



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra železničních staveb

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

Návrh úseku železniční trasy rychlého spojení

Praha - Wrocław

s návrhovou rychlostí 250 km/h, variantně až 350 km/h

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: Ing. Leoš Horníček, Ph.D.

Bc. Lukáš Smutek

Praha 2017





Obsah

Seznam použitých zkratk	5
Předmluva	7
ČÁST TEORETICKÁ	9
1. Obecné informace o vrt	11
1.1. Transevropská dopravní síť	12
1.2. Interoperabilita	14
1.3. Historie VRT v ČR	15
1.4. Rychlá spojení	17
1.4.1. Proč budovat RS	18
1.4.2. Rychlé spojení 1	21
1.4.3. Rychlé spojení 2	26
1.4.4. Rychlé spojení 3	27
1.4.5. Rychlé spojení 4	29
1.4.6. Rychlé spojení 5	33
2. Technické řešení VRT	34
2.1. Kategorie trati dle TSI	34
2.2. Konstrukce železničního svršku	34
2.2.1. Ekvivalentní konidita	34
2.2.2. Rozchod koleje	35
2.2.3. Kolejnice	36
2.2.4. Úklon kolejnice	36
2.2.5. Výhybky	36
2.2.6. Klasická konstrukce žel. Svršku	64
2.2.7. Pevná jízdní dráha	69
2.2.8. Konstrukce železničního spodku	85
2.2.8.1. Pražcové podloží	85



2.2.8.2.	Nástupiště.....	86
2.2.9.	Napájecí soustava.....	87
2.2.10.	Průjezdny průřez.....	88
2.2.11.	Sdělovací a zabezpečovací zařízení.....	91
2.2.12.	Druh přechodnice a vzesupnice	93
2.2.13.	Křížení dráhy s poz. komunikacemi.....	100
2.2.14.	Mostní objekty.....	100
2.2.15.	Tunely.....	102
2.2.15.1.	Navržené typy tunelů v projektu.....	104
ČÁST PROJEKTOVÁ.....		107
3.	Identifikační údaje.....	109
4.	Základní údaje.....	110
5.	Podklady.....	112
5.1.	Mapové podklady.....	112
5.2.	Projektové dokumentace.....	112
5.3.	Jednotná železniční mapa.....	112
6.	Stávající stav	113
7.	Návržené varianty	115
7.1.	Varianta A.....	115
7.1.1.	Návrhové parametry.....	115
7.1.2.	Varianta A.1.....	116
7.1.2.1.	Směrové vedení.....	116
7.1.2.2.	Výškové vedení.....	132
7.1.3.	Varianta A.2.....	134
7.1.3.1.	Směrové vedení.....	134
7.1.3.2.	Výškové vedení.....	139
7.1.4.	Dopravny	140
7.1.5.	Zhodnocení.....	141
7.2.	Varianta B	142



7.2.1.	Návrhové parametry.....	142
7.2.2.	Varianta B.1.....	143
7.2.2.1.	Směrové vedení.....	143
7.2.2.2.	Výškové vedení.....	144
7.2.3.	Varianta B.2.....	145
7.2.3.1.	Směrové vedení.....	145
7.2.3.2.	Výškové vedení.....	146
7.2.4.	Varianta B.3.....	147
7.2.4.1.	Směrové vedení.....	147
7.2.4.2.	Výškové vedení.....	148
7.2.5.	Varianta B.4.....	149
7.2.5.1.	Směrové vedení.....	149
7.2.5.2.	Výškové vedení.....	150
7.2.6.	Varianta B.5.....	151
7.2.6.1.	Směrové vedení.....	151
7.2.7.	Dopravny	152
7.2.8.	Zhodnocení	152
7.3.	Železniční úzel Trutnov	153
7.3.1.	Trutnov-Poříčí.....	154
7.3.1.1.	Stávající stav.....	154
7.3.1.2.	Navržený stav	154
7.3.2.	ŽST Trutnov střed.....	157
8.	Závěr.....	159
9.	Seznam použité literatury	161





Seznam použitých zkratk

ČD	České dráhy, a.s., dopravce
ČSN	Česká technická norma
ČR	Česká republika
DB Netz	Deutsche Bahn Netz, správce železniční infrastruktury v Německu
EN	Evropská technická norma
EC	Eurokód, evropská technická norma
EK	Evropská komise
ES	Evropská směrnice
EU	Evropská unie
GVD	Grafikon vlakové dopravy
MD	Ministerstvo dopravy České republiky
ÖBB	Rakouské spolkové dráhy
PJD	Pevná jízdní dráha
PHS	Pohyblivý hrot srdcovky
RFF	Réseau ferré de France, správce železniční infrastruktury ve Francii
RS	Rychlé spojení
SCC	Samozhutnitelný beton
SŽDC	Správa železniční dopravy cesty, s.o. správce železniční infrastruktury v ČR
TEN-T	Transevropská dopravní síť
TSI	Technické specifikace interoperability
UIC	Mezinárodní železniční unie
VRT	Vysokorychlostní trať
ŽST	Železniční stanice





PŘEDMLUVA

Tato diplomová práce je rozdělena do dvou částí, na část Formální náležitosti diplomové práce a část s názvem Projekt.

V první části se nacházejí formální náležitosti diplomové práce jako je zadávací list, podrobné zadání, čestné prohlášení, poděkování, abstrakt a klíčová slova v českém a anglickém jazyce.

Druhá část – Projekt zahrnuje vlastní projektovou dokumentaci, která se skládá ze situací, podélných profilů, dopravních schémat a vzorových příčných řezů. Dále v této části je také průvodní zpráva, která je rozdělena na dvě části. První část se zabývá obecnými informacemi o vysokorychlostních tratích ve světě i v česku, ale také obecně technickým řešením VRT, které se vztahuje k tomuto projektu. Druhá část je věnována stručnému technickému popisu navrženého řešení.

Cílem diplomové práce bylo navrhnout dvě základní varianty rychlého spojení Praha – Wrocław. První varianta je pro smíšený provoz osobní a nákladní dopravy a uvažuje návrhovou rychlost 250 km/h. Druhá varianta je pro čistě osobní provoz a uvažuje návrhovou rychlost 350 km/h. Tyto základní dvě varianty mají další své podvarianty. Návrh byl proveden v úseku Plaňany – státní hranice. Dalším cílem práce bylo obecně popsat technická řešení VRT.





ČÁST TEORETICKÁ

Popisuje transevropskou dopravní síť, rychlá spojení v ČR, včetně důvodů výstavby, a s poslední řadě technická řešení VRT, která jsou vztažená k navrženému řešení v této diplomové práci.





1. OBECNÉ INFORMACE O VRT

Směrnice Evropské unie č. 2008/57/ES o interoperabilitě železničního systému ze dne 17. 6. 2008 rozděluje železniční tratě takto:

- Konvenční
 - Tratě výhradně pro osobní dopravu
 - Tratě pro osobní a nákladní dopravu
 - Tratě výhradně pro nákladní dopravu
 - Spojovací tratě
 - Terminály osobní dopravy
 - Terminály nákladní dopravy a překladiště
- Vysokorychlostní
 - a) Dle traťové rychlosti
 - Zvlášť postavené tratě na rychlost minimálně 250 km/h
 - Modernizované tratě na rychlost zhruba 200 km/h
 - tratě zvláště modernizované pro vysoké rychlosti se zvláštními vlastnostmi danými topografickými, terénními nebo urbanistickými omezeními, jimž musí být rychlost v každém jednotlivém případě přizpůsobena. Tato kategorie zahrnuje rovněž spojovací tratě mezi vysokorychlostními a konvenčními sítěmi, průjezdy stanicemi, přístupy do terminálů, dep atd.
 - b) Dle typů provozovaných vlaků
 - Výhradně osobní doprava
 - Výhradně nákladní doprava
 - Smíšená doprava
 - Výhradně jeden typ speciálního vlaku



1.1. Transevropská dopravní síť

S postupem času se ve světě neustále zvyšuje poptávka po přepravě se stále vyššími nároky cestujících na kvalitu, bezpečnost, spolehlivost a rychlost přepravy. Nejen tato, ale i spousta dalších příčin jsou důvodem, proč se začaly budovat tzv. transevropské dopravní cesty, které umožňují rychlou kvalitní dopravu mezi jednotlivými evropskými zeměmi. Uvedeným požadavkům ve většině světa vyhovuje nejvíce doprava letecká a automobilová. V některých vyspělých zemích nabízí rychlost a kvalitu dopravy i doprava železniční a to především vysokorychlostní železnice.

Transevropská dopravní síť (anglicky Trans European Transport Networks) TEN-T je síť silničních a železničních koridorů, mezinárodních letišť a vodních cest. Tato síť byla schválena na Evropském parlamentem v roce 1993 a k tomuto roku zahrnovala [38]:

- 75 200 km silnic dálnic
- 78 000 km železničních tratí
- 330 letišť
- 270 námořních přístavů
- 210 vnitrozemských přístavů

V roce 1996 se evropská komise v rámci snahy zvýšit efektivitu železniční dopravy v Evropě a zajištění jednotného otevřeného trhu pro železniční průmysl a zvýšení mobility přepravovaných osob a zboží rozhodla více řešit interoperabilitu vypracováním a schválením Směrnice o vysokorychlostních železnicích 96/48/EK – O interoperabilitě trans-evropského železničního vysokorychlostního systému. Směrnice byla přijata 23. 6. 1996. Tuto směrnici s výjimkou Slovenska provedly a sdělily svá znění všechny členské státy se železničním systémem (Kypr a Malta nemají svůj železniční systém). V roce 2001 byla rovněž přijata Směrnice o konvenčních železnicích 2001/16/EK. Tuto směrnici provedly všechny členské státy.

V usnesení z května 2000 vyzvaly Evropský parlament a Rada Komisi k předložení návrhů změny 96/48/ES v zájmu jejího sladění se směrnicí 2001/16/ES. V rámci druhého železničního balíčku byla tedy v dubnu 2004 přijata směrnice 2004/50/ES, kterou se mění obě směrnice 96/48/ES a 2001/16/ES. [2]

V roce 2014 vstoupilo v platnost nové nařízení Evropského parlamentu a Rady 1315/2013 o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě (dále jen nařízení TEN-T). Toto nařízení zrevidovalo původní jednovrstvou síť TEN-T. Dále toto nařízení TEN-T poprvé zavedlo dvouvrstvou dopravní síť. První vrstvu tvoří globální síť a druhou pak hlavní síť.

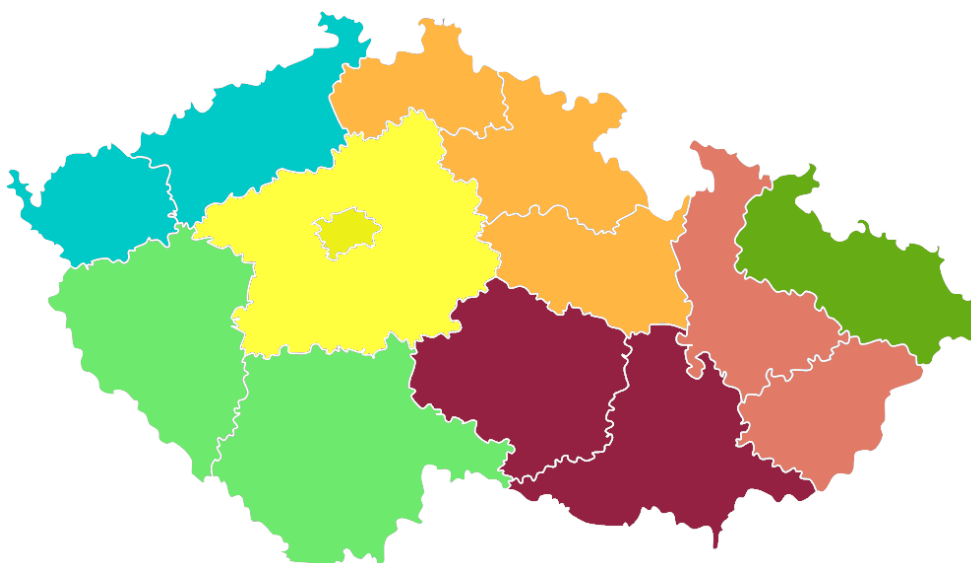
- globální síť (comprehensive network) – zajišťuje multimodální propojení všech evropských regionů na úrovni NUTS 2. NUTS 2 jsou územní statistické jednotky, tzv.



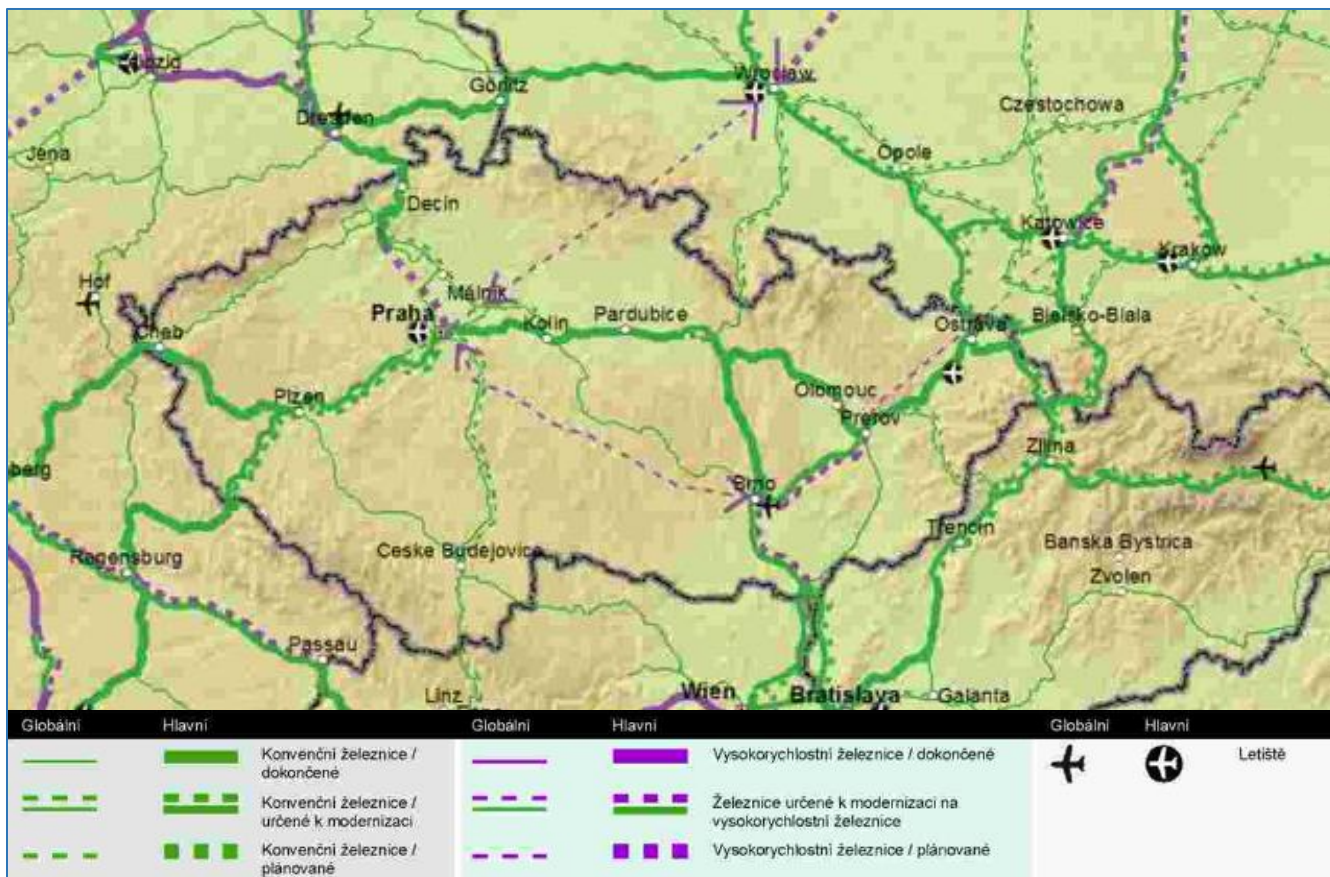
- regiony. V České republice existuje 8 regionů soudržnosti, viz *Obrázek 1*.
- Jejím základem je bývalá jednovrstvá síť TEN-T. Podle nařízení TEN-T by globální síť měla být dokončena do roku 2050;
- hlavní síť (core network) – představuje podmnožinu globální sítě a obsahuje nejdůležitější transevropské tahy (multimodálně). Hlavní síť byla stanovena na základě jednotné evropské metodiky vypracované Evropskou komisí. Podle nařízení TEN-T by měla být dokončena do roku 2030.



Obrázek 1 - Regiony soudržnosti na úrovni NUTS2 [57]



Obrázek 2 - Spojení krajů ČR do NUTS 2 [57]



Obrázek 3 - Globální a hlavní síť TEN-T, železnice - osobní a letiště [7]

1.2. Interoperabilita

Interoperabilita je schopnost různých systémů vzájemně spolupracovat, a to neplatí pouze pro železnici.

Technické specifikace interoperability pro vysokorychlostní tratě definuje interoperabilitu takto: schopnost transevropského vysokorychlostního železničního systému umožnit bezpečný a nepřerušovaný provoz vysokorychlostních vlaků dosahujících stanovených úrovní výkonnosti. Tato schopnost je založena na všech předpisových, technických a provozních podmínkách, které musí být dodrženy v zájmu splnění základních požadavků [8].

Cílem tohoto je liberalizovat především nákladní železniční dopravu a rozhodujícím způsobem zlepšit její konkurenceschopnost ve vztahu k dopravě automobilové a letecké.



Dle směrnice 96/48/EK byl železniční systém rozdělen na pět subsystémů: infrastruktura, vozidla, řídicí a zabezpečovací systémy, napájecí systémy, provoz a údržba. Pro každý subsystém byly zpracovány příslušné TSI. Pro tuto diplomovou práci byly použity převážně TSI – subsystém infrastruktura.

Pro zajištění interoperability jsou nejdůležitější především tyto parametry:

- Rozchod koleje
- Průjezdny průřez
- Maximální zatížení koleje
- Minimální poloměr směrového oblouku
- Délka a výška nástupiště
- Maximální délka vlaku
- Zajištění podmínek pro přepravu osob se sníženou schopností pohybu a orientace
- Napájecí soustava
- Zabezpečovací zařízení

Vyjma posledních dvou parametrů se jedná o parametry TSI infrastruktura.

1.3. Historie VRT v ČR

Česká republika se k myšlence vysokorychlostní dopravy připojila poměrně brzy – již v 70. letech, kdy byl záměr výstavby rychlých tratí motivován především snahou získat dodatečnou kapacitu pro nákladní vlaky na přetížených konvenčních tratích. V této době vznikla úplně první studie vedení VRT v ČSSR.

Další studie vznikla v roce 1995 s názvem Územně technické podklady Koridory VRT v ČR. Na začátku 90. let rovněž vznikala projekt pro vlastní rychlovlak pro České dráhy. Prof. Petr Tučný, přední průmyslový návrhář, a jeho syn, akademický architekt Petr Tučný zpracovali v roce 1994 pro České dráhy ideový návrh nového rychlovlaku. V roce 1995 České dráhy vypsal veřejnou obchodní soutěž na vývoj a dodávku deseti elektrických rychlovlaků. Tuto soutěž vyhrála společnost ČKD Praha s návrhem, který vycházel z návrhu prof. Tučného. Vítězný návrh vytvořil Ing. arch. Patrik Kotas. Vlak dostal technické označení řada 680 a komerční název Premiér.

Z projektu českého rychlovlaku nakonec sešlo a výstavba vysokorychlostních tratí byla odložena. Místo výstavby VRT se na konci dvacátého století rozhodlo o rekonstrukcích čtyř tranzitních železničních koridorů, které stále probíhají. Tyto koridory jsou rekonstruovány na rychlost až 160 km/h. Jelikož tyto koridory vedou z velké části v původní stopě ze 40. až 60. let minulého století, je rychlost 160 km/h dosažitelná jen v malé části.



Obrázek 4 - Model rychlovlaku pro ČD prof. Tučného [58]



Obrázek 5 - Návrh rychlovlaku Premiér Ing. arch. Patrika Kotase [58]

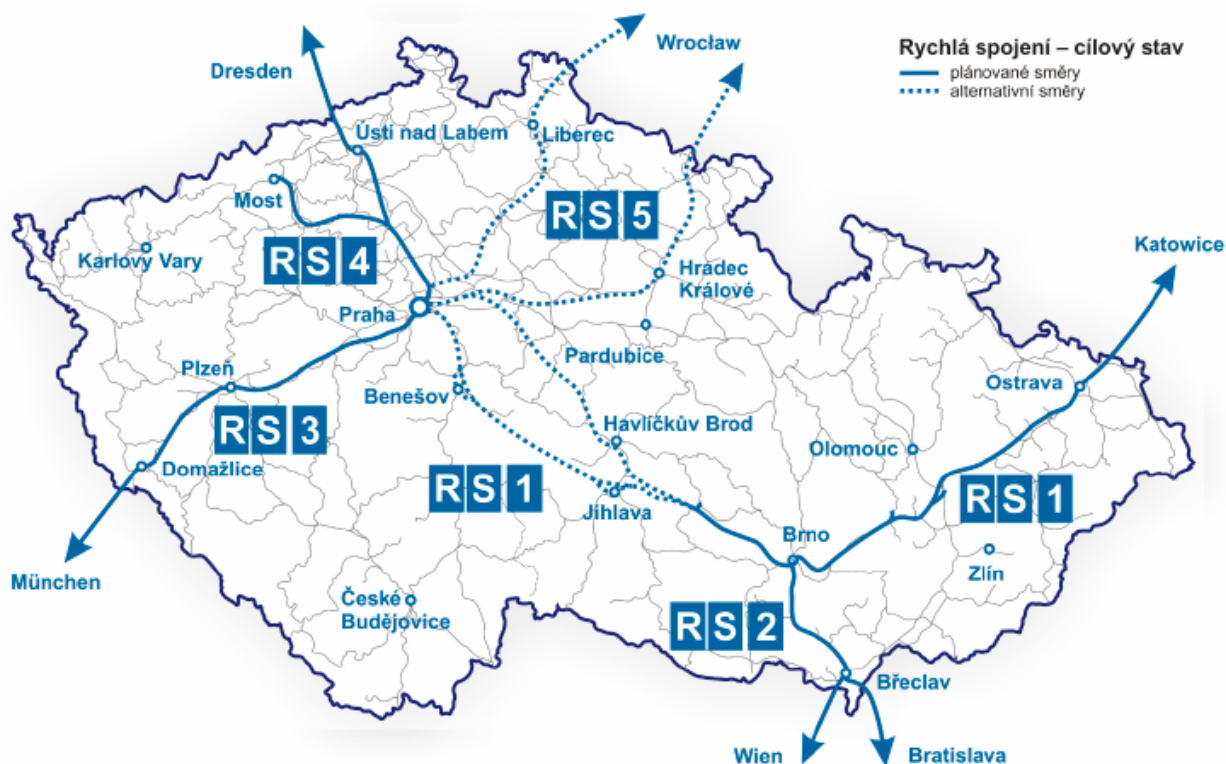
1.4. Rychlá spojení

Pojem „rychlá spojení“ pro vysokorychlostní železnici začalo Ministerstvo dopravy České republiky používat kolem roku 2011. Dle MD rychlá spojení lépe vystihují potřebu zajištění rychlého a kvalitního spojení mezi velkými městy v ČR, případně jejich napojení na významná sídla v zahraničí. Pod tímto pojmem by tedy neměla být vnímána pouze infrastruktura ve smyslu vysokorychlostních tratí, ale také provoz na těchto tratích, včetně rychlé meziregionální dopravy. MD novou filozofii shrnulo pod heslem „od trasy ke spojení“.

Součástí tras rychlých spojení nebudou pouze nově budované VRT, ale také konvenční tratě s rychlostmi do 200 km/h. V rámci přípravy RS bude v následujících dvou letech probíhat revize dosavadních materiálů k VRT, zejména k jejich přesnému trasování, které je už mnohdy zaneseno v územních plánech.

Pro rychlá spojení bylo stanoveno těchto pět základních směrů:

- RS 1 – Praha – Brno – Ostrava - Katowice
- RS 2 – Brno – Břeclav a dále rozdělení směrem na Vídeň a Bratislavu.
- RS 3 – Praha – Plzeň – Mnichov
- RS 4 – Praha – Ústí nad Labem – Drážďany
- RS 5 – Praha – Hradec Králové - Wroclaw

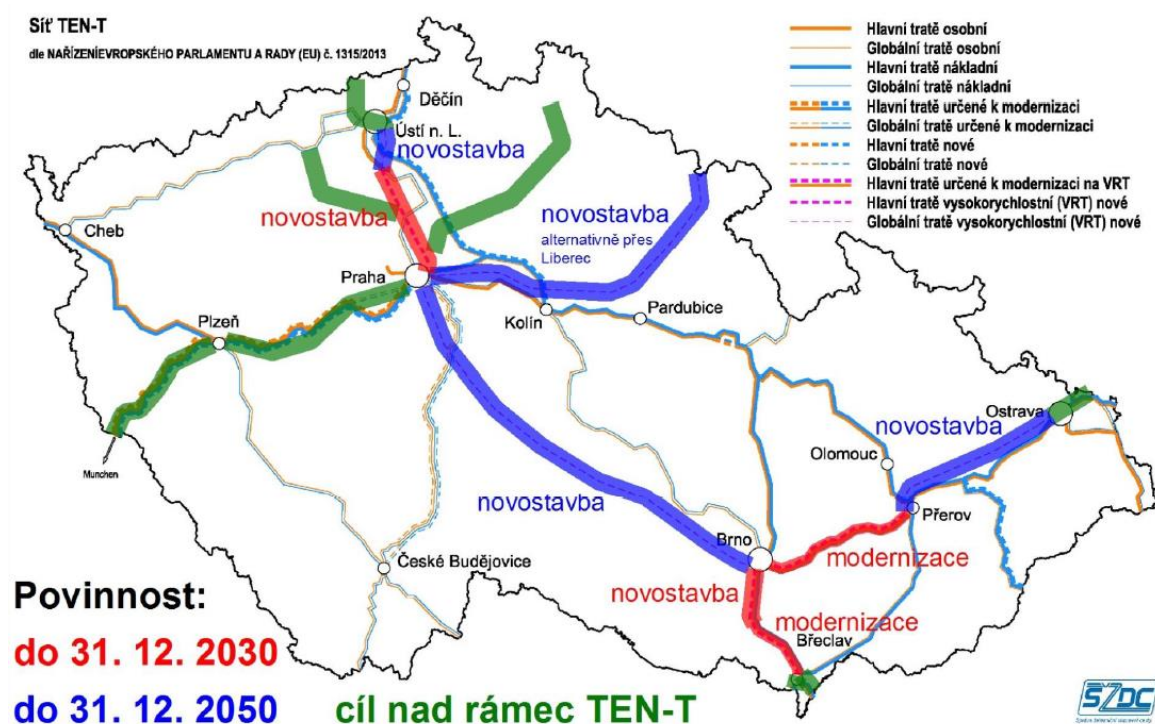


Obrázek 6 - Základní směry rychlých spojení [32]



Nařízení TEN-T definuje kromě konvenční sítě i rozsah vysokorychlostní sítě. Tato síť je opět dvouvrstvá, tedy síť globální a síť hlavní. Globální síť mají všechny členské státy EU, tedy i ČR, a měla by být dokončena do 31. prosince 2050 a hlavní síť již do 31. prosince 2030.

První úsek RS by měl být postaven mezi Brnem a Přerovem. Konkrétně se jedná z velké části o modernizaci stávající tratě, viz kapitola 3.4.2. První novostavbou vysokorychlostní tratě by měl být úsek Praha – Litoměřice, který by se měl podle posledních informací začít stavět v roce 2025.

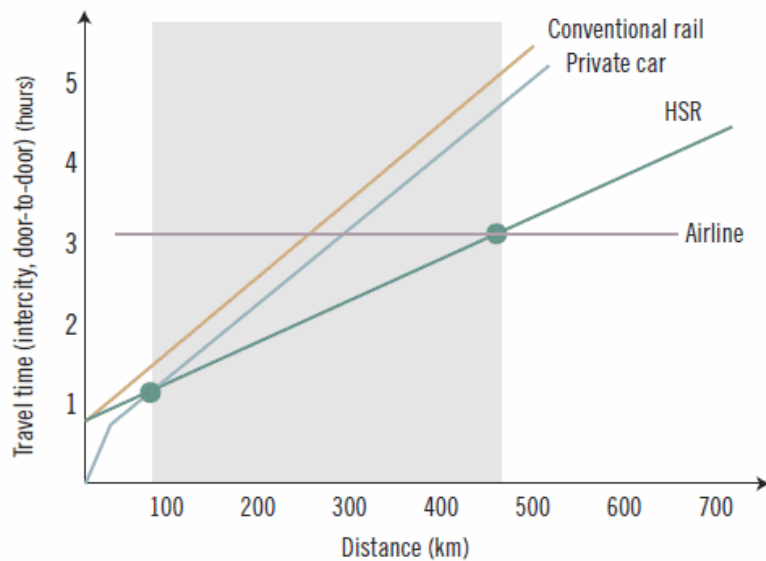


Obrázek 7 - Časový plán výstavby RS [34]

1.4.1. Proč budovat RS

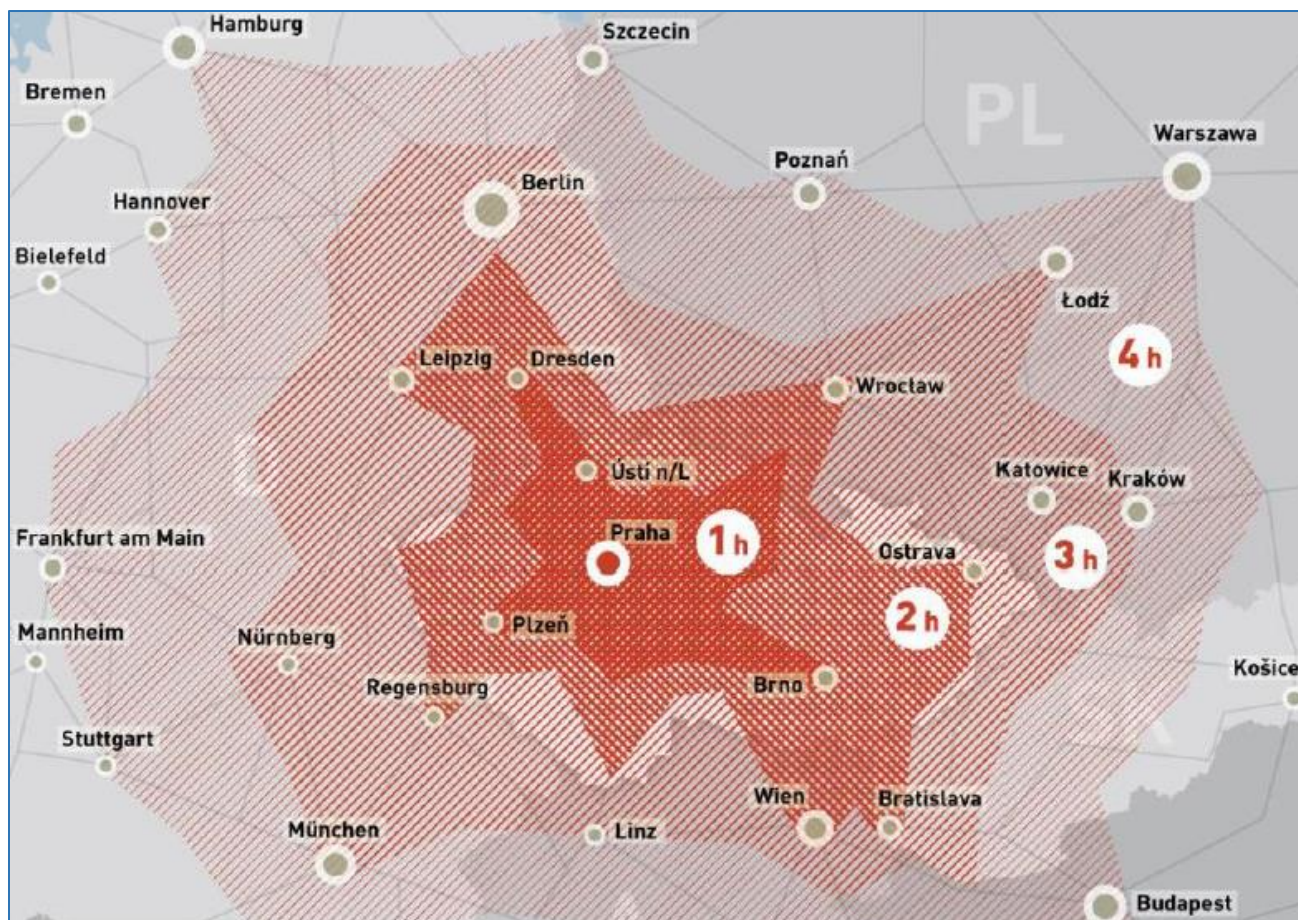
Výstavba RS přinese mnoho výhod. Následuje jejich výčet.

- Zkrácení přepravních časů
 - Rychlá železniční spojení umožní výrazně kratší přepravní časy na řadě vnitrostátních i mezinárodních linkách, a to nejen oproti současné železnici, ale také ve srovnání se silniční či leteckou dopravou. Následující obrázek ukazuje, že vysokorychlostní železnice dokáže být rychlejší než letecká doprava do vzdálenosti přibližně 500 km.



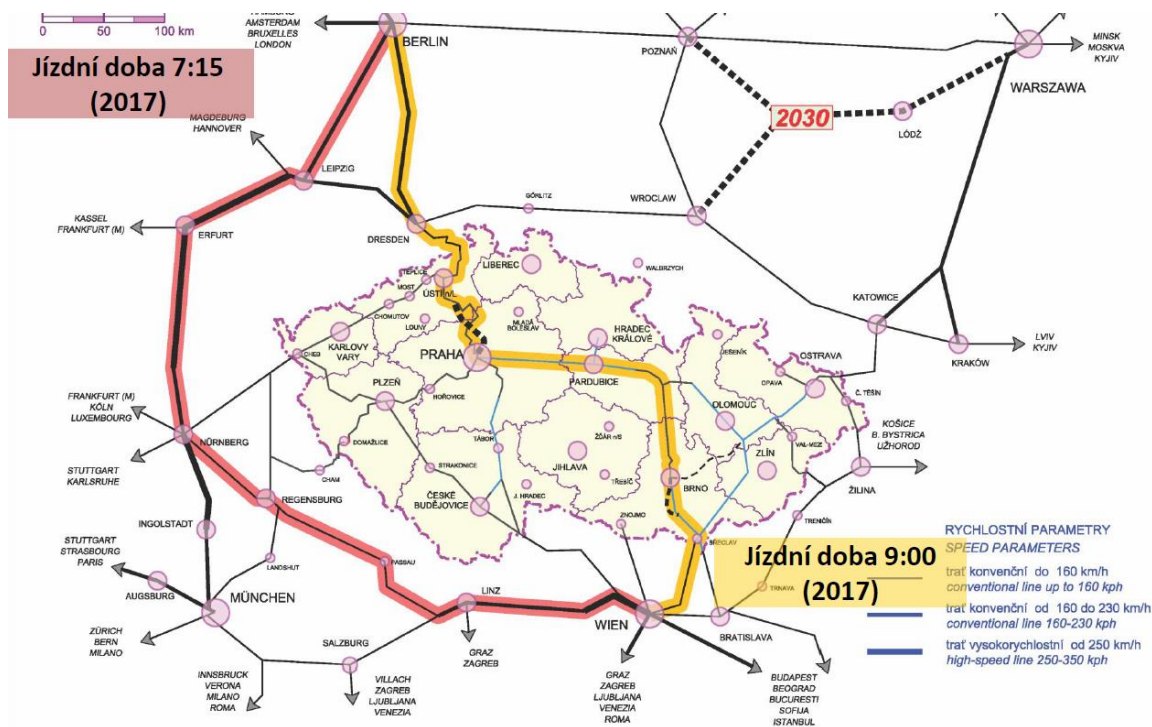
Obrázek 8 - Porovnání vysokorychlostní železniční dopravy s dopravou leteckou a silniční [67]

- Základním cílem RS je spojit všechna krajská města s Prahou tak, aby cestovní doba mezi nimi nebyla delší než 2 hodiny.



Obrázek 9 - Časové izochrony dostupnosti Prahy po vybudování kompletní sítě RS [29]

- Zapojení do celoevropského systému
 - Většina významných evropských center je systematicky propojována rychlou železníci. Geografická poloha ČR je v tomto ohledu výhodná a umožňuje řešit současně mezinárodní i vnitrostátní spojení. Bez realizace RS s napojením na zahraničí hrozí vznik vnitřní periferie. Již od příštího GVD 2017/2018 bude železniční spojení Berlína s Vídní rychlejší mimo ČR.



Obrázek 10 - Hrozba vzniku periferie bez RS [27]

- Podpora hospodářského růstu a regionálního rozvoje
 - Cílem RS je zásadní zlepšení dopravní dostupnosti ČR, proto jsou RS velkou příležitostí pro stát i podnikatelskou sféru.
- Uvolnění kapacity na přetížených tratích
 - Převedením dálkových vlaků na nové rychlé tratě dojde k uvolnění kapacity pro rozvoj nákladní i příměstské osobní dopravy na stávajících tratích.
- Zvýšení energetické bezpečnosti státu
 - Energetická náročnost vysokorychlostních vlaků je srovnatelná s konvenčními vlaky, a při přepočtu na 1 sedadlo pak výrazně nižší než u automobilu či letadla [30].
- Snížení vlivu dopravy na životní prostředí

1.4.2. Rychlé spojení 1

Rychlé spojení 1 je jednoznačně prioritou z hlediska vnitrostátní dopravy a to především jeho část Praha – Brno.

Zatímco v současné době má část RS 1 Brno – Ostrava relativně jasně danou trasu, v úseku Brno – Přerov je dokonce vybrána varianta, která se bude dále projektově zpracovávat, tak část Praha – Brno přesnou trasu zatím nezná. Jsou zde možné dvě základní varianty. První přes Benešov a druhá přes Havlíčkův Brod. Tyto dvě základní varianty se kromě průchodu Středočeským krajem a krajem Vysočina liší také zapojením do uzlu Praha.

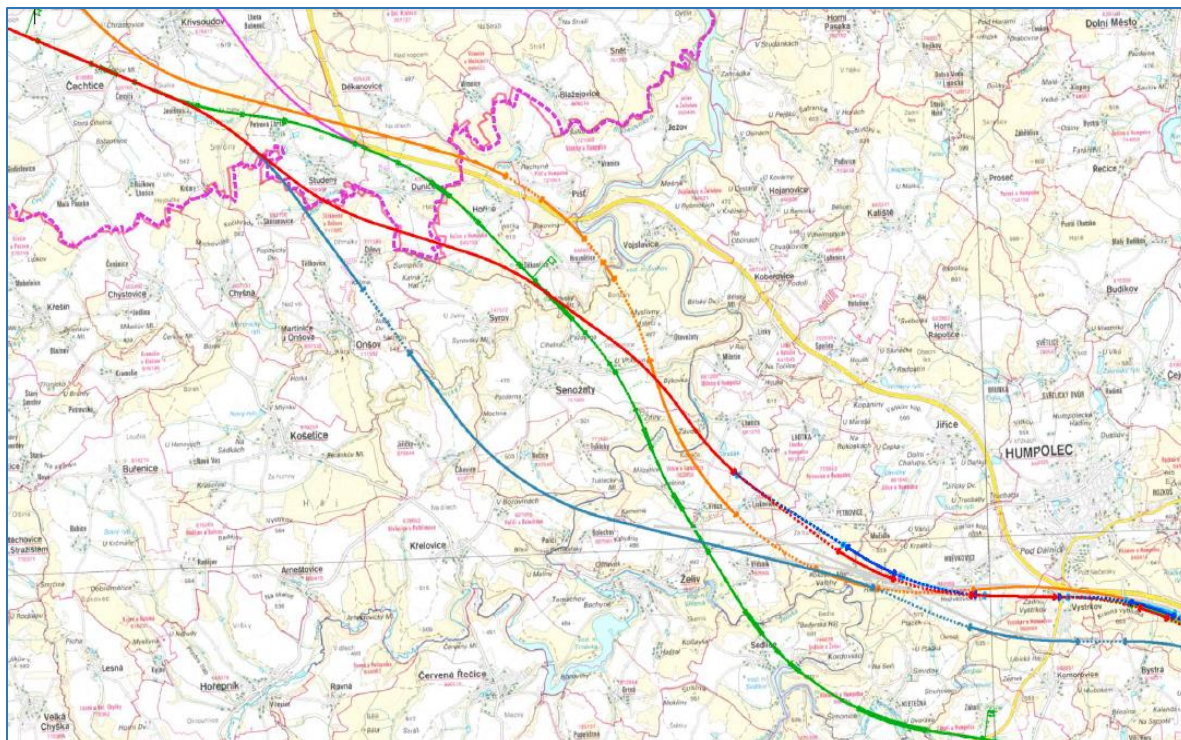


Obrázek 11 - Schéma variant RS 1 přes Benešov a Havlíčkův Brod [33]

Varianta přes Benešov má několik dalších podvariant. Všechny varianty, které jsou trasovány přes Benešov, jsou do železničního uzlu Praha zaústěny skrze IV. tranzitní železniční koridor, konkrétně přes železniční stanici Praha-Zahradní Město. Varianty přes Benešov nejsou navíc zaneseny v zásadách územního rozvoje.

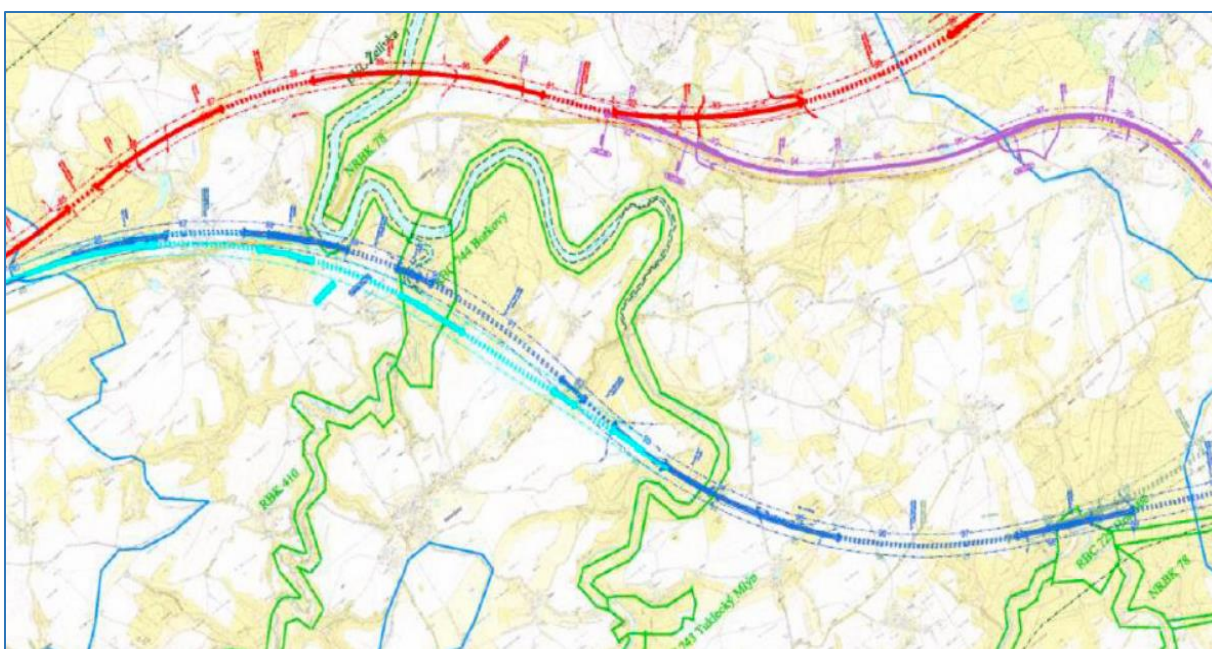


Následující obrázek ukazuje jednotlivé podvarianty, které vedou přes Benešov, konkrétně jejich průchod krajem Vysočina.



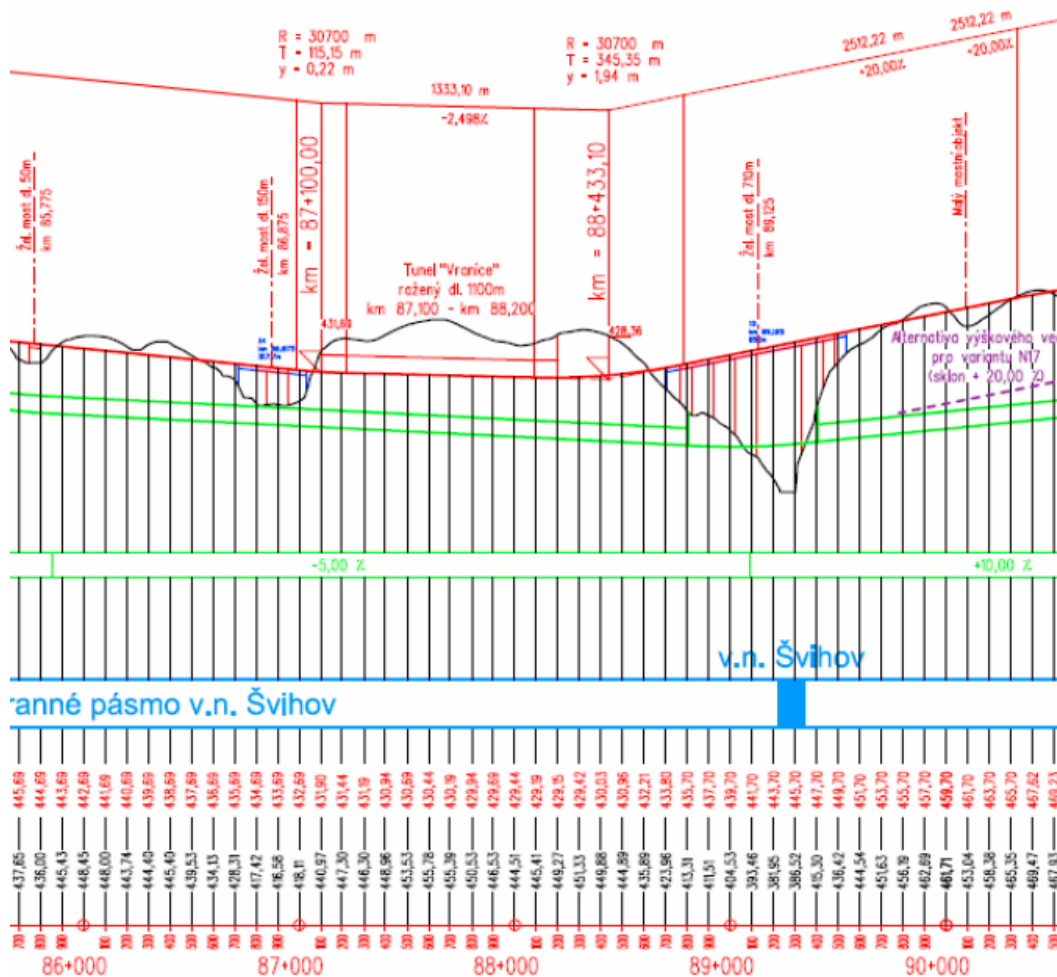
Obrázek 12 - RS 1, varianty přes Benešov [33]

Druhá základní varianta přes Havlíčkův Brod je původní varianta tohoto rychlého spojení, a proto je také již zanesena v zásadách územního rozvoje. I tato varianta má své další podvarianty. Největší problém je zde konflikt s ochranným pásmem vodního zdroje, jelikož varianty překonávají vodní nádrž Švihov.



Obrázek 13 - RS 1, varianty přes Havlíčkův Brod [33]

Následující obrázek ukazuje řešení jedné podvarianty přes vodní nádrž Švihov. Řešení zde zobrazené je pomocí dlouhého mostního objektu. Některé varianty uvažovaly zatunelování trasy v okolí této nádrže, což vedlo k nepřiměřeně dlouhým tunelům.



Obrázek 14 - Část podélného profilu řešení v blízkosti vodní nádrže Švihov [33]

Pár kilometrů východně od Jihlavy, kde se benešovské a havlíčkobrodské varianty spojují, pokračují varianty přibližně v souběhu s dálnicí D1 až do Brna. Celá část Praha – Brno je v různých variantách navržena pro rychlost 250, 300 i 350 km/h.

Další částí tohoto rychlého spojení je Brno – Přerov, které by mělo být první vysokorychlostní tratí v ČR.

Prvního září roku 2015 zasedla Centrální komise MD a schválila modernizaci železniční trati Brno – Přerov ve variantě M2, která spočívá ve zdvoukolejnění a zvýšení traťové rychlosti na 200 km/h současné tratě. Vypracovány byly i varianty, které počítaly s vyššími rychlostmi, nevyšlo u nich však pozitivně ekonomické hodnocení. Podle studie proveditelnosti by modernizace měla být hotova do roku 2025. Odhadované náklady jsou více než 35 miliard Kč [59].

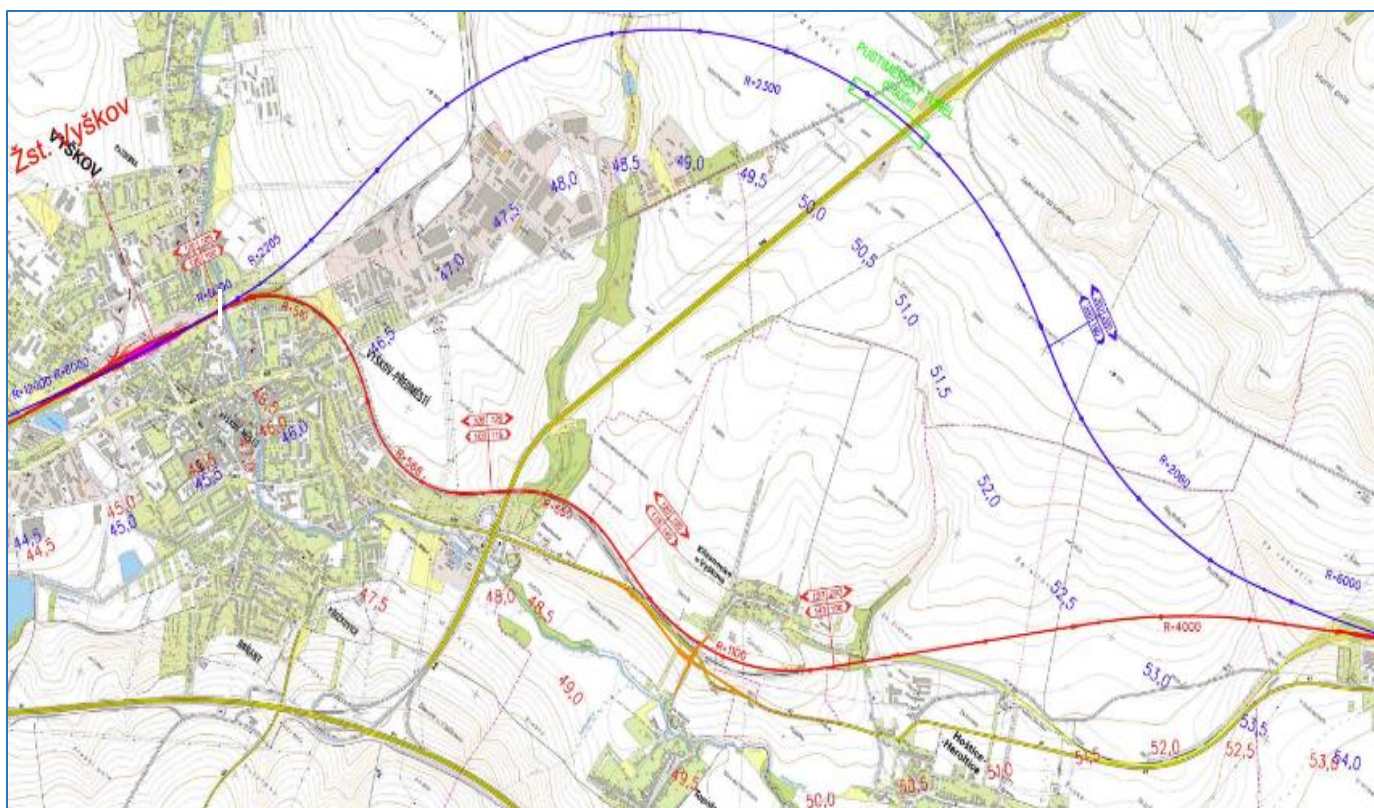


Schválená varianta M2 se týká v současnosti jednokolejné elektrifikované trati Brno – Přerov. Stávající rychlost se na trati pohybuje v rozmezí 80 až 100 km/h s mnoha místními rychlostními omezeními. Po modernizaci by mělo dojít ke zvýšení rychlosti na 200 km/h v souvislém úseku. Maximální rychlost 200 km/h bude umožněna na 95% modernizované trati, což je v historii modernizace koridorů v ČR nevídané číslo. Po dokončení v roce 2025 by vlaky typu Ex měly mít jízdní dobu Brno – Přerov 30 min. oproti dnešním 82 min. nejrychlejších vlaků, které zastavují ve Vyškově a Kojetíně [59].

Aby bylo možné dosáhnout takovýchto parametrů trati pouhou modernizací, je potřeba provést mnoho místních přeložek k narovnání oblouků. Nejvíce se trasa vybrané varianty M2 odkloní od současné trati mezi Vyškovem a Ivanovicemi na Hané. Zde půjde prakticky o novostavbu. Z Kojetína do Přerova je modernizovaná trať vedena ve stávající stopě.

V této variantě bylo navrženo celkem 6 dvoukolejných tunelů [59]:

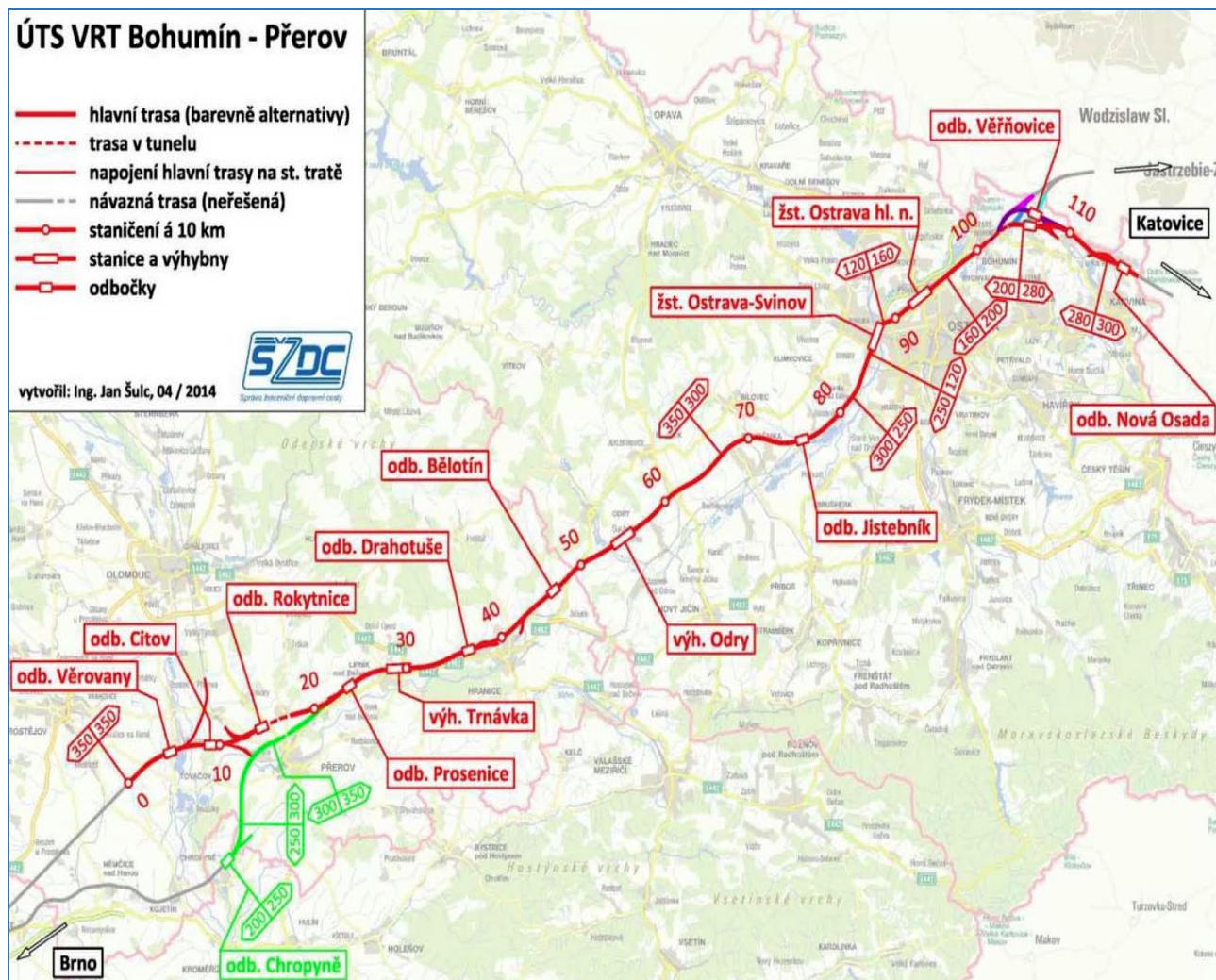
- Holubický tunel délky 980 m
- Rousínovský tunel délky 700 m
- Habrovanský tunel délky 650 m
- Pustiměřský tunel délky 500 m
- Dřevnovický tunel délky 380 m
- Němčický tunel délky 660 m



Obrázek 15 - Největší přeložka trati Brno - Přerov, varianta M2 tmavě modře [59]



Další část RS 1 je Přerov – Ostrava – státní hranice s Polskem. Tato část je v celé délce uvažována jako novostavba s délkou přibližně 80 km a traťovou rychlostí 300 až 350 km/h.



Obrázek 16 - RS 1, část Přerov - státní hranice s Polskem [60]

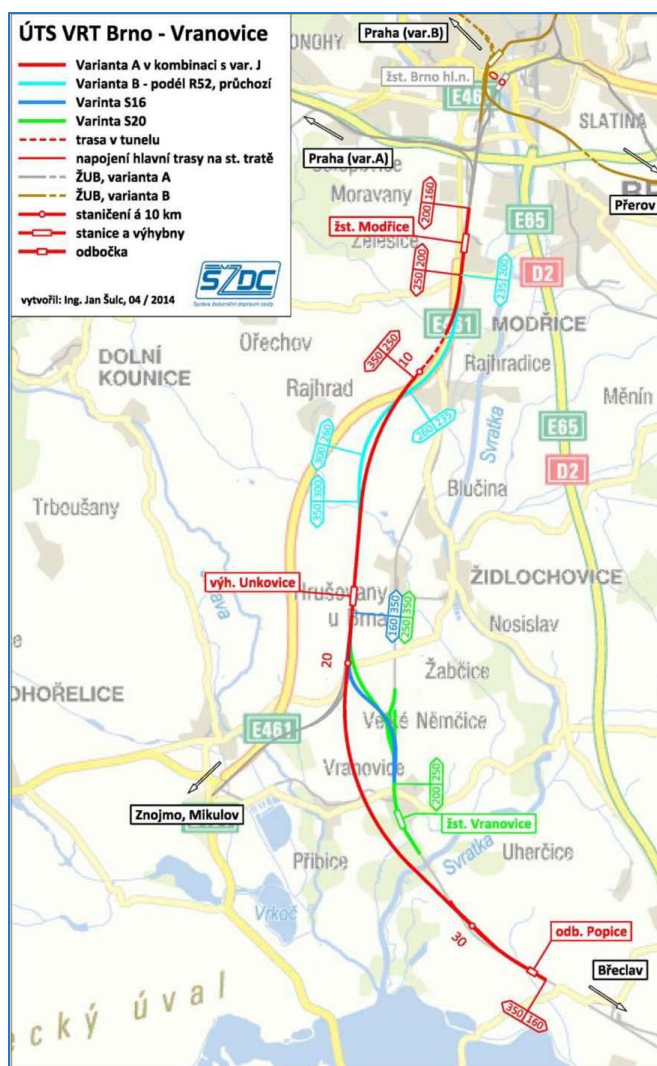
Od státních hranic s Polskem by měla trať pokračovat do Katovic po modernizované trati a tím zajistit spojení Brna a Ostravy s Varšavou. Mezi Katovicemi a Varšavou v současné době probíhá modernizace tratě, která je v Polsku známa pod názvem Centralna magistrala kolejowa. Po modernizaci bude maximální traťová rychlost na této trati 250 km/h.

1.4.3. Rychlé spojení 2

Rychlé spojení 2 bude v budoucnu umožňovat napojení českých vysokorychlostních tratí s Rakouskem a Slovenskem.

Zde jsou možné dvě základní varianty řešení. První je modernizace stávající trati Brno – Břeclav na rychlost 200 km/h a druhá možnost je novostavba s návrhovými rychlostmi 250 nebo 350 km/h. Hlavním cílem novostavby je oddělit dálkové vlaky od příměstské dopravy a dojde také k určité časové úspoře dálkových vlaků mezi Břeclaví a Brnem.

RS 2 je určeno pouze pro provoz osobní dopravy.



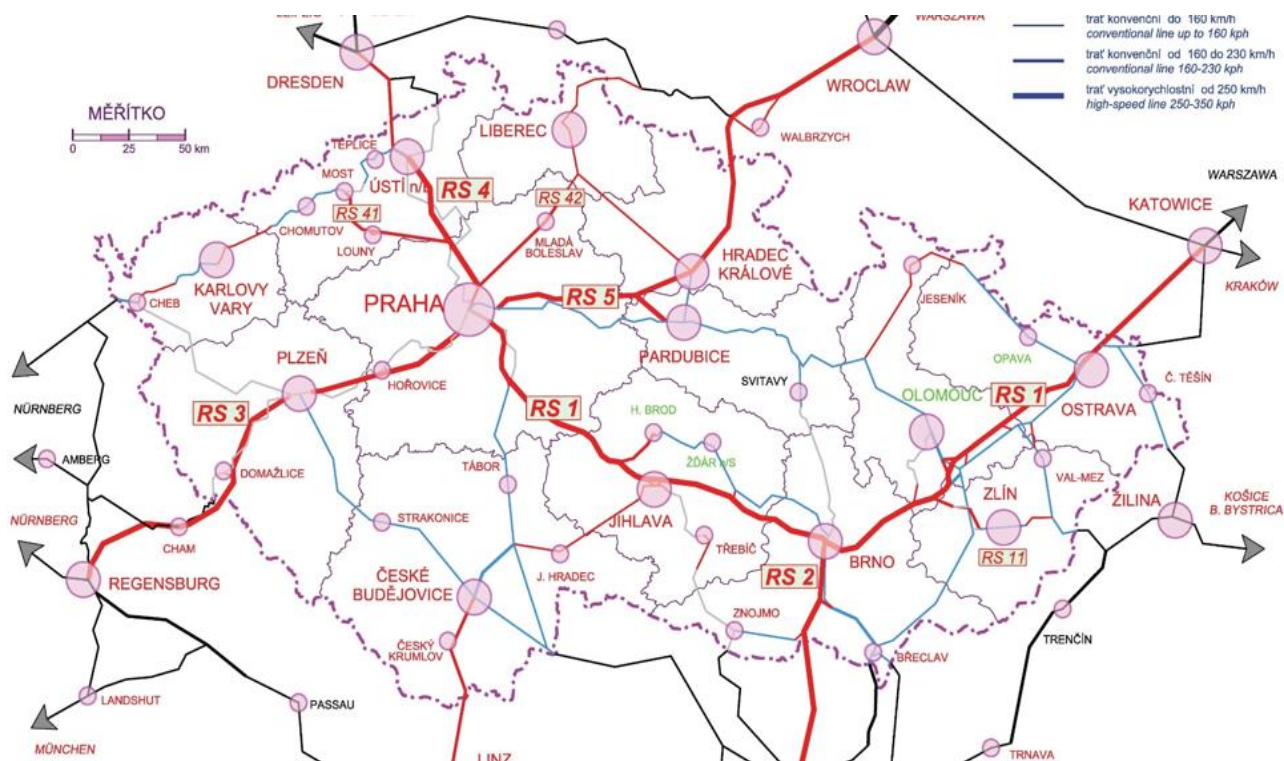
Obrázek 17 - Část RS 2, novostavba [61]



1.4.4. Rychlé spojení 3

Jedná se o rychlé spojení Prahy s Bavorskem. Jelikož Bavorsko nemá zatím příliš zájem o vysokorychlostní spojení s Prahou, nemá toto rychlé spojení příliš velkou prioritu u české vlády, alespoň co se týče pokračování z Plzně do Bavorska.

Na následujícím obrázku je zakresleno plánované vedení RS 3. V současné době o tomto RS jsou dostupné pouze informace o ejpovických tunelech a tunelu Barrandov.



Obrázek 18 - Schéma RS 3 [27]

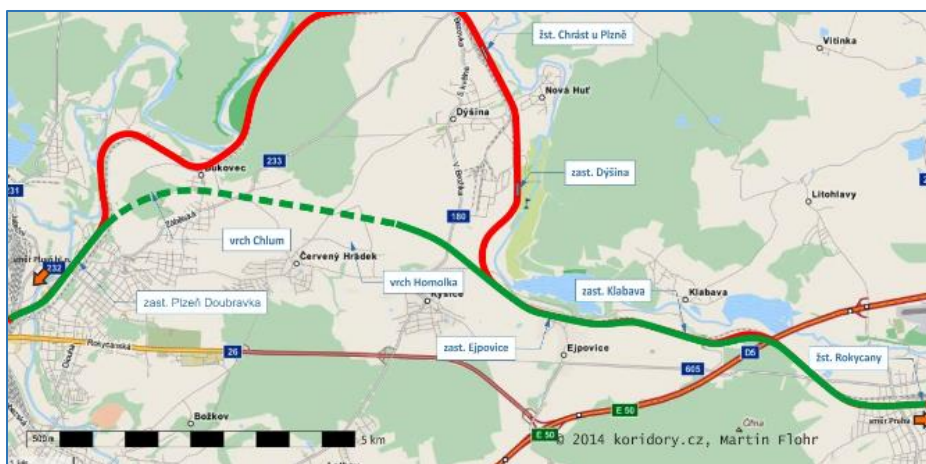
Mezi Prahou a Plzní probíhá v současné době modernizace III. tranzitního železničního koridoru. Nejvýraznější stavbou je modernizace trati Rokycany – Plzeň, konkrétně přeložka trati u obce Chrást, kde stěžejní je výstavba dvou jednokolejných tunelů Ejpovice. Tato přeložka je vedena ve shodě s výhledovou polohou VRT.

Délka dvou jednokolejných tunelů od východního k západnímu portálu činí 4150 m. Délka trati se tím zkrátí o cca 6 100 m. Od zastávky Plzeň Doubravka do žst. Plzeň hl.n. je využita stávající trasa trati. Technické parametry modernizované trati byly voleny s ohledem na budoucí využití tunelového úseku pro VRT.



Účelem stavby je především dosažení vyšších technických parametrů koridorové trati, vč. zkrácení jízdní doby vlaků a zvýšení bezpečnosti železničního provozu. Současně dojde ke zvýšení komfortu pro cestující. Bude dosaženo požadované přechodnosti kolejových vozidel v traťové třídě D4 UIC, ložné míry UIC – GC, zajištění požadované propustnosti modernizací stávajícího zabezpečovacího zařízení a zvýšení maximální traťové rychlosti až do hodnoty 160 km/h. Ve výhledu je pak uvažováno s rychlostí až 200 km/h a to od místa předpokládaného napojení VRT do konvenční trati až k západnímu portálu tunelu, což představuje úsek dlouhý přibližně 4 km.

Po dokončení budou ejpovické tunely nejdelší tunely v České republice.



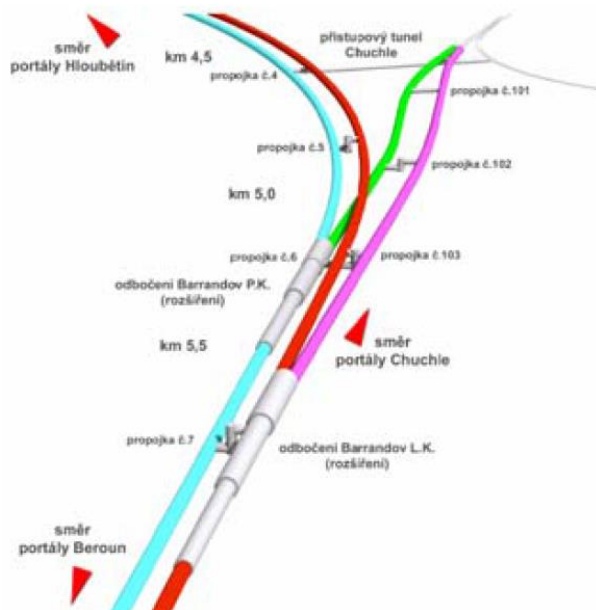
Obrázek 19 - část RS 3, ejpovické tunely [62]

Další součástí RS 3 měl být tunel Barrandov, součást stavby Praha – Beroun, nové železniční spojení. Trasa tohoto železničního spojení je vedena územím rezervovaným pro vysokorychlostní trať, a proto je trasa v tunelu Barrandov navržena tak, aby umožňovala provoz vysokorychlostních souprav rychlostí až 300 km/h.

Jedná se o dva jednokolejné tunely délky 24,7 km s vnitřním průměrem 8,3 m s příčnými propojkami po 400 m. Tunely budou vybaveny dvěma rozplety u Prahy, odbočka na Krč, a dvěma rozplety také u Berouna. Tyto rozplety zajistí mimoúrovňové křížení, viz obrázek č. 18.



Obrázek 20 - Část RS 3, tunel Barrandov [63]



Obrázek 21 - Část RS 3, rozplet tunelu Barrandov u Prahy [12]

Realizace tohoto tunelu měla být původně již v roce 2011, ovšem celý projekt Praha – Beroun nové železniční spojení byl zrušen kvůli ekonomické neefektivitě. Plánované výdaje za stavbu tunelu Barrandov byly stanoveny na přibližně 21 miliard Kč [59].

1.4.5. Rychlé spojení 4

Jedná se o druhé rychlé spojení s Německem, tentokrát se sousedním Saskem. Toto rychlé spojení není pouze spojení Prahy a Drážďan, či Prahy a Ústím nad Labem, nýbrž se jedná o spojení ČR s již fungující sítí VRT západní Evropy. Nejbližší VRT k ČR je trať mezi Drážďanami a Lipskem.



Obrázek 22 - Vysokorychlostní tratě v Německu [64]

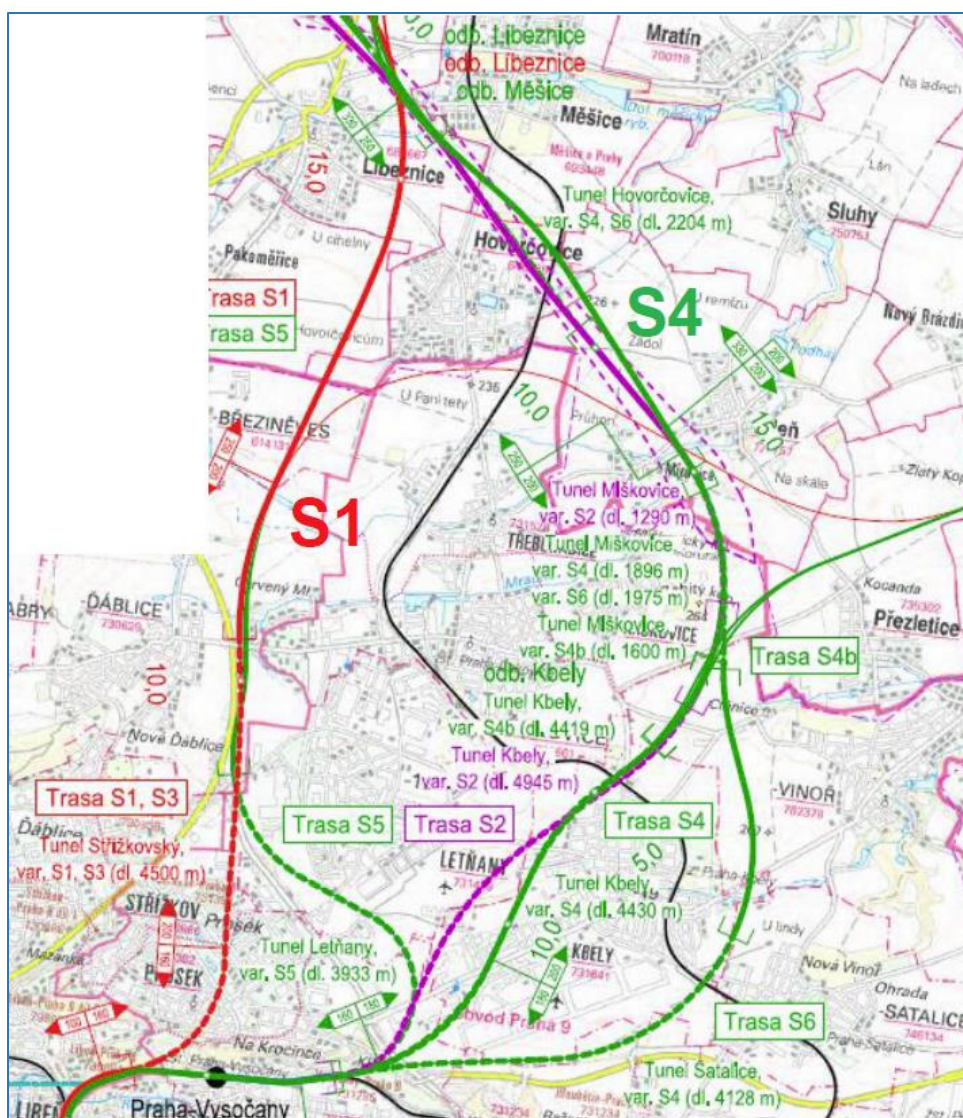


První etapu tohoto RS by měl být úsek Praha – Litoměřice, který by měl být postaven jako druhý úsek VRT v ČR a to konkrétně do roku 2030.

Tento úsek z odbočky Balabanka v Praze k portálu tunelu u Litoměřic je přibližně 57 km. Trasa zde vede v poměrně příznivém terénu a mimo Prahu je návrhová rychlost 350 km/h. V této části, s prodloužením až do Ústí nad Labem, se uvažuje pouze provoz osobní dopravy. Dále jsou v této části navrženy tyto sjezdy na stávající tratě:

- Trať č. 070 Praha – Turnov
- Trať č. 072 Lysá nad Labem – Ústí nad Labem
- Trať č. 091 Praha – Děčín
- Trať č. 092 Kralupy nad Vltavou – Neratovice

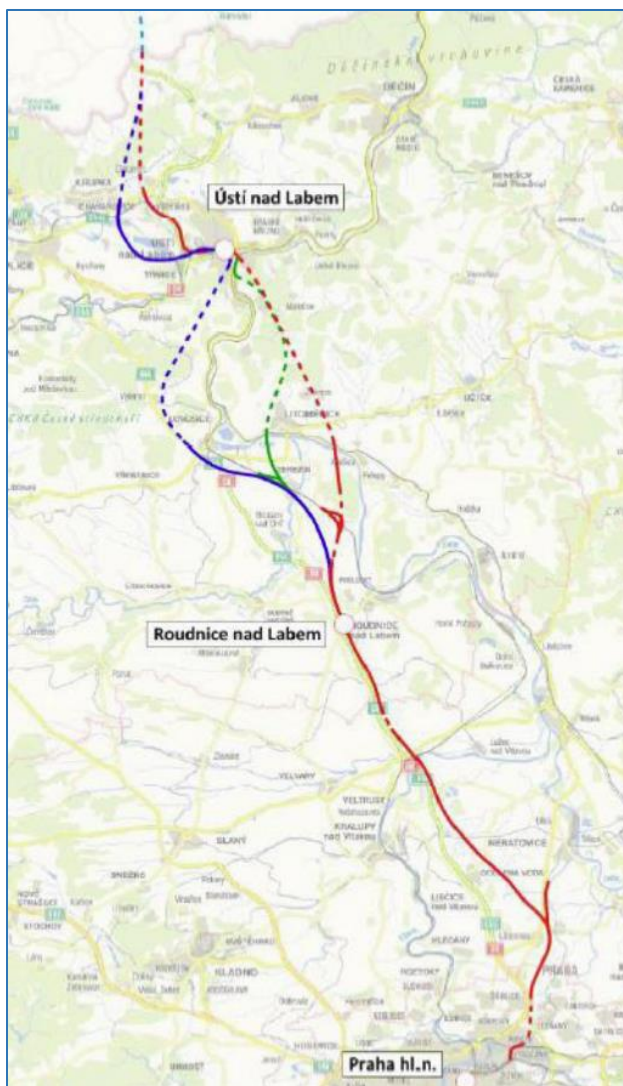
Následující obrázek ukazuje možné varianty zapojení RS 4 do Prahy. Na úrovni přibližně ŽST Praha-Vysočany se uvažuje rychlost 160 km/h (od Litoměřic) a dále směrem k Balabence rychlost 100 km/h.



Obrázek 23 - RS 4, možné varianty zapojení do uzlu Praha [28]



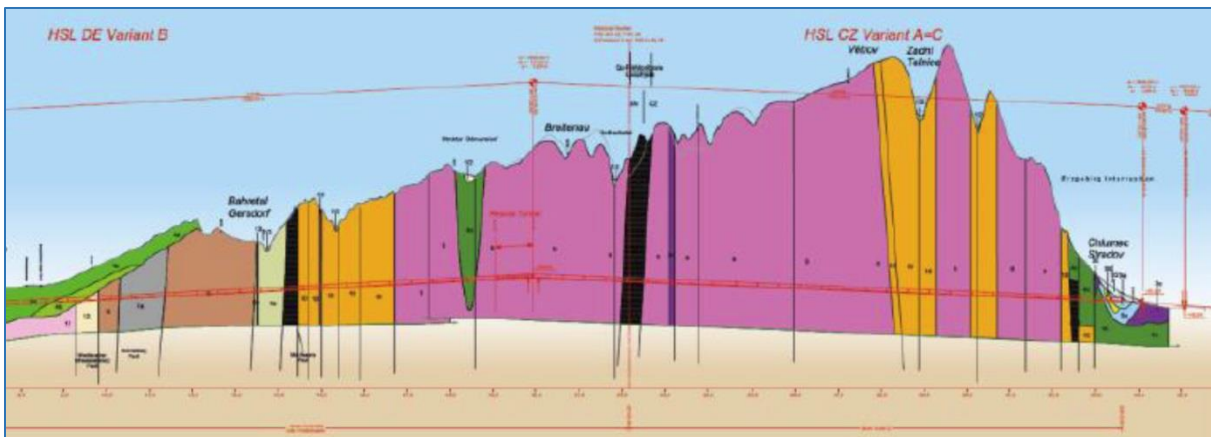
Další obrázek ukazuje celkovou situaci RS 4. Z Prahy do Roudnice nad Labem je v současné době vybraná trasa, v úseku Roudnice nad Labem – Ústí nad Labem je navrženo více variant.



Obrázek 24 - RS 4, přehledná situace [28]

Od Ústí nad Labem směrem do Drážďan se mění koncept dopravy z osobního provozu na provoz smíšený. Dominantním objektem této části je bezesporu přeshraniční bazový tunel pod Krušnými horami s délkou přibližně 27 km, který má navrženy tyto parametry:

- Rychlost pro osobní dopravu 200 km/h, výhledově 230 km/h
- Rychlost pro nákladní dopravu 120 km/h
- Osová vzdálenost kolejí 4,500 m
- Maximální podélný sklon 12,5 ‰
- Průjezdny průřez GC



Obrázek 25 - RS 4, krušnohorský tunel [28]

RS 4 zkrátí stávající trať Praha – Ústí nad Labem ze 114 km na 84 km, což znamená zrychlení dopravy ze 70 na 27 minut. Mezi Ústím nad Labem a Drážďany je zkrácení z 82 km na 56 km a zrychlení dopravy z 65 na 25 minut. To znamená, že cesta mezi Prahou a Drážďany by trvala maximálně jednu hodinu.

Na hlavní větev RS 4 se uvažuje s dalšími vedlejšími větvemi. První takováto je RS 41, která na hlavní větev navazuje ve směru z Kralup nad Vltavou přes Louny do Mostu, která formou novostavby rychlé konvenční tratě doplňuje chybějící konkurenceschopné kolejové spojení Prahy s mostecko-chomutovskou aglomerací a dále pomáhá zvýšit využití vstupu VRT ze směru Ústí nad Labem do železničního uzlu Praha [28].

Další vedlejší větví je RS 42, které se od hlavní větve odděluje pár kilometrů severně od Prahy a pokračuje přes Benátky nad Jizerou, Mladou Boleslav do Liberce. Tato větev může být zároveň hlavní větví pro spojení Prahy s Wroclawí, která nese označení RS 5. V současné době se však více preferuje RS 5 přes Hradec Králové.



Obrázek 26 - RS 4, vedlejší větve [65]



1.4.6. Rychlé spojení 5

Posledním rychlým spojením je spojení Prahy s Wroclawí. Jak bylo naznačeno v předcházející kapitole, pro spojení Prahy s Wroclawí jsou možné dvě základní varianty. První varianta je navržena přes Hradec Králové a druhá přes Liberec. Důvodem je morfologie terénu, kde největší překážkou je dlouhý hřeben Jizerských hor a na ně navazující Krkonoše. Jizerské hory jsou rozsáhlou chráněnou krajinnou oblastí a Krkonoše jsou Národním parkem. V současné době se více preferuje RS 5 přes Hradec Králové.

RS 5 je zřejmě nejméně projektově připravené RS.



2. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ VRT

2.1. Kategorie trati dle TSI

Technické specifikace pro interoperabilitu subsystému „Infrastruktura“ transevropského vysokorychlostního železničního systému, dále jen [8], rozdělují tratě do třech výkonnostních kategorií. Pro každou úroveň jsou požadované jiné výkonnostní parametry. Všechny kategorie trati musí umožňovat jízdu vlaků o délce 400 m a maximální hmotnosti 1 000 t.

- Kategorie I: zvláště vybudované vysokorychlostní tratě vybavené pro rychlost zpravidla 250 km/h nebo vyšší.
- Kategorie II: zvláště modernizované vysokorychlostní tratě vybavené pro rychlost v řádu 200 km/h.
- Kategorie III: zvláště modernizované vysokorychlostní tratě nebo zvláště vybudované vysokorychlostní tratě se zvláštními vlastnosti danými topografickými, terénními, ekologickými nebo urbanistickými omezeními, jimž musí být rychlost v každém jednotlivém případě přizpůsobena.

Obě základní varianty v tomto projektu tedy spadají do první kategorie.

2.2. Konstrukce železničního svršku

2.2.1. Ekvivalentní konicita

Ekvivalentní konicita, či kuželovitost je parametr, který se sleduje především u vyšších rychlostí a jeho důležitost roste s rychlostí. Pro rychlost do 160 km/h se dle [8] ekvivalentní konicita nemusí sledovat.

Ekvivalentní konicita je definována jako tangens úhlu kužele dvojkolí s kuželovým jízdním obrysem, jehož příčný pohyb má stejnou kinematickou vlnovou délku jako dané dvojkolíví v přímé koleji a v obloucích o velkém poloměru [8].



Ekvivalentní konicita je funkcí amplitudy γ_0 vlnivého pohybu dvojkolí v koleji. Tato charakteristika je důležitá při zkoušení vozidel s ohledem na stabilitu pohybu vozidel při vyšších rychlostech. Zvětšující se hodnota ekvivalentní konicity zkracuje délku vlny pohybu volného dvojkolí a tím zvyšuje frekvenci tohoto pohybu, zvyšuje setrvačné účinky dvojkolí a tendenci k neklidnému až k tzv. nestabilnímu chodu. Větší hodnota ekvivalentní konicity obecně vyjadřuje silnější kinematickou vazbu dvojkolí k ose koleje, tedy dvojkolí je vedeno k důraznějšímu sledování směrových nerovností koleje [24].

Ekvivalentní konicita je závislá na tvaru jízdních ploch kol, tvaru hlavy kolejnice a jejich úklonu a také na rozchodu koleje.

Mezní hodnoty ekvivalentní konicity jsou následující:

Tabulka 1 - Mezní hodnoty ekvivalentní konicity

Rozsah rychlostí [km/h]	Mezní hodnoty ekvivalentní konicity
≤ 160	Nevyžaduje se posouzení
$< 160 \leq 280$	0,200
> 280	0,100

2.2.2. Rozchod koleje

$$u = 1\,435 \text{ mm}$$

Rozchod koleje je nejzákladnější podmínkou interoperability evropského železničního systému. Rozchod koleje je vzdálenost mezi pojížděnými hranami obou kolejnicových pásů, měřena 14 mm ($\pm 0,5$ mm) pod spojnicí temen kolejnicových pásů.

Dle [8] lze pro návrh vysokorychlostních tratí zahrnutých sítě TEN-T použít výhradně rozchod normální $u = 1\,435$ mm. Zároveň předpis [8] uvádí minimální hodnoty průměrného rozchodu koleje, které musí být v koleji splněny. Je zajímavé, že pro rychlosti do 160 km/h je tato hodnota jen 1 430 mm. Pro rychlosti nad 250 km/h je pak tato hodnota 1 434 mm. Tyto hodnoty platí pro přímou kolej a pro oblouk s poloměrem $R \geq 10\,000$ m.

S rozšířením rozchodu se v tomto projektu neuvažuje, neboť navržené poloměry směrových oblouků jsou vždy výrazně větší než poloměr $R = 275$ m. Pro poloměry větší než $R = 275$ m se dle ČSN 73 6310-1 rozšíření rozchodu nenavrhuje.



2.2.3. Kolejnice

60 E2

Do nedávné doby byly v České republice používány kolejnice tvaru 60 E1. Oba typy, 60 E1 a 60 E2 vycházejí z tvaru UIC 60 a liší se tvarem hlavy kolejnice, který má značný vliv na chování celého systému kolo-kolejnice.

Tento novější tvar 60 E2 byl vyvinut v 90. letech v Německu pro rychlosti do 300 km/h. Z Německa se později tento tvar rozšířil do dalších zemí včetně České republiky.

Stejně jako v zemích, kde jsou vysokorychlostní tratě provozovány, je i zde navržena nelegovaná a tepelně nezpracovaná ocel třídy R260, která musí mít tažnost minimálně 880 MPa.

2.2.4. Úklon kolejnice

1:40

Úklon kolejnic je navržen shodně jako úklon kolejnic na současných konvenčních tratích v ČR. Podle předpisu [8] musí být úklon kolejnice v rozmezí 1:40 až 1:20.

Tento úklon 1:40 se používá například také s v Německu či Rakousku, zatímco úklon 1:20 se používá ve Francii, Itálii či Španělsku. Tyto země ovšem používají kolejnice s tvarem hlavy 60 E1.

Úklon kolejnic ve výhybkách pro rychlosti větší než 250 km/h musí být shodný s úklonem kolejnic mimo výhybku. Úklon kolejnic ve výhybkách je tedy navržen rovněž na 1:40 a to i ve variantě A s návrhovou rychlostí 250 km/h a to z důvodu snížení dynamického namáhání koleje a zvýšení komfortu cestování.

2.2.5. Výhybky

Výhybky jsou kolejové konstrukce, které zajišťují nesení a vedení vozidla v libovolně zvoleném směru mezi různě se rozvětvujícími nebo navzájem se křížícími kolejemi bez přerušování jízdy.

Výhybky pro vysokorychlostní tratě jsou takové, které umožňují jízdu v přímém směru rychlostí minimálně 200 km/h.



Vysokorychlostní výhybky se liší od výhybek pro konvenční tratě několika konstrukčními znaky, viz dále.

2.2.5.1. Pohyblivý hrot srdcovky

Srdcovky s pohyblivým hrotem srdcovky se dělí na základní tři typy [14]:

- 1) Srdcovka s pohyblivým hrotem, litý hrot tvoří s připojenými kolejnicemi blok. Srdcovky s vyšším úhlem křížení mají v odbočné větvi dilatační zařízení ke kompenzaci délkové změny kolejnice po přestavení.
- 2) Srdcovka s pohyblivým hrotem, kolejnice hlavní i odbočné větve jsou hoblovány do hrotu. Délková kompenzace je zajištěna posunem obou kolejnic vůči sobě. Konstrukční úprava nevyžaduje dilatační zařízení.
- 3) Srdcovky s pohyblivými křídlovými kolejnicemi, vhodný typ pro výhybky s vyššími úhly odbočení a pro krátké výhybky ve stísněných poměrech.

Železniční vozidlo se při jízdě v přímé koleji pohybuje přirozeným sinusovým pohybem, který vychází z tvaru jízdního obrysu kol a příčného profilu hlavy kolejnice, tj. z ekvivalentní konicity, a v místě srdcovky s pohyblivým hrotem srdcovky není dvojkolínuceno tento pohyb přerušit.

Výhodou této konstrukce je tedy vytvoření nepřerušené jízdní plochy pro kolo vozidla, neboť kolo nemusí překonávat žlábek nutný pro průjezd okolku ve druhém směru. To umožňuje klidnější jízdu vozidla přes výhybku a snižuje dynamické účinky nerovnosti na vozidlo i výhybku. Výhybky s pohyblivými částmi také nevyžadují použití přídržnic. Na druhou stranu však tyto výhybky mají složitější konstrukci, a jsou tedy dražší a náročnější na údržbu. Z uvedených důvodů jsou tyto výhybky vhodné zejména pro tratě s vysokými rychlostmi nebo s vysokým provozním zatížením.

Podle TSI je možné používat výhybky s pevnou srdcovkou pro kolej do rychlosti 250 km/h. To znamená, že PHS není povinný pro všechny vysokorychlostní výhybky, protože za vysokorychlostní trať se považují i tratě, které byly zmodernizovány na rychlost minimálně 200 km/h.

První použití srdcovky s pohyblivým hrotem v tehdejších ČSD bylo v 70. letech v dvojitě srdcovce křižovatkové výhybky 1:11-300. V jednoduché výhybce byl pohyblivý hrot srdcovky použit až v roce 1991 a to ve výhybce JR65 1:12-500 v železniční stanici Pardubice [14]. Tyto výhybkové konstrukce však nelze považovat za vysokorychlostní.



Obrázek 27 - První výhybka s PHS v ČR, Pardubice - choceňské zhlaví [41]



Obrázek 28- První výhybka s PHS v ČR, Pardubice - choceňské zhlaví [41]



2.2.5.2. Úklon kolejnice ve výhybce

V běžné koleji jsou kolejnice uloženy v úklonu 1:20 nebo 1:40 podle použitého tvaru kolejnice a systému upevnění. Zároveň ve výhybkách pro konvenční tratě jsou kolejnice uloženy svisle, resp. v úklonu 1:∞. Změna v úklonu kolejnice je realizována plynule pomocí speciálních podkladnic. Tato změna v úklonu kolejnice má vliv na veličiny kontaktní geometrie a působí negativně na kinematiku jízdy vozidel, s čímž je spojené zvýšené namáhání výhybky, které se projevuje více s rostoucí rychlostí průjezdu výhybkou.

V technických specifikacích interoperability je tato problematika zmíněna tím, že pro rychlosti v přímém směru vyšší než 250 km/h musí mít kolejnice úklon. Úklon kolejnice ve výhybce musí být stejný jako úklon kolejnice v přilehlé koleji.

Úklon kolejnice mimo výhybku je řešen buď pomocí klínové podkladnice, nebo skloněnou úložnou plochou pražce pod patou kolejnice. Ve výhybce se nacházejí výhybkové pražce, které mají úložnou plochu rovnoběžnou s ložnou plochou, a proto nelze úklon realizovat pomocí úložné plochy pražce. Dle TSI může být tento úklon ve výhybce realizován buď pomocí podkladnice, nebo upravením tvaru pojížděné části profilu hlavy kolejnice.

Na základě požadavků společnosti DT – Výhybkárna a strojírna vznikl projekt „Návrh tvarů příčných řezů pro výhybku J60 1:12-500“, jehož autory jsou prof. Ing. Jiří Izer, CSc. a doc. Ing. Jaromír Zelenka, CSc z Univerzity Pardubice. Tento projekt vytvořil příčný profil hlavy kolejnice označovaný jako K, kterým při upevnění kolejnice ve svislé poloze bude dosaženo charakteristik kontaktní geometrie, jako při kolejnici 60 E2 uložené v úklonu 1:40 v koleji mimo výhybku. Ve společnosti DT – Výhybkárna a strojírna byly rovněž vyvinuty systémy upevnění do výhybek umožňující uložení kolejnic přímo v úklonu. Výhybky s takto řešeným úklonem ale zatím nebyly v síti SŽDC použity, na rozdíl od tvaru hlavy kolejnice K.

Hlavní cíl, proč mít ve výhybkách úklon kolejnic, či úpravy hlavy kolejnice, který tento úklon napodobí, je posunout kontaktní bod kolo-kolejnice blíže k ose hlavy kolejnice, aby při průjezdu výhybkou byly podobné poměry jako v běžné koleji.

Výsledkem výše napsaného jsou pak tyto užité vlastnosti:

- Plynulejší přechod vozidla z běžné koleje do výhybky a naopak. To má vliv na snížení dynamických účinků vozidla a celkové zklidnění průjezdu vozidla výhybkou, což přináší vyšší jízdní komfort
- Snížení vzájemného kontaktního napětí mezi kolem a kolejnicí současně se snížením tření vede k omezení vzniku kontaktně únavových vad na hlavě kolejnice
- Snížení nákladů na údržbu a zvýšení životnosti výhybek

2.2.5.3. Současný stav v ČR

Přestože se v České republice v současné době nenachází žádná vysokorychlostní trať, tak vysokorychlostní výhybky zde k nalezení jsou.

A. Vranovice

První vysokorychlostní výhybkou v České republice byla výhybka ve zhlaví železniční stanice Vranovice.

Obec Vranovice se nachází na jižní Moravě v okrese Brno-venkov, a prochází skrz ni I. tranzitní železniční koridor, konkrétně se jedná o úsek Brno – Břeclav.

Jedná se o výhybku J60–1:12–500-zl-b-PHS, která byla do této železniční stanice vložena k provoznímu ověřování v roce 2003 a jezdilo se přes ni v přímém směru zkušebně 200 km/h. Výrobce tuto výhybku označuje jako vysokorychlostní výhybku I. generace.

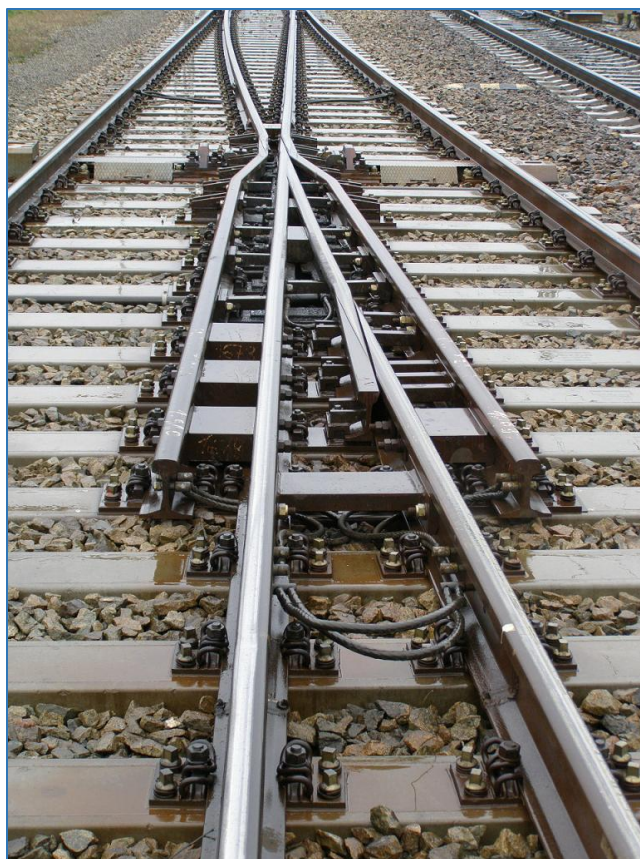


Obrázek 30 - První vysokorychlostní výhybka v ČR, Vranovice [14]



Hlavní technické údaje vranovické výhybky:

Úhel odbočení	1:12 (4,763 642°)
Poloměr v odbočném směru	500 m
Stavební délka	45 791 mm
Maximální rychlost v přímém směru	300 km/h
Maximální rychlost v odbočném směru	60 km/h
Profil kolejnice	UIC 60 opracovaná na tvar lots. 136
Materiál kolejnic	900A
Druh pražců	betonové
Typ upevnění	pružné podkladnicové se svěrkami Vossloh Skl 12
Maximální hmotnost na nápravu	25 t
Druh závěru	čelistový ve žlabovém pražci, výměnová část 2 ks, srdcovková část 1 ks
Přestavníky	EP 600



Obrázek 31 - První vysokorychlostní výhybka v ČR, Vranovice [14]



B. Poříčany

Další vysokorychlostní výhybkou v síti SŽDC je výhybka na kolínském zhlaví železniční stanice Poříčany.

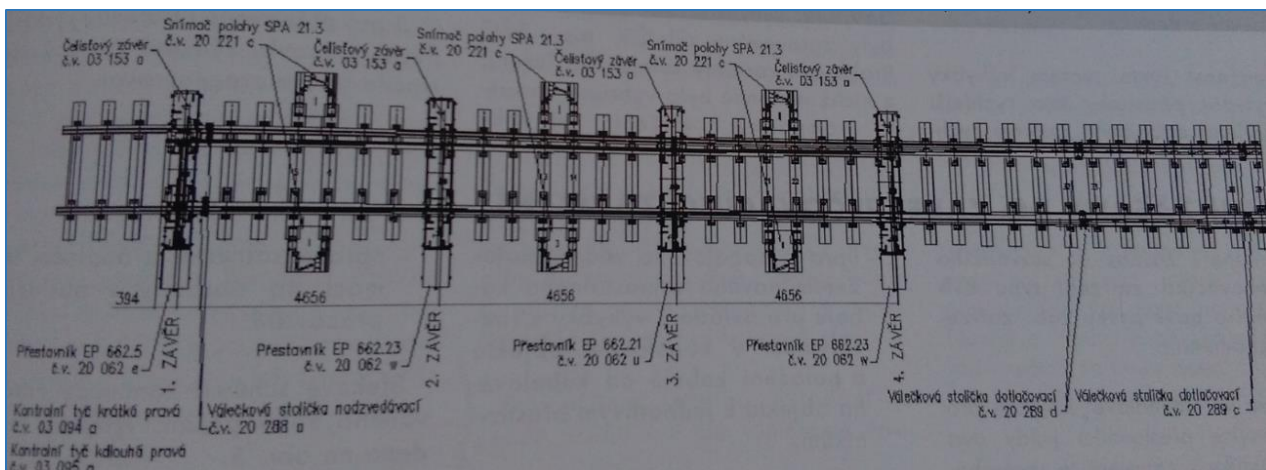
Obec Poříčany se nachází ve středních Čechách v okrese Kolín a prochází skrz ni I. a III. tranzitní železniční koridor, konkrétně se jedná o úsek Kolín – Praha.

Jedná se o výhybku J60–1:26,5–2500-zl-b-PHS, která byla do této železniční stanice vložena k provoznímu ověřování v roce 2007. Výrobce tuto výhybku označuje jako vysokorychlostní výhybku II. generace.

Vývoj této výhybky začal v roce 2004. Rozdíl ve vývoji a zabezpečení mezi touto výhybkou a výhybkou J60–1:12–500-zl-b-PHS ve Vranovicích spočíval v tom, že výhybka ve Vranovicích byla již standardní, dlouhodobě provozovaná dvouzávěrová výhybka s čelistovým závěrem ve žlabových přírubových pražcích, ovládaná jedním přírubovým přestavníkem typu EP 600, u které byla stávající pevná srdcovka vyměněna za srdcovku s pohyblivým hrotem. Oproti tomu u výhybky tvaru J60-1:26,6-2500 PHS se jednalo o požadavek na vývoj, zabezpečení a vložení zcela nové výhybky vč. PHS, přičemž o lokalitě jejího nejhodnějšího vložení se záměrem na plné využití deklarovaných provozních vlastností nebylo zpočátku zahájení vývoje rozhodnuto. Rozhodnutí o vložení této výhybky do žst. Poříčany jako náhrada za stávající výhybku č. 3 tvaru J60-1:18,5-1200 padlo až v roce 2006, tedy dva roky po zahájení vývoje [14].

Při vlastním návrhu ovládnutí a zabezpečení výhybky bylo využito získaných zkušeností s ovládnutím a zabezpečením dvoupřestavníkového ovládnutí výměnové části třízávěrové výhybky J60-1:18,5-1200 v žst. Prosenice a zkušenosti s jednopřestavníkovým ovládnutím a zabezpečením výhybky J60-1:12-500 v žst. Vranovice.

Počet závěrů ve výměnové části a v části srdcovky byl určen kontrolním a optimalizačním výpočtem. Výsledkem optimalizace jsou čtyři závěry ve výměnové části a dva závěry v oblasti srdcovky.



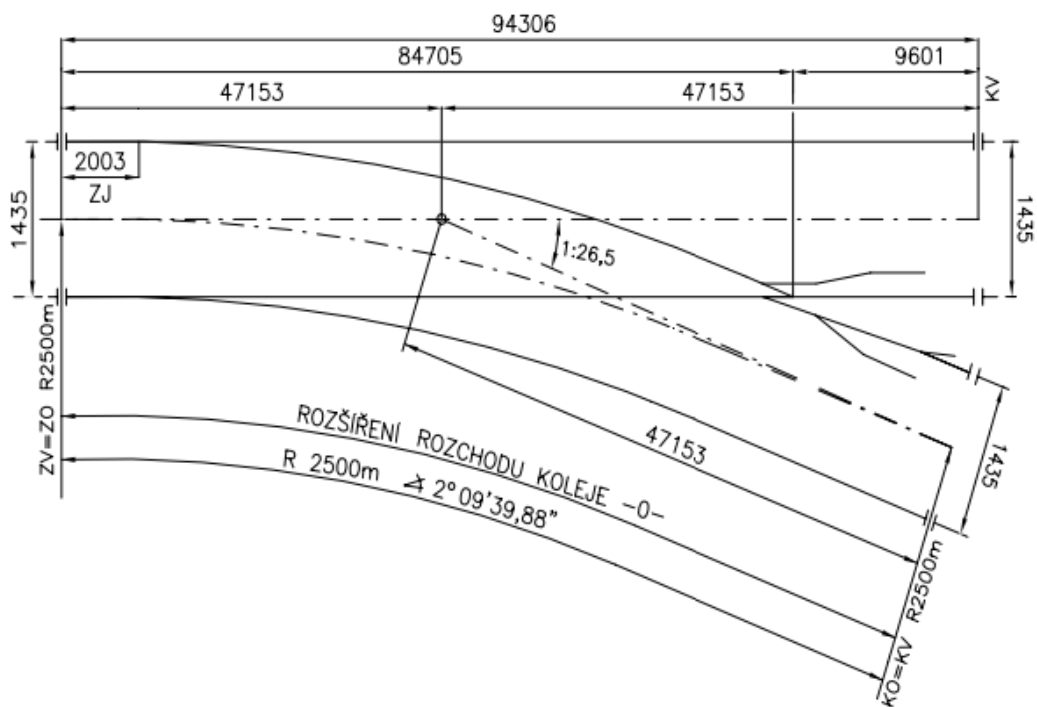
Obrázek 32 - Schéma zabezpečení výhybky [21]

Hlavní technické údaje vranovické výhybky:

Úhel odbočení	1:26,5 (2,161 079°)
Poloměr v odbočném směru	2 500 m
Stavební délka	94 306 mm
Maximální rychlost v přímém směru	300 km/h
Maximální rychlost v odbočném směru	130 km/h
Profil kolejnice	UIC 60 opracovaná na tvar K (1:40)
Materiál kolejnic	900A s možností perlitizace
Druh pražců	betonové
Typ upevnění	pružné podkladnicové se svěrkami Vossloh nebo sponami Pandrol
Maximální hmotnost na nápravu	25 t
Druh závěru	čelistový ve žlabovém pražci, výměnová část 4 ks, srdcovková část 2 ks
Přestavníky	EP 600



Obrázek 33 - Detail jazyka poříčanské výhybky [14]



Obrázek 34 - Geometrické schéma poříčanské výhybky [20]



Obrázek 35 - Srdcovková část poříčanské výhybky [42]

C. Stéblová

Zatím poslední položená vysokorychlostní výhybka se nachází v železniční stanici Stéblová, která oproti předcházejícím případům neleží na koridorové trati.

Obec Stéblová se nachází ve východních Čechách v okrese Pardubice a prochází skrz ni trať č. 031 Pardubice – Jaroměř – Liberec, která bývá občas nazývána jako východočeský diametr. Tato trať spojuje krajská města Pardubice a Hradec Králové. Trať je jednokolejná, v úseku Pardubice - Jaroměř elektrifikovaná a je velice silně zatížena osobní dopravou. Trať nepatří do systému TEN-T.

Do žst. Stéblová byla vložena stejná výhybka jako v žst. Poříčany, tedy 1:26,5-2500 PHS, která byla vložena v rámci modernizace tratě č. 031 v úseku mezi Pardubicemi a Hradcem Králové. Konkrétně se jednalo o stavbu s názvem „Zdvoukolejnění úseku Stéblová – Opatovice nad Labem“. Rychlost ve stávajícím stavu byla maximálně 100 km/h, na nově zmodernizovaném úseku je nyní rychlost maximálně 160 km/h.



Obrázek 36 - Vysokorychlostní výhybka ve Stéblové [43]



2.2.5.4. Výhledový stav v ČR

Výše zmíněné tři výhybky mají rychlost v odbočné větvi do 130 km/h a je u nich použito čistě kružnicový oblouk v odbočné větvi. Pro rychlosti větší než 130 km/h je vhodné navrhnout v odbočné větvi klotoidní průběh.

Pro budoucí využití na vysokorychlostních tratích byla společností DT Výhybkárna a strojírna navržena ucelená řada vysokorychlostních výhybek pro různé průjezdní rychlosti v odbočné větvi.

Tabulka 2 - Navržená řada vysokorychlostních výhybek [20]

Rychlost v odbočném směru [km/h]	Tvar výhybky	Délka základní [m]	Úhel odbočení [deg]
110	1:21,5-1600	74,338	2,3671°
120	1:22-1800	81,776	2,6025°
130	1:26,5-2500	94,306	2,1611°
140	4500/2800/∞	(120,959)	1,8977°
160	6000/4000/∞	(142,800)	1,5931°

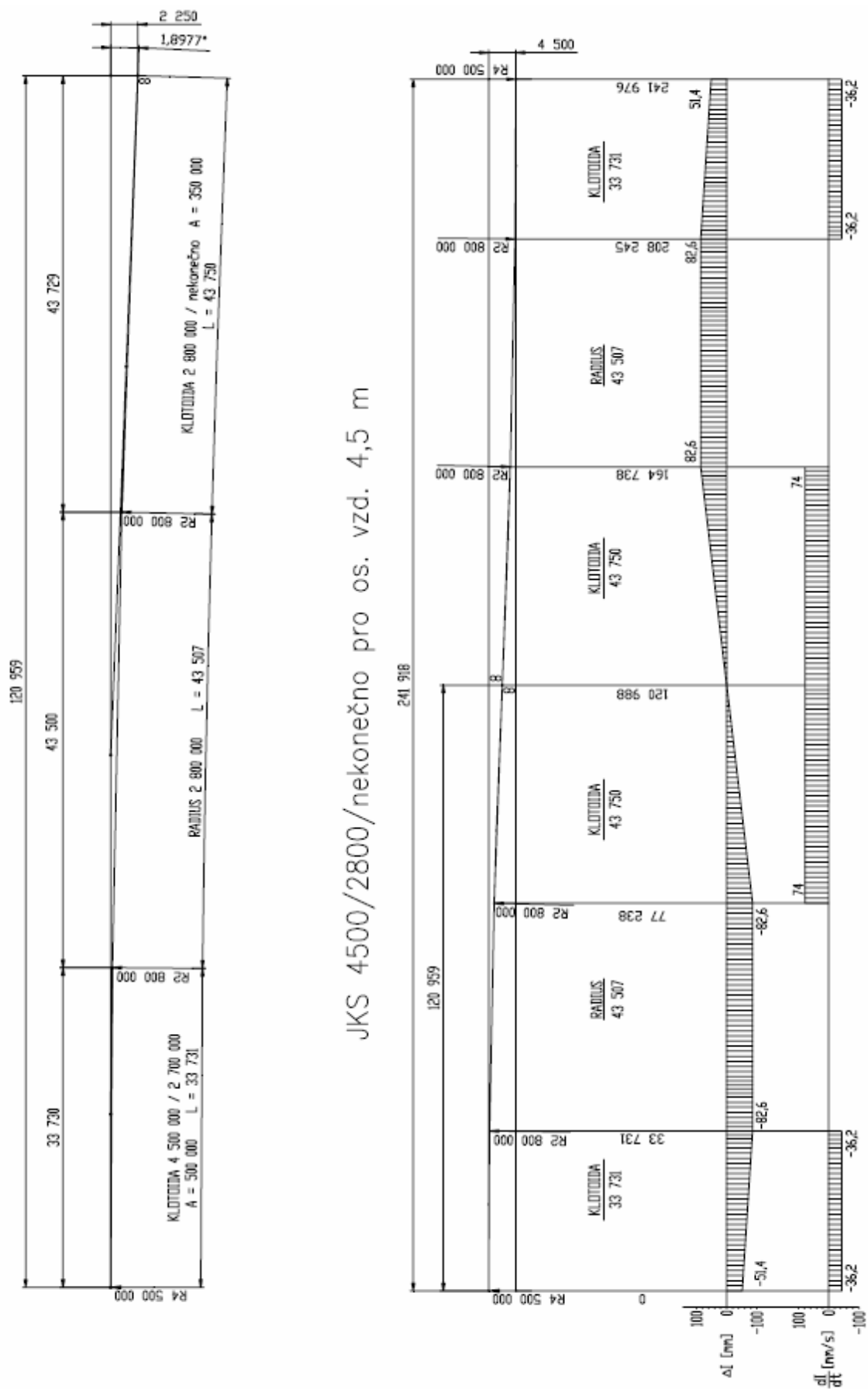
Výše uvedené výhybky s klotoidním průběhem odbočné větve jsou určeny hlavně do jednoduchých kolejových spojek.

Například u výhybky tvaru 4500/2800/∞ pro rychlost 140 km/h v odbočné větvi je ve směru od začátku ke konci výhybky použita část klotoidy, která má vstupní poloměr 4500 m a výstupní 2800 m, následuje kružnicový oblouk o poloměru 2800 m a další klotoida na výstupu z výhybky končící nekonečným poloměrem v inflexním bodě spojky pro osovou vzdálenost pro vysokorychlostní trať 4,50 m. Z výše uvedené řady výhybek byla vyrobena pouze výhybka tvaru 1:26,5-2500.

Hlavní výhody výhybek s klotoidním průběhem jsou:

- zajištění jízdního komfortu při jízdě nejen v přímém, ale i odbočném směru
- vyšší stabilita prostorové polohy koleje a vozidla při průjezdu
- redukce příčných sil a zrychlení ve výměně při přechodu z opornice na jazyk
- časové a energetické úspory na straně uživatelů
- snížení hluku a vibrací
- snížení nákladů na údržbu
- zvýšení životnosti výhybek

Na následujícím obrázku jsou znázorněny průběhy veličin nedostatku převýšení I a časové změny nedostatku převýšení dI/dt .



JKS 4500/2800/nekonečno pro os. vzd. 4,5 m

Obrázek 37 - Průběh I a dl/dt v jednoduché kolejové spoje z výhybek tvaru J60-4500/2800/ ∞ [20]

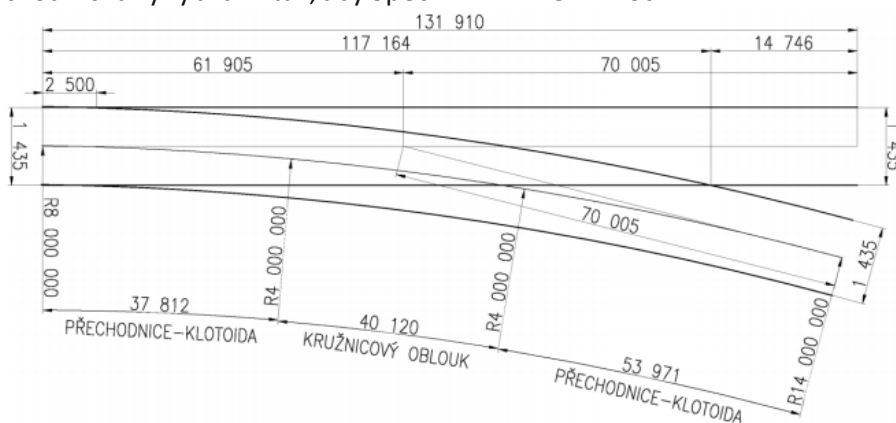
A. Výhybka tvaru 1:33,5-8000/4000/14000

Všechny poznatky získané při vývoji vysokorychlostní výhybky II. generace J60-1:26,5-2500-PHS byly použity pro vývoj vysokorychlostní výhybky III. generace J60-1:33,5-8000/4000/14000-PHS-E2, se kterým bylo započato v roce 2009. V roce 2012 byla pak tato vysokorychlostní výhybka vyrobena.

Prvním zásadním novým prvkem této vyrobené výhybky oproti všem předchozím výhybkám je, jak bylo zmíněno již výše, geometrické uspořádání v odbočné větvi, kde byl navržen oblouk s klotoidyckými přechodnicemi. Další novinkou je použití hydraulických závěrů, snímačů polohy jazyka a inteligentní elektrický ohřev výměn. Geometrické uspořádání výhybky umožňuje jízdu v přímé větvi 350 km/h a v odbočné větvi 160 km/h.

Tato výhybka nemá konstantní poloměr v odbočné větvi přes celou délku výhybky, ale jedná se o oblouk s krajními přechodnicemi. Všechny tři geometrické prvky mají přibližně stejnou délku. Přechodnice, která začíná ve výměnovém styku výhybky, nezačíná nekonečným poloměrem, resp. nulovou křivostí, jak je zvykem u traťových oblouků, ale začíná křivostí odpovídající poloměru 8 000 m. V tomto místě tedy vznikne náhlá změna nedostatku převýšení, která ale splňuje všechny podmínky norem. Tato v podstatě mezilehlá přechodnice ve tvaru klotoidy postupně lineárně zvětšuje křivost až do bodu odpovídající poloměru 4 000 m. Od tohoto bodu pokračuje kružnicová část oblouku. Následuje opět přechodnice se zmenšující se křivostí až do konce výhybky, kde má křivost odpovídající poloměru 14 000 m.

Rozdíl oproti výše uvedené výhybce tvaru J60 4500/2800/∞ je tedy v tom, že J60-1:33,5-8000/4000/14000 nemá poslední přechodnici, která končí s nulovou křivostí. Všechny tyto poloměry jsou tedy obsaženy v označení výhybky – poloměr v začátku výhybky, poloměr kružnicové části oblouku a poloměr v konci výhybky. Geometrie je však navržena tak, že při použití těchto výhybek do jednoduché kolejové spojky o osové vzdálenosti 4,75 m lze pokračovat přechodnicí o stejném parametru až do nulové křivosti a tento bod bude přesně inflexním bodem kolejové spojky, ve kterém se tímto zcela vyloučí mezipřímá. V případě použití výhybek do spojky o větších osových vzdálenostech je možné ve spojkové koleji buď při zachování stejného parametru klotoidy vložit mezipřímou, nebo upravit parametr klotoidy obou přechodnic za výhybkami tak, aby opět vznikl inflexní motiv.



Obrázek 38 - Geometrické schéma výhybky tvaru J60-1:33,5-8000/4000/14000 [25]

Výměnová část výhybky je tvořena jazyky, které ovládá 6 výměnových přestavníků a kontroluje 5 snímačů polohy. Pohon jednotlivých přestavníků obstarávají hydraulické válce, které jazyky přestaví během 5,3 vteřiny na jednu i druhou stranu. Příkon hydraulického čerpadla je 2200 W, což vyhovuje požadavku na přestavení jazyků do požadované hodnoty 6 vteřin. Závěry jsou uloženy ve svařovaném rámu, což není praktické při montáži, do budoucna budou závěry osazeny do montovaných rámců, tak, jak jsou již nyní použity v srdcovkové části. Obdobně bude změněna konstrukce modulu kontroly. Nově bude použit kulatý profil "pravítek" a to z toho důvodu, aby byl modul kontroly odolný proti prachu a nečistotám, které by mohly ovlivnit jeho nastavení.



Obrázek 39 - Výměnová část výhybky 1:33,5-8000/4000/14000 [44]

Výhybka má do této doby více než 6000 cyklů přestavení, při simulování v nejtvrděších možných provozních podmínkách (mráz, vysoké teploty). Použité závěry DTZ jsou koncipovány jako bezúdržbové. Výhybka je vybavena elektrickým ohřevem, kdy jsou vyhřívány jazyky a opornice zvláště a to z důvodu úspory elektrické energie. V rámci testování je výměnová část namontována na dřevěných pražcích. To je patrné z následujícího obrázku.



Obrázek 40 - Snímač polohy jazyka výhybky 1:33,5-8000/4000/14000 [44]



Obrázek 41 - Výměnový závěr výhybky 1:33,5-8000/4000/14000 [44]



Srdcovková část je tvořena rámem srdcovky odlitým z bainitické oceli, k rámu jsou pak přivařeny přípojné i křídlové kolejnice. Hrot jazyka je z kolejnic jazykových 60E2 a je v celé pojížděné části perlitizován. Vzhledem ke štíhlosti výhybky není potřeba v pohyblivém hrotu srdcovky zřizovat dilataci, tak jak je nutné u ostatních výhybek s PHS. Srdcovka je vybavena dotlačovačem, který zajišťuje dotlačení hrotu jazyka k rámu. Pohon jednotlivých závěrů obstarávají hydraulické válce, které jazyky přestaví během 3,7 vteřiny na jednu i druhou stranu. Pojížděné kolejnice jsou uloženy na podkladnicích odlévaných, střední část srdcovky pak na podkladnicích svařovaných. Celá výhybka má proti ostatním výhybkám kolejnice v úklonu 1:40 (opracování hlav), tak jako je úklon kolejnic v navazujících kolejích.

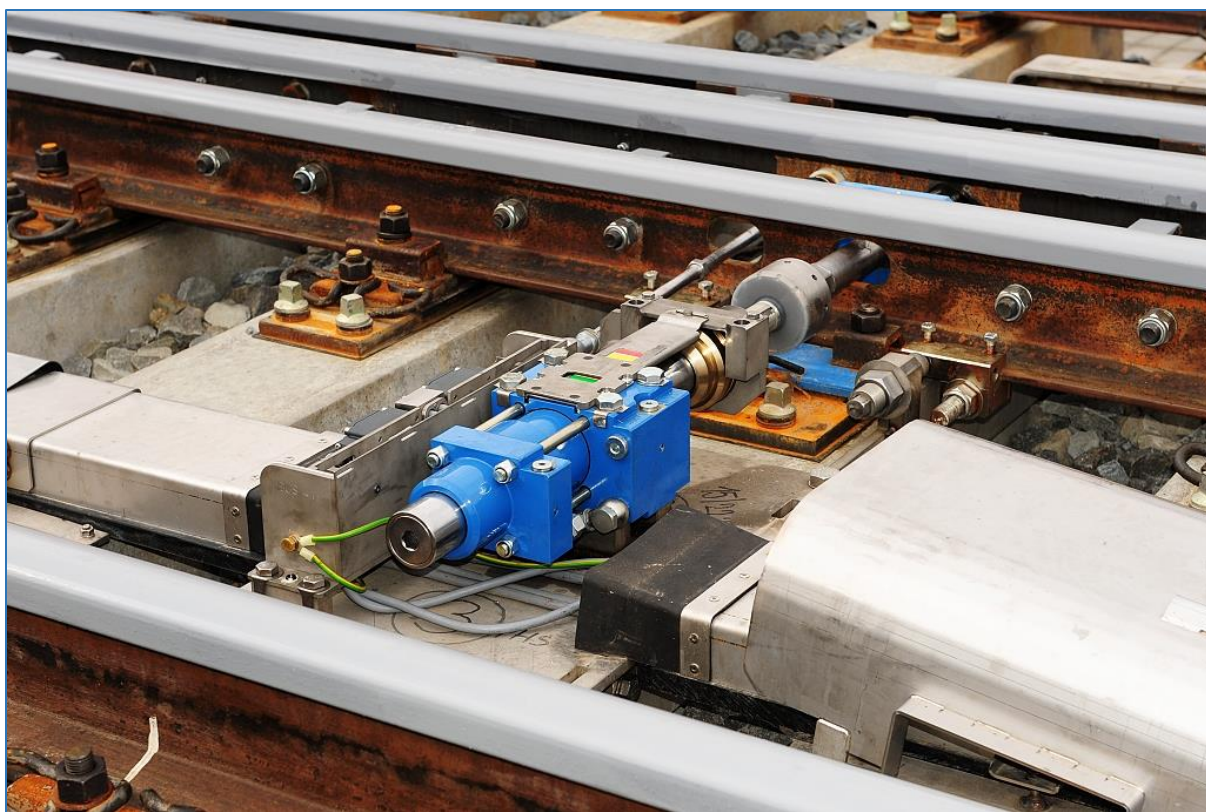
Srdcovková část je poháněna stejně jako výměnová část centrálně, paralelním hydraulickým systémem z přilehlé skříně s pohonnou jednotkou s třífázovým elektromotorem, což je výhoda proti doposud používanému elektromotorickému systému jednotlivých přestavníků. Současně elektromotor umožňuje pohon pomocí kliky v případě poruchy. V této části výhybky jsou 3 závěry s hydraulickými válci, ty jsou ještě dovybaveny mechanickým jištěním proti posunu, například při úniku hydraulické kapaliny. Snímače polohy pak snímají polohu válců a polohu hrotu.



Obrázek 42 - Skříň s hydraulickým pohonem výhybky [44]



Obrázek 43 - Srdcovková část výhybky 1:33,5-8000/4000/14000 [44]



Obrázek 44 - Srdcovkový závěr DTZ 3 výhybky 1:33,5-8000/4000/14000 [44]

Jazyky v jazykové části výhybky jsou pro případ nedovolené jízdy po hrotu výhybky rozřezné tak jako běžné výhybky s tvarem svršku S49 či UIC 60. Srdcovková část je koncipovaná jako nerozřezná. Dojde sice k přestavení, ale zároveň i k destrukci návazných konstrukcí, které je nutné zcela vyměnit za nové.



Obrázek 45 - Snímač rozřezu srdcovky výhybky 1:33,5-4000/8000/14000 [44]

Jednotlivé závěry, snímače polohy a snímač rozřezu jsou umístěny na horních plochách betonových pražců, což znamená, že nevyžadují použití speciálních žlabových pražců v místech závěrů. Tím je zachováno v celé výhybce stejné rovnoměrné rozdělení betonových pražců, což má příznivý vliv na dynamické účinky při průjezdu. Veškeré rozvody jak hydraulické, tak elektrické jsou po délce výhybky umístěny pružně v ose koleje v tzv. energokanále, který je rovněž umístěn na pražcích.

Koncepce umístění závěrů nad pražci umožní také snadnější a lepší podbití, které je v případě vysokorychlostních konstrukcí z hlediska dynamiky velmi důležité.



Hlavní technické údaje výhybky J60-1:33,5-8000/4000/14000

Úhel odbočení	1:33,5 (1,709 814°)
Poloměr v odbočném směru	8000-4000-12000 m
Stavební délka	131 910 mm
Maximální rychlost v přímém směru	350 km/h
Maximální rychlost v odbočném směru	160 km/h
Profil kolejnice	UIC 60 opracovaná na tvar K (1:40)
Materiál kolejnic	R260 + perlitizace
Druh pražců	betonové
Typ upevnění	pružné podkladnicové se svěrkami Vossloh Skl 24
Maximální hmotnost na nápravu	25 t
Druh závěru	DTZ 6/3 výměnová část 6 ks, srdcovková část 3 ks

Výhody systému DTZ 6/3

- Tento systém umožňuje automatizované přestavení jazyků výměny a jejich mechanické zajištění v krajních polohách z jednoho místa, obdobně jako u srdcovky s pohyblivým hrotem.
- Závěrový systém je zkonstruován pro montáž nad jeden pražec a nepřesahuje výrazně jeho šířku, čímž je umožněno zachovat v celé výhybce rovnoměrné rozdělení pražců 600 mm.
- V případě výpadku napájení nebo přerušení hydraulického okruhu umožňuje systém dva na sobě nezávislé způsoby ručního přestavení s optickou kontrolou uzavření závěrů.

Zajištění koncové polohy válce je provedeno mechanickým zajištěním, což znamená, že i v případě ztráty kapaliny v okruhu je závěr v koncové poloze plně zajištěn.

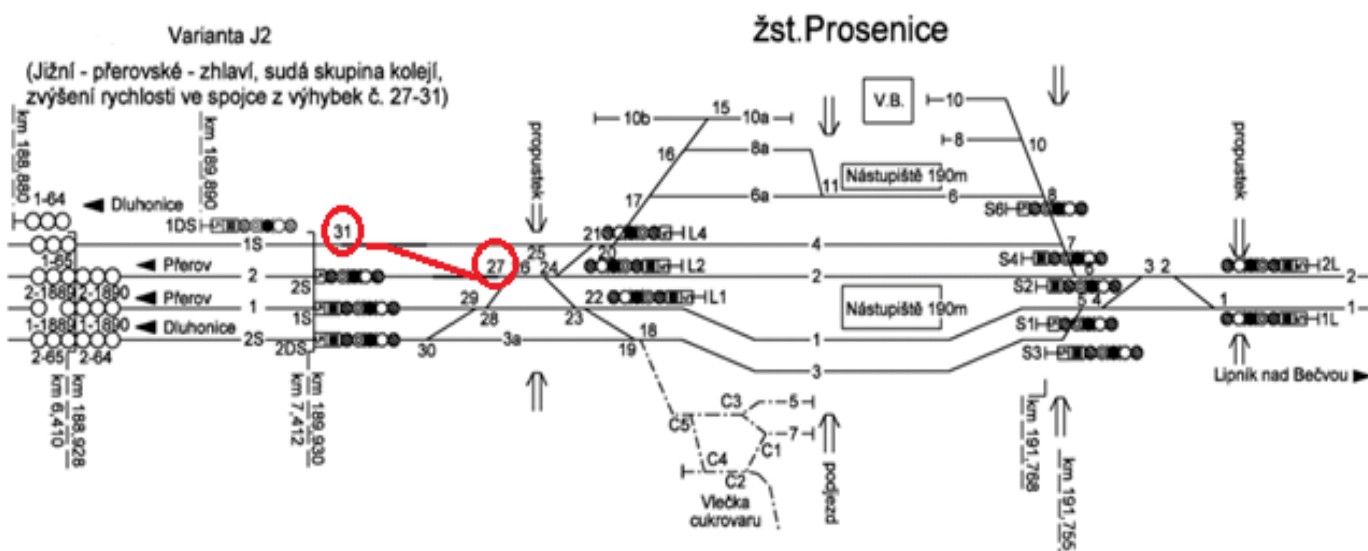


V současné době se plánuje vložení této výhybky do sítě SŽDC. V roce 2013 byla zpracována společností Moravia Consult Olomouc a. s. technicko-ekonomická studie, jejímž cílem bylo prověřit možnost zvýšení rychlosti za použití výhybek J60-1:33,5-8000/4000/14000 v ŽST Prosenice.

Železniční stanice Prosenice se nachází v km 191,363 na trati číslo 270 Bohumín – Česká Třebová. Žst. Prosenice je administrativně přidělena do uzlové žst. Přerov. Je stanicí smíšenou podle povahy práce, mezilehlou po provozní stránce, nesamostatnou – organizačně řízenou z uzlové železniční stanice Přerov, bez vlastního přednosty a je střediskem dálkového řízení dopravy pro žst. Lipník nad Bečvou. Žst. Prosenice je i odbočnou železniční stanicí, ve které se na přerovském zhlaví napojují koleje č. 1S a 2S Dluhonické spojky. Jízda z kolejí č. 1S a 2S je možná pouze rychlostí 100 km/h, a to na obou zhlavích žst. Prosenice. Do žst. Prosenice jsou zaústěny 3 železniční vlečky.

Z výše jmenované studie byla vybrána varianta použití dvou kusů jednoduchých výhybek umístěných v jednoduché kolejové spojnici z výhybek č. 27 a 30. U této varianty bude při nejnižších investičních nákladech splněn požadavek na provozní omezení rychlosti 160 km/h v odbočné větvi výhybky, resp. v kolejové spojnici. Studie hodnotila celkem 6 variant.

Předpokládané vložení v ŽST Prosenice by mělo proběhnout v roce 2017. Vše ovšem závisí na absolvování nutných a postupných kroků, jako je zpracování projektové dokumentace a realizace výběrového řízení na zhotovitele stavby.

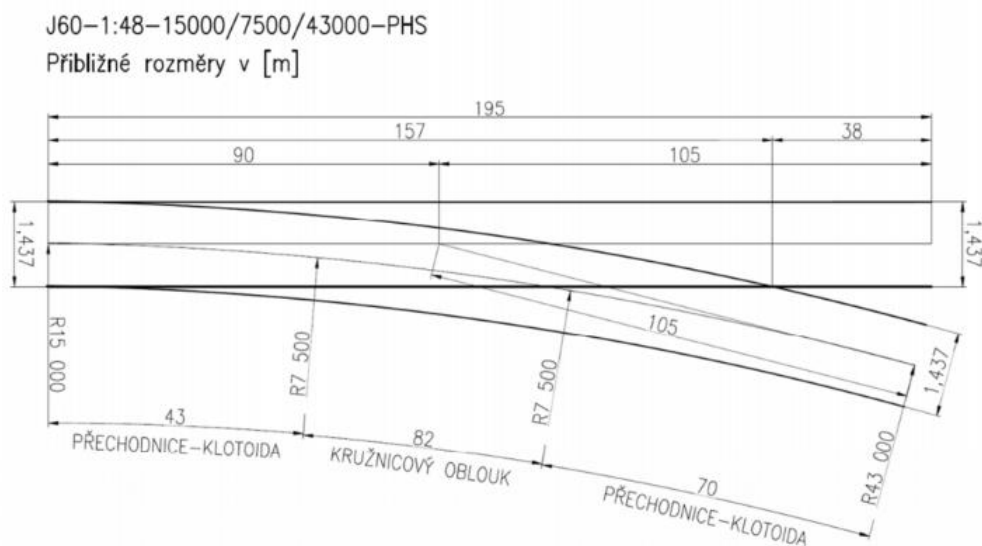


Obrázek 46 - ŽST Prosenice, výhledový stav, varianta J2 [14]

B. Výhybka tvaru 1:48-15000/7500/43000

Tato výhybka navazuje na předchozí výhybku. V roce 2017 by měl být zahájen výzkumně-vývojový projekt ve společnosti DT – Výhybkárna a strojírna na vysokorychlostní výhybku, která bude umožňovat rychlost v odbočném směru 230 km/h a v přímém směru 350 km/h. Při vývoji budou ve velké míře uplatňovány poznatky nabyté při vývoji a zkušebním provozu výhybky J60-1:33,5-4000/8000/14000-PHS a také lze předpokládat, že se ve výhybce uplatní několik dalších inovativních konstrukčních prvků jako například zpružněné upevnění zajišťující homogenní tuhost kolejové jízdní dráhy po délce výhybky [35].

Tvar výhybky je dán zatím pouze orientačně, stejně jako rozměry. Jelikož tato výhybka při návrhu vychází z výhybky tvaru J60-1:33,5-4000/8000/14000, bude mít i tato výhybka v odbočném směru motiv, který bude složen ze dvou klotoid a jedné kružnice. První, resp. druhá klotoida opět nebude začínat, resp. končit nulovou křivostí. V současné době se předpokládá délka výhybky přibližně 195 m, jednoduchá kolejová spojka bude mít tedy délku přibližně 450 m.



Obrázek 97 – Geometrické schéma výhybky J60-1:48-15000/7500/43000 [35]

2.2.5.5. Vysokorychlostní výhybky v Evropě

V Evropě se nachází několik významných společností zabývajících se výrobou výhybek. Mezi tyto významné výrobce patří také tuzemská DT – Výhybkárna a strojírna, a.s. Její vysokorychlostní výhybky, které jsou položeny v ČR, nebo se jejich položení teprve chystá, byly popsány výše. Do zahraničí firma vysokorychlostní výhybky zatím nedodává, kromě Slovenska, kde je od této společnosti položeno několik kusů výhybky 1:26,5-2500. DT – Výhybkárna a strojírna, a.s. je tedy firma evropského významu pro výhybky pro konvenční tratě.



Pro vysokorychlostní tratě jsou nejvýznamnější tyto výhybkárny:

1. VOSSLOH COGIFER – francouzská společnost
2. VOESTALPINE – rakouská společnost
3. AMURRIO ferrocarril y equipos – španělská společnost

Mezinárodní železniční konfederace vytvořila dokument UIC 711, ve kterém je uvedena specifická sada standardizovaných výhybek pro vyšší rychlosti. Většina zemí v Evropě však používá své vlastní geometrické rozvržení, které je občas dosti odlišné od doporučení UIC 711.

Na následujícím obrázku jsou v tabulce uvedeny jednotlivé řady výhybek navržené podle UIC 711. Jedná se o výhybky s prostým kružnicovým motivem v odbočné větvi. Uvedené rychlosti se mohou zdát malé pro vysokorychlostní tratě, jedná se ale o rychlost v odbočném směru. Rychlosti jsou také uvedené pro různé hladiny dovoleného nedostatku převýšení a nevyrovnaného příčného zrychlení.

Dle ČSN 73 6310-1 je maximální nedostatek převýšení pro výhybky a výhybkové konstrukce pro rychlost do 160 km/h $l = 130$ mm, pro rychlost do 200 km/h je $l = 120$ mm a pro rychlost do 300 km/h je $l = 60$ mm.

Tabulka 3 - Výhybky dle UIC 711 s prostým kružnicovým motivem [26]

R \ γ	80 mm	85 mm	90 mm	95 mm	100 mm
	0.523 m/s ²	0.556 m/s ²	0.589 m/s ²	0.621 m/s ²	0.654 m/s ²
1,200 m	90 km/h	93 km/h	95 km/h	98 km/h	100 km/h
1,540 m	102 km/h	105 km/h	108 km/h	111 km/h	114 km/h
2,000 m	116 km/h	120 km/h	123 km/h	127 km/h	130 km/h
2,500 m	130 km/h	134 km/h	138 km/h	142 km/h	145 km/h
3,000 m	142 km/h	147 km/h	151 km/h	155 km/h	160 km/h

UIC 711 dále také navrhla výhybky s klotoidickým průběhem. Jedná se o dvě výhybky, jejich parametry jsou k vidění v další tabulce.

Tabulka 4 - Výhybky dle UIC 711 s klotoidickým motivem [26]

UIC 711 Fig. No.	Data in UIC 711 Figures 7 & 8							Derived Data			
	frog ratio 1/N	end ratio 1/N	radius (m)	speed (km/h)	EU (mm)	total length (m)	PC to PF (m)	point of frog angle, deg min sec	end turnout angle, deg min sec	Virtual transition Rate (mm/s)	Spiral transition Rate (mm/s)
7	46	43.65	3,000	160	101	137.493	108.013	1° 14' 43"	1° 18' 46"	236	32.5
8	65	61.68	6,720	220	85	195.445	153.784	0° 52' 53"	0° 55' 44"	273	26.6

1. Lengths are distances from start of full radius for UIC turnouts, not from joint as shown on plan.
2. End offset is measured perpendicular to the straight line and is 2.100 m on all figures.
3. Virtual Transition Rate based on 19.00 m truck centers. If based on the shortest high speed vehicle truck centers of 17.50 m, the values become 256, and 297 mm/s, respectively, 8.6% higher.
4. Spiral transition rate based on run time over total length at the defined speed.



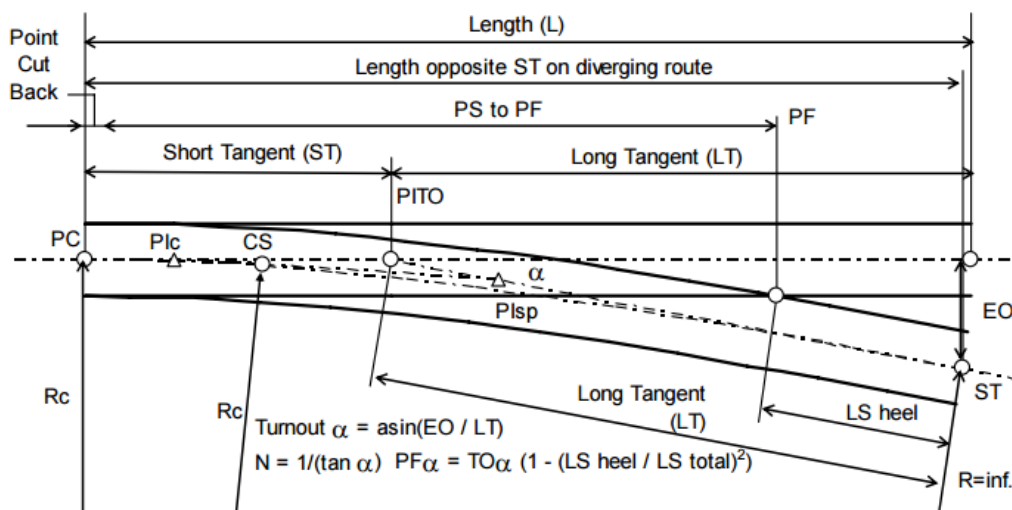
V dnešní době jsou již vyvinuty vysokorychlostní výhybky čtvrté generace, které umožňují jízdu rychlostí více jak 330 km/h. Tyto výhybky mají odbočnou větev buď čistě z kružnicového motivu, nebo kombinují kružnicový motiv s klotoidou.

Francouzské vysokorychlostní výhybky čtvrté generace, které mají v odbočné větvi kružnici a klotoidu jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5 - Francouzské vysokorychlostní výhybky [26]

Source of Data: Cogifer								Derived Data			
frog ratio 1/N	end ratio 1/N	radius (m)	speed (km/h)	EU (mm)	arc length (m)	spiral length (m)	total length (m)	point of frog angle, deg min sec	end turnout angle, deg min sec	Virtual transition Rate (mm/s)	Spiral transition Rate (mm/s)
46	43.63	3,550	170	96	21.488	115.260	136.743	1° 14' 43"	1° 18' 46"	239	39.4
65	61.67	6,720	220	85	20.488	172.977	193.425	0° 52' 53"	0° 55' 44"	273	30.0
65	61.67	7,350	230	85	37.376	156.340	193.716	0° 52' 53"	0° 55' 44"	286	34.7

1. Virtual Transition Rate based on 19.00 m truck centers. If based on the shortest high speed vehicle truck centers of 17.50 m, the values become 259, 297, and 310 mm/s, respectively, 8.6% higher.
2. Spiral transition rate based on run time over total spiral length at the defined speed.



Obrázek 50 - Geometrické schéma francouzských vysokorychlostních výhybek s klotoidou a kružnicí [26]

Výhybky, které mají v odbočné větvi jen kružnici, se používají jen jednoho typu. Jedná se o výhybku, která má následující parametry:

Poloměr odbočné větve	$R = 3\,000 \text{ m}$
Tangenta úhlu odbočení	$1/n = 1/29,74$
Rychlost v odbočném směru	$V = 130 \text{ km/h}$
Stavební délka výhybky	$L = 100,846 \text{ m}$
Délka tečny oblouku	$T = 50,423 \text{ m}$



Obrázek 51 - Francouzské vysokorychlostní výhybky - upevnění [22]



Obrázek 52 - Francouzská vysokorychlostní výhybka [14]

A. Výhybky v síti DB Netz

DB, celým jménem Deutsche Bahn Netz je správcem kolejí v Německu.

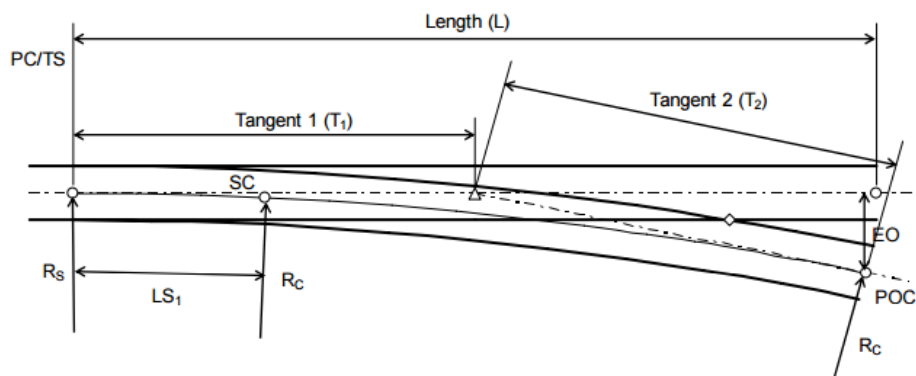
Vývoj vysokorychlostních výhybek v Německu začal v polovině 80. let minulého století. Oproti výhybkám ve Francii jsou výhybky v Německu na vysokorychlostních tratích použity pouze výhybky s klotoidami a to dva základní typy.

- 1) Odbočná větev s jednou klotoidou a jednou kružnicí
- 2) Odbočná větev s krajními klotoidami a mezilehlou kružnicí

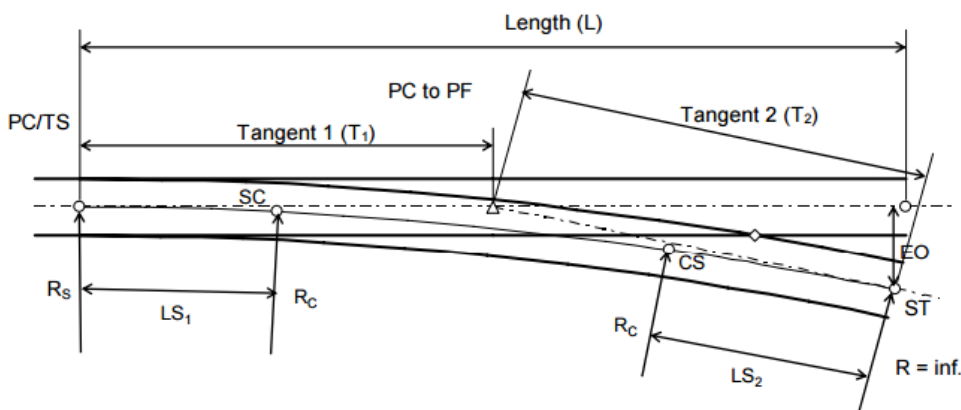
První typ výhybky je možné použít pouze v situaci, kdy kolej za výhybkou pokračuje stejným poloměrem, nebo alespoň podobným, aby náhlá změna nedostatku převýšení byla pokud možno nulová. Pro ostatní případy, kdy kolej nepokračuje stejným poloměrem, se použije výhybka typu 2.

Tabulka 6 - Čtyři základní vysokorychlostní výhybky v Německu [22]

Speed (km/h)	Single Spiral for Branch line Connection	Spiral both ends (for crossovers)
100	3,000 / 1,500 – 1:18.132	3,000 / 1,500 / infinity
130	4,800 / 2,450 – 1:24.257	4,800 / 2,450 / infinity
160	10,000 / 4,000 – 1:32.050	10,000 / 4,000 / infinity
200	16,000 / 6,100 – 1:40.154	16,000 / 6,100 / infinity



Obrázek 53 - Geometrické schéma vysokorychlostních výhybek v Německu, typ 1 [22]



Obrázek 54 - Geometrické schéma vysokorychlostních výhybek v Německu, typ 2 [22]



Následující tabulka ukazuje základní geometrické parametry německých vysokorychlostních výhybek.

Tabulka 7 - Vybrané geometrické parametry německých vysokorychlostních výhybek [22]

Factor	Metric Units, dimensions in meters				US Customary Units, dimensions in feet			
	100	130	160	200	62	80	100	124
Speed								
	Values common to both turnout types				Values common to both turnout types			
R _s	3,000	4,800	10,000	16,000	9,842.52	15,748.03	32,808.40	52,493.44
R _c	1,500	2,450	4,000	6,100	4,921.26	8,038.06	13,123.36	20,013.12
LS ₁	27.000	41.075	37.500	56.000	88.583	134.760	123.031	183.727
	Turnouts with switch end spiral, only				Turnouts with switch end spiral, only			
L	89.416	111.016	136.026	169.216	293.360	364.226	446.280	555.171
T ₁	47.624	59.672	73.018	92.129	156.247	195.774	239.560	302.260
T ₂	41.792	51.344	63.008	77.087	137.113	168.451	206.719	252.910
EO	2.302	2.115	1.965	1.919	7.552	6.939	6.447	6.296
Ratio	18.132	24.257	32.050	40.154	18.132	24.257	32.050	40.154
Angle	not given	not given	not given	not given	3° 09' 24"	2° 21' 38"	1° 47' 14"	1° 25' 36"
PF Ratio	not given	not given	not given	not given	23.180	29.797	37.726	46.813
PF angle	not given	not given	not given	not given	2° 28' 13"	1° 55' 20"	1° 31' 06"	1° 13' 25"
	Turnouts with spirals on both ends				Turnouts with spirals on both ends			
LS ₂	32.000	42.700	55.225	62.500	104.987	140.092	181.184	205.052
L	85.879	111.229	141.114	176.568	281.755	364.925	462.972	579.291
T ₁	38.41	49.827	62.862	81.239	126.017	163.474	206.240	266.532
T ₂	47.469	61.402	78.252	95.329	155.738	201.450	256.732	312.759
EO	2.150	1.981	1.894	1.838	7.054	6.499	6.214	6.030
Ratio	not given	not given	not given	not given	22.079	30.995	41.316	51.866
Angle	not given	not given	not given	not given	2° 28' 13"	1° 55' 20"	1° 31' 06"	1° 13' 25"

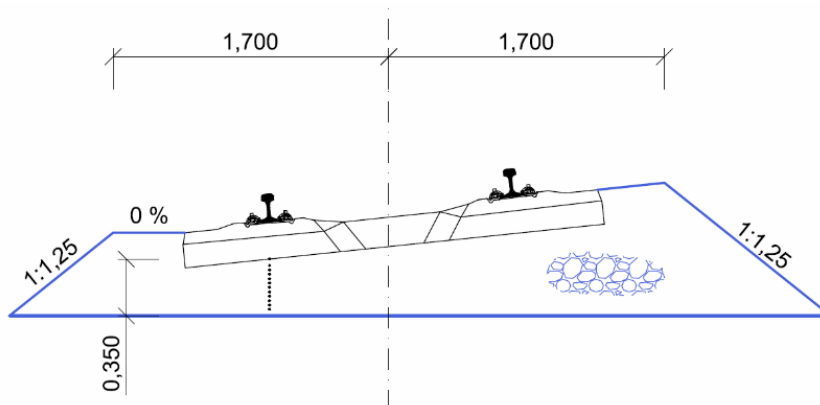
2.2.6. Klasická konstrukce žel. Svršku

Klasická konstrukce železničního svršku se skládá z kolejnic, drobného kolejiva a upevňovadel, kolejnicových podpor a kolejového lože.

2.2.6.1. Bezстыková kolej a kolejové lože

Bezстыková kolej je kolejs průběžně svařenými a při dovolené upínací teplotě upnutými kolejnicemi v kolejích i výhybkách. Za bezстыkovou kolej se, dle předpisu S3/2 – Bezстыková kolej, dále jen [4], považuje kolej s kolejnicemi svařenými v délce 150 m a větší.

V obou variantách je navržena bezстыková kolej a to jak pro klasickou konstrukci železničního svršku, tak i pro pevnou jízdní dráhu. Na stabilitu bezстыkové koleje má největší vliv upevnění kolejnic dále také odpor v kolejovém loži. Pro bezстыkovou kolej ve směrovém oblouku má kolejové lože svůj specifický tvar, který záleží na poloměru směrového oblouku. Mimo zaústění trati do města Trutnov jsou v trati projektovány směrové oblouky s poloměrem vždy výrazně větším než 600 m a v tomto případě pokračuje kolejové lože na vnější straně ve sklonu daném převýšením koleje až do požadované vzdálenosti 1 700 mm od osy koleje, viz následující obrázek.



Obrázek 55 - Tvar kolejového lože pro směrové oblouky s poloměrem alespoň 600 m

Kvůli obtížnému směrovému zaústění a vedení trati ve městě Trutnov z geomorfologických a urbanistických důvodů jsou v této části trasy navrženy směrové oblouky s poloměry menšími než 500 m. Při poloměru $500 \leq R < 600$ m dochází pouze k rozšíření kolejového lože na vnější straně o 50 mm, které pokračuje ve sklonu daném převýšením koleje. Hrana kolejového lože v tomto případě je tedy 1 750 mm od osy koleje. Takovýto případ se v trati ovšem nevyskytuje. Nastává však v trati případ, kdy je poloměr menší než 500 m. V tomto případě dochází navíc, od výše zmíněného, k nadvýšení kolejového lože o 100 mm, viz následující obrázek.

2.2.6.2. Upevnění kolejnic

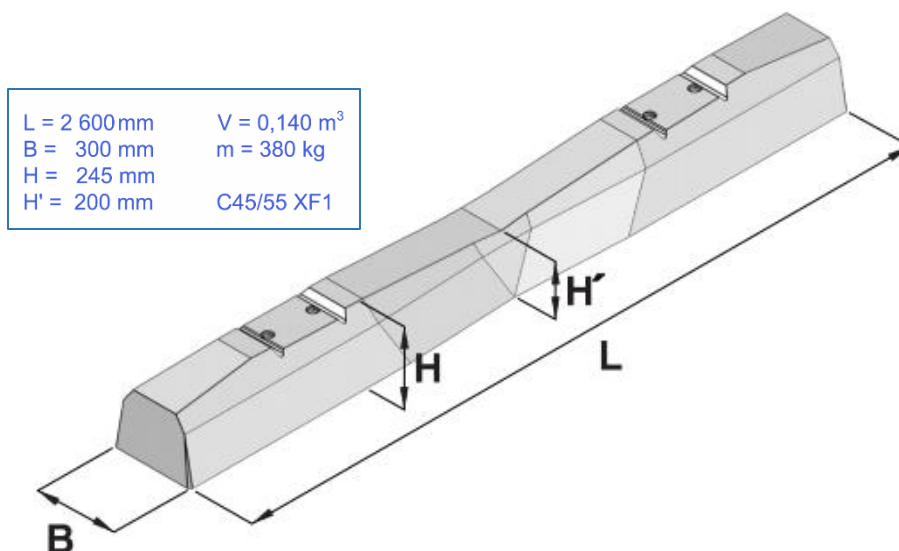
Bylo navrženo upevnění přímé, pružné a bezpodkladnicové s označením W 14 od společnosti Vossloh. Pro srovnání, v Rakousku se rovněž používá upevnění W14, stejně tak ve Španělsku. V Itálii se používá kromě upevnění W 14 také upevnění e-Clip od výrobce Pandrol. V Německu kromě upevnění W 14 se používá i upevnění W 21, které je také od společnosti Vossloh a ve Francii se používá modifikace W 14 Kiss, dále Fastclip od společnosti Pandrol a také upevnění Nabla Evolution, rovněž od společnosti Pandrol.

Pro upevnění jednoho kolejnicového pásu k jedné kolejnicové podpoře systémem W14 je potřeba:

- Pryžová podložka pod patu kolejnice WS 1 kus
- Vrtule R1 2 kusy
- Podložka Usl 7 x kusy
- Pružná svěrka Skl 14 2 kusy
- Úhlová vodící vložka Wpf 14K 2 kusy

Tímto systémem upevnění jsou kolejnicové pásy upevněny k podporám. Zde jsou jako podpory navrženy příčné pražce betonové předem předpjaté s označením BC 12 od společnosti ŽPSV a.s.

Tento pražec byl speciálně vyvinut pro vysokorychlostní tratě a může být použit v koleji s rychlosti až 350 km/h a to i při zatížení 25 t na jednu nápravu. Pražec BC 12 je z předem předpjatého betonu, kde přepínací výztuž tvoří tyče. Pro srovnání, v současnosti hojně používaný pražec B 91S/1 či B91S/2 umožňuje rychlost maximálně 300 km/h a to pouze pro zatížení 18 t na jednu nápravu. Pro zatížení 22,5 t pak umožňuje rychlost 220 km/h a pro zatížení 25 t umožňuje rychlost 160 km/h. Pražce B91S/1 nebo B91S/2 jsou předepnuty pomocí drátové výztuže.



Obrázek 57 - Vysokorychlostní pražec BC12 [10]



Obrázek 58 - Vysokorychlostní pražec BC12, prezentace firmy ŽPSV [12]

V současné době probíhá ověřování tohoto pražce přímo v kolejích SŽDC ve zkušebních úsecích. Tyto úseky jsou u Roudnice nad Labem, Záluží, v okolí Brna a Hrušek u Břeclavi.



Obrázek 59 - Vysokorychlostní pražec BC 12 připraven na vložení do koleje



Obrázek 60 - Vysokorychlostní prážec BC 12 v koleji před zaštěrkováním



Obrázek 61 - Vysokorychlostní prážec v koleji



2.2.7. Pevná jízdní dráha

Definice pevné jízdní dráhy podle předpisu SŽDC S9 Pevná jízdní dráha zní následovně. Pevná jízdní dráha je tvořena konstrukcí železničního svršku bez kolejového lože a konstrukcí železničního spodku v souvislé délce zpravidla větší než 150 m, u které nosnou konstrukci tvoří a přenos sil ze zatížení provozem do podloží zajišťuje nosná deska PJD. Tento pojem se nevztahuje na konstrukce na mostech [5].

2.2.7.1. Srovnání PJD a klasické konstrukce žel. svršku

Jedna z největších nevýhod klasické konstrukce železničního svršku je postuná degradace kolejového lože, která vzniká především od dynamického namáhání od kolejové dopravy. Kolejové lože tímto namáháním ztrácí svou ostražanost, zhoršuje se jeho křivka zrnitosti a snižuje se jeho propustnost. Z toho vyplývají vysoké nároky na údržbu.

Dalšími nevýhodami klasické konstrukce železničního svršku jsou:

- Nutnost pravidelné opravy ztráty prostorové polohy koleje
- Omezená hodnota příčného odporu
- Poškození kolejnic a kol odlétajícími zrny kolejového lože
- Velká konstrukční výška a hmotnost
- Znečišťování kolejového lože

Výhodami klasické konstrukce železničního svršku naopak jsou:

- Vysoká pružnost
- Nízké investiční náklady
- Rychlá realizace
- Snadná úprava geometrických parametrů koleje
- Nízká hlučnost

Pevná jízdní dráha ve srovnání s klasickou konstrukcí železničního svršku nabízí následující výhody:

- Údržba po dlouhé době
- Neomezené využití elektromagnetického brzdění [19]
- Nižší hodnoty vibrací ve spodní stavbě [19]
- Možnost projektovat větší převýšení
- Možnost využít větší nedostatek a přebytek převýšení
- Nižší konstrukční výška a hmotnost
- Bezprašnost

Nevýhody pevné jízdní dráhy jsou následující:

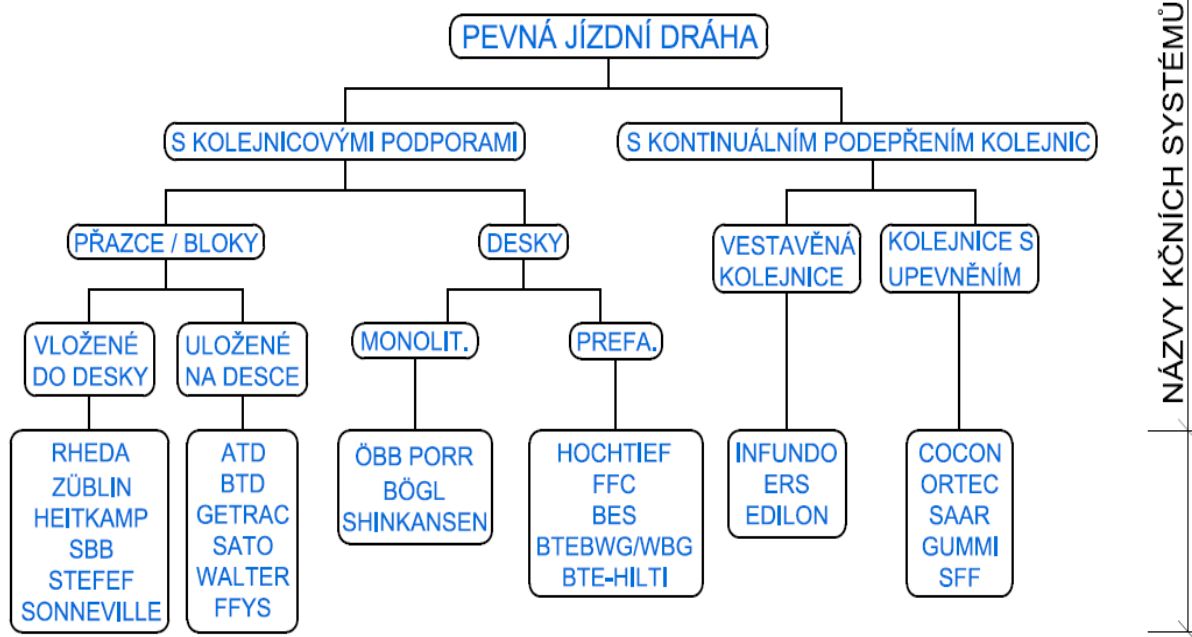
- Vysoké investiční náklady
- Téměř nulová pružnost celého systému (bez použití pružných prvků, viz další odstavec)
- Vysoké emise hluku a vibrací
- Vysoké finanční náklady na opravy
- Nutnost kvalitního geologického průzkumu – PJD je náchylná na sedání
- Vysoké nároky na přesnost provádění
- Nutnost řešit tzv. přechodové oblasti
- Delší doba výstavby

2.2.7.2. Konstrukce PJD

Vývoj PJD začal již před více než padesáti lety. První konstrukce PJD na světě byla vložena do koleje v Japonsku v 60. letech 20. století, v Evropě pak v Německu v 70. letech a právě v těchto zemích je v současné době PJD nejvíce rozšířená.

Od začátku vývoje bylo vyvinuto několik desítek různých patentovaných systémů PJD.

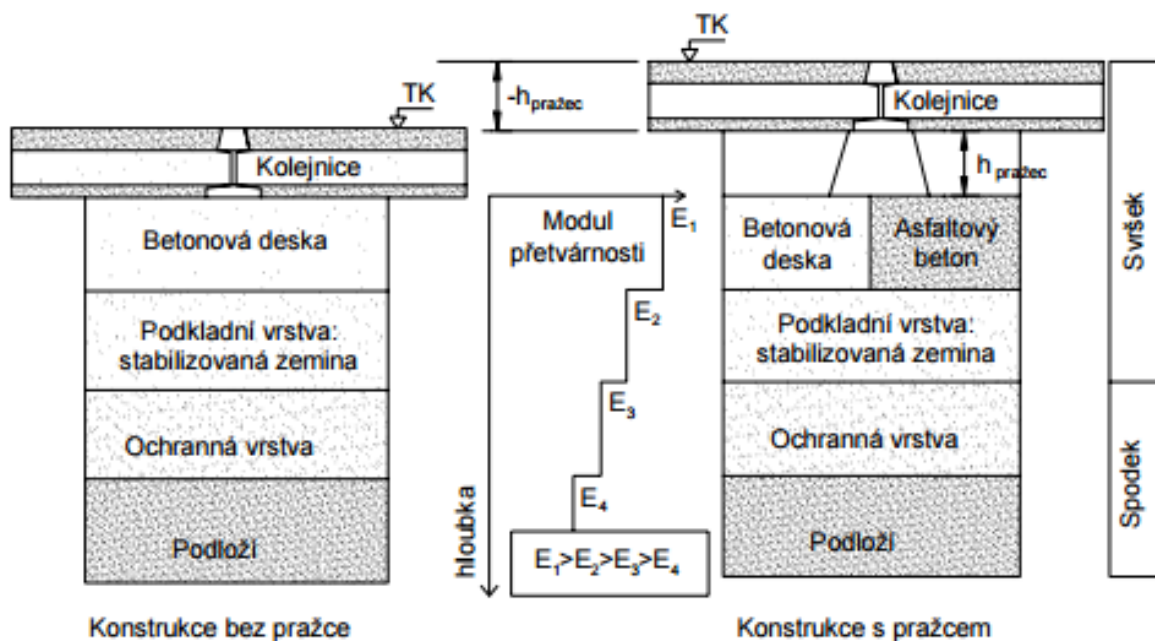
Konstrukce PJD se dělí podle následujícího obrázku.



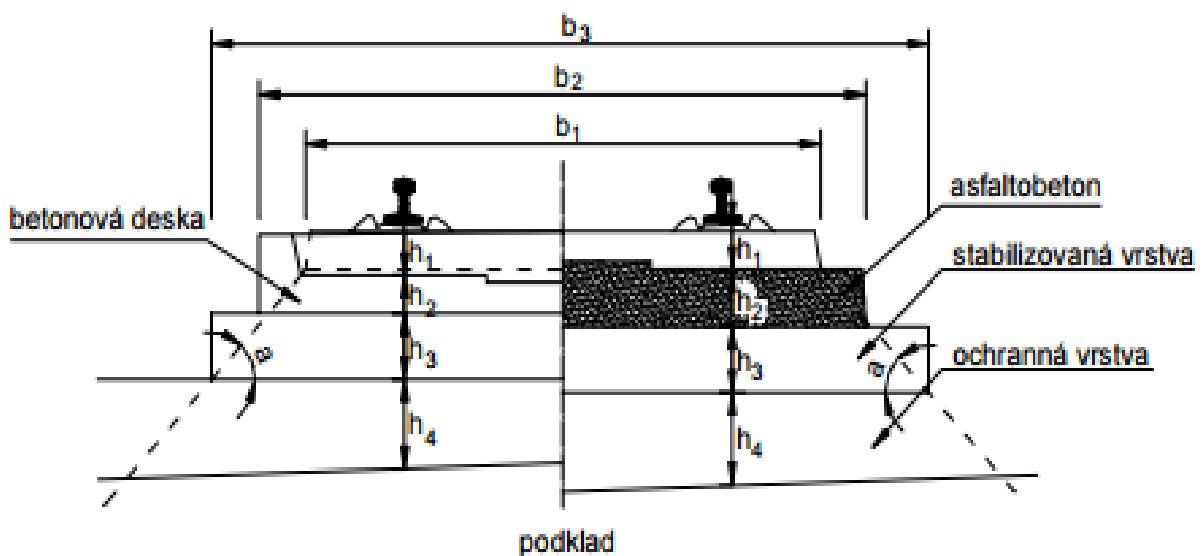
Obrázek 62 - Přehled konstrukčních systémů PJD

Základní funkcí PJD je stejně jako u klasické konstrukce železničního svršku přenášet, zatížení (statické a dynamické) na spodní stavbu. Základní odlišností je požadavek na životnost konstrukce. Ta se předpokládá v rozsahu zhruba 60 let při zachování všech požadavků na kvalitu.

Konstrukce PJD na zemním tělese se většinou skládá z pěti vrstev, kde modul pružnosti roste směrem nahoru, viz následující obrázky č. 44 a 45. Roznášecí úhel je přibližně 45° .



Obrázek 63 - Konstrukční vrstvy PJD [19]



Obrázek 64 - Schéma roznosu zatížení na PJD [19]



První vrstvou na zemní pláni, neboli celkově druhou vrstvou v celém systému je vrstva ochranná, někdy označována jako protimrazová FFS.

Tato konstrukční vrstva slouží ke zvyšování únosnosti tělesa železničního spodku PJD, chrání zemní pláň před nepříznivými účinky mrazu a slouží k odvedení srážkové a kapilární vody do odvodňovacího zařízení. Dále slouží k odstupňování modulů přetvárnosti mezi stmelenými vrstvami a zemní pláň je tvořena nestmeleným nenamrzavým materiálem z štěrkopísku s propustností $k \geq 10^{-4} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ jako ochrana proti účinkům mrazu. Minimální tloušťka vrstvy s těmito parametry je 0,30 m. Tato vrstva také plní funkci odvedení vody z tělesa železničního spodku. Díky kapilárnímu působení brání pronikání vody do stmelených vrstev ležících nad FFS. Musí být tvořena materiálem s propustností $k \geq 10^{-5} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a provádí se v příčném sklonu 5% a její tloušťka je dalších minimálně 0,40 m. Pokud tyto parametry splňuje už samotná zemní pláň, zřizuje se ochranná vrstva pouze 0,30 m. Pro zajištění ochrany zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu musí být zajištěno, že hloubka h_{pr} musí být menší nebo rovna součtu tlouštěk navrhovaných konstrukčních vrstev $h_{sp,i}$ (tloušťky konstrukčních vrstev musí být přepočteny na ekvivalentní tloušťku vrstvy ze štěrkopísku). Voda ze zemního tělesa a zemní pláně se odvádí příčně do stran, odkud musí být odvedena co nejdál dle místních podmínek. Pokud není možnost odvedení vody od zemního tělesa, jako například v tunelu, zřídí se odvodnění podélné [13].

Další vrstvou v konstrukci PJD je hydraulicky stmelená vrstva HGT, někdy označována jako vrstva roznášecí. Ta je umístěna mezi ochrannou vrstvou a betonovou deskou. Hlavní účel této vrstvy je roznoš dynamického zatížení do ochranné vrstvy a podloží. Pro tuto vrstvu se nejčastěji používá směr hrubého a jemného drceného kameniva a písku, která je spojená většinou portlandským cementem, cca $110 \text{ kg}/\text{m}^3$. [13].

Další vrstva je betonová deska. Ta obecně může být z betonu cementového i asfaltového, přičemž použití cementového betonu výrazně převyšuje a proto se následující text zabývá pouze tímto betonem. Tato deska z cementového betonu je vyztužena ocelovou výztuží v příčném i podélném směru. Stupeň vyztužení se pohybuje v rozmezí 0,8 – 0,9 %. Podélná výztuž se svařuje a po určitých vzdálenostech je potřeba její odizolování. Tyto desky mohou být buď monolitické či prefabrikované a užívá se pro ně beton střední pevnostní třídy (C30/37 apod.). Pro systémy PJD bez pražců se v této železobetonové desce vytváří po 2m dilatační spáry nařiznutím, čímž je docíleno kontrolovatelného vzniku trhlin. U systémů, kde jsou pražce zabetonované, se dilatační spáry nezřizují a připouštějí se drobné trhliny s maximální šířkou 0,2 mm, při větší šířce je nutné provést opatření k zamezení zatékání srážkové vody.



2.2.7.3. Přechodová oblast PJD

Přechodová oblast je obecně konstrukce, která vytváří pozvolný přechod mezi konstrukcemi rozdílné tuhosti. Přechodová oblast může být konstrukce zvlášť pro železniční svršek a zvlášť pro železniční spodek.

Přechodová oblast železničního svršku je konstrukce, která umožňuje pozvolný přechod tuhosti v konstrukci železničního svršku PJD.

- Přechod PJD na kolej s klasickou konstrukcí železničního svršku
- Přechod mezi různými typy kontrakcemi PJD

Přechodová oblast železničního spodku je konstrukce, která umožňuje pozvolný přechod tuhosti v konstrukci železničního spodku PJD.

- Přechod PJD na kolej s klasickou konstrukcí železničního svršku
- Přechodová oblast tunelu
- Přechodová oblast tunelu

Každý konstrukční systém má vlastní systém řešení přechodové oblasti. Například pro systém RHEDA 2000 se přechodová oblast železničního svršku PJD skládá z různě tuhých podložek, ztužujících kolejnic, speciálních pražců a stabilizace štěrkového lože.

Tuhost výše zmíněných podložek se mění následovně [13]:

- 10 pražců s podložkami s tuhostí 22,5 MPa
- 10 pražců s podložkami s tuhostí 25 MPa
- 10 pražců s podložkami s tuhostí 30 MPa
- 10 pražců s podložkami s tuhostí 37 MPa
- 10 pražců s podložkami s tuhostí 45 MPa
- 10 pražců s podložkami s tuhostí 55 MPa
- 5 pražců s podložkami s tuhostí 70 Mpa

Délka úseku, kde jsou použity podložky s různou hodnotou tuhosti je 39 m. Tuhost roste směrem ke konstrukci PJD.

Ztužující kolejnice jsou klasické kolejnice stejného typu jako kolejnice pojížděné. Mají délku celkem 20 m, 5 m zasahují do konstrukce PJD a 15 m zbývá do koleje s klasickou konstrukcí železničního svršku.



Obrázek 65 - Pohled na přechodovou oblast PJD [50]



Obrázek 126 - Přechodový pražec pro systém PJD RHEDA 2000 [50]

Stabilizace štěrkového lože se provádí pomocí speciální pryskyřice. Tato stabilizace není ovšem po délce přechodové oblasti železničního svršku konstantní. Přechová oblast je většinou rozdělena na tři části a míra prolití pryskyřicí se směrem ke konstrukci PJD zvyšuje. V první části je toto prolití jen pod ložnou plochou pražců, ve druhé navíc i za hlavami pražců a ve třetí je prolito kompletně celé kolejové lože.



Obrázek 67 - Pohled na stabilizovanou část kolejového lože [51]

Přechodová oblast železničního spodku spočívá v prodloužení ochranné a hydraulicky stmelené vrstvy tak, aby vznikl přesah alespoň 10 m pod klasickou konstrukci železničního svršku.



Obrázek 68 - Přechodová oblast železničního spodku PJD systému RHEDA 2000 [31]

Přechodová oblast konstrukčního systému ÖBB Porr je založena na stejném principu jako výše popsána přechodová oblast systému RHEDA 2000. Liší se pouze v hodnotách tuhosti podložek, délce stabilizace kolejového lože a délce přídavných kolejnic.



Obrázek 69 - Přechodová oblast železničního svršku PJD systému ÖBB Porr

Jak bylo napsáno výše, ve světě existuje několik desítek konstrukčních systémů PJD. V České republice jsou v koleji použity tyto systémy dva a to systém RHEDA 2000 a ÖBB Porr a těmto systémům se budou věnovat následující odstavce.

2.2.7.4. RHEDA 2000

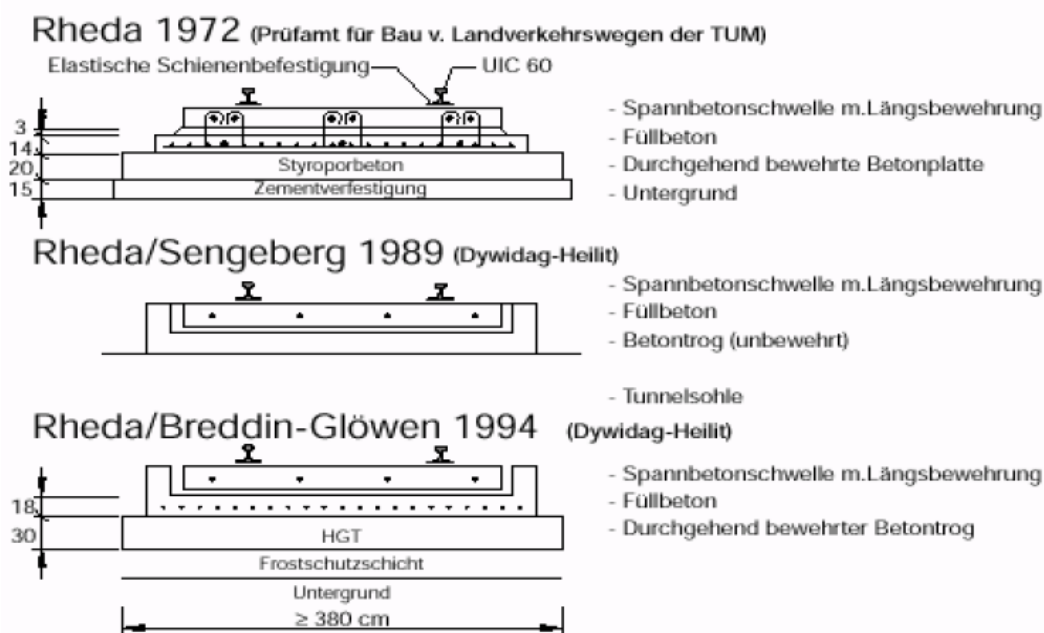
Tento systém byl vůbec první systém PJD na území České republiky. Konkrétně na trati č. 270 (dle jízdního řádu) Česká Třebová – Přerov – Bohumín v úseku mezi železničními stanicemi Třebovice v Čechách a Rudoltice v Čechách. Úsek se nachází v km 9,552 až 9,992 nového staničení nad obcí Damníkovo poblíž křížení dvou původních traťových kolejí, které v tomto úseku vedly po samostatných tělesech v různé poloze.

Nová dvoukolejná trasa je zde proto přeložena do nové polohy, což umožnilo začít výstavbu pevné jízdní dráhy ještě před zahájením výluk. To bylo nutnou podmínkou realizace, protože její vybudování je podstatně časově náročnější oproti klasické konstrukci svršku se



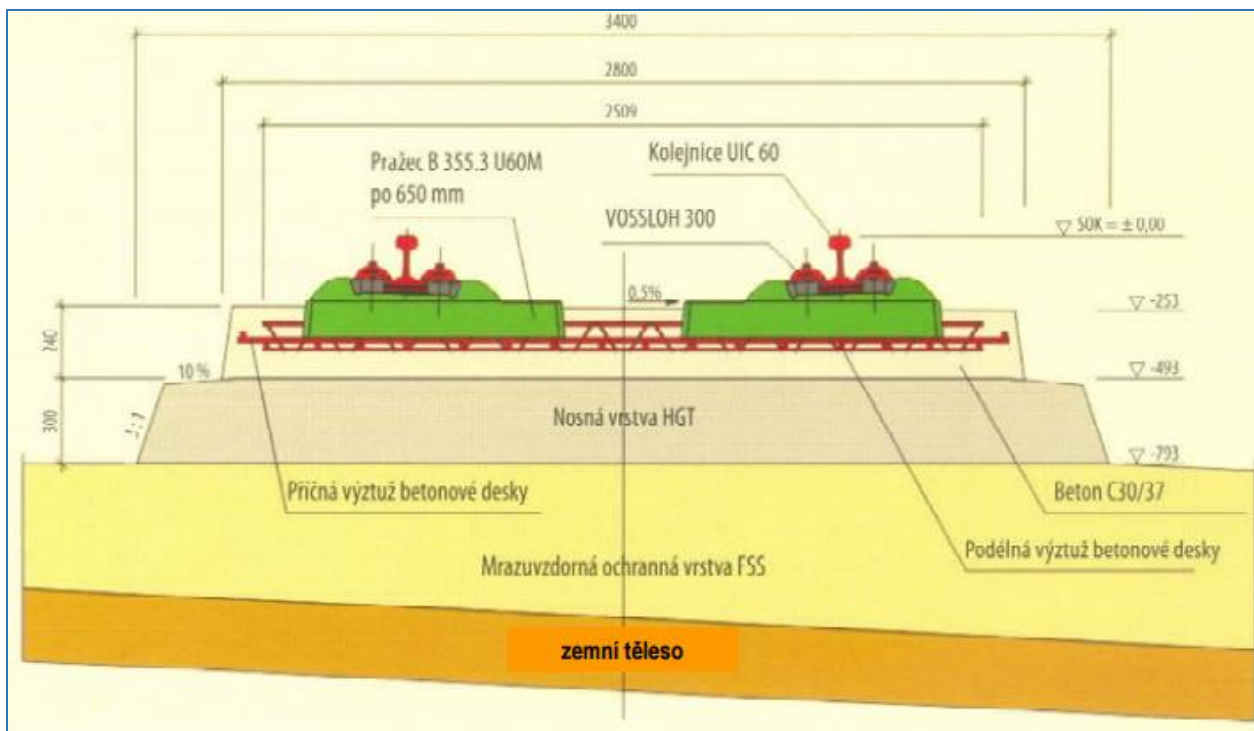
šterkovým ložem [36]. Směrově se úsek nachází v přímé a částečně ve směrovém oblouku s poloměrem 1800 m. Podélný sklon úseku je 9,5 ‰. Provoz na PJD byl zahájen na podzim roku 2005.

Systém RHEDA 2000 byl vyvinut německou společností Pfeleiderer. Systémů RHEDA je více typů, typ 2000 patří k posledním. Začátek vývoje systému RHEDA začal v roce 1972 v Německu, kde v železniční stanici Rheda byl zhotoven první zkušební úsek mezi městy Bielfied a Hamm. Původní návrh (viz obrázek č. 50) se s postupem času upravoval a vznikaly proto různé modifikace. Následující obrázek zachycuje 3 modifikace, ovšem vzniklo jich mnohem více.



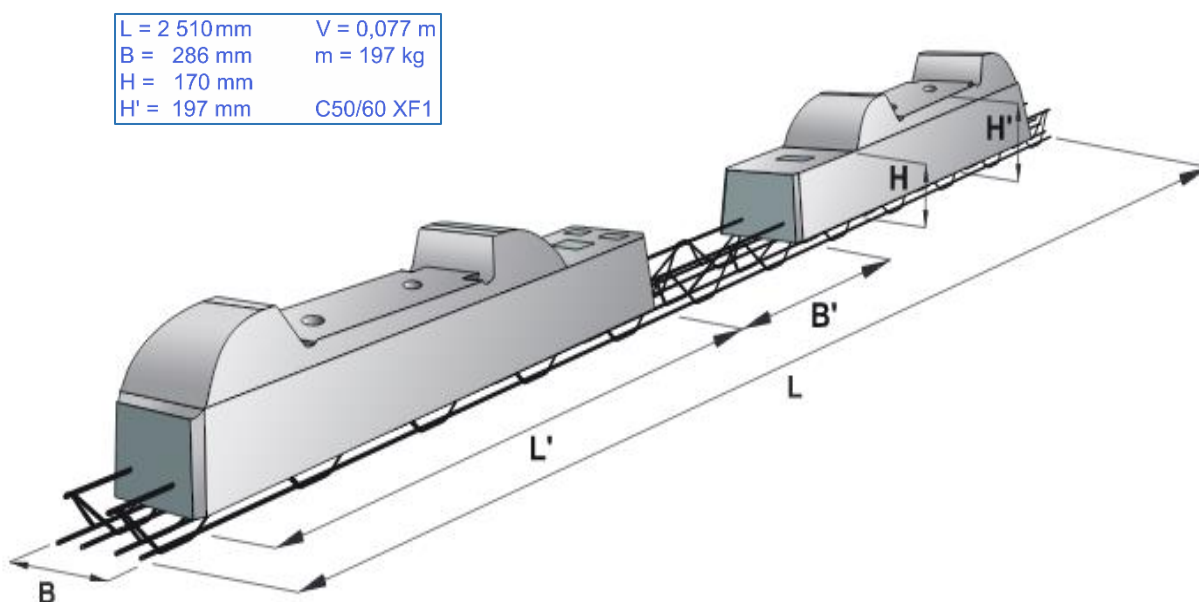
Obrázek 70 - Vývoj systému RHEDA [15]

Samotný systém RHEDA 2000 byl poprvé použit v roce 2000 v Německu na trati mezi městy Erfurt a Halle. Původně byl navržen pouze jako pilotní projekt o délce cca 1 km, nakonec byl ale zkušební úsek na 3 kilometry. Po pozitivních zkušenostech s instalací, provozem i údržbou bylo rozhodnuto, že bude systém RHEDA 2000 použit pro výstavbu nové vysokorychlostní dráhy mezi městem Kolín nad Rýnem a letištěm Frankfurt nad Mohanem a následně také na část trati mezi městy Ingolstadt a Norimberk v délce 75 km. Tento úsek byl dokončen v roce 2006. Po těchto úspěšných projektech se systém RHEDA 2000 začal používat i jinde. Mezi nejvýznamnější projekty patří VRT v Nizozemsku z Amsterdamu přes Rotterdam až na belgickou hranici. Další použití tohoto systému bylo ve Španělsku v tunelech Guadarrama a San Pedro. Tato trať je v provozu od roku 2008 a byla projektována pro rychlost 350 km/h. Systém RHEDA 2000 se používá i v Asii, konkrétně například na Tchaj-wanu mezi městy Kaohsiung a Tchaj-pej [13].



Obrázek 71 - Názorný příčný řez systémem RHEDA 2000

Systém RHEDA 2000 je konstrukce monolitická s dvoublokovými železobetonovými pražci, které se po přesném geodetickém urovnání do projektovaných poloh zalijí betonem. Pražce jsou typu B 355-U60M, viz následující obrázek.



Obrázek 72 - Pražec B 355-U60M [10]

Následující tři obrázky ze stavby u Třebovicv Čechách a jeden obrázek příčného řezu této stavby.



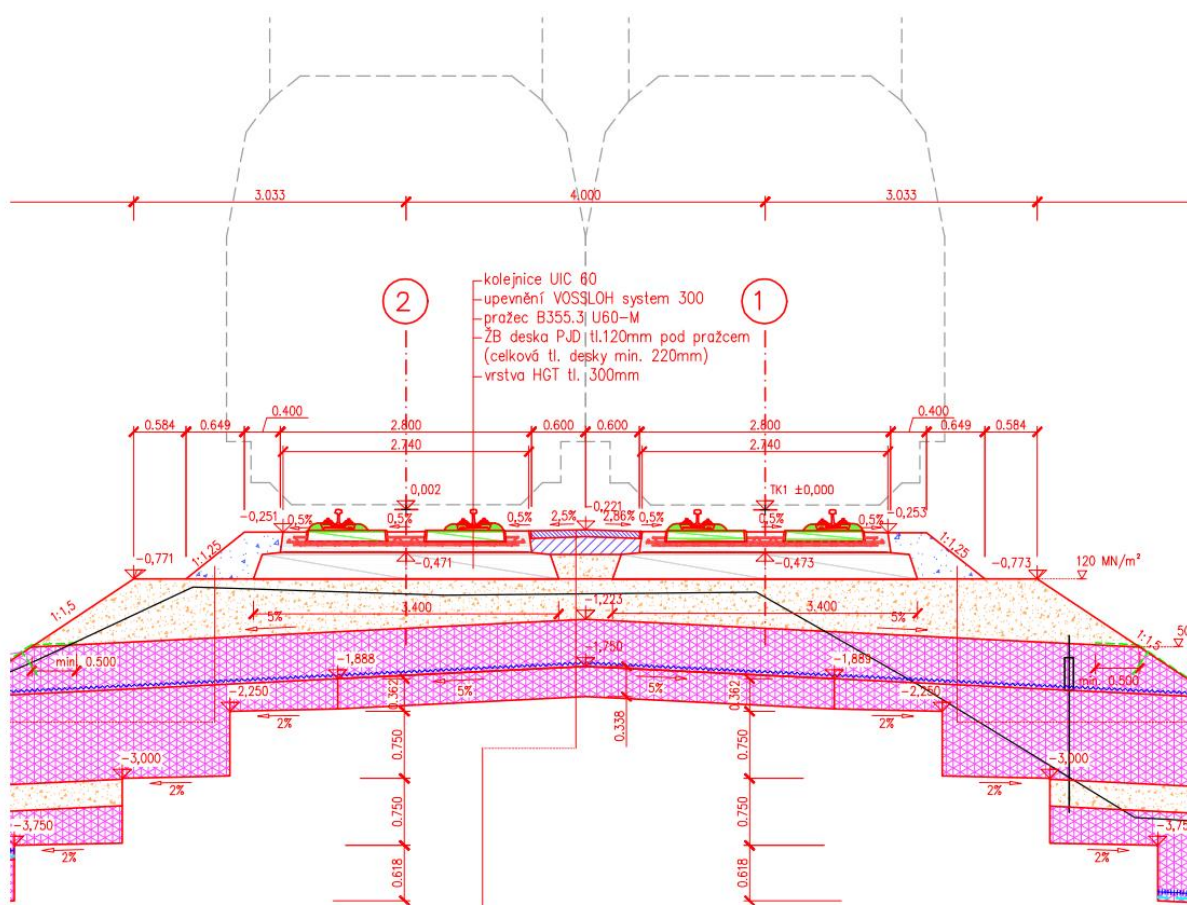
Obrázek 73 - Pražec B 355-U60M na skládce [51]



Obrázek 74 - Stav konstrukce PJD před zmonolitněním [51]



Obrázek 75 - Stav konstrukce PJD před zmonolitněním [31]



Obrázek 76 - Příčný řez tratí v úseku s PJD RHEDA 2000 [31]

2.2.7.5. ÖBB Porr

Jedná se o další a také poslední systém PJD, který je použit v České republice. Tento systém je použit na trati Hranice na Moravě – Púchov, která má číslo v českém jízdním řadu 280 a ve slovenském 125. Jedná se o celostátní dvoukolejnou trať. Konkrétně se jedná o úsek mezi železniční stanicí Horní Lideč a státní hranicí se Slovenskou republikou, kde byla tato PJD vložena do obou kolejí při rekonstrukci Střelenského tunelu a přilehlých částí.

Střelenský tunel je dvoukolejný, směrově v přímé, leží v km 23,122 a má délku 298 m. Celková délka rekonstrukce koleje č. 1 je 6 151m, PJD byla ovšem použita pouze na úseku délky 406 m. Délka rekonstrukce druhé koleje je 1 130 m a PJD byla navržena ve stejné délce jako v koleji č. 1. Tato rekonstrukce probíhala v letech 2011 až 2013. Pevná jízdní dráha zde byla použita z důvodu, že minimální tloušťka kolejového lože nedovolila použít klasickou konstrukci železničního svršku. Tunel byl totiž vystavěn za doby, kdy byly mírnější prostorové nároky na průjezdné průřezy a do současné doby byl pouze sanován, bez úprav průjezdného profilu. Kolejnice v původním stavu byly podepřeny dřevěnými pražci, které byly spolu s kolejovým ložem v havarijním stavu. Původní stav před rekonstrukcí dokumentují následující obrázky.



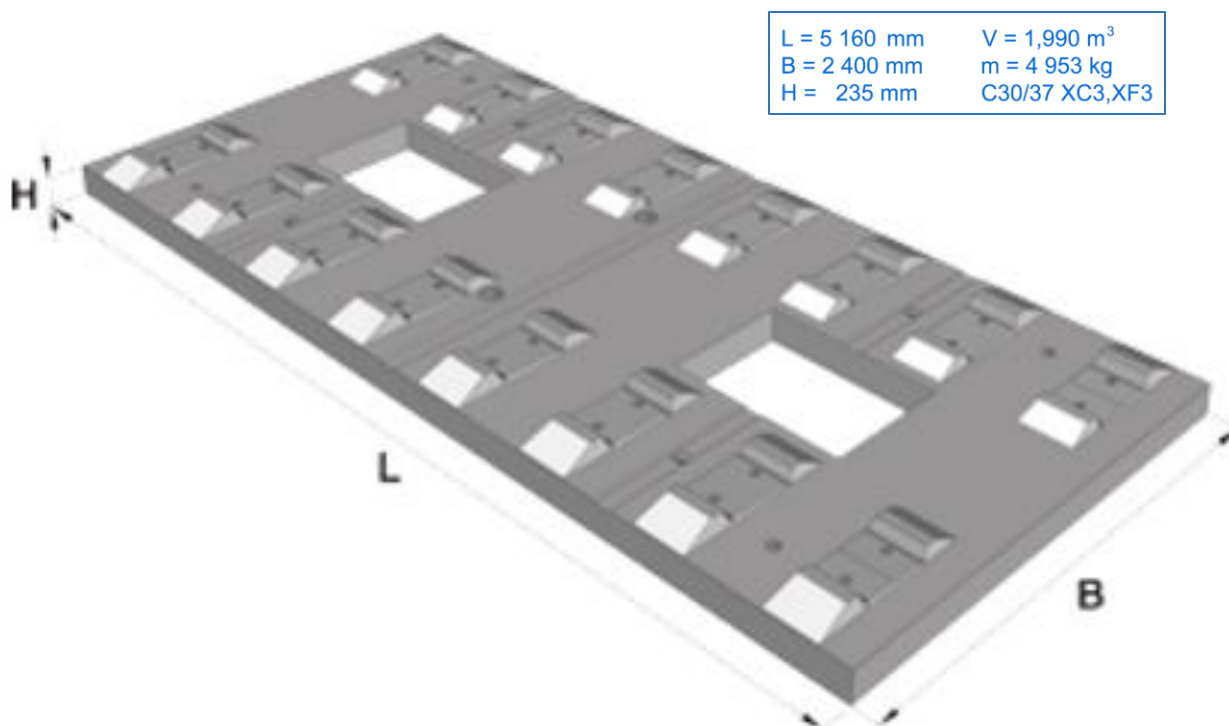
Obrázek 77 - Střelenský tunel, kolej č. 2 před rekonstrukcí [23]



Obrázek 78 - Pohled na předportálí Střelenského tunelu před rekonstrukcí [52]



Obrázek 79 - Pohled na zastávku Střelná nedaleko Střelenského tunelu [52]



Obrázek 81 - Nosná železobetonová deska systému ÖBB Porr [44]



Obrázek 82 - Nosná železobetonová deska systému ÖBB Porr na skládce [53]



Obrázek 83 - Pohled na zrekonstruované koleje Střelenského tunelu [55]

2.2.7.6. Navržený typ PJD v projektu

ÖBB Porr

V tomto projektu je pevná jízdní dráha uvažována pouze v tunelech, které jsou delší jak 1 000 m a to z důvodu snížení nutné plochy výrubu, protože pevná jízdní dráha umožňuje menší konstrukční výšku železničního svršku.

Systém pevné jízdní dráhy, který je použit pro tyto tunele v obou variantách, je ÖBB Porr, který se bude v nejbližší době provádět v ejpovických tunelech. Konstrukce tohoto systému tedy bude v České republice na dvou úsecích.

2.2.7.7. Upevnění kolejnic

Vossloh 300-1

Systém upevnění úzce souvisí se systémem PJD. Nelze libovolně kombinovat různé systémy PJD s různými systémy upevnění. Pro PJD ÖBB Porr je navržen systém upevnění Vossloh 300-1.

Jedná se o velice pružný bezpodkladnicový systém přímého upevnění, který byl vyvinut v Německu.



Obrázek 184 - Systém upevnění kolejnic Vossloh 300-1 [56]

Pro upevnění jednoho kolejnicového pásu k jedné kolejnicové podpoře systémem Vossloh 300-1 je potřeba:

- Pryžová podložka pod patu kolejnice Zw 692 1 ks
- Vrtule Ss 36N 2 ks
- Ocelová deska Grp 21 1 ks
- Pružná svěrka SKI 15 2 ks
- Úhlová vodicí deska Wpf 15 2 ks
- Elastická podložka Zwp 104 1 ks

2.2.8. Konstrukce železničního spodku

2.2.8.1. Pražcové podloží

Pražcové podloží u vysokorychlostních tratí se skládá ze stejných částí jako na konvenčních tratích. U tratí s klasickou konstrukcí železničního svršku se tedy pražcové podloží skládá z:

- Část kolejového lože pod ložnou plochou pražce
- Pláň tělesa železničního spodku
- Jedna či více konstrukčních vrstev – ne vždy jsou nutné
- Zemní pláň

2.2.8.2. Nástupiště

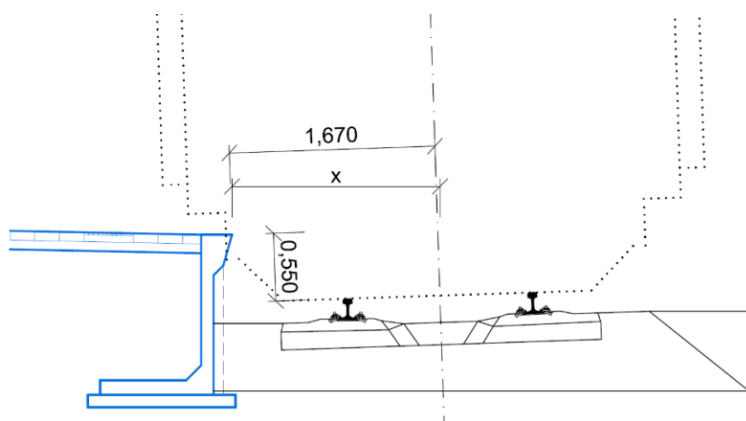
Bezbariérová, vnější

Všechna nástupiště navržená ve všech zastávkách a stanicích jsou bezbariérová, včetně bezbariérového přístupu na ně. Dle [8] mohou být nástupiště navržena pouze tam, kde rychlost projíždějících vlaků je menší než 250 km/h a dle [8] mohou být nástupiště navržena pouze tam, kde rychlost projíždějících vlaků je maximálně 200 km/h. Z tohoto důvodu jsou nástupiště na zastávkách navržena jako vnější u předjízdňných kolejí.

Vzdálenost nástupištní hrany od osy přilehlé koleje je navržena na 1,670 m a to v případě, že je nástupištní hrana umístěna v přímé či ve směrovém oblouku, který má poloměr alespoň 1 500 m. V případě, že je nástupištní hrana umístěna ve směrovém oblouku, který má poloměr menší než 1 500 m, je vzdálenost této hrany od osy přilehlé koleje 1,680 m. Nástupiště zároveň nesmí být umístěno do směrového oblouku s poloměrem menším než 300 m. Předchozí hodnoty vycházejí z [8].

Výška nástupištní hrany od spojnice temen kolejnicových pásů je pro všechny nástupiště navržena na 550 mm ([8] připouští výšku 760 mm).

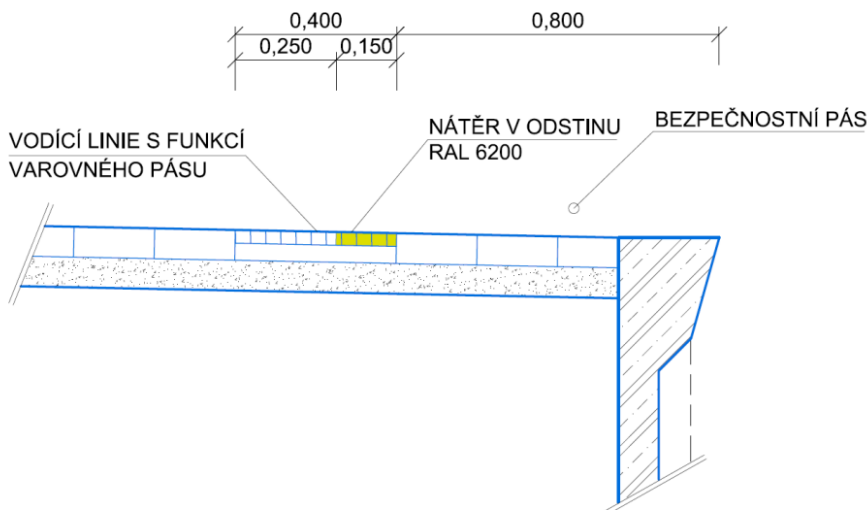
Délka nástupiště, u kterého budou zastavovat dálkové vlaky (kategorie R, Ex, IC, EC a EN) je navržena na 400 m, což je minimální hodnota podle [8].



Obrázek 85 - Geometrie nástupištní hrany, kolej ve směrovém oblouku

Dále je na všech nástupištích navržen moderní a jednotný informační a orientační systém. Informační systém poskytuje proměnné vizuální a akustické informace pro cestující včetně osob s omezenou schopností pohybu a orientace. Informační systém se skládá především z elektronických tabulí a staničního rozhlasu. Orientační systém poskytuje neproměnné vizuální informace cestujícím včetně osob s omezenou schopností pohybu a

orientace a skládá se především z různých tabulí s názvy jednotlivých nástupišť, kolejí a směrů. Orientační systém pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace se skládá především z vodících linií, signálních pásů a varovných pásů.



Obrázek 86 - Orientační systém pro nevidomé a slabozraké osoby u nástupištní hrany

2.2.9. Napájecí soustava

25 kV/50 Hz

Pro všechny vysokorychlostní vlaky je zdroj tažné síly vždy elektrický motor. Trakce je tedy vždy závislá – elektrická.

Celý úsek této trasy bude elektrifikován jednofázovou napěťovou soustavou 25 000 V s kmitočtem 50 Hz. Tato soustava je již vybudována na konvenčních tratích na jihozápadě a jihu České republiky. Zbylá část republiky je napájena stejnosměrnou soustavou o napětí 3 000 V. Střídavá jednofázová soustava se jeví výhodnější a v současné době probíhá odborná diskuze o záměru sjednotit napájecí soustavu na území České republiky a to právě na střídavou jednofázovou soustavu 25 kV/50 Hz.

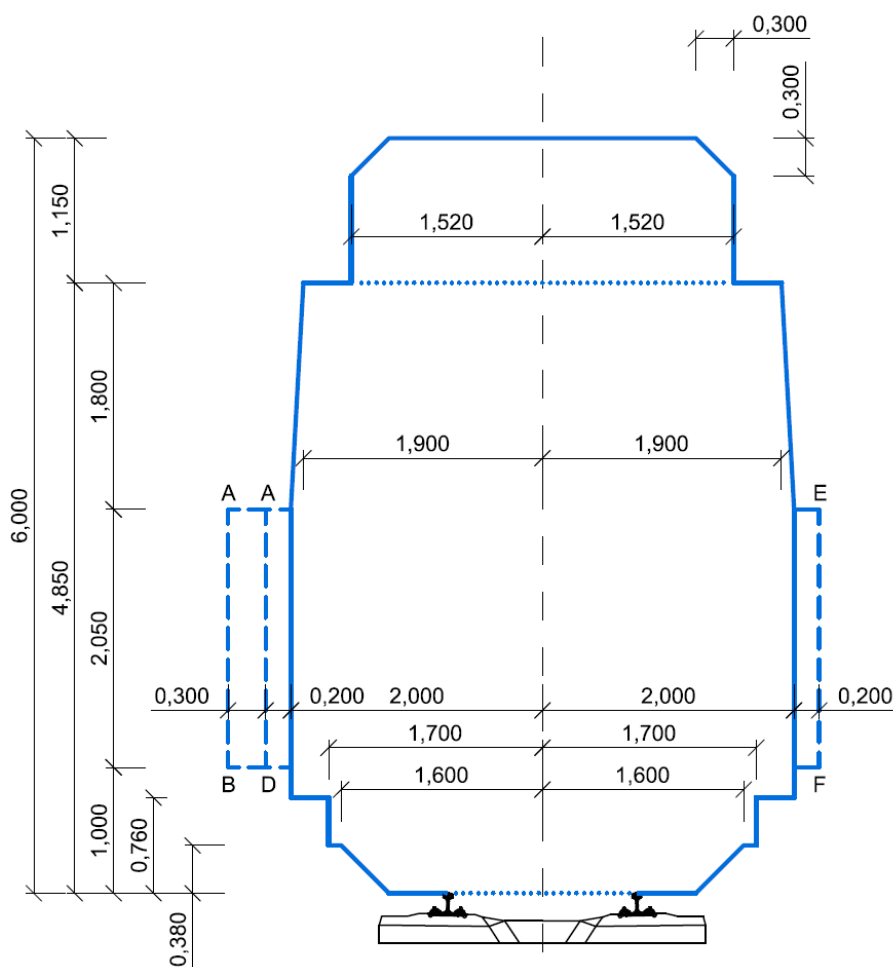
Trolejové vedení je navrženo jako jednoduché řetězovkové s, nebo bez přidavného lana. Podle potřeby může být na společných podpěrách vedeno zesilovací vedení. U každé trakční transformovny a spínací stanice je navrženo v trolejovém vedení neutrální pole.

2.2.10. Průjezdny průřez

UIC-GC – širá trať

Průjezdny průřez je obrys obrazce v rovině kolmé k ose koleje, jehož osa je kolmá ke spojnicí temen kolejnic a prochází středem koleje. Pohybem průjezdního průřezu ve směru podélné osy je nad kolejí vymezen volný prostor pro bezpečný průjezd vozidel.

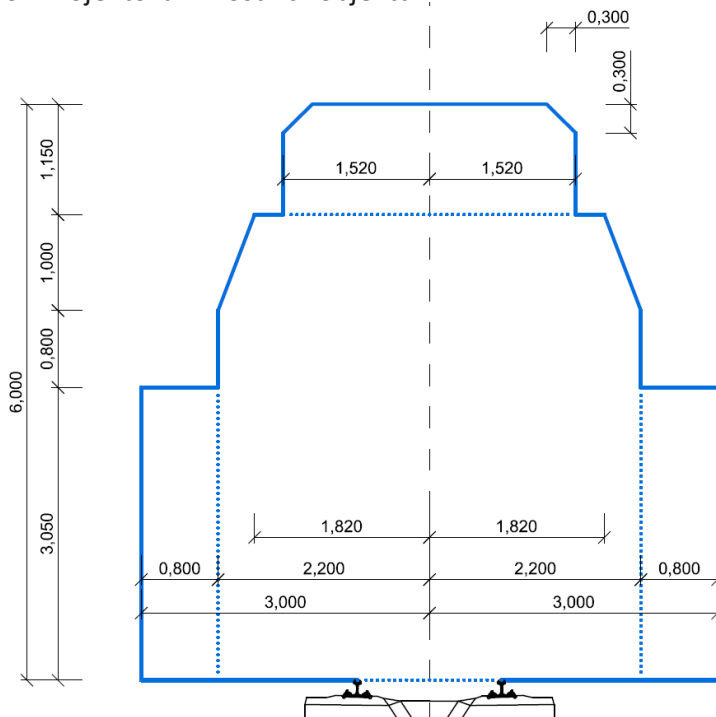
Na obrázku č. 2 je znázorněn průjezdny průřez, který platí pro širou trať, tím je myšlena celá trať mimo tunely a mosty.



Obrázek 87 - Průjezdny průřez UIC-GC, širá trať

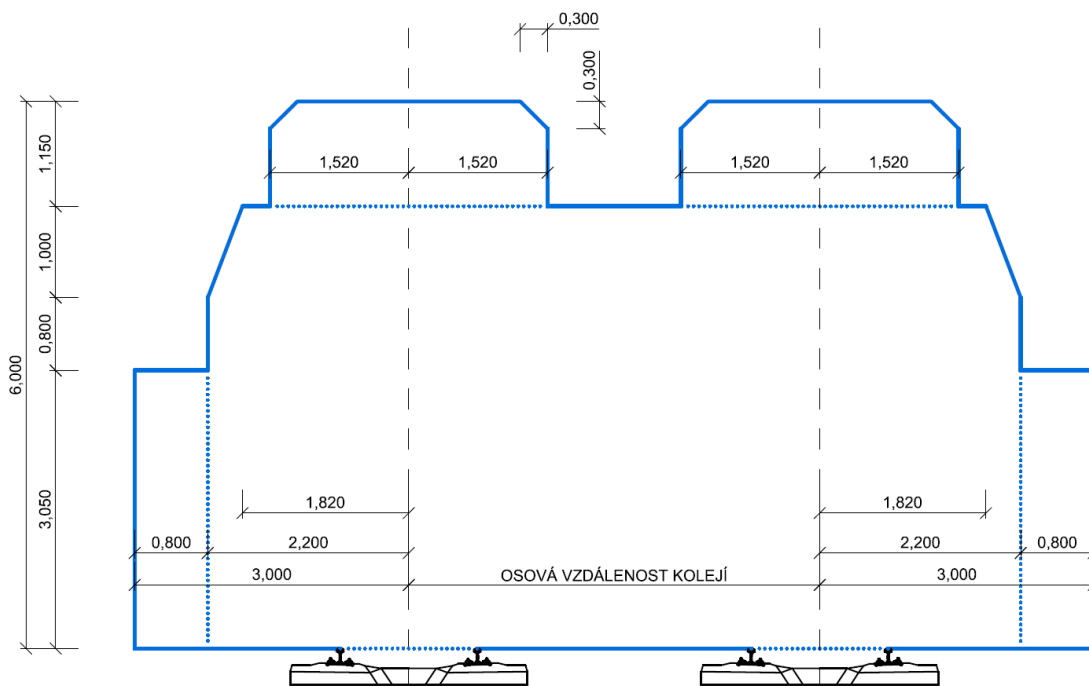


Na mostech jednokolejných je navržen následující mostní průřezný průřez, který vychází z ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.



Obrázek 88 - Mostní průřezný průřez, jednokolejný most

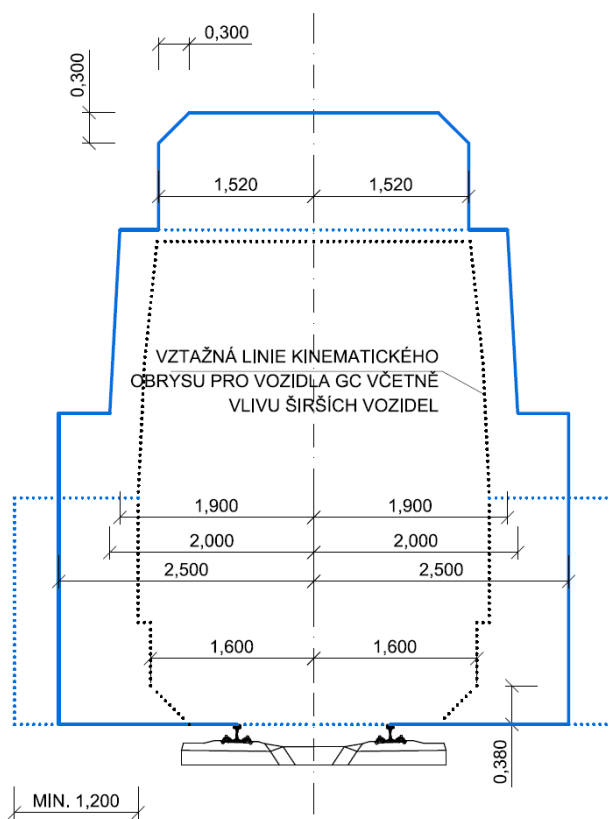
Na mostech dvoukolejných je navržen následující mostní průřezný průřez. Dvoukolejné mosty jsou upřednostňovány, viz kapitola 2.2.14. Průřez rovněž vychází z ČSN 73 6201.



Obrázek 89 - Mostní průřezný průřez, dvoukolejný most

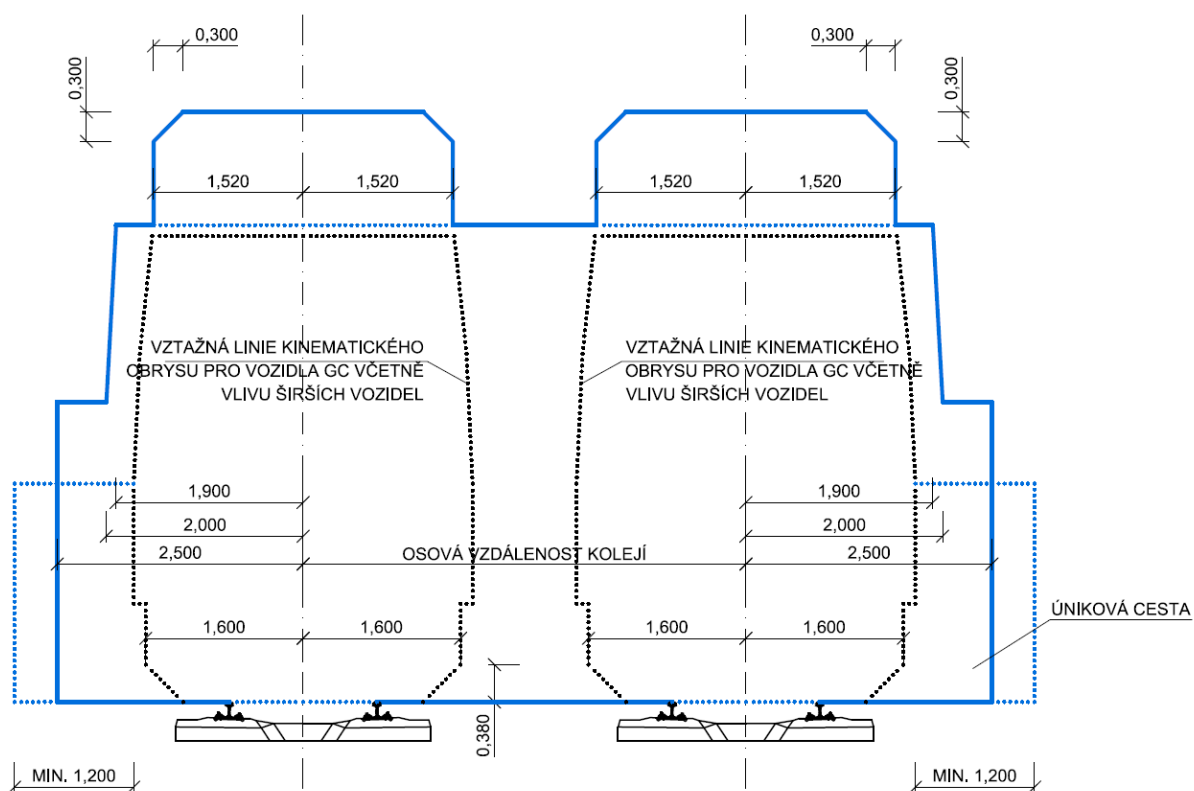


V tunelech jednokolejných je navržen následující průjezdný průřez, který vychází z ČSN 73 7508 Železniční tunely.



Obrázek 90 - Tunelový průjezdný průřez jednokolejný

V dvoukolejných tunelech je navržen následující průjezdný průřez.



Obrázek 91 - Tunelový průjezdný průřez dvoukolejný

2.2.11. Sdělovací a zabezpečovací zařízení

ERTMS, ETCS L2

Zabezpečovací zařízení je další ze základních prvků evropské interoperability. Pro splnění podmínek interoperability je nutné na vysokorychlostní tratě aplikovat systém European Rail Traffic Management System (ERTMS). Pojem evropského řídicího systému vlakové dopravy ERTMS je nejčastěji spojován se systémem evropského vlakového zabezpečovače European Train Control System (ETCS). ERTMS však zahrnuje více systémů. Tento evropský projekt pokrývá oblast komunikace, zabezpečení, řízení i provozu.

Komunikace v rámci systému ERTMS je zajištěna projektem EIRENE, v jehož rámci byly vytvořeny funkční a systémové specifikace, které umožnily realizaci systému Global System for Mobile Communications – Railway (GSM-R). GSM-R je platforma pro hlasovou i datovou komunikaci mezi provozními zaměstnanci železnice, jako jsou strojvedoucí, dispečeri, výpravčí, posunovači atd. Zahrnuje funkce obousměrného (VGCS) i jednosměrného (VBS) skupinového volání, výběr volaného na základě polohy volajícího a přednost tísňových volání. V budoucnu má zajišťovat také sledování přepravovaného nákladu, kamerový systém ve vlacích i stanicích a poskytování informací cestujícím. GSM-R typicky využívá vyhrazené stožáry základnových stanic umístěné blízko tratě. Vzdálenost mezi dvěma základnovými stanicemi je přibližně 15 km. To zajišťuje vysoký stupeň redundance, dostupnosti a spolehlivosti [39].



Obrázek 92 - Stožár GSM-R [36]



Vlastní zabezpečovací systém tvoří systém ETCS, který se skládá z mobilní části umístěné ve vlaku a části stacionární umístěné v koleji. Hlavním úkolem ETCS je tedy zajištění bezpečnosti železniční dopravy a aktivní zásah do řízení vlaku v případě selhání nebo omylu řidiče hnacího vozidla. Na základě přenášených informací sleduje tento systém kromě dodržování návěstí (v případě ETCS oprávnění k jízdě, které informuje také o délce úseku a maximální rychlosti v daném úseku a je určené pouze pro určitý vlak s časovým a prostorovým omezením) také další ukazatele:

- maximální traťovou rychlost v daném úseku,
- maximální rychlost vlaku,
- dodržení trasy vlaku,
- směr jízdy,
- přechodnost vlaku pro daný úsek,
- dodržení přechodných omezení.

Stacionární část ETCS je někdy označována jako část traťová. Hlavním prvkem traťové části je tzv. eurobaliza. Eurobalízy jsou informační prvky, umístěné do koleje mezi kolejnice. Eurobalízy jsou sdružovány do balízových skupin, které mohou být složeny z jedné až osmi eurobalíz. V současné době se v České republice vytvářejí balízové skupiny složené ze dvou eurobalíz. Tyto balízové skupiny se umísťují především u významných míst, jako jsou návěstidla, nástupiště apod.

Různými kombinacemi jednotlivých prvků ETCS a jejich zapojení do stávajícího zabezpečovacího zařízení umožňuje dosažení různých úrovní funkce tohoto systému. V průběhu dosavadního vývoje ETCS bylo vyvinuto pět aplikačních úrovní. V současné době probíhá v České republice výstavba ETCS L2 a i v tomto projektu je navrženo zabezpečení této aplikační úrovně.

- Aplikační úroveň L0
- Aplikační úroveň LSTM
- Aplikační úroveň L1
- Aplikační úroveň L2
- Aplikační úroveň L3



Obrázek 93 - Balízová skupina složená ze dvou eurobalíz, [40]



2.2.12. Druh přechodnice a vzestupnice

Tato kapitola je zde zařazena, protože současná právní legislativa dovoluje použití více druhů přechodnic a vzestupnic. Nelze ovšem libovolně kombinovat různé druhy přechodnic a vzestupnic. Jelikož dohromady přechodnice a vzestupnice tvoří jednu prostorovou křivku, je nutné, aby platilo, že změna převýšení ve vzestupnici je úměrná změně křivosti přechodnice. Dále musí platit, že délka přechodnice a vzestupnice v tečně je stejná.

Přechodnice je rovinná křivka proměnné křivosti, která tvoří plynulý směrový přechod mezi úseky koleje s rozdílnou křivostí. Vzestupnice je křivka, pomocí které se plynule mění převýšení.

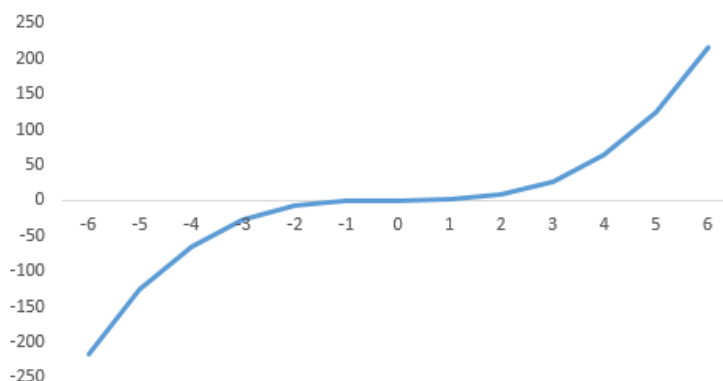
Z hlediska co nejkvalitnějšího průjezdu vozidla směrovým obloukem je rozhodující začátek a konec zakřivení jeho dráhy, tzn. průběh křivosti přechodnicové křivky, resp. jeho časová změna.

Ve světě lze vidět na železnici tyto přechodnicové křivky:

- Přechodnice podle Nördlinga – neboli kubická parabola
- Klotoida
- Přechodnice podle Blossa
- Přechodnice podle Kleina – sinová přechodnice
- Kosinová přechodnice
- Přechodnice podle Helmerta / Schramma
- HHMP7 – Wiener Bogenova

V České republice podle platných legislativních předpisů v současné době lze používat pouze přechodnici tvaru klotoidy, či přechodnici podle Blossa. V dřívější době se používala téměř výhradně přechodnice tvaru kubické paraboly, neboli přechodnice podle Nördlinga.

Kubická parabola byla vyvinuta v Německu. Jejími velkými výhodami jsou snadná údržba a jednoduchý matematický předpis. Pro tento typ přechodnice byl zaveden opravný součinitel.

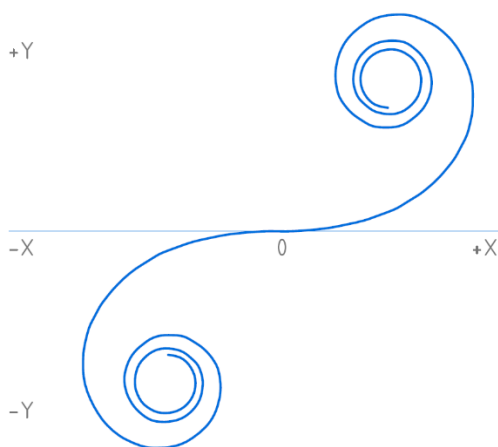


Obrázek 94 - Graf kubické paraboly jako matematické funkce $y = x^3$

Matematický předpis pro kubickou parabolou vypadá takto:

$$y = \gamma \frac{x^3}{6 * R * L}$$

Klotoida se v České republice nejprve projektovala pouze u silničních staveb a až s postupem času se dostala i do železničních staveb. Klotoida, v některé literatuře též označena jako radioida, tvarově představuje spirálu o nekonečné délce, blížíce se k ohnisku, kde poloměr oblouku je nulový, jeho křivost nekonečná a jeho souřadnice x a y jsou stejné. Součin poloměru křivosti a délky křivky pro každý bod je konstantní. Odmocnina z konstanty A^2 je tzv. parametr klotoidy, který určuje poměrnou velikost křivky. Všechny klotoidy jsou si geometricky podobné, liší se jen jejich velikost, která je určena právě velikostí parametru [45].



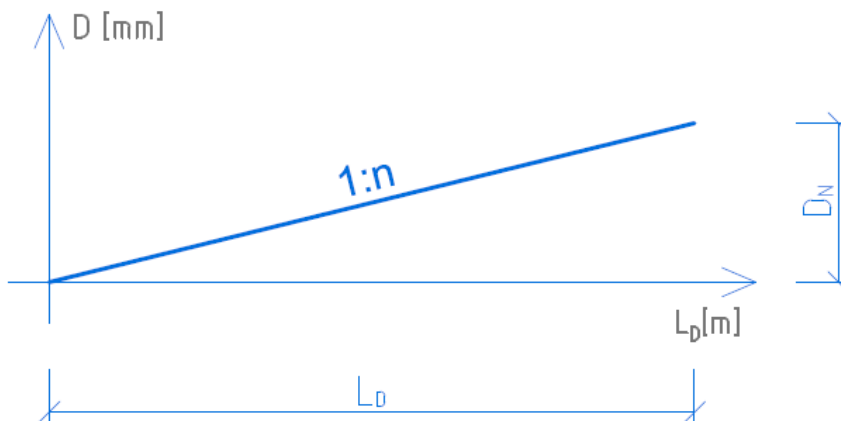
Obrázek 95 - Graf klotoidy jako matematické funkce $A^2 = R * L$

Výhody klotoidy jsou hlavně opět snadná údržba a jednoduchý matematický předpis. Nevýhodou je pak, stejně jako u kubické paraboly, konstantní změna křivosti. Při srovnání klotoidy a kubické paraboly je vítězná klotoida. Nejsilnější argument pro předchozí konstatování je, že klotoida umožňuje lineární nárůst křivosti po její délce a dosažení koncové křivosti přechodnice shodné s křivostí navazujícího kružnicového oblouku. Další argument je matematická správnost řešení bez použití opravných součinitelů, jak je tomu u kubické paraboly. V současné době se v drtivé většině používají při návrhu směrových prvků klotoidy.

Matematický předpis pro klotoidu vypadá takto:

$$A^2 = R * L$$

Klotoida i kubická parabola jsou přechodnice s lineární vzestupnicí. Další přechodnicové křivky jsou vždy s nelineární vzestupnicí.

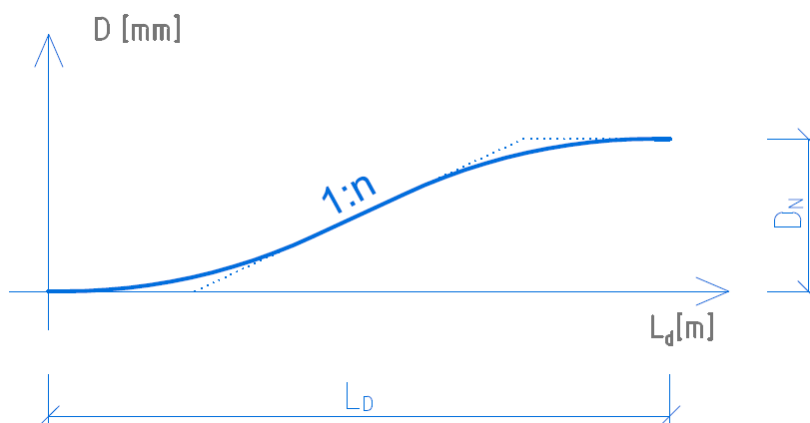


Obrázek 96 - Lineární vzestupnice

Další křivkou je přechodnice podle Blosse, která je stejně jako klotoida normově upravena a může se v České republice projektovat, ovšem ve specifických případech, především ve stísněných poměrech. Tato přechodnice je vhodná zvláště v případech, kdy je třeba zachovat odsazení oblouku, ale potřeba zvětšit převýšení. Blossova přechodnice je při dodržení stejného odsazení kružnicového oblouku totiž delší než přechodnice s lineárním nárůstem křivosti a to přibližně v poměru $L_{\text{Bloss}} = 1,29L_{\text{klot}}$. Přínos Blossovy přechodnice spočívá v nižší hodnotě odsazení ve srovnání s přechodnicí s lineárním průběhem křivosti [18].

Nevýhodou přechodnice podle Blosse je složitější matematický předpis, méně snadná údržba ve srovnání s předchozími křivkami a další nevýhoda je, že je odvozena z rovnice pro poloměr křivosti.

Při použití přechodnice podle Blosse je nutné navrhnout odpovídající vzestupnici podle Blosse.



Obrázek 97 - Nelineární přechodnice podle Blosse



Matematický předpis pro Blossovu přechodnici vypadá takto:

$$y = \frac{x^4}{4 * R * L^2} - \frac{x^5}{10 * R * L^3}$$

Dalším typem přechodnic nelineárním nárůstem křivosti je přechodnice podle Kleina, někdy označována jako přechodnice sinová. Tato přechodnice se občas používá na tratích v zahraničí. Původně byla odvozena Kleinem pro německé vysokorychlostní tratě [46], kde se ale v současné době používá jako přechodnice buď klotoida nebo přechodnice podle Blossa. Z popsaných přechodnic výše, má tato přechodnice nejpozdvolnější odklon od tečny a nejplynulejší napojení na kružnicový oblouk. To znamená, že jízda vozidla po této křivce by měla být nejklidnější.

Nevýhodami přechodnice podle Kleina jsou především komplikovaný matematický předpis, odvození z rovnice pro poloměr křivosti a absence opravného součinitele. Tato přechodnice není v ČR nijak zavedena.

Matematický předpis pro přechodnici podle Kleina vypadá takto:

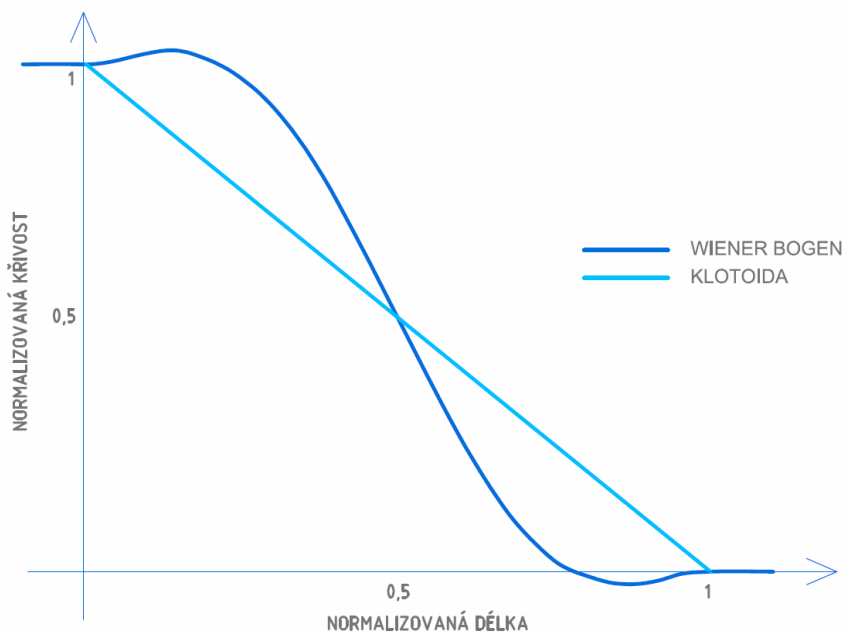
$$y = \frac{x^3}{6 * R * L} - \frac{L}{4\pi^2 * R} \left(x - \frac{L}{2\pi} \sin \frac{2\pi * x}{L} \right)$$

Další přechodnicí je kosinová přechodnice. Ta byla zřejmě poprvé použita roku 1907. Používá se pro vysokorychlostní tratě v Japonsku. Tato přechodnice má podobně jako sinusová přechodnice složitý matematický předpis.

Matematický předpis pro kosinovou přechodnici vypadá takto:

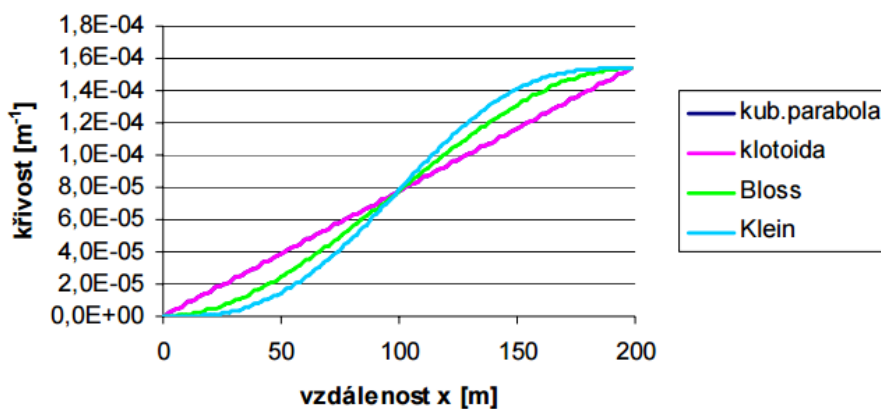
$$y = \frac{1}{2R} \left[\frac{x^2}{2} + \frac{L^2}{\pi^2} \left(\cos \frac{\pi * x}{L} - 1 \right) \right]$$

Dalším typem přechodnice je Wiener Bogen přechodnice, typ HHMP7. Ta byla vyvinuta v roce 2002 v Rakousku v rámci projektu Urban Track, který se řešil v letech 2006 až 2010. Cílem vývoje nového tvaru přechodnice bylo nalezení takového tvaru přechodnice se vzestupnicí, který by minimalizoval síly mezi kolem a kolejnicí a snížil by náklady na údržbu. Hlavní myšlenkou bylo umožnit rotaci vozidla ve vzestupnici kolem jeho těžiště, což oproti klasickému řešení znamená vyloučení příčných sil působících vně oblouku na začátku přechodnice a dovnitř oblouku na jejím konci, kdy dochází k lineárnímu pohybu těžiště ke středu oblouku. Toto má za důsledek směrové vyosení koleje vně oblouku na začátku přechodnice a zajišťuje plynulý průběh převýšení, sklonu vzestupnice i úhlového zrychlení kolem trasy těžiště [47].

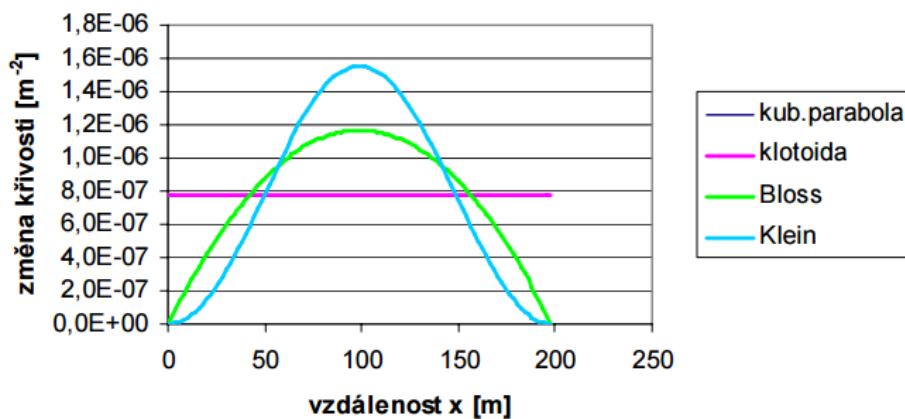


Obrázek 98 - Porovnání průběhu křivosti přechodnice Wiener Bogen s klotoidou

Na následujících dvou obrázcích je znázorněno porovnání průběhu křivosti a porovnání průběhu změny křivosti výše zmíněných přechodnic.



Obrázek 99 - Porovnání průběhu křivosti přechodnic [16]



Obrázek 100 - Porovnání průběhu změny křivosti přechodnic [16]



Na obrázku na další stránce jsou graficky znázorněné vybrané veličiny různých přechodnicových křivek.

V prvním sloupci je klotoida, v dalším kubická parabola, dále Blossova přechodnice, kosinusová přechodnice, Schrammova přechodnice a v posledním sloupci je přechodnice sinusová.

V prvním řádku je znázorněn průběh křivosti a výpočet nevyrovnaného bočního zrychlení. Na dalším řádku je průběh převýšení a výpočet maximálního sklonu vzestupnice. Na dalším řádku je průběh horizontálních rázů neboli kolísání nevyrovnaného bočního zrychlení jako funkce času. Na dalším, čtvrtém řádku je průběh změny horizontálních rázů, na dalším je průběh vertikálních rázů. Následují řádky se vzorci. První řádek se vzorcem je vzorec pro výpočet kružnicového oblouku, následuje vzorec pro výpočet ekvivalentní délky přechodnice a na posledním řádku jsou uvedeny průměrné hodnoty horizontálního rázu.



Table A.1 — Transition curves and the maximum values of corresponding parameters for track with gauge 1435 mm
NOTE (Unit length: m; unit time: s; speed v in m/s)

	Clothoid	Bloss	Cosine	Helmet (Schramm)	Sine (Klein)
Horizontal curvature K ; Non-compensated lateral acceleration in the track plane a_y	 $K = \frac{1}{R}; a_y = \frac{v^2}{R} - \frac{g \cdot D}{1,5}$	 $K = \frac{1}{R}; a_y = \frac{v^2}{R} - \frac{g \cdot D}{1,5}$	 $K = \frac{1}{R}; a_y = \frac{v^2}{R} - \frac{g \cdot D}{1,5}$	 $K = \frac{1}{R}; a_y = \frac{v^2}{R} - \frac{g \cdot D}{1,5}$	 $K = \frac{1}{R}; a_y = \frac{v^2}{R} - \frac{g \cdot D}{1,5}$
Cant D ; Maximum rate of change of cant as function of the length dD/ds through maximum values of $1:n_{max}$	 $1:n = \frac{D}{L}$	 $1:n_{max} = \frac{3 \cdot D}{2 \cdot L}$	 $1:n_{max} = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot L}$	 $1:n_{max} = \frac{2 \cdot D}{L}$	 $1:n_{max} = \frac{2 \cdot D}{L}$
Rate of change of non-compensated lateral acceleration da_y/dt ; rate of change of cant dD/dt ; vertical velocity v_y ; maximum lateral jerk $da_y/dt _{max}$; maximum value of $dD/dt _{max}$	 $\frac{da_y}{dt} _{max} = \frac{a_y \cdot v}{L}; \frac{dD}{dt} _{max} = \frac{D \cdot v}{L}$	 $\frac{da_y}{dt} _{max} = \frac{3 \cdot a_y \cdot v}{2 \cdot L}; \frac{dD}{dt} _{max} = \frac{3 \cdot D \cdot v}{2 \cdot L}$	 $\frac{da_y}{dt} _{max} = \frac{\pi \cdot a_y \cdot v}{2 \cdot L}; \frac{dD}{dt} _{max} = \frac{\pi \cdot D \cdot v}{2 \cdot L}$	 $\frac{da_y}{dt} _{max} = \frac{2 \cdot a_y \cdot v}{L}; \frac{dD}{dt} _{max} = \frac{2 \cdot D \cdot v}{L}$	 $\frac{da_y}{dt} _{max} = \frac{2 \cdot a_y \cdot v}{L}; \frac{dD}{dt} _{max} = \frac{2 \cdot D \cdot v}{L}$
Rate of change of lateral jerk; vertical acceleration a_v ; maximum value of $d^2 a_y/dt^2 _{max}$; maximum value $a_{v,max}$	 $\frac{d^2 a_y}{dt^2} _{max} = \omega^3; a_{v,max} = \frac{v^3}{2 \cdot r_v}$	 $\frac{d^2 a_y}{dt^2} _{max} = \frac{6 \cdot a_y \cdot v^3}{L^2}; a_{v,max} = \frac{3 \cdot D \cdot v^3}{L^2}$	 $\frac{d^2 a_y}{dt^2} _{max} = \frac{\pi^2 \cdot a_y \cdot v^3}{2 \cdot L^2}; a_{v,max} = \frac{\pi^2 \cdot D \cdot v^3}{4 \cdot L^2}$	 $\frac{d^2 a_y}{dt^2} _{max} = \frac{4 \cdot a_y \cdot v^3}{L^2}; a_{v,max} = \frac{2 \cdot D \cdot v^3}{L^2}$	 $\frac{d^2 a_y}{dt^2} _{max} = \frac{2 \cdot a_y \cdot v^3}{L^2}; a_{v,max} = \frac{g \cdot D \cdot v^3}{L^2}$
Rate of change of vertical acceleration da_v/dt ; maximum vertical jerk $d^2 a_v/dt^2 _{max}$	 $\frac{da_v}{dt} _{max} = \omega^4; a_{v,max} = \frac{v^4}{2 \cdot r_v}$	 $\frac{da_v}{dt} _{max} = \infty$	 $\frac{da_v}{dt} _{max} = \infty$	 $\frac{da_v}{dt} _{max} = \infty$	 $\frac{da_v}{dt} _{max} = \infty$
Shift f_L ^b	$f_{Cloth} = \frac{L^2}{24 \cdot R}$	$f_{Bloss} = \frac{L^2}{40 \cdot R}$	$f_{Cosine} = \frac{L^2}{42,23 \cdot R}$	$f_{Helmet} = \frac{L^2}{48 \cdot R}$	$f_{Sine} = \frac{L^2}{61,2 \cdot R}$
Equivalent length of transition curve ($f_L = f_{Cloth}$) ^b	L_{Cloth}	$L_{Bloss} = 1,291 \cdot L_{Cloth}$	$L_{Cosine} = 1,326 \cdot L_{Cloth}$	$L_{Helmet} = 1,414 \cdot L_{Cloth}$	$L_{Sine} = 1,597 \cdot L_{Cloth}$
Rate of change of horizontal jerk ($f_L = f_{Cloth}$) ^b	1,0	1,162	1,184	1,414	1,252
Rate of change of vertical acceleration ($f_L = f_{Cloth}$) ^{a, b}	1,0	0,37	0,29	0,21	0,25

^a The shape and the maximum values only apply, if the inner rail of the curve is kept on level and only the outer rail is elevated.
^b The values for shift are approximations. For design, exact values should be used.

Obrázek 101 - Porovnání parametrů jednotlivých přechodnic [2]



2.2.13. Křížení dráhy s poz. komunikacemi

Všechna křížení dráhy s pozemními komunikacemi jsou navržena jako mimoúrovňová, z důvodu zajištění co nejvyšší bezpečnosti jak drážního, tak silničního provozu.

2.2.14. Mostní objekty

Mezi mostní objekty patří mosty, propustky a lávky pro pěší. Propustky jsou mostní objekty, jejichž kolmá světlost je maximálně 2 m. Pro propustky a lávky pro pěší platí stejná pravidla jako při projektování u konvenčních tratí, a proto se jimi tato kapitola nebude dále zabývat.

Návrh mostů na vysokorychlostních tratích se řídí stejně jako u mostů na konvenčních tratích evropskými normami, tzv. Eurokódy. Jedná se především o tyto:

- EN 1991-2 (EC 1) pro stanovení zatížení mostních objektů
- EN 1992-2 (EC 2) pro návrh betonových mostních konstrukcí
- EN 1993-2 (EC 3) pro návrh ocelových mostů
- EN 1994-2 (EC 4) pro spřažené ocelobetonové mostní objekty.

Dále se při návrhu mostů v cizích zemích uplatňují standardy UIC, které zasahují do oblasti vysokorychlostních železnic. Jedná se zejména o:

- UIC-776-2 – Požadavky pro navrhování železničních mostů na základě interakce vlaku, trati a mostu
- UIC 774-3 – Doporučení pro výpočty na základě interakce trati a mostu

Specifické návrhové požadavky ovlivňují celkové dimenze mostu pro VRT. Důležitým návrhovým parametrem je tuhost celé konstrukce. Nároky na tuhost jsou přísnější než u konvenčních tratí, a proto jsou mostní konstrukce pro VRT masivnější.

Mosty na VRT mohou být řešeny buď jako dva jednokolejné mosty či jeden dvoukolejný most. V tomto projektu uvažují většinu mostů dvoukolejných, které vykazují větší ohybovou i torzní tuhost. Dále dvoukolejné mosty představují menší investiční náročnost. Jednokolejné mosty navrhuji pro sjezdy na stávající konvenční síť.

Pro šířku mostní konstrukce u dvoukolejných mostů je důležitá osová vzdálenost kolejí, kterou navrhuji stejně jako v trati mimo most. Tedy pro rychlost 250 km/h je osová vzdálenost kolejí 4,500 m a pro rychlost 350 km/h je tato vzdálenost 4,700 m.



Z hlediska materiálu lze konstrukce mostů pro VRT, podobně jako pro mosty na konvenčních tratích navrhovat z:

- betonu; železobeton pro velmi malá rozpětí či předpjatý beton, převážně dodatečně předpjatý. Prostý beton se nenavrhuje
- oceli
- kombinace betonu a oceli; buď železobetonové konstrukce se zabetonovanými ocelovými nosníky či ocelobetonová spřažená konstrukce

Nejvyšší tuhosti dosahují mosty z předpjatého betonu či ocelobetonové konstrukce.

Další dělení mostních konstrukcí může být podle tvaru příčného řezu. Příčný řez může tedy být, podobně jako u mostů pro konvenční tratě následující:

- Deskový
- Trámový
 - Plný, většinou dva a více trámů
 - Komorový tvořený jednou či více komorami

Nejvyšší tuhosti dosahují komorové příčné řezy.

V zahraničí nejsou však výjimkou ani další technická a tvarová řešení mostů na VRT, jako například příhradové nosníky, obloukové mosty s horní i dolní mostovkou či dokonce visuté mosty. Následující obrázek ukazuje most na VRT v Itálii, který překračuje řeku Pád na trati Milano – Bologna. Jedná se o dvoukolejný železobetonový visutý most s vějířovitým uspořádáním závěsů.



Obrázek 102 - Most na VRT v Itálii na trati Milano - Bologna [68]

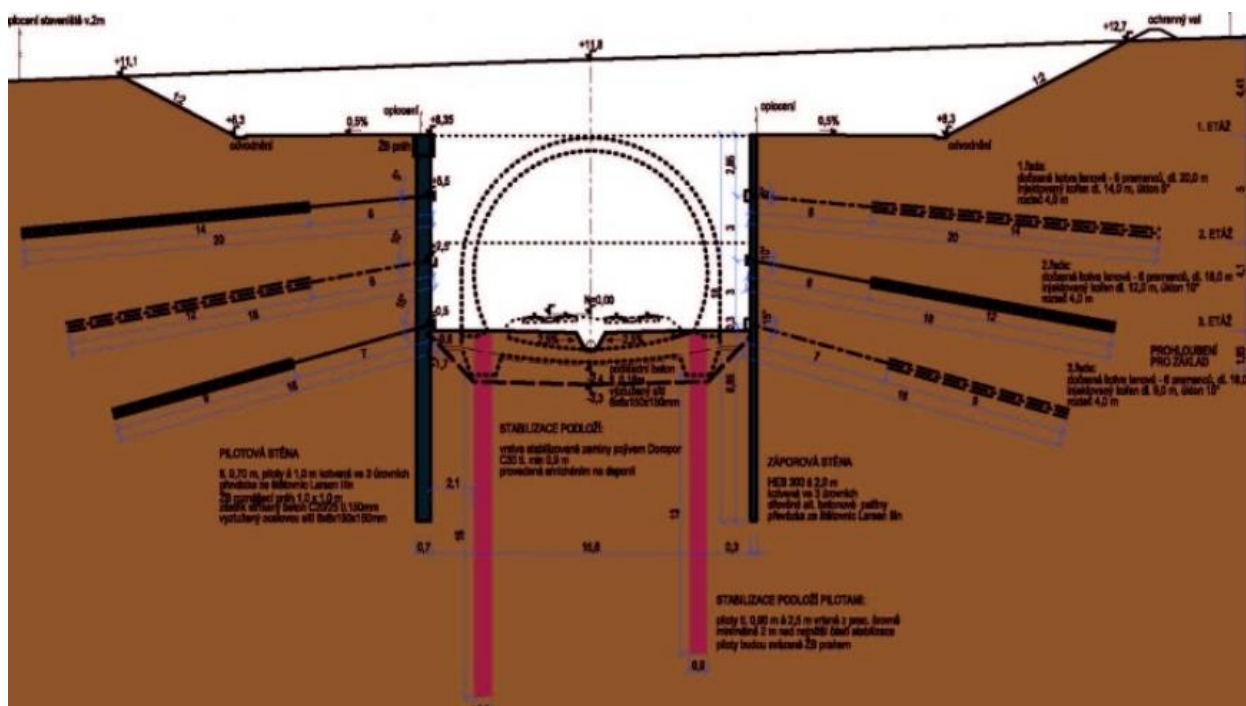
2.2.15. Tunely

Stejně jako projektování mostů, tak i projektování tunelů v EU se řídí společnými evropskými normami, ale i doplňujícími národními normami.

Jelikož pro rozhodnutí o technologii ražby není důležitá návrhová rychlost železniční trati, jsou tunely pro VRT budovány podle stejných zásad pro tunely konvenčních tratí. Vysokorychlostní tunely se od tunelů na konvenčních tratích liší hlavně požadavkem na velikost světlého tunelového průřezu a také uspořádáním tunelových trub (dvě jednokolejné trouby či jedna dvoukolejná). Toto uspořádání se volí s ohledem na požadovaný stupeň bezpečnosti v kombinaci s technickoekonomickým hodnocením.

Velikost světlého tunelového průřezu roste s rychlostí na základě aerodynamických vlivů na jízdu vlaků. Na světlém tunelovém průřezu je nepřímo úměrný závislý jízdní odpor, jízdní komfort, ale také pohodlí cestování či hygienická kritéria.

Z hlediska technologie výstavby rozlišujeme vysokorychlostní tunely ražené a hloubené, stejně jako tunely pro konvenční tratě. Hloubené tunely se budují vždy z povrchu (alespoň částečně) a existují pro ně dvě základní technologie – klasická metoda a metoda milánská. Při užití klasické metody se tunely budují v otevřené stavební jámě, která je zajištěná buď podzemními, záporovými, štetovými nebo pilotovými stěnami, případně svahováním. Tyto všechny stěny mohou být použity v kombinaci s kotvami. Po vybudování jámy se buduje vlastní tunel, který se následně zasype.



Obrázek 103 - Příčný řez hloubeným železničním tunelem [37]



Milánská metoda byla poprvé použita v roce 1956 při výstavbě podzemní dráhy v Miláně. Princip této metody je takový, že nejprve se vybudují podzemní stěny a budoucí stropní deska. Stěny spolu s deskou tvoří definitivní ostění tunelu a pod jejich ochranou je následně profil tunelu odtěžován čelně. Největší výhodou milánské metody je relativně rychlé obnovení provozu na povrchu, a proto se tato metoda nejčastěji používá při hloubení tunelů pod dopravně významnými ulicemi.

Pro ražené tunely existují také dvě základní metody. První je ražba pomocí konvenčních tunelovacích metod, například NRTM a ADECO RS.

Výhody konvenčních metod:

- Možnost ražby libovolného příčného profilu
- Relativně malé zařízení staveniště
- Snadná adaptace na změněné geologické poměry
- Ekonomicky výhodné pro kratší tunely

Nevýhody konvenčních metod:

- Zvýšené riziko pro raziče
- Malá rychlost výstavby

Druhá metoda pro výstavbu ražených tunelů je mechanizovaná ražba plnoprofilovým razícím strojem. Mechanizovaná ražba znamená ražbu tunelu a vyztužování výrubu pomocí plnoprofilového razícího stroje, komplexu. Plnoprofilový razící stroj představuje sestavu zařízení a strojů, která umožňuje mechanicky „vyvrtat“ do horninového masivu výrub kruhového průřezu a vyztužit ho proti zavalení. Celý razící komplex je složitá strojní sestava o délce větší než 100 m. Nejedná se totiž pouze o razící hlavu, ale i další návěsy, na kterých jsou umístěna vedení, rozvody, pomocné mechanismy apod.

Výhody mechanizované ražby:

- Použitelné v zeminách a při ražbě pod hladinou podzemní vody
- Vysoká kvalita ostění
- Bezpečnější práce pro raziče
- Rychlost výstavby
- Ekonomicky výhodné pro dlouhé tunely

Nevýhody mechanizované ražby:

- Možnost pouze kruhového příčného řezu
- Velká prostorová náročnost zařízení staveniště
- Malá možnost přizpůsobení změněným geologickým podmínkám
- Při poškození stroje velké zpoždění stavby

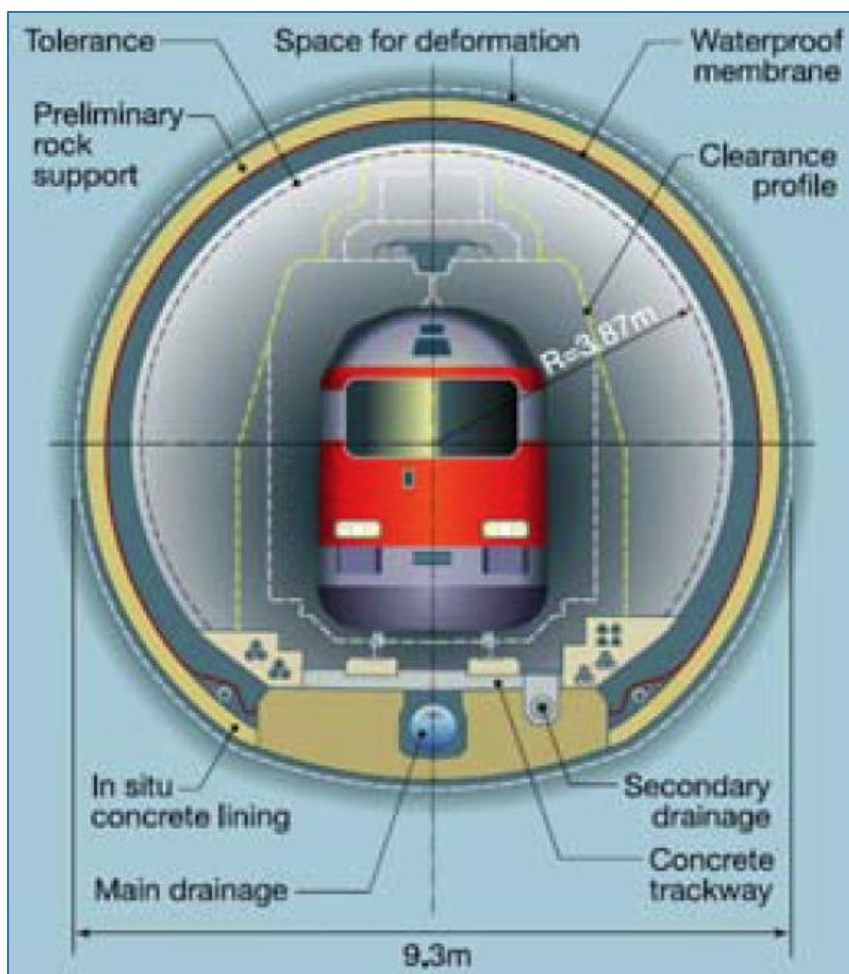
2.2.15.1. Navržené typy tunelů v projektu

Bez ohledu pro návrhovou rychlost navrhuji pro tento projekt, mimo jiné z výše uvedeného, pro tunely do délky 1 km jeden dvoukolejný tunel podkovitého průřezu s nebo bez spodní klenby s klasickou konstrukcí železničního svršku.

Pro tunely delší než 1 km navrhuji dva jednokolejné tunely kruhového průřezu ražené pomocí mechanizované ražby s pevnou jízdni dráhou ÖBB Porr.

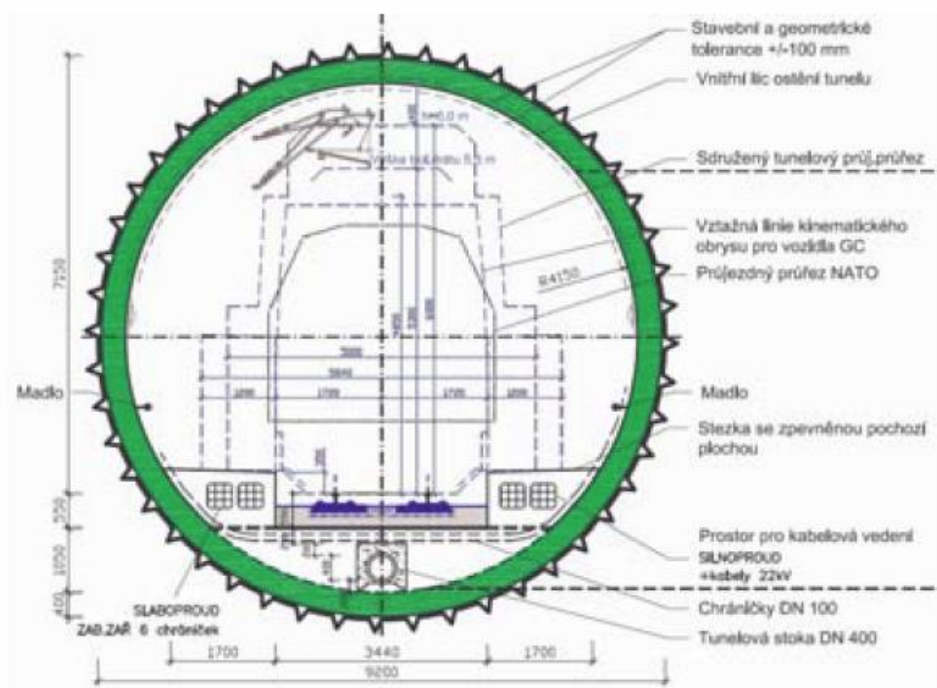
Při návrhu příčných řezů jsem vycházel především z již postavených vysokorychlostních tunelů v zahraničí, ale v potaz jsem vzal i požadavky vzorového listu pro světlý tunelový průřez. Při návrhu příčného řezu je nutné zohlednit návrhovou rychlost.

Pro rychlost 250 km/h a pro mechanizovanou ražbu by měl podle vzorových listů mít příčný řez vnitřní poloměr 4700 mm (tento poloměr platí až do rychlosti 300 km/h). Pro rychlost do 230 km/h je pak tento poloměr snížen na 4450 mm. Pro srovnání, vysokorychlostní tunel Lotschberg ve Švýcarsku, kde je traťová rychlost 250 km/h má tento poloměr jen 3870 mm.

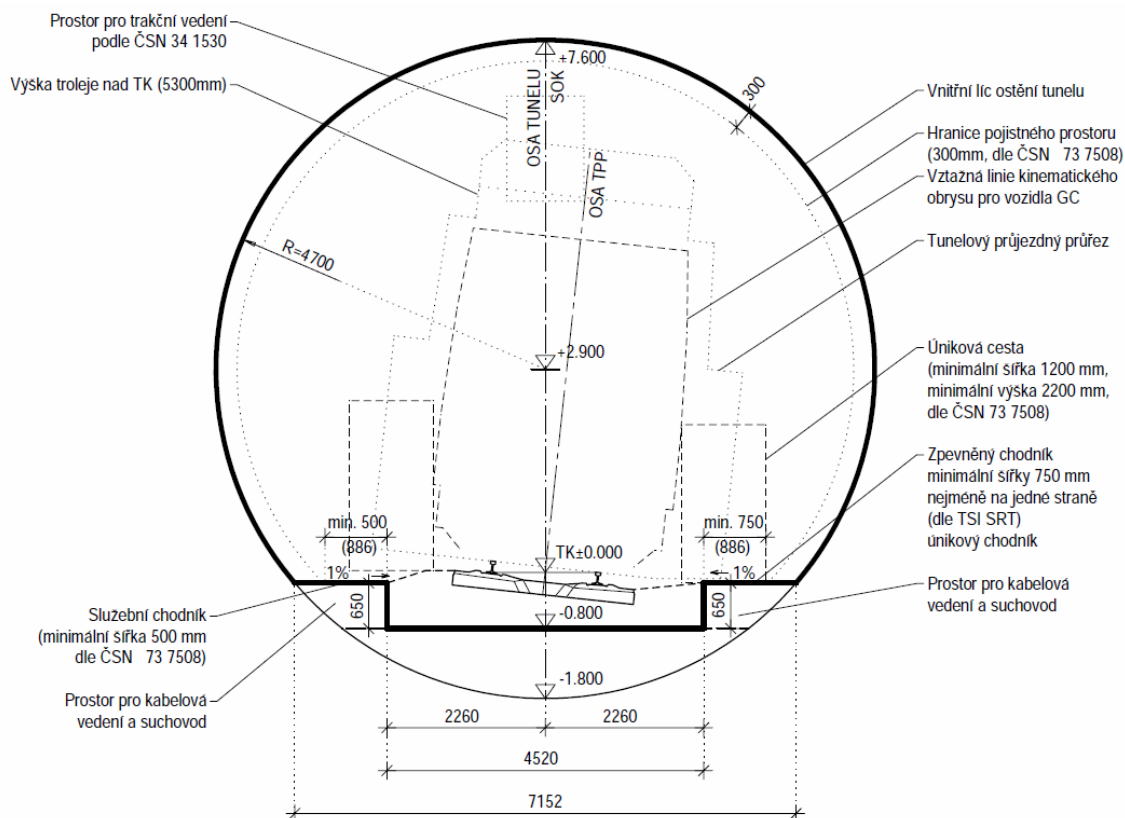


Obrázek 104 - Vysokorychlostní tunel Lotschberg ve Švýcarsku [12]

Z přecházejícího obrázku jsou také patrné zvýšené plochy podél koleje pro snadnější evakuaci osob v případě mimořádné události v tunelu. Tyto plochy se v českých tunelech nenavrhují, nejsou zavedeny v již zmíněných vzorových listech. Výjimku ovšem tvoří tunel Barrandov, viz kapitola 3.4.3. Tento tunel je ovšem pouze ve fázi odloženého projektu.



Obrázek 105 - Příčný řez tunelem Barrandov [12]



Obrázek 106 - Vzorový řez dle vzorových listů pro rychlosti 230 - 300 km/h [6]



Další příklad je vysokorychlostní tunel CTRL ve Velké Británii. Tunel leží na trati, která spojuje Londýn s Eurotunelem. Rychlost v tunelu je 270 km/h a vnitřní poloměr je pouze 3575 mm. V tomto tunelu jsou však navržena technická opatření pro snížení aerodynamického tlaku při průjezdu.

Návrh příčného řezu tunelu pro tento projekt vznikl jako kompromis českých vzorových listů a příčných řezů vysokorychlostních tunelů v Evropě. Vnitřní poloměr jednokolejného tunelu pro rychlost 250 km/h v tomto projektu je navržen na 4000 mm, viz příloha č. A.3.b.

Návrh příčného řezu tunelu pro rychlost 350 km/h probíhal stejným způsobem jako pro tunel s rychlostí 250 km/h. Vzorové listy pro tuto varianty zatím nemají řešení, a proto nezbývá nic jiného, než hledat inspiraci opět v zahraničí. Touto dobrou inspirací může být španělský vysokorychlostní tunel Guadarrama. Rychlost v tomto tunelu je 350 km/h a jeho vnitřní poloměr je 4,250 m.

Pro tyto výše zmíněné jednokolejné tunely musí být navrženy bezpečnostní propojky. Propojky slouží k evakuaci osob z jedné tunelové trouby do druhé. Tyto propojky by neměly být od sebe dále než 500 m.



ČÁST PROJEKTOVÁ

Popisuje vlastní technické řešení projektu. Popis se zaměřuje především na návrhové parametry a dále na směrové a výškové vedení tras. V závěru této části je krátké zhodnocení.





3. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

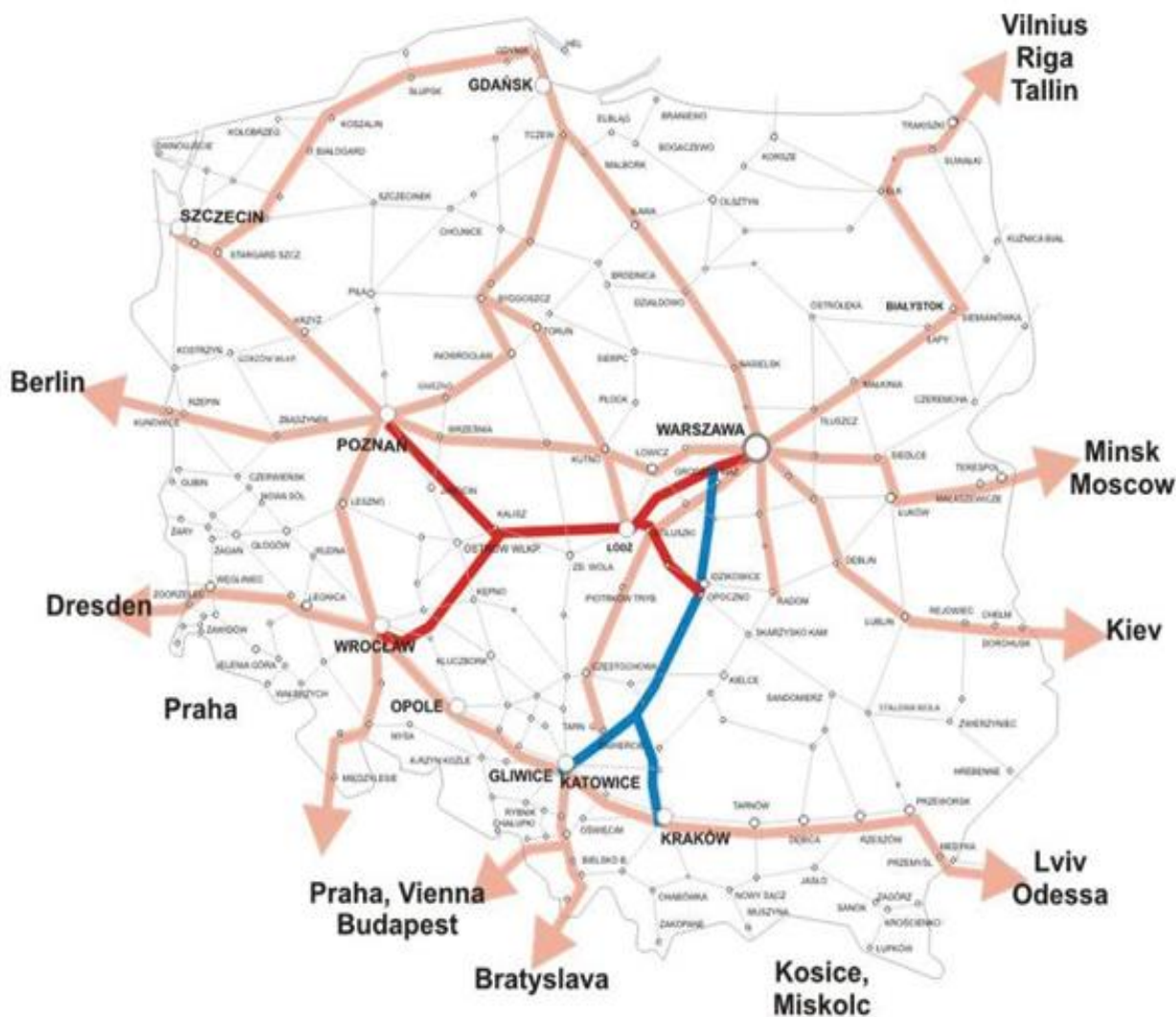
Název stavby:	Návrh úseku železniční trasy rychlého spojení Praha - Wroclaw s návrhovou rychlostí 250 km/h, variantně až 350 km/h - Pouze na území České republiky v úseku Plaňany – státní hranice
Charakter stavby:	Dopravní, novostavba
Stupeň dokumentace:	Studie
Zadavatel:	ČVUT v Praze Fakulta stavební, Katedra železničních staveb Thákurova 7 166 29 Praha 6
Projektant:	Bc. Lukáš Smutek Bučina 51 566 01 Vysoké Mýto
Místo stavby:	Česká republika kraj Středočeský a Královehradecký okres Kolín, Nymburk, Hradec Králové, Náchod a Trutnov
Termín odevzdání dokumentace:	8. ledna 2017

4. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Cílem této diplomové práce je navrhnout dvě základní varianty vedení trasy rychlého spojení Prahy s Wroclawí na území České republiky. První varianta je navržena pro smíšený provoz osobní a nákladní dopravy s návrhovou rychlostí 250 km/h a druhá varianta, s rychlostí do 350 km/h, je uvažována pouze pro osobní provoz. V obou variantách se tedy jedná o vysokorychlostní trať.

Toto spojení Prahy s Wroclawí by také mělo umožnit spojení Prahy s Varšavou. Mezi Varšavou a Wroclawí by totiž do roku 2030 měla být dokončena první moderní polská vysokorychlostní trať, tzv. trať Y. Název „Y“ vyplívá z jejího tvaru v mapě, viz následující obrázek. Trasa totiž spojuje tři města, Varšavu, Wroclaw a Lodž.

Tato trať byla vyprojektována pro rychlost maximálně 350 km/h, s osovou vzdáleností 4 750 mm a minimálním poloměrem směrového oblouku 6 000 m. Výstavba byla zahájena již v roce 2013.

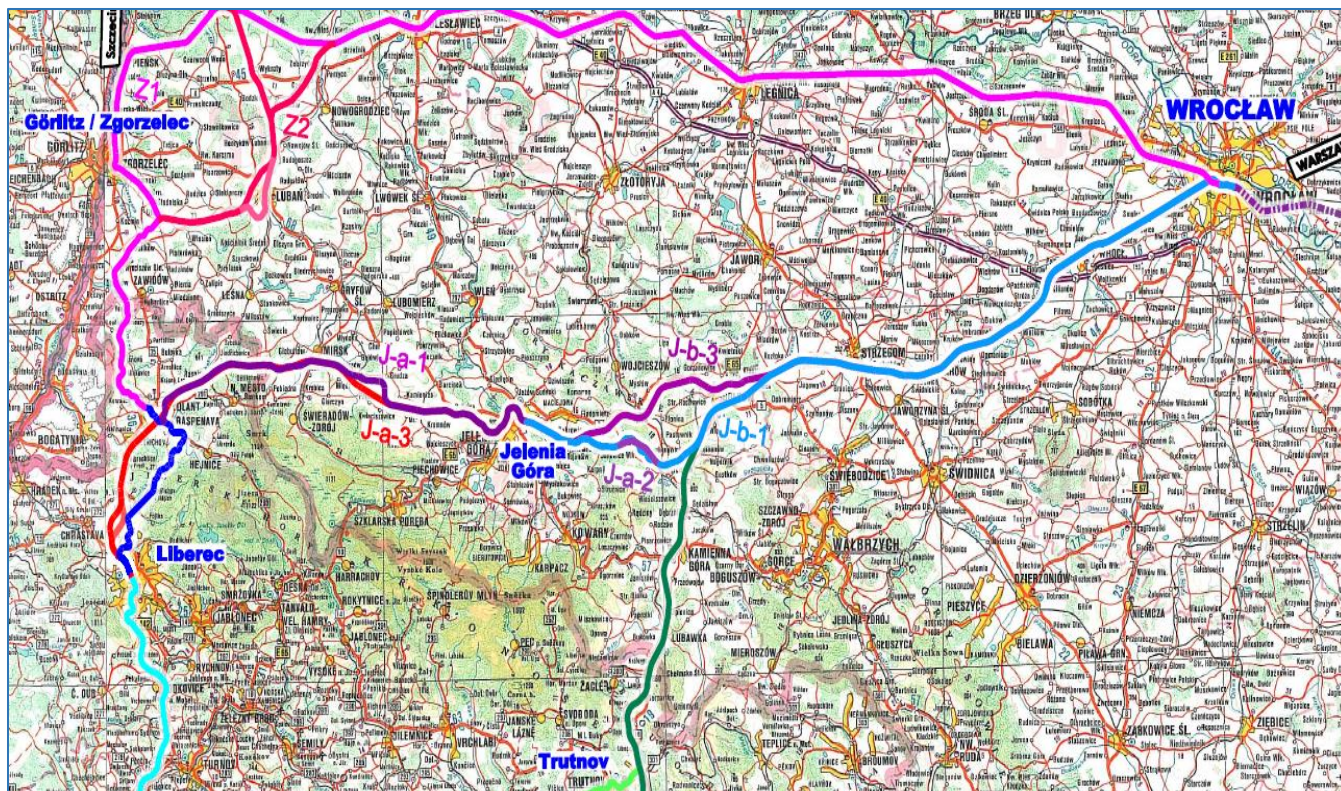


Obrázek 107 - Trať v Polsku, červeně trať Y a modře Centralna magistrala kolejowa [66]



V současné době je v Polsku trať, která měla v době projektové přípravy a realizace ambice stát se první vysokorychlostní tratí v Polsku již v 80. letech minulého století. Tato trať byla projektována pro rychlost 250 km/h, povolená rychlost je ovšem 200 km/h. Tato rychlost byla povolena před nedávnou dobou, konkrétně v roce 2014, kdy došlo na trati k instalaci zabezpečovacího zařízení ETCS Level 1. Jedná se o trať Centralna magistrala kolejowa, která spojuje Katowice/Krakov s Varšavou. Trať byla postavena v 80. letech minulého století a v současné době probíhá její modernizace a úprava pro rychlost až 250 km/h.

Jak již bylo zmíněno v první části diplomové práce, je spojení Prahy s polským městem Wrocław označováno jako Rychlé spojení RS 5, při trasování přes Hradec Králové, anebo jako Rychlé spojení RS 42 při trasování přes Liberec. Při trasování přes Liberec jsou navíc dvě různé varianty vedení v Polsku. První je přes město Jelenia Góra a druhá přes Zawidow. To je patrné z následujícího obrázku, který pochází ze studie od společnosti IKP Consulting Engineers z roku 2011.



Obrázek 108 - Přehled variant v Polsku z podkladů MD ČR



5. PODKLADY

5.1. Mapové podklady

Mapové podklady laskavě zapůjčil pro akademické účely Český úřad zeměměřický a katastrální za poplatek.

- Digitální rastrové mapy:

ZM 50 – Základní mapa v měřítku 1:50 000, 20 ks

- Polohopis a výškopis:

ZABAGED – 3D vrstevnice v měřítku 1:10 000, 22 ks

5.2. Projektové dokumentace

- Dopracování studie „Praha – H. Kralové/Liberec, rychlostní spojení“, Prověření propojení České republiky a Polska tratěmi vyšších rychlostí, IKP Consulting Engineers s r. o., 2011
- Koordinační studie VRT 2003, IKP Consulting Engineers s r. o., 2004

5.3. Jednotná železniční mapa

Jednotnou železniční mapu laskavě poskytla pro akademické účely bezplatně SŽDC s. o., konkrétně organizační jednotka Správa železniční geodezie Praha.

- JŽM ŽST Trutnov hlavní nádraží
 - JŽM ŽST Trutnov střed
 - JŽM ZST Trutnov Poříčí
- + propojovací úseky mezi jednotlivými stanicemi



6. STÁVAJÍCÍ STAV

Propojení České republiky s Polskem železnicí zajišťují v současnosti tyto tratě:

- Liberec - Černousy – Zawidów
 - Číslo trati dle jízdního řádu 037
 - Jednokolejnou neelektrifikovaná trať celostátní dráhy celkové délky 39,7 km.
 - Osobní doprava v úseku Černousy – státní hranice byla zastavena v roce 1993. Nákladní železniční doprava je provozována dodnes [48].
 - Maximální rychlost na trati je 80 km/h.
- Ústí nad Orlicí - Lichkov – Miedzylesie (Štýty)
 - Číslo trati dle jízdního řádu 024
 - Jednokolejná částečně elektrifikovaná trať celostátní dráhy
 - Osobní doprava: 4x osobní vlak, výchozí a cílové stanice: Pardubice hl. nádraží, Ústí nad Orlicí, Letohrad, Lichkov, Wrocław Glowny a Klodzko Glowne. Rychlíky ani spěšné vlaky zde v současné době nejezdí.
 - Nákladní doprava
 - Maximální rychlost na trati je 90 km/h.
- Bohumín – Chalupki - Kedzierzyn Koźle
 - Číslo trati dle jízdního řádu 151
 - Dvoukolejná elektrifikovaná trať, trakční soustava je stejnosměrná 3KV
 - Silný osobní provoz regionální i dálkové dopravy
 - Nákladní doprava
 - Maximální rychlost na trati je 100 km/h
- Dětmárovice - Petrovice u Karviné s odbočkou do polské obce Zerbrzydowice
 - Významná trať pro mezinárodní osobní dopravu
- Trutnov - Královec – Lubawka
 - Číslo trati dle jízdního řádu 043
 - Jednokolejná neelektrifikovaná trať regionální dráhy s délkou 20,1 km
 - V minulosti několikrát přerušen provoz, v současné době osobní dopravu provozuje soukromí dopravce a to pouze ve vybrané dny v letních měsících
 - Maximální rychlost na trati je 60 km/h
 - Maximální podélný sklon na trati je 36 ‰



- Liberec – Harrachov – Szklarska Poreba Górna
 - Číslo trati 036
 - V úseku Tanvald – Kořenov (Harrachov) ozubnicová dráha s podélným sklonem 58 ‰
 - Jednokolejná neelektrifikovaná trať regionální dráhy s délkou 38,2 km
 - Přeshraniční úsek v minulosti elektrifikován střídavou trakční soustavou 15 kV 16,7 Hz
 - Doprava na přeshraničním úseku byla od roku 1945 až do roku 2010 přerušena
 - Maximální rychlost na trati je 50 km/h

Žádná z těchto šesti tratí neumožňuje atraktivní železniční spojení Prahy s Wroclawí, resp. Varšavou.

V současném GVD 2016/2017 neexistuje přímé železniční spojení Prahy s Wroclawí. Nejrychlejší spojení s Wroclawí je přes hraniční úsek Lichkov – Miedzylesie s dvěma přestupy v Ústí nad Orlicí a Lichkově a trvá 5 hodin a 22 minut, ujetá vzdálenost je 328 km. Nejrychlejší autobusové spojení mezi těmito městy trvá 4 hodiny a 55 minut s přestupem v Liberci. Přímé autobusové spojení existuje, trvá ovšem 5 hodin a 25 minut. Podle serveru mapy.cz trvá individuální automobilové spojení 3 hodiny a 40 minut a vede přes Liberec. Z těchto časů vyplívá jednoznačná neschopnost železniční dopravy konkurovat dopravě automobilové.

Mezi Prahou a Varšavou existuje v současném GVD 2016/2017 přímé vlakové spojení. Jedná se o tři páry vlaků, vlak EC 117/116 Praha, EC 113/112 Porta Bohemika a EN 445/407 Slovakia/Chopin. Vlakům EC trvá cesta 7 hodin a 45 minut a vlakům EN 9 hodin a 5 minut. Nejrychlejší autobusové spojení trvá 9 hodin a 5 minut a podle serveru mapy.cz trvá individuální automobilové spojení 7 hodin a 5 minut.



7. NÁVRŽENÉ VARIANTY

7.1. VARIANTA A

Varianta A je varianta, kde se uvažuje smíšený provoz osobních a nákladních vlaků.

Osobní vlaky zahrnují tyto kategorie: R – rychlík, IC – InterCity, EC – EuroCity, Ex – Expres a EN – EuroNight. Nákladní vlaky pak představují pouze tyto kategorie: Nex – nákladní expres a Rn – rychlý nákladní vlak.

7.1.1. Návrhové parametry

- Maximální traťová rychlost $V_{max} = 250 \text{ km/h}$
 - Maximální traťová rychlost pro variantu A byla zvolena na $V_{max} = 250 \text{ km/h}$. Tato rychlost je podle [7] rychlost minimální pro novostavbu vysokorychlostní tratě a zároveň je to rychlost optimální pro smíšený provoz osobních a nákladních vlaků
- Rychlost nejpomalejšího vlaku $V_{min} = 160 \text{ km/h}$
 - Nejpomalejší vlak v této variantě je vlak nákladní s rychlost $V_{min} = 160 \text{ km/h}$.
- Osová vzdálenost kolejí $OV = 4,500 \text{ m}$
 - V předpisu [8] je uvedena minimální osová vzdálenost pro rychlosti do 250 km/h jako $OV = 4,000 \text{ m}$. Dále je zde uvedeno, že tato osová vzdálenost může být zvětšena například pro provoz vlaků nevyhovujících vysokorychlostním TSI subsystému „Kolejová vozidla“ nebo z důvodu pohodlí či údržby. Jelikož v současné době není známo, jaký typ vozidel bude na trati jezdit, doporučuji osovou vzdálenost kolejí navrhnout zvětšenou o bezpečnostní přírůžku $0,500 \text{ m}$. Osovou vzdálenost kolejí navrhuji tedy $4,500 \text{ m}$.
- Maximální převýšení koleje $D_{max} = 160 \text{ mm}$
 - Převýšení koleje je maximální rozdíl výšky vnějšího a vnitřního kolejnicového pásu, měřeno v ose povrchu hlavy kolejnice v mm.



- Dle [8] je maximální hodnota projektovaného převýšení pro smíšený provoz $D = 180$ mm (v provozu je dovoleno vlivem povolených odchylek převýšení až 190 mm). Dle [1] je tato hodnota $D = 160$ mm.
- Maximální nedostatek převýšení $I_{max} = 130$ mm
 - Nedostatek převýšení je rozdíl, vyjádřený v mm, mezi použitým převýšením koleje a rovnovážným převýšením pro vozidlo při určité uvedené rychlosti.
 - Dle [8] je pro rychlosti do 250 km/h maximální možný nedostatek převýšení $I_{max} = 150$ mm a mezní nedostatek převýšení $I_{lim} = 130$ mm. Dle [1] je maximální hodnota $I_{max} = 130$ mm a mezní $I_{lim} = 80$ mm.
- Maximální součinitel sklonu v zestupnici $n_{max} = 8V$
 - Maximální součinitel sklonu v zestupnici se řídí [1]. Pro rychlost do 120 km/h je standardní hodnota tohoto součinitele 10V a maximální 6V. Pro rychlost 250 km/h je standardní hodnota tohoto součinitele 12V a maximální 8V.
- Maximální podélný sklon $s_{max} = 12,5$ ‰
 - Maximální přípustný podélný sklon pro smíšený provoz stanovuje [9].
- Zaoblení výškového oblouku $R_{min} = 0,4 * V^2$
 - Lomy sklonu jsou zaobleny výškovými parabolickými oblouky druhého stupně se svislou osou. Poloměry oskulační kružnice tohoto oblouku jsou navrženy jako $R = 0,4 * V^2$. Tato hodnota vychází z ustanovení v [1]. Pro srovnání, v Rakousku se pro zaoblení používá standardní poloměr $R = 0,406 * V^2$. V Německu je pro rychlost nad 300 km/h stanovena pevná hodnota poloměru zaoblení výškového oblouku, která má hodnotu 22 500 m a pro rychlosti do 300 km/h se má poloměr zaoblení uvažovat $R = 0,4 * V^2$. Ve Španělsku se pak tyto poloměry mají navrhovat jako $R = 0,35 * V^2$ (při rychlosti nad 250 km/h).

7.1.2. Varianta A.1

7.1.2.1. Směrové vedení

Varianta začíná jižně od obce Plaňany a pokračuje přímým úsekem délky 926,244 m. Poté následuje levotočivý směrový kružnicový oblouk se symetrickými přechodnicemi.

Jeho parametry jsou uvedeny v následující tabulce. Nedostatek převýšení I je spočten pro návrhovou rychlost a přebytek převýšení E_{160} je spočten pro rychlost nákladního vlaku, tedy pro $V = 160$ km/h.



Tabulka 8 - První směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	15000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	30 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	1 mm
Středový úhel	α =	12,121322 °
Délka kružnicové části	L_i =	3113,355 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	949 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,010 M
Tečna oblouku	T =	1622,623 M

Přibližně v polovině směrového oblouku kříží trasa mimoúrovňově silnici první třídy č. 12 pod úhlem přibližně 24°.

Za obloukem následuje přímý úsek délky 1943,148 m a poté krátký levotočivý směrový kružnicový oblouk se symetrickými přechodnicemi, jehož parametry jsou uvedeny v následující tabulce. V této části trať prochází v těsné blízkosti obcí Velim, Vítězov a Nová ves u Kolína. Na konci oblouku se navržená trať mimoúrovňově kříží se stávající železniční tratí č. 010/011 pod úhlem přibližně 70° a také se silnicí první třídy č. 38.

Tabulka 9 - Druhý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	15000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	30 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	1 mm
Středový úhel	α =	7,562884 °
Délka kružnicové části	L_i =	1919,958 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	949 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,010 m
Tečna oblouku	T =	1622,623 m



Poté následuje přímý úsek délky 1813,094 m a přemostění řeky Labe. Dále trať míjí levotočivým obloukem obec Veltruby. Oblouk je opět kružnicový se symetrickými přechodnicemi a jeho parametry jsou uvedeny v následující tabulce. Přibližně v polovině kružnicové části oblouku trať mimoúrovňově kříží stávající železniční trať č. 231.

Tabulka 10 - Třetí směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	16000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	27 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	1 mm
Středový úhel	α =	14,266873 °
Délka kružnicové části	L_i =	3924,063 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	949 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,009 m
Tečna oblouku	T =	2032,389 m

Za obloukem následuje krátká mezipřímá délky 592,220 m a poté dlouhý pravotočivý kružnicový směrový oblouk se symetrickými přechodnicemi. Tímto obloukem se trať stáčí k dálnici D11, jeho parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 11 - Čtvrtý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	13000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	37 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	3 mm
Středový úhel	α =	35,184939 °
Délka kružnicové části	L_i =	7923,210 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	883 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,012 m
Tečna oblouku	T =	4151,966 m



Poté následuje přímý úsek délky 3882,290 m. V této části je trať vedena přibližně rovnoběžně s dálnicí D11, ovšem ve vzdálenosti přibližně 1 km. Následuje pátý levotočivý kružnicový směrový oblouk se symetrickými přechodnicemi, kterým se trať přibližuje k dálnici D11 na vzdálenost 60 až 100 m. Parametry tohoto oblouku jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 12 - Pátý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	8000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	73 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	18 mm
Středový úhel	α =	16,051023 °
Délka kružnicové části	l_i =	2181,146 m
Délka přechodnice a vzestupnice	l_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	693 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,019 m
Tečna oblouku	T =	1157,962 m

Následuje krátká mezipřímá délky 364,804 m a poté šestý směrový oblouk, který je pravotočivý kružnicový se symetrickými přechodnicemi. Tímto obloukem trať mimoúrovňově kříží dálnici D11 a trať až k Hradci Králové vede severně od této dálnice. Parametry šestého směrového oblouku jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 13 - Šestý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	8000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	73 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	18 mm
Středový úhel	α =	15,248539 °
Délka kružnicové části	l_i =	2069,098 m
Délka přechodnice a vzestupnice	l_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	693 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,019 m
Tečna oblouku	T =	1100,880 m



Za obloukem následuje přímý úsek délky 922,298 m, kterým trať přemostňuje řeku Cidlinu. Dále následuje sedmý směrový oblouk, kterým se trať odchyluje od dálnice D11. Oblouk je kružnicový se symetrickými přechodnicemi a jeho parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 14 - Sedmý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	5000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	68 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	8 mm
Středový úhel	α =	23,455028 °
Délka kružnicové části	L_i =	1842,837 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	204,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	1010 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,347 m
Tečna oblouku	T =	1140,025 m

Dále trať pokračuje v přímé a mimoúrovňově kříží silnici první třídy č. 36. Přímá má délku 2075,896 m a poté následuje pravotočivý směrový oblouk se symetrickými přechodnicemi. Tímto obloukem se trať přimyká ke stávající železniční trati 020, se kterou povede v souběhu až do Hradce Králové. Oblouk má následující parametry.

Tabulka 15 - Osmý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	4000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	105 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	29 mm
Středový úhel	α =	21,264222 °
Délka kružnicové části	L_i =	1169,523 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	315,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	1122 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	1,034 m
Tečna oblouku	T =	908,586 m



Poté následuje přímá délky 1530,383 m a poté devátý směrový oblouk. Oblouk je pravotočivý kružnicový se symetrickými přechodnicemi a jeho parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 16 - Devátý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	15000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	30 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	1 mm
Středový úhel	α =	3,192944 °
Délka kružnicové části	L_i =	775,911 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	949 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,010 m
Tečna oblouku	T =	448,064 m

Dále následuje dlouhý přímý úsek, který má délku 6626,983 m a poté levotočivý oblouk s těmito parametry.

Tabulka 17 - Desátý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	4000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	105 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	4 mm
Středový úhel	α =	16,380229 °
Délka kružnicové části	L_i =	828,556 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	315,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	1122 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	1,034 m
Tečna oblouku	T =	733,345 m



Po 4057,713m dlouhém přímém úseku následuje jedenáctý směrový oblouk, který má tyto parametry.

Tabulka 18 - Jedenáctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	20000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	16 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	5 mm
Středový úhel	α =	5,528793 °
Délka kružnicové části	L_i =	1869,013 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	1095 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,007 m
Tečna oblouku	T =	995,706 m

Dále následuje krátký mezipřímý úsek délky 418,115 m. V tomto úseku je navrženo mimoúrovňové křížení s plánovanou trasou dálnice D11. Poté následuje další směrový oblouk. Jedná se o levotočivý kružnicový oblouk se symetrickými přechodnicemi a má tyto parametry.

Tabulka 19 - Dvanáctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	6000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	43 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	8 mm
Středový úhel	α =	18,990753 °
Délka kružnicové části	L_i =	1925,457 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	69,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	643 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,033 m
Tečna oblouku	T =	1038,032 m



Dále následuje další přímý úsek, který má délku 1789,886 m. Tímto úsekem trať vstupuje do města Hradec Králové. Dále následuje krátký směrový kružnicový oblouk se symetrickými přechodnicemi, který je levotočivý. Jeho parametry jsou uvedeny v následující tabulce. Tento oblouk je z důvodu nepříznivých prostorových možností navržen pro rychlost 120 km/h. Jelikož za tímto obloukem v těsné blízkosti následuje ŽST Hradec Králové hl. n., kde budou zřejmě všechny vlaky zastavovat, je tato rychlost dostačující.

Tabulka 20 - Třináctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	700 m
Rychlost	V =	120 km/h
Převýšení	D =	143 mm
Nedostatek převýšení	l =	100 mm
Středový úhel	$\alpha =$	35,096767 °
Délka kružnicové části	Li =	222,788 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk =	206,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	880 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	2,524 m
Tečna oblouku	T =	325,083 m

Za ŽST Hradec Králové hl. n. pokračuje trať v délce přibližně 600 m v souběhu s tratí 031. Poté následuje pravotočivý směrový oblouk, kterým se trať vzdaluje od trati 031 a dále pokračuje po novém drážním tělese severoseverovýchodním směrem k státním hranicím. Tento oblouk je opět kružnicový se symetrickými přechodnicemi a má tyto parametry.

Tabulka 21 - Čtrnáctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	10000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	$l_{160} =$	8 mm
Středový úhel	$\alpha =$	8,888993 °
Délka kružnicové části	Li =	1501,422 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk =	50,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	707 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,010 m
Tečna oblouku	T =	802,271 m



Oblouk je navržen tak, aby umožnil rychlost až 250 km/h, ovšem vzhledem k blízkosti ŽST Hradec Králové hl. n. se předpokládá průjezd oblouku nižší rychlostí. Nižší rychlost vyvolá přebytek převýšení, jelikož je navrženo převýšení pouze 20 mm, bude tento přebytek vždy menší než maximální dovolená hodnota.

Po mezipřímé délky 906,040 m následuje levotočivý směrový kružnicový oblouk se symetrickými přechodnicemi. Tímto obloukem trať překračuje řeku Labe a dále se západně vyhýbá rybníku Správcák a východně obci Lohenice. Tento patnáctý směrový oblouk má následující parametry.

Tabulka 22 - Patnáctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	6000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	43 mm
Nedostatek převýšení	I =	80 mm
Nedostatek převýšení	$I_{160} =$	8 mm
Středový úhel	$\alpha =$	13,421220 °
Délka kružnicové části	$L_i =$	1276,167 m
Délka přechodnice a vzestupnice	$L_k =$	129,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	880 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,116 m
Tečna oblouku	T =	770,478 m

Poté následuje přímý úsek délky 1106,511 m, který vede přibližně rovnoběžně s řekou Labe a poté trať pokračuje pravotočivým směrovým kružnicovým obloukem se symetrickými přechodnicemi. V tomto oblouku trať přemostuje opět řeku Labe a dále také stávající železniční trať č. 031. Díky tomuto oblouku se trať přibližuje k plánované dálnici D11. Parametry šestnáctého směrového oblouku jsou uvedeny v následující tabulce.



Tabulka 23 - Šestnáctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	6000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	43 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	8 mm
Středový úhel	α =	22,665849 °
Délka kružnicové části	L_i =	2266,062 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	108,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	803 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,080 m
Tečna oblouku	T =	1256,270 m

Poté následuje dlouhý směrově přímý úsek, který má délku 7559,744 m. V první čtvrtině délky trať mimoúrovňově kříží silnici první třídy č. 33 a poté pokračuje ve společném koridoru s plánovanou dálnicí D11. Poté následuje, z důvodu směrových oblouků dálnice, dvounásobné křížení s touto dálnicí. Trať dále u obce Jaroměř, kterou míjí severozápadně, pokračuje směrovým obloukem pravotočivým. Tímto obloukem se trať mimoúrovňově kříží s další silnicí první třídy č. 37 a také se železniční tratí č. 030. Tato křížení jsou vyřešena jedním mostním objektem, který také umožní průchod obcí Heřmanice. Jedná se o prostý kružnicový oblouk s parametry uvedenými v následující tabulce.

Tabulka 24 - Sedmnáctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	50000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	0 mm
Nedostatek převýšení	l =	15 mm
Středový úhel	α =	5,591570 °
Délka kružnicové části	L_i =	4879,565 m

Dále následuje přímý úsek délky 980,181 m a poté levotočivý směrový kružnicový oblouk se symetrickými přechodnicemi. Tento oblouk je již osmnáctým směrovým obloukem této varianty a má následující parametry.



Tabulka 25 - Osmnáctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	3800 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	115 mm
Nedostatek převýšení	I =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	36 mm
Středový úhel	α =	37,376709 °
Délka kružnicové části	L_i =	2133,917 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	345,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	1145 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	1,305 m
Tečna oblouku	T =	1458,298 m

Po 742,136 m dlouhém přímém úseku následuje devatenáctý směrový oblouk, kterým trať výrazně uhýbá z dosavadního, přibližně severního směru na směr severovýchodní k obci Úpice. Parametry tohoto oblouku jsou v následující tabulce.

Tabulka 26 - Devatenáctý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	6000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	43 mm
Nedostatek převýšení	I =	80 mm
Nedostatek převýšení	I_{160} =	8 mm
Středový úhel	α =	44,705128 °
Délka kružnicové části	L_i =	4552,424 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	129,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	880 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,116 m
Tečna oblouku	T =	2531,802 m

Dále následuje 2078,676 m dlouhý přímý úsek a poté levotočivý směrový oblouk se symetrickými přechodnicemi. Tento oblouk opět trať stáčí na sever a západně se vyhýbá obci Úpice. Parametry dvacátého směrového oblouku jsou uvedeny v následující tabulce.



Tabulka 27 - Dvacátý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	4000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	105 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	30 mm
Středový úhel	α =	48,829297 °
Délka kružnicové části	L_i =	3093,780 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	315,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	1123 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	1,035 m
Tečna oblouku	T =	1973,780 m

Poté následuje přímý úsek dlouhý 2520,931 m, kterým trať mimoúrovňově kříží jedním mostním objektem nejprve řeku Úpu, dále silnici první třídy č. 14 a železniční trať č. 030. Dále následuje dvacátý první směrový oblouk. Na tento oblouk inflexním bodem navazuje směrový oblouk č. 21, který je rovněž kružnicový s nesymetrickými přechodnicemi. Parametry oblouků č. 21 a 22 jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 28 - Dvacátý první směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	3050 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	142 mm
Nedostatek převýšení	l =	100 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	43 mm
Středový úhel	α =	31,582357 °
Délka kružnicové části	L_i =	1293,580 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_{k_1} =	426,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_1 =	12V -
Parametr klotoidy	A_1 =	1140 m ²
Odsazení kružnicové části	m_1 =	2,479 m
Tečna oblouku	T_1 =	1074,671 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_{k_2} =	349,259 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_2 =	9,84V -
Parametr klotoidy	A_2 =	1032 m ²
Odsazení kružnicové části	m_2 =	1,666 m
Tečna oblouku	T_2 =	1039,189 m



Tabulka 29 - Dvacátý druhý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	2200 m
Rychlost	V =	220 km/h
Převýšení	D =	130 mm
Nedostatek převýšení	l =	130 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	8 mm
Středový úhel	α =	37,408557 °
Délka kružnicové části	L_i =	1102,667 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk_1 =	319,744 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_1 =	11,18V -
Parametr klotoidy	A_1 =	839 m ²
Odsazení kružnicové části	m_1 =	1,936 m
Tečna oblouku	T_1 =	905,923 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk_2 =	347,693 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_2 =	12,16V -
Parametr klotoidy	A_2 =	875 m ²
Odsazení kružnicové části	m_2 =	2,289 m
Tečna oblouku	T_2 =	918,846 m

Dále následuje přímý úsek délky 540,528 m a poté směrový oblouk č. 23. Oblouk je levotočivý kružnicový se symetrickými přechodnicemi. Tímto obloukem začíná hradecké zhlaví železniční stanice Trutnov Poříčí. Železniční stanici Trutnov Poříčí je věnována samostatná kapitola 7.3, zde je popsáno pouze směrové vedení hlavních kolejí.

Tabulka 30 - Dvacátý třetí směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	700 m
Rychlost	V =	100 km/h
Převýšení	D =	69 mm
Nedostatek převýšení	l =	100 mm
Středový úhel	α =	69,203338 °
Délka kružnicové části	L_i =	789,978 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk =	69,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	10V -
Parametr klotoidy	A =	220 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,283 m
Tečna oblouku	T =	517,430 m



Po přímém úseku následuje pravotočivý směrový oblouk č. 24. Jedná se o kružnicový oblouk se symetrickými přechodnicemi. Parametry tohoto oblouku jsou v následující tabulce.

Tabulka 31 - Dvacátý čtvrtý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	460 m
Rychlost	V =	100 km/h
Převýšení	D =	157 mm
Nedostatek převýšení	l =	100 mm
Středový úhel	$\alpha =$	63,003948 °
Délka kružnicové části	Li =	379,828 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk =	157,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	10V -
Parametr klotoidy	A =	269 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	2,230 m
Tečna oblouku	T =	360,115 m

Za tímto obloukem trať opět pokračuje severním směrem a následuje přímý úsek délky 568,021 m. Dále následuje směrový oblouk č. 25. Jedná se o kružnicový oblouk s nesymetrickými přechodnicemi. V tomto oblouku trať kříží silnici první třídy č. 16.

Tabulka 32 - Dvacátý pátý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	6000 m
Rychlost	V =	200 km/h
Převýšení	D =	30 mm
Nedostatek převýšení	l =	49 mm
Nedostatek převýšení	$l_{160} =$	21 mm
Středový úhel	$\alpha =$	17,301887 °
Délka kružnicové části	Li =	1722,322 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk ₁ =	72,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n ₁ =	12V -
Parametr klotoidy	A ₁ =	657 m ²
Odsazení kružnicové části	m ₁ =	0,036 m
Tečna oblouku	T ₁ =	949,024 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk ₂ =	107,034 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n ₂ =	17,84V -
Parametr klotoidy	A ₂ =	801 m ²
Odsazení kružnicové části	m ₂ =	0,080 m
Tečna oblouku	T ₂ =	966,255 m



Dále následuje soustava čtyř směrových oblouků, které na sebe navazují inflexním bodem. Jedná se o oblouky č. 26, 27, 28 a 29 a jejich parametry jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 33 - Dvacátý šestý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	4200 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	96 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	24 mm
Středový úhel	α =	64,973001 °
Délka kružnicové části	L_i =	4442,778 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_{k_1} =	342,509 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_1 =	14,27V -
Parametr klotoidy	A_1 =	1199 m ²
Odsazení kružnicové části	m_1 =	1,164 m
Tečna oblouku	T_1 =	2845,975 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_{k_2} =	297,474 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_2 =	12,39V -
Parametr klotoidy	A_2 =	1118 m ²
Odsazení kružnicové části	m_2 =	0,878 m
Tečna oblouku	T_2 =	2823,909 m

Tabulka 34 - Dvacátý sedmý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	3900 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	110 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	3 mm
Středový úhel	α =	24,025595 °
Délka kružnicové části	L_i =	1332,942 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_{k_1} =	340,855 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_1 =	12,39V -
Parametr klotoidy	A_1 =	1153 m ²
Odsazení kružnicové části	m_1 =	1,241 m
Tečna oblouku	T_1 =	999,342 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_{k_2} =	264,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_2 =	9,60V -
Parametr klotoidy	A_2 =	1015 m ²
Odsazení kružnicové části	m_2 =	0,745 m
Tečna oblouku	T_2 =	963,254 m



Tabulka 35 - Dvacátý osmý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	3500 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	131 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	45 mm
Středový úhel	α =	20,716991 °
Délka kružnicové části	L_i =	906,737 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk_1 =	314,401 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_1 =	9,60V -
Parametr klotoidy	A_1 =	1019 m ²
Odsazení kružnicové části	m_1 =	1,177 m
Tečna oblouku	T_1 =	799,298 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk_2 =	403,184 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_2 =	12,31V -
Parametr klotoidy	A_2 =	1188 m ²
Odsazení kružnicové části	m_2 =	1,935 m
Tečna oblouku	T_2 =	839,529 m

Tabulka 36 - Dvacátý devátý směrový oblouk, varianta A.1

Poloměr	R =	10000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	54 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	24 mm
Středový úhel	α =	3,023072 °
Délka kružnicové části	L_i =	471,848 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk_1 =	61,555 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_1 =	12,31V -
Parametr klotoidy	A_1 =	785 m ²
Odsazení kružnicové části	m_1 =	0,016 m
Tečna oblouku	T_1 =	294,550 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk_2 =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_2 =	12V -
Parametr klotoidy	A_2 =	707 m ²
Odsazení kružnicové části	m_2 =	0,010 m
Tečna oblouku	T_2 =	288,976 m

Směrový oblouk č. 29 je poslední oblouk této varianty. Za ním následuje poslední směrový prvek, kterým je přímá délky 805,823 m. Tato varianta končí v km 119,193 628.



7.1.2.2. Výškové vedení

Výškový návrh byl proveden, vzhledem k značně omezeným možnostem získat mapové podklady, pouze v úseku přibližně Hradec Králové – státní hranice.

Vzhledem k typu projektového stupně a velikosti měřítka se výškové řešení nezabývá mostními objekty menších významů, tzv. krátké mosty a propustky. Jsou zde navrženy pouze mosty, kterými trať překračuje významné pozemní komunikace, jako jsou silnice první třídy a dálnice a stávající železniční tratě. Dále jsou navrženy mosty v místech, kde by jinak bylo nutné vybudovat násypy vyšší jak (přibližně) 15 m.

Tunely jsou navrženy v místech, kde by jinak bylo nutné vybudovat zářez vyšší jak (přibližně) 15 m

Začátek výškového návrhu byl vložen do bodu v km 65,000 000. Od začátku tohoto návrhu až do přibližně km 84,000 000 se trať nachází v rovinném terénu.

Výškový návrh začíná úsekem jednotného sklonu, který má hodnotu +1,98 ‰ a délku 4279,204 m. V tomto úseku je trať navržena na mírném násypu. Dále následuje úsek jednotného sklonu 4,30 ‰ s délkou 11294,253 m, kde trať střídavě pokračuje v zářezech a násypech. Na konci tohoto úseku je navržen první významný mostní objekt délky 1700 m. Ten je navržen z důvodu vedení nivelety přibližně 15 m nad terénem a zároveň umožní mimoúrovňové křížení s plánovanou dálnicí D11.

Dále trať pokračuje dalším úsekem jednotného sklonu. Jedná se opět o stoupání s hodnotou 11,28 ‰ a délkou 5216,125 m. Na začátku tohoto úseku je navržen další významný mostní objekt č. 2 délky 700 m. Zde je navržena niveleta trati až 40 m nad terénem a dochází zde k mimoúrovňovému křížení trati se silnicí první třídy č. 37 a také se železniční tratí č. 030. Na konci tohoto úseku je navržen další mostní objekt č. 3 délky 1300 m, který zasahuje částečně do dalšího úseku jednotného sklonu, kterým je stoupání o hodnotě 7,32 ‰ a délkou 10103,456 m. Na konec mostního objektu č. 4 plynule navazuje první tunel této varianty. Jedná se o úpický tunel, který je jednokolejný a má délku 9800 m. Tunel končí těsně před koncem úseku jednotného sklonu.

Dalším úsekem jednotného sklonu je stoupání, které má hodnotu 0,03 ‰ a délku 6057,025 m. Zde jsou navrženy tři mostní objekty a dva dvoukolejné tunely. První je navržen mostní objekt č. 4 s délkou 800 m, poté následuje tunel Suchovršice s délkou 800 m, poté mostní objekt č. 5 s délkou 600 m, poté mostní objekt č. 6 s délkou rovněž 600 m a nakonec tunel Bohuslavice I, který má délku 900 m.



Poté následuje první klesání této varianty, které má hodnotu 5,82 ‰ a délku 3537,112 m. Zde jsou navrženy dva tunely a jeden mostní objekt. První objekt je tunel Bohuslavice II, který je jednokolejný s délkou 1200 m, poté následuje mostní objekt č. 7 s délkou 200 m, čímž dochází k mimoúrovňovému křížení se železniční tratí č. 030 a poté následuje krátký tunel Poříčís délkou 300 m.

Dále následuje mírné stoupaní, které má hodnotu 1,07 ‰ a délku 1538,475 m. V tomto stoupaní je navržena ŽST Trutnov Poříčí. Dále trať pokračuje maximálním možným stoupáním 12,5 ‰, které má délku 8934,099 m. V tomto stoupaní jsou navrženy dva jednokolejné tunely a tři mostní objekty. První je tunel Voletiny, který má délku 1200 m a druhý je olešnický tunel s délkou 4500 m. Poté následuje mostní objekt č. 8 s délkou 800 m, dále mostní objekt č. 9 s délkou 300 m a poté mostní objekt č. 10 s délkou 600 m. Následuje poslední úsek jednotného sklonu, kterým je klesání o hodnotě 4,25 ‰ s délkou 3080,995 m.

Následují dvě tabulky, které shrnují výškové návrhové prvky

Tabulka 37 - Výškové návrhové prvky, varianta A.1

číslo lomu sklonu		1	2	3	4
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+1,98	+4,30	+11,28	+7,32
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	4279,204	11294,253	5216,125	10103,456
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+4,30	+11,28	+7,32	+0,03
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	11294,253	5216,125	10103,456	6057,025
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	25000	25000	25000	25000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	29,000	87,250	49,500	91,125
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,017	0,152	0,049	0,166

Tabulka 38 - Výškové návrhové prvky, varianta A.1

číslo lomu sklonu		5	6	7	8
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+0,03	-5,82	+1,07	+12,50
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	6057,025	3537,112	1538,475	89,099
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	-5,82	+1,07	+12,50	-4,25
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	3537,112	1538,475	89,099	3080,995
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	25000	10000	10000	25000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	72,375	34,450	57,150	210,625
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,105	0,059	0,163	0,887



7.1.3. Varianta A.2

Varianta A.2 vychází z předchozí varianty, částečně ji kopíruje a částečně je vedena v jiné stopě.

7.1.3.1. Směrové vedení

Začátek úseku této varianty je ve stejném bodě jako varianta A.1 a pokračuje přesně ve stopě této varianty až do km 10,839 579, západně od obce Veltruby. V tomto místě u varianty A.1 začíná směrový oblouk, kdežto u varianty A.2 pokračuje předchozí přímá v délce 548,720 m, celková délka přímé je 2740,649 m. Poté následuje směrový oblouk č. 2, který je pravotočivý kružnicový se symetrickými přechodnicemi. Tímto obloukem je přemostěna železniční trať č. 231. Parametry oblouku jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 39 - Druhý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	20000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	17 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	5 mm
Středový úhel	α =	8,748004 °
Délka kružnicové části	L_i =	2990,63 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	63,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	1122 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,008 m
Tečna oblouku	T =	1561,288 m

Dále následuje přímý úsek 1044,813 m a poté směrový oblouk č. 3, který je levotočivý kružnicový se symetrickými přechodnicemi. Jeho návrhové parametry jsou uvedeny v tabulce na následující stránce.



Tabulka 40 - Třetí směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	5000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	68 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	7 mm
Středový úhel	α =	16,578661 °
Délka kružnicové části	L_i =	1242,761 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	204,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	1010 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,347 m
Tečna oblouku	T =	830,519 m

Za tímto třetím obloukem trať pokračuje přímým úsekem délky 559,189 m a poté pravotočivým kružnicovým obloukem se symetrickými přechodnicemi, jeho parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 41 - Čtvrtý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	6000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	43 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	7 mm
Středový úhel	α =	13,136803 °
Délka kružnicové části	L_i =	1246,683 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	129,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	880 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,116 m
Tečna oblouku	T =	755,384 m

Od tohoto oblouku pokračuje varianta A.2 přibližně rovnoběžně s variantou A.1 ve vzdálenosti přibližně 1,5 km. Po předchozím směrovém oblouku následuje přímý úsek délky 998,406 m a poté další pravotočivý směrový oblouk. Oblouk je kružnicový se symetrickými přechodnicemi a má následující parametry.



Tabulka 42 - Pátý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	6000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	43 mm
Nedostatek převýšení	l =	80 mm
Nedostatek převýšení	$l_{160} =$	7 mm
Středový úhel	$\alpha =$	15,986666 °
Délka kružnicové části	$L_i =$	1545,12 m
Délka přechodnice a vzestupnice	$L_k =$	129,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	880 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,116 m
Tečna oblouku	T =	907,049 m

Dále trať pokračuje přímým úsekem délky 2264,274 m a poté následuje další pravotočivý směrový oblouk, který je kružnicový s nesymetrickými přechodnicemi a má následující parametry.

Tabulka 43 - Šestý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	15000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	30 mm
Přebytek převýšení	$E_{160} =$	1 mm
Středový úhel	$\alpha =$	8,336802 °
Délka kružnicové části	$L_i =$	2094,754 m
Délka přechodnice a vzestupnice	$L_{k_1} =$	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	$n_1 =$	12V -
Parametr klotoidy	$A_1 =$	949 m ²
Odsazení kružnicové části	$m_1 =$	0,010 m
Tečna oblouku	$T_1 =$	1123,402 m
Délka přechodnice a vzestupnice	$L_{k_2} =$	115,631 m
Součinitel sklonu vzestupnice	$n_2 =$	23,13V -
Parametr klotoidy	$A_2 =$	1317 m ²
Odsazení kružnicové části	$m_2 =$	0,037 m
Tečna oblouku	$T_2 =$	1150,845 m



Na tento oblouk navazuje protisměrný kružnicový oblouk s nesymetrickými přechodnicemi inflexním bodem. Parametry oblouku jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 44 - Sedmý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	7500 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	79 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	21 mm
Středový úhel	α =	21,368344 °
Délka kružnicové části	L_i =	2709,294 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk_1 =	115,631 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_1 =	23,13V -
Parametr klotoidy	A_1 =	931 m ²
Odsazení kružnicové části	m_1 =	0,074 m
Tečna oblouku	T_1 =	1472,675 m
Délka přechodnice a vzestupnice	Lk_2 =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_2 =	12V -
Parametr klotoidy	A_2 =	671 m ²
Odsazení kružnicové části	m_2 =	0,020 m
Tečna oblouku	T_2 =	1445,147 m

Dále následuje dlouhý přímý úsek, který má délku 6880,387 m a poté levotočivý směrový oblouk prostý kružnicový. Tímto obloukem varianta A.2 mimoúrovňově kříží dálnici D11. Tento směrový oblouk má následující parametry.

Tabulka 45 - Osmý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	50000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	0 mm
Středový úhel	α =	2,117312 °
Délka kružnicové části	L_i =	1847,703 m
Tečna oblouku	T =	1485,256 m

Poté následuje přímý úsek délky 5018,960 m a poté pravotočivý kružnicový oblouk s nesymetrickými přechodnicemi.



Tabulka 46 - Devátý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	13500 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	61 mm
Nedostatek převýšení	l =	47 mm
Přebytek převýšení	E_{160} =	38 mm
Středový úhel	α =	16,697249 °
Délka kružnicové části	L_i =	3677,359 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_{k_1} =	256,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_1 =	23,13V -
Parametr klotoidy	A_1 =	1860 m ²
Odsazení kružnicové části	m_1 =	0,203 m
Tečna oblouku	T_1 =	2109,276 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_{k_2} =	257,475 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n_2 =	12,06V -
Parametr klotoidy	A_2 =	1864 m ²
Odsazení kružnicové části	m_2 =	0,205 m
Tečna oblouku	T_2 =	2109,899 m

Tímto obloukem se varianta A.2 napojuje k variantě A.1 a dále pokračuje shodně přes ŽST Hradec Králové až do bodu v km 87,119 622 (vztaženo k variantě A.1), kde se od varianty A.1 západně odděluje. Oddělení je pomocí pravotočivého kružnicového oblouku se symetrickými přechodnicemi. Tento oblouk parametry uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 47 - Devatenáctý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	10000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	l =	54 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	11 mm
Středový úhel	α =	19,851980 °
Délka kružnicové části	L_i =	3404,824 m
Délka přechodnice a vzestupnice	L_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	775 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,015 m
Tečna oblouku	T =	1779,957 m



Poté následuje přímá délky 4607,078 m a dále levotočivý kružnicový oblouk se symetrickými přechodnicemi, který má tyto parametry.

Tabulka 48 - Dvacátý směrový oblouk, varianta A.2

Poloměr	R =	15000 m
Rychlost	V =	250 km/h
Převýšení	D =	20 mm
Nedostatek převýšení	I =	30 mm
Nedostatek převýšení	l_{160} =	11 mm
Středový úhel	α =	18,149948 °
Délka kružnicové části	l_i =	4701,645 m
Délka přechodnice a vzestupnice	l_k =	60,000 m
Součinitel sklonu vzestupnice	n =	12V -
Parametr klotoidy	A =	866 m ²
Odsazení kružnicové části	m =	0,007 m
Tečna oblouku	T =	2420,892 m

Dále následuje přímý úsek délky 2029,108 m. V km 102,442 302 (vztaženo k variantě A.2) se varianta A.2 napojuje A.1 a pokračuje shodně přes ŽST Trutnov Poříčí až do konce úseku. Konec úseku v této variantě má staničení km 117,540 421.

7.1.3.2. Výškové vedení

Následuje popsání výškového vedení pouze v úseku km 85,789 – km 102,485. V tomto úseku je totiž odlišné směrové vedení.

Od lomu sklonu v km 85,789 582 trať stoupá. Stoupání má hodnotu 8,71 ‰ a délku 12506,005 m. V tomto úseku jednotného sklonu je navržen jednokolejný tunel délky 10500 m. Na konci tunelu je navržen mostní objekt délky 400 m. Poté následuje lom sklonu nivelety a poté trať klesá ve sklonu 11,21 ‰ a v délce 4190,063 m. Zde je navržen další mostní objekt délky 3000 m. Poté následuje lom sklonu v km 102,485 650 a dále trať sleduje variantu A.1



Následuje tabulka, která shrnuje výškové návrhové prvky varianty A.2.

Tabulka 49 - Výškové návrhové prvky, varianta A.2

číslo lomu sklonu		1	2	3
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+11,28	+8,71	-11,21
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	5216,125	12506,005	4190,063
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+8,71	-11,21	+5,82
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	12506,005	4190,063	1588,172
Poloměr oskulační kružnice zaoblení	R [m]	25000	25000	25000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	32,125	249	67,375
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,021	1,240	0,091

7.1.4. Dopravny

Dopravna je místo na trati, kde se řídí sled vlaků. Na VRT připadají v úvahu stanice, výhybny, kolejová propojení v širé trati a odbočky.

Výhybna je dopravna s kolejovým rozvětvením, na VRT určená pro vzájemné předjíždění vlaků, přejíždění vlaků mezi traťovými kolejemi a také odstavování traťových mechanismů, určených k opravě a údržbě VRT.

Výhybny pro variantu A jsou navrženy tak, aby umožnily předjetí nákladního vlaku dlouhého 740 m. Z toho vyplývá minimální užitná délka předjízdňných kolejí 750 m. Osová vzdálenost hlavních kolejí je shodně s osovou vzdáleností v širé trati, tedy 4,5 m. Osová vzdálenost mezi hlavní a předjízdňnou kolejí je navržena na 6 m. Rychlost v předjízdňných kolejích je navržena na 130 km/h. Výhybny by měly být umístěny pokud možno v přímé, či ve směrovém oblouku co největšího poloměru, aby bylo možné docílit požadovaných rychlostí ve výhybkách. Vzdálenost mezi jednotlivými výhybnami je přibližně 30 km.

Kolejová propojení v širé trati jsou navrhována mezi výhybnami a jsou určena pro přejíždění vlaků mezi traťovými kolejemi především z důvodu vyloučení provozu na určité části jedné koleje z důvodu údržby. Aby tímto omezením byla propustnost VRT snížena co nejméně, navrhuje se právě kolejová propojení v širé trati, a to ve vzdálenosti zhruba 15 km. Rychlost v kolejových propojeních pro variantu A je navržena na 160 km/h, což vyžaduje použití výhybek s klotoidou v odbočném směru, viz kapitola č. 2.2.5.



7.1.5. Zhodnocení

Pro určení nejvýhodnější varianty je zpracováno zjednodušené multikriteriální hodnocení, které je založeno na stanovení různých hodnotících kritérií, včetně jejich vah a následném přidělení bodů. V každém kritériu budou variantně přiděleny 1 až 2 body, 2 body značí nejlepší variantu z hlediska sledovaného kritéria. Varianta, která získá nejvíce přepočtených bodů, je dle této metodiky nejvýhodnější. U dopravních staveb se většinou používají hodnotící kritéria z těchto hledisek:

- Hledisko dopravně – technické: délka trasy, plynulost směrového a výškového vedení trasy, maximální převýšení a jeho nedostatek či přebytek, jízdní doby, počet kolejí ve stanicích a jejich užitečná délka apod.
- Hledisko zřizovatele: investiční náklady, náklady na provoz a údržbu, časové možnosti realizace, možnosti etapové výstavby apod.
- Hledisko uživatelů: - délka a počet nástupních hran, časová přístupnost železničních stanic a zastávek, bezbariérovost apod.
- Hledisko ekologické: dopravní hluk, vibrace, zábor půdního fondu, zatížení krajinného ekosystému
- Hledisko celospolečenské: ekonomický rozvoj území apod.

Pro účely posouzení variant v této práci byly vybrány tyto kritéria:

- Délka trasy (hledisko dopravně – technické) – váha 5
- Délka tunelů (hledisko zřizovatele – investiční náklady) – váha 4
- Délka mostů (hledisko zřizovatele – investiční náklady) – váha 3
- Podíl délky zakřivené části trasy k celkové délce (hledisko dopravně - technické – váha 2



Výpočet je uveden v následující tabulce.

Tabulka 50 - Výpočet podle multikriteriální analýzy, varianta A

Kritérium		A.1	A.2
Délka trasy	hodnota kritéria	119,193 628 km	117,540 421 km
	Bodové hodnocení	1	2
	Váha kritéria	5	5
	Přepočtené body	5	10
Délka tunelů	hodnota kritéria	18,7 km	16,4 km
	Bodové hodnocení	1	2
	Váha kritéria	4	4
	Přepočtené body	4	8
Délka mostů	hodnota kritéria	7,5 km	9,0 km
	Bodové hodnocení	2	1
	Váha kritéria	3	3
	Přepočtené body	6	3
Podíl zakřivené části k celkové délce	hodnota kritéria	0,61	0,57
	Bodové hodnocení	1	2
	Váha kritéria	2	2
	Přepočtené body	2	4
Celkem přepočtené body		17	25

Dle multikriteriální analýzy se jeví výhodnější varianta A.2

7.2. VARIANTA B

Varianta B uvažuje provoz pouze osobní dopravy.

7.2.1. Návrhové parametry

Přestože má česká norma ČSN 73 6310-1 platnost pouze pro rychlosti do 300 km/h, v některých případech k ní bylo přihlédnuto, protože poskytuje přísnější parametry než ostatní legislativa.



- Maximální traťová rychlost $V_{max} = 350 \text{ km/h}$
- Osová vzdálenost kolejí $OV = 4,750 \text{ m}$

V předpisu [8] je uvedena minimální osová vzdálenost pro rychlost nad 300 km/h jako $OV = 4,500 \text{ m}$. Dále je zde uvedeno, že tato osová vzdálenost může být zvětšena například pro provoz vlaků nevyhovujících vysokorychlostním TSI subsystému „Kolejová vozidla“ nebo z důvodu pohodlí údržby. Jelikož v současné době není známo, jaký typ vozidel bude na trati jezdit, doporučuji osovou vzdálenost kolejí navrhnout zvětšenou o bezpečnostní přírážku 0,200 m. Osovou vzdálenost kolejí navrhuji tedy 4,700 m.

- Maximální převýšení koleje $D_{max} = 160 \text{ mm}$
 - Stejně jako v případě varianty A omezuje [8] převýšení na hodnotu $D_{max} = 180 \text{ mm}$, [1] stanovuje maximální převýšení hodnotou $D_{max} = 160 \text{ mm}$.
- Maximální nedostatek převýšení $I_{max} = 80 \text{ mm}$
- Maximální součinitel sklonu v zestupnici $n_{max} = 10 * V$
 - ČSN 73 6310-1 stanovuje pro rychlost do 300 km/h tento součinitel následovně: $n_n = 12V$, $n_{lim} = 10V$ a $n_{max} = 8V$. S ohledem na tuto skutečnost byl pro rychlost 350 km/h zvolen součinitel sklonu v zestupnici takto: $n_{n,350} = 12V$, $n_{lim,350} = 10V$, $n_{max,350} = 8V$
- Maximální podélný sklon $s_{max} = 35 \text{ ‰}$
 - Tento maximální podélný sklon přímo stanovuje [8] a dále také stanovuje, že délka úseku se sklonem 35 ‰ nesmí být delší než 6 000 m a dále požaduje, že sklon klouzavého průměru na délce 10 km musí být maximálně 25 ‰.
 - Podélný sklon v prostoru nástupiště může být maximálně 2,5 ‰.
- Zaoblení výškového oblouku $R_{min} = 0,4 * V^2$

7.2.2. Varianta B.1

Jelikož varianta B má dalších pět podvariant, není směrové vedení popsáno ve stejné podrobnosti jako varianta A

7.2.2.1. Směrové vedení

Trasa začíná v bodě km 0,000 000 jižně od obce Plaňany a vede přibližně rovnoběžně se silnicí první třídy č. 12, kterou u obce Břežany mimoúrovňově kříží. Dále trať mimoúrovňově kříží stávající železniční trať č. 010/010 přibližně ve stejném místě jako varianta A.1 a A.2.



Městu Kolín se trať vyhýbá severně a od obce Volárna tato varianta pokračuje přibližně shodně s variantou A.1 přes železniční stanici Hradec Králové hl. n. až k obci Lochenice, kde se od varianty A.1 západně odpojuje a směřuje k obci Dvůr Králové nad Labem, kde je možné zřídit zastávku. Zřízení zastávky tento projekt ovšem neuvažuje. Průjezd železniční stanici Hradec Králové hl. n. je navržen pro rychlost 120 km/h.

Dále trať směřuje k Trutnovu. Zapojení do tohoto železničního uzlu je pomocí železniční stanice Trutnov střed, kde je průjezdná rychlost navržena pouze na 100 km/h z důvodu velice stísňených podmínek. Alternativně je zde navržena také trasa, která do železničního uzlu Trutnov není zaústěna. Tato alternativní varianta spočívá v přemostění Trutnova mostní estakádou ve společném dopravním koridoru s plánovanou dálnicí D11. Toto přemostění se uvažuje v místní části Poříčí.

Za ŽST Trutnov střed se varianta stáčí k severu, míjí obce Zlatá Olešnice a Bernartice a končí na státních hranicích v bodě KÚ km 118,139 159 východně od stávající železniční tratě 043.

Následuje tabulka, kde jsou uvedeny charakteristické návrhové prvky pro tuto variantu. Do tabulky nebyly brány v potaz směrové poměry v blízkosti uzlu Hradec Králové a Trutnov.

Tabulka 51 - Charakteristické návrhové směrové prvky, varianta B. 1

Minimální poloměr	R = 6400 m
Maximální převýšení	D = 146 mm
Maximální nedostatek převýšení	I = 80 mm
Maximální délka přechodnic	Lk = 673,164 m
Maximální délka kružnicové části	Li = 8625,16 m

7.2.2.2. Výškové vedení

Stejně jako u variant A, je pro varianty B proveden výškový návrh pouze v úseku Hradec Králové – státní hranice.

Varianta A.1 až do km cca 78 prochází rovinatým územím a v celém tomto úseku stoupá. V km 78,358 začíná první tunel trasy. Jedná se o dva jednokolejné tunely délky 3700 m. Za tunelem ihned následuje první významnější mostní objekt, který má délku 380 m. Niveleta od tohoto mostního objektu klesá až do km 85,984 999, odkud niveleta stoupá největším přípustným sklonem 35 ‰. Toto stoupání je dlouhé 5715,812 m a vyhovuje požadavkům TSI, které připouští takto prudké stoupání na délce 6 km. Na konci tohoto prudkého stoupání



začíná stavebně nejsložitější pasáž a to tunel – most – tunel – most - tunel. První tunel má délku 4050 m, poté následuje mostní objekt s délkou 1050 m, poté tunel s délkou 800 m, poté další mostní objekt s délkou 200 m a poté tunel s délkou 3900 m. Po 700 m dlouhém úseku na zemním tělese následuje další tunel s délkou 2300 m. Tímto tunelem je provedeno zaústění tratě do ŽST Trutnov střed. Za stanicí následuje pasáž tunel – most – tunel – most. První tunel má délku 1900 m, poté následuje mostní objekt s délkou 300 m, dále tunel s délkou 4200 m a poté mostní objekt 1900 m. Od konce tohoto mostního objektu pokračuje niveleta po zemním tělese až do konce trasy.

Následují dvě tabulky, které shrnují výškové návrhové prvky.

Tabulka 52 - Výškové návrhové prvky, varianta B.1

číslo lomu sklonu		1	2	3	4	5	6
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+2,13	+7,04	+0,26	+3,29	-0,93	+35,00
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	4014,449	2983,812	3001,468	7046,686	2938,584	5715,812
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+7,04	+0,26	+3,29	-0,93	+35,00	-1,96
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	2983,812	3001,468	7046,686	2938,584	5715,812	4843,25
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	120,212	166,299	77,440	103,462	880,101	905,373
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,147	0,282	0,057	0,109	7,904	8,364

Tabulka 53 - Výškové návrhové prvky, varianta B.1

číslo lomu sklonu		1	2	3	4	5	6
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	-1,96	-5,58	-17,29	-1,28	+14,29	+7,06
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	4843,25	5410,188	2610,975	2101,341	8487,982	1791,579
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	-5,58	-17,29	-1,28	+14,29	+7,06	+4,08
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	5410,188	2610,975	2101,341	8487,982	1791,579	2251,482
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	88,626	286,982	397,568	381,525	177,266	286,933
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,084	0,840	1,568	1,488	0,326	0,840

7.2.3. Varianta B.2

7.2.3.1. Směrové vedení

Varianta B.2 od začátku úseku kopíruje do bodu v km 12,891 978 variantu B.1. V tomto bodě se varianta odděluje a dál pokračuje přibližně rovnoběžně s přechází variantou až do bodu KP km 46,824 394. V tomto místě se varianta napojuje na variantu B.1, tzn. že dál trasa pokračuje v souběhu se stávající železniční tratí č. 020 přes železniční stanici Hradec Králové hl.



n. až do obce Lochenice. Průjezd železniční stanicí Hradec Králové hl. n. je navržen pro rychlost 120 km/h.

U obce Lochenice se varianta B.2 od předešlé odděluje a dále pokračuje opět při bližně rovnoběžně s variantou B.1, tentokrát blíže k městu Dvůr Králové nad Labem. Zde by opět bylo možné zřídit zastávku, s kterou ovšem tato práce neuvažuje. Jelikož je varianta B.2 do železničního uzlu zaústěna přes ŽST Trutnov-Poříčí, musí se trasa za Dvorem Králové nad Labem stočit na severovýchod. V tomto směru trať pokračuje k obci Bohuslavice, odkud poté pokračuje podobně jako stávající železniční trať č. 032. Průjezd ŽST Trutnov-Poříčí je z důvodu velice stísněných poměrů navržen na rychlost pouze 100 km/h. Od ŽST Trutnov-Poříčí pokračuje varianta B.2 ve stopě další varianty B.3, viz další kapitola 7.2.4.

Následuje tabulka, kde jsou uvedeny charakteristické návrhové prvky pro tuto variantu. Do tabulky nebyly brány v potaz směrové poměry v blízkosti uzlu Hradec Králové a Trutnov.

Tabulka 54 - Charakteristické návrhové směrové prvky, varianta B.2

Minimální poloměr	R = 6600 m
Maximální převýšení	D = 140 mm
Maximální nedostatek převýšení	I = 80 mm
Maximální délka přechodnic	Lk = 588 m
Maximální délka kružnicové části	Li = 8312,05 m

7.2.3.2. Výškové vedení

Výškové řešení začíná opět v přibližně stejném místě jako u předešlých variant. Od km 65,000 až do cca km 76,000 prochází rovinným územím a není zde nutné z terénních důvodů navrhnout umělé stavby.

První umělou stavbou je mostní objekt s délkou 1000 m, který začíná přibližně km 76,000. Další umělou stavbou je jaroměřský tunel, který je jednokolejný a má délku 4500 m. Dále trať vede po terénu přibližně v délce 4000 m. Poté následuje další tunel, který je jednokolejný a má délku 6200 m. Další významnou umělou stavbou na trati je mostní objekt č. 2, který leží přibližně v km 94,500 a má délku 300 m. Za mostním objektem následuje tunel s délkou 4800 m. Následně trať vede po terénu a následují dva bohuslavické tunely, které spojuje mostní objekt č. 3. První z těchto tunelů má délku 2200 m a druhý 1300 m. Dále následuje ŽST Trutnov-Poříčí a za touto stanicí trať pokračuje ve stopě varianty B.3, viz kapitola 7.2.4.



Následují dvě tabulky, které shrnují výškové návrhové prvky.

Tabulka 55 - Výškové návrhové prvky, varianta B.2

číslo lomu sklonu		1	2	3	4	5
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+2,23	+11,32	+0,27	+15,16	-9,63
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	4212,238	1508,321	3453,03	1968,441	1621,937
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+11,32	+0,27	+15,16	-9,63	+0,71
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	1508,321	3453,03	1968,441	1621,937	7923,879
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	224,081	271,447	363,627	604,466	252,585
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,512	0,752	1,349	3,728	0,651

Tabulka 56 - Výškové návrhové prvky, varianta B.2

číslo lomu sklonu		1	2	3	4
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+0,71	+28,69	-9,25	-4,58
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	7923,879	7452,955	7372,602	4885,459
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+28,69	-9,25	-4,58	-0,54
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	7452,955	7372,602	4885,459	-
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	684,448	927,652	116,115	96,565
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	4,78	8,781	0,138	0,095

7.2.4. Varianta B.3

7.2.4.1. Směrové vedení

Tato varianta nemá v úseku od začátku úseku do ŽST Hradec Králové hl. n. vlastní trasu a může tedy využít v tomto úseku variantu B.1, B.2 či B.5. Pro závěrečné zhodnocení bylo vybráno vedení varianty B.3 v tomto úseku ve stopě varianty B.1.

Přibližně po 5 km od ŽST Hradec Králové hl. n. u obce Lochenice vede varianta ve své vlastní stopě. Od předešlých variant se zde odděluje východně směrovým obloukem. Dále trať pokračuje přímo k městu Jaroměř, kterému se vyhýbá západně. Poté trať směřuje severním směrem kolem obce Suchovršice a Bohuslavice k železničnímu uzlu Trutnov. Zapojení do tohoto uzlu je přes ŽST Trutnov-Poříčí, kde je navržena průjezdná rychlost stejně jako ve všech variantách pouze na 100 km/h.



Od ŽST Trutnov-Poříčí pokračuje tato varianta také vlastní trasou. Při návrhu byla snaha odstranit protisměrné oblouky, které se vyskytují v tomto úseku ve variantě B.1.

Následuje tabulka, kde jsou uvedeny charakteristické návrhové prvky pro tuto variantu. Do tabulky nebyly brány v potaz směrové poměry v blízkosti uzlu Hradec Králové a Trutnov.

Tabulka 57 - Charakteristické návrhové směrové prvky, varianta B.3

Minimální poloměr	R = 6500 m
Maximální převýšení	D = 143 mm
Maximální nedostatek převýšení	I = 80 mm
Maximální délka přechodnic	Lk = 666,553 m
Maximální délka kružnicové části	Li = 6097,409 m

7.2.4.2. Výškové vedení

Začátek výškového řešení je opět v bodě km 65,000. Až do km 81,100 není nutné z terénních důvodů navrhnout umělé objekty. V tomto úseku niveleta stoupá a přitom střídá sklony od 0,76 ‰ do 21,76 ‰. První umělý objekt je most délky 1000 m. Další významný umělý objekt začíná v km 83,500, jedná se opět o most, který má tentokrát délku 2700 m a na něj navazuje jednokolejný tunel délky 5500 m. První klesání začíná v km 95,000 a má hodnotu 13,11 ‰. V tomto klesání je rovněž navržen další významný mostní objekt, který má délku 2700 m. Krátce za mostem následuje další most s délkou 300 m, na který přímo navazuje dvoukolejný tunel délky 400 m a na něj bezprostředně navazuje další mostní objekt s délkou 1000 m. Na most opět přímo navazuje další tunel délky 4100 m. Poté trať vede po zemním tělese v délce 300 m a poté trať vede opět v tunelu, tentokrát v dvoukolejném s délkou 300 m. Tímto tunelem je trať přivedena do ŽST Trutnov-Poříčí. Za stanicí trať vede opět v tunelu, který má délku 1300 m, na který po 300 m navazuje další tunel délky 4500 m. Poté trať vede po terénu a směřuje k poslednímu tunelu, který má délku 4500 m. Od konce tohoto tunelu pokračuje niveleta po zemním tělese až do konce trasy.

Následují tři tabulky, které shrnují výškové návrhové prvky.

Tabulka 58 - Výškové návrhové prvky, varianta B.3

číslo lomu sklonu		1	2	3	4	5
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+1,35	+10,31	+0,76	+8,74	-7,38
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	3500	1761,673	3387,423	2197,241	1841,761
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+10,31	+0,76	+8,74	-7,38	+21,71
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	1761,673	3387,423	2197,241	1841,761	1820,909
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	219,807	233,957	195,564	392,873	710,631
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,493	0,559	0,39	1,575	5,153



Tabulka 59 - Výškové návrhové prvky, varianta B.3

číslo lomu sklonu		6	7	8	9	10
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+21,71	+5,92	+16,24	+7,02	-13,11
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	1820,909	3638,304	8842,994	2506,461	3692,169
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+5,92	+16,24	+7,02	-13,11	-7,63
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	3638,304	8842,994	2506,461	3692,169	4675,248
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	385,643	251,053	225,282	491,098	131,852
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	1,518	0,643	0,518	2,461	0,18

Tabulka 60 - Výškové návrhové prvky, varianta B.3

číslo lomu sklonu		11	12	13	14
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	-7,63	+0,52	+11,41	+17,64
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	4675,248	3781,127	5478,526	3326,833
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+0,52	+11,41	+17,64	+3,10
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	3781,127	5478,526	3326,833	2457,729
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	212,043	255,71	151,076	507,505
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,459	0,667	0,233	2,628

7.2.5. Varianta B.4

7.2.5.1. Směrové vedení

Tato varianta nemá v úseku od začátku úseku do ŽST Hradec Králové hl. n. vlastní trasu a může tedy využít v tomto úseku variantu B.1, B.2 či B.5. Pro závěrečné zhodnocení bylo vybráno vedení varianty B.4 v tomto úseku ve stopě varianty B.1.

Od Hradce Králové pokračuje varianta B.4 ve stopě varianty B.3 až k městu Jaroměř. V tomto místě varianta B.3 pokračuje levotočivým oblekem, kdežto varianta B.4 pokračuje pravotočivým obloukem s velkým poloměrem $R = 80\,000$ m. Poté varianta pokračuje severním směrem k Trutnovu. V této variantě je navrženo zaústění do Trutnova přes ŽST Trutnov-Poříčí i přes ŽST Trutnov střed. Dále je také směrově navrženo vyhnutí se železničním stanicím v Trutnově. Toto vyhnutí je řešeno obdobně jako ve variantě B.2, tedy po mostní estakádě ve společném dopravním koridoru s plánovanou dálnicí D11 v místní části Poříčí. Dále zpracována byla varianta, která počítá se zaústěním v ŽST Trutnov-Poříčí.



Od ŽST Trutnov-Poříčí je varianta vedena co nejpříměji ke státním hranicím. Jsou zde navrženy dva protisměrné kružnicové oblouky se symetrickými přechodnicemi s mezipřímou.

Následuje tabulka, kde jsou uvedeny charakteristické návrhové prvky pro tuto variantu. Do tabulky nebyly brány v potaz směrové poměry v blízkosti uzlu Hradec Králové a Trutnov.

Tabulka 61 - Charakteristické návrhové směrové prvky, varianta B.4

Minimální poloměr	R = 6800 m
Maximální převýšení	D = 133 mm
Maximální nedostatek převýšení	I = 80 mm
Maximální délka přechodnic	Lk = 559 m
Maximální délka kružnicové části	Li = 5380,855 m

7.2.5.2. Výškové vedení

Až do km 80,600 není terénních důvodů nutné budovat umělé objekty. V km 80,600 začíná mostní objekt délky 800 m. Tímto mostním objektem je vyřešeno mimoúrovňové křížení s železniční tratí č. 030 a také křížení se silnicí 1/37. Dalším mostní objekt začíná v km 84,100 a končí v km 85,500, je tedy dlouhý 1400 m. Další umělou stavbou je opět mostní objekt, který začíná v km 88,100 a končí v km 89,000, jeho délka je tedy 900 m. Další umělou stavbou je první tunel na trase. Jedná se o tunel délky 1400 m, který začíná v km 90,500 a končí v km 91,900. Poté pokračuje trať přibližně 4,2 po zemním tělese. V km 96,100 začíná čtvrtý mostní objekt, který má délku 300 m. V km 97,100 začíná druhý tunel, který má délku 1600 m a končí tedy v km 98,700. Na konec tunelu navazuje pátý mostní objekt, který má délku 1000 m. Po 100 m navazuje na předešlý mostní objekt další, již šestý. Ten má délku 1700 m. Tento most končí v km 101,500 a v km 101,600 začíná třetí tunel, který má délku 1100 m. Poté trať vede opět po zemním tělese a v km 103,200 začíná 300 m dvoukolejný tunel. Tímto tunelem vstupuje trať do ŽST Trutnov-Poříčí. Na konci stanice začíná další tunel, který má délku 5200 m, na který navazuje mostní objekt č. 7, ten má délku 800 m. Poté trať vede 300 m po zemním tělese a poté následuje poslední umělá stavba, kterou je mostní objekt č. 8, který má délku 600 m. Poté trať vede až do konce úseku po zemním tělese.

Následují dvě tabulky, které shrnují výškové návrhové prvky.



Tabulka 62 - Výškové návrhové prvky, varianta B.4

číslo lomu sklonu		1	2	3	4	5	6
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+1,85	+10,45	+1,14	+4,41	+14,26	+28,21
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	3999,154	1799,922	3479,716	6336	4208,587	5015,629
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	+10,45	+1,14	+4,41	+14,26	+28,21	+14,03
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	1799,922	3479,716	6336	4208,587	5015,629	1745,602
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	209,942	225,751	80,070	239,64	343,799	347,469
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	0,45	0,52	0,065	0,586	1,209	1,232

Tabulka 63 - Výškové návrhové prvky, varianta B.4

číslo lomu sklonu		6	7	8	9	10
podélný sklon zleva	s_1 [‰]	+14,03	-15,82	-4,87	+0,78	+18,4
délka úseku jednotného sklonu zleva	l_1 [m]	1745,602	5268,177	6517,263	1957,923	6145,883
podélný sklon zprava	s_2 [‰]	-15,82	-4,87	+0,78	+18,4	+0,32
délka úseku jednotného sklonu zprava	l_2 [m]	5268,177	6517,263	1957,923	6145,883	4966,163
Poloměr oskul. kružnice zaoblení	R [m]	49000	49000	49000	49000	49000
délka tečny výškového oblouku	T [m]	730,832	270,216	187,993	379,193	442,976
maximální svislé vzepětí výš. Oblouku	y_v [m]	5,45	0,745	0,361	1,467	2,002

7.2.6. Varianta B.5

7.2.6.1. Směrové vedení

Směrové řešení varianty B.5 spočívá v odlišném vedení trasy v úseku Plaňany (ZÚ) – Dománovice. Od této obce vede varianta ve stopě varianty B.2. Varianta B.5 nabízí zkrácení trasy o 187,758 m. Varianta B.5 vede ze všech variant nejbližší městu Kolín v těsném sousedství areálu firmy TPCA. Stejně jako ostatní varianty v tomto úseku, má varianta B.5 tři směrové oblouky.

Pro tuto variantu nelze vyřešit sjezd na trať 010/011 u Kolína ze směru od Hradce Králové, což je požadavek v zadání této práce. Proto varianta B.5 nebyla dále zahrnuta do závěrečného zhodnocení.



7.2.7. Dopravny

V této variantě je vyloučen provoz pomalejších nákladních vlaků, a proto odpadá problém s předjížděním těchto vlaků. V této variantě nejsou navrženy výhybny.

Pro variantu B navrhuji jako dopravnu kolejová propojení a to ve vzdálenosti zhruba 15 km. Rychlost v kolejových propojeních pro variantu A je navržena na 230 km/h, což vyžaduje použití výhybek s klotoidou v odbočném směru, viz kapitola č. 2.2.5.

7.2.8. Zhodnocení

Pro určení nejefektivnější varianty trasy pro čistě osobní provoz byla opět použita zjednodušená multikriteriální analýza, stejně jako pro smíšený provoz u varianty A. V každém kritériu budou variantně přiděleny 1 až 4 body, 4 body značí nejlepší variantu z hlediska sledovaného kritéria. Varianta, která získá nejvíce přepočtených bodů, je dle této metodiky nejvýhodnější.

Hodnotící kritéria zůstala stejná jako ve variantě A a jsou tedy následující:

- Délka trasy (hledisko dopravně – technické) – váha 5
- Délka tunelů (hledisko zřizovatele – investiční náklady) – váha 4
- Délka mostů (hledisko zřizovatele – investiční náklady) – váha 3
- Podíl délky zakřivené části trasy k celkové délce (hledisko dopravně - technické – váha 2
- Počet křížení s plánovanou trasou dálnice D11 (hledisko zřizovatele) – váha 2

Výpočet je uveden v tabulce na následující stránce.



Tabulka 64 - Výpočet podle multikriteriální analýzy, varianta B

Kritérium		B.1	B.2	B.3	B.4
Délka trasy	hodnota kritéria	118,139 159 km	119,917 212 km	118,072 986 km	116, 305 192 km
	Bodové hodnocení	2	1	3	4
	Váha kritéria	5	5	5	5
	Přepočtené body	10	5	15	20
Délka tunelů	hodnota kritéria	20,85 km	29,3 km	20,6 km	9,5 km
	Bodové hodnocení	2	1	3	4
	Váha kritéria	4	4	4	4
	Přepočtené body	8	4	12	16
Délka mostů	hodnota kritéria	4,88 km	2,35 km	7,95 km	7,5 km
	Bodové hodnocení	3	4	1	2
	Váha kritéria	3	3	3	3
	Přepočtené body	9	12	3	6
Podíl zakřivené části k celkové délce	hodnota kritéria	0,64	0,66	0,58	0,55
	Bodové hodnocení	2	1	3	4
	Váha kritéria	2	2	2	2
	Přepočtené body	4	2	6	8
Celkem přepočtené body		31	23	36	50

Dle multikriteriální analýzy se jeví nejvýhodnější varianta B.4, která je nejvýhodnější z hlediska délky trasy, délky tunelů a podílu zakřivené části trasy k celkové délce. Nejméně výhodná varianta je B.2.

7.3. ŽELEZNIČNÍ ÚZEL TRUTNOV

Z požadavků v zadání práce plyne požadavek na zapojení trasy rychlého spojení do železničního uzlu Trutnov. V současném stavu se ve městě nacházejí tři stanice, Trutnov hlavní nádraží, Trutnov střed a Trutnov-Poříčí. V průběhu zpracování jednotlivých variant vyplynulo, že trasování přes hlavní nádraží není možné, a proto se práce dále zabývala řešením žst. Trutnov střed a žst. Trutnov-Poříčí.

Pro lepší představu o územních omezeních ve městě proběhla 28. října 2016 celodenní osobní prohlídka všech tří železničních stanic a okolí. Při této prohlídce byla pořízena fotodokumentace, která je součástí příloženého DVD.



7.3.1. Trutnov-Poříčí

7.3.1.1. Stávající stav

Přes železniční stanici Trutnov-Poříčí procházejí dvě jednokolejné neelektrizované železniční tratě. První je trať celostátní dráhy Jaroměř – Trutnov, která je v jízdním řádě označená jako 032. Druhá trať je regionální, Trutnov – Královec, číslo trati dle jízdního řádu je 043.

V současném stavu se zde nachází jedna hlavní průjezdná kolej č. 101 s užitnou délkou 392 m a jedna předjízdná kolej č. 104, která má užitnou délku 355 m. Třetí dopravní kolejí je kolej č. 102, která je kusá a má užitnou délku 203 m. Dále se zde nachází jedna manipulační kusá kolej č. 103.

Ve stanici se nacházejí dále 3 nástupiště. Všechna jsou úrovněová jednostranná. Nástupiště č. 1 je u výpravní budovy a má délku 154 m. Nástupiště č. 2 leží mezi hlavní průjezdnou kolejí a kusou kolejí č. 102. Toto nástupiště má délku 37 m. Poslední nástupiště se nachází u první předjízdné koleje a má délku 80 m.

Dále se ve stávajícím stavu stanice nachází pět kusů výhybek.

7.3.1.2. Navržený stav

Navržený stav respektuje zachování původních dvou železničních tratí.

Železniční stanice Trutnov-Poříčí nově začíná ve všech variantách v dvoukolejném tunelu, kde jsou umístěna vjezdová návěstidla. Hradecké záhlaví je umístěné v oblouku a v něm proběhne změna osové vzdálenosti kolejí z klasické na staniční. Tuto změnu osové vzdálenosti projekt neřeší.

7.3.1.2.1. Hlavní průjezdné koleje

Hlavní průjezdné koleje jsou koleje č. 1 a 2. Jejich rychlost je navržena pouze na 100 km/h z důvodu velice stísněných poměrů. V hradeckém záhlaví jsou koleje navrženy částečně ve směrovém oblouku a částečně v přímé. Oblouky jsou soustředné, poloměr směrového oblouku koleje č. 1 je $R = 700$ m. Dále koleje pokračují přímkou kolem ostrovních



nástupišť. Na konci nástupišť začínají další směrové oblouky. Oblouky jsou opět soustředné, kružnicové s přechodnicemi. Poloměr oblouku v koleji č. 1 je 460 m.

7.3.1.2.2. Hradecké záhlaví a zhlaví

Hradecké zhlaví leží částečně ve směrovém oblouku a částečně v přímé. Zhlaví začíná dvěma jednoduchými kolejovými spojkami, které jsou umístěny v oblouku. Kolejové spojky jsou navrženy pro rychlost 50 km/h, stejně tak jako předjízdne koleje a jsou umístěny tak, aby druhá kolejová spojka nezasahovala do přechodnice směrového oblouku. První kolejová spojka je tvořena obloukovými výhybkami, které mají v základním tvaru označení J60-1:14-760.

Za kolejovými spojkami následují přechodnice a za nimi následuje kolejové rozvětvení. Výhybkou č. 5, která je jednoduchá v základním tvaru J60-1:300 vzniká pomocí zkrácené matečné koleje lichá skupina kolejí, do které patří koleje č. 3 a 5. Za odbočnou větví výhybky č. 5 následuje přímá s délkou 12,500 m a poté oblouková oboustranná výhybky č. 7 Obl-o60-1:9-300-(751,380/500,000). Hlavní směr, tedy směr do první předjízdne koleje č. 3 je s poloměrem 751,380 m. Ve směru zkrácené matečné koleje pokračuje za touto výhybkou přímý úsek délky 13,198 m a poté začíná prostý kružnicový oblouk s poloměrem 300 m. Tento oblouk je dlouhý 11,600 m, normový požadavek na minimální délku směrového prvku je pro rychlost 50 km/h 10 m. Tento oblouk pokračuje do poslední výhybky v této zkrácené matečné koleji. Jedná se o výhybku č. 8, která je rovněž oblouková. Její označení je Obl-j60-1:12-500-(752,163/300,000). Odbočnou větví s poloměrem $R = 752,163$ m je napojena stávající trať č. 032 Jaroměř – Trutnov. Od výměnového styku výhybky č. 8 pokračuje kolej č. 5a přímou kole m prvního nástupiště u výpravní budovy. Tato přímá má délku 353,678 m a navazuje na ní výhybka č. 9, která je v základním tvaru a má označení J60-1:9-300. Přímým směrem pokračuje kusá kolej. Odbočná větev této výhybky spolu s další výhybkou č. 10 tvoří propojení s první předjízdne kolejí č. 3b a tvoří tedy jednoduchou kolejovou spojku. Za výměnovým stykem výhybky č. 10 následuje mezipřímá délky 12,5 m a poté výhybky č. 11. Ta je opět v základním tvaru a má označení J60-1:9-300. V přímém směru pokračuje trať č. 032 Jaroměř – Trutnov a po 17,331m dlouhé přímé, v tomto směru, následuje další výhybka č. 12 stejné geometrie jako předešlá, pomocí které je do stanice připojena trať č. 043. Za odbočnou větví výhybky č. 11 pokračuje prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 300$ m a délkou $L_i = 57,679$ m. Dále kolej pokračuje přímou délky 10,348 m a poté následuje oblouková výhybka č. 13. Její označení je Obl-j60-1:12-500-(6655,215/465,000). Větví s poloměrem $R = 465$ m vzniká kusá kolej. Za výměnovým stykem následuje prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 465$ m a délkou $L_i = 338,287$ m. Tento oblouk je soustředný k obloukům v hlavních kolejích. Za obloukem následuje 17,366 m dlouhý přímý úsek a poté prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 340$ m a délkou 72,543 m. Tímto obloukem se kolej dostává do wroclawského zhlaví, viz další kapitola.



Výhybkou č. 6 vzniká sudá skupina kolejí, která obsahuje pouze jednu předjízdnu kolej č. 4. Výhybka č. 6 je v základním tvaru a má označení J60-1:9-300. Za odbočnou větví výhybky bezprostředně navazuje prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 300$ m. Tento oblouk má délku 15,753 m. Za obloukem následuje mezipřímá délky 12,5 m, což je mezní hodnota pro délku směrového prvku pro rychlost 50 km/h. Dále následuje prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 300$ m, který má délku $L_i = 48,950$ m. Dále kolej pokračuje přímou délky 394,431 m. Poté následuje prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 300$ m, který má délku $L_i = 23,193$ m. Následuje mezipřímá délky 13,422 m, čímž je dodržen požadavek na mezní hodnotu mezipřímé. Dále následuje prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 492,744$ m a délkou $L_i = 123,111$ m. Na tento oblouk navazuje bez mezipřímé další prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 450$ m a délkou $L_i = 388,095$ m. Za tímto obloukem následuje wroclawské zhlaví, viz další kapitola.

7.3.1.2.3. Wroclawské zhlaví a zhlaví

Wroclawské zhlaví není v této práci řešeno. Projekt této železniční stanice na této straně začíná kolejovou spojkou, tedy zhlavím. Stejně jako na hradeckém zhlaví jsou zde navrženy dvě jednoduché kolejové spojky. Na rozdíl od hradeckého zhlaví je toto zhlaví navrženo v přímé a to především z důvodu vysokého převýšení koleje v hlavních kolejích, které činí 157 mm a znemožňuje vložit do oblouků výhybky.

Kolejová spojka na tomto zhlaví je navržena opět na 50 km/h a skládá se ze 4 výhybek v základním tvaru, které mají označení J60-1:9-300. Za poslední výhybkou kolejové spojky (č. 16) následuje mezipřímá délky 12,5 m a poté následuje kolejové rozvětvení. V hlavní koleji č. 1 je toto rozvětvení pomocí výhybky č. 14, která je v základním tvaru a má stejnou geometrii jako výhybky kolejové spojky. Za koncovým stykem odbočné větve výhybky následuje mezipřímá délky 12,589 m poté prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 340$ m, který byl již popsán v předešlé kapitole.

Rozvětvení z hlavní koleje č. 2 je pomocí výhybky č. 15, která má opět stejnou geometrii jako výhybka č. 14 a výhybky v kolejové spojce. Za koncovým stykem této výhybky v odbočném směru následuje mezipřímá délky 12,5 m a poté prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 316,827$ m a délkou $L_i = 27$ m. Dále následuje mezipřímá délky 20,251 m a poté další prostý kružnicový oblouk s poloměrem $R = 527,536$ m a délkou $L_i = 41,656$ m. Tento oblouk navazuje bez mezipřímé na oblouk s poloměrem $R = 450$ m, který byl již popsán v předešlé kapitole.



7.3.1.2.4. Nástupiště

Nově byla navržena 3 nástupiště. Jedno nástupiště vnější a dvě ostrovní, je tedy dohromady navrženo 5 nástupních hran. První nástupiště se nachází u výpravní budovy a je vnější. Jeho délka 140 m a šířka 3 m. Druhé nástupiště je ostrovní a nachází se mezi hlavní kolejí č. 1 a první předjízdou kolejí č. 3a. Délka je navržena na 400 m. Šířka nástupiště na je ho konci směrem k hradeckému zhlaví je 5,704 m. Šířka na druhém konci, směrem k wroclawskému zhlaví, je 6,716 m. Poslední nástupiště č. 3 je opět ostrovní a nachází se mezi hlavní kolejí č. 2 a předjízdou kolejí č. 4. Délka tohoto nástupiště je opět 400 m. Šířka není opět po celé délce konstantní. Na konci nástupiště směrem na hradeckém zhlaví je šířka c 6,660 m a na druhém konci 4,988 m. Všechna nástupiště mají nástupní hranu ve výšce 550 mm nad spojnici temen kolejnic. Další technické parametry nástupiště jsou uvedeny v kapitole 2.2.8.2.

7.3.2. ŽST Trutnov střed

Jelikož přes ŽST Trutnov střed prochází pouze jedna varianta, nebyla tato stanice řešena tak podrobně, jako ŽST Trutnov-Poříčí. Pro ŽST Trutnov střed bylo navrženo pouze dopravní schéma, viz příloha č. T.2.





8. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá, na základě požadavku Ministerstva dopravy ČR, Oboru drážní a vodní dopravy, návrhem trasy části rychlého spojení Praha – Wrocław, označované ho jako RS 5. Trasy byly navrženy ve dvou základních variantách. První varianta A byla navržena pro rychlost 250 km/h a uvažuje smíšený provoz osobní a nákladní dopravy. Druhá varianta B byla navržena pro rychlost 350 km/h a uvažuje výhradně osobní dopravu. Pro obě základní varianty byly zpracovány další podvarianty.

Takto vysoké rychlosti jsou charakteristické pro tzv. vysokorychlostní tratě, s jejichž výstavbou se v České republice začíná uvažovat. Proto jsem se v diplomové práci zaměřil i na teoretickou část, ve které bylo popsáno technické řešení vysokorychlostních tratí a také plánované vedení těchto vysokorychlostních tratí v České republice. Ty jsou Ministerstvem dopravy označovány jako tzv. rychlá spojení. Teoretická část je první částí diplomové práce.

Druhá část je zaměřena na návrh jednotlivých variant řešení trasy. Trasy byly navrženy v úseku Plaňany – Hradec Králové – státní hranice s Polskou republikou, a to směrově a v části Hradec Králové – státní hranice také výškově (omezený rozsah je dán dostupností potřebných podkladových materiálů). Pro obě základní varianty bylo zpracováno multikriteriální hodnocení podvariant, s jehož pomocí byla vybrána nejefektivnější podvarianta. Cílem práce bylo prověřit možnosti zaústění do železničního uzlu Trutnov. Jednotlivé navržené jsou vedeny přes ŽST Trutnov-Poříčí nebo ŽST Trutnov střed. Vzhledem k tomu, že zaústění tras do železničního uzlu Trutnov znamená výrazný rychlostní propad, pro variantu s čistě osobním provozem doporučuji vést trasu mimo stávající železniční stanice v Trutnově. Toto řešení spočívá v přemostění Trutnova v místní části Poříčí ve společném dopravním koridoru s plánovanou trasou dálnice D11 bez rychlostního propadu.

Pro obě základní varianty byl také navržen sjezd na stávající konvenční železniční síť. Vzhledem k omezeným mapovým podkladům byl tento sjezd navržen u města Kolín, kde umožní propojení RS 5 s tratí 010/011, s tzv. I., resp. III. tranzitním železničním koridorem. Tento sjezd je možné, a pravděpodobně i výhodnější, umístit blíže k Pardubicím, tak aby bylo možné vést rychlé vlaky směrem do Hradce Králové a dále do Polska také z Moravy.

Navržené rychlé spojení umožní vytvořit v současné době chybějící přímé spojení Prahy se čtvrtým nejlidnatějším městem v Polsku - Wrocławí, které je přirozeným dopravním centrem v blízkosti česko-polských hranic. Po dokončení vysokorychlostní tratě v Polsku také dále umožní spojení Prahy s městy Lodž (2. nejlidnatější město v Polsku) a Varšava. Diplomová práce prokázala, že toto spojení je možné v parametrech vysokorychlostní tratě. Dále také rychlé spojení kapacitně uleví I. a III. tranzitnímu železničnímu koridoru v úseku Praha – Pardubice, jehož kapacita je v současné době dlouhodobě blízka maximálnímu využití.





9. SEZNAM POUŽITÉ LITARATURY

9.1. Technické normy, předpisy, vzorové listy, nařízení

- [1] ČSN 73 6360 - 1. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování*. Praha: ČNI, 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: CNI, 2010
- [3] ČSN 73 4959. *Nástupiště a nástupištní přístřešky na drahách celostátních, regionálních a vlečkách*. Praha: CNI, 2009.
- [4] *SŽDC S3/2 Bezstyková kolej*. Praha: SŽDC, 2002.
- [5] *SŽDC S9 Pevná jízdní dráha*. Praha: SŽDC, 2012
- [6] *Vzorový list, Světlý tunelový průřez jednokolejného tunelu*. Praha: SŽDC, 2010
- [7] *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1315/2013 ze dne 11. prosince 2013 o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě*. Brusel: Evropský parlament, 2013
- [8] *Rozhodnutí komise ze dne 20. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Infrastruktura“ transevropského vysokorychlostního železničního systému*. Brusel: Evropská komise, 2007
- [9] *Rozhodnutí komise ze dne 26. dubna 2011 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „infrastruktura“ transevropského konvenčního železničního systému*. Brusel: Evropská komise, 2007
- [10] ŽPSV a. s. [online]. *Předpjaté betonové pražce, rektifikační podpora*. 2014. dostupné z: <https://www.zpsv.cz/ohl-group/katalogy/ZPSV-prazce-2014.pdf>



9.2. Vysokoškolské přednášky, skripta a vysokoškolské práce

- [11] Lukáš Týfa. *Studie vedení vysokorychlostní trati Plzeň – SRN*. Praha, 2001. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní.
- [12] Matouš Hillar. *Příprava a výstavba dlouhých železničních tunelů*. Praha, 2008. Disertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra geotechniky.
- [13] Jiří Horčíčka. *Pevná jízdní dráha v tunelech*. Praha, 2016. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra geotechniky.
- [14] Lukáš Smutek. *Vysokorychlostní výhybky*. Praha, 2016. Seminární práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra železničních staveb.
- [15] Kolektiv Katedra železničních staveb. *Pevná jízdní dráha* [přednáška], ČVUT v Praze, 2015
- [16] Lukáš Týfa. *Geometrické a další parametry koleje na vysokorychlostních tratích* [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 2006
- [17] Lukáš Týfa. *Pevná jízdní dráha* [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 2013
- [18] Otto Plášek. *Geometrické uspořádání koleje* [přednáška]. Brno: VUT, 2016
- [19] Otto Plášek, Pavel Zvěřina, Richard Svoboda, Vojtěch Langer. *Únosnost železničního svršku a pevná jízdní dráha* [přednáška]. Brno: VUT, 2006

9.3. Odborné konference, časopisy, knihy, články a semináře

- [20] Bohuslav Půda, *Výhybky pro vysokorychlostní tratě*, In: Seminář Železniční dopravní cesta 2006, Ostrava: SŽDC, 2006
- [21] *Výhybka J60-1:26,5-2500-PHS v žst. Poříčany*. In: Nová železniční technika. 2007, 5. číslo.
- [22] Ping Wang. *Design of High-Speed Railway Turnouts* [online]. USA: Elsevier Inc., 2015.
- [23] Petr Mikulášek. *Rekonstrukce Střelenského tunelu*. In: *Tunel*. 23, 1, 63-70. Dostupné z: www.ita-aites.cz/files/tunel/2014/1/tunel_1_14-12.pdf



- [24] Jaromír Zelenka, Martin Kohout. *Možnosti ovlivnění jízdnou a vodících vlastností kolejových vozidel parametry dopravní cesty*. In: 16. konference Železniční dopravní cesta 2010. Praha: 2010
- [25] Kolektiv DT – Výhybkárna a strojírna. *Výhybky pro vysoké rychlosti*. In: Železniční dopravní cesta 2016. Praha: 2016
- [26] George Harris. *Technical Memorandu*. Kalifornie: PB 100 years, 2009, dostupné z: http://www.hsr.ca.gov/docs/programs/eir_memos/Proj_Guidelines_TM2_1_3R00.pdf
- [27] Petr Šlégr. *Vysokorychlostní železnice v ČR 2016* [přednáška]. Praha: Agentura NKL Žofín, 8.11.2016
- [28] Radek Čech. *Aktuální stav projektové přípravy tratí RS v ČR* [přednáška]. Praha: Národní technologická platforma, 7. 11. 2016
- [29] Jindřich Kušnír. *Rychlá spojení, aktualizovaná koncepce VRT pro ČR* [přednáška], Praha: Národní technologická platforma, 7. 11. 2016
- [30] Radim Brejcha. *Rychlá spojení* [přednáška], Velim: Národní technologická platforma, 2014
- [31] KOLEJCONSULT & servis. *Pevná jízdní dráha* [workshop], Praha: CESTI, 2013
- [32] Martin Švehlík. *VRT z pohledu SŽDC* [přednáška], Náměšť nad Oslavou: Regio 2020, 26. 5. 2016
- [33] Martin Vachtl, Jaromír Tvrdlík. *Rychlá spojení v České republice* [přednáška], Senožary, 2. 4. 2014
- [34] Marek Binko. *Úloha SŽDC v přípravě Rychlých spojení* [přednáška]. Ostrava: SŽDC s. o, 2014.
- [35] Lukáš Raif, Marek Smolka, Bohuslav Puda, Jiří Havlík. *Příprava vysokorychlostních výhybek pro koncepci rychlých spojení v ČR*. In: *Železnice 2016*. Praha: SUDOP Praha a. s., 2016
- [36] Redakce SILNICE ŽELEZNICE. *Výstavba systému GSM-R v uzlu Praha*. In: *SILNICE ŽELEZNICE* [odborný časopis]. 2014. Dostupné z: www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vystavba-systemu-gsm-r-v-uzlu-praha/
- [37] Michal Gramblička, Lenka Pikhartová. *Aktuální stav projektové přípravy nových železničních tunelů IV. koridoru*. In: *SILNICE ŽELEZNICE* [odborný časopis]. 2013. Dostupné z: www.silnice-zeleznice.cz/clanek/aktualni-stav-projektove-pripravy-novych-zeleznicnych-tunelu-iv-koridu/



9.4. Webové stránky

[38] *Transevropská dopravní síť* [online]. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Transevropsk%C3%A1_dopravn%C3%AD_s%C3%AD%C5%A5

[39] *Postup prací na realizaci projektů ETCS v síti SŽDC* [online]. [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3074555/>

[40] *AŽD Praha* [online]. [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/AZDPraha>

[41] *Železničný zvršok, 3. část – výhybky a koľajové křižovatky, diel druhý* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.vlaky.net/servis/sprava.asp?lang=1&id=2563&print=1>

[42] *Projekt: Rekonstrukce výhybky č. 3 a související rekonstrukce výhybek č. 1 a 2 v žst. Poříčany.* [online]. Prodin a. s. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.prodin.cz/kolejove-stavby/projekt-rekonstrukce-vyhybky-c-3-a-souvisejici-rekonstrukce-vyhybek-c-1-a-2-v-zst-poricany/>

[43] *VladanFoto, Stéblová – Opatovice nad Labem, 3. část* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.vladanfoto.cz/clanky-steblova-opatovice-nad-labem-3.cast.html>

[44] *VladanFoto, Výhybka pro VRT* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.vladanfoto.cz/clanky-vyhybka-pro-vrt.html>

[45] *Přechodnice* [online]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/krajcovic/!prezenci/!pozemni_komunikace_/pomucky_k_reseni/pdf/PR_ECHODNICE_KLOTOIDA.pdf

[46] *Příklad 5* [online]. Katedra matematiky FSv. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://mat.fsv.cvut.cz/maG/priklady/IntPocet/Pr5Res.htm>

[47] *Urban Track* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: http://www.urbantrack.eu/images/site/deliverables/d0208_stib_m24.pdf

[48] *Železniční trať Liberec – Zawidów* [online]. Wikipedie. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_tra%C5%A5_Liberec%E2%80%93Zawid%C3%B3w



- [49] *Železniční trať Ústí nad Orlicí – Lichkov – Štítý / Międzyzylesie* [online]. Wikipedie. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_tra%C5%A5_%C3%9Ast%C3%AD_nad_Orlic%C3%AD_%E2%80%93_Lichkov_%E2%80%93_%C5%A0t%C3%ADty/Mi%C4%99dzylesie
- [50] *Bežná kolej (5. část)* [online]. SŽDC s. o. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/o-nas/zeleznice-cr/historie-zeleznice/zeleznicni-svrsek/bezna-kolej-5.html>
- [51] *Infrastruktura* [online]. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: http://spz.logout.cz/infra/pjd_1.html
- [52] *Rekonstrukce Střelenského tunelu* [online]. MCO a. s. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: <http://www.moravia.cz/cz/reference/velke-dopravni-stavby/rekonstrukce-strelenskeho-tunelu-vc-kol-c-1-a-2-v-km-22-480-23-610-a-kol-c-1-v-km-21-110-27-261-trati-horni-lidec-st-hr-sr.html>
- [53] *Rekonstrukce Střelenského tunelu* [online]. ASB Portal. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/tunely/rekonstrukce-strelenskeho-tunelu>
- [54] *Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 8* [online]. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: <http://www.vde8.de/de/vde-82-neubau/feste-fahrbahn-oebb-porr>
- [55] *Zpravodaj* [online]. Subterra a. s. [online]. [cit. 2016-11-03]. Dostupné z: http://www.subterra.cz/Modules/Magazine/Files/2013-07-31-12-38-15_CS.pdf
- [56] *Rekonstrukce Střelenského tunelu* [online]. YouTube.com. [cit. 2016-11-03]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=wV8tfcdfhlg>
- [57] *CZ-NUTS* [online]. Wikipedie. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/CZ-NUTS>
- [58] *Sen o rychlovlaku, dokument ČT* [online]. YouTube.com. [cit. 2016-04-15]
- [59] *Moderznizace trati Brno – Přerov na 200 km/h* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.vysokorychlostni-zeleznice.cz/modernizace-trati-brno-prerov/>
- [60] *Vysokorychlostní trať Brno – Ostrava* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.vysokorychlostni-zeleznice.cz/vysokorychlostni-trat-brno-ostrava/>
- [61] *Vysokorychlostní trať Ústí n. L. – Praha – Brno – Břeclav* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.vysokorychlostni-zeleznice.cz/vysokorychlostni-trat-usti-n-l-praha-brno-breclav/>



- [62] *Modernizace Rokycany – Plzeň, úvod* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://www.koridory.cz/archives/13289/>
- [63] *Nejdelší český tunel bude mít téměř 25 km* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/ekonomika/113142-nejdelsi-cesky-tunel-bude-mit-temer-25-km.html>
- [64] *Vysokorychlostní tratě – Německo* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: http://www.vysokorychlostni-zeleznice.cz/wp-content/uploads/2012/10/ICE_trate_hustota-rychlost_Wiki_Classical_geographer_2013.jpg
- [65] *Rychlá spojení Ministerstva dopravy* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://www.vysokorychlostni-zeleznice.cz/rychla-spojени-ministerstva-dopravy/>
- [66] *High speed rail gets Poland and Turkey in motion* [online]. [cit. 2016-12-17]. Dostupné z: <http://www.railwaypro.com/wp/high-speed-rail-gets-poland-and-turkey-in-motion/>
- [67] *Vysokorychlostní tratě v české ekonomice* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.vysokorychlostni-zeleznice.cz/vysokorychlostni-trate-v-ceske-ekonomice/>
- [68] *High-Speed railway bridge over Po river* [online]. [cit. 2016-12-22]. Dostupné z: <http://www.mpaingegneria.it/altavelocitaen.html>