	30
7	SEZNAM PŘÍLOH	32

1 ÚVOD

Traťová rychlost patří mezi základní parametry trati. Je to rychlost, kterou smí být poježděn úsek trati, tato rychlost může být v určitém úseku dále dočasně omezena. V místech, kde dochází k její změně, je vyznačena rychlostníky. U většiny sítě tratí celostátních a regionálních drah se v posledních letech traťová rychlost zásadně nemění.

Motivace pro zvyšování traťových rychlostí spočívá v mnoha pozitivních aspektech. Mezi ty nejdůležitější patří konkurenceschopnost, efektivita a atraktivita železniční dopravy.

Dalším pozitivním vlivem je zkrácení jízdních dob a s tím spojená stabilita jízdního řádu. Nejvyšších efektů zkrácení jízdních dob při stejně velkém zvýšení rychlosti dosáhneme v oblasti nejnižších rychlostí.

Z fyzikálního hlediska je cílem se vyhnout zmaření kinetické energie při brzdění vozidla a jejímu následnému vytváření při rozjezdu. Zvýšení rychlosti způsobuje vyšší příčné působení při jízdě vozidla v oblouku, což ovlivňuje riziko opotřebení tratě.

Z tohoto důvodu je předpokladem nasazování moderních vozidel s dobrými jízdními vlastnostmi, u nichž nedochází k nárůstu opotřebení tratě při vyšších hodnotách rychlostí.

Tato vozidla, která splňují požadavky na průjezd oblouku zvýšenou rychlostí využívají maximální hodnoty nedostatku převýšení $I = 130$ mm, přičemž příslušná rychlost se označuje jako V_{130} . Úsek Olomouc – Nezamyslice je uveden v plánovaném nasazení moderních jednotek umožňujících tuto vyšší rychlost využít.

2 METODIKA ŘEŠENÍ A CÍLE PRÁCE

2.1 Metodika řešení práce

Prvotní fáze řešení práce spočívá v důkladném nastudování podkladů pro vypracování, a to především *Nákresného přehledu železničního svršku (dále jen NPŽSv)*, ve kterém jsou uvedeny veškeré charakteristiky geometrických parametrů koleje (dále jen GPK).

Samotný průzkum možnosti zvýšení rychlosti se dělí na dvě hlavní části. Jedna část se zabývá zvýšením rychlosti se současnými geometrickými parametry koleje, druhá část zkoumá zvýšení rychlosti s navrhovanými změnami geometrických parametrů koleje.

Navrhované změny nesmí způsobit výrazné zásahy do tělesa tratě. V obou případech je potřeba brát ohled na problematiku, které zpravidla zásadně ovlivňují možnosti zvýšení rychlosti.

Hlavní problematiky omezující možnosti zvýšení rychlosti:

- železniční přejezdy – jejich zabezpečení a rozhledové poměry
- kolejová rozvětvení
- zábrzdné vzdálenosti – poloha a viditelnost návěstidel
- přechodnost mostních konstrukcí
- stav železničního svršku a typ použitých konstrukcí
- možné zvýšení zatížení hlukem – lze eliminovat použitím kolejových vozidel s kotoučovou brzdou místo brzdy špalíkové

Ve výpočtové fázi se ověřují GPK, zda vyhoví na postupné navrhované zvyšování rychlosti. Posouzení GPK ověřujeme u standardních, mezních a maximálních hodnot. Jestliže některá z hodnot GPK nevyhoví, navrhujeme změny v GPK, a to zejména úpravou převýšení koleje u směrových oblouků.

2.2 Cíle práce

Cílem této práce je prozkoumat možnost zvýšení rychlosti zadaného úseku a navrhnout takové řešení, které bude kompromisem mezi maximální využitelností zvýšení rychlosti, minimálními zásahy do tělesa tratě a co nejmenšími ekonomickými nároky na úpravu a provoz traťového úseku.

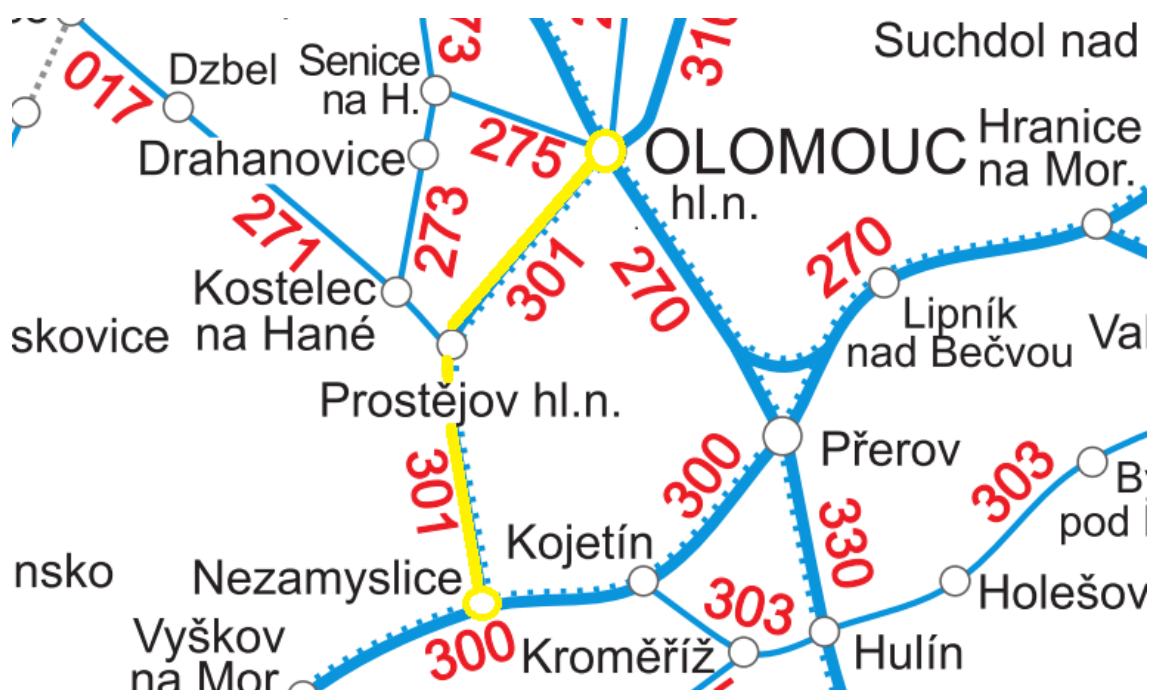
Jednotlivé varianty řešení budou vycházet ze standardních nebo mezních hodnot pro GPK, maximální hodnoty budou použity pouze lokálně.

Výstupem práce jsou grafy rychlosti stávající a navrhované rychlosti.

3 ZVÝŠENÍ TRAŤOVÉ RYCHLOSTI

3.1 Popis traťového úseku

Traťový úsek Olomouc (km 101,374) – Nezamyslice (km 61,710) se nachází na jihu Olomouckého kraje a je součástí dvou okresů Olomouc a Prostějov. V knižním jízdním řádu je tento úsek označen jako č.301. Délka úseku je 39,664 m.



Obr. 3.1-1 Mapa s vyznačením traťového úseku č.301 (www.szdc.cz)

Jedná se o jednokolejnou trať s elektrickým provozem se stejnosměrnou trakční soustavou o napájecím napětí 3 kV. Označení traťového definičního nadúseku v Nákrešném přehledu železničního svršku je CLS026 (C) a dle tabulky traťových poměrů nese trať označení 309B. Traťová třída zatížení tohoto úseku je C3, což znamená, že dovolená hmotnost na nápravu je 20 t a zatížení na metr běžný činí 7,2 t.

Historie trati sahá až k datu 1. 7. 1870, kdy byl zahájen provoz nákladní dopravy. Vlastníkem a provozovatelem tratě byla rakouská železniční společnost KFNB, nazývaná též jako privilegovaná Severní dráha císaře Ferdinanda (dodnes přezdívaná „dráha Ferdinandova“). Provoz osobní dopravy byl zahájen o měsíc později 1. 8. 1870.

Železniční stanice (žst) a zastávky (z) na trati dle směru Nezamyslice - Olomouc:

- Km 61,710, žst. Nezamyslice
- Km 64,397, z. Doloplazy
- Km 69,156 žst. Pivín
- Km 72,105, z. Čelčice
- Km 75,584, zst. Bedihošť
- Km 80,328, zst. Prostějov hl.n.
- Km 83,175, z. Vrahovice
- Km 86,009, z. Kraličky
- Km 87,709, zst. Vrbátky
- Km 92,342, zst. Blatec
- Km 94,400, z. Kožušany
- Km 96,543, z. Nemilany
- Km 98,425, z. Olomouc-Nové Sady
- Km 99,732, žst. Olomouc hl.n.



Obr. 3.1-2 Situační mapa s vyznačením zadaného úseku (www.mapy.cz)

V celém úseku je soustava železničního svršku tvořena těmito tvary kolejnic:

- levý kolejnicový pás:
 - R65; délka 0,343 km
 - S49; délka 20,648 km
 - T; délka 19,000 km

- pravý kolejnicový pás:
 - R65; délka 0,343 km
 - S49; délka 20,973 km
 - T; délka 18,675 km

Stavební délka koleje činí 39,991 km. Železniční svršek je tvořen kolejovým ložem ze štěrku. Kolejovými podporami jsou betonové pražce typu VUS, B91S, SB3/4, SB5, SB6, SB8, VPS a v omezené míře dřevěné pražce z dubového dřeva a ostatního tvrdého dřeva. Všechny tyto typy pražců patří do rozdělení c a d.

Sklonové poměry na trati se pohybují v hodnotách od - 7,00 ‰ do +7,40 ‰ .

Bezстыková kolej je provedena v souvislých úsecích po celé délce vyjma úseků od km 61,710 - km 62,545; km 69,100 - km 69,950; km 80,328 - km 81,115; km 100,837- km 101,837.

3.2 Stávající stav

Podrobný přehled geometrických parametrů oblouků stávajícího stavu popisuje Tabulka č.1, která je vedena v práci jako příloha č.1 a je základem pro pozdější analýzu zvyšování rychlosti. Pro lepší přehlednost a orientaci v práci jsou oblouky očíslovány podle staničení ve směru Nezamyslice - Olomouc dle NPŽSv.

V daném úseku se nachází 50 oblouků, z nichž je 26 levostranných a 24 pravostranných. Poloměry oblouků se pohybují v rozmezí 240-25000 m. Trať je tvořena jednoduchými oblouky se dvěma symetrickými přechodnicemi, složenými kružnicovými oblouky bez mezilehlých přechodnic, kružnicovými oblouky bez přechodnic a složenými kružnicovými oblouky s mezilehlou přechodnicí s rostoucí křivostí. Kružnicové části složených oblouků jsou z důvodu zjednodušení při výpočtech očíslovány zvlášť.

Přehled jednotlivých oblouků dle tvaru směrových poměrů (viz tab.č.1):

- *Složené kružnicové oblouky bez mezilehlých přechodnic:*
č. 1, 2, 3, 8, 9, 10, 22, 23, 24, 25, 26, 33, 34, 35, 36, 37.
- *Kružnicové oblouky bez přechodnic:*
č. 13, 16, 17, 29, 30.
- *Složené kružnicové oblouky s mezilehlou přechodnicí s rostoucí křivostí:*
č. 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49.
- *Jednoduchý oblouk se dvěma symetrickými přechodnicemi:*
č. 4, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 18, 21, 27, 28, 31, 32, 38, 39, 47, 50.

Hodnoty GPK stávajícího stavu ve většině případů překračují standardní hodnoty, ale vyhoví na hodnoty mezní. Výjimkou je pouze oblouk č.36 (staničení km 93,160-km 93,267), který nevyhoví na mezní hodnoty GPK a je navržen na hodnoty maximální. Z tohoto důvodu se nemá smysl zabývat v rámci analýzy zvýšení rychlosti návrhu stavu pro standardní hodnoty.

Poznámky k Tabulce č.1 (Příloha č.1):

Veškerá data do tabulky byla dosazena z podkladu NPŽSv a slouží jako základ k pozdějším výpočtům možnosti zvyšování rychlosti. Jednotlivé sloupce obsahují popis oblouků, jejich staničení, poloměr, směr, převýšení, délku kružnicových částí, délky přechodnic, délky vzestupnic, strmosti vzestupnic, stávající traťovou rychlost a rychlost omezenou dle TTP.

- sloupec „*oblouk*“: V tomto sloupci jsou očíslovány oblouky podle pořadí ve směru Nezamyslice → Olomouc. Jednotlivá pole jsou barevně rozlišena dle tvaru oblouku. Pole bez barevného rozlišení označuje jednoduchý oblouk se dvěma symetrickými přechodnicemi.
- sloupec „*staničení*“: označuje začátek a konec oblouku včetně jeho přechodnicových částí. Jednotky jsou v kilometrech.
- sloupec „*poloměr*“: charakterizuje poloměr R oblouku v metrech.
- sloupec „*směr*“: L= levostranný oblouk; P= pravostranný oblouk.
- sloupec „*převýšení*“: charakterizuje převýšení D oblouku v milimetrech.
- sloupec „*dl. kruž. části*“: charakterizuje délku kružnicové části oblouku v metrech.
- sloupec „*dl. přech. č.1*“: charakterizuje délku přechodnice před kružnicovou částí oblouku v metrech.
- sloupec „*dl. vzes. č.1*“: charakterizuje délku vzestupnice před kružnicovou částí oblouku v metrech.
- sloupec „*dl. přech. č.2*“: charakterizuje délku přechodnice za kružnicovou částí oblouku v metrech.
- sloupec „*dl. vzes.č.2*“: charakterizuje délku vzestupnice za kružnicovou částí oblouku v metrech.
- sloupec „*strmost vzes.č.1*“: charakterizuje hodnotu strmosti vzestupnice před kružnicovou částí.
- sloupec „*strmost vzes.č.2*“: charakterizuje hodnotu strmosti vzestupnice za kružnicovou částí oblouku.
- sloupec „*traťová rychlost*“: označuje traťovou rychlost v km/hod.
- sloupec „*rychlost dle TTP*“: označuje rychlost trvale omezenou dle TTP v km/hod.

3.3 Zvýšení rychlosti se současnými GPK

3.3.1 Navrhovaný stav pro mezní hodnoty

Návrh se zabývá možností teoretického zvýšení rychlosti bez jakýchkoliv úprav. Omezující prvky, které ovlivňují zvýšení rychlosti budou zohledněny v konečném návrhu a grafu rychlosti. Výpočty, posudky a řešení jsou uvedeny v Tabulce č.2, která je v práci označena jako Příloha č.2.

Metodika návrhu spočívá v zadání návrhové zvýšené rychlosti oproti trvale omezené rychlosti dle TTP a její následné posouzení, zda vyhoví na současné GPK. Zvýšení rychlosti je provedeno vždy v krocích po 5 km/hod. Pokud z některých parametrů nevyhovuje, zvýšení není možné a určí se nejvyšší možná rychlost tak, aby všechny parametry vyhověly na mezní hodnoty.

Poznámky k Tabulce č.2 (Příloha č.2):

- sloupec „*navrhová rychlost*“: maximální teoretická navržená rychlost [km/h]
- sloupec „*převýšení*“: hodnoty z tab.č.1
- sloupec „*posouzení $D_{lim}=150$ mm*“: Pokud je hodnota převýšení D menší nebo rovna jako limitní možné převýšení 150 mm nebo jako limitní možné převýšení $[(R-50)/1,5]$ [mm] pro oblouky s poloměrem R menším jak 290 m, pak navrhované zvýšení rychlosti VYHOVUJE.
- sloupec „*nedostatek převýšení*“: $I_{lim}=D_{eq}-D$ [mm]

I_{lim} nedostatek převýšení [mm]

D..... převýšení oblouku z tab. č.1 [mm]

D_{eq} ... teoretické převýšení [mm]

V_{lim} návrhová rychlost [km/hod]

R.... poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

$$D_{eq} = \frac{11,8 \times V^2}{R} \text{ [mm]}$$

- sloupec „*posouzení* $I_{lim}=100 \text{ mm}$ “: Pokud je hodnota nedostatku I menší nebo rovna hodnotě $I=100 \text{ mm}$, pak navrhované zvýšení v závislosti na nedostatku převýšení VYHOVUJE.

- sloupec „*součinitel sklonu vzezupnice*“:

$$(\text{hodnota součinitele}) = \frac{n_{1(2)}}{V} \text{ [-]}$$

$n_{1(2)}$... strmost vzezupnice 1(2) z tab. č.1

V_{lim} ... návrhová rychlost [km/h]

- sloupec „*posouzení* n_{lim} “: Pokud je hodnota součinitele větší než 8, pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na součiniteli sklonu vzezupnice VYHOVUJE. Pro rychlostní pásmo $v \leq 80 \text{ km/h}$ platí hodnota součinitele 6 a současně sklon vzezupnice nesmí být větší než 1:445; pro $80 < V \leq 120 \text{ km/h}$ platí hodnota součinitele 7, pro $120 < V \leq 200 \text{ km/h}$ platí hodnota součinitele 8.

- sloupec „*boční zrychlení*“: $a_{q,lim} = \frac{V^2}{12,96 \times R} - \frac{D}{153} \text{ [m/s}^2\text{]}$

$a_{q,lim}$... boční zrychlení [m/s²]

V_{lim} ... navržená rychlost [km/h]

R ... poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

D ... převýšení oblouku z tab. č.1 [mm]

- sloupec „*posouzení* $a_{q,lim}$ “: Pokud je hodnota bočního zrychlení menší nebo rovna hodnotě $a_{q,lim}=0,6535 \text{ m/s}^2$, pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na bočním zrychlení VYHOVUJE.

- sloupec „*řešení*“: Udává informaci o tom, zda je možné v daném oblouku zvýšit požadovanou rychlost.

Z provedených výpočtů vyplývá, že zvýšení rychlosti je možné v souvislých úsecích pouze na určitých částech tratě. Hodnoty zvýšení se pohybují mezi 5 – 30 km/h. V úseku se nachází jeden oblouk, který nevyhoví na mezní hodnoty. Už v předchozí kapitole je zmíněno, že se jedná o oblouk č.36, u něhož nevyhoví dva parametry, a tj. nedostatek převýšení a boční zrychlení.

3.3.2 Navrhovaný stav pro maximální hodnoty

Návrh se zabývá možnostmi teoretického zvýšení rychlosti bez jakýchkoliv úprav. Omezující prvky, které ovlivňují zvýšení rychlosti budou zohledněny v konečném návrhu a grafu rychlosti. Výpočty, posudky a řešení jsou uvedeny v Tabulce č.3, která je v práci označena jako Příloha č.3.

Metodika návrhu je stejná jako v kapitole 3.3.1. Pokud z některých parametrů nevyhovuje, zvýšení není možné a určí se nejvyšší možná rychlost tak, aby všechny parametry vyhověly na maximální hodnoty.

Poznámky k Tabulce č.3 (Příloha č.3):

- sloupec „*navrhová rychlost*“: maximální teoretická navržená rychlost [km/h]
- sloupec „*převýšení*“: hodnoty z tab.č.1
- sloupec „*posouzení $D_{max}=150$ mm*“: Pokud je hodnota převýšení D menší nebo rovna jako limitní možné převýšení 150 mm nebo jako limitní možné převýšení $[(R-50)/1,5]$ [mm] pro oblouky s poloměrem R menším jak 290 m, pak navrhované zvýšení rychlosti VYHOVUJE.
- sloupec „*nedostatek převýšení*“: $I_{max}=D_{eq}-D$ [mm]

I_{max} nedostatek převýšení [mm]

D převýšení oblouku z tab. č.1 [mm]

D_{eq} ... teoretické převýšení [mm]

V_{max} návrhová rychlost [km/hod]

R poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

$$D_{eq} = \frac{11,8 \times V^2}{R} \text{ [mm]}$$

- sloupec „*posouzení $I_{max}=130 \text{ mm}$* “: Pokud je hodnota nedostatku I menší nebo rovna hodnotě $I=130 \text{ mm}$, pak navrhované zvýšení v závislosti na nedostatku převýšení VYHOVUJE.

- sloupec „*součinitel sklonu vzestupnice*“:

$$(\text{hodnota součinitele}) = \frac{n_{1(2)}}{V} \text{ [-]}$$

$n_{1(2)}$ strmost vzestupnice 1(2) z tab. č.1

V_{max} ... návrhová rychlost [km/h]

- sloupec „*posouzení n_{min}* “: Pokud je hodnota součinitele větší než 7, pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na součiniteli sklonu vzestupnice VYHOVUJE. Pro rychlostní pásmo $v \leq 80 \text{ km/h}$ platí hodnota součinitele 6 a současně sklon vzestupnice nesmí být větší než 1:400; pro $80 < V \leq 120 \text{ km/h}$ platí hodnota součinitele 6, pro $120 < V \leq 200 \text{ km/h}$ platí hodnota součinitele 7.

- sloupec „*boční zrychlení*“: $a_{q,max} = \frac{V^2}{12,96 \times R} - \frac{D}{153} \text{ [m/s}^2\text{]}$

$a_{q,max}$ boční zrychlení [m/s²]

V_{max} navržená rychlost [km/h]

R poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

D převýšení oblouku z tab. č.1 [mm]

- sloupec „*posouzení* $a_{q,max}$ “: Pokud je hodnota bočního zrychlení menší nebo rovna hodnotě $a_{q,max}=0,8496 \text{ m/s}^2$, pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na bočním zrychlení VYHOVUJE.
- sloupec „*řešení*“: Udává informaci o tom, zda je možné v daném oblouku zvýšit požadovanou rychlost.

Z provedených výpočtů vyplývá, že zvýšení rychlosti je možné v celém úseku tratě. Hodnoty zvýšení se pohybují mezi 5 – 45 km/h. Podmínkou zavedení rychlosti odpovídající nedostatku převýšení $I > 100 \text{ mm}$ jsou hodnoty poloměrů směrových oblouků $R \geq 250 \text{ m}$. V celém úseku se nachází dva oblouky, které nespĺňují tuto podmínku, jedná se o oblouk č.49 a č.50. Tyto oblouky jsou součástí zst.Olomouc, kde se neuvažuje o možnosti zvýšení rychlosti z důvodu rozjezdu vozidla ve směru Nezamyslice, resp. brzdění vozidla v opačném směru. Dále pro kolejnice tvaru S49 a T platí maximální možné zvýšení do rychlosti 120 km/h. Tato omezení je potřeba zohlednit v konečném návrhu této práce.

3.4 Zvýšení rychlosti se změnami GPK

3.4.1 Navrhovaný stav pro standardní hodnoty

Návrh se zabývá možností teoretického zvýšení rychlosti při změně převýšení koleje v oblouku. Omezující prvky, které ovlivňují zvýšení rychlosti budou zohledněny v konečném návrhu a grafu rychlosti. Výpočty, posudky a řešení jsou uvedeny v Tabulce č.4, která je v práci označena jako Příloha č.4.

Metodika návrhu spočívá v zadání návrhové rychlosti oproti trvale omezené rychlosti dle TTP, nové hodnoty převýšení a následné posouzení s řešením, zda jde rychlost zvýšit či ne. Zvýšení rychlosti je provedeno vždy v krocích po 5 km/hod. Převýšení je voleno tak, aby vycházely všechny parametry pro standardní hodnoty. V případě, že některé parametry nevyhoví, hodnota převýšení D je navržena tak, aby se hodnota nedostatku převýšení I_n co nejvíce blížila standardní hodnotě nedostatku převýšení $I_n=80$ mm a nebyla větší jak tato hodnota. Nově navržené převýšení se taky snaží respektovat doporučené převýšení, popřípadě je snahou se co nejvíce přiblížit k této hodnotě.

Pokud z některých parametrů nevyhovuje, zvýšení není možné a určí se nejvyšší možná rychlost tak, aby všechny parametry vyhověly na standardní hodnoty.

Poznámky a použité vzorce k Tabulce č.4 (Příloha č.4):

- sloupec „*navrhová rychlost*“: maximální teoretická navržená rychlost [km/h]
- sloupec „*převýšení*“: navrhované převýšení oblouku [mm]
- sloupec „*posouzení $D_{lim}=150$ mm*“: Pokud je hodnota převýšení D menší nebo rovna jako limitní možné převýšení 150 mm nebo jako limitní možné převýšení $[(R-50)/1,5]$ [mm] pro oblouky s poloměrem R menším jak 290 m, pak navrhované zvýšení rychlosti VYHOVUJE.
- sloupec „*nedostatek převýšení*“: $I_n=D_{eq}-D$ [mm]

I_n nedostatek převýšení [mm]

D navržené převýšení [mm]

D_{eq} teoretické převýšení [mm]

V_n návrhová rychlost [km/hod]

R poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

$$D_{eq} = \frac{11,8 \times V^2}{R} \text{ [mm]}$$

- sloupec „*posouzení $I_n=80 \text{ mm}$* “: Pokud je hodnota nedostatku I menší nebo rovna hodnotě $I = 80 \text{ mm}$, pak navrhované zvýšení v závislosti na nedostatku převýšení VYHOVUJE.

- sloupec „*strmost vzestupnice 1(2)*“: $n_{1(2)} = \frac{1000 \times L_{d1(2)}}{D} \text{ [-]}$

$n_{1(2)}$ strmost vzestupnice 1(2) [-]

$L_{d1(2)}$ délka vzestupnice 1(2) z tab.č.1

D navržené převýšení [mm]

- sloupec „*součinitel sklonu vzestupnice*“:

$$(\text{hodnota součinitele}) = \frac{n_{1(2)}}{V} \text{ [-]}$$

$n_{1(2)}$ strmost vzestupnice 1(2) [-]

V_n ... návrhová rychlost [km/h]

- sloupec „*posouzení n_n* “: Pokud je hodnota součinitele větší než 10, pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na součiniteli sklonu vzestupnice VYHOVUJE.

– sloupec „boční zrychlení“: $a_{q,n} = \frac{V^2}{12,96 \times R} - \frac{D}{153}$ [m/s²]

$a_{q,n}$	boční zrychlení [m/s ²]
V_n	navržená rychlost [km/h]
R	poloměr oblouku z tab.č.1 [m]
D	navržené převýšení [mm]

- sloupec „posouzení $a_{q,n}$ “: Pokud je hodnota bočního zrychlení menší nebo rovna hodnotě $a_{q,n} = 0,5229$ m/s², pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na bočním zrychlení VYHOVUJE.
- sloupec „řešení“: Udává informaci o tom, zda je možné v daném oblouku zvýšit požadovanou rychlost, popřípadě jakou změnou lze zvýšení provést.

Z provedených výpočtů vyplývá, že zvýšení rychlosti není možné v souvislých úsecích po délce trati. Hodnoty zvýšení u oblouků se pohybují mezi 5 – 35 km/h. V úseku se nachází 7 oblouků, u nichž lze zvýšit rychlost změnou délky vzestupnice. Toto řešení je pouze informativního charakteru, protože ve většině případů by došlo k většímu zásahu do tělesa trati.

3.4.2 Navrhovaný stav pro mezní hodnoty

Návrh se zabývá možnostmi teoretického zvýšení rychlosti při změně převýšení koleje v oblouku. Omezující prvky, které ovlivňují zvýšení rychlosti budou zohledněny v konečném návrhu a grafu rychlosti. Výpočty, posudky a řešení jsou uvedeny v Tabulce č.5, která je v práci označena jako Příloha č.5.

Metodika návrhu spočívá v zadání návrhové rychlosti oproti trvale omezené rychlosti dle TTP, nové hodnoty převýšení a následné posouzení s řešením, zda jde rychlost zvýšit či ne. Zvýšení rychlosti je provedeno vždy v krocích po 5 km/hod. Převýšení je voleno tak, aby vycházely všechny parametry pro standardní hodnoty. V případě, že

některé parametry nevyhoví, hodnota převýšení D je navržena tak, aby se hodnota nedostatku převýšení I co nejvíce blížila mezní hodnotě nedostatku převýšení $I_{lim}=100$ mm a nebyla větší jak tato hodnota. Nově navržené převýšení se taky snaží respektovat doporučené převýšení, popřípadě je snahou se co nejvíce přiblížit k této hodnotě.

Pokud z některých parametrů nevyhovuje, zvýšení není možné a určí se nejvyšší možná rychlost tak, aby všechny parametry vyhověly na mezní hodnoty.

Poznámky a použité vzorce k Tabulce č.5 (Příloha č.5):

- sloupec „*navrhová rychlost*“: maximální teoretická navržená rychlost [km/h]
- sloupec „*převýšení*“: navrhované převýšení oblouku [mm]
- sloupec „*posouzení $D_{lim}=150$ mm*“: Pokud je hodnota převýšení D menší nebo rovna jako limitní možné převýšení 150 mm nebo jako limitní možné převýšení $[(R-50)/1,5]$ [mm] pro oblouky s poloměrem R menším jak 290 m, pak navrhované zvýšení rychlosti VYHOVUJE.
- sloupec „*nedostatek převýšení*“: $I_{lim}=D_{eq}-D$ [mm]

I_{lim} ... nedostatek převýšení [mm]

D..... navržené převýšení [mm]

D_{eq} teoretické převýšení [mm]

V_{lim}navrhová rychlost [km/hod]

R.... poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

$$D_{eq} = \frac{11,8 \times V^2}{R} \text{ [mm]}$$

- sloupec „*posouzení $I_{lim}=100$ mm*“: Pokud je hodnota nedostatku I menší nebo rovna hodnotě $I = 100$ mm, pak navrhované zvýšení v závislosti na nedostatku převýšení VYHOVUJE.

- sloupec „*strmost vzestupnice 1(2)*“: $n_{1(2)} = \frac{1000 \times L_{d1(2)}}{D}$ [-]

$n_{1(2)}$ strmost vzestupnice 1(2) [-]

$L_{d1(2)}$ délka vzestupnice 1(2) z tab.č.1

D..... navržené převýšení [mm]

- sloupec „*součinitel sklonu vzestupnice*“:

$$(\text{hodnota součinitele}) = \frac{n_{1(2)}}{V} \text{ [-]}$$

$n_{1(2)}$ strmost vzestupnice 1(2) [-]

V_{lim} ... návrhová rychlost [km/h]

- sloupec „*posouzení n_{lim}* “: Pokud je hodnota součinitele větší než 8, pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na součiniteli sklonu vzestupnice VYHOVUJE. Pro rychlostní pásmo $v \leq 80$ km/h platí hodnota součinitele 6 a současně sklon vzestupnice nesmí být větší než 1:445; pro $80 < V \leq 120$ km/h platí hodnota součinitele 7, pro $120 < V \leq 200$ km/h platí hodnota součinitele 8.

- sloupec „*boční zrychlení*“: $a_{q,lim} = \frac{V^2}{12,96 \times R} - \frac{D}{153}$ [m/s²]

$a_{q,lim}$... boční zrychlení [m/s²]

V_{lim} navržená rychlost [km/h]

R..... poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

D..... navržené převýšení [mm]

- sloupec „*posouzení $a_{q,lim}$* “: Pokud je hodnota bočního zrychlení menší nebo rovna hodnotě $a_{q,lim} = 0,6535$ m/s², pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na bočním zrychlení VYHOVUJE.

- sloupec „*řešení*“: Udává informaci o tom, zda je možné v daném oblouku zvýšit požadovanou rychlost.

Z provedených výpočtů vyplývá, že zvýšení rychlosti je možné v souvislých úsecích po celé délce trati. Hodnoty zvýšení u oblouků se pohybují mezi 5 – 45 km/h. Oblouky, u nichž nelze zvýšit rychlost jsou v tabulce č.5 uvedeny pod čísly 3, 19, 23, 26, 36 a 37.

3.4.3 Navrhovaný stav pro maximální hodnoty

Návrh se zabývá možností teoretického zvýšení rychlosti při změně převýšení koleje v oblouku. Omezující prvky, které ovlivňují zvýšení rychlosti budou zohledněny v konečném návrhu a grafu rychlosti. Výpočty, posudky a řešení jsou uvedeny v Tabulce č.6, která je v práci označena jako Příloha č.6.

Metodika návrhu spočívá v zadání návrhové rychlosti oproti trvale omezené rychlosti dle TTP, nové hodnoty převýšení a následné posouzení s řešením, zda jde rychlost zvýšit či ne. Zvýšení rychlosti je provedeno vždy v krocích po 5 km/hod. Převýšení je voleno tak, aby vycházely všechny parametry pro standardní hodnoty. V případě, že některé parametry nevyhoví, hodnota převýšení D je navržena tak, aby se hodnota nedostatku převýšení I co nejvíce blížila maximální hodnotě nedostatku převýšení $I_{\max}=130$ mm a nebyla větší jak tato hodnota. Nově navržené převýšení se taky snaží respektovat doporučené převýšení, popřípadě je snahou se co nejvíce přiblížit k této hodnotě.

Pokud z některých parametrů nevyhovuje, zvýšení není možné a určí se nejvyšší možná rychlost tak, aby všechny parametry vyhověly na maximální hodnoty.

Poznámky a použité vzorce k Tabulce č.6 (Příloha č.6):

- sloupec „*navrhová rychlost*“: maximální teoretická navržená rychlost [km/h]
- sloupec „*převýšení*“: navrhované převýšení oblouku [mm]

- sloupec „*posouzení* $D_{lim}=150\text{ mm}$ “: Pokud je hodnota převýšení D menší nebo rovna jako limitní možné převýšení 150 mm nebo jako limitní možné převýšení $[(R-50)/1,5]$ [mm] pro oblouky s poloměrem R menším jak 290 m, pak navrhované zvýšení rychlosti VYHOVUJE.
- sloupec „*nedostatek převýšení*“: $I_{max}=D_{eq}-D$ [mm]

I_{max} ... nedostatek převýšení [mm]

D navržené převýšení [mm]

D_{eq} teoretické převýšení [mm]

V_{max} ... návrhová rychlost [km/hod]

R poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

$$D_{eq} = \frac{11,8 \times V^2}{R} \text{ [mm]}$$

- sloupec „*posouzení* $I_{max}=130\text{ mm}$ “: Pokud je hodnota nedostatku I menší nebo rovna hodnotě $I = 130\text{ mm}$, pak navrhované zvýšení v závislosti na nedostatku převýšení VYHOVUJE.

- sloupec „*strmost vzešupnice* $1(2)$ “: $n_{1(2)} = \frac{1000 \times L_{d1(2)}}{D}$ [-]

$n_{1(2)}$ strmost vzešupnice $1(2)$ [-]

$L_{d1(2)}$ délka vzešupnice $1(2)$ z tab.č.1

D navržené převýšení [mm]

- sloupec „*součinitel sklonu vzešupnice*“:

$$(\text{hodnota součinitele}) = \frac{n_{1(2)}}{V} \text{ [-]}$$

$n_{1(2)}$ strmost vzešupnice $1(2)$ [-]

V_{\max} ... návrhová rychlost [km/h]

- sloupec „posouzení n_{\min} “: Pokud je hodnota součinitele větší než 7, pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na součiniteli sklonu vzestupnice VYHOVUJE. Pro rychlostní pásmo $v \leq 80$ km/h platí hodnota součinitele 6 a současně sklon vzestupnice nesmí být větší než 1:400; pro $80 < V \leq 120$ km/h platí hodnota součinitele 6, pro $120 < V \leq 200$ km/h platí hodnota součinitele 7.

- sloupec „boční zrychlení“: $a_{q,\max} = \frac{V^2}{12,96 \times R} - \frac{D}{153}$ [m/s²]

$a_{q,\max}$... boční zrychlení [m/s²]

V_{\max} ... navržená rychlost [km/h]

R..... poloměr oblouku z tab.č.1 [m]

D..... navržené převýšení [mm]

- sloupec „posouzení $a_{q,\max}$ “: Pokud je hodnota bočního zrychlení menší nebo rovna hodnotě $a_{q,\max} = 0,8496$ m/s², pak navrhované zvýšení rychlosti v závislosti na bočním zrychlení VYHOVUJE.
- sloupec „řešení“: Udává informaci o tom, zda je možné v daném oblouku zvýšit požadovanou rychlost.

Z provedených výpočtů vyplývá, že zvýšení rychlosti je možné po celé délce trati. Hodnoty zvýšení u oblouků se pohybují mezi 5 – 65 km/h. Podmínkou zavedení rychlosti odpovídající nedostatku převýšení $I > 100$ mm jsou hodnoty poloměrů směrových oblouků $R \geq 250$ m a maximální možná rychlost 120 km/h u tvaru kolejnic S49 a T (viz kapitola 3.3.2).

3.5 Omezující prvky pro návrh zvýšení rychlosti

Mostní konstrukce:

Rozsah této práce se nezabývá namáháním mostních konstrukcí. Zvýšení rychlosti vyvolá změnu z hlediska dynamického působení vozidel. V případě realizace zvýšení rychlosti v tomto úseku je nutné staticky posoudit všechny mostní konstrukce.

Přehled mostních konstrukcí v úseku:

- **Km 81,484** – ocelový most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 82,242** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 82,456** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 82,713** – ocelový most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 83,558** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 83,936** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 89,119** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 89,148** – ocelový most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 89,900** – ocelový most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 90,110** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 92,115** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 93,251** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 93,749** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 94,406** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 95,596** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 96,789** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 97,117** – most s průběžným kolejovým ložem (délka pod 50 m)
- **Km 98,733** – ocelový most s průběžným kolejovým ložem (délka nad 50 m)

Návěstidla:

Dle TTP 309B je zajištěna v celém úseku trati zábrzdna vzdálenost 700 m. Tato vzdálenost je vyhovující do rychlostí menších než 100 km/h. Navrhovaná rychlost nad 100 km/h musí mít zábrzdnou vzdálenost minimálně 1000 m. V rámci podkladu NPŽSv nejsou zřejmé informace o umístění předvěstí, které informují o návěsti následujícího hlavního návěstidla. Při realizaci zvýšení rychlosti je nutné zajistit zábrzdnou vzdálenost 1000 m.

Zábrzdné vzdálenosti návěstidel:

- 400 m $V \leq 60$ km/h
- 700m 60 km/h < $V \leq 100$ km/h
- 1000 m 100 km/h < $V \leq 160$ km/h

Kolejová rozvětvení:

Omezení z hlediska kolejových rozvětvení nastane v tom případě, pokud by se nacházela v místě oblouku. V tomto úseku se kolejová rozvětvení nachází pouze v přímé, tudíž tento omezující prvek nečiní překážku pro zvýšení rychlosti v úseku trati.

Železniční přejezdy:

Železniční přejezdy jsou omezujícím prvkem z hlediska možné úpravy převýšení v obloucích, ve kterých jsou přejezdy umístěné. Tato místa musí zůstat s původním převýšením koleje. Dále dle TTP 309B u dvou přejezdů, které jsou označeny pod číslem P7581 a P7595 jsou nedostatečné rozhledové poměry na přejezdu nebo nedostatečná délka přibližovacího úseku (viz Příloha č.16 – Fotodokumentace). Z tohoto důvodu nelze zvýšit rychlost v úseku od km 74,015 – km 73,667 mezi zst.Bedihošť a z. Čelčice ve směru Olomouc-Nezamyslice. Druhý úsek se nachází v km 93,365 – km 92,310 v zst.Blatec, toto omezení je v obou směrech. Při realizaci zvýšení rychlosti je nutno posoudit zabezpečovací zařízení stávajících přejezdů .

Seznam železničních přejezdů v úseku (staničení/číslo přejezdu/omezení):

- **Km 63,312** - č.P7577
- **Km 67,453** - č.P7578
- **Km 72,101** - č.P7579 ; omezení změny převýšení oblouku č.13
- **Km 72,457** - č.P7580
- **Km 73,673** - č.P7581 ; omezení rozhledových poměrů
- **Km 75,118** - č.P7582 ; omezení změny převýšení oblouku č.15
- **Km 76,513** - č.P7583 ; omezení změny převýšení oblouku č.19
- **Km 76,881** - č.P7584
- **Km 78,039** - č.P7585 ; omezení změny převýšení oblouku č.20
- **Km 78,583** - č.P7586
- **Km 80,062** - č.P7587
- **Km 81,128** - č.P7588
- **Km 81,555** - č.P7589 ; omezení změny převýšení oblouků č.22,23,24
- **Km 83,165** - č.P7590
- **Km 84,895** - č.P7591 ; omezení změny převýšení oblouku č.28
- **Km 86,003** - č.P7592
- **Km 88,497** - č.P7593
- **Km 88,816** - č.P7594
- **Km 92,510** - č.P7595 ; omezení rozhledových poměrů
- **Km 96,103** - č.P7596
- **Km 97,545** - č.P7597
- **Km 98,416** - č.P7598
- **Km 99,184** - č.P7599
- **Km 100,060** - č.P6522 ; omezení změny převýšení oblouku č.48

3.6 Konečný návrh

Princip konečného návrhu vychází z výpočtové fáze práce, která si kladla za cíl zjistit teoretické možné zvýšení rychlosti v jednotlivých obloucích. Tyto informace jsou základem ke komplexnímu návrhu rychlosti, ve kterém je nutné zohlednit omezující prvky. Metodika návrhu spočívá ve zvyšování rychlosti v co nejdelších úsecích o konstantních rychlostech nebo navrhovat rychlost tak, aby plynule stoupala nebo klesala a nevytvářela v úseku rychlostní propady.

Výsledným návrhem jsou čtyři varianty grafů rychlosti, dvě varianty pro zvýšení rychlosti bez zásahu GPK a dvě varianty se změnou převýšení. Součástí těchto variant je vyhotovení rychlostních úseků.

Varianta 1: Návrh vychází z tabulky č. 2, kde jsou posouzeny mezní hodnoty pro zvýšení rychlosti při stávajícím stavu. Tato varianta je vedena v této práci jako Příloha č. 09 - Graf rychlosti pro stávající stav – MEZNÍ HODNOTY.

Varianta 2: Návrh vychází z tabulky č. 2 a č. 3, kde jsou posouzeny mezní a maximální hodnoty pro zvýšení rychlosti při stávajícím stavu. Maximální hodnoty jsou navrženy v omezené míře, jen v místech propadu rychlosti. Jedná se o oblouky pod čísly 12, 19 a 23. Tato varianta je vedena v této práci jako Příloha č.10 - Graf rychlosti pro stávající stav – MAXIMÁLNÍ HODNOTY.

Varianta 3: Návrh vychází z tabulky č. 4 a č. 5, kde jsou posouzeny standardní a mezní hodnoty pro zvýšení rychlosti při změně převýšení. Tato varianta je vedena v této práci jako Příloha č.11 – Graf rychlosti pro změnu převýšení –MEZNÍ HODNOTY.

Varianta 4: Návrh vychází z tabulky č. 6, kde jsou posouzeny maximální hodnoty pro zvýšení rychlosti při změně převýšení. Maximální hodnoty jsou navrženy v omezené míře, jen v místech propadu rychlosti. Jedná se o oblouky pod čísly 12, 19, 23 a 26. Tato varianta je vedena v této práci jako Příloha č.12 - Graf rychlosti pro změnu převýšení – MAXIMÁLNÍ HODNOTY.

4 ZÁVĚR

Práce si kladla za cíl prozkoumat možnost zvýšení rychlosti v úseku Olomouc – Nezamyslice a ve velké míře se tento úkol podařil splnit. První část práce se zabývala zvýšením rychlosti za současného stavu. Graf rychlosti ukázal, že rychlost se zvýšila na cca 81% délky trati. Druhá část práce se zabývala zvýšením rychlosti při změně převýšení. Zde se podařilo zvýšit rychlost na cca 85% délky trati, nicméně v rámci možnosti realizace je třeba brát ohled na výběr varianty, která bude mít co nejnižší finanční nároky. Z tohoto ohledu jsou nejpříjemnější varianty se současnými geometrickými parametry koleje.

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Podklady:

Nákresný přehled železničního svršku – TDNÚ: Olomouc hl.n. – Nezamyslice

TTP 309B 06a – Tabulka traťových poměrů

Vysvětlivky TTP

Příloha č.1 č.j. S29206/11 ze dne 16.6.2011

Normy a literatura:

ČSN 73 6360-1

Železniční stavby – železniční spodek a svršek (O. Plášek, P. Zvěřina , R.Svoboda, M.Mockovčiak)

Ostatní:

www.szdc.cz

www.zelpage.cz

www.wikipedia.com

www.mapy.cz

6 SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

NPŽSv – Nákrešný přehled železničního svršku

TDNÚ – Traťový definiční nadúsek

TTP – Tabulka traťových poměrů

zst. – železniční stanice

z. – zastávka

č. – číslo

L – levostranný

P – pravostranný

R – poloměr oblouku

D – převýšení

D_{lim} – limitní převýšení

V – rychlost

V_n – navrhovaná rychlost pro standardní hodnoty

V_{lim} – navrhovaná rychlost pro mezní hodnoty

V_{max} – navrhovaná rychlost pro nedostatek převýšení $I > 100$ mm

I – nedostatek převýšení

I_n – standardní nedostatek převýšení

I_{lim} – mezní nedostatek převýšení

I_{max} – maximální nedostatek převýšení

a_q – nevyrovnané boční zrychlení

$a_{q,n}$ – standardní nevyrovnané boční zrychlení

$a_{q,lim}$ – mezní nevyrovnané boční zrychlení

$a_{q,max}$ – maximální nevyrovnané boční zrychlení

7 SEZNAM PŘÍLOH

- **PŘÍLOHA Č .01** - Tabulka 1 – Stávající stav
- **PŘÍLOHA Č.02** - Tabulka 2 – Zvýšení rychlosti při stávajícím stavu - MEZNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č.03** - Tabulka 3 – Zvýšení rychlosti při stávajícím stavu MAXIMÁLNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č.04** - Tabulka 4 – Zvýšení rychlosti v závislosti na změně převýšení STANDARDNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č.05** - Tabulka 5 – Zvýšení rychlosti v závislosti na změně převýšení MEZNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č.06** - Tabulka 6 – Zvýšení rychlosti v závislosti na změně převýšení MAXIMÁLNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č.07** - Nákrešný přehled železničního svršku
- **PŘÍLOHA Č.08** - TTP 309B + vysvětlivky k tabulce TTP 06a
- **PŘÍLOHA Č.09** - Graf rychlosti pro stávající stav – MEZNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č. 10** - Graf rychlosti pro stávající stav – MAXIMÁLNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č. 11** - Graf rychlosti pro změnu převýšení – MEZNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č. 12** - Graf rychlosti pro změnu převýšení – MAXIMÁLNÍ HODNOTY
- **PŘÍLOHA Č .13** - Tabulka 7 – Rychlostní úseky při stávajícím stavu
- **PŘÍLOHA Č .14** - Tabulka 8 – Rychlostní úseky při stávajícím stavu s využitím maximálních hodnot
- **PŘÍLOHA Č .15** - Tabulka 9 – Rychlostní úseky pro změnu převýšení
- **PŘÍLOHA Č .16** - Fotodokumentace

