


Škola, fakulta	ČVUT v Praze, Fakulta stavební		
Katedra	K137 - Katedra železničních staveb		
Studijní program	Stavební inženýrství	Studijní obor	Konstrukce a dopravní stavby
Zpracoval	Bc. Aleš Kuna	Konzultant	Ing. Leoš Horníček, Ph.D.
		Datum	7. 1. 2018
Téma diplomové práce Návrh úseku železniční trasy rychlého spojení Praha - Liberec - st. hranice s Polskem s návrhovou rychlostí 200 km/h, variantně až 300 km/h.		Formát	-
		Měřítko	-
Název přílohy	Průvodní zpráva		Číslo přílohy 1

OBSAH

1.	Úvod.....	3
2.	Vývoj vysokorychlostních tratí	3
2.1.	Rychlé železnice ve světě	4
2.2.	Rychlá železnice v České republice	7
2.3.	Trasa Praha – Liberec	8
2.4.	Požadavky návrhu trasy Praha – Liberec – Polsko	13
2.5.	Mapové podklady	14
3.	Parametry vysokorychlostních tratí	15
3.1.	Návrh trasy	15
3.1.1.	Konstrukční uspořádání koleje	15
3.1.2.	Směrové poměry	15
3.1.3.	Sklonové poměry	18
3.1.4.	Prostorové uspořádání	19
3.2.	Konstrukce železničního svršku	22
3.2.1.	Kolej s kolejovým ložem	22
3.2.2.	Pevná jízdní dráha	23
3.2.3.	Výhybky	24
3.3.	Konstrukce železničního spodku	26
3.3.1.	Plán tělesa a konstrukční vrstvy	26
3.3.2.	Zemní těleso	26
3.3.3.	Stavby železničního spodku	26
4.	Popis navržených variant	30
4.1.	Varianta 1	30
4.2.	Varianta 2	38
4.3.	Přeshraniční úsek	45
5.	Modelování průjezdu vybraných vlaků	47
5.1.	Zadání dat do programu FBS	47
5.2.	Výstup z programu FBS	51
5.2.1.	Varianta 1	51
5.2.2.	Varianta 2	53
6.	Porovnání variant	56
7.	Závěr	59
	Literatura	60



1. ÚVOD

V práci je navržena část železniční trasy rychlého spojení Praha – Wrocław na českém území vedená přes Liberec. Návrh je proveden ve dvou odlišných variantách. První varianta je určena pro smíšenou dopravu osobních a nákladních vlaků s návrhovou rychlostí 200 km/h, druhá varianta je výhradně pro osobní dopravu s návrhovou rychlostí 300 km/h. Prověřeny jsou i dílčí alternativy trasování. Řešeno je také napojení vysokorychlostní tratě na stávající železniční síť. K navrženým variantám jsou vypracovány tachogramy pro různé druhy vlaků, které jsou hlavním podkladem k jejich porovnání. Textová část práce stručně pojednává i o vývinu vysokorychlostní železnice ve světě a u nás, se zvláštním zaměřením na řešený úsek Praha – Liberec. Návrhové parametry vysokorychlostních tratí zatím nejsou v české legislativě zakotveny. Existuje ale řada doporučení na základě rešerší zahraničních norem, které jsou v této práci shrnuty a podle kterých je při návrhu postupováno.

2. VÝVOJ VYSOKORYCHLOSTNÍCH TRATÍ

Železniční doprava stále více vede konkurenční boj s ostatními druhy dopravy. Především na krátké a střední vzdálenosti bojuje se silniční dopravou, jejíž předností je rychlost. Nevýhodou regionální železniční dopravy, ale částečně také dálkové dopravy je nízká cestovní rychlost v porovnání se silniční dopravou. Tento problém sahá do počátků výstavby železničních tratí, kdy trasování bylo voleno tak, aby parní lokomotivy utáhly těžké nákladní vlaky. Přeprava cestujících byla až druhotným důvodem stavby. V době výstavby většiny našich tratí byla konstrukční rychlost parních lokomotiv 60 km/h. Pokud má železnice hrát důležitou roli v přepravě na území České republiky, musí správce tratí přistupovat ke zvyšování traťových rychlostí.

V naší zemi se pouze modernizují železniční koridory na maximální rychlost 160 km/h. Bohužel ani tato rychlost není dosažitelná ve všech úsecích. Tranzitní železniční koridory kvůli tomu, že vedou většinou v původní stopě ze 40. – 60. let 19. století, neumožňují dosažení atraktivních jízdních dob.

Velkorysou variantou zvyšování rychlostí na železniční síti České republiky je výstavba vysokorychlostních tratí. Ministerstvo dopravy a SŽDC je ve stádiu studií a plánů. Téměř všechny státy západní Evropy mají VRT v provozu či ve výstavbě. I u nás se situace dává do pohybu a výstavba VRT na území České republiky se dočkala politické podpory.

2.1. Rychlé železnice ve světě

Koncept vysokorychlostní železniční dopravy byl poprvé představen v Japonsku v roce 1964. Tehdy byl otevřen první úsek z Ósaky do Tokia pro rychlovlaky jedoucí rychlostí 220 km/h při příležitosti konání olympijských her. Příchod japonských expresů zvaných Šinkansen podnítil řadu států západní Evropy k vývoji vlastních systémů rychlé železniční dopravy.

Prvním a patrně také nejznámějším systémem rychlé železniční dopravy v Evropě se staly francouzské vlaky TGV, které na počátku 80. let minulého století propojily Paříž se 450 km vzdáleným Lyonem. Původně jedinou severo-jihní vysokorychlostní trať dnes doplňují další, které z francouzské metropole vychází do všech směrů a dosahují celkové délky téměř 2000 km. Dalších více než 2500 km je plánováno nebo se nachází ve stádiu výstavby.

Identický model VRT s dominantním centrem s řadou radiál funguje např. také ve Španělsku. I zde jsou plánovány další tratě. Přestože má běžná železniční síť ve Španělsku širší rozchod 1668 mm, VRT jsou budovány se standardním rozchodem 1435 mm, čímž je propojena místní síť s Evropou.

Také Německo vyvinulo vlastní systém vysokorychlostní železniční dopravy, známý pod zkratkou ICE. Německý model kombinuje nové tratě pro vysoké rychlosti (Neubaustrecke pro rychlosti 250 až 300 km/h, viz Obr. 1) a modernizované tratě se zvýšením rychlosti (Ausbaustrecke pro rychlosti do 200 km/h). V Německu je odlišná konfigurace sídelního systému, tj. řada přibližně rovnocenných sídel, která jsou rovnoměrněji rozmístěna v území. Taková struktura přináší rovnoměrnější poptávku po přepravě, avšak také požadavek na častější zastavování. Stavba nových tratí tak byla realizována jen v poptávkově nejsilnějších relacích, např. Frankfurt am Main – Köln, Hannover – Würzburg či München – Nürnberg. Historicky bylo prioritním především propojení sever – jih, směr západ – východ zůstal pro vyšší rychlosti relativně nerozvinutý.



Obr. 1 - Německý rychlovlak ICE3 na trati Frankfurt am Main – Köln [19]

S výjimkou velkých evropských států přistoupily v průběhu 90. let k realizaci nových rychlých tratí také další menší státy jako Nizozemí, Švýcarsko, či Rakousko a to i navzdory jejich poměrně složité morfologii. Rozsáhlé projekty jsou spojeny s vysokými náklady nejen na výstavbu, ale i na provoz. Jejich odůvodnění je nicméně založeno právě v zajištění dobrého dopravního napojení a tím i se zajištěním strategické pozice a vyšší konkurenceschopnosti těchto národních ekonomik. Rakousko posiluje nejen tranzitně silný podunajský koridor Wien – Linz – Salzburg, ale investice směřuje také do dvou strategických severo-j jižních koridorů přes Semmering na Graz a přes Brenner, které jsou spojeny s realizací bázových tunelů přesahujících délku několika desítek kilometrů.

Polsko v současnosti již realizuje přestavbu původně nákladní tratě CMK (Centralna magistrala kolejowa) mezi Warszawou a Katowicemi/Krakowem na lepší parametry. V současnosti je trať pojížděna rychlostí 200 km/h, jednotkami Pendolino i vyšší. Ve druhé etapě se předpokládá zvýšení rychlosti na 250 km/h s výhledem na další zvyšování až na 300 km/h. Tato trať je také klíčová pro spojení s ČR. V návaznosti na polský projekt „Y“ spojující Warszawu s Wrocławí bude třeba prověřit a případně zohlednit další možné pokračování z Wrocławí ve směru do ČR a dále do Bavorska.

Důležitým aspektem dosavadního vývoje evropského systému VRT je vzájemně nezávislý vývoj jednotlivých sítí, reflektujících potřeby a zájmy příslušných států. Jejich rozvoj byl původně omezen jen na největší státy Evropy – Francii, Německo a Itálii, postupně i Španělsko. Jen ve výjimečných případech vedly linky rychlých vlaků až na území jiných států. Těmito výjimkami bylo především Švýcarsko a Belgie, které díky své

hospodářské a politické významnosti dokázaly získat spojení vlaky TGV a ICE. S postupným růstem národních systémů – tedy s jejich vzájemným prostorovým přibližováním se – se však stále častěji a silněji objevovala potřeba dílčí národní sítě propojit do mezinárodního systému a rozšířit rychlé spojení mezi jednotlivými státy. V současnosti je již možné v prostoru západní Evropy rozpoznat základní síť budoucího celoevropského systému VRT.

Od roku 1990 se pro tento systém používá termín Transevropská dopravní síť (TEN-T), který zahrnuje mnoho projektů řídicích se shodnými pravidly. Cílem programu TEN-T je zajistit soudržnost, propojení a interoperabilitu na transevropské dopravní síti, jakožto i přístup k ní. Schéma hlavní sítě je na Obr. 2.



Obr. 2 - Schéma transevropské dopravní sítě (TEN-T) [20]

2.2. Rychlá železnice v České republice

Československo se k myšlence vysokorychlostní dopravy připojilo poměrně brzy – již v 70. letech, kdy byl záměr výstavby rychlých tratí motivován především nedostatečnou kapacitou stávajících tratí intenzivně využívaných nákladní dopravou. V 80. letech proto bylo zpracováno několik koncepčních materiálů, řešících možné propojení klíčových sídel Československa a jejich napojení na zahraničí. Politické změny na konci 80. let a následný pokles výkonnosti zejména železniční nákladní dopravy tuto diskusi pozastavil. V polovině 90. let, kdy se plně projevil úspěch vysokorychlostních systémů v zahraničí, a hlavním tématem se stalo sjednocování Evropy, byla diskuse obnovena. V roce 1995 se proto objevuje první ucelená studie „Územně technické podklady – Koridory VRT v ČR“ řešící nejen vedení budoucích tratí územím státu, ale definuje také základní technické parametry VRT, z nichž odvodila požadavky pro územní ochranu koridorů budoucích tratí. Koncepce vycházela z německého modelu a z potřeby propojit důležitá hospodářská a kulturní centra ČR nejen mezi sebou, ale i s významnými centry střední Evropy.

V roce 2003 byla s ohledem na dynamický územní rozvoj tato studie aktualizována v podobě tzv. „Koordinační studie vysokorychlostních tratí“. Jednotlivá ramena systému byla analyzována a byly označeny preferované varianty. Tato studie byla následně předána jako podklad pro potřeby územního plánování.

Postupem času nicméně začalo být čím dál tím více zřejmé, že i toto upravené řešení ne zcela odpovídá požadavkům a potřebám plošně i populačně málo rozsáhlé České republiky a bude potřeba provést rozsáhlejší revizi celého konceptu. Primárním posláním bylo proto připravit projekt vysokorychlostní železnice na území ČR nejen jako projekt rozvoje železnice, ale jako ucelený rozvojový program.

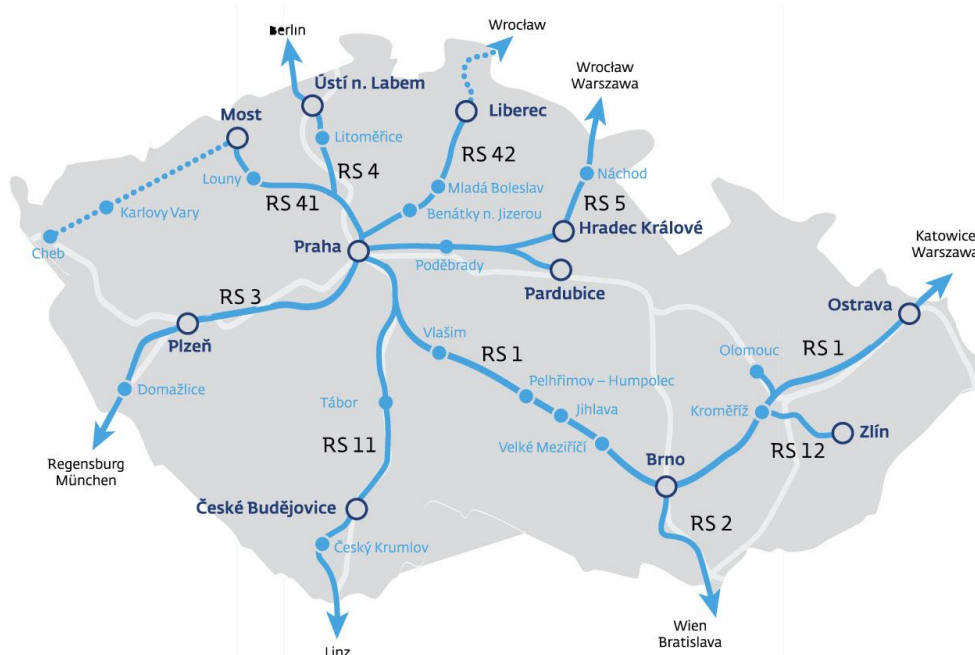
Bylo rovněž upuštěno od používání zažité zkratky VRT, která odkazovala pouze na infrastrukturní část projektu, a která byla nahrazena srozumitelnějším pojmem Rychlá spojení (RS), schéma sítě viz Obr. 3.

Rychlá spojení (RS):

provozně-infrastrukturní systém rychlé železnice na území ČR zahrnující novostavby vysokorychlostních tratí, tratě vysokorychlostní modernizované i modernizované konvenční tratě vyšších parametrů včetně vozidlového parku a provozního konceptu.

Součástí rychlých spojení tedy nebudou výhradně jen tratě vysokorychlostních parametrů, ale i modernizované tratě konvenční, s rychlostmi do 200 km/h. Proto se toto označení jeví jako vhodnější, poněvadž se těžiště celého záměru přesunulo

od infrastrukturního pojetí k zajištění obecně lepší dopravní dostupnosti. Součástí konceptu RS je také nový provozní model, který již neuvažuje pouze s provozem mezinárodních vysokorychlostních vlaků. Nový koncept umožní i provoz rychlých vnitrostátních vlaků kategorie IC a případně regionálních expresů, které zkvalitní spojení do prakticky všech regionů ČR, což významně rozšíří okruh potenciálních uživatelů. Tyto vlaky využijí VRT třeba jen v části své trasy, avšak i to jim umožní výrazně zkrátit jízdní doby mezi většinou regionálních center [4].



Obr. 3 - Tratě rychlých spojení na území České republiky [10]

2.3. Trasa Praha – Liberec

Praha je historické a přirozené centrum Čech. Počtem obyvatel téměř 1 280 000 je spolu s okolním regionem Středních Čech, kde v prstenci do 50 km od centra hlavního města trvale žije dalších cca 600 000 obyvatel, místem s nejvyšším předpokládatelným rozvojem všech oblastí lidské činnosti [4]. Praha je také dominantním cílem turistického ruchu. Kapacita železničních tratí zaústěných do pražského uzlu je vyčerpána. Pro zapojení nových vysokorychlostních tratí bude žádoucí vybudovat nový kolejový diametr známý pod názvem „Nové spojení 2“.

V Libereckém kraji žije 439 000 obyvatel. Hlavní centra Liberec (103 tis. obyvatel) a Jablonec nad Nisou (45 tis. obyvatel) tvoří velmi těsné dvojměstí sevřené hornatou krajinou [4]. Počet obyvatel Liberce v posledních deseti letech poměrně výrazně vzrostl, mírně rostl i počet obyvatel Jablonce nad Nisou. Po krachu velmi významného textilního průmyslu po roce 1990 se podařilo zachovat průmyslový potenciál vybudováním dvou nových průmyslových zón v Liberci. Kraj je dlouhodobě velmi významný z hlediska

cestovního ruchu. Železniční síť v kraji je v celorepublikovém měřítku nejméně rozvinutá. Vedle nízkých traťových rychlostí je problémem i téměř vyčerpaná kapacita příměstských tratí v okolí Liberce.

Mezi Prahou a Libercem se nachází Mladoboleslavský region. Nevytváří samostatný kraj, z hospodářského hlediska se ale jedná o svébytný region. Město Mladá Boleslav má 44 tis. obyvatel (resp. 51 tis. včetně Kosmonos vytvářející těsné souměstí), aglomerace přesahuje 90 tis. obyvatel, neboť v okolí mladé Boleslavi se vytváří suburbánní zóna obdobně jako u ostatních krajských měst [4]. Rozhodující je průmyslový potenciál regionu.

Propojení těchto tří regionů kvalitní a rychlou železniční dopravou může mít velký potenciál.

Tab. 1 - Dostupnost významných měst ČR z Liberce [4]

Orientační vzdálenost [km]		
Liberec	100	Ústí nad Labem
	100	Hradec Králové
	110	Trutnov
	110	Praha
	130	Pardubice
	160	Chomutov
	200	Tábor
	210	Plzeň
	240	Karlovy Vary
	240	Olomouc
	250	České Budějovice
	280	Jihlava
	310	Brno
	340	Ostrava
400	Zlín	

	Vlak je rychlejší než auto
	Vlak je pomalejší než auto, ale rychlejší než autobus
	Vlak je pomalejší než auto i autobus

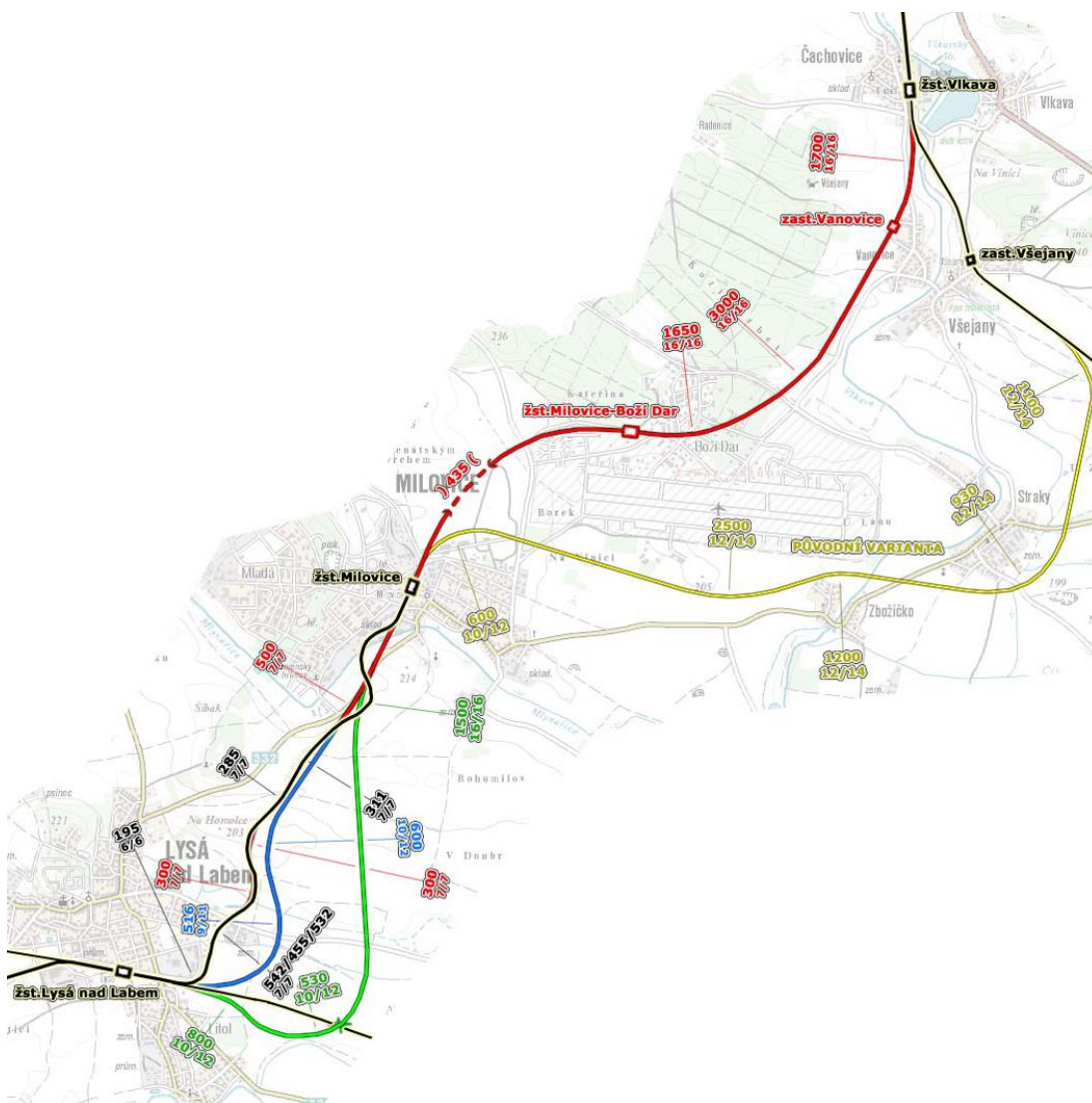
Z Tab. 1 je patrné, že železniční spojení Libereckého kraje s ostatními významnými městy je na špatné úrovni. Konkurenceschopnost železnice se snížila především dokončením dálnice D10 a navazující silnice I/35 v 90. letech, které nabízejí kvalitní silniční spojení Liberce i Jablonce nad Nisou s Prahou. V těchto trasách je vedeno mnoho rychlých autobusových linek.

Z pohledu rychlých spojení leží Liberec na potenciálně zajímavé dopravní ose München – Plzeň – Praha – Wrocław – Warszawa. V mezinárodních relacích se nabízí alternativní trasování přes Ostravu, resp. Leipzig a Dresden, které se vyhne výrazným

geografickým překážkám, zejména pohořím Krkonoše a Jizerské hory. Trasa má ale i potenciál cest majících zdroj a cíl cesty uvnitř České republiky.

Dopravním modelováním bylo vyhodnoceno, že toto spojení není v současné době prioritou [4]. Trasa je prověřována v rámci vyhledávací studie s realizací v roce 2050. Předpokládá se spojení Praha – Liberec – Wrocław s jízdní dobou Praha – Liberec 60 minut v taktu 1 h a Praha – Wrocław 120 minut v taktu 2 h.

V roce 2002 byla provedena studie možností zrychlení železničního spojení z Prahy do Liberce s neoficiálním názvem „Pátý koridor“. Cílem bylo snížení jízdní doby až pod 80 minut, aby mohla železnice opět konkurovat silniční dopravě. Uvažovány byly 2 varianty trasování, a to ve stopě trati č. 070 přes Neratovice, nebo ve stopě trati č. 231 přes Lysou nad Labem s výstavbou nového krátkého úseku mezi Milovicemi a Čachovicemi (tehdy žst. Vlkava) zvaného „Všejská spojka“. Při porovnání obou tras se jako výhodnější jeví ta přes Lysou nad Labem, proto byla podrobněji rozpracována, viz Obr. 4.



Obr. 4 - Studie pátého koridoru, úsek Lysá nad Labem – Čachovice [9]

Navrženy byly varianty s maximálními rychlostmi 120 km/h a 160 km/h. Ve většině úseků kopírují trasy stávajících tratí s malými přeložkami a napřímeními oblouků. Samostatně je řešena stanice Mladá Boleslav, která má zastaralé uspořádání a nevhodnou stísněnou polohu. Je však významná zejména pro nákladní dopravu.

Nejzajímavější částí trasy je úsek Turnov – Liberec, který protíná Ještědsko-Kozákovský hřbet a vyznačuje se náročnými směrovými i sklonovými poměry. Současná jízdní doba kolem 35 minut by se měla snížit i na méně než polovinu. Ve studii byly všechny varianty navrženy s dlouhými tunely, které se jeví jako nevyhnutelné. Nejrychlejší varianta zahrnuje tunely délek 2 293 m a 5 060 m, viz Obr. 5. Problematické je napojení stanice Turnov, která je ve stávající trase úvratí. K nelibosti vedení města všechny varianty tuto stanici míjí, čímž je dosaženo atraktivnější celkové jízdní doby mezi Prahou a Libercem.



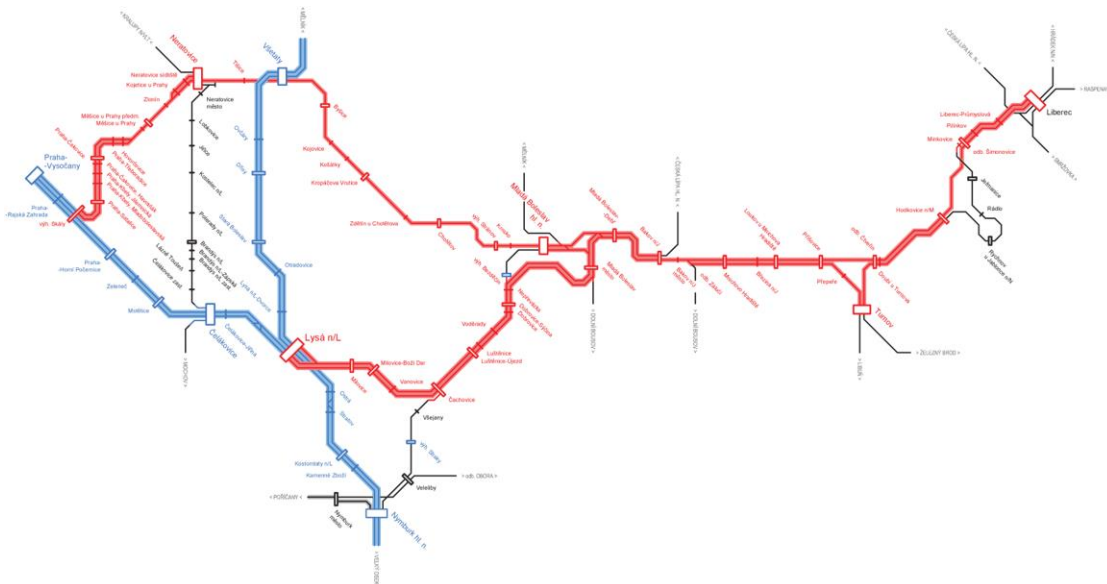
Obr. 5 - Studie pátého koridoru, úsek Hodkovice nad Mohelkou – Liberec [9]

V roce 2017 byl projekt „Pátého koridoru“ aktualizován a prezentován v nové podobě. Připravená studie proveditelnosti obsahuje tři základní varianty k dalšímu ekonomickému vyhodnocení.

První varianta počítá s nejmenšími změnami a využívá stávající trať č. 070 přes Neratovice a Všetaty. Navrženo je zdvojkolejnění úseku Praha – Neratovice, ve kterém je v současné podobě vyčerpána kapacita a zavedení dalších vlaků není možné. Nově by vznikla také Dalovická spojka umožňující přímé napojení stanice Mladá Boleslav město směrem na Turnov. Městu Liberec tato varianta nepřináší výrazné zlepšení cestovních dob do Prahy.

Druhá varianta je obdobná, ale navíc počítá s výstavbou tunelu z Hodkovic do Šimonovic, díky kterému se výrazně zkrátí jízdní doba mezi Turnovem a Libercem. Úvrať ve stanici Turnov však zůstává. Navrženo je i nové zaústění tratě č. 071 z Nymburka do Mladé Boleslavi města od Bezděčína pod vrchem Chlum a podél nákupní zóny Olympia. Vlaky by zastavovaly přímo v centru města a zlepšila by se i návaznost na autobusové linky.

Třetí varianta je nejrychlejší. Podobně jako studie z roku 2002 vede přes Lysou nad Labem a počítá s vybudováním dvoukolejné Všejské spojky. Řešení mladoboleslavského uzlu je shodné s variantou 2. Tato varianta navíc přináší zdvojkolejnění traťového úseku Mladá Boleslav – Turnov a vybudování Ohrazenické spojky, čímž odpadne úvrať ve stanici Turnov. Traťové schéma varianty je na Obr. 6.



Obr. 6 - Studie proveditelnosti Praha - Mladá Boleslav - Liberec z roku 2017, varianta 3

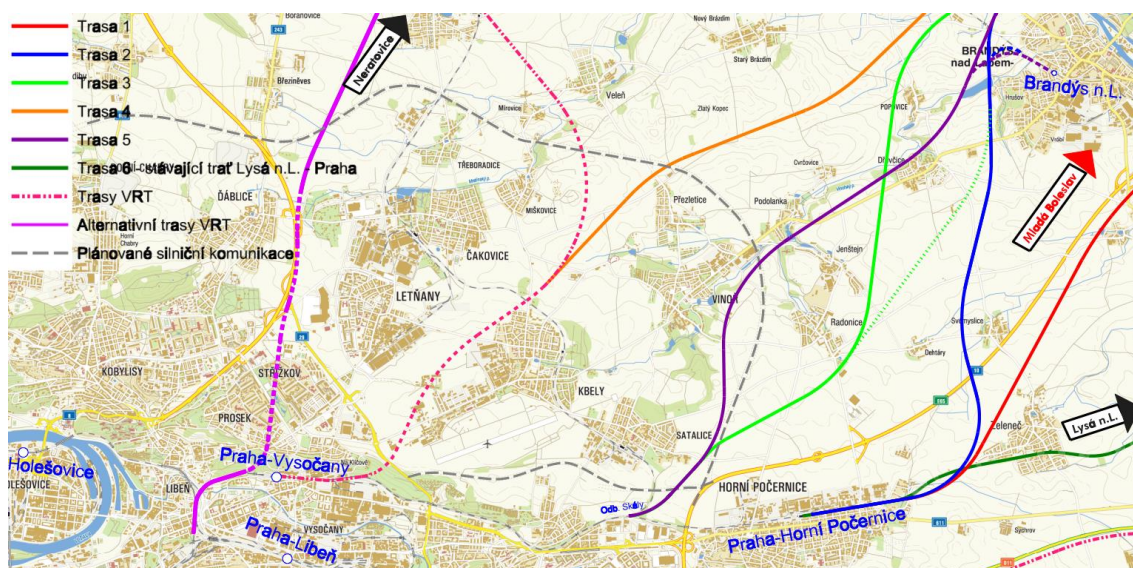
2.4. Požadavky návrhu trasy Praha – Liberec – Polsko

Cílem je navrhnout rychlé železniční spojení z Prahy do Liberce s pokračováním dále do Polska, případně do Německa. Návrh bude zpracován ve dvou variantách v úseku Praha – Liberec následovně:

- s návrhovou rychlostí 200 km/h pro smíšenou dopravu,
- s návrhovou rychlostí 300 km/h výhradně pro osobní dopravu.

Úsek Liberec – státní hranice s Polskem bude navržen invariantně s návrhovou rychlostí 250 km/h pro smíšenou dopravu.

Po konzultaci s Ministerstvem dopravy byla výchozím bodem trasy stanovena žst. Praha-Vysočany a počítá se s totožným vedením s plánovanou vysokorychlostní tratí Praha – Dresden, viz Obr. 7. Vysokorychlostní trať z Prahy do Liberce bude v počátku úseku sledovat oranžovou trasu mezi Kbely a Letňany. Samotný železniční uzel Praha nebude podrobně řešen. Konec trasy bude na státní hranici s Polskem, přičemž přesné umístění je konfrontováno s existujícími studii vysokorychlostních tratí na polském území.



Obr. 7 - Varianty zaústění VRT do Prahy, studie pro Ministerstvo dopravy, 2010

Souměstí Brandýs nad Labem-Stará Boleslav přináší velký potenciál příměstských cest do Prahy při předpokladu zavedení rychlých regionálních vlaků. V těsné blízkosti měst se nachází ochranné pásmo vodního zdroje Káraný, na které bude při návrhu trasy nutné brát zřetel.

Napojení města Mladá Boleslav je další z podmínek vedení trasy. Je významné jak z hlediska osobní dopravy do Prahy, kdy vysokorychlostní železnice odlehčí velmi vytíženou dálnici D10, tak z hlediska nákladní dopravy. Škoda-Auto potřebuje rychlé spojení s dalšími závody ve světě, po této trase zejména s polskou Poznaní. Bude ale

upuštěno od zaústění VRT do současné stanice, byť modernizované, kvůli její nevhodné poloze v údolí Jizery. Pro napojení na stávající železniční síť by bylo vhodné využít modernizovanou stanici Mladá Boleslav město, která se nachází v živém centru města.

Problematickým místem zůstává Turnov. V současném řešení je na trase Praha – Liberec úvratí, což je v návrhu vysokorychlostní trati nepřijatelné. Pro obyvatele Turnova by bylo atraktivní zrychlení spojení s krajským městem Liberec. Je nutné zvážit, zda má tato relace důležitost, nebo zda bude trať Turnov míjet, podobně jako dřívější projekty.

V Liberci se nabízí dvě základní myšlenky řešení trasy. Střídmejší návrh by zaústil trať do stávající železniční stanice, u které je plánována modernizace nástupišť i kolejiště, výhodně by byla vysokorychlostní železnice oddělena ostrovní výpravní budovou. Toto řešení preferuje současné vedení města, Vysokorychlostní trať by odvázněji mohla být vedena v nové stopě „obchvatem“ ve svahu Ještědského hřebene. Tato alternativa by si vyžádala náročné mostní objekty a řešení návazné MHD od nově vybudované stanice do centra města. Za to by přispěla menšími rychlostními propady.

Sousední Jablonec nad Nisou si vzhledem ke své významnosti také zaslouží přímé spojení s Prahou, které bude ve variantách prověřeno.

Předpokládá se, že trať bude využívána dálkovými mezinárodními vlaky v relaci Praha – Wrocław, meziregionálními vlaky Praha – Liberec a rychlými příměstskými vlaky Praha – Mladá Boleslav. Rychlost nejpomalejších osobních vlaků lze obecně uvažovat 160 km/h. Varianta pro nižší rychlost bude v sedlech využívána i nákladními vlaky. Očekává se menší zatížení těžkými vlaky, než na ostatních přechodech do Polska, protože tato trať bude primárně sloužit pro kontejnery a automotive. Dopravní modelování z roku 2015 v [4] nepředpokládá v tomto směru zatížení větší než 20 milionů t/rok. Rychlost nákladních vlaků bude uvažována 100 km/h. Ve světě není smíšená doprava na VRT příliš obvyklá, výjimkou je Německo a Rakousko.

2.5. Mapové podklady

Jako základní mapové podklady se využijí ZM50 a Ortofotomapy přenášené online ze serveru Českého úřadu zeměměřického a katastrálního prostřednictvím WMS (Web Map Service) služby přímo do aplikace AutoCAD. Doplněny budou veřejně dostupnými mapami Výzkumného ústavu vodohospodářského – ochranná pásma vodních zdrojů, záplavová území; a České geologické služby – povrchová geologie, svahové nestability. Pro řešení napojení na stávající železniční síť poskytla Správa železniční dopravní cesty jednotné železniční mapy v digitální podobě pro oblast Prahy-Vysočan, Mladé Boleslavi a Liberce.

Pro vytvoření výškového modelu terénu jsou využity datové sady ZABAGED® - výškopis grid 10×10 m a zpřesňující Digitální model reliéfu 5. generace zapůjčené od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Vzhledem k rozsahu řešeného území byla část mapových podkladů získána v rámci předmětu Diplomový seminář.

3. PARAMETRY VYSOKORYCHLOSTNÍCH TRATÍ

Česká legislativa popisující technická řešení vysokorychlostních tratí se stále vyvíjí. Vychází z porovnávání českých a evropských předpisů a zkušeností provozovatelů VRT ve světě. Technicko-provozní studie [6] uvádí doporučené hodnoty s přihlédnutím k místním specifikům a zvyklostem v souladu s [1]. Zpracování výstupů studie do platné legislativy se předpokládá na počátku roku 2018. Prvními upravenými předpisy mají být Dopravní řád drah a Stavební řád drah. Dalším hmatatelným produktem navazujícím na studii má být připravovaný manuál pro projektování nových tras v rámci studií proveditelnosti. Technické normy a interní předpisy provozovatele dráhy potřebné pro následující fáze rozvoje VRT připraví SŽDC v následujících dvou letech [16].

V navazujících kapitolách budou vytyčeny základní parametry návrhu pro zpracovávané charakteristiky VRT v rámci diplomové práce, převzaté z [6].

3.1. Návrh trasy

3.1.1. Konstrukční uspořádání koleje

Návrhový rozchod koleje je nově stanoven na hodnotu 1437 mm. Oproti současnému standardnímu rozchodu 1435 mm poskytuje větší variabilitu úklonů kolejnic pro vysoké rychlosti. V některých zemích je již rozšířen.

Převýšení koleje v kolejovém loži je při zatížení do 20 mil. t/rok omezeno na 160 mm. V některých zemích je na pevné jízdni dráze dovoleno převýšení 170 až 180 mm.

3.1.2. Směrové poměry

Průchodnost trati územím je ovlivněna poloměry směrových oblouků spolu s traťovou rychlostí a podélnými sklony. K určení potřebných poloměrů směrových oblouků pro dané traťové rychlosti je třeba stanovit hodnoty nedostatku a přebytku převýšení, viz Tab. 2. Pro návrh novostavby VRT se použijí standardní hodnoty, v komplikovaných situacích z hlediska geografie, sídelního uspořádání nebo navazujících dopravních staveb lze využít mezní hodnoty. Maximální hodnoty lze využívat pouze lokálně ve výjimečných případech pro zabránění propadů rychlostí. Provoz vlaků při velkých nedostatcích převýšení se negativně promítá do údržbové náročnosti.

Tab. 2 - Nedostatek a přebytek převýšení

Traťová rychlost		km/h	200	250	300
Nedostatek převýšení	Standardní	mm	80		
	Mezní	mm	100		80
	Maximální	mm	150	130	100
		150 ^(PJD)		150 ^(PJD)	
Nedostatek převýšení v místě KDZ	Maximální	mm	60		
Nedostatek převýšení ve výhybce	Maximální	mm	60		V oblouku vyloučeno
Přebytek převýšení	Mezní	mm	80		
	Maximální	mm	110		

Optimální hodnota nedostatku převýšení pro chodové vlastnosti vlaků je 20 mm. Je vhodné navrhnout převýšení v obloucích tak, by i pomalé vlaky jezdily s tímto nedostatkem převýšení.

Náhlá změna nedostatku převýšení se pro rychlosti vyšší než 230 km/h připouští jen v nezbytných případech, a to do velikosti 25 mm.

Poloměry směrových oblouků vychází z povolených nedostatků a přebytků převýšení, povoleného převýšení a předpokládané rychlosti všech pravidelně provozovaných vlaků. Dopad na poloměry oblouků mají tedy i pomalé nákladní vlaky s výrazně nižší provozní rychlostí, než je rychlost maximální. V příznivém terénu je doporučeno navrhovat poloměry co největší, alespoň $0,07 \cdot V^2$. Nejmenší poloměry směrových oblouků uvádí Tab. 3. Poloměr oblouku se nemá navrhovat větší než 25 000 m.

Tab. 3 - Nejmenší poloměry směrových oblouků

Rychlost		Poloměr směrového oblouku				
traťová	nejpomalejší vlak	doporučený $0,07 \cdot V^2$	standardní	mezní	minimální	minimální PJD
km/h	km/h	m	m	m	m	m
250 *	100	4 400	3 872	3 442	2 582	2 383
300 **	200	6 300	4 425	4 425	4 085	3 319

* novostavby tratí pro rychlost 250 km/h s provozem nákladní dopravy

** novostavby tratí pro rychlost 300 km/h bez provozu nákladní dopravy

Délky přímých a kružnicových částí oblouků se navrhují podle Tab. 4.

Tab. 4 - Délky přímých nebo kružnicových částí oblouků v hlavní koleji

Případ	Rychlost	Nejmenší délka prvku	
		standardní	minimální
	<i>km/h</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
Přímá a kružnicový oblouk	$V \leq 200$	$0,50 \cdot V$	$0,25 \cdot V$
	$200 < V \leq 300$	$0,70 \cdot V$	$0,40 \cdot V$
Přímá přilehlá k výměnovému styku výhybky	$V \leq 200$	$0,15 \cdot V$	
	$200 < V \leq 300$	$0,40 \cdot V_{odb}$	$0,25 \cdot V_{odb}$
Přímá přilehlá ke koncovému styku výhybky v přímém směru	$V \leq 200$	30	
	$200 < V \leq 300$	50	

Normové ukotvení tvaru a délky přechodnic pro VRT zatím nebylo provedeno. Pro rychlosti do 250 km/h budou navrženy přechodnice ve tvaru klotoidy s lineární vzestupnicí. Budou navrhovány v co největší délce se součiniteli sklonu vzestupnic a změny nedostatku převýšení dle Tab. 5.

Tab. 5 - Součinitele sklonu lineárních vzestupnic a změny nedostatku převýšení

Rychlost		$V \leq 200$ km/h	$V > 200$ km/h
Součinitel sklonu vzestupnice	Standardní	$12 \cdot V$	
	Mezní	$8 \cdot V$	$10 \cdot V$
	Minimální	$7 \cdot V$	$8 \cdot V$
Součinitel změny nedostatku převýšení	Standardní	$10 \cdot V$	
	Mezní	$8 \cdot V$	
	Minimální	$6 \cdot V$	

Extrémy lineárních vzestupnic se s ohledem na jízdní komfort při rychlostech větších než 200 km/h zaoblují parabolou druhého stupně s pevnou délkou tečny 20 m.

Při rychlostech větších než 250 km/h a převýšení větším než 80 mm se doporučuje navrhovat nelineární přechodnice podle Blossa s odpovídající Blossovou vzestupnicí. Použití nelineárních přechodnic a vzestupnic v současné době nepředstavuje problém ani zvýšené náklady při návrhu, realizaci a údržbě, ale naopak přináší výhody v podobě omezení náhlé změny úhlového zrychlení a souvisejícího příčného ryvu v extrémech lineárních vzestupnic. Parametry návrhu nelineárních přechodnic a vzestupnic jsou uvedeny v Tab. 6.

Tab. 6 - Součinitele sklonu nelineárních vzestupnic a změny nedostatku převýšení

Rychlost		$V \leq 200$ km/h	$V > 200$ km/h
Součinitel sklonu vzestupnice	Standardní	$5 \cdot V$	$6 \cdot V$
	Mezní	$5 \cdot V$	
	Minimální	$4 \cdot V$	
Součinitel změny nedostatku převýšení	Standardní	$5,3 \cdot V$	
	Mezní	$4 \cdot V$	
	Minimální	$3 \cdot V$	

3.1.3. Sklonové poměry

Velikost podélných sklonů má vliv jak na investiční náklady na vybudování infrastruktury, tak na provozní podmínky pro osobní i nákladní dopravu. Na tratích pro smíšený provoz je požadováno dodržení sklonu 12,5 ‰, doporučováno bývá i méně – 8 ‰. Dosáhnout těchto hodnot v členitém terénu je však problematické, proto bývá v krátkých úsecích přistoupeno k méně striktnímu omezení sklonů. Vysokorychlostní tratě výhradně pro osobní dopravu se může skládat z ramp o sklonu až 35 ‰, neboť vysokorychlostní vozidla mají velký měrný výkon pro překonávání aerodynamických ztrát a tedy i velkou stoupavost a strmá stoupání zvládají dynamicky – náběhem. V této práci budou podélné sklony navrženy v souladu s Tab. 7. Podstatným parametrem je délka větších sklonů, která je omezována kvůli trakčním a brzdovým charakteristikám vozidel.

Tab. 7 - Podélné sklony kolejí na vysokorychlostní trati

Případ	Sklon koleje	Poznámka
Traťová kolej pro smíšenou dopravu	8 ‰	Standardní
	10 ‰	Mezní v úseku do 20 km s vjezdem min. 100 km/h
	14 ‰	Mezní v úseku do 5 km s vjezdem min. 100 km/h
	20 ‰	Mezní v úseku do 2 km s vjezdem min. 100 km/h
Traťová kolej pro osobní dopravu	20 ‰	Standardní při provozu konvenčních vozidel
	25 ‰	Maximální při provozu konvenčních vozidel v úseku do 6 km
	35 ‰	Maximální při provozu konvenčních vozidel v úseku do 2 km
		Maximální bez provozu konvenčních vozidel v úseku do 6 km
	20 ‰	Standardní klouzavý sklon na délku 10 km při rychlosti vyšší než 300 km/h
	25 ‰	Maximální klouzavý sklon na délku 10 km
	15 ‰	Mezní klouzavý sklon na délku 10 km v úseku pravidelného rozjíždění většiny vlaků nad 250 km/h, pokud možno bez tunelů
-12 ‰	Standardní v úseku pravidelného brzdění všech vlaků nad 160 km/h, pro možnost brzdění pouze rekuperací	
Kolej v tunelu	4 ‰	Standardní, minimální pro tunely delší než 1 km
	2 ‰	Minimální
Kolej na mostě	10 ‰	Maximální na pohyblivé opěře (pilíři) s KDZ v kolejovém loži při rozsahu dilatačního pohybu ± 150 mm
	5 ‰	Maximální na pohyblivé opěře (pilíři) s KDZ v kolejovém loži při rozsahu dilatačního pohybu ± 300 mm
	2,5 ‰	Maximální na pohyblivé opěře (pilíři) s KDZ v kolejovém loži při rozsahu dilatačního pohybu ± 300 mm
Kolem místa bez napájení	5 ‰	Mezní na obě strany do vzdálenosti 0,6 km do 250 km/h, resp. 1,0 km do 350 km/h, optimálně na vrcholu
Staniční kolej	1 ‰	Standardní u nástupiště a na odstavné koleji
	2,5 ‰	Maximální na odstavné koleji a u nástupiště při spojování a rozpojování jednotek
	6 ‰	Maximální v hlavní koleji u nástupiště

Výškové řešení VRT se nenavrhuje jako trasa konstantního odporu. Sklony se neupravují o traťové odpory ani v obloucích, ani v tunelech. Zejména pro nákladní dopravu je podstatná minimalizace ztracených spádů.

S ohledem na klidný chod vozidel při vysokých rychlostech jsou na VRT stanoveny minimální délky podélných sklonů. Nejmenší délka prvku se pro všechna rychlostní pásma uvažuje standardně jako $0,55 \cdot V$, výjimečně jako $0,40 \cdot V$. Do úseku délky 1 km je vhodné umístit maximálně 4 výškové prvky.

Zaoblení lomů sklonu se navrhuje ve tvaru paraboly druhého stupně. Poloměry zaoblení se pro různá rychlostní pásma navrhnou podle Tab. 8.

Tab. 8 - Výškové oblouky na vysokorychlostních tratích

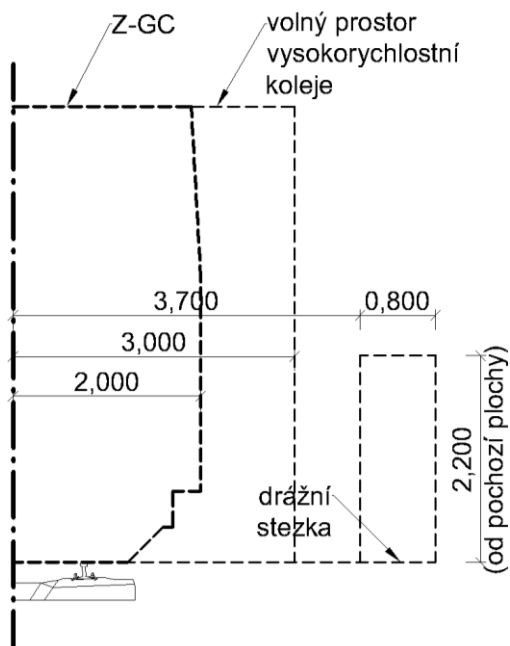
Traťová rychlost		km/h	200	250	300
Poloměr zaoblení lomu sklonu	Standardní	m	$0,40 \cdot V^2$	$0,40 \cdot V^2$	25000
	Mezní	m		$0,25 \cdot V^2$	16000
	Minimální	m	$0,20 \cdot V^2$		$0,16 \cdot V^2$

Při použití alespoň mezních hodnot je zajištěna teoretická možnost budoucího zvýšení rychlosti z 250 na 320 km/h a z 300 na 330 km/h. Zároveň se doporučuje nepřekračovat hodnotu poloměru zaoblení 40000 m. Délka zaoblení lomů sklonu má být z hlediska údržby koleje alespoň 20 m. Zaoblení lomů sklonu se má navrhovat přednostně v přímé, v případě potřeby ve směrovém oblouku. Dle [1] je možné pro rychlosti vyšší než 160 km/h navrhnout zaoblení lomu sklonu procházející celou délkou přechodnic a odpovídajících lineárních vzestupnic, doporučuje se odstup okrajů zaoblení od okrajů vzestupnice minimálně 60 m.

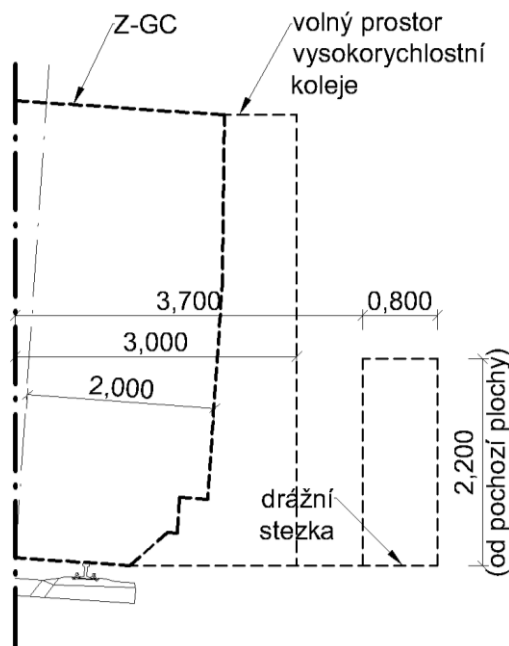
3.1.4. Prostorové uspořádání

Pro všechna navrhovaná rychlostní pásma se použije průjezdný průřez Z-GC. Pro rychlosti vyšší než 200 km/h je dále vymezen volný prostor vysokorychlostní koleje svislými rovinami ve vzdálenosti 3,000 m od svislice procházející osou koleje a vodorovnou rovinou ve výšce horního okraje průjezdného průřezu. Mimo volný prostor vysokorychlostní koleje se navrhne drážní stezka šířky 0,800 m a výšky 2,200 m ve vzdálenosti od osy koleje alespoň 3,700 m, pro rychlosti do 250 km/h alespoň 3,500 m. Schématické uspořádání příčného řezu znázorňuje Obr. 8.

KOLEJ BEZ PŘEVÝŠENÍ



KOLEJ S PŘEVÝŠENÍM



Obr. 8 - Uspořádání průřezného průřezu, volného prostoru vysokorychlostní koleje a drážní stezky

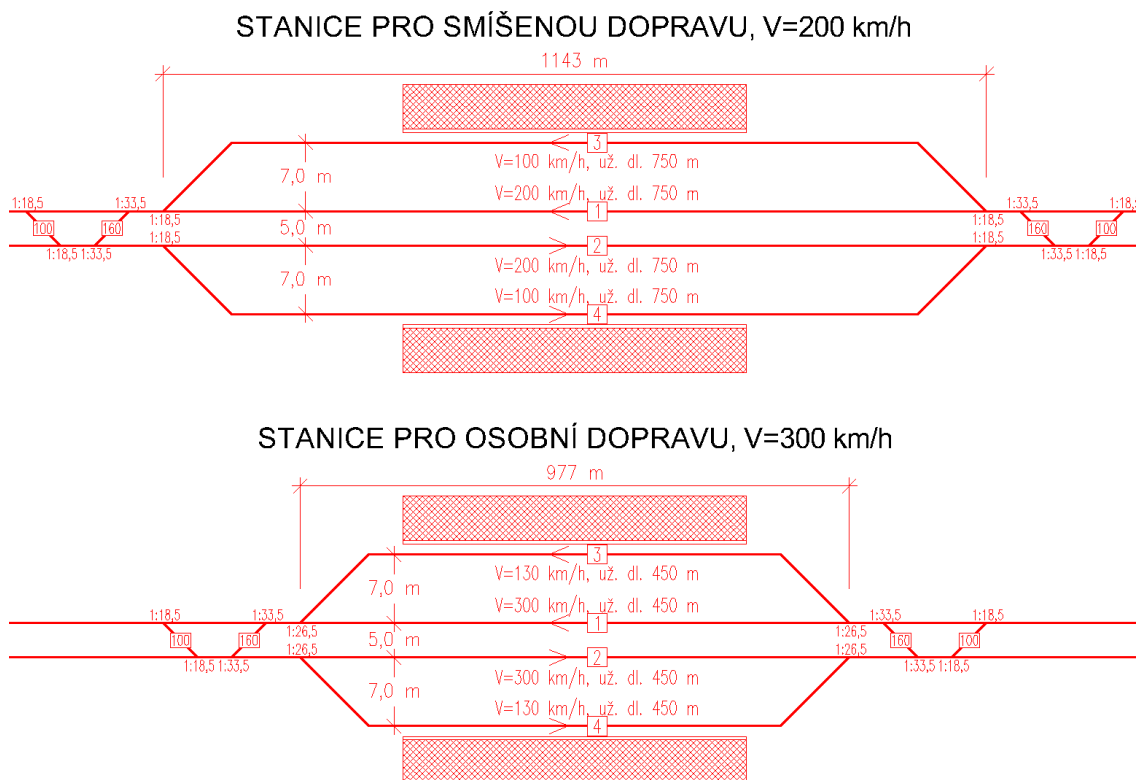
Novostavby vysokorychlostních tratí se navrhují zásadně dvoukolejné. Doporučené osové vzdálenosti uvedené v Tab. 9 vychází z požadavků pro bezpečný provoz vysokorychlostních vlaků na sousedních kolejích, pohyb osob po drážní stezce, umístění stožárů trakčního vedení a umístění odvodňovacího zařízení. Za účelem unifikace a omezení počtu atypických konstrukcí je vhodné používat co nejmenší počet osových vzdáleností, jak mezi hlavními kolejemi, tak mezi hlavními a předjízdny.

Tab. 9 - Osové vzdálenosti hlavních kolejí na vysokorychlostní trati

Maximální rychlost	Osová vzdálenost mezi:					
	hlavními kolejemi			v ŽST, VÝH, ODB	hlavní a předjízdnu kolejí	hlavní a manipulační odvratnu kolejí
	na širé trati					
	Osobní doprava	Směšná doprava				
km/h	m	m	m	m	m	
200	4,300		5,000		4,000	
250	4,300	4,700	5,000	7,000 **		
300	4,700	4,700 *				

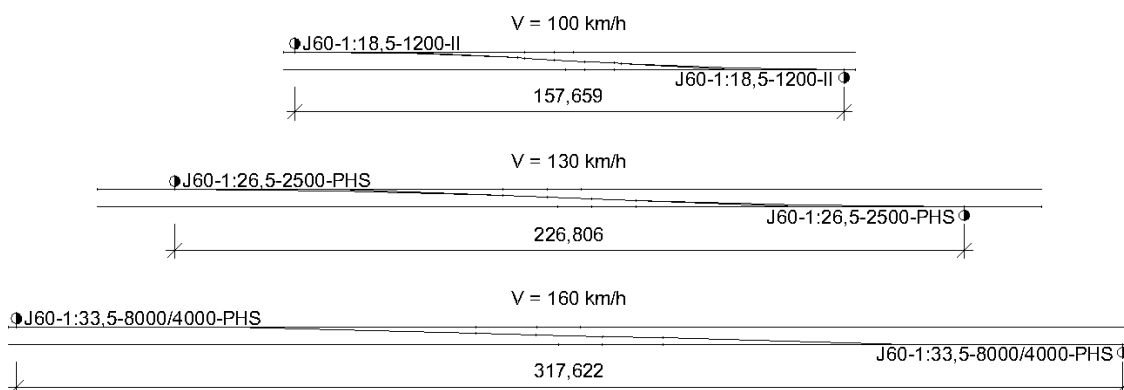
* s vyloučením dvoukolejných tunelů

** při absenci stožárů trolejového vedení lze snížit na 6,50 m



Obr. 9 - Dopravní schémata stanic pro 2 varianty

Uspořádání dopravního závěsu závisí na navržené traťové rychlosti. Pro rychlosti vyšší než 200 km/h je nutné umístit nástupiště mimo hlavní koleje. Minimální uspořádání stanice pro osobní dopravu tedy zahrnuje jednu předjízdovou kolej s vnějším nástupištěm pro každý směr. Rychlost v předjízdových kolejích se navrhuje 100 km/h, při větším vytížení 130 až 160 km/h. Délka kolejí je v případě stanice pro osobní dopravu minimálně 450 m, v případě výhybny pro nákladní dopravu pak 750 m. Uspořádání stanic bude navrženo dle modelu uvedeného v [6], dopravní schémata jsou znázorněna na Obr. 9. Výhybny budou umístěny ve vhodných místech po cca 30 km. Každých 15 km je vhodné navrhnout kolejové propojení s rychlostí 130 nebo 160 km/h do odbočky. Spojky je třeba situovat v přímém úseku. Schémata jednoduchých kolejových spojek včetně skladebné délky pro osovou vzdálenost 5,000 m znázorňuje Obr. 10.



Obr. 10 - Jednoduché kolejové spojky

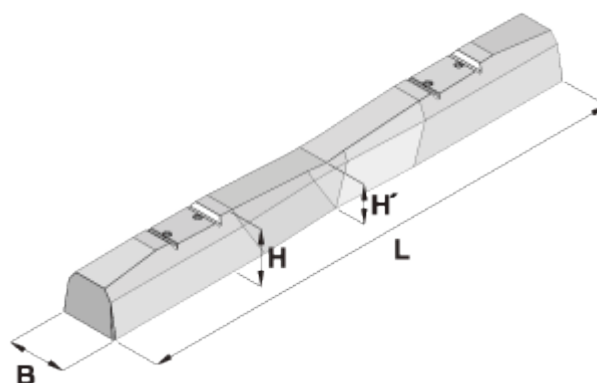
Odbočky z vysokorychlostní trati na konvenční síť se doporučují navrhovat pro rychlosti 100 až 220 km/h, viz Tab. 10 v kapitole 3.2.3. Mají být uspořádány tak, aby vlaky zpomalovaly nebo zrychlovaly mimo vysokorychlostní trať. Odbočky budou zásadně mimoúrovňové.

3.2. Konstrukce železničního svršku

Svršek vysokorychlostní trati může být tvořen kolejí s kolejovým ložem, nebo pevnou jízdni dráhou. V obou případech bude navržen svršek s kolejnicemi tvaru 60 E2. Úklon kolejnic je shodný s konvenční sítí o hodnotě 1:40. Při zhotovení se použijí co nejdelší kolejnice (standardně 100 až 120 m) svařené do bezстыkové koleje, přičemž je preferováno odtavovací stykové svařování.

3.2.1. Kolej s kolejovým ložem

V České republice jsou nyní ve fázi zkušebního ověřování vysokorychlostní pražce BC12, viz Obr. 11. Tyto pražce jsou betonové, předem předpjaté čtyřmi tyčemi, standardní délky 2,6 m. Dimenzovány jsou na kombinaci rychlosti 300 km/h a nápravové hmotnosti 25,0 t. Dodávají se s pružným bezpodkladnicovým upevněním W14 pro kolejnici 60 E2 s úklonem úložné plochy 1:40 a rozchodem 1437 mm.



Hmotnost	Objem	Třída betonu	L	B	H	H'
<i>kg</i>	<i>m³</i>	-	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
380	0,140	C45/55 XF1	2600	300	245	200

Obr. 11 – Pražec BC12 [18]

Tvar kolejového lože je doporučeno rozšířit oproti standardně používaným parametrům konvenčního železničního svršku. Pro koleje s rychlostí větší než 200 km/h se navrhuje šířka koruny lože 1,800 m od osy koleje s povrchem rovnoběžným se spojnicí temen kolejnicových pásů, sklon svahů lože 1:1,5. Rozšíření ani nadvýšení se nenavrhují. Masivnější kolejové lože zajišťuje vyšší příčnou stabilitu koleje a omezuje dopady odezvy lože na dynamické zatížení. Tloušťka kolejového lože se navrhne minimálně 350 mm pod ložnou plochou pražce (měřeno pod kolejnicí), v kolejových spojkách lze připustit tloušťku 300 mm. Maximální výška kolejového lože se dle zahraničních zkušeností vzhledem k širší koruně doporučuje zvýšit na 1 050 mm, na rozdíl od stávajících 900 mm.

3.2.2. Pevná jízdní dráha

Volba pevné jízdní dráhy místo klasického svršku přináší výhody v podobě vyšší a trvalé stability směrové a výškové polohy koleje, vyšší bezpečnosti proti vybočení koleje, delší životnosti, konstantní tuhosti koleje a nízkých údržbových nákladů. Z hlediska návrhu trasy je na pevné jízdní dráze přípustné větší převýšení i možnost využití většího nedostatku převýšení. Zejména v tunelech a na mostech je výhodná menší stavení výška.

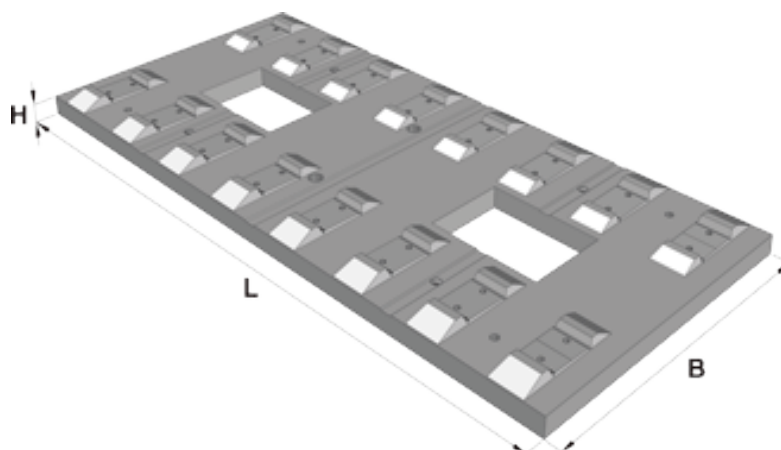
Mezi nevýhody pevné jízdní dráhy patří vyšší pořizovací náklady, komplikované větší opravy, náročnější konstrukce železničního spodku a bez dodatečné protihlukové úpravy také vyšší zatížení okolí hlukem. Reálná životnost na VRT dosud nebyla ověřena, odhaduje se na 60 let.

Pevnou jízdní dráhu je doporučeno použít v následujících případech:

- VRT s rychlostí vyšší než 300 km/h,
- silně zatížená VRT s rychlostí vyšší než 250 km/h,

- silně zatížená VRT se smíšenou dopravou a rychlostí vyšší než 230 km/h,
- VRT s větším počtem dlouhých tunelů v alespoň 40 % délky úseku.

Na síti SŽDC existují 2 zkušební úseky pevné jízdní dráhy, každý je proveden jiným způsobem. První úsek byl realizován v letech 2004 až 2005 na koridorové trati mezi stanicemi Třebovice v Čechách a Rudoltice v délce 500 m a využívá konstrukční systém Rheda 2000. Tento systém využívá dvoublokových pražců spojených příhradovou výztuží následně zmonolitněných do betonové nosné desky, která spočívá na podkladní betonové vrstvě. Druhý úsek pevné jízdní dráhy byl vybudován v přeshraničním Střelenském tunelu u Horní Lidče v letech 2011 až 2013. Zde je použita odlišná konstrukce typu ÖBB-Porr, jejímž hlavním prvkem je elasticky uložená nepředpjatá vyztužená betonová deska. Podobu panelu a jeho rozměry uvádí Obr. 12. Uprostřed panelu jsou dva otvory, které slouží k podlití samozhutnitelným betonem. Tento systém je jedním z nejrozšířenějších systémů z prefabrikovaných panelů v Evropě a bude použit i v Ejpovických tunelech, které svými parametry odpovídají budoucímu využití pro VRT.



Hmotnost	Objem	Třída betonu	L	B	H
<i>kg</i>	<i>m³</i>	-	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
4953	1,990	C30/37 XC3, XF1	5160±5	2400±5	235±5

Obr. 12 - Kolejová nosná deska pevné jízdní dráhy ÖBB-Porr [18]

3.2.3. Výhybky

V hlavních kolejích budou používány výhradně jednoduché výhybky, při rychlostech nad 250 km/h výhradně v základním tvaru. Základním parametrem je rychlost v odbočné větvi, jejíž doporučené hodnoty uvádí Tab. 10. Při stanovení vhodné rychlosti proti sobě stojí na jedné straně požadavky na co nejmenší časové a energetické ztráty z jízdy do odbočky a na druhé straně požadavky na minimalizaci pořizovacích, provozních a údržbových nákladů, které rostou s přibývajícím délkou štíhlých výhybek.

Tab. 10 - Doporučené rychlosti ve výhybkách

Traťová rychlost	Rychlosti ve výhybkách					
	Odbočení na jinou VRT s rychlostí		Kolejové spojky	Předjízdne koleje		Údržba, nouzové použití
	V ≤ 200 km/h	V > 200 km/h		Silně zatížené	Málo zatížené	
km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
200	160	160	100	100	100	80
250	160	220	130	130	100	80
300	160	220	160	130	100	80

Pro výhybky s rychlostí do odbočky do 130 km/h je vhodná kružnicová geometrie odbočné větve, pro vyšší rychlosti se doporučuje klotoidická geometrie s plynulým nárůstem křivosti v odbočné větvi. Pro rychlosti nad 200 km/h se vždy navrhnu výhybky s pohyblivým hrotem srdcovky.

V České republice byla první vysokorychlostní výhybka zkonstruována v roce 2002, a to s úhlem odbočení 1:12, s pohyblivým hrotem srdcovky a s rychlostí do odbočky 65 km/h. Na základě zkušebního provozu byla tato konstrukce schválena pro další použití v železniční síti a byl zpracován standard pro návrh vysokorychlostních výhybek. V současné době nejtíhlejší vložená vysokorychlostní výhybka na české železniční síti umožňuje rychlost v odbočné větvi 130 km/h při úhlu odbočení 1:26,5. Vyrobená je ještě štíhlejší výhybka 1:33,5 s rychlostí 160 km/h v odbočném směru a až 350 km/h v přímém směru, jedná se o její instalaci v „Prosenické spojnici“ u Přerova. Zatím ve fázi návrhu je „super štíhlá“ výhybka s úhlem odbočení cca 1:48, u které se předpokládá rychlost v odbočné větvi až 230 km/h [23]. Používané typy výhybek jsou uvedeny v Tab. 11.

Tab. 11 - Tabulka výhybek

Tvar výhybky	Rychlost v odbočném směru	Úhel odbočení	Délka výhybky	Poznámky
	km/h			
1:12-500	60	4,763642	41,594	
1:12-500-I			42,794	
1:12-PHS			45,791	
1:14-760	80	4,085617	54,216	Úprava úhlu do JKS
1:14-760-I		3,839114		
1:14-760-PHS		4,085617	55,416	
1:18,5-1200	100	3,094058	64,818	
1:18,5-1200-I			66,018	Úprava úhlu do JKS
1:18,5-1200-II		3,057531		
1:18,5-1200-III		3,151333		odb. větev pokračuje v oblouku
1:26,5-2500-PHS	120	2,161079	94,306	Nelze transformovat
1:33,5-8000/4000-PHS	160	1,709814	131,910	Nelze transformovat

3.3. Konstrukce železničního spodku

3.3.1. Pláň tělesa a konstrukční vrstvy

Šířkové uspořádání pláně tělesa železničního spodku musí vně kolejového lože umožnit umístění stožárů trakčního vedení, prvků zabezpečovacího zařízení, kabelových tras a drážní stezky. V závislosti na vzájemném uspořádání těchto prvků a technologii výstavby vychází šířka pláně vně koleje 4,300 m, 4,500 m nebo 4,650 m. Příčný sklon se navrhne střešovitý o velikosti 5 % s vrcholem standardně v ose os. Při provádění asfaltobetonové konstrukční vrstvy je doporučen sklon 2,5 %.

Konstrukce pražcového podloží musí zajistit základní funkce shodné s konvenčními tratěmi, tedy přenos zatížení do zemního tělesa, odvodnění a dlouhou životnost. Při návrhu se postupuje podle stávajících ustanovení předpisu SŽDC S4. Pro konstrukční vrstvy vysokorychlostních tratí se i v zahraničí používají zejména nestmelené směsi přírodního drceného kameniva – štěrkodrti (typ 2), a vrstvy z asfaltobetonu (typ 5).

3.3.2. Zemní těleso

Návrh a provádění zemního tělesa se výrazně neliší oproti konvenční železnici. Založení násypů se doporučuje provádět podle stávajících předpisů. Sklony svahů a jejich ochrana se volí shodně s jinými dopravními stavbami podle možností materiálu. Běžné je omezení sklonu svahu s vegetační ochranou na maximálně 1:1,5. V případě vysokých násypů jsou sklony svahu odstupňovány po cca 6 m výšky, přičemž jsou strmější směrem vzhůru. Zářezy v zeminách se navrhují s konstantními sklony svahů na celou výšku. V případě, kdy by výška násypu, resp. hloubka zářezu přesáhla cca 15 m, je výhodnější navrhnout most, resp. tunel.

3.3.3. Stavby železničního spodku

Mosty budou v rámci této práce navrženy zjednodušeným způsobem v místech křížení se silnicemi, většími vodotečemi a stávajícími železničními tratěmi. Pro návrh výškového řešení trasy je potřeba odhadnout tloušťku nosné konstrukce mostů. Doporučené poměry výšky nosné konstrukce k rozpětí uvádí Tab. 12. Pro získání stavební výšky mostu je k této hodnotě nutné přičíst tloušťku kolejového lože a výšku pražce s kolejnicemi – celkem 0,750 m.

Tab. 12 - Poměry výšky nosné konstrukce k rozpětí [21]

Typ konstrukce		Poměr H/L
Železobetonový deskový most	Prostý nosník	1/10 až 1/15
	Spojité nosník konstantní tloušťky	1/15 až 1/20
	Spojité nosník s náběhy – průřez v poli	1/21 až 1/27
	Spojité nosník s náběhy – průřez nad podporou	1/15 až 1/17
Předpjatý trámový most	Prostý nosník	1/12 až 1/25
	Spojité nosník konstantní tloušťky	1/17 až 1/30
	Spojité nosník s náběhy a komorovým průřezem	až 1/70

Deskové železobetonové mosty se navrhují na rozpětí 8 až 10 m, v případě spojitých nosníků až 20 m. Trámové mosty s prostým uložením mohou dosahovat rozpětí 50 až 70 m. Trámy s komorovým průřezem, které tvoří spojitý nosník, umožňují navrhnout estakády s rozpětím polí až 100 m.

Prostorové uspořádání mostů je ovlivněno přemostovanou překážkou. Při přemostění silnic a dálnic je nutné dodržet stanovený volný prostor, řešena bude hlavně výška průjezdního prostoru, která je:

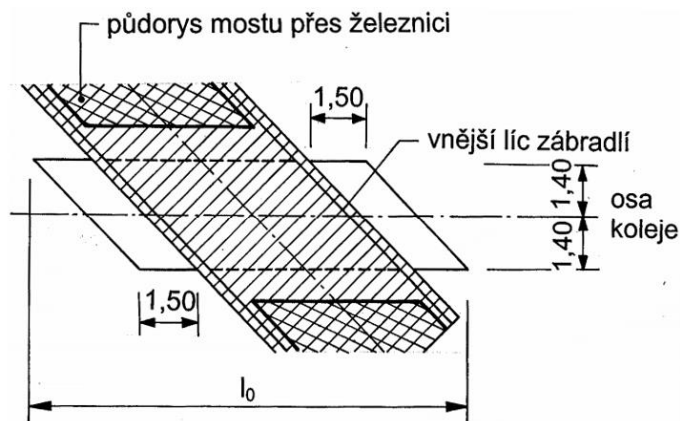
- u dálnic a silnic I. a II. třídy 4,800 m,
- u silnic III. třídy, místních komunikací rychlostních a sběrných 4,500 m,
- u místních komunikací obslužných a účelových 4,200 m.

Volná výška pod přetvořenou mostní konstrukcí v podjezdech je rovna výšce průjezdního prostoru, zvětšené o bezpečnostní vzdálenost 0,150 m pro případné pozdější zesílení krytu vozovky.

Při přemostování železnic je zohledněno i situování mostu. Minimální výška mostního průjezdního průřezu pro nově navrhované i rekonstruované objekty je uvedena v Tab. 13. Vymezenou délku l_0 přemostované koleje znázorňuje Obr. 13. Pokud je v případě mostu přes elektrifikovanou trať tato délka větší než 30 m, je nutné provést úpravy na nosné konstrukci objektu pro uchycení konstrukčních částí trakčního vedení.

Tab. 13 - Minimální výšky průjezdního průřezu

Délka přemostěné koleje	Výška průjezdního průřezu [m]
$l_0 > 30$ m	6,200
30 m $\geq l_0 > 26$ m	6,200
26 m $\geq l_0 > 22$ m	6,150
22 m $\geq l_0 > 18$ m	6,100
18 m $\geq l_0 > 14$ m	6,050
14 m $\geq l_0$	6,000



Obr. 13 - Vymezená délka přemostované koleje

Prostorové uspořádání mostních otvorů přes vodoteče musí být navrženo tak, aby byly schopny provést alespoň stoletý průtok vody (Q_{100}). Mezi hladinou maximálního průtoku a nejnižším místem nosné konstrukce musí být na vtokové straně mostního otvoru zachována volná výška 0,500 m. U mostů přes vodní cesty musí být v rozsahu plavební dráhy dodržena podjezdná výška nad nejvyšší plavební hladinou.

Trasa vysokorychlostní tratě se s ohledem na hospodárnost provozu, požadovanou rychlost a ekologické aspekty často neobejde bez tunelů. V zastavěné oblasti není možné vést novou trasu po povrchu jinudy, než ve stávajících koridorech železničních tratí, které jsou však pro vysoké rychlosti nedostatečné. Má-li nová trať sloužit lidem, musí vést blízko centrům měst a musí být vedena v jiné výškové úrovni – v podzemí. Obdobně tak ve zvlněné krajině, kde nelze vysokorychlostní trať vést úzkými údolími a do prudkých stoupání, se navrhuje tunely, mnohdy mimořádných délek.

Zatímco v České republice příprava výstavby nových tunelů stagnuje, jinde v Evropě obor podzemních staveb zažívá rozmach. Mezi nejdelší tunely budované v souvislosti s vysokorychlostní železníci patří bázové tunely Semmering (dl. 27,3 km), Koralm (dl. 33,9 km), nedávno otevřený Gotthard (dl. 57 km), nebo právě ražený Brennerský tunel, který by se měl po uvedení do provozu v roce 2027 stát svou délkou 64 km nejdelším tunelem světa [24].

Základním parametrem tunelových objektů je světlý tunelový průřez, tj. plocha příčného řezu volného prostoru, kterým mohou projíždět vlakové soupravy. Velikost tohoto průřezu závisí především na počtu kolejí v tunelu. V základní koncepci tunelu je nutné rozhodnout se mezi jednou dvoukolejnou tunelovou troubou nebo dvěma jednokolejnými tubusy. Z pohledu jízdy vlaku velikost průřezu závisí na rychlosti, která má dopad na aerodynamické poměry tunelu. Jízdní odpor vlaku jedoucího tunelem dále ovlivňuje i tvar portálu a hrubost ostění. V zásadě platí, že čím větší je světlý tunelový

průřez, tím menší je jízdní odpor a snižují se provozní náklady. Zároveň s velikostí výrubu rostou náklady na výstavbu, proto je vhodné pro každý tunel nalézt optimum.

Koncept tunelu ovlivňují geotechnické podmínky a technologie výstavby. Dnes jsou používány dvě základní technologie:

- klasická konvenční tunelovací metoda, v České republice převažuje nová rakouská tunelovací metoda (NRTM),
- mechanizovaná ražba plnoprofilovým tunelovacím strojem (často, ale ne zcela správně se používá zkratka TBM).

Mechanizovaná ražba je ekonomicky výhodnější při nasazení u delších tunelů. Protože z principu ražby má tunel kruhový profil, je běžnější budování dvou jednokolejných tubusů, neboť výrub dvoukolejného tunelu by byl zbytečně velký. Klasická metoda se díky podkovovitému průřezu častěji využívá v případě dvoukolejných tunelů. V Tab. 14 jsou porovnány průřezové plochy podle typu tunelu a rychlosti.

Tab. 14 - Světly tunelový průřez [7]

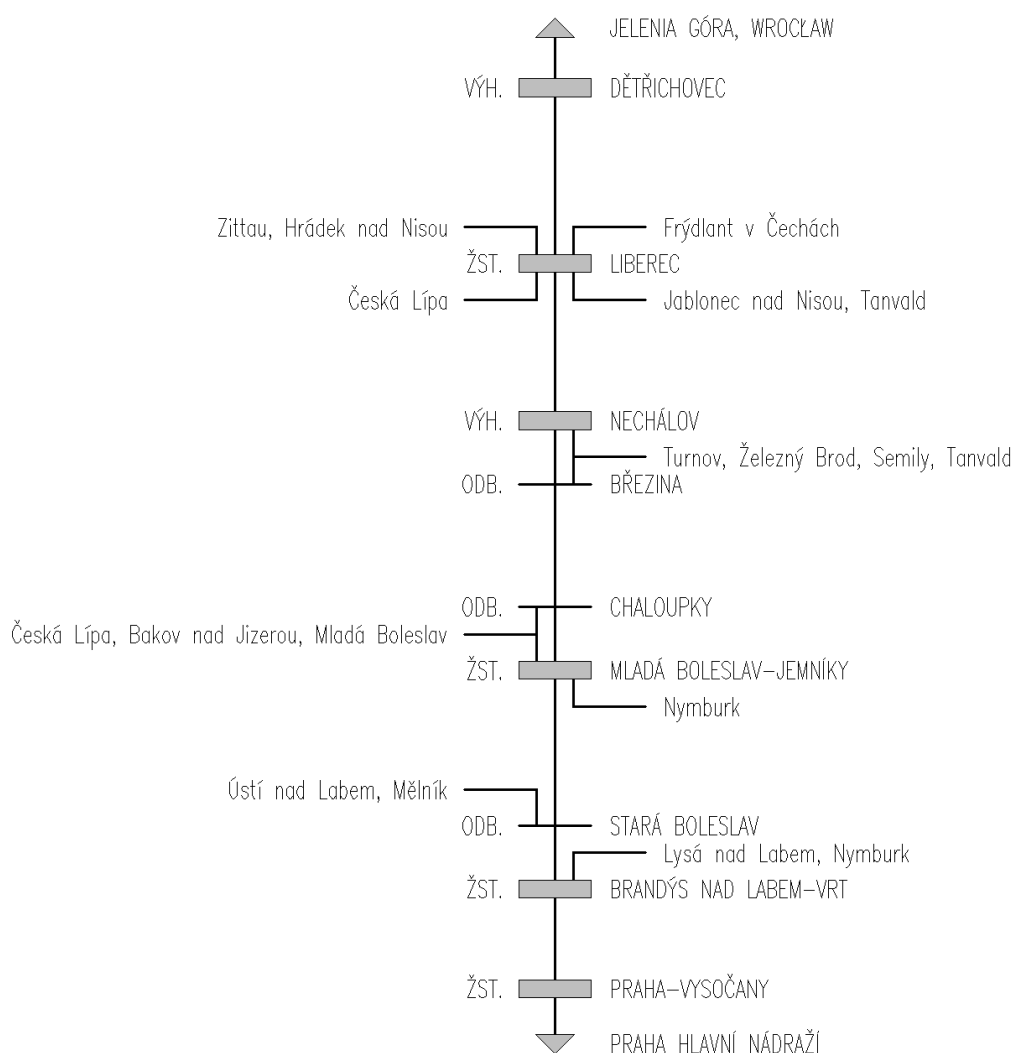
Typ tunelu	Světly tunelový průřez [m ²]	
	$V \leq 200$ km/h	200 km/h < $V \leq 300$ km/h
TBM jednokolejný	50,29	60,91
NRTM jednokolejný	47,07	60,00
NRTM jednokolejný	75,60	91,73

Dalším významným aspektem je bezpečnost v tunelu při požáru. Tomuto tématu se věnuje [7] a související legislativa. Bezpečnostní řešení záleží na délce tunelu. Pro evakuaci osob z tunelu musí být zajištěny únikové cesty na povrch nejméně každých 1 000 m. U tunelů delších jak 1 000 m lze vytvořit souběžnou únikovou chodbu. V případě dvou jednokolejných tunelů je za bezpečnou zónu považován sousední tubus, který je přístupný tunelovými propojkami po 500 m. Před tunelovými portály se zřizují nástupní plochy pro zásah záchranných složek s přístupovými komunikacemi.

4. POPIS NAVRŽENÝCH VARIANT

4.1. Varianta 1

Tato varianta je navržena pro rychlost 200 km/h se smíšeným provozem. Rychlost nejpomalejšího vlaku je uvažována 100 km/h. Při návrhu prvků jsou použity alespoň mezní hodnoty, pouze ve výjimečných případech je přistoupeno k hodnotám mezi mezními a minimálními, resp. maximálními. Obr. 14 znázorňuje schéma trasy včetně návazností na stávající železniční síť.



Obr. 14 - Traťové schéma varianty 1

Úsek Praha-Vysočany – Brandýs nad Labem

Začátek trasy je situován na počernickém zhlaví žst. Praha-Vysočany. Trasa vede po rozšířeném tělese stávající trati do Lysé nad Labem a opouští je po cca 1 km pod Klíčovem obloukem o poloměru 900 m. Rychlost 200 km/h je umožněna od km 1,925 000.

Letňanským tunelem trať vystoupá ve sklonu 14,0 ‰ a mezi Letňany a Čakovicemi opouští území Prahy. Následně trasa s oblouky o poloměru min. 3 500 m bez kolizí se stávajícími sídelními útvary klesá ve sklonu 6,0 až 15,0 ‰ k řece Labe u souměstí Brandýs nad Labem-Stará Boleslav.

Železniční stanice Brandýs nad Labem a odbočka Stará Boleslav

V přímém úseku u Brandýsa nad Labem je navržena železniční stanice. Na začátku stanice je křížení s tratí 074. Kolejové propojení zde není navrženo, protože bylo vzhledem k malému rozsahu provozu na trati a spíše lokálnímu významu tratě vyhodnoceno jako zbytečné. Na obou zhlaví stanice jsou navrženy kolejové spojky pro rychlosti 160 km/h a 100 km/h. Na pražském zhlaví jsou navrženy výhybky s rychlostí v odbočné větvi 160 km/h, protože ze stanice odbočuje spojka ve směru do Lysé nad Labem, která se před stávající stanicí Stará Boleslav připojuje na pravobřežní trať 072. Touto spojkou vznikne možnost segregace pomalé a rychlé osobní dopravy v úseku Praha – Lysá nad Labem. Stávající trať 231 bude uvolněna pouze pro příměstskou dopravu. Celá spojka je navržena pro rychlost 160 km/h.

Za stanicí Brandýs nad Labem trať přemostuje Labe a přilehlá slepá ramena cca 2,2 km dlouhou estakádou. V místě téměř pravouhého křížení s železniční tratí 072 je umístěna odbočka Stará Boleslav. Tato pravobřežní trať je významná hlavně pro nákladní dopravu, zároveň je alternativní trasou v případě mimořádných událostí na levobřežním koridoru. V budoucnu se plánuje její rozsáhlá optimalizace. V navržené odbočce je kolejově propojen směr Praha – Ústí nad Labem a opačně s rychlostí jízdy 100 km/h s oblouky o poloměrech 600 a 750 m. Obě větve jsou vedeny těsně vedle sebe, aby zábor lesních pozemků byl co nejmenší.

Zvažována byla i potřeba propojení dalších směrů v odbočce. Spojení ve směru Nymburk – Mladá Boleslav je zajištěno po trati 071 přes Dobrovice, která je výrazně kratší, než případná trasa přes Starou Boleslav. Předpokládá se zdvojkolejnění této tratě. Propojení směru Mladá Boleslav – Ústí nad Labem by mělo potenciál pro vozbu nákladních vlaků ze Škoda-Auto do Německa přes Děčín. Tyto vlaky jsou však sestavovány až na seřadovacím nádraží v Nymburce, proto bylo od této spojky také upuštěno.

Úsek Stará Boleslav – Mladá Boleslav

Trasa stoupá se sklonem max. 18,0 ‰ mezi obcemi Hlavenec a Kostelní Hlavno. V lese v km 25,0 až 26,5 protne okrajovou část ochranného pásma vodního zdroje. Byla prověřena i trasa, která se tomuto místu vyhýbá, ukázala se ale jako sklonově výrazně náročnější s nevyrovnaným objemem zemních prací, přičemž celková délka úseku byla stejná. U obce Sedlec trasa klesá ve sklonu 11,5 ‰ a v navazujícím přímém

a vodorovném úseku jsou v km 31,180 000 umístěny kolejové spojky pro rychlost 130 km/h. Za nimi trasa opět krátce stoupá ve sklonu 8,0 ‰ na vrchol ve výšce 247,772 m a následně klesá ve sklonu 14,0 ‰ a 3,5 ‰ k řece Jizeře u obce Horky nad Jizerou. Mezi Starou Boleslaví a Horkami nad Jizerou jsou navrženy 4 směrové oblouky o poloměrech 6 000 a 10 000 m.

V lokalitě Na Kamenici severně od obce Horky nad Jizerou, kde je předpokládán její rozvoj, je navržen tunel Horky dlouhý 315 m. Tunel je dvoukolejný ražený konvenční metodou. Údolí Jizery je přemostěno vysokou estakádou délky cca 1 km v oblouku o poloměru 2 950 m. Na konci oblouku trasa prochází tunelem Strašnov délky 413 m pod dálnicí D10 a souběžnou silnicí. Tunel je navržen z důvodu ostrého úhlu křížení, je dvoukolejný a kvůli nízkému nadloží bude vybudován jako hloubený, přičemž křížené komunikace budou po dobu výstavby vedeny po provizorních přeložkách.

Za tunelem se trasa vysokorychlostní trati přimkne k dálnici a směrově i výškově ji kopíruje. Ve sklonu 10,0 ‰ klesá ve směrovém oblouku s poloměrem 6 000 m k obci Nepřevázka, kde kříží železniční trať 071 Nymburk – Mladá Boleslav.

Železniční stanice Mladá Boleslav-Jemníky a odbočka Chaloupky

Stanice Mladá Boleslav-Jemníky je částečně umístěna v oblouku s poloměrem 4 500 m. Nástupiště jsou umístěna u přímých předjízdných kolejí v části blíže k městu Mladá Boleslav. Obě zhlaví jsou situována v přímé.

Do stanice je zaústěno napojení na stávající železniční síť ve směru Nymburk – Liberec. V Nymburce se nachází významné seřadovací nádraží, proto je důležité hlavně pro nákladní vlaky tuto vazbu vytvořit. Kolejové propojení ve směru Nymburk – Praha není navrženo. Pro tuto relaci existuje kratší trasa přes Lysou nad Labem.

Na pražském zhlaví stanice Mladá Boleslav-Jemníky odbočují spojovací koleje do stávající stanice Mladá Boleslav město a do vlečkového areálu Škoda-Auto. Stanice je koncipována tak, aby kromě jízdy vlaků od Nymburka na vysokorychlostní trať byla umožněna jízda na tuto spojku bez nutnosti křížit cestu na hlavních kolejích. Tímto je napojena i stávající stanice Mladá Boleslav hl. n., v případě vybudování Dalešické spojky i Bakov nad Jizerou s odbočnou tratí do České Lípy.

Napojení stanice Mladá Boleslav město a vlečky Škoda-Auto je i směrem od/do Liberce na odbočce Chaloupky v km 49,880 415. Obě větve, do Prahy i do Liberce, vycházejí ze stávající stanice ve stopě trati 064. Pražská větev obchází nákupní centrum Olympia obloukem o poloměru 360 m, ve kterém je rychlost 80 km/h. Liberecká větev podobným způsobem obchází dynamicky se rozrůstající logistický areál oblouky o poloměru min. 580 m s rychlostí 100 km/h. Rozvoj areálu je dle územních plánů obcí

Kosmonosy a Plazy předpokládán severním směrem podle dálnice D10, zatímco plocha východně od něj je klasifikována jako orná půda. V prostoru je také vymezena územní rezerva pro stavbu přeložky silnice I/16, se kterou by bylo nutné železniční trať koordinovat.

Variantně jsou spojky ve směru Praha – Mladá Boleslav město navrženy také okolo logistického areálu, částečně se shodnou stopou s libereckou větví. Výhodou tohoto řešení je menší roztříštěnost území liniovými stavbami a možnost jízdy vyšší rychlostí, neboť v celé délce spojovacích kolejí je povolena rychlost 100 km/h, na rozdíl od předešlých 80 km/h. Nevýhodou tohoto uspořádání je rozvětvení na směr do Prahy a do Liberce až po cca 2,5 km společného úseku. To by snížilo kapacitu napojení, protože by nebylo možné vypravovat vlaky ve směru do Prahy a do Liberce současně.

Úsek Mladá Boleslav – Nechálov

Za odb. Chaloupky trasa prochází mezi obcemi Horní a Dolní Stakory. Obchází vrch Baba směrovým obloukem o poloměru 3 500 m opačnou stranou, než dálnice D10, kvůli příznivějším sklonovým poměrům. V přímém úseku před obcemi Horka a Zájezdy jsou umístěny kolejové spojky pro rychlost 130 km/h. Následně se trasa opět přimkne k dálnici D10 obloukem o poloměru 6 000 m. Díky využití společného dopravního koridoru není vytvořena další bariéra v krajině. Svah vrcholu Horka u Mnichova Hradiště je překonán krátkými rampami délky cca 750 m ve sklonu 20,0 ‰.

U obce Březina je navržena odbočka v km 61,743 565, kterou je napojena stávající železniční trať 070. Je umožněna jízda rychlostí 100 km/h ve směru z Prahy do Turnova a opačně. Obloukem s poloměrem 2 400 m, který je pro rychlost 200 km/h v celé délce nejmenší, trasa podchází dálnici D10 a těsně podle obce Březina pokračuje severním směrem. V tomto místě se v těsné blízkosti nachází letiště Hoškovice a bylo nutné přihlídnout k jeho ochrannému pásmu vzletových a přiblížovacích prostorů. Za cenu toho je na konci obce trasa v kolizi se zemědělskými objekty, které by bylo nutné zdemolovat.

Údolí Jizery je překonáno cca 750 m dlouhou estakádou, za kterou trasa tunelem Loukovec délky 693 m ve sklonu 8,0 ‰ vstupuje do sklonově náročnějšího území. V tunelu budou obě koleje v jednom tubusu, v km 65,546 532 jsou navrženy kolejové spojky pro rychlost 130 km/h. Přes údolí Močítek je opět navržena estakáda délky cca 800 m a rampou o sklonu 20,0 ‰ se trasa dostává k výhybně Nechálov. Do výhybny je zaústěno napojení železniční stanice Turnov směrem na Liberec. Spojovací úsek mezi Turnovem a Nechálovem je navržen jako dvoukolejný pro rychlost 160 km/h. Z Turnova tato trasa vede mezi stávajícími tratěmi do Liberce a do Prahy. Dálnici D10 kříží mezi obcemi Přepeře a Čtveřín a dále vede severně od obce Svijanský Újezd. Mezi Turnovem a Nechálovem je překonán výškový rozdíl 50 m, průměrný sklon je 6,0 ‰. V libereckém

zhlaví výhybny je umožněno odbočení rychlostí 130 km/h. Ve směru z Liberce je rychlost snížena na 110 km/h kvůli vedení koleje přesmykem.

Úsek Nechátov – Liberec

V libereckém zhlaví výhybny začíná tunel Stráňov délky 2 207 m. Za ním trasa u obce Trávníček překonává údolí Mohelky vysokým mostem a opět mizí pod povrchem v tunelu Chvalčovice dlouhém 1 754 m. Na konci tunelu v přímém úseku jsou umístěny kolejové spojky pro rychlost 130 km/h. Po překonání údolí navazuje třetí tunel pojmenovaný podle obce Bílá s délkou 985 m. V celém úseku tří tunelů je konstantní standardní sklon 8,0 ‰. Směrové oblouky mají poloměry 4 000 a 4 600 m. U obce Bílá trasa překonává dvě údolí a následně překonává Ještědsko-Kozákovský hřbet nejdelším tunelem trasy – tunel Rašovka délky 7 050 m. V první polovině tunelu je navrženo stoupání 4,0 ‰ kvůli odvodnění, od poloviny dále trasa klesá ve sklonu 6,0 ‰ do Liberce. Vrchol tunelu je ve výšce 405,204 m a je nejvýše položeným bodem trasy. V tunelech i v krátkých mezilehlých úsecích je navržena pevná jízdní dráha. Všechny 4 tunely budou realizovány jako dvojice jednokolejných tunelů, ražených kontinuálním způsobem mechanizovanými štíty.

Obloukem o poloměru 3 000 m na konci tunelu Rašovka trať vyústuje v úrovni bývalého libereckého nádraží Ústecko-Teplické dráhy a napojuje se na stávající stav. Rychlost je kvůli stísněným podmínkám a malým poloměrům oblouků snížena na 120 až 100 km/h. V železniční stanici Liberec je předpoklad zachování větší části stávající geometrie kolejiště a modernizace nástupišť a ostrovní výpravní budovy. Rekonstrukce stanice není detailně řešena.

Za stanicí Liberec navazuje přeshraniční úsek navržený pro rychlost až 250 km/h, viz kapitolu 4.3.

Pro eliminování rychlostního propadu v Liberci byla prověřena možnost trasování mimo stávající stanici. Od km 83,0 je navrženo pokračování tunelu Rašovka v délce 5,9 km přímým směrem do prostoru městských částí Dolní Hanychov a Ostašov. Za koncem tunelu trasa kříží Ostašovský potok a klesá do údolí Nisy u Machnína, které překonává vysokou estakádou délky cca 400 m. Za údolím začíná tunel a obchvat navazuje na přeshraniční úsek v km 93,0. Obchvat je o 1 480 m kratší, než trasa přes stanici Liberec. Očekávaná menší sklonová náročnost se nepotvrdila, sklonové poměry jsou podobné s delší trasou. Přínos obchvatu by i vzhledem k délce navrženého tunelu, složitosti rozvětvení v tunelech a relativně malému využití převážně nákladní dopravou byl minimální.

Celková délka trasy z Prahy-Vysočan na státní hranici s Polskem ve variantě 1 je 123,954 830 km.

Alternativní trasa přes Jablonec nad Nisou

S úmyslem napojit další významná sídla Libereckého kraje na rychlou železniční síť je navrženo odlišné trasování přes Turnov a Jablonec nad Nisou. Od předchozího návrhu se trasa odpojuje v km 62,0 u obce Olšina a obchází rybník Žabakor z východní strany. Širokým údolím Jizery směřuje do Turnova, kde je navržena nová železniční stanice poblíž stávající. Zastavěným územím trasa prochází po stávajícím tělese trati ve směru do Železného Brodu. Těleso trati by muselo být rozšířeno, případně by tratě byly vedeny ve dvou výškových úrovních, aby i stávající trať byla zachována. Pod zámkem Hrubý Rohozec se vysokorychlostní trať odklání a tunelem stoupá ve sklonu až 14,0 ‰ přibližně severním směrem pod obcí Frýdštejn k Jablonci nad Nisou. Kvůli omezenému podélnému sklonu z důvodu provozování nákladní dopravy by stanice v Jablonci nad Nisou byla situována sice v centru města, ale 60 až 85 m pod povrchem. Za Jabloncem trasa prochází Prosečský hřeben a po jeho svahu klesá okolo Vratislavic nad Nisou dvojicí tunelů ve sklonu 10,0 ‰ k Liberci, kde se napojuje na stávající stav.

Tato alternativní trasa se z důvodu použití velkých sklonů v tunelech v kombinaci s malými poloměry oblouků u Turnova a Jablonce, a kvůli značné délce Jabloneckého tunelu (16 621 m) s podzemní stanicí ukázala jako nevhodná.

V Tab. 15 je uveden přehled tunelů včetně délky a světlého tunelového průřezu uvažovaného ve výpočtu jízdních odporů.

Tab. 15 - Přehled tunelů - varianta 1

Název	Začátek tunelu	Konec tunelu	Délka	Průřez	Typ tunelu
	km	km	m	m ²	
Letňanský tunel	1,305 020	3,798 966	2 494	51	2×1-kolejný, TBM
Tunel Horky	35,663 625	35,978 291	315	76	2-kolejný, NRTM
Tunel Strašnov	37,624 688	38,037 414	413	76	2-kolejný, NRTM
Tunel Loukovec	65,278 677	65,971 908	693	76	2-kolejný, NRTM
Tunel Stráňov	70,624 197	72,830 952	2 207	51	2×1-kolejný, TBM
Tunel Chvalčovice	73,426 395	75,179 985	1 754	51	2×1-kolejný, TBM
Tunel Bílá	75,562 744	76,547 443	985	51	2×1-kolejný, TBM
Tunel Rašovka	79,464 894	86,515 267	7 050	51	2×1-kolejný, TBM
Novoveský tunel	93,871 992	98,391 385	4 519	61	2×1-kolejný, TBM
Albrechtický tunel	99,369 838	103,355 337	3 985	61	2×1-kolejný, TBM
Tunel Větrov	106,406 112	107,399 723	994	61	2×1-kolejný, TBM
Součet délek tunelů			25 409		
Část trasy vedená v tunelech			20 %		

Tab. 16 uvádí polohu dopraven a kolejových spojek a vzdálenosti mezi nimi.

Tab. 16 - Přehled dopravních bodů - varianta 1

Staničení <i>km</i>	Název	Druh	Vzd. od předchozího <i>km</i>
0,000 000	Praha-Vysočany	železniční stanice	
12,736 800		kolejové spojky	12,736 800
13,594 300	Brandýs nad Labem-VRT	železniční stanice	0,857 500
14,451 800		kolejové spojky	0,857 500
17,292 970	Stará Boleslav	odbočka	2,841 170
31,180 000		kolejové spojky	13,887 030
42,497 551		kolejové spojky	11,317 551
44,097 940	Mladá Boleslav-Jemníky	železniční stanice	1,600 389
49,880 415	Chaloupky	odbočka	5,782 475
53,728 088		kolejové spojky	3,847 673
61,743 585	Březina	odbočka	8,015 497
65,546 532		kolejové spojky	3,802 947
70,322 128	Nechálov	výhybna	4,775 596
74,956 688		kolejové spojky	4,634 560
87,600 077		kolejové spojky	12,643 389
88,226 517	Liberec	železniční stanice	0,626 440
89,275 900		kolejové spojky	1,049 383
105,814 843		kolejové spojky	16,538 943
121,953 830		kolejové spojky	16,138 987
122,811 330	Dětřichovec	výhybna	0,857 500
123,668 830		kolejové spojky	0,857 500

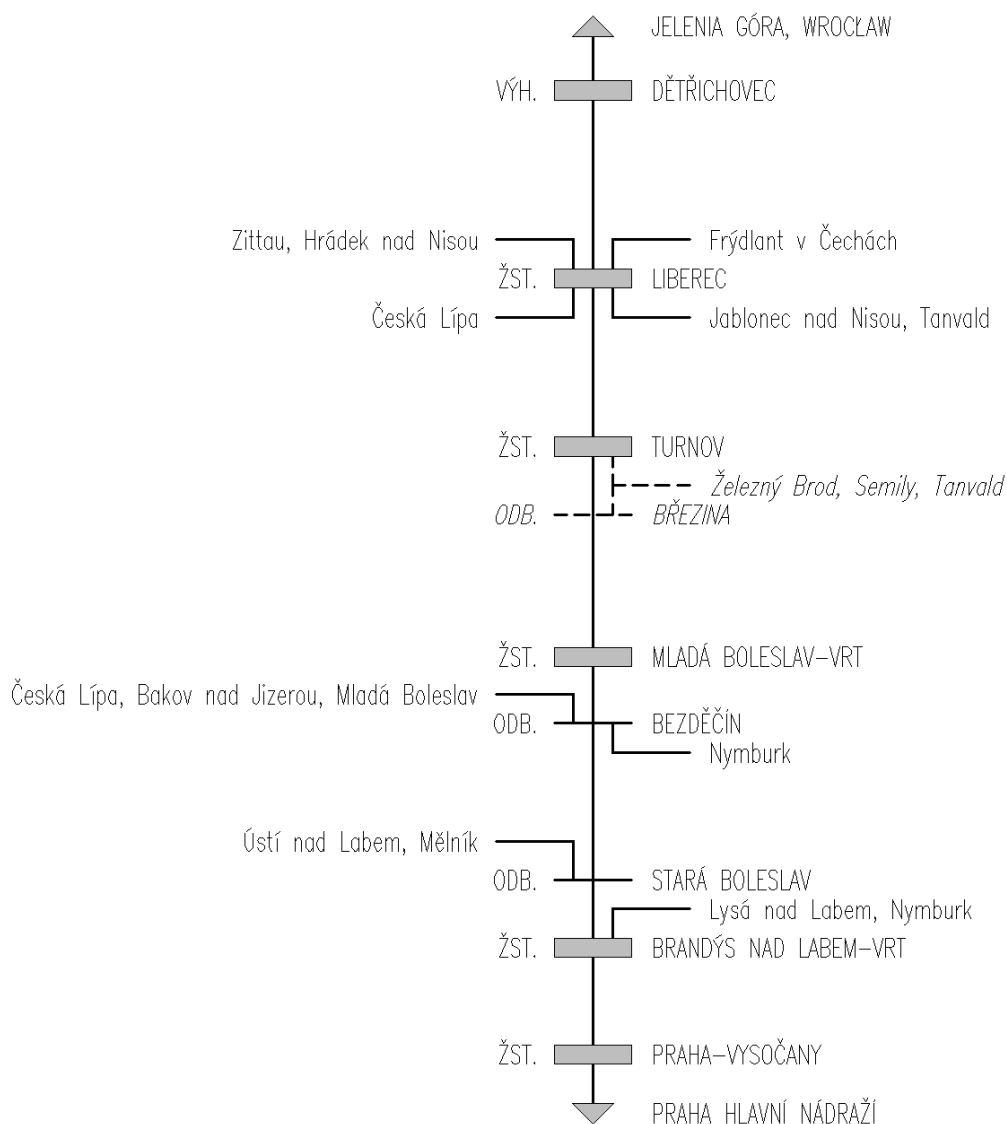
V Tab. 17 jsou souhrnně uvedeny všechny směrové oblouky v úseku Praha – Liberec. Kromě koncových úseků u stanic Praha-Vysočany a Liberec, kde je snížena rychlost na 100 km/h, je nejmenší použitý poloměr 2 400 m. Při navrženém převýšení 120 mm se jízda rychlostí 200 km/h uskuteční s nedostatkem převýšení 77 mm, nejpomalejší vlak jedoucí rychlostí 100 km/h projede oblouk s přebytkem převýšení 70 mm. Obě hodnoty jsou nižší, než stanovené mezní hodnoty.

Tab. 17 - Tabulka oblouků - varianta 1

č.o.	R	V	V _n	D	l	l _n	α _s	l _i	n	m	T	L _k	ZP	ZO	KO	KP
	m	km/h	km/h	mm	mm	mm	gon	m		m	m	m	km	km	km	km
1	580	100	100	124	80	80	15,128747	13,832	10	1,104	131,351	124,0	0,309 875	0,433 875	0,447 707	0,571 707
2	900	120	100	114	75	18	64,412902	773,816	10	0,866	567,453	136,8	0,877 517	1,014 317	1,788 133	1,924 933
3	3 500	200	100	68	67	-34	35,048364	1 648,899	12	0,317	1 070,226	163,2	2,140 562	2,303 762	3,952 661	4,115 861
4	6 000	200	100	40	39	-20	13,146577	817,085	12	0,064	669,735	96,0	4,656 929	4,752 929	5,570 015	5,666 015
5	3 500	200	100	68	67	-34	28,438482	1 324,935	12	0,317	876,679	163,2	6,939 485	7,102 685	8,427 620	8,590 820
6	6 000	200	100	40	39	-20	25,137881	2 279,661	12	0,064	1 248,243	96,0	9,542 618	9,638 618	11,918 279	12,014 279
7	10 000	200	100	24	24	-12	5,585121	1 015,792	12	0,014	467,737	57,6	14,737 800	14,795 400	15,811 192	15,868 792
8	10 000	200	100	24	24	-12	13,718003	1 051,836	12	0,014	1 110,399	57,6	21,520 715	21,578 315	22,630 151	22,687 751
9	6 000	200	100	40	39	-20	22,915578	2 063,742	12	0,064	1 139,696	96,0	24,855 304	24,951 304	27,015 047	27,111 047
10	10 000	200	100	24	24	-12	16,558065	2 263,157	12	0,014	1 336,650	57,6	28,500 348	28,557 948	30,821 105	30,878 705
11	6 000	200	100	40	39	-20	25,196628	2 161,899	12	0,064	1 251,122	96,0	31,478 629	31,574 629	33,736 528	33,832 528
12	2 950	200	100	80	80	-40	54,725783	2 515,244	12	0,521	1 448,508	192,0	35,348 607	35,540 607	38,055 851	38,247 851
13	6 000	200	100	40	39	-20	26,737667	2 680,316	12	0,064	1 326,850	96,0	38,562 649	38,658 649	41,338 965	41,434 965
14	4 500	200	100	53	52	-26	10,350932	604,464	12	0,150	430,252	127,2	43,171 413	43,298 613	43,903 077	44,030 277
15	3 500	200	100	68	67	-34	21,908434	1 040,054	12	0,317	689,908	163,2	45,150 531	45,313 731	46,353 785	46,516 985
16	6 000	200	100	40	39	-20	13,710675	1 196,201	12	0,064	696,616	96,0	48,369 458	48,465 458	49,661 659	49,757 659
17	3 500	200	100	68	67	-34	53,621609	2 852,639	12	0,317	1 649,546	163,2	50,103 173	50,266 373	53,119 012	53,282 212
18	6 000	200	100	40	39	-20	71,208376	6 611,513	12	0,064	3 803,632	96,0	54,866 908	54,962 908	61,574 421	61,670 421
19	2 400	200	100	120	77	-70	58,557822	2 214,244	10	1,000	1 309,299	240,0	61,786 947	62,026 947	64,241 191	64,481 191
20	7 500	200	100	32	31	-16	14,710234	1 656,209	12	0,033	908,784	76,8	65,907 102	65,983 902	67,640 110	67,716 910
21	4 000	200	100	59	59	-29	24,440825	1 482,346	12	0,209	848,243	141,6	67,853 828	67,995 428	69,477 775	69,619 375
22	4 000	200	100	59	59	-29	37,254363	2 119,387	12	0,209	1 275,827	141,6	71,219 067	71,360 667	73,480 054	73,621 654
23	4 600	200	100	52	51	-26	27,558778	2 041,416	12	0,141	1 073,928	124,8	75,282 702	75,407 502	77,448 918	77,573 718
24	3 000	200	100	79	79	-39	51,607399	2 261,849	12	0,499	1 382,259	189,6	83,153 003	83,342 603	85,604 452	85,794 052
25	740	120	100	150	80	10	49,881381	420,383	10	1,823	396,420	180,0	86,754 335	86,934 335	87,354 718	87,534 718
26	550	100	100	135	80	80	23,171879	65,191	10	1,380	168,935	135,0	87,600 077	87,735 077	87,800 268	87,935 268

4.2. Varianta 2

Druhá varianta má návrhovou rychlost 300 km/h a je určena čistě pro osobní dopravu. Do návrhu trasy vstupuje i skutečnost, že bude pojížděna pomalejšími zastávkovými vlaky s maximální rychlostí 160 km/h. Obr. 15 znázorňuje schéma trasy včetně návazností na stávající železniční síť. Čárkovaně a kurzívou uvedené propojení není podrobně navrženo.



Obr. 15 - Traťové schéma varianty 2

Úsek Praha-Vysočany – Brandýs nad Labem

V tomto úseku se trasa výrazně neliší od varianty pro nižší rychlost. Plná traťová rychlost 300 km/h je umožněna až od km 4,198 000 kvůli malým poloměrům oblouků na začátku trasy. V následujícím úseku jsou oproti předchozí variantě zvětšeny poloměry

oblouků z 3 500 m na 4 750 m, resp. z 6 000 m na 6 300 m. Sklonové poměry jsou upraveny díky vyloučení nákladní dopravy a umožnění prudších spádů tak, aby niveleta více kopírovala terén. Největší sklon je navržen před stanicí Brandýs nad Labem o velikosti 16,5 ‰.

Železniční stanice Brandýs nad Labem a odbočka Stará Boleslav

Koncept stanice Brandýs nad Labem je shodný s variantou 1. V předjízdnych kolejiích je umožněna rychlost 130 km/h a jsou kratší. Také je umožněno zapojení spojky ve směru do Lysé nad Labem pro rychlost 160 km/h. V místě křížení s tratí 072 na pravém břehu Labe je navržena odbočka Stará Boleslav s propojením ve směru Praha – Ústí nad Labem a opačně pro rychlost 130 km/h. Ve spojovacích kolejiích jsou oblouky o poloměrech 900 a 1 100 m.

Úsek Stará Boleslav – Mladá Boleslav

Trasa prochází mezi obcemi Hlavenec a Kostelní Hlavno a od km 22,011 292 začíná stoupání ve sklonu 10,0 až 24,0 ‰ dlouhé cca 3,5 km. S využitím většího sklonu je trasa oproti předchozí variantě napřímena a méně zasahuje do ochranného pásma vodního zdroje v lese u obce Kochánky. Dále trasa dvěma oblouky o poloměru 10 000 m směřuje k obci Horky nad Jizerou. Niveleta sleduje povrch terénu, přes četná boční údolí směřující k řece Jizeře jsou navrženy mosty. V přímé v km 28,307 320 jsou umístěny kolejové spojky pro rychlost 160 km/h.

Mezi obcemi Horky nad Jizerou a Hrušov je navržen tunel Horky dlouhý 375 m pod silnicí III. třídy a předpokládanou výstavbou obytných budov. Údolí Jizery je překonáno šikmo po estakádě délky cca 1 000 m. Následně se trasa přimkne k dálnici D10 a silnici II. třídy a ve společném koridoru míjí Pískovou Lhotu.

Odbočka Bezděčín a železniční stanice Mladá Boleslav

U Bezděčína trasa kříží stávající trať 071 Nymburk – Mladá Boleslav, se kterou je propojena. Umožněna je jízda ve směrech Praha – Mladá Boleslav hl. n. a Nymburk – Liberec, též v opačných směrech. Ve směru od Prahy je rychlost v odbočné větvi 130 km/h. Kvůli směrovým poměrům a napojení na stávající trať se postupně snižuje až na 80 km/h. Kolej ve směru do Prahy je vedena vedlejším bočním údolím od stávající tratě, za vrchem Kolumberg, a na vysokorychlostní trať je napojena rychlostí 100 km/h. Vyšší rychlost by nebyla opodstatněná, protože zaústění do stanice Mladá Boleslav hl. n. ani po rekonstrukci nymburského zhlaví v roce 2016 neumožňuje jízdu vyšší rychlostí, než 50 km/h. Napojení v tomto směru může být využito i linkami ve směru do Bakova nad Jizerou a dále do České Lípy.

Ve směru od Nymburka je předpokládáné zdvojkolejné tratě. Napojení na vysokorychlostní trať je realizováno oblouky o poloměru 500 m s rychlostí 100 km/h. V souběžném úseku s hlavními kolejemi je umožněna rychlost 130 km/h, aby mohly vlaky plynule zrychlovat, resp. zpomalovat. Propojení ve směru Nymburk – Mladá Boleslav hl. n. zůstane také zachováno.

Za Bezděčínem trasa klesá okolo Mladoboleslavského letiště v mělkém zářezu ve sklonu 9,0 ‰ k tunelu Dubce délky 545 m. Za ním kříží údolí Štěpánka s říčkou Klenicí a opět mizí pod povrchem v Mladoboleslavském tunelu. V prvních cca 900 m tunel klesá ve sklonu 5,0 ‰ a prochází pod zástavbou, výška nadloží je cca 14 m a tunel bude ražený. V prostoru pod současnou stanicí Mladá Boleslav město je navržena podzemní stanice. Dále tunel stoupá ve sklonu 2,0 ‰ pod volným prostranstvím přibližně ve stopě třídy Václava Klementa. Vzhledem k nízkému nadloží by byl realizovaný jako hloubený, například milánskou metodou, která umožňuje rychlé obnovení provozu na povrchu. Nejnižší bod tunelu je ve stejné výškové úrovni jako údolí Jizery. Voda z něj proto nemůže přirozeně odtékat a musí být svedena do jímky, ze které bude čerpána. Stejným způsobem jsou odvodněny například tunely metra. Pod městem Kosmonosy trasa v tunelu stoupá ve sklonu 5,0 ‰ a nadloží je opět mocnější. Tunel končí až za vrchem Brejlov u obce Bakov nad Jizerou, jeho celková délka činí 6 778 m.

Úsek Mladá Boleslav – Turnov

U Bakova nad Jizerou se trasa přiblíží k dálnici D10 a podobně jako předchozí varianta kopíruje její trasu dvěma směrovými oblouky s poloměry 6 000 m. Ve výškovém řešení jsou v tomto úseku navrženy tři krátké rampy se sklony 12,0 až 20,0 ‰. V km 53,885 355 trasa kříží stávající trať 063 Bakov nad Jizerou – Dolní Bousov, další dvě rampy překonávají svah vrchu Horka u Mnichova Hradiště a terénní nerovnosti u Olšiny. V km 61,002 945 jsou v přímém úseku navrženy kolejové spojky pro rychlost 160 km/h.

U obce Olšina se trasa odklání od dálnice D10 a obchází rybník Žabakor druhou stranou. Dále míří k obci Všeň, kterou obchází východně tunelem dlouhým 833 m pod přilehlým pískovcovým vrchem Pohoří. V okolí tunelu jsou evidovány blokové sesuvy, které by bylo nutné sanovat. Trasa zde navíc prochází chráněnou krajinnou oblastí. Dlouhým obloukem o poloměru 4 425 m, ve kterém je přistoupeno k překročení mezních hodnot přebytku převýšení pro pomalé vlaky, se trasa stáčí severním směrem k obcím Turnov a Ohrazenice, kde je navržena železniční stanice. Mezi Všení a Turnovem trasa prochází záplavovým územím Jizery, při návrhu byla zohledněna hladina stoleté vody Q_{100} .

Návrh trasy tunelem u obce Všeň s malým poloměrem oblouku je podřízen tomu, aby byla u Turnova umístěna železniční stanice v přímé. Prověřena byla i trasa bez tunelu,

kteřá by procházela mezi obcemi Všeň a Mokřý a obec Modřišice by obešla západně. Přířný úsek pro umístění stanice by však byl realizovatelný o cca 1,3 km dále oproti výslednému návrhu, kde navíc začíná stoupaní neumožňující navrhnout nástupiště.

Železniční stanice Turnov

Železniční stanice Turnov je umístěna v přímém úseku v obci Ohrazenice, cca 1,7 km od současné stanice. Návrh stanice je komplikován jak směřovými, tak sklonovými poměry trasy. Pražské zhlaví stanice je umístěno v Ohrazenickém tunelu délky 453 m. Část tunelu prochází pod obytnou zástavbou, část pod silniční křižovatkou. Přímo nad tunelem se v pásu šířky 60 m nachází 15 budov. Kvůli kolejovému rozvětvení bude muset být proveden výrub velké šířky, což v kombinaci s nízkým nadložířm tvořří náročnou geotechnickou stavbu.

Stanici by bylo vhodné kolejově propojit se stávající železniční sítí tak, aby byla možná jízda ve směřech Praha – Tanvald a Semily – Liberec. Samotný patnáctitisícový Turnov není příliš významným bodem pro vysokorychlostní spojení, důležitá je ale návaznost na velký počet dalších sídel v hustě osídleném okolí. Velký potenciál existuje i v podobě cestovního ruchu díky blízkosti Českého ráje.

Úsek Turnov – Liberec

Bezprostředně za turnovskou stanicí trasa prudce stoupá ve sklonu 30,0 ‰ v cca 12 m hlubokém zářezu k obci Paceřice. Délka rampy je 1 222,080 m. Dále trasa stoupá ve sklonu 18,5 ‰ téměř 4,5 km v Odolenovickém tunelu. Na povrchu se trasa objeví mezi obcemi Jílové a Bezěčřin, kde křižří údolí s vodotečí. Následně pokračuje v mírnějším sklonu 4,0 ‰ dvojicí tunelů Radoňovice (délka 2 643 m) a Rádlo (délka 3 378 m). Mezi nimi křižří údolí Mohelky s železniční tratí 030 Turnov – Liberec a silnicí I. třídy do Jablonce nad Nisou. Všechny tři tunely v úseku jsou předpokládány jako dvojice jednokolejných tubusů, provedených mechanizovanou ražbou.

Dvěma oblouky o poloměřech 6 700 m a 5 000 m se trasa stáčí k obci Dlouhý Most a sleduje stopu silnice I/35. V km 87,057 379 v přímém a vodorovném úseku jsou navrženy kolejové spojky pro rychlost 160 km/h. Za nimi trasa začíná klesat do Liberce. Největší sklon dosahuje hodnoty 30,0 ‰ v délce 562,302 m. Kvůli vedení tratě hustou městskou zástavbou ke stávající železniční stanici je postupně snížena traťová rychlost až na 100 km/h. V železniční stanici Liberec je stejně jako ve variantě 1 předpoklad zachování větší části stávající geometrie kolejistiě a modernizace nástupišť a ostrovní výpravní budovy. Rekonstrukce stanice není detailně řešena.

Za Libercem navazuje přeshraniční úsek shodný pro obě varianty popsaný v kapitole 4.3. Varianta 2 je o 4 930 m delší, než první varianta, celková délka z Prahy na státní hranici s Polskem je 128,714 987 km.

Alternativní trasa přes Jablonec nad Nisou

Tak jako ve variantě pro smíšený provoz byla opět prověřena alternativa trasování přes Jablonec nad Nisou. Od předchozí trasy se odklání v km 62,0 u rybníka Žabakor. Obec Všeň míjí západně, čímž se vyhne návrhu tunelu, a směřuje okolo obce Modřišice do Turnova, kde je navržena nová železniční stanice téměř kolmo na stávající železniční trať v oblasti maloskalského záhlaví současné stanice. Zastavěným územím trasa prochází po stávajícím tělese tratě 030, které záhy opouští a pokračuje po estakádě údolím Jizery, kterou dvakrát kříží. Obloukem o poloměru 4 750 m trasa u Dolánek odbočuje z údolí a vstupuje do Jabloneckého tunelu, ve kterém stoupá ve sklonu 15,0 ‰ přibližně severním směrem pod obcí Frýdštejn k Jablonci nad Nisou.

Před Jabloncem nad Nisou v oblouku s poloměrem 2 950 m je v km 84,070 snížena rychlost na 250 km/h. V km 88,928 920, v centru města, je umístěna železniční stanice. Stejně jako ve variantě 1 je umístěna v tunelu, ale výrazně blíže pod povrchem. Za stanicí trasa klesá, aby překonala stometrový výškový rozdíl mezi Jabloncem a Libercem. Jablonecký tunel končí v jižním svahu Prosečského hřebene a jeho celková délka činí 17 057 m. Největší sklon je 25,0 ‰ v délce téměř 2,0 km. Od km 94,404 je traťová rychlost snížena na 120 km/h a čtyřmi oblouky o poloměrech min. 700 m se trasa proplétá zástavbou liberecké části Rochlice.

Alternativa přes Jablonec nad Nisou je o 5 131,341 m delší, než předchozí trasa. I s využitím větších sklonů se návrh příliš neliší od varianty 1, stavební i provozní náklady této trasy by byly vysoké.

V Tab. 18 je přehled tunelů ve variantě 2 vedené mimo Jablonec nad Nisou, včetně jejich délek a světlého tunelového průřezu použitého ve výpočtech jízdních odporů.

Tab. 19 uvádí polohu dopraven a kolejových spojek a vzdálenosti mezi nimi.

Tab. 18 - Přehled tunelů - varianta 2

Název	Začátek tunelu	Konec tunelu	Délka	Průřez	Typ tunelu
	km	km	m	m ²	
Letňanský tunel	1,305 020	3,798 966	2 494	61	2×1-kolejný, TBM
Tunel Horky	35,809 041	36,183 953	375	61	2×1-kolejný, NRTM
Tunel Dubce	44,166 232	44,710 836	545	61	2×1-kolejný, TBM
Boleslavský tunel	44,973 764	51,752 235	6 778	61	2×1-kolejný, TBM
Tunel Všeň	68,090 695	68,923 385	833	61	2×1-kolejný, TBM
Ohrazenický tunel	72,555 826	73,008 929	453	61	2×1-kolejný, NRTM
Odolenovický tun.	75,813 710	79,276 596	3 463	61	2×1-kolejný, TBM
Tunel Radoňovice	80,512 352	83,155 719	2 643	61	2×1-kolejný, TBM
Tunel Rádlo	83,358 568	86,736 379	3 378	61	2×1-kolejný, TBM
Novoveský tunel	98,632 149	103,151 542	4 519	61	2×1-kolejný, TBM
Albrechtický tunel	104,129 995	108,115 494	3 985	61	2×1-kolejný, TBM
Tunel Větrov	111,166 269	112,159 880	994	61	2×1-kolejný, TBM
Součet délek tunelů			30 460		
Část trasy vedená v tunelech			24 %		

Tab. 19 - Přehled dopravních bodů - varianta 2

Staničení	Název	Druh	Vzd. od předchozího
km			km
0,000 000	Praha-Vysočany	železniční stanice	
12,820 514		kolejové spojky	12,820 514
13,595 014	Brandýs nad Labem-VRT	železniční stanice	0,774 500
14,369 514		kolejové spojky	0,774 500
17,591 970	Stará Boleslav	odbočka	3,222 456
28,307 320		kolejové spojky	10,715 350
39,471 837		kolejové spojky	11,164 517
41,464 467	Bezděčín	odbočka	1,992 630
45,788 508		kolejové spojky	4,324 041
46,563 008	Mladá Boleslav-VRT	železniční stanice	0,774 500
47,337 508		kolejové spojky	0,774 500
61,002 945		kolejové spojky	13,665 437
72,302 380		kolejové spojky	11,299 435
73,096 923	Turnov-VRT	železniční stanice	0,794 543
73,891 477		kolejové spojky	0,794 554
87,057 379		kolejové spojky	13,165 902
93,156 632	Liberec	železniční stanice	6,099 253
94,036 057		kolejové spojky	0,879 425
110,575 000		kolejové spojky	16,538 943
126,713 987		kolejové spojky	16,138 987
127,571 487	Dětrichovec	výhybna	0,857 500
128,428 987		kolejové spojky	0,857 500

V Tab. 20 jsou souhrnně uvedeny všechny směrové oblouky v úseku Praha – Liberec.

Tab. 20 – Tabulka oblouků – varianta 2

č.o.	R	V	V _n	D	I	I _n	α _s	L _i	n	m	T	L _k	ZP	ZO	KO	KP
	m	km/h	km/h	mm	mm	mm	gon	m		m	m	m	km	km	km	km
1	580	100	100	124	80	80	15,128747	38,632	8	0,707	118,915	99,2	0,322 310	0,421 510	0,460 143	0,559 343
2	900	120	120	114	75	75	64,412902	773,816	10	0,866	567,453	136,8	0,877 589	1,014 389	1,788 205	1,925 005
3	3 500	250	160	131	80	-44	32,960507	1 484,599	10	1,277	1 090,922	327,5	2,058 240	2,385 740	3,870 339	4,197 839
4	6 300	300	160	89	80	-41	10,903445	758,607	12	0,679	701,081	320,4	4,460 863	4,781 263	5,539 870	5,860 270
5	4 750	300	160	144	80	-80	29,233325	1 617,752	12	2,766	1 391,581	561,6	6,385 530	6,947 130	8,564 882	9,126 482
6	6 300	300	160	89	80	-41	26,156660	2 281,201	12	0,679	1 473,091	320,4	9,347 670	9,668 070	11,949 271	12,269 671
7	10 000	300	160	54	53	-23	6,833426	903,689	12	0,157	634,420	194,4	14,655 514	14,849 914	15,753 603	15,948 003
8	10 000	300	160	54	53	-23	8,684871	1 164,939	12	0,157	780,378	194,4	24,993 975	25,188 375	26,353 314	26,547 714
9	10 000	300	160	54	53	-23	16,113070	3 208,865	12	0,157	1 369,537	194,4	28,909 164	29,103 564	32,312 429	32,506 829
10	6 300	300	160	89	80	-41	30,650472	2 816,444	12	0,679	1 706,942	320,4	33,975 450	34,295 850	37,112 294	37,432 694
11	6 300	300	160	89	80	-41	6,430591	315,972	12	0,679	478,688	320,4	39,842 204	40,162 604	40,478 576	40,798 976
12	6 300	300	160	89	80	-41	10,635975	918,368	12	0,679	687,750	320,4	41,149 037	41,469 437	42,387 805	42,708 205
13	5 500	300	160	114	80	-59	20,683347	1 376,513	12	1,276	1 106,799	410,4	43,305 467	43,715 867	45,092 380	45,502 780
14	6 300	300	160	89	80	-41	22,306171	1 887,022	12	0,679	1 275,460	320,4	48,113 667	48,434 067	50,321 090	50,641 490
15	6 000	300	160	114	63	-63	21,104838	1 578,684	12	1,170	1 209,139	410,4	53,394 502	53,804 902	55,383 586	55,793 986
16	6 000	300	160	97	80	-46	44,156710	3 812,472	12	0,847	2 343,380	349,2	56,153 949	56,503 149	60,315 621	60,664 821
17	4 750	300	160	144	80	-80	21,283552	1 833,814	12	2,357	1 061,064	518,4	61,294 725	61,813 125	63,646 938	64,165 338
18	4 425	300	160	160	80	-91	98,562005	6 211,328	12	3,124	4 617,173	576,0	64,668 099	65,244 099	71,455 427	72,031 427
19	6 700	300	160	80	79	-34	15,578606	672,891	12	0,638	984,163	320,4	79,857 729	80,178 129	80,851 020	81,171 420
20	5 000	300	160	133	80	-72	34,556540	2 235,264	12	1,910	1 631,278	478,8	82,863 713	83,342 513	85,577 777	86,056 577
21	4 000	250	160	105	80	-29	18,405295	841,439	12	1,034	739,923	315,0	88,070 130	88,385 130	89,226 569	89,541 569
22	720	120	120	156	80	80	102,881522	976,363	10	2,027	849,018	187,2	89,897 127	90,084 327	91,060 689	91,247 889
23	550	100	100	135	80	80	41,414057	222,792	10	1,380	253,415	135,0	91,741 138	91,876 138	92,098 930	92,233 930
24	550	100	100	135	80	80	25,772907	87,662	10	1,380	180,626	135,0	92,317 690	92,452 690	92,540 352	92,675 352

4.3. Přeshraniční úsek

Úsek z Liberce ke státní hranici s Polskem je navržen shodně pro variantu 1 i 2 s návrhovou rychlostí 250 km/h se smíšeným provozem. Návrh je přizpůsoben rychlosti nejpomalejšího vlaku 100 km/h. Kvůli rozdílné délce předchozího úseku využívá trasa dvou odlišných staničení. V textu je použito staničení navazující na variantu 1.

Úsek Liberec – státní hranice s Polskem

Ze železniční stanice Liberec vychází navržená trasa po rozšířeném tělese stávajících tratí 037 a 089. Kvůli jeho zachování a minimálnímu omezení okolní zástavby je rychlost omezena na 160 km/h v délce 4 652 m. Nejmenší poloměr směrových oblouků v tomto úseku je 1 330 m. Trasa klesá údolím Lužické Nisy ve sklonu 7,3 ‰ a u Machnína jej kříží a opouští estakádou dlouhou cca 300 m. Navazuje Novoveský tunel délky 4 519 m. Od km 94,494 je umožněna rychlost 250 km/h až ke konci trasy.

V Nové Vsi u Chrastavy se trať krátce objeví na povrchu a po mostě překoná údolí s říčkou Jeřice. Západní cíp Jizerských hor trasa protíná Albrechtickým tunelem délky 3 985 m pod stejnojmenným sedlem. Celý úsek od Lužické Nisy až k výjezdovému portálu Albrechtického tunelu je ve stoupání 6,0 ‰. Dále trasa klesá k Frýdlantu dvěma rampami ve sklonu 14,0 a 20,0 ‰. Mezi nimi se nachází krátký přímý úsek ve sklonu 1,3 ‰, kde jsou v km 105,814 843 navrženy kolejové spojky pro rychlost 130 km/h. Druhá rampa se nachází v tunelu Větrov délky 994 m. U Frýdlantu trať přemostňuje řeku Smědou a začíná stoupat údolím Řasnice.

Napojení na stávající železniční síť ve Frýdlantském výběžku není navrženo. Oblast je v současné době poměrně kvalitně obsloužena z 26 km vzdáleného Liberce vlaky v hodinovém taktu, ve špičkách doplněnými o další spoje.

U obce Krásný Les se trasa přibližuje ke stávající železniční trati 037 do Jindřichovic pod Smrkem. Niveleta kopíruje terén ve sklonu do 6,0 ‰. Před Jindřichovicemi překonává sedlo krátkým stoupáním 20,0 ‰. Poloměry směrových oblouků jsou navrženy o velikostech 4 000 až 6 000 m.

Před hranicemi s Polskem je v přímém úseku umístěna výhybna Dětrichovec. U obou zhlaví jsou navrženy kolejové spojky pro rychlosti 100 a 160 km/h. Přibližně ve stopě zrušené železniční trati Gryfów Ślaski – Jindřichovice pod Smrkem navržená vysokorychlostní trasa opouští území České republiky a navazuje na polskou studii s pokračováním do Wrocławu.

V Tab. 21 jsou uvedeny směrové oblouky, číslování a staničení navazuje na první variantu.

Tab. 21 - Tabulka oblouků - přeshraniční úsek

Č.O.	R	V	V _n	D	I	I _n	α _s	L _i	n	m	T	L _k	ZP	ZO	KO	KP
	m	km/h	km/h	mm	mm	mm	gon	m		m	m	m	km	km	km	km
27	2 000	160	100	84	68	-25	5,657538	43,337	10	0,376	156,141	134,4	89,448 245	89,582 645	89,625 982	89,760 382
28	2 000	160	100	76	76	-17	15,234203	356,997	10	0,308	301,282	121,6	89,842 830	89,964 430	90,321 426	90,443 026
29	1 330	160	100	148	80	-59	29,036827	369,826	10	1,756	427,459	236,8	90,570 772	90,807 572	91,177 397	91,414 197
30	1 800	160	100	88	80	-22	10,775167	163,861	10	0,459	223,130	140,8	91,523 436	91,664 236	91,828 097	91,968 897
31	1 330	160	100	148	80	-59	81,614246	1 557,672	10	1,756	1 111,984	236,8	92,462 551	92,699 351	94,257 022	94,493 822
32	4 000	250	100	105	80	-75	31,088030	1 203,045	12	1,034	1 154,291	315,0	97,094 238	97,409 238	98,612 284	98,927 284
33	5 000	250	100	74	74	-50	54,992512	4 036,407	12	0,411	2 415,863	222,0	100,475 702	100,697 702	104,734 110	104,956 110
34	6 000	250	100	62	61	-42	19,147567	1 618,616	12	0,240	1 002,208	186,0	107,972 989	108,158 989	109,777 604	109,963 604
35	4 000	250	100	105	80	-75	39,043886	2 138,200	12	1,034	1 424,370	315,0	110,236 785	110,551 785	112,689 985	113,004 985
36	6 000	250	100	62	61	-42	8,189235	585,817	12	0,240	479,456	186,0	114,021 099	114,207 099	114,792 916	114,978 916
37	4 000	250	100	105	80	-75	11,619486	415,074	12	1,034	523,640	315,0	117,279 848	117,594 848	118,009 921	118,324 921
38	4 600	250	100	81	80	-55	25,492748	1 599,020	12	0,535	1 055,123	243,0	118,445 354	118,688 354	120,287 374	120,530 374
39	6 000	250	100	62	61	-42	6,647839	440,544	12	0,240	406,569	186,0	120,828 095	121,014 095	121,454 639	121,640 639

5. MODELOVÁNÍ PRŮJEZDU VYBRANÝCH VLAKŮ

Jedním z podkladů k porovnání variant jsou grafy rychlosti průjezdu vybraných vlakových souprav po navržených trasách. Vytvořeny byly pomocí programu Fahrplanbearbeitungssystem (FBS) s modulem iPLAN, jehož licenci pro účely výuky a výzkumu má k dispozici Fakulta dopravní, ČVUT v Praze. Program FBS slouží pro zpracování grafikonových listů a konstrukci jízdního řádu, zahrnuje kompletní vzorce a metody pro výpočet jízdní doby a dynamiku železničních vozidel a poskytuje srozumitelné výstupy. Ovládací prvky programu jsou lokalizovány do češtiny.

5.1. Zadání dat do programu FBS

Do programu je nejprve nutné zadat parametry navržené trasy. Obr. 16 ukazuje uživatelské prostředí, ve kterém se pracuje. Vkládají se tyto údaje:

- poloha dopravních a jejich typ, rychlost v předjízdnicích kolejkách,
- počet traťových kolejí,
- rychlostní profil,
- sklonové poměry,
- směrové vedení,
- poloha tunelů, jejich délka, velikost průřezu a typ ostění.

Údaje o trati ✖

Oblasti Zařazení Stanice Staniční koleje Rychlosti Podélný profil **Směrové vedení** Tunely Rozšířené

Rozhodující výškové poměry:

km (rel.)	km (abs.)	Poznámky	Sklon (x:1000)	Sklon (1:x)	Výška n.m. (m)
89,162	89,162		-7,30	1:-137	374,2
92,255	92,255		6,00	1:167	351,62
103,429	103,429		-14,00	1:-71	418,66
105,446	105,446		-1,30	1:-769	390,42
106,191	106,191		-20,00	1:-50	389,45
107,765	107,765		-4,50	1:-222	358
110,073	110,073		6,00	1:167	347,59
113,228	113,228		1,80	1:556	366,52
116,323	116,323		20,00	1:50	372,09
118,322	118,322		-8,00	1:-125	412,07
120,710	120,710		2,30	1:435	393
121,771	121,771		8,00	1:125	395,41
123,955	123,955		0,00	1:--	412,88

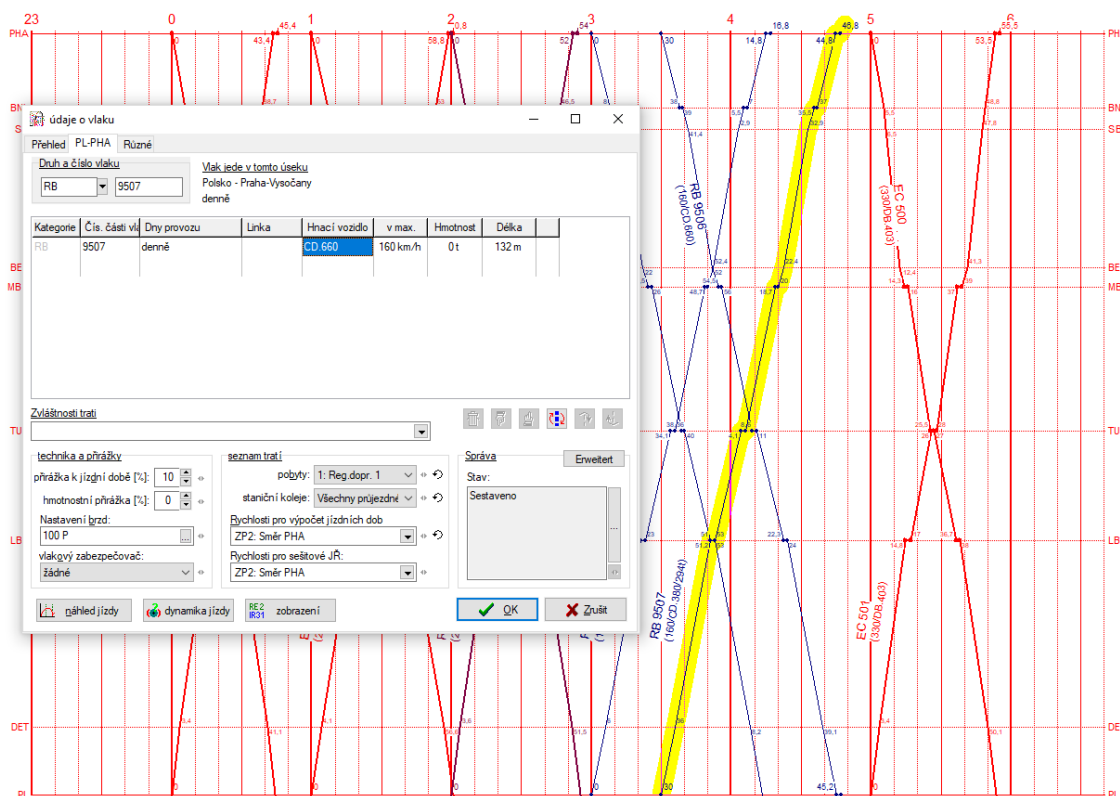
Nový sklon Smazat sklon Výšky stanic (x:1000 = N/kN = promile)
(výškové údaje nad nomovanou nulou)

Profil
OK
Zrušit

Obr. 16 - Zadávání údajů o trati v programu FBS

Dále program umožňuje zadání řady dalších údajů, které slouží ke zpřesnění tvorby jízdních řádů, jako např. poloha vjezdových a odjezdových návěstidel, poloha návěstidel autobloku, ztrátové časy při přestavování výměn v jednotlivých stanicích atd. Pro účely této diplomové práce nebyly zdaleka všechny funkce programu využity, prioritou bylo získat informace o jízdě vlakových souprav.

Po zpracování parametrů infrastruktury lze přistoupit k zadávání jednotlivých vlaků, které budou na trati provozovány. Celý postup se provádí v grafickém prostředí nákrešného jízdního řádu, viz Obr. 17. Uživatel volí čas odjezdu z výchozí stanice a pobyt v nácestných stanicích. Jízdní doby program vypočte a vykreslí grafikon.



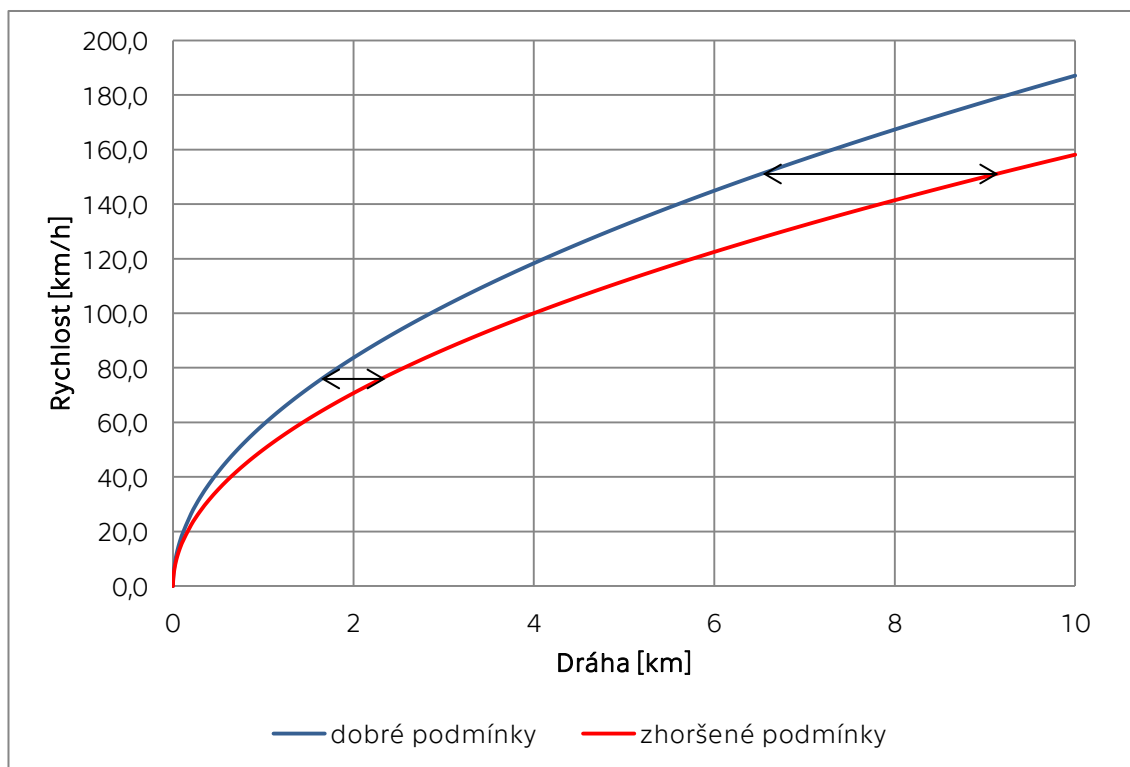
Obr. 17 - Zadávání vlaků do nákrešného jízdního řádu v programu FBS

Nejdůležitějšími údaji o vlaku jsou:

- druh a číslo vlaku,
- hnací vozidlo,
- tažená vozidla,
- nastavení brzd,
- přirážka k jízdni době.

Program nabízí rozsáhlou databázi tuzemských i zahraničních vozidel, jejíž součástí jsou trakční charakteristiky hnacích vozidel, hmotnost, délka a maximální rychlost. Nastavení brzd a hodnota brzdících procent byla u každé soupravy nastavena dle pokynů konzultantů z Fakulty dopravní. Přirážka k jízdni době poskytuje rezervu v případě

nepříznivých podmínek. Její hodnota se volí tím větší, čím vyšší je předpokládaná rychlost vlaku, neboť při vyšších rychlostech je diference mezi rozjezdovými křivkami za dobrých podmínek a za špatných podmínek větší, viz Obr. 18. Pro vysokorychlostní vlaky se doporučuje zvolit hodnoty 10 až 15 %.



Obr. 18 - Znárodnění velikosti přirážky k jízdě době

Databáze vozidel obsahuje i informace o kapacitě vozů, vozových třídách a dalších službách na palubě vlaků, které slouží ke komplexnímu vypracování jízdního řádu.

Pro vyhodnocení navržených tras byly vybrány různé kategorie vlaků:

- dálkový vlak, který zastavuje pouze v Praze a Liberci,
- expres, který zastavuje navíc v Mladé Boleslavi,
- rychlý regionální vlak, který zastavuje ve všech stanicích,
- nákladní vlak.

Dálkové vlaky jsou reprezentovány německými vysokorychlostními osmivozovými jednotkami ICE3. Expresy jsou uvažovány ve dvou variantách, buď s lokomotivou Škoda 109E a klasickou soupravou, nebo v podobě jednotky Railjet. Na rychlé regionální vlaky (dle německých zvyklostí kategorie D) jsou nasazeny jednotky InterPanter, či dvoupatrové vratné soupravy s lokomotivou Škoda 109E, které jsou v současné době dodávány do Německa. Nákladní vlak je tvořen výkonnou lokomotivou Siemens Vectron a soupravou kontejnerových vozů o hmotnosti 1 800 t. Podrobný přehled vlaků a nasazených souprav uvádí Tab. 22 a Tab. 23. Číselné skupiny vlaků jsou zvoleny podle

návrhových rychlostí jednotlivých variant – vlaky 2xx a 952x ve variantě 1, vlaky 3xx a 953x ve variantě 2.

Tab. 22 - Uvažované vlaky ve variantě 1

Druh a číslo vlaku	Hnací vozidlo	Maximální rychlost	Tažená hmotnost	Počet sedících cestujících	Celková délka vlaku	Přirážka k jízdě době
		km/h	t	os.	m	%
EC 200	Siemens ICE3 (osmivozová jednotka)	330	0	460	200	10
EC 201						
EC 202	Škoda 109E (ČD 380 + mz vozy)	200	459	484	230	10
EC 203						
RJ 204	Siemens ES64U4 (Taurus + Railjet)	230	371	442	204	10
RJ 205						
D 9520	Škoda 109E (ČD 380 + patrové vozy)	160	294	676	152	10
D 9521						
D 9522	Škoda 7Ev (InterPanter)	160	0	350	132	10
D 9523						
nákladní expresy	Siemens Vectron	100	1800	-	416	6

Jízda nákladních expresů je simulována ve dvou podobách. Kromě ideálního stavu (Nex 78100), kdy vlak nikde nezastavuje a do řešeného úseku již vjede plnou traťovou rychlostí, je prověřen i nepříznivý stav, kdy se musí rozjíždět z dopraven umístěných před stoupáním (Nex 78102). Ve směru do Polska se rozjíždí z Prahy-Vysočan a z výhybny Nechálov, v opačném směru zastavuje v Liberci a v Brandýse nad Labem.

Ve druhé variantě jsou zavedeny další vlaky v kategoriích EC a RJ, na kterých bude porovnáván vliv zastavování ve stanici Turnov, která je ve směru do Liberce umístěna před prudkým stoupáním. Nákladní doprava je v této variantě vyloučena.

Tab. 23 - Uvažované vlaky ve variantě 2

Druh a číslo vlaku	Hnací vozidlo	Maximální rychlost	Tažená hmotnost	Počet sedících cestujících	Celková délka vlaku	Přirážka k jízdě
		km/h	t	os.	m	%
EC 300	Siemens ICE3 (osmivozová jednotka)	330	0	460	200	15
EC 301						
EC 306						
EC 307						
EC 302	Škoda 109E (ČD 380 + mz vozy)	200	459	484	230	10
EC 303						
EC 308						
EC 309						
RJ 304	Siemens ES64U4 (Taurus + Railjet)	230	371	442	204	10
RJ 305						
RJ 310						
RJ 311						
D 9530	Škoda 109E (ČD 380 + patrové vozy)	160	294	676	152	10
D 9531						
D 9532	Škoda 7Ev (InterPanter)	160	0	350	132	10
D 9533						

5.2. Výstup z programu FBS

Vypočtená data lze zobrazovat různým způsobem. Základním typem výstupu je nákrešný jízdni řád, dále je možné sestavit knižní jízdni řády, sešitové jízdni řády i oběhy vozů v rámci celé sítě. K jednotlivým vlakům je uložen graf rychlosti, který lze exportovat v syrové textové podobě pro další zpracování. Kromě průběhu rychlosti a jízdni doby je k dispozici i teoretická spotřeba energie.

5.2.1. Varianta 1

Pro vysokorychlostní jednotku ICE3 při rychlosti 200 km/h nečiní ani stoupání 20,0 ‰ problém a projede celou trasu z Prahy do Liberce bez propadu rychlosti. U vlaků s méně výkonnými lokomotivami je ve stoupání viditelný pokles rychlosti až o 10 km/h. Problematický je úsek od odbočky Březina na vrchol stoupání v tunelu Rašovka, kde tyto soupravy vlivem sklonu trati a četných tunelů zpomalí až na 182 km/h. Vlaky kategorie D prakticky nejsou omezeny parametry tratě, ale pouze svou maximální konstrukční rychlostí 160 km/h.

V úseku Liberec – st. hranice s Polskem je v obou směrech znatelné stoupání k Albrechtickému tunelu i pro nejvýkonnější soupravu. V táhlém stoupání 6,0 ‰ dosáhne pouze na rychlost 210 km/h.

U nákladních vlaků je odpor z jízdy do stoupání velmi citelný. Rampy se sklonem 20,0 ‰ s délkou do 2 km se projeví snížením rychlosti ze 100 km/h až na 70 km/h. Vlak, který se rozjíždí ze stanice Praha-Vysočany z nulové rychlosti, pojedje v Letňanském tunelu pouze třicetikilometrovou rychlostí. Podobně rozjezd z výhybny Nechálov do stoupání 8,0 ‰ v tunelech je velmi pozvolný. Oproti tomu úsek za Libercem, do kterého mohou nákladní vlaky vjet plnou rychlostí, není překážkou.

Jízdní doby osobních vlaků v úseku Praha – Liberec jsou uvedeny v Tab. 24. Úsek je rozdělen na dva dílčí úseky Praha – Mladá Boleslav a Mladá Boleslav – Liberec. Celkový čas je dán jejich součtem, pobyt v Mladé Boleslavi není zahrnut.

Tab. 24 - Jízdní doby v obou směrech, varianta 1

Vlak	Jízdní doba v úseku			Vlak	Jízdní doba v úseku			Poznámky
	PHA - MB	MB - LBC	PHA - LBC		LBC - MB	MB - PHA	LBC - PHA	
	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	
EC200	15	16	31	EC201	15	16	31	nestaví v Ml. Boleslavi
EC202	18	17	35	EC202	17	17	34	
RJ204	17	17	34	RJ205	17	17	34	
D9520	23	20	43	D9521	20	23	43	staví v Brandýse n. L.
D9522	23	20	43	D9523	20	23	43	staví v Brandýse n. L.

Kromě vlaků tažených lokomotivou Škoda 109E se jízdní doby zaokrouhlené na celé minuty v obou směrech neliší. I jízdní doby vlaků zastavujících ve všech stanicích jsou v porovnání s individuální dopravou velmi atraktivní. Jízda automobilem z Prahy-Vysočan do Liberce trvá za příznivé dopravní situace 1 hodinu. Cesta vlakem v GVD 2017/2018 zabere 2 hodiny a 23 minut.

Přestože první varianta není trasována přes Turnov, díky nechálovské spojce umožňuje rychlé spojení tohoto města s Libercem. Vlaky D 9520 a D 9522 urazí 17,9 km dlouhou vzdálenost z Nechálova do Liberce za 9 minut. Osmikilometrový úsek, který připojuje Turnov na vysokorychlostní trať, by stejné soupravy ujely za 4 minuty. Oproti rychlíkům v GVD 2017/2018 vedených po trati 030 se ušetří 22 minut jízdy.

Nákladní vlak Nex 78100 dojde z Prahy do Liberce za 59 minut, nepříznivě zastavující Nex 78102 pak za 1 hodinu a 12 minut.

Tab. 25 uvádí vypočtenou teoretickou spotřebu energie jednotlivých vlaků v úseku Praha – Liberec v obou směrech. Střední spotřeba energie je vztažena na ujetou

vzdálenost. Zajímavým prvkem k porovnání souprav mezi sebou může být teoretická spotřeba energie vztažená na jednoho sedícího cestujícího při plně obsazené soupravě.

Tab. 25 - Spotřeba energie v obou směrech, varianta 1

Praha – Liberec				Liberec – Praha			
Vlak	Teoretická spotřeba energie	Střední spotřeba energie	Teoretická spotřeba na osobu	Vlak	Teoretická spotřeba energie	Střední spotřeba energie	Teoretická spotřeba na osobu
	kWh	Wh/m	kWh/os		kWh	Wh/m	kWh/os
EC 200	1 562	17,7	3,4	EC 201	1 206	13,7	2,6
EC 202	2 408	27,0	5,0	EC 203	1 893	21,5	3,9
RJ 204	2 186	24,8	4,9	RJ 205	1 806	20,5	4,1
D 9520	1 547	17,5	2,3	D 9521	1 211	13,7	1,8
D 9522	943	10,7	2,7	D 9523	718	8,1	2,1
Nex 78100	4 007	45,4	-	Nex 78101	2 790	31,6	-
Nex 78102	4 181	47,0	-	Nex 78105	3 010	34,1	-

Z hlediska jízdní doby i spotřeby energie se jeví výhodně provoz vysokorychlostní jednotky ICE3. Nabízí se ale otázka, zda jízda jednotky s konstrukční rychlostí 330 km/h po trati s nejvyšší rychlostí 200 km/h není mrhání jejího potenciálu. Nejnižší spotřebu vykazují vlaky kategorie D, což je dáno nižší rychlostí ve srovnání s podobnou hmotností a výkonem vlaků kategorie EC a RJ. Dle spotřeby energie vztažené na počet cestujících je nejvýhodnější provozovat dvoupatrové soupravy. Energie spotřebovaná při zpáteční cestě z Liberce do Prahy je průměrně 77procentní, než při cestě tam.

5.2.2. Varianta 2

Ve směru Praha – Liberec dosáhne vlak EC 300 vedený jednotkou ICE3 nejvyšší rychlosti 300 km/h pouze na 37,2 % délky úseku, ve kterém je tato rychlost povolena. V opačném směru je tento poměr pro vlak EC 301 příznivější a činí 55,2 %. Rychlost všech vlaků snižuje stoupání z údolí Labe v obou směrech. Dalším místem s výrazným propadem rychlosti je Boleslavský tunel. Jízdní odpor z jízdy v tunelu je tak velký, že ani při jízdě v klesání jednotka ICE3 neudrží traťovou rychlost. Rychlost se sníží na 270 km/h ve směru do Prahy, resp. až na 260 km/h ve směru do Liberce. Tento vliv je možné snížit zvětšením průřezu tunelu.

Největším úskalím druhé varianty je stoupání ze stanice Turnov směrem do Liberce. Ani vlak, který stanicí projíždí rychlostí 300 km/h, ji při průjezdu Odolenovickým tunelem neudrží. Nejnepříznivější průběh rychlosti má vlak EC 308 tažený lokomotivou Škoda 109E, který rampu za turnovskou stanicí zdolá rychlostí pouze 60 až 65 km/h a následně dosáhne na rychlost 182 km/h, kterou jede pouze v délce 1,750 km z celkové dvacetikilometrové vzdálenosti mezi Turnovem a Libercem. V opačném směru, kdy vlaky

naopak překonávají rampu ze stanice Liberec, také prakticky není traťová rychlost 300 km/h využita.

Vlaky kategorie D jedoucí rychlostí 160 km/h stejně jako ve variantě 1 udrží svou rychlost ve většině trasy. I u nich je ale vliv stoupání při rozjezdu ze stanic viditelný, zejména u jednotky InterPanter.

Jízdní doby vlaků v úseku Praha – Liberec jsou uvedeny v Tab. 26. Úsek je rozdělen na dva dílčí úseky Praha – Mladá Boleslav a Mladá Boleslav – Liberec. Celkový čas je dán jejich součtem, pobyt v Mladé Boleslavi není zahrnut.

Tab. 26 - Jízdní doby v obou směrech, varianta 2

Vlak	Jízdní doba v úseku			Vlak	Jízdní doba v úseku			Poznámky
	PHA - MB	MB - LBC	PHA - LBC		LBC - MB	MB - PHA	LBC - PHA	
	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>		<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	
EC300	13	13	26	EC301	13	13	26	nestaví v Ml. Boleslavi
EC302	19	19	38	EC303	18	18	36	
RJ304	16	18	34	RJ305	17	17	34	
EC306	14	20	34	EC307	20	14	34	staví v Turnově
EC308	19	26	45	EC309	23	18	41	staví v Turnově
RJ310	16	23	39	RJ311	21	17	38	staví v Turnově
D9530	24	25	49	D9531	25	24	49	staví všude
D9532	24	25	49	D9533	25	24	49	staví všude

Rozdíly mezi jízdními dobami v obou směrech jsou větší, než u první varianty, nejvíce u vlaků EC 308 a 309 tažených lokomotivou Škoda 109E, které nejvíce ztrácí ve stoupání za turnovskou stanicí.

Nejrychlejší vlak, který projede trasu Praha-Vysočany – Liberec bez zastavení, je ještě o 5 minut rychlejší, než v první variantě. Z jízdních dob dalších vlaků je ale patrné, že konvenční soupravy svým výkonem nedostačují na sklonově náročněji navrženou vysokorychlostní trasu. Výpočet průměrné rychlosti prozradí, že osmivozové expresy s lokomotivou Škoda 109E a regionální vlaky jsou pomalejší, než ve variantě 1. Jednotky Railjet ujedou danou trasu v obou variantách za stejný čas.

Tab. 27 uvádí pro variantu 2 teoretickou spotřebu energie a spotřebu energie vztahenou na ujetou vzdálenost, resp. na počet přepravených sedících cestujících.

Tab. 27 - Spotřeba energie v obou směrech, varianta 2

Praha – Liberec				Liberec – Praha			
Vlak	Teoretická spotřeba energie	Střední spotřeba energie	Teoretická spotřeba na osobu	Vlak	Teoretická spotřeba energie	Střední spotřeba energie	Teoretická spotřeba na osobu
	kWh	Wh/m	kWh/os		kWh	Wh/m	kWh/os
EC 300	2 626	28,2	5,7	EC 301	2 328	25,0	5,1
EC 302	2 495	26,8	5,2	EC 303	2 114	22,7	4,4
RJ 304	2 507	26,9	5,7	RJ 305	2 207	23,7	5,0
EC 306	2 904	31,2	6,3	EC 307	2 698	29,0	5,9
EC 308	2 554	27,4	5,3	EC 309	2 329	25,0	4,8
RJ 310	2 587	27,8	5,9	RJ 311	2 379	25,5	5,4
D 9530	1 697	18,2	2,5	D 9531	1 423	15,3	2,1
D 9532	1 037	11,1	3,0	D 9533	1 053	9,2	3,0

Na rozdíl od první varianty je energie spotřebovaná vysokorychlostní jednotkou v porovnání s klasickou soupravou podobná. Tím se opět projevuje jejich nevýhodnost na vysokorychlostních tratích. Energeticky nejnáročnější je jízda vlaku EC 306, který má vyvinout rychlost 300 km/h, ale zároveň zastavuje ve stanici Turnov. Vysoká rychlost má smysl až na dlouhých úsecích. Při zpáteční cestě z Liberce do Prahy se spotřebuje průměrně 88 % energie, která se spotřebuje cestou tam. Větší podíl oproti první variantě lze připsat delším tunelům a větším ztraceným spádům.

6. POROVNÁNÍ VARIANT

Navržené varianty jsou porovnány zjednodušeným multikriteriálním hodnocením podle následujících hledisek:

- **Stavebně technické hledisko:**
 - délka trasy,
 - podíl délky tunelů na celkové délce trasy,
 - podíl délky zakřivené části trasy na celkové délce trasy.
- **Provozní hledisko:**
 - jízdní doba,
 - teoretická spotřeba energie.
- **Uživatelské hledisko:**
 - dostupnost železničních stanic.

Pro stavebně technické hledisko je sestaveno hodnocení pomocí bodů určených exaktně z jednotlivých parametrů. Mezi obě varianty je u každého kritéria rozděleno 100 bodů podle poměru hodnot sledovaného parametru. Výhodnější varianta získává více bodů. Výsledné bodování je vypočteno jako vážený průměr tří kritérií, souhrn je uveden v Tab. 28. Největší váha je připsána délce tunelů, protože představují velké investiční náklady a mají negativní vliv na spotřebu energie při jízdě vlaků.

Tab. 28 - Porovnání variant ze stavebně technického hlediska

Kritérium		Varianta 1	Varianta 2
Délka trasy	hodnota	123,954 830 km	128,714 987 km
	body	51	49
	váha	0,25	
Podíl délky tunelů na celkové délce trasy	hodnota	20 %	24 %
	body	55	45
	váha	0,50	
Podíl délky zakřivené části trasy na celkové délce trasy	hodnota	58 %	57 %
	body	50	50
	váha	0,25	
vážený průměr		52	48

První varianta vychází lépe, ale pouze s nepatrným rozdílem čtyř bodů. Stavebně technické hledisko samotné by o kvalitě jednotlivých návrhů příliš nevyovědělo.

Porovnání na základě modelování průjezdu vybraných vlaků nelze jednoznačně shrnout jedním parametrem a je rozpracováno pro jednotlivé druhy vlakových souprav. Porovnány budou vlaky s jednotkami ICE3, Railjet a soupravou patrových vozů. U těchto vlaků je mezi Prahou a Libercem shodná jízdní doba v obou směrech. Energie je porovnána pro směr Praha – Liberec. Hodnocení je opět provedeno rozdělením 100 bodů

mezi obě varianty, viz Tab. 29. Výsledkem je vážený průměr, přičemž váhy jsou mezi soupravy rozděleny v poměru 3:2:1 ve prospěch vysokorychlostní jednotky, protože pomalejší vlaky jedou velkou část trasy svou nejvyšší konstrukční rychlostí a tolik nevyovídají o vlastnostech navržených tras.

Tab. 29 - Porovnání variant z provozního hlediska

Kritérium		Varianta 1	Varianta 2	
Jízdní doba	Siemens ICE3 (osmivozová jednotka)	hodnota	31 min.	26 min.
		body	46	54
		váha	0,25	
	Siemens ES64U4 (Taurus + Railjet)	hodnota	34 min.	34 min.
		body	50	50
		váha	0,17	
	Škoda 109E (ČD 380 + patrové vozy)	hodnota	43 min.	49 min.
		body	53	47
		váha	0,08	
Spotřeba energie	Siemens ICE3 (osmivozová jednotka)	hodnota	17,7 Wh/m	28,2 Wh/m
		body	61	39
		váha	0,25	
	Siemens ES64U4 (Taurus + Railjet)	hodnota	24,8 Wh/m	26,9 Wh/m
		body	52	48
		váha	0,17	
	Škoda 109E (ČD 380 + patrové vozy)	hodnota	17,5 Wh/m	18,2 Wh/m
		body	51	49
		váha	0,08	
vážený průměr		52	48	

Stejně malým poměrem jako v předchozím hodnocení vychází lépe první varianta. Největší měrou v její prospěch rozhoduje nízká spotřeba jednotky ICE3 při jízdě rychlostí 200 km/h. Vzhledem k polemice vyřčené pod Tab. 25 o vhodnosti nasazení těchto jednotek na trati s rychlostí 200 km/h nelze na základě získaného váženého průměru jednoznačně preferovat první variantu.

Z hlediska dostupnosti železničních stanic cestující veřejností je lepší varianta 2. V Mladé Boleslavi je stanice pro vyšší rychlost umístěna přímo v jádru města, zatímco od stanice první varianty umístěné u Jemníků by cestující museli absolvovat cestu do centra města navazující hromadnou dopravou. Město Turnov první varianta míjí zcela, cesta přes stávající stanici by byla vedena úvratí nebo s přestupem. Umístění turnovské stanice ve druhé variantě je v docházkové vzdálenosti z města, ale nese s sebou značná negativa v podobě velkých stoupání a propadů rychlosti.

Porovnání variant je shrnuto rekapitulací silných a slabých stránek v Tab. 30.

Tab. 30 - Silné a slabé stránky obou variant

	Silné stránky	Slabé stránky
Varianta 1	+ kratší + méně tunelů + menší energetická náročnost na úseku v členitém terénu	- do budoucna nízká rychlost - horší dostupnost stanic
Varianta 2	+ vysoká rychlost + dobrá dostupnost stanic + obsluha většího území	- nákladné tunely - náročnější sklonové poměry - menší průměrná rychlost klasických souprav

Obě varianty mají svá pozitiva i negativa svým způsobem vyplývající z odlišných požadavků návrhu, daných rozdílnou skladbou vlaků. Ani jedno řešení nelze prohlásit za vítězné v celé své délce. Vhodné by bylo prověřit vedení trasy složené z dílčích úseků obou variant s maximálním využitím jejich silných stránek.

V úseku Praha – Turnov bych doporučil vycházet z varianty pro rychlost 300 km/h. V Mladé Boleslavi je potřeba zvážit, zda má tunelová trasa centrem města opodstatnění, nebo bude dostačující sjezd ze stanice na okraji města. Trasa by byla využívána jak dálkovými vlaky, tak vnitrostátními se zastávkami v Brandýse nad Labem, Mladé Boleslavi a Turnově. Část trati mezi Prahou a Brandýsem by umožnila segregovat rychlou a pomalou osobní dopravu v relaci Praha – Kolín přes Lysou nad Labem. Nákladní vlaky v úseku Mladá Boleslav – Turnov by byly vedeny po paralelní optimalizované trati. Nákladní vlaky z Mladé Boleslavi opačným směrem by využily stávající trať do Nymburka, případně zdvojkolejněnou.

V navazujícím úseku z Turnova do Liberce bych doporučil držet se rychlosti 200 km/h. Ve sklonově náročnější oblasti s poměrně vysokou hustotou osídlení se trasa s nižší návrhovou rychlostí snáze vyvine. Podle modelování jízd vybraných vlaků by toto snížení rychlosti neimplikovalo výrazné prodloužení jízdní doby. U Turnova by se na vysokorychlostní trať mohly napojovat nákladní vlaky jedoucí do Polska a překonat tak ve stávajícím stavu směrově i sklonově náročný úsek výrazně rychleji a s úsporou energie.

Přeshraniční invariantní úsek bych zachoval s návrhovou rychlostí 250 km/h.

7. ZÁVĚR

V diplomové práci jsou navrženy 2 varianty železniční trasy Praha – Wrocław na českém území vedené přes Liberec. První varianta je určena pro smíšenou dopravu osobních a nákladních vlaků s návrhovou rychlostí 200 km/h. Druhá varianta je čistě pro osobní vlaky s návrhovou rychlostí 300 km/h. Návrh je proveden v souladu s Technicko-provozní studií zabývající se technickým řešením vysokorychlostních tratí v České republice.

Prověřeno bylo několik podvariant včetně různého napojení na stávající železniční síť, ze kterých bylo vybráno a rozpracováno nejvhodnější řešení. Jako hlavní prvek pro porovnání navržených variant bylo využito modelování průjezdu reálných vlakových souprav, ze kterého byly zjištěny jízdní doby a spotřeba energie. Také byly vytvořeny tachogramy jednotlivých vlaků.

Jedním z požadavků bylo vytvořit kvalitní spojení dosud dopravně zanedbávaného regionu severních Čech s Prahou s návazností na další velká města. Proto bylo kromě napojení Liberce zvažováno i trasování přes města Turnov a Jablonec nad Nisou, která tvoří centra spádových oblastí. To se však ukázalo jako velmi obtížně realizovatelné.

Z celkového porovnání nevychází žádná z variant jako jednoznačný vítěz. Doporučoval bych prověřit další alternativy složené z dílčích úseků navržených tras s maximalizací jejich silných stránek. Varianta pro vyšší rychlost přibližuje železnici blíže centrům měst, za to je v členitém terénu sklonově náročnější a tím pro méně výkonné soupravy špatně průjezdná. Varianta pro nižší rychlost je vedena v příznivějších sklonech pro provoz nákladních vlaků.

Na základě zjištěných poznatků bych doporučil upravit návrh pro rychlost 300 km/h v úseku Praha – Turnov s tím, že bude důkladně prověřeno trasování přes Mladou Boleslav. V tomto úseku by byla pouze osobní doprava. V úseku z Turnova ke státní hranici s Polskem, který prochází náročnějším terénem, bych navázal na variantu pro rychlost 200 km/h, resp. 250 km/h s uvažováním provozu nákladních vlaků.

Diplomová práce ukázala, že rychlé železniční spojení Prahy a Liberce s pokračováním do polské Wrocław je možné. Osobní vlaky by urazily trasu z Prahy do Liberce s velmi atraktivní jízdní dobou do 30 minut.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 6360-1. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [2] ČSN EN 13803-1. *Železniční aplikace - Kolej - Parametry návrhu polohy koleje - Kolej rozchodu 1 435 mm a širšího - Část 1: Běžná kolej*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [3] *Nařízení Komise (EU) č. 1299/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technických specifikacích pro interoperabilitu subsystému infrastruktura železničního systému v Evropské unii*. Brusel, 2014. Dostupné také z:
<http://data.europa.eu/eli/reg/2014/1299/oj>
- [4] *Program rozvoje Rychlých železničních spojení v ČR* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, 2017 [cit. 2017-05-31]. Dostupné z:
http://www.mdcr.cz/getattachment/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ministr-Tok-Vysokorychlostni-trate-potrebuji-novy/MD_Program-rozvoje-rychlych-spojzeni-v-CR.pdf.aspx
- [5] BINKO, Marek. *Úloha SŽDC v přípravě Rychlých spojení* [online]. Czech Raildays, 2014 [cit. 2017-05-31]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/studenti/files/ckfiles/file/2014-4.pdf>
- [6] BONEV, Jan. *Technicko-provozní studie, technická řešení VRT: Sešit 8: Subsystém INF, železniční svršek a spodek*. Praha, 2017.
- [7] VELEBIL, Jiří, Petr SVOBODA a Michal GRAMBLIČKA. *Technicko-provozní studie, technická řešení VRT: Subsystémy INF a SRT, tunely a bezpečnost v nich*. Praha, 2017.
- [8] ŠLEGR, Petr. *Rychlá železnice i v České republice: High speed rail even in the Czech Republic*. Praha: Centrum pro efektivní dopravu, 2012. ISBN 978-80-905005-0-1.
- [9] BONEV, Jan. *"V. koridor" Praha - Liberec* [online]. 2006 [cit. 2017-05-31]. Dostupné z: <http://www.k-report.net/koridory/dalsi4.htm>
- [10] KAPLAN, Lubomír. *Vysokorychlostní tratě - VRT, rychlovlaky | Vysokorychlostní železnice* [online]. [cit. 2017-05-31]. Dostupné z: <http://www.vysokorychlostni-zeleznice.cz/>
- [11] TÝFA, Lukáš. *Vysokorychlostní tratě* [online]. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní [cit. 2017-05-31]. Dostupné z: <http://vrt.fd.cvut.cz/>
- [12] KUŠNÍR, Jindřich. *Náklady a přínosy vysokorychlostní dopravy v podmínkách ČR* [online]. [cit. 2017-05-31]. Dostupné z:
<http://vrt.fd.cvut.cz/data/konference/48tcz.pdf>
- [13] POHL, Jiří. *Vozidla pro vysokorychlostní provoz* [online]. Czech Raildays, 2013 [cit. 2017-05-31]. Dostupné z:
<http://www.railvolution.net/czechraildays/2013/seminare/konference-pohl.pdf>

- [14] SŮRA, Jan. *Praha – Liberec za 77 minut. Nekonečný příběh slibů o rychlejších vlacích pokračuje*. *Zdopravy.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-10-15]. Dostupné z: <http://zdopravy.cz/praha-liberec-za-77-minut-nekonecny-pribeh-slibu-o-rychlejsich-vlakich-pokracuje-2912/>
- [15] ZÁRUBA, Jiří. *Aktuální stav VRT v České republice* [online]. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2015 [cit. 2017-05-31]. Dostupné z: http://vrt.fd.cvut.cz/data/seminarky/2014zs/zaruba_vrt-cr.pdf. Semestrální práce.
- [16] PINKAVA, Marek. Příprava vysokorychlostní železnice pokračuje. *Moje železnice: Interní bulletin SŽDC*. Praha, 2017/10, str. 7.
- [17] HORČIČKA, Jiří. *Pevná jízdní dráha v tunelech*. Praha, 2016. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.
- [18] *Předepjaté betonové pražce*, katalog ŽPSV, 2017.
- [19] WERSKE, André. *Die schnellsten Züge der Welt* [online]. [cit. 2017-11-03]. Dostupné z: <http://www.hochgeschwindigkeitszuege.com/index.php>
- [20] Mapa: Nové dopravní koridory Evropy podle Evropské Komise. In: *OnBusiness* [online]. 2013 [cit. 2017-11-03]. Dostupné z: <http://onbusiness.cz/mapa-nove-dopravni-koridory-evropy-podle-evropske-komise-141>
- [21] KLUSÁČEK, Ladislav. *Betonové mosty I: Nosné konstrukce mostů* [online]. Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2006 [cit. 2017-11-05]. Dostupné z: http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BL12-Betonove__mosty/BL12-Betonove__mosty_I--M02-Nosne__konstrukce__mostu.pdf
- [22] STRÁNSKÝ, Jiří a Radim NEČAS. *Betonové mosty I: Základní principy navrhování* [online]. Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2006 [cit. 2017-11-05]. Dostupné z: http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BL12-Betonove__mosty/BL12-Betonove__mosty_I--M01-Zakladni__principy__navrhovani.pdf
- [23] SMOLKA, Marek. Přípravenost DT na dodávky výhybek pro VRT. In: *Interoperabilita železniční infrastruktury: Prezentace z konference "Záměry výstavby a využívání RS v ČR"* [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-11-09]. Dostupné z: <http://www.sizi.cz/prezentace-k-1-2016>
- [24] MAŘÍK, Libor. Brennerský bázový tunel: moderní železnice míří do podzemí. *Časopis Stavebnictví: časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů*. Brno: Informační centrum ČKAIT, 2017, 2017(12), str. 50-59. ISSN 1802-2030.