

TECHNICKO-PROVOZNÍ STUDIE

TECHNICKÁ ŘEŠENÍ VRT

05/2017

1.4

SOUHRNNÁ ZPRÁVA

Zpracovatel: Marek Pinkava



1.4

SOUHRNNÁ ZPRÁVA

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE JAKO SYSTÉM	5
3	KONCEPČNÍ PŘÍSTUP K VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICI.....	7
3.1	UŽIVATELÉ VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽEL. - „CESTUJÍCÍ A KOMODITY“	7
3.2	OSOBNÍ DOPRAVA – „CESTUJÍCÍ“	8
3.2.1	Jízdní doba není čas strávený na cestě.....	10
3.2.2	Vše začíná u jízdenky	11
3.3	NÁKLADNÍ DOPRAVA - „KOMODITA“	14
4	MOŽNOSTI PROVOZU VLAKŮ NA VYSOKORYCHLOSTNÍCH TRATÍCH.....	16
4.1	VYSOKORYCHLOSTNÍ I JINÉ VLAKY	16
4.2	DYNAMIKA JÍZDY VYSOKORYCHLOSTNÍHO VLAKU	17
4.3	MOŽNOSTI PROVOZU NA VYSOKORYCHLOSTNÍCH TRATÍCH	17
5	EKONOMIKA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE A RYCHLOST	19
5.1	NÁKLADY A RYCHLOST.....	19
5.1.1	Náklady na pořízení infrastruktury.....	20
5.1.2	Náklady na pořízení vozidlového parku	22
5.1.3	Náklady na provozování vysokorychlostní železnice.....	27
5.2	BENEFITY A RYCHLOST.....	27
5.3	EKONOMIKA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE - ZÁVĚR	29
6	INFRASTRUKTURA ŽELEZNIČNÍCH TRATÍ.....	30
6.1	VEDENÍ TRATI	30
6.2	KONFIGURACE TRATI.....	31
6.3	ŽELEZNIČNÍ STANICE, VÝHYBNY NA VRT A ODBOČENÍ.....	32
6.4	ŽELEZNIČNÍ SPODEK A SVRŠEK	33
6.5	MOSTY	33
6.6	TUNELY	35
6.7	NAPÁJENÍ A TRAKČNÍ VEDENÍ	37
6.8	ZABEZPEČOVACÍ A KOMUNIKAČNÍ SYSTÉM	40
7	PROVOZOVÁNÍ VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE	42
7.1	ŘÍZENÍ PROVOZU	42

7.2	DIAGNOSTIKA A UDRŽOVÁNÍ TRATÍ.....	43
7.3	ÚDRŽBOVÁ ZÁZEMÍ PRO DOPRAVCE	44
8	VZTAH VYSOKORYCHLOSTNÍCH TRATÍ A OKOLÍ	46
8.1	VLIV VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE NA OKOLÍ	46
8.2	VLIV OKOLÍ NA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICI	50
9	VYUŽITELNOST INFRASTRUKTURY PRO DALŠÍ ZVÝŠENÍ RYCHLOSTI	52
10	PŘÍPRAVA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE	54
10.1	PRVNÍ FÁZE – HLEDÁNÍ SMYSLU	54
10.2	DRUHÁ FÁZE – ÚZEMNÍ A TECHNICKÁ PŘÍPRAVA.....	55
10.3	TŘETÍ FÁZE – REALIZACE	57
11	DALŠÍ KROKY	59
12	ZÁVĚR	60

1 ÚVOD

Souhrnná zpráva obsahuje přehled základních výstupů *Technicko-provozní studie – Technická řešení VRT*. Shrnuje poznatky uvedené v jednotlivých sešitech a spojuje je v jeden logický celek.

Při návrhu provozního i technického řešení vysokorychlostní železniční dopravy je nutné vždy chápat vysokorychlostní železnici jako ucelený systém, který se skládá z celé řady komponent a činností.

2 VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE JAKO SYSTÉM

Vysokorychlostní železnice má význam pro osobní i nákladní dopravu. Pohledem veřejnosti je však vnímán spíše její přínos pro dopravu osobní.

Vysokorychlostní železnice je vnímána jako atraktivní služba veřejnosti, která se ve všech uvedených zemích těší vzrůstajícímu zájmu. Má garantovanou úroveň kvality i řadu doplňkových služeb a mívá svůj charakteristický vizuální styl pro snadnou identifikaci tohoto produktu.

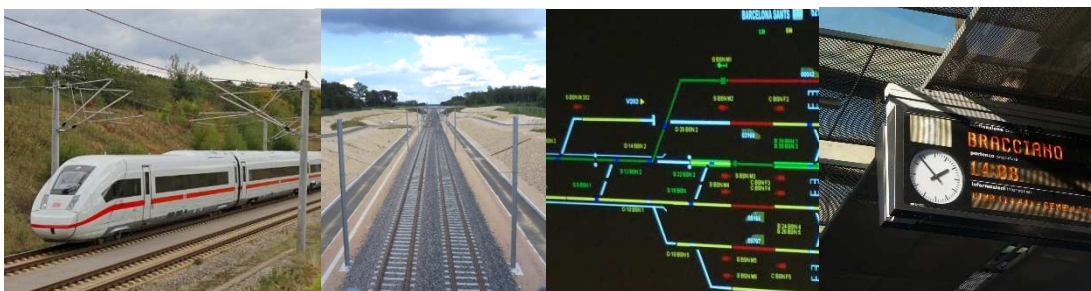
Nákladní doprava totiž využívá výhod vysokorychlostní železnice přímo využitím stejných tratí jen v některých případech. Velmi často spíše zprostředkovaně využitím uvolněné kapacity na ostatních tratích.

V ČR je diskuze o vysokorychlostní *železniční dopravě* často zúžena ještě více na diskuzi jen o podobě vysokorychlostních *tratí*, či dokonce jen o vedení těchto tratí v území.

Záměrně je proto v této zprávě uváděn termín „Vysokorychlostní železnice“ namísto zažitého termínu „Vysokorychlostní železnice (VRT)“. Termín lépe vystihuje podstatu a zahrnuje v sobě nejen samotné vysokorychlostní tratě, ale i vše ostatní, co k nim neoddělitelně patří.

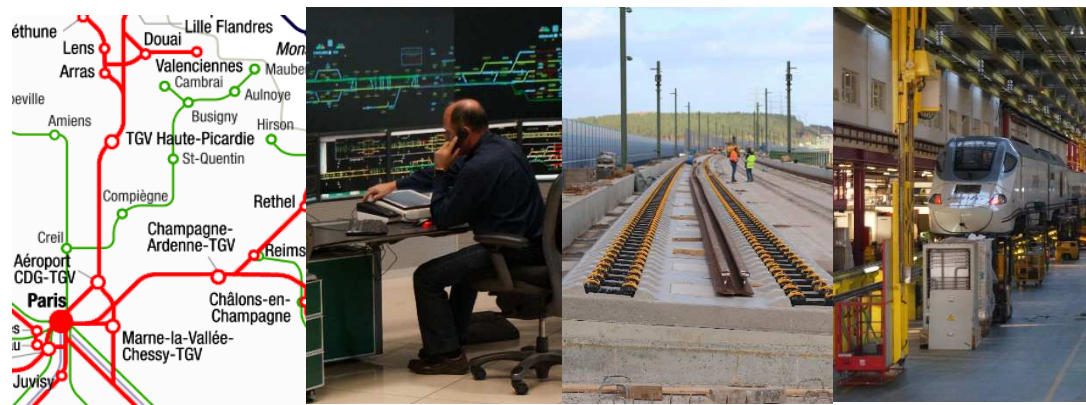
Zkušenosti ze západní Evropy jednoznačně ukazují, že na vysokorychlostní železnici je třeba opravdu nahlížet jako na komplexní celek, do kterého patří:

- železniční vozidla,
- železniční infrastruktura,
- zabezpečovací a sdělovací technika,
- veškeré informační systémy.



Provozování takového systému potom zahrnuje celou řadu aktivit, které lze shrnout do okruhů:

- systém provozování drážní dopravy,
- systém řízení provozu,
- systém údržby infrastruktury,
- systém údržby vozidel.



Všechny tyto fyzické součásti systému i provozní činnosti v sobě musí být ve vzájemném souladu. Celý systém pak musí být vhodně propojen se svým okolím, které tvoří:

- konvenční železnice,
- regionální a městské dopravní systémy,
- individuální doprava (autem i pěšky),
- městská a regionální infrastruktura,
- krajina.



Jak k požadované synergii dospět a co má dle zahraničních zkušeností být počátečním bodem rozhodování, to je popsáno v následujících kapitolách tohoto sešitu.

Popsány jsou pouze základní principy problematiky či nejdůležitější závěry studie. Na konci každé kapitoly je uveden odkaz na sešit, který se danou problematikou zabývá podrobněji.

3 KONCEPČNÍ PŘÍSTUP K VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICI

3.1 UŽIVATELÉ VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽEL. - „CESTUJÍCÍ A KOMODITY“

Každá stavba (nejen na železnici, a nejen na vysokorychlostní železnici) musí mít svůj smysl. Při úvahách o vysokorychlostní železnici je třeba začít od definování smyslu tohoto komplexního dopravního systému.

Podoba zahraniční vysokorychlostní železnice je v jednotlivých zemích odlišná právě proto, že každá byla (i nadále je) budována s jiným cílem, který byl definovaný již v počátcích. Jiné technické řešení má vysokorychlostní železnice orientovaná na řešení kapacitních problémů (Francie, Německo), jiné železnice orientovaná k zajištění daných cestovních časů (Německo, Rakousko) a jiné ta, která řeší i (hlavně) problémy nákladní dopravy ve vysokohorském prostředí (Rakousko).

Příklady smyslu budování nových tratí jsou uvedeny v sešitě 2.1 *VRT v Evropě – Inspirace pro ČR*. Koncepční přístup v zahraničí a vliv základní koncepce na technické řešení jsou popsány v sešitě 2.2 *Koncepční přístup k VRT v Evropě*.

Obecným smyslem existence železnice je umožnění přepravy osob nebo nákladů. Středobodem všech úvah o vysokorychlostní železnici se tedy musí stát „cestující“ (a jeho potřeby) a „komodity“ (zboží či suroviny, čili dodavatelé, výrobci, ...).

Obecněji řečeno je nutné v první řadě identifikovat potřeby osobní a nákladní dopravy, k jejichž uspokojení mají výstavba a provozování vysokorychlostní dopravy vést.

V dalším textu je na řadě případů uvedeno, jak je daný prvek vysokorychlostní železnice ovlivněn právě těmito požadavky, a proč není možné navrhnout a odůvodnit výstavbu vysokorychlostní železnice bez definování těchto požadavků.



3.2 OSOBNÍ DOPRAVA – „CESTUJÍCÍ“

Základní požadavky cestujících jsou stovky let **neměnné**. Rádi by se přemístili z A do B co nejrychleji, nejpohodlněji a samozřejmě nejlevněji (ať už ve smyslu nejnižších finančních nákladů nebo ve smyslu nejmenší fyzické námahy).

Naopak velmi dynamicky se mění prostředí, ve kterém tato potřeba cestujících vzniká.

Železnice nikdy nepůsobila na dopravním trhu osamocena. Prostředí a společenské požadavky zásadně ovlivňují, který parametr dopravy bude pro většinu potenciálních cestujících rozhodující při volbě dopravního prostředku. Vlastně jestli vůbec na cestu vyrazí.

Vývoj společnosti v posledních staletích jednoznačně směřuje ke zvyšování mobility obyvatelstva. Samotná volba „**někam pojeď**“ je stále častější spolu se zvyšující se rychlostí dopravy i její dostupností. Do zaměstnání cestujeme dále. Více cestujeme za zábavou i rekreací.

Volba „**pojeď teď hned a právě tam**“ je také stále častější, a je ovlivněna společenským klimatem a celkovým nastavením ekonomiky. V porevolučních letech přestalo být dominantní cestování na směny ve výrobních závodech. Posouvá se význam a rozložení ranní i odpolední špičky. Vzrůstá potřeba obyvatelstva cestovat v různých časech do různých míst za různými účely a pokud možno bez zbytečných prostoje a čekání.

Proto je dnes velmi aktuální otázka „**čím pojeď**“. Zvyšující se životní úroveň i úroveň techniky velmi rozšiřuje nabídku možných způsobů dopravy. Alespoň jedno auto má drtivá většina domácností. Řada z těch, kteří auto nemají, si ho přesto mohou dovolit, pokud by to bylo nutné.

Letecká doprava se stala naprosto běžnou součástí dopravního trhu a na delší vzdálenosti se dokonce může jednat o nejlevnější způsob dopravy.



Před tyto volby je postaven úplně každý cestující. Proto i dopravní modelování má tři stupně:

- odhad četnosti volby „pojeď“,
- odhad možných cílů cest,
- odhad volby dopravního prostředku.

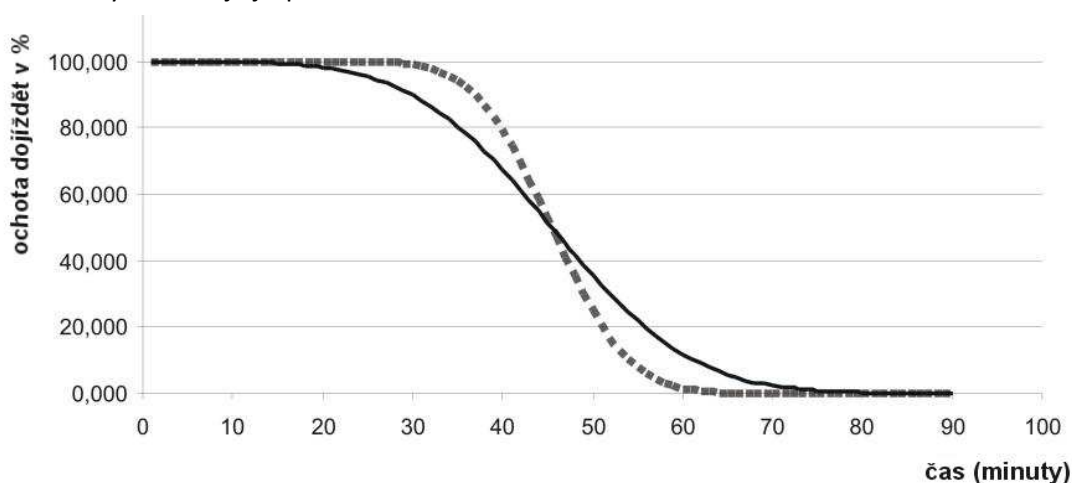
Cestující si ke své cestě vybere vysokorychlostní železnici pouze tehdy, pokud bude odpovídat na jeho volbu.

Pro úspěch vysokorychlostní železnice je tedy nutné pečlivě prozkoumat požadavky obyvatel a jejich chování na dopravním trhu. Podoba vysokorychlostního systému pak musí být taková, aby při daném chování obyvatel dokázal být v rámci daných podmínek rentabilní.

NOVÍ CESTUJÍCÍ – INDUKOVANÁ DOPRAVA

V prostředí ČR je relativně malá ochota obyvatel měnit svá bydliště při hledání zaměstnání. Naopak průzkumy potvrzují (viz graf níže), že je relativně velké množství obyvatel ochotno do zaměstnání dojíždět.

Tato ochota však klesá v případě, že cesta překročí dobu 40 min. a v případě překročení jízdní doby 60 min. je již poměrně mizivá.



Graf 1: Ochota dojíždět za prací (% obyvatel v závislosti na čase stráveném na cestě; podle disertační práce Novotný, V. (2011))

Jednou skupinou potenciálních cestujících jsou tedy cestující, kterým se díky novému vysokorychlostnímu železničnímu systému otevrou nové možnosti dojíždění, které doposud nemohlo být realizováno (nebo k tomu nebyla ochota). Odborně se tento jev označuje jako **indukovaná doprava**.

DNEŠNÍ CESTUJÍCÍ – PŘEVEDENÁ DOPRAVA

V prostředí ČR je dominantním způsobem dopravy automobil, lze tedy předpokládat, že to bude právě tento způsob dopravy, který potřebám vyhovuje nejvíce. Dle dostupných dat například na trase Praha – Brno cestuje zhruba 8 cestujících z 10 autem.

Jsou to tedy právě tito cestující, jejichž potřeby je nutné znát. Zároveň právě těmto cestujícím musí být vysokorychlostní železnice přizpůsobena, pokud má ambice takové cestující převzít. Odborně se tento jev označuje jako **převedená doprava**.

Převedená doprava se pochopitelně netýká pouze automobilů, ale i autobusů a konvenční železnice. V případě mezinárodních spojení i letecké dopravy. Stejně jako i indukovaná doprava se netýká pouze dopravy do zaměstnání, ale i dopravy za rekreací atd., byť tlak na čas strávený na cestě může být nahrazen tlakem na pohodlí apod.

3.2.1 JÍZDNÍ DOBA NENÍ ČAS STRÁVENÝ NA CESTĚ

Jízdní doba (a rychlost vlaku) sama o sobě není cílem. Jízdní doba (rychlost) je prostředkem pro dosažení cíle. Cílem je především zkrácení celkové doby potřebné pro překonání vzdálenosti z místa A (například obývací pokoj) do místa B (například kancelář).

Z pohledu železnice je potřebné napomoci zkrácení celé této doby na hodnotu konkurenceschopnou vůči ostatním druhům dopravy.

V prostředí ČR je hlavním konkurenčním dopravním módem automobilová doprava. V mezinárodním měřítku pro určité vzdálenosti i letecká doprava.

V případě stanovení požadované jízdní doby je v obou případech velmi důležité uvažovat s celkovou dobou, kterou cestující stráví přesunem z místa na místo.

Tedy přístupem k dopravnímu prostředku i dobou, kterou cestující v průměru stráví čekáním na nejbližší spoj. Přičemž čekání na spoje není jen doba strávená na nádraží, ale doba strávená doma, i když v ideálním případě bych již chtěl být na cestě.



Graf 2: Oproti letadlu má vlak nějakou dobu k dobru, ale při konkurenci vůči autu má co dohánět.

V prostředí ČR a volném přístupu cestujících do vlaků platí, že jízda vlakem musí být oproti jízdě autem alespoň o 30 – 60 min.* kratší, aby výsledná doba přepravy byla alespoň stejná, jako jízda autem.

** záleží na dostupnosti železničních stanic ve větších městech, i na možnostech návazné dopravy*

I do tohoto se patřičnou mírou promítá nastavení obchodního modelu. Má vliv na dobu, kterou přidáváme před a po samotné době věnované „jízdě vlakem“.

Celková jízdní doba rozhoduje, jak velké bude množství „nových“ cestujících, a jak velké bude množství „dnešních“ cestujících, kteří vymění dosavadní dopravní prostředek za (vysokorychlostní) vlak.

3.2.2 VŠE ZAČÍNÁ U JÍZDENKY

Každá cesta po železnici začíná u pokladny (nebo u mobilního telefonu) nákupem jízdenky. Může se to jevit jako úsměvné, ale i při plánování vysokorychlostní železnice je třeba také začít od „jízdenky“. V prostředí plánování železnice se pochopitelně nejedná o jízdenku, kterou držíte v ruce, ale o širším pojetí „obchodního modelu“.

Obchodní model, tedy jízdenka, způsob jejího prodeje, cena a další podmínky pro odbavení cestujícího jsou totiž tím, čím do vztahu k zákazníkovi (cestujícímu) promítáme cíle, které má vysokorychlostní systém plnit.

Má-li být hlavním úkolem rychlé železnice v ČR převzít zásadní část cestujících ze silniční dopravy, musí být jízda vlakem jízdy autem co nejvíce podobná. Do auta lze nastoupit a ihned odjet. Tedy i nákup jízdenky musí být snadný a musí umožňovat jízdu nejbližším spojem. Cena musí být přijatelná.

Má-li být dalším úkolem rozvoj regionů, musí železnice umožňovat rychlé cestování mezi regiony a z regionů do center s možností každodenního dojíždění. Tedy s možností integrace rychlých vlaků do ostatních dopravních systémů, včetně časových jízdních dokladů.

V některých evropských zemích byl prvotní hlavní cíl vysokorychlostní železnice úspěšný soubor s vnitrostátní leteckou dopravou. Tomu pak odpovídá i způsob odbavení a služeb ve vlacích. Vzorovým příkladem je Španělsko, ale částečně i Francie.

Vysokorychlostní vlaky jsou zde i na místní poměry relativně drahé. Rezervace míst je povinná, což ve špičkách velmi omezuje možnosti cestování. Ve Španělsku před nástupem do vlaku probíhají i kontroly zavazadel s veškerým odbavením. Taková vysokorychlostní železnice pak není příliš dobře využitelná pro běžné denní dojíždění.

PROČ JSOU V TECHNICKÉ STUDII ZMIŇOVÁNY „JÍZDENKY“ A OBCHODNÍ MODEL?

Protože jejich vliv na technické řešení je obrovský. Promítá se nejenom do technických řešení (podoby) železniční tratě a železničních stanic. Je také naprosto zásadní pro ekonomiku provozu na takové trati, a tedy i pro obhájení jakékoliv investice do vysokorychlostní železnice. Základní principy ovlivnění jsou uvedeny dále.



VLIV OBCHODNÍHO MODELU NA KAPACITU TRATI



V dopravě platí všeobecný vztah nabídkové ceny a poptávky. Čistě z pohledu ekonomické teorie: se snižující se cenou poptávka po přepravě roste v závislosti na elasticitě poptávky.

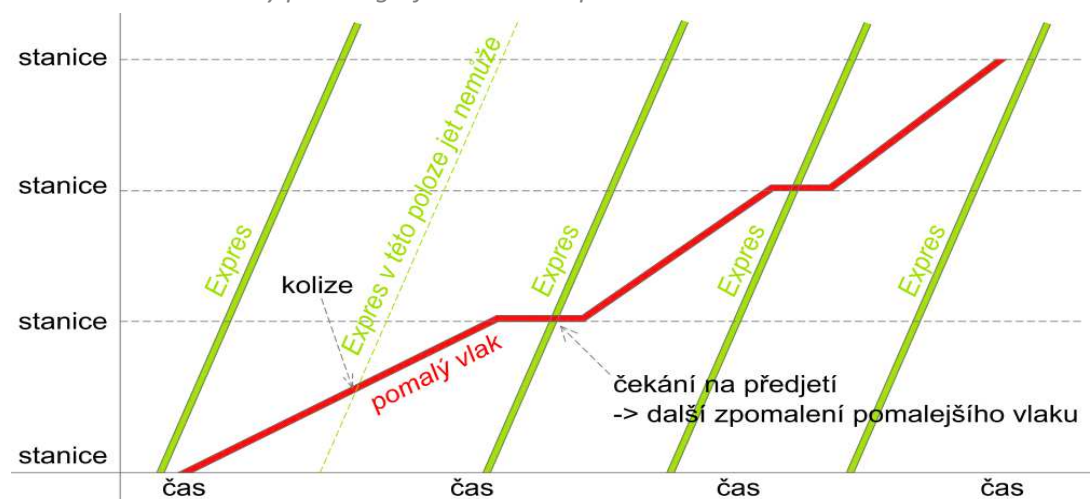
Při nastavení ceny jízdného (a také způsobu odbavení) **s cílem připodobnit cestu vlakem jízdě automobilem, bude výsledná poptávka po dopravě diametrálně odlišná** oproti nastavení ceny jízdného a stylu odbavení **napodobujícího leteckou dopravu**.

První způsob může na některých navrhovaných tratích vyvolávat potřebu jízdy vlaků v intervalech v řádu minut. Druhý způsob může na stejné trati generovat poptávku například pouze v řádu jednotek vlaků za hodinu.

To má naprosto zásadní vliv na požadovanou kapacitu trati. Kapacita trati je pak velmi závislá nejen na technickém řešení samotné trati, ale na skladbě vlaků, které jsou po ní provozovány.

Obecně vzato nejkapacitnější bude trať, po které budou jezdit vlaky rychle a zároveň všechny stejně rychle. Horší kapacita trati nastane, pokud vlaky budou jezdit pomaleji a zároveň budou velké vzájemné rozdíly rychlostí vlaků. **Od určité poptávané hustoty rychlých vlaků je tak nutné pomalejší vlaky z provozu na trati zcela vyloučit.**

Obrázek 1: Učebnicový příklad grafikonu a vlivu pomalého vlaku



Z provedených vzorových výpočtů grafikonů vyplývá, že přijatelný je rozdíl rychlostí vlaků cca 100 km/h. Při takové kombinaci vlaků a testované hustotě provozu dojde k předjetí pomalejšího vlaku rychlejším po ujetí vzdálenosti cca 80 km. To zhruba odpovídá vzdálenostem uvažovaných stanic na VRT.

S klesající intenzitou provozu je možný větší rozdíl rychlostí vlaků. Podrobněji v sešitě 7.1 *Dopravní technologie*.

VLIV OBCHODNÍHO MODELU NA TECHNICKÉ ŘEŠENÍ



Požadovaná kapacita trati spolu se způsobem provozu vlaků pak návazně zásadně ovlivňuje technické provedení trati.

Řídký provoz rychlých vlaků poskytuje prostor pro využití volné kapacity trati pro provoz pomalejších vlaků, například nákladních, nebo i osobních meziregionálních rychlíků.

Provoz vlaků různých rychlostí pak má dopad do geometrických parametrů tratí (zejména převýšení koleje), ze kterého pak dále vyplývají poloměry směrových oblouků. Obecně lze konstatovat, že rozevírání nůžek mezi rychlostmi jednotlivých vlaků zhoršuje možnosti pro trasování trati v krajině. Pouze dílčí komplikace vyvolá návrh geometrie trati pro provoz vlaků s rozdílem rychlostí do cca 140 km/h. Rozdíly přes 150 km/h vedou ke zvětšení poloměru směrových oblouků. Podrobnosti jsou uvedeny v sešitě 8 *INF žel. svršek a spodek*.

Stejně tak **skladba vlaků ovlivňuje využití maximálních sklonů tratí**. V případě poptávky po využití trati i pro nákladní dopravu je nutné dodržovat maximální sklon trati, ideálně do 8 ‰. Větší sklony se doporučuje využívat pouze za dodržení dalších omezujících podmínek. Při poptávce po provozu pouze osobní dopravy, ale v podobě běžných rychlíkových souprav, lze využít sklony do 20 ‰. Větší sklony v delších souvislých úsecích se již také negativně podepisují na dynamice jízdy vlaku, a proto by měly být využity pouze v krátkých úsecích, nezbytných nebo méně častých případech. Při vyloučení této skupiny vlaků, tedy při provozu pouze vysokorychlostních jednotek, je možné maximální sklony zvýšit až na 35 ‰.

Případné vyloučení daného druhu dopravy, resp. typů vlaků, může investiční náklady na výstavbu infrastruktury výrazně snížit.

O dopadech těchto skutečností je zmíněno dále v kapitole *Ekonomika vysokorychlostní železnice* i v samostatném sešitě 14.3.

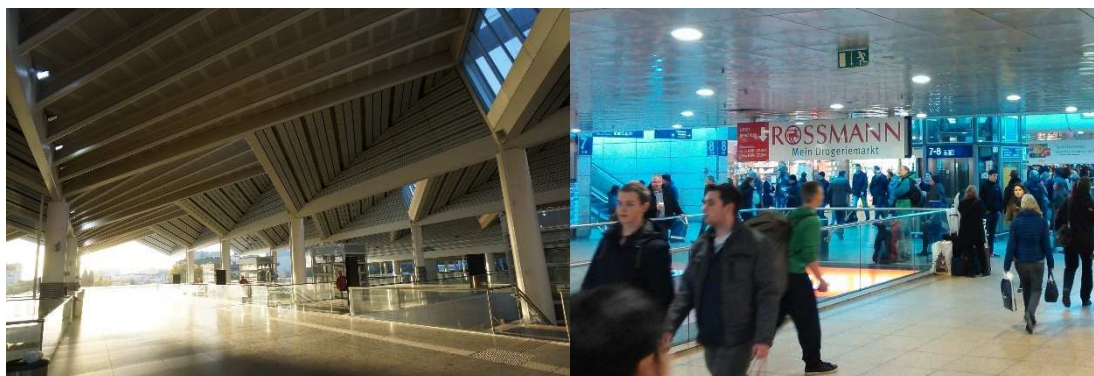
VLIV OBCHODNÍHO MODELU NA PODOBU ŽELEZNIČNÍCH STANIC



Samostatnou kapitolou pak je **podoba železniční stanice**. V kombinaci s výše uvedenými dopady „jízdenky“ je naprosto zásadní, jestli bude železniční stanice dimenzována pro provoz osobních i nákladních vlaků či pouze osobních.

V případě provozu osobních i nákladních vlaků je nutné železniční stanice dimenzovat pro délku vlaku 750 m nebo více, v případě osobní stanice postačí délka kolejí pro vlak délky 400 m. Podobně je to i s nutným počtem kolejí. **Podíl četnosti vlaků osobních a nákladních a zároveň jejich intervaly jsou zásadním vstupním parametrem pro určení vzdálenosti železničních stanic (resp. výhyben) na trati.**

Způsob odbavení cestujících udává vstupní požadavky na podobu stanice pro cestující. Stanice s volným přístupem cestujících k vlakům bude koncepčně odlišná od stanice uzpůsobené složitějšímu odbavení cestujících. Podrobněji v sešitě 14.1 *Vzorový projekt železniční stanice*.



Obrázek 2: Stanice relativně odděleného systému (vlevo) vyžadují jiné řešení terminálu (dělení odjezdů a příjezdů), než stanice, ve které je vše integrováno dohromady (včetně obchodních prostor).

VLIV OBCHODNÍHO MODELU NA CELKOVOU KONFIGURACI SÍŤ



Uvažovaný obchodní model předesílá, jaké bude linkové vedení vlaků na vysokorychlostních tratích. Může to vést k budování víceméně oddělené sítě tratí s minimem možných přístupů z konvenční sítě. Nebo může být výsledkem nová trať plně integrována do stávající železniční sítě s řadou propojení. Tomu pak odpovídá i rozmístění zařízení pro údržbu tratí i vlakových souprav.

3.3 NÁKLADNÍ DOPRAVA - „KOMODITA“

Své požadavky má i nákladní doprava. V principu se jedná o požadavky velmi podobné požadavkům cestujících, jen měřítko, a tudíž i dopady do podoby systému, jsou odlišné, a to často diametrálně.

Specifické pro nákladní dopravu jsou požadavky na kapacitu dráhy a také na energetickou náročnost jízdy vlaku. Oproti osobní dopravě jsou naopak méně významné požadavky na rychlost. To vede k řadě rozporů při stanovení technických parametrů tratí.

Je třeba rozlišovat nákladní dopravu „konvenční“ provozovanou po vysokorychlostní trati, a nákladní dopravu „vysokorychlostní“ v podobě vysokorychlostních nákladních jednotek.

V druhém zmíněném případě se jedná o provoz nákladních vysokorychlostních jednotek technicky shodných s jednotkami pro osobní dopravu. Jsou pouze upraveny pro přepravu leteckých kontejnerů nebo balíkových zásilek namísto úpravy pro přepravu cestujících.

Taková nákladní doprava neklade na vysokorychlostní železniční infrastrukturu žádné zásadní nároky. Pochopitelně je nutné vybudovat patřičné terminály pro překládku zboží. Tento způsob dopravy je i v západní Evropě v plenkách a je koncipován jako návazná doprava na letecké terminály.

Složitější situace nastane při požadavku na provoz konvenční nákladních vlaků tvořených lokomotivou a nákladními vozy. Tento požadavek již vyvolává potřebu uzpůsobení trati pro takové vlaky. Je nutné navrhovat výrazně menší podélné sklony, velký rozdíl mezi rychlými osobními a pomalými nákladními vlaky omezuje možnosti směrového vedení trati. Jiné řešení musí být zvoleno pro železniční stanici.

Velký rozdíl v rychlosti vlaků také zásadně omezuje kapacitu trati, viz obrázek 1. Je také možné, že požadovaná kapacita pro osobní dopravu tak nakonec zpětně vyloučí možnost provozu konvenčních nákladních vlaků.

Proto musí být provozování konvenční nákladní dopravy po tratích určených i pro rychlou osobní dopravu předmětem detailního posouzení.

O možnostech provozu různých vlaků je pojednáno také v následující kapitole.

Další podrobnosti ke koncepci nových tratí jsou v sešitech 2.1 VRT v Evropě – *Inspirace pro ČR* a 2.2 Koncepční přístup k VRT v Evropě.





4 MOŽNOSTI PROVOZU VLAKŮ NA VYSOKORYCHLOSTNÍCH TRATÍCH

Víme, že provoz na vysokorychlostních tratích velmi ovlivňuje podobu stavební části. Jaké vlivy ale vstupují do volby podoby provozu?

4.1 VYSOKORYCHLOSTNÍ I JINÉ VLAKY

Po vysokorychlostních tratích v Evropě se pohybuje celá řada různorodých vozidel. Kolejová vozidla jsou zároveň zásadním prvkem ve výše nastíněném řetězci „obchodní model > provoz > technická podoba trati“.

Pro potřeby technické studie lze vozidla vysokorychlostních tratí pro osobní dopravu rozdělit do 4 skupin uvedených níže s doplněním příkladu známého vozidla. Pracovně jsou skupiny označeny jako Voz1 – Voz4 a odpovídají situaci v zahraničí.

- **Voz1** – vysokorychlostní vozidla pro rych. 300 km/h a více (*ICE3, TGV, Frecciarossa, nákladní Eurocarex apod.*)
- **Voz2** – vysokorychlostní vozidla pro rychlost 250 km/h (*ICE4, RENFE S/120, ED250 apod.*)
- **Voz3** – rychlá vozidla pro rychlost 230 km/h (*ICE-T, Pendolino 680, railjet apod.*)
- **Voz4** – konvenční vozidla pro rychlost do 200 km/h (*běžné soupravy tažené lokomotivou, Interpanter apod.*)

U skupiny vozidel Voz4 lze ještě odvodit podskupinu vozidel, která jsou sice svojí maximální rychlostí konvenční, ale uzpůsobená provozu na vysokorychlostních tratích (podskupina **Voz4.1**). Tato odlišnost spočívá v odolnosti vozidel vůči aerodynamickému zatížení při vzájemném míjení vlaků ve vysokých rychlostech. Do takové skupiny patří například nově dodávané jednotky *NIM Express* pro DB.

V nákladní dopravě jsou provozována jednak běžná vozidla, jednak



vozidla počínajícího systému Eurocarex. Jejich konstrukce je shodná s výše uvedenými vysokorychlostními vozidly, jen jsou uzpůsobeny pro lehkou nákladní dopravu. Pokusný provoz probíhá s upravenými jednotkami TGV a leteckými kontejnery uvnitř.

Kategorizace vozidel do jednotlivých skupin je důležitá pro pochopení možnosti provozu jednotlivých vozidel na vysokorychlostní trati. Podrobnosti v kapitole 4.1.3.

4.2 DYNAMIKA JÍZDY VYSOKORYCHLOSTNÍHO VLAKU

V sešitě 7.1 *Dopravní technologie* je popsáno několik vlivů, které zasahují do jízdy vysokorychlostního vlaku. Rozhodujícími jsou jízdní odpory (vozidlové a odpor ze zrychlení), ke kterým se dále přičítají odpory z trati (stoupání) a odpory dané eventuální přítomností a provedením tunelů.

Vysokorychlostní železniční vozidla jsou pro jízdu ve vysokých rychlostech přizpůsobena. Se zvyšující se rychlostí narůstá zejména vliv aerodynamického řešení vlakové soupravy. Koneckonců aerodynamický odpor se ve výpočtech násobí druhou mocninou rychlosti.

Aerodynamický odpor (a tedy i následně spotřeba) vysokorychlostního vlaku však není při dvojnásobné rychlosti 4x větší. Díky výrazně lepším parametrům oproti konstrukci konvenčních vozidel je zvýšena pouze zhruba dvojnásobně. **Provedené výpočty a simulace jízdy vlaků ukázaly, že jízda běžného vlaku rychlostí 200 km/h je zhruba stejně energeticky náročná jako jízda vysokorychlostní jednotky rychlostí 250 km/h.**

4.3 MOŽNOSTI PROVOZU NA VYSOKORYCHLOSTNÍCH TRATÍCH

Na vysokorychlostních tratích lze provozovat různá vozidla. Od určité rychlosti však pouze s některými omezeními. Pomineme-li technologická omezení popsaná výše v kapitole 3.2.1, jedná se o omezení daná aerodynamikou a prouděním vzduchu při jízdě vlaku.

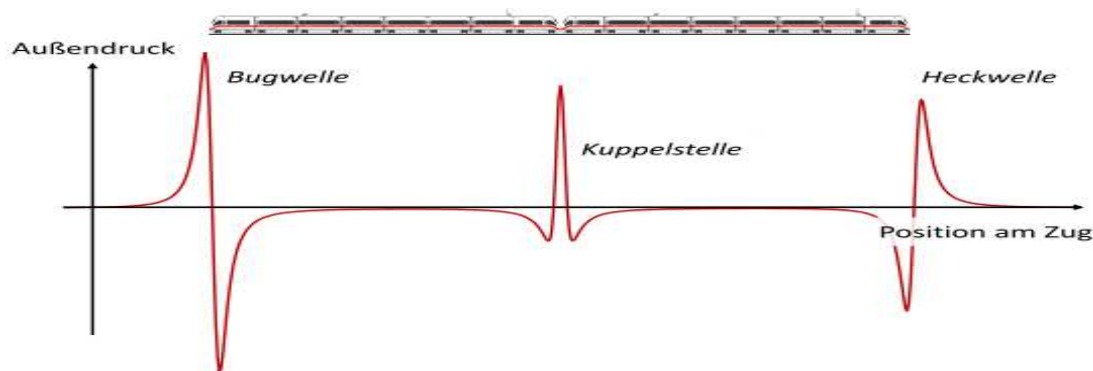
Klíčovým momentem při rozhodování, která vozidla na dané tratě smí, tak je jejich odolnost vůči tlaku při míjení. Zvláštní důraz je kladen na míjení ve dvokolejných tunelech.

V důsledku toho jsou ve světě zřejmé tyto možné kombinace provozu:

- po VRT se pohybují **pouze vysokorychlostní vozidla** (Voz1, Voz2), která **nezajíždí nikam jinam**.
- po VRT se pohybují **pouze vysokorychlostní vozidla** (Voz1, Voz2), která ale **část své jízdy absolvují i po konvenčních tratích**.

Tyto provozní koncepty nepřináší žádné technické komplikace z pohledu použitých vozidel, protože všechna vozidla jsou pro provoz na vysokorychlostních tratích implicitně dimenzována. Provozní podmínky je však nutné stanovit, pokud je provoz pestřejší:

- po VRT se pohybují i **konvenční vozidla** (Voz1, Voz2, Voz3, Voz4)
- po VRT se pohybují i **konvenční osobní a nákladní vozidla** (Voz1, Voz2, Voz3, Voz4, nákladní)



Obrázek 3: Tlaková vlna působící na protijedoucí vlak.

Obecně vzato každé vozidlo je navrhováno a následně vyrobeno a schvalováno na konkrétní podmínky použití. Tyto podmínky jsou součástí zadávací dokumentace při pořízování vozidel. TSI udávají pouze limitní hodnoty parametrů (např. odolnosti vůči tlaku), které musí vozidla v závislosti na své kategorii splnit, a nic na tom nezměnilo ani sjednocení TSI RST CR a TSI RTS HS do jedné TSI RS.

V osobní dopravě pak odpovědí jsou vozidla kategorie pracovně nazvanou Voz4.1 (konvenční uzpůsobená provozu na VRT).

Podmínky provozu konvenčních vlaků a nákladních vlaků po VRT nejsou v Evropě sjednoceny. Je uváděna závislost na osově vzdálenosti kolejí, ale ani zde není napříč zeměmi výsledovatelná přímá úměra. Pro ověření podmínek provozu konkrétních vozidel na VRT je tak nutná součinnost dopravce a výrobce vozidla, který musí splnění kritérií pro míjení na VRT garantovat. Rozhodující není maximální rychlost vozidla, ale maximální rychlost protijedoucího vozidla.

Pro další úvahy o provozu na VRT je možné vycházet z provozních podmínek v Německu, kde je provoz po rychlých tratích velmi pestrý. Navrhujeme uvažovat tato pravidla:

- pro traťové rychlosti **nad 160 km/h** musí být všechna dnešní **osobní** vozidla posouzena, zda jsou pro daný provoz vhodná; upozorňuje se především na pevnost skříně, oken a dveří
- pro traťové rychlosti **nad 160 km/h** (především pak nad 200 km/h) nelze povolit provoz některých typů **nákladních** vozů bez ověření compatibility; tento problém by však neměl být nepřekonatelný a týká se např. vozů zakrytých plachtami nebo vozů s posuvnými bočnicemi
- pro traťové rychlosti **nad 250 km/h** nesmí docházet k míjení vysokorychlostních vlaků s **nákladními** vlaky vůbec
- pro traťové rychlosti **250 km/h a více** nesmí docházet k míjení vysokorychlostních vlaků s konvenčními vlaky **osobní** dopravy tomu nepřizpůsobenými

Další podrobnosti k železničním vozidlům jsou v sešitě 4.8 RTS vozidla.



5 EKONOMIKA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE A RYCHLOST

Náklady vysokorychlostní železnice jako celku se skládají z **nákladů stavebních, ale i nákladů na pořízení vozového parku a následných nákladů provozních a udržovacích**. Pro optimální posouzení variant je vždy správné posouzení součtu všech nákladů po dobu životního cyklu, byť je to v řadě případů velmi obtížný úkol.

Sestavení celkových nákladů životního cyklu je velmi obtížné v obecné technické studii, protože proměnných je v obecné rovině velmi mnoho. Náklady životního cyklu je obtížné správně vyhodnotit i v případě posuzování konkrétního příkladu nebo projektu, neboť řadu vlivů je obtížné předvídat v čase budoucím, nebo dokonce v dané věci nebylo dosaženo patřičného poznání.

Typickým příkladem je posuzování vhodnosti využití pevné jízdní dráhy vůči šterkovému loži, kde se uvádí jako jedna z výhod PJD delší životnost (60–100 let). Tu však v praxi zatím nikdo neověřil. Stejně obtížně se kalkulují náklady na udržování objektů, jako jsou tunely. Samostatnou kapitolou jsou náklady odvislé od cen energií, které se v čase dynamicky mění.

Problematické je také ocenění nákladů na údržbu, která vyvolává potřebu výluk, jejichž ohodnocení není jednoznačné. Některá technická řešení se však vzájemně liší právě požadavky na budoucí výluky při údržbě.

Pro potřeby této studie pro účely porovnání technických řešení uvažujeme základní odhady v oblasti investičních nákladů na pořízení infrastruktury a základní odhady nákladů na pořízení železničních vozidel. Porovnání, které se týká energií, nepřevádíme do nákladů, ale provádíme je pouze v energetických jednotkách. V nezbytných případech uvádíme i odhad současné ceny. Pro ukázkou míry vlivu zásadních částí technického řešení jsou odhady dostačující.

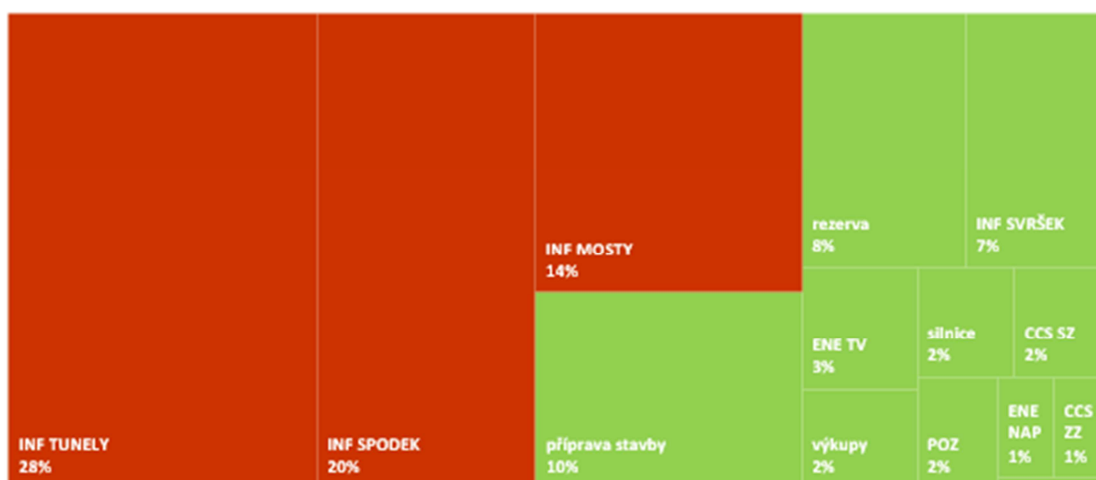
5.1 NÁKLADY A RYCHLOST

Studie nemá ambice prověřovat výše investičních nákladů na jednotlivé trasy nebo jednotkové ceny jednotlivých komponent. Nelze však doporučit technické řešení bez znalosti ekonomických závislostí. Proto je v rámci studie provedeno několik základních odhadů nákladů či základních ekonomických úvah právě s cílem porovnání některých možných variant řešení. Nastíněné postupy porovnání by se pak měly stát vodítkem pro porovnávání variant návrhu tras ve studiích proveditelnosti.

5.1.1 NÁKLADY NA POŘÍZENÍ INFRASTRUKTURY

Pro úvahy o vlivu rychlosti na investiční náklady infrastruktury je důležitá rozvaha, z čeho se celkové náklady skládají. Jako vzorový byl pro potřeby studie vybrán úsek Benešov – Jihlava ve variantě ÚTS N14 a to z toho důvodu, že tento úsek byl vybrán jako testovací i pro jiné parametry. S ohledem na svoji členitost dobře reprezentuje poměry české krajiny.

Graf 3: Rozdělení nákladů trasování, hnědé části výrazněji závisí na vedení trasy



Je patrné, že téměř dvě třetiny nákladů (62 %) připadá na umělé stavby (tunely, spodek, mosty). V některých úsecích vedených nížinnou krajinou (například Polabí) bude zastoupení jednotlivých součástí infrastruktury pochopitelně odlišné, protože podíl umělých staveb bude menší.

Graf 4: Rozdělení nákladů trasování, červené části výrazněji závisí na maximální rychlosti



Velmi důležitá je **identifikace částí nákladů, které jsou přímo výrazně spojené s rychlostí**. V případě, že je dáno trasování trati, jsou to v zásadě pouze tunely (vlivem zvětšujícího se tunelového průřezu) a pak dimenzování napájení. V grafu jsou vyznačeny **červeně**. Ostatní části jsou v takovém případě na rychlosti relativně nezávislé.

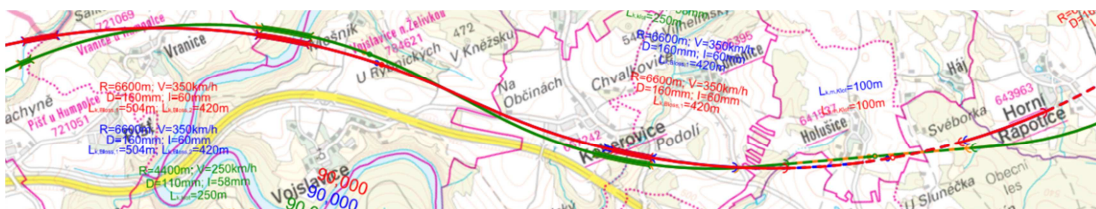
Daleko zajímavější je zaměření se na **vliv trasovacích parametrů na jednotlivé části**. Zejména na závislost na poloměrech směrových oblouků a podélných sklonech trati. **Tyto parametry ovlivňují** podobu a zejména rozsah umělých staveb (mostů a tunelů) a objemy kubatur. Tedy právě oné výše uvedené **dvoutřetinové části**.

ZKUŠEBNÍ ÚSEK

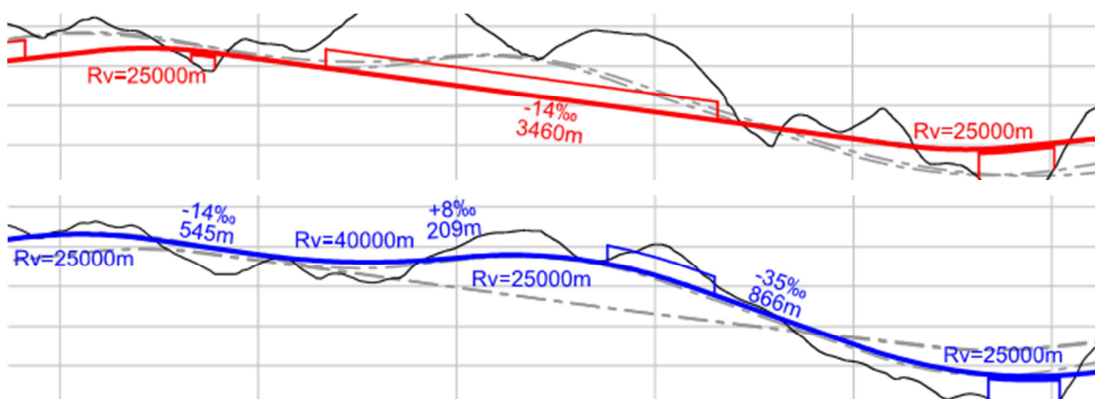
V rámci studie byl zpracován pokusný návrh trasování části VRT v úseku Benešov – Jihlava v jednom z koridorů navrhovaných v ÚTS. Aby bylo možné ověřit míru ovlivnění nákladů v nejdůležitějších „červených“ částech zvolenými parametry trasování, byl proveden návrh 4 variant trasy v témže územním koridoru šířky 5 km:

- směrové vedení pro **350 km/h** a podélné sklony i pro konvenční vlaky (**max 20 ‰**),
- směrové vedení pro **250 km/h** a podélné sklony i pro konvenční vlaky (**max 20 ‰**),
- směrové vedení pro **350 km/h** a podélné sklony především pro VRT vlaky (**max 35 ‰**),
- směrové vedení pro **250 km/h** a podélné sklony především pro VRT vlaky (**max 35 ‰**).

Obrázek 4: Na výřezu mapky je patrný poměrně malý rozdíl v půdorysném vedení tratě pro různé rychlosti



Obrázek 5: Na výřezu podélného profilu je patrný naopak zásadní rozdíl ve výškovém vedení trasy s mírnějšími sklony (červeně) a strmějším stoupáním (modře).



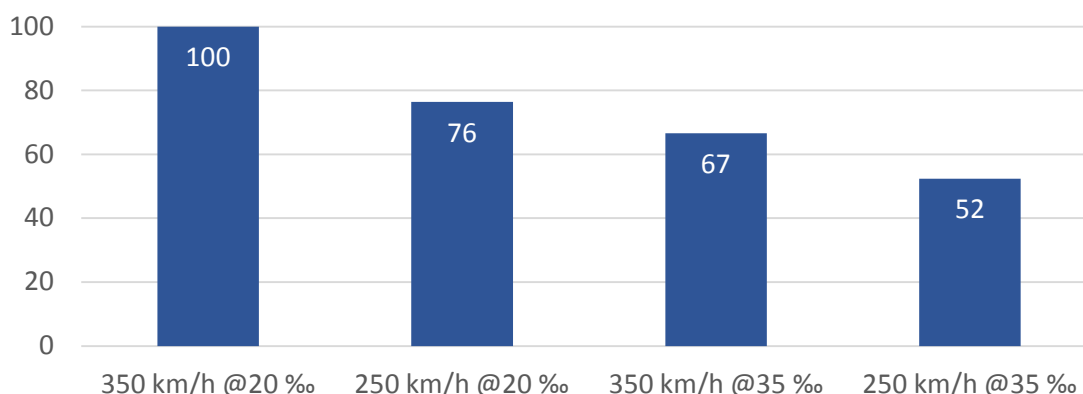
Pro tyto úseky byly orientačně spočteny náklady v oblasti žel. spodku (zemních prací, tunelů a mostů) pro vzájemné porovnání.

Vezmeme-li nejdražší variantu „350 km/h @ 20 ‰“ jako 100 %, pak snížením rychlosti na 250 km/h uspoříme **cca čtvrtinu** z této rozhodující části infrastruktury. Pokud však

ponecháme rychlost 350 km/h a zvýšíme podélný sklon, pak dojde k úspoře **cca jedné třetiny**.

Při přepočtení úspory z celkových nákladů (nejen rozhodující částí) může vhodné nastavení sklonových parametrů vést k úspoře cca 15–20 % celkových nákladů. Pochopitelně vždy záleží na konkrétní trase a nutnosti budovat umělé stavby z jiných důvodů.

Graf 5: Úspory v rozhodujících částech plynoucí z úprav trasování [%]



Ve zvlněném terénu se ukázalo, že investiční náklady jsou v daleko vyšší míře ovlivněny podélnými sklony (závislými na podobě provozu), než poloměry oblouků (závislými na nejvyšší rychlosti).

Nastavení sklonů ale těsně souvisí s provozním konceptem a nasazovaným vozidlovým parkem.

Porovnání tak potvrzuje, že diskuze o provozním konceptu může být důležitější než diskuze o samotných maximálních rychlostech. Naprosto zásadní je (ne)přítomnost nákladní dopravy na VRT.

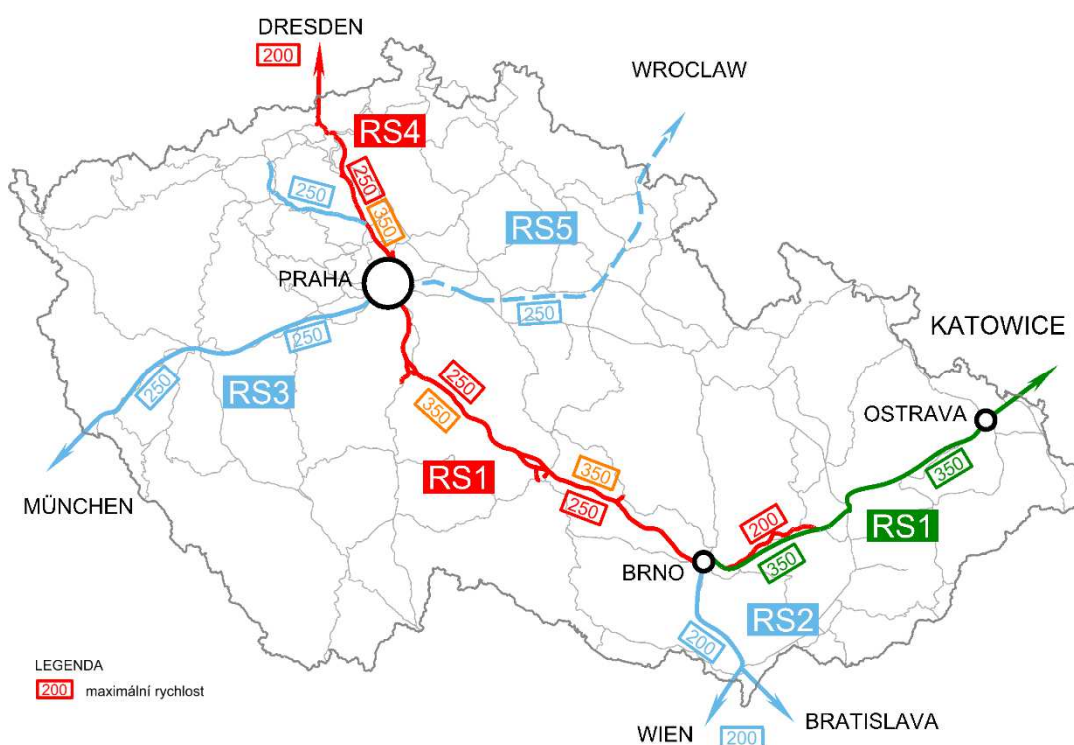
Podrobnější vysvětlení vstupních parametrů do testu je pak uvedeno v sešitě 14.3 *Zkušební trasování*.

5.1.2 NÁKLADY NA POŘÍZENÍ VOZIDLOVÉHO PARKU

PRACOVNÍ SCÉNÁŘE

Teoreticky existuje celá řada kombinací rychlostí, druhů dopravy na jednotlivých tratích i všemožných technických řešení tratí samotných. Poznatky z provozu v zahraničí však umožňují velké množství kombinací omezit na ty reálné. Zároveň je v návaznosti na zpracované ÚTS odhadnutelné, které jsou využitelné v podmínkách ČR.

Pro potřeby odhadu provozních náležitostí proto byly využity 4 scénáře možného rozvoje VRT a k nim odpovídající koncepty dopravy (linkové vedení, intervaly). Přehledně na mapce na následující straně.



Obrázek 6: Pracovní scénáře rozvoje VRT

Pracovní scénář 1 (červeně) předpokládá realizaci pouze těch staveb, které jsou schváleny v době zpracování technickoprovozní studie, nebo jsou vážně diskutovány. Zároveň uvažuje rychlostní parametry na dolní hranici úvah (250 km/h). **Pracovní scénář 2 (oranžově)** předpokládá realizaci pouze výše uvedených staveb scénáře 1, nicméně v rychlostních parametrech na horní hranici úvah (350 km/h). **Pracovní scénář 3 (zelený)** předpokládá realizaci staveb ze scénáře 2 a navíc i dalších staveb, které jsou obsaženy v konceptu rychlých spojení, viz mapka. **Pracovní scénář 4 (modře)** předpokládá realizaci staveb ze scénáře 3 a navíc všech zbývajících uvažovaných spojení.

Do uvažovaného linkového vedení byly zahrnuty všechny linky, které v nějakém ze scénářů mohou ve své trase (**i jen části**) využít VRT. Tím je totiž ovlivněno nasazení vozidel a díky změně jízdní doby i teoretické potřebné množství souprav potřebných pro provoz linky.

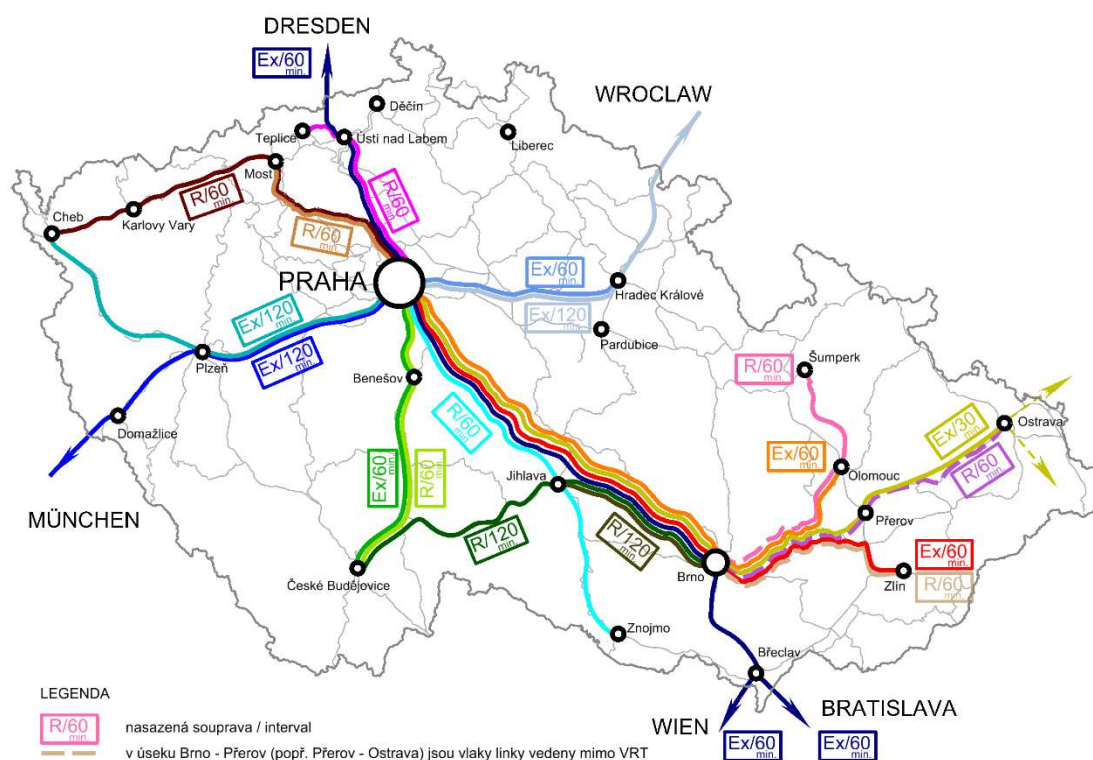
POTŘEBA VOZIDEL

Přehled linek, intervalů v jednotlivých scénářích a vypočtené potřeby vozového parku v závislosti na požadované rychlosti je v sešitě 7.1 *Dopravní technologie*. V grafu níže, a pak i v tabulce, je uveden celkový přehled potřebného počtu vlakových souprav rozdělený podle typů. Názvy souprav slouží pouze pro lepší představu, o jaká dnes existující vozidla se může jednat.

Z orientačního výpočtu vyplývá, že potřeba vlakových souprav spolu se zvyšující se rychlostí klesá. Je to dáno zvyšující se efektivitou oběhu souprav.

Velmi dobře situaci ilustruje provoz mezi Prahou a Brnem, kdy při dnešní jízdní době cca 2:30 se vlaková souprava „otočí“ tam a zpět za minimálně 5 hodin. V případě realizace rychlé trati s jízdní dobou cca 1:00 se taková souprava „otočí“ tam a zpět teoreticky už za 2 hodiny. Pro daný interval je tak na VRT potřeba méně než polovina vlakových souprav teoreticky potřebných na konvenční trati.

Pro možnost porovnání se stávajícím stavem byl vytvořen i „scénář 0“, ve kterém byla stejnou metodikou vypočtena potřeba vozidlového parku pro stávající intervaly na uvažovaných linkách. Také byl vytvořen „scénář X“, kde byly výsledné intervaly ze scénáře 4 aplikovány na stávající infrastrukturu.



Obrázek 7: Uvažované linkové vedení

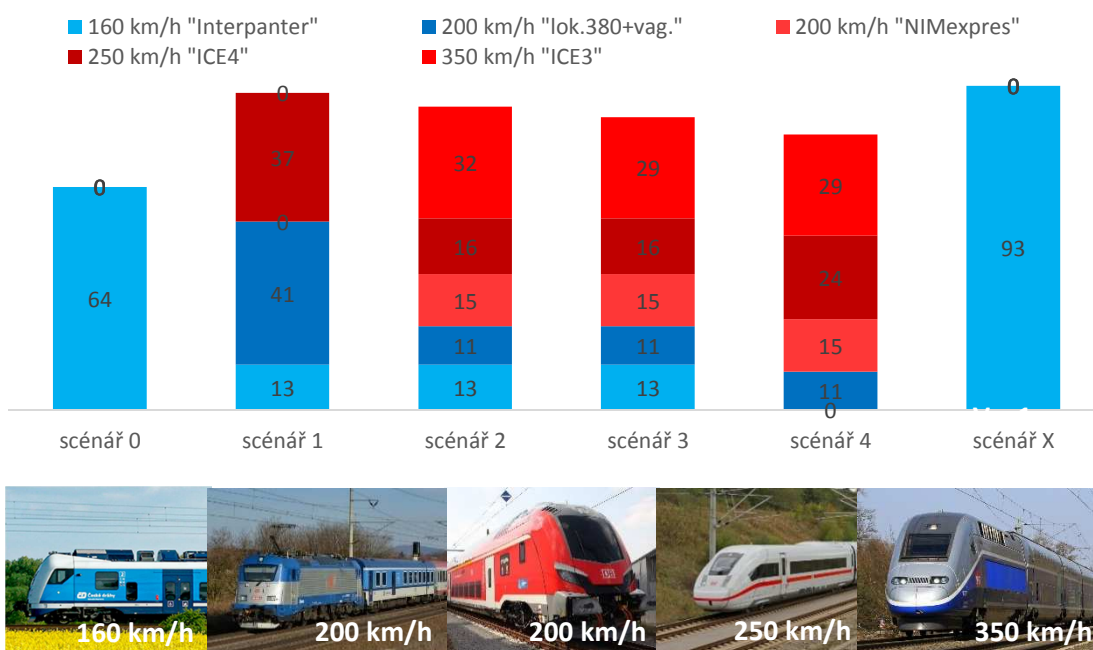
Rozdělení vlaků do jednotlivých kategorií je blíže popsáno v kapitole 4.

Výpočet ukazuje, že ať již bude zvolená podoba infrastruktury i provozního konceptu jakákoliv, **počet potřebných souprav pro provoz vlaků sítě RS si vyžádá vyšší desítky souprav, počet by však neměl přesáhnout 100**. To je zásadním vstupem do návrhu zázemí pro udržování vozidlového parku.

Zároveň lze konstatovat, že dle volby provozního scénáře, **opravdu vysokorychlostní vozidla** (pro 250 km/h a výše) **budou tvořit necelou polovinu až dvě třetiny z nich** (37 – 53 souprav). **Z celkového počtu** několika stovek souprav provozovaných v každodenním provozu v ČR **se vždy bude jednat jen o malý zlomek**.

Souprav pro nižší rychlosti (do 200 km/h) označených jako 200.1, tedy kterých se týká míjení vlaků s vyšší rychlostí (300 km/h a více), je jen 15. Se zvyšující se rychlostí se poměr mezi vozidly konvenčními a vysokorychlostními pochopitelně mění ve prospěch těch vysokorychlostních.

Graf 6: Orientační potřeba vlakových jednotek v závislosti na pracovním scénáři



Tabulka 1: Přehled počtu souprav*

	maximální rychlost [km/h]**					celkem [ks]
	160 (Voz4)	200 (Voz4)	200.1 (Voz4.1)	250 (Voz2)	350 (Voz1)	
scénář 0	64	0	0	0	0	64
scénář 1	13	41	0	37	0	91
scénář 2	13	11	15	16	32	87
scénář 3	13	11	15	16	29	84
scénář 4	0	11	15	24	29	79
scénář X	93	0	0	0	0	93

* jedno vozidlo navíc jako rezerva

** 200.1 = vozidlo s maximální rychlostí 200 km/h způsobilé jízdy po VRT

NÁKLADY NA POŘÍZENÍ VOZIDLOVÉHO PARKU

Vysokorychlostní vozidla nejsou řádově dražší než vozidla konvenční, jejich cena přesto vyšší je. Pro porovnání si tak nevystačíme pouze s výpočtem počtu souprav, ale je nutné jejich množství ohodnotit.

Pro orientační odhad nákladů na vozidlový park byly využity níže uvedené ceny vlakových jednotek. Ceny vychází z dostupných údajů a je třeba je vnímat jako údaj především pro celkové porovnání.

Tabulka 2: Uvažované ceny vlakových souprav

	maximální rychlost [km/h]				
	160	200	200.1	250	350
Uvažovaná cena soupravy [Kč]	230 mil.	350 mil.	370 mil.	650 mil.	850 mil.

V případě, že zjištěná cena odpovídá nepřiměřeně více (nebo méně) kapacitní jednotce, byla upravena pro porovnatelný počet vozů. Referenční kapacita vlaku je tak cca 400 míst (délka vlaku 200 m).

Vypočtené potřebě vlakových souprav a výše uvedeným odhadovaným nákladům na pořízení odpovídají tyto celkové náklady na pořízení vozidlového parku v jednotlivých scénářích:

Tabulka 3: Odhad nákladů na pořízení vozidel

	maximální rychlost [km/h]					
	160	200	200.1	250	350	celkem [mil. Kč]
scénář 0	14 720	0	0	0	0	14 720
scénář 1	2 990	14 350	0	24 050	0	41 390
scénář 2	2 990	3 850	5 550	10 400	27 200	49 990
scénář 3	2 990	3 850	5 550	10 400	24 650	47 440
scénář 4	0	3 850	5 550	15 600	24 650	49 650
scénář X	21 390	0	0	0	0	21 390

Rozdíly mezi jednotlivými scénáři jsou relativně malé. Největší nárůst nákladů nastane hned v případě realizace scénáře 1.

Zvýšení rychlosti (aplikace scénáře 2) nebo další rozšiřování systému VRT již náklady na pořízení vozidlového parku příliš nezvyšují. Při vyšších scénářích dokonce opět mírně klesají a to i při zahušťování intervalů na některých linkách a vzniku některých nových. **Opět se projevuje efektivnější nasazení rychleji obíhajících vozidel.**

Celkové náklady na pořízení vozidlového parku pro systém RS (vč. linek typu Brno – Šumperk apod.) se tak pohybují okolo 50 mld. Kč ve všech scénářích.

5.1.3 NÁKLADY NA PROVOZOVÁNÍ VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE

Provozními náklady spojenými se systémem vysokorychlostní železnice se rozumí především náklady na udržování tratí, udržování vozidel a pak náklady spojenými s jízdou vlaků (energie, personál, ...).

Náklady na udržování vysokorychlostních tratí se v zahraničí uvádí v řádu 3 až 4 mil. Kč/km/rok. Z pohledu pracovních scénářů se však jedná v zásadě o konstantní položku.

Náklady na udržování vysokorychlostních jednotek nejsou dostupným a hlavně dobře porovnatelným údajem. Závisí totiž na dodavatelském systému:

- údržba probíhá vlastními silami, dodávány jsou náhradní díly, větší opravy provádí výrobce
- údržba probíhá ve větší míře výrobcem
- údržba probíhá ve větší míře výrobce v zázemí dopravce
- údržba je již součástí kontraktu na dodání vozidel

Řešení problematiky je v rámci Evropy velmi pestré. Z pohledu pracovních scénářů (a rychlostí) je však i tato položka relativně konstantní.

Spolu se zvyšující se rychlostí vzrůstá **energetická náročnost**, vlivem aerodynamického řešení vlakových souprav však nikoliv s mocninou rychlosti (viz text výše). Se zvyšující se rychlostí se však zkracuje jízdní doba a tím se zvyšuje atraktivita pro cestující. Proto nelze energetickou náročnost posoudit samostatně bez současného posouzení benefitů, viz další kapitola.

Náklady spojené s personálem a dalšími náležitostmi se ve vztahu k pracovním scénářům (a rychlosti) chovají stejně jako náklady na pořízení vozidel. Se zvyšující se rotací personálu klesá výše nákladů rozpočtená na přepraveného cestujícího či ujetý km.

5.2 BENEFITY A RYCHLOST

Doposud byly zmíněny hlavní nákladové složky systému vysokorychlostní železnice: infrastruktura a vozidlový park. Při posuzování je však třeba mít v patrnosti i benefity z provozování systému plynoucí.

V zahraničí platí, že hlavním benefitem je utržené jízdné. Ve Francii, kde je jízdné na vyšší úrovni, je dokonce z tržeb vysokorychlostních vlaků TGV částečně pokrývána ztráta státem objednávaných běžných vlaků IC. Analýza ekonomické rentability jednotlivých linek či dokonce spojů však již přesahuje rámec této studie.

Socioekonomické benefity, které jsou běžně do ekonomických analýz započítávány, jsou zejména benefity z převedení dopravy z individuální automobilové (IAD) na železnici a pak také úspora času cestujících oproti stávajícímu stavu. V případě existence nákladní dopravy i převedení této ze silnice na železnici.

Obecně je nutné při tvorbě systému vysokorychlostní železnice nastavit správný poměr mezi benefity „finančními“ (= tržba z jízdného) a benefity „socioekonomickými“.

Toto nastavení se ve vztahu k cestujícím realizuje zejména cenou jízdného a způsobem odbavení, čímž se vracíme na začátek této zprávy. Z pohledu investora (státu) pak nastavením provozu na vysokorychlostní trati a přístupu na ní (cenou za použití a jiné regulace).

PŘÍKLAD

Socioekonomické benefity podléhají poměrně sofistikovanému výpočtu, navíc náklady jsou proti benefitům ve výpočtech promítány v čase (diskontování). Přesto si pro představu o obecném postupu dovolme zjednodušující příklad:

Vezměme v úvahu, že hodina uspořené času jedné osoby má hodnotu cca 300 Kč (nerozlišujeme v tuto chvíli účel cesty apod.). Každá ušetřená minuta každého cestujícího pak má hodnotu 5 Kč.

Vezměme v úvahu pracovní scénáře v úseku Praha – Brno. Dle provedených výpočtů (zejména s cílem ověření vlivu trasování na investičních nákladech a zjištění energetické náročnosti) vyplývá **rozdíl jízdní doby mezi scénářem 1 a 2 (resp. rychlostí 250 km/h a 350 km/h) cca 11 minut.**

Rychlejší jízda tak přináší benefit 55 Kč na jednoho cestujícího. Při 25 000 cestujících/den by přínos z rychlejší cesty byl 1 350 000 Kč/den. Za rok by uspořený čas měl hodnotu cca 490 mil. Kč. Za dobu hodnoceného období 40 let by tak (čistě matematicky) činil **přidaný benefit cca 19.5 mld. Kč.**

Dalším přínosem pak je pochopitelně vyšší počet cestujících, kteří vlak využijí při kratší jízdní době. Dříve provedený průzkum spol. KORDIS uvádí v závislosti na jízdní době nárůst počtu cestujících při zkrácení jízdní doby o 10 minut cca na úrovni 8 %.

Při 25 000 cestujících/den by nárůst činil 2 000 cestujících/den. Při ceně jízdného v dnešní výši cca 200 Kč by každodenní tržba byla o 400 000 Kč vyšší. Za rok to činí cca 145 000 000 Kč. Za dobu hodnoceného období 40 let by tak (čistě matematicky) činilo **navýšení tržeb cca 5,8 mld. Kč.**

Vraťme se k vyšší energetické náročnosti jízdy vyšší rychlostí. Dle provedených energetických výpočtů je rozdíl na úseku Praha – Brno mezi jízdami rychlostí 250 km/h a 350 km/h cca 2 000 kWh.

Vliv zvýšené spotřeby energie má ještě více proměnných, zejména však bude závislý na obsazení vlaků.

Pokud budeme uvažovat cenu za 1 kWh cca 4 Kč, pak každá jízda vlaku bude dražší o 8 000 Kč. Pokud bude vlak se 400 místy obsazený alespoň na 75 %, pak se zvýšení nákladů rozpočítá mezi 300 cestujícími. **Každý tak ve své jízdence musí zaplatit cca 25 Kč navíc, což je zhruba 10 % z dnešní ceny jízdenky.**

5.3 EKONOMIKA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE - ZÁVĚR

Jak bylo zmíněno výše, studie nemá ambici stanovit náklady na výstavbu vysokorychlostního systému, ani zjišťovat jednotkové náklady. Stejně tak nemá ambici nahrazovat studie proveditelnosti a další přepravně-ekonomické studie.

Smyslem všech ekonomických úvah je pouze porovnání různých technických řešení v případě, že se to jeví jako účelné nebo nezbytné.

Pro tyto úvahy byl popsán vliv rychlosti na:

- vybudování infrastruktury
- pořízení vozidlového parku
- provozování vysokorychlostní železnice

Náklady na vybudování infrastruktury celého vysokorychlostního železničního systému v ČR jsou odhadovány na cca 600 mld. Kč (včetně rezervy cca 30 %). Z odhadu pořizovacích nákladů vozidlového parku vyplývá hodnota okolo 50 mld. Kč.

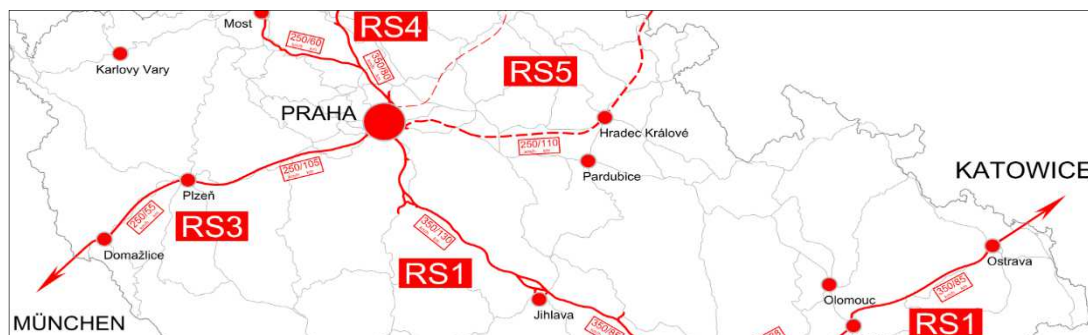
Podíl pořizovacích nákladů těchto dvou základních součástí systému je tak zhruba 92 % ku 8 %, jak ukazuje graf níže.



Na testovacím úseku bylo ukázáno, že vhodným nastavením zejména sklonových poměrů lze v některých případech významnou měrou ovlivňovat výši nákladů na výstavbu infrastruktury. Zároveň bylo výpočty dopravní technologie ukázáno, že ostřejší návrhové parametry, které ke snížení nákladů na výstavbu infrastruktury mohou vést, se v praxi neprojevují příliš negativně na následný provoz.

Jestliže nastavení parametrů VRT je do značné míry závislé na používaném vozidlovém parku, je na snadě, že ekonomicky výhodnější je podřízení se vozidlového parku požadavkům infrastruktury, než naopak.

Zároveň zamyšlení nad benefity vede k tvrzení, že pokud bude v rámci zajištění životaschopnosti projektu VRT nutné navrhnout úspory na infrastruktuře, neměly by vést ke snižování potenciálních benefitů (tedy zejména k prodlužování cestovních dob).



6 INFRASTRUKTURA ŽELEZNIČNÍCH TRATÍ

V této kapitole jsou popsány základní principy pro určení technických parametrů subsystémů VRT. Kapitola má za cíl podat jednoduchou představu o náplni subsystémů, jejich hlavních prvcích a slovní popis vztahu subsystému k rychlosti a nákladům.

Podrobné návrhové parametry všech subsystémů jsou náplní příslušných samostatných sešitů a jejich příloh, na které jsou uvedeny odkazy.

Pro návrh technických parametrů VRT byly využity již zmíněné pracovní scénáře. Byly zvoleny 4 charakteristické typy tratí, které pokrývají všechny myslitelné tratě ve scénářích uvedené. Jedná se o následující:

- **A (A₁): pro rychlosti 350 km/h a převážně vysokorychlostní dopravu** – vhodné pro novostavby více zatížených tratí s důrazem na nízkou cenu infrastruktury (například osa Ústí n/L – Praha – Brno – Ostrava); pro tento typ tratí je ještě v některých subsystémech rozpracována úvaha, jak eventuální snížení rychlosti na 300 km/h může či nemůže technické řešení zjednodušit.
- **B: pro rychlost 250 km/h a smíšenou osobní dopravu** – vhodné zejména pro novostavby více zatížených tratí, kde je požadován častější provoz i konvenčních vlaků.
- **C: pro rychlost 250 km/h a smíšenou osobní i nákladní dopravu** – vhodné zejména pro novostavby tratí v úsecích s menším poptávkou po osobní dopravě a zároveň předpokládanou poptávkou po nákladní dopravě (například pro některé tratě v přeshraničních úsecích).
- **D: pro rychlost 200 km/h a smíšenou osobní i nákladní dopravu** – vhodné zejména pro modernizace stávajících tratí (například Brno – Přerov, Brno – Břeclav i jiné).

Návrhové parametry, jeli-to účelné, respektují rozdělení do charakterů tratí podle výše popsanych scénářů.

6.1 VEDENÍ TRATÍ

Parametry pro vedení trati jsou základním kamenem každého železničního projektu. V kapitole 5 *Ekonomika vysokorychlostní železnice* je ukázáno, jak velký je vliv nastavení trasovacích parametrů na celkovou cenu vysokorychlostní železnice.

Základními parametry jsou poloměry směrových a výškových oblouků a maximální sklony trati.

Ideální je trasa vedená v přímé a v nulovém sklonu (vodorovná). Takovou trať není možné navrhnout. Proto je základním řešením trať s velkými poloměry oblouků a minimálními sklony, které neomezují ani rychlost vlaků, ani možnosti provozu různých vlaků.

Zahraniční zkušenosti ukazují, že počáteční úvahy o takové univerzální trati vedou k velkým investičním nákladům i komplikacím při obecném projednání takové trasy.

Proto jsou parametry v závislosti na možnostech terénu a projednání zostřovány. Poloměry oblouků se zmenšují a sklony trati zvyšují. Výsledkem pak v některých případech je trať, kde není možný (nebo je omezený) provoz nákladních vlaků, nebo i málo výkonných osobních souprav.

Poloměr směrových oblouků je odvozený od maximálního převýšení (klopení) koleje v obloucích. Hodnota převýšení musí odpovídat nejenom jízdě nerychlejšího vlaku, ale také vlaku nejpomalejšího (!). Na každý totiž působí různé odstředivé zrychlení, jehož hodnota se ale musí vejít do stanoveného intervalu. Například při rychlosti 350 km/h bude pro poloměr oblouku rozhodující jízda pomalejšího vlaku, pokud pojede rychlostí menší než 210 km/h.

Do návrhu výškového vedení trasy se promítají jízdní vlastnosti vlakových souprav. Nákladní doprava vyžaduje zachování nízkých hodnot podélných sklonů. Konvenční osobní doprava je na sklonové poměry méně náročná. Osobní doprava v podobě vysokorychlostních a výkonných vlakových jednotek si poradí i sklony velmi vysokými (až 35 ‰).

Nákladní vlaky však díky velké hmotnosti, a osobní díky vysoké rychlosti, mají velkou pohybovou energii. Jízda do stoupání je tak částečně kompenzována právě touto pohybovou energií, kdy vlak stoupání zdolá, ale sníží se jeho rychlost.

Maximální sklon trati je proto dán nejenom jízdními vlastnostmi lokomotiv a vlakových souprav, ale i tolerancí vůči zpomalení. Tolerance vůči zpomalení se v návrhu vyjádří omezením délky velkých sklonů.

Například konvenční osobní vlaky vyžadují sklon do 20 ‰, ale pokud nebude delší než 2 km, zvládnou i sklon 35 ‰. Vlak se zpomalí z 200 km/h na 180 km/h. Takové zpomalení se na tak krátkém úseku a při obecně velkých rychlostech promítne do jízdní doby jejím prodloužením jen o několik vteřin.

Směrovým a sklonovým parametrům jsou věnovány kapitoly 2.1 – 2.3 sešitu 8 *Železniční svršek a spodek*.

6.2 KONFIGURACE TRATI

Po usazení vedení trati je třeba stanovit její celkovou konfiguraci, tedy rozmístění dopraven – železniční stanice, výhybny, spojky mezi kolejemi i napojení na konvenční železniční síť (odbočky).

Železniční stanice budou navrhovány v místech, kde se předpokládá poptávka po osobní dopravě. V zahraničí se vzdálenost takových stanic pohybuje od 35 do 90 km.

Výhybnou je v případě VRT myšlena železniční stanice, která však není vybavena nástupišti. Je tak určena pouze pro řízení sledu vlaků (předjíždění). Rozmístění vyplývá z požadavku na počet vlaků (intervalu mezi nimi) a rozdílu rychlostí rychlých vlaků a těch pomalejších, které jsou předjížděny. Vzdálenost výhyben se může pohybovat okolo 40 km.

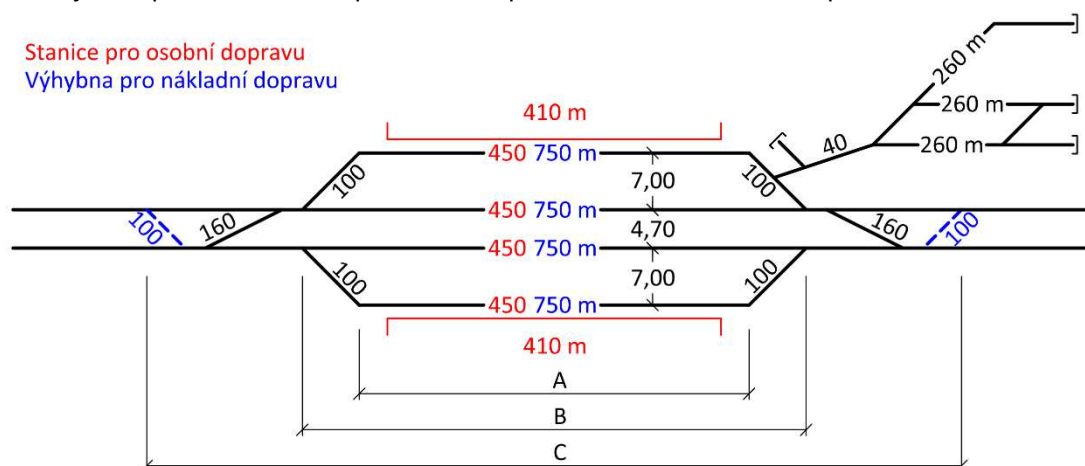
Spojky na trati mezi oběma traťovými kolejemi slouží především v případech mimořádností nebo výluky jedné z kolejí. Jejich rozmístění tak určuje, jak dlouhý je jednokolejný úsek v případě, že je jedna ze dvou kolejí mimo provoz.

6.3 ŽELEZNIČNÍ STANICE, VÝHYBNY NA VRT A ODBOČENÍ

Železniční stanice na VRT slouží pouze k nástupu a výstupu cestujících a k předjíždění pomalejších vlaků rychlejšími. V železničních stanicích se nepředpokládají žádné další manipulace. Zvláštním případem je situace, kdy je do železniční stanice napojen areál údržbového zázemí (příklad na obrázku níže). K takovému řešení byl zpracován vzorový projekt (14.1 *Železniční stanice*).

S ohledem na bezpečnost cestujících se při vysokých rychlostech projíždějících vlaků (nad 200 km/h) umísťují nástupiště pouze k předjízdovým kolejím.

Délky nástupišť i kolejí jsou odvislé na požadavcích provozu, který uvažuje s provozem dvojice osobních vlakových jednotek (dl. 400 m) nebo s nákladním vlakem dl. 750 m. Stavební délky kolejí jsou také ovlivněny možnostmi zabezpečovacího zařízení, které uvažuje s nepřesnostmi a bezpečnostními přírážkami automatického provozu.



Obrázek 8: Příklad uspořádání železniční stanice (výhybny) s traťovou rychlostí vyšší než 250 km/h. Čísla ukazují rychlost v jednotlivých spojovacích kolejkách.

Rychlosti ve výhybkách odpovídají průběhu rychlosti vlaku, který bude ve stanici zastavovat tak, aby rychlost dojezdu k nástupišti nebyla omezena jízdou ve zhlaví. Celková délka stanice (kóty A, B a C na obrázku) je pak pro různá řešení odlišná.

Odbočení z vysokorychlostní trati bylo navrženo jako vzorový projekt (14.2 Odbočka z VRT). Hlavními parametry takového odbočení jsou rychlost a délka spojovací koleje.

Návrhová rychlost musí být stanovena tak, aby zpomalující vlak při opuštění VRT nezdržoval jízdu následujícího vlaku. V závislosti na intervalu vlaků na VRT a jejich maximální rychlosti jsou navrhována odbočení pro rychlost až 220 km/h.

Délka spojovací koleje pak musí umožnit bezpečné zastavení nebo zpomalení na maximální rychlost na návazné trati. Závisí i na podélném sklonu (při stoupání se rychlost vlaku snižuje rychleji). Délka takové koleje jsou jednotky km.

Podrobnosti k železničním stanicím jsou uvedeny také v sešitu 8 *Železniční svršek a spodek* a v sešitu 7.1 *Dopravní technologie*.

6.4 ŽELEZNIČNÍ SPODEK A SVRŠEK

Železniční svršek tvoří jízdní dráhu vysokorychlostních vlaků. Ve studii jsou navržena komplexní technická řešení pro všechny v ČR uvažované typy tratí. Týkají se především prostorového uspořádání vysokorychlostních tratí (osové vzdálenosti, uspořádání tělesa náspů i zářezů), ale také konstrukčního uspořádání podloží a odvodnění.

Podrobnosti k železničnímu spodku a svršku jsou uvedeny také v sešitu 8 *Železniční svršek a spodek*.

6.5 MOSTY

Mostní objekty patří podílem na celkové výši nákladů mezi tři nejnáročnější složky infrastruktury. S ohledem na ekonomickou stránku projektu VRT je při jeho očekávaném rozsahu nezbytné optimalizovat technické návrhy mostních objektů již v úvodní fázi projektování, pokud možno v obecné rovině. Studie se v oblasti mostů zabývá především optimalizací návrhu mostů.

Na základě zkušeností při navrhování konvenčních železničních mostů v tuzemsku a zahraničních zkušeností s výstavbou mostů na VRT byla pro účely této studie vytvořena ucelená řada typových řešení mostních objektů. Liší se použitými konstrukčními materiály a statickým schématem, a to v závislosti na rozpětí a počtu převáděných kolejí. Tyto aspekty jsou pro volbu konstrukčního řešení klíčovými vstupními parametry.

Krátké rozpětí 10–20 m	Střední rozpětí 30–40 m	Dlouhé rozpětí 45–55 m
Železobetonová deska	Dvoutrám z předpj. betonu	Komora z předpj. betonu
	Spřažený oc.-bet. dvoutrám	Spřažená oc.-bet. komora

V rámci studie bylo navrženo 5 základních průřezů mostů VRT použitelných v podmínkách ČR a umožňujících požadovanou míru typizace.

Na rozdíl od mostů na konvenčních železničních tratích má rozhodující vliv na výslednou podobu mostů na VRT splnění požadavků na jejich dynamické chování. Musí být proto uplatněn odlišný návrhový přístup, protože při posouzení mostů na VRT zpravidla nerozhoduje mezní stav únosnosti, nýbrž přísná kritéria mezního stavu použitelnosti s důrazem na bezpečnost přejezdu vysokorychlostních vlakových souprav a dosažení požadované úrovně pohody cestujících.

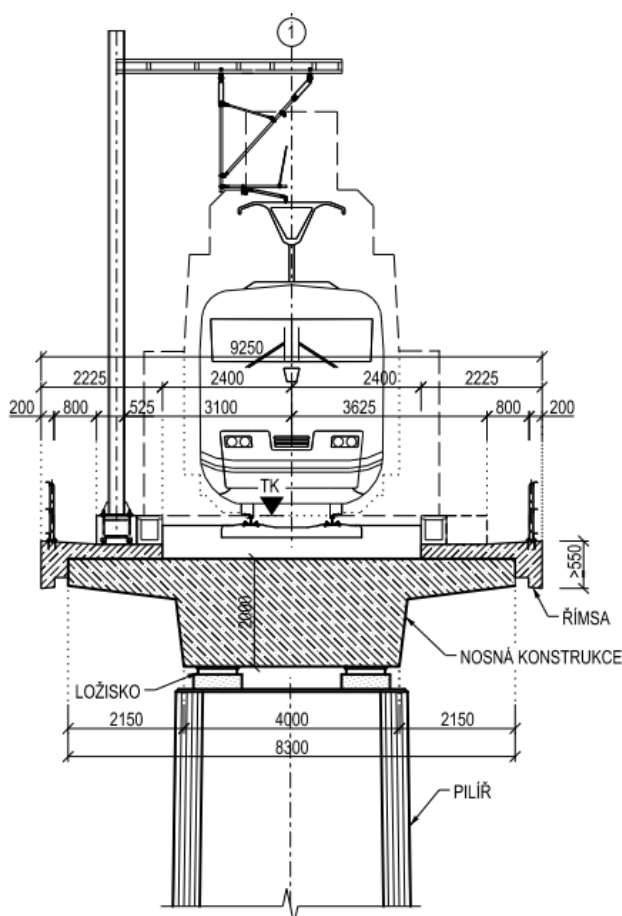
Pro návrh mostů na VRT je klíčové posouzení odezvy konstrukce na dynamické zatížení, což je mnohem komplexnější problém než posouzení statických účinků, protože **výsledná odezva je ovlivněna nejen velikostí zatížení a rychlostí projíždějícího vlaku, ale také geometrickým rozložením zatížení (rozmístěním náprav vlaku),** hmotností a tuhostí nosné konstrukce mostu, jejím geometrickým uspořádáním a rozměry.

Numerickým modelováním pojezdů vysokorychlostních vlaků rychlostí 200 - 420 km/h na modelech zkoumaných konstrukcí bylo ověřeno, že mezi odezvou konstrukce a rychlostí projíždějícího vlaku nelze vysledovat přímou úměrnost. Porovnáním výsledků dosažených na jednotlivých modelech se podařilo **diagnostikovat vysokou citlivost na dynamické účinky zejména u mostů kratších rozpětí cca do 30 m.** To u nich vyvolává nutnost návrhu podstatně masivnějšího průřezu (ve srovnání s mosty na konvenční železnici). **U mostu větších rozpětí již narůstá vliv statické složky zatížení a rychlost projíždějících vlaků tak snižuje svoji roli.**

Se zvyšující se rychlostí tím pádem nedochází u dlouhých mostních estakád k nárůstu investičních nákladů. Navíc každá souprava vyvoluje maximální účinky na most v jiné rychlosti. Špičkových hodnot začíná být dosahováno při rychlosti cca 250 km/h. Při rychlostech okolo 300 m/h je u většiny schémat spolupůsobení příznivější.

Lze konstatovat, že zásadním rozhodujícím momentem je z pohledu mostů rozhodnutí o počtu kolejí. **Dva jednokolejné mosty mohou dosahovat až dvojnásobných investičních nákladů oproti mostům jednokolejným.** Rozhodnutí je však často dáno řešením přilehlých tunelů.

Podrobnosti k mostním objektům, vč. parametrické studie a studie LCC jsou v sešitech 9.X Mosty-... .



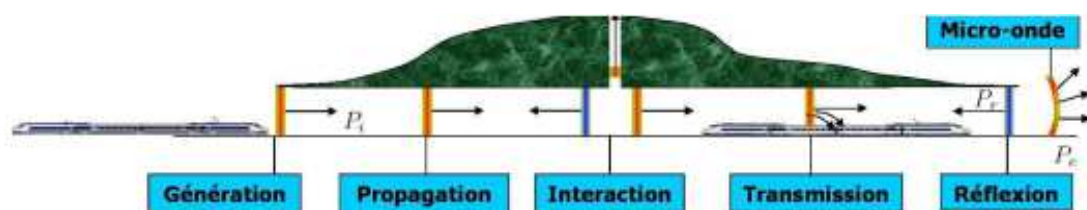
Obrázek 9: Ukázka vzorového příčného řezu typového řešení mostního objektu.

6.6 TUNELY

Třetí z nákladově nejvýznamnějších položek v infrastruktuře vysokorychlostních tratí jsou tunely. Proto je návrhu jejich technickému provedení třeba věnovat zvláštní pozornost. Každý nedostatek v nastavení parametrů se může do nákladů výstavby VRT promítnout velmi výrazně.

Před samotným návrhem je nutné pochopit **princip změny tlakových poměrů** v tunelu při jízdě vlaku jakoukoliv rychlostí.

Vlak při vjezdu do tunelu svým čelem vyvolá tlakovou kompresní vlnu, která se rychlostí zvuku šíří vpřed ve směru jízdy vlaku (na obrázku **oranžově**). Vjezd konce soupravy do tunelu vyvolá naopak podtlakovou vlnu, která se ale také šíří **rychlostí zvuku** vpřed, ve směru jízdy vlaku.



Obrázek 10: Znázornění šíření tlakových a podtlakových vln při jízdě vlaku tunelem (vlak jede zleva).

Obě tyto vlny se, vzájemně časově posunuté, šíří až na konec tunelu. Zde se odrazí větší část vlny zpět od vzduchu vně tunelu a opět rychlostí zvuku postupují proti jízdě vlaku (na obrázku **modře**). Menší část čelní vlny (neodražená část) opustí tunel a rozbíhá se ven ve formě impulzního vlnění, které může vyvolat na výjezdové straně tunelu dunivý hluk (tzv. **sonic boom**) podobný zvuku vznikajícímu při překonání rychlosti zvuku letadlem.

Obě vlny (tlaková i podtlaková) kmitají tunelem tam a zpět a odráží se od vzduchu vně portálů. Vzájemně se sčítají, takže v tunelu dochází ke změnám (výkyvům) celkového tlaku.

Vlak jede tunelem rychlostí nižší, než je rychlost zvuku, proto se vlaková souprava setkává se střídajícím se tlakem a podtlakem po dobu jízdy v tunelu hned několikrát.

V konstrukčním návrhu tunelů tak jde zejména o udržení tlakových změn pod zdravotními limity a pod limity pohody pro cestujících. Nutno dodat, že na dodržení limitů má vliv i provozovaný vozidlový park, který díky větší či menší míře tlakotěsnosti změny tlaku více či méně mírní.

Základní charakteristické vlastnosti tunelu ve vztahu k průjezdu vlaku tedy jsou:

- světlý tunelový průřez
- uspořádání portálových oblastí

Světlý tunelový průřez ale není nutné se zvyšující se rychlostí donekonečna zvyšovat. Jak je patrné z obrázku, tlakové vlny se odráží od konců tunelů a skládají se. Výsledek je tedy

závislý i na délce tunelu (a teoreticky i na délce vlakové soupravy, protože část vln vzniká na čele soupravy, část na jejím konci).

Z výpočtů je patrné, že největší průřez tunelu je při dané rychlosti vlaku a délce soupravy (400 m) potřeba při délce tunelu okolo 1500 m. Na tento stav jsou pak navrhovány vzorové příčné profily tunelů.

Pro rychlosti nad 300 km/h však vzorové řezy dostupné nejsou v žádné ze sledovaných zemí. Nutná velikost požadovaného profilu v závislosti na délce tunelu totiž může kolísat v rozmezí až 20 %, což při již tak velkých průřezech může vést ke zbytečným vícenákladům.

Doporučujeme tedy sjednotit vzorový tunelový průřez pro konvenční železnice (rychlost 200 km/h). Nad tuto rychlost posuzovat tunelový profil individuálně na základě výpočtů aerodynamiky. Pro orientační určení velikosti průřezu v závislosti na rychlosti a délce tunelu lze využít graf v sešitu *10 INF a SRT tunely a bezpečnost*.

Uspořádání portálových oblastí s cílem zlepšení tlakových poměrů vyúsťuje v doplnění vjezdů do tunelů charakteristickými markýzami, tedy jakýmsi „předtunely“.

Jejich správné tvarování a dimenzování dokáže snížit hodnoty časové změny tlaku (důležité s ohledem na komfort cestujících) i o více než 50 %. Taková úprava je daleko efektivnější, než prosté zvětšování průřezu tunelu.

VLIV TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Pro výstavbu tunelů jsou dnes používány dvě základní technologie. Klasická konvenční tunelovací metoda (v České republice je převažující konvenční metodou „nová rakouská tunelovací metoda“ - NRTM) a mechanizovaná ražba plnoprofilovým tunelovacím strojem. Mechanizovaná ražba pak z principu vede ke kruhovému profilu tunelu. Tento tvar není v závislosti na zastižených geologických podmínkách optimální, zejména pak v případě dvoukolejného tunelu (výrub tunelu je zbytečně velký).

Zároveň je s ohledem na rychlost výstavby vhodné u delších tunelů nasazovat právě tunelovací stroje, kde je jejich využití i ekonomicky výhodnější. Důsledkem je tedy u delších tunelů (nad cca 5000 m) preference, či stále častější budování spíše dvou jednokolejných tubusů.

BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ

Požadavky na bezpečnostní řešení samy o sobě neupřednostňují jedno či druhé uspořádání tunelu. Bezpečnostní požadavky jsou definovány a je možné splnit v obou případech.

Základní požadavky na bezpečnostní řešení tunelů jsou dány v *TSI SRT Bezpečnost v tunelech*. Tyto požadavky a principy musí být splněny bez ohledu na návrhovou rychlost železniční trati procházející tunelem.

Na základě požadavků směrnice lze vyslovit doporučení, v případě kratších tunelů preferovat spíše jeden dvoukolejný tubus, v případě delších tunelů pak dva tubusy jednokolejné, což souvisí i s výše zmíněným i technologiemi výstavby.

NÁVAZNÉ ÚSEKY

Důležité je spolu s řešením tunelů uvažovat i návaznosti zvoleného koncepčního řešení na úseky navazující na portály. Dvě jednokolejné tunelové roury mohou vést vzhledem k požadovaným rychlostem k velmi dlouhým úsekům nutným pro změnu osové vzdálenosti ze standardních 4,2 – 4,7 m na osové vzdálenosti dané vzdáleností tunelových tubusů určenou projektem s ohledem na zastižené geologické podmínky.

To vede ke zvětšení záborů pozemků, navýšení objemu zemních prací. Tunelové objekty velmi často navazují, zejména u vysokorychlostních železničních tratí, bezprostředně na objekty mostní. Uvedené skutečnosti pak v řadě případů vedou **k nutnosti výstavby dvou jednokolejných mostních objektů překonávajících návaznou terénní nerovnost nebo jinou překážku.** Náklady na výstavbu mostního objektu tak mohou vzrůst téměř na dvojnásobek.

JÍZDA VLAKŮ

Koncepční řešení tunelů má vliv na možnosti provozovat vlaky různých druhů a konstrukcí (zejména pak ve smyslu smíšeného provozu na vysokorychlostní trati). Podrobnosti jsou uvedeny v kapitole 5.1.3 *Možnosti provozu na vysokorychlostních tratích*.

Provedení tunelů má také vliv na jízdní odpory vlaku. Jízdní odpor vlaku se při jízdě tunelem oproti jízdě v otevřeném terénu násobí. Míra násobku závisí na profilu tunelu, ale i na jeho délce a hrubosti stěn. Násobek vstupuje do dynamických výpočtů jízdy vlaku jako „tunelový faktor“ a hodnota se pohybuje v prostředí VRT od 1.5 (dvoukolejné tunely) do 2 (jednokolejné tunely).

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitě 10 *Tunely a bezpečnost v tunelech*.

6.7 NAPÁJENÍ A TRAKČNÍ VEDENÍ

Oblast energetiky vysokorychlostní železnice v sobě zahrnuje část **napájení**, tedy samotného zajištění požadované elektrické energie, a také část **trakčních vedení**, tedy zajištění dodávky energie přímo do vlaků.

NAPÁJENÍ

V ČR jsou dnes využívány dva systémy napájení (stejnoseměrná soustava 3kV a střídavá soustava 25 kV). V zahraničí je až na výjimky (Itálie) vysokorychlostní železnice napájena střídavou soustavou. V ČR je zpracována samostatná koncepční studie, která doporučuje sjednocení systému napájení napříč republikou na střídavou soustavu 25 kV, a to zejména z důvodů:

- možnosti přenosu vyšších výkonů
- výrazně nižších ztrát při přenosu energie
- výrazně nižších úbytků napětí v místech vzdálených od napájecích stanic

V rámci studie byly provedeny energetické výpočty, které potvrzují požadavek na napájení VRT **střídavou soustavou 2x25 kV**.

Postup sjednocení systémů napájení v ČR je nutné s výstavbou VRT koordinovat. Při jízdě vlaku v úseku, kde se soustava napájení mění, není možné vlak plně napájet a veškerá spotřeba musí být pokryta pouze ze záložních zdrojů vlaku (baterie). Ty částečně pokryjí spotřebu vnitřních systémů vlaku, ale vlak v takovém případě rozhodně nemůže využít svůj výkon k co nejrychlejší jízdě.

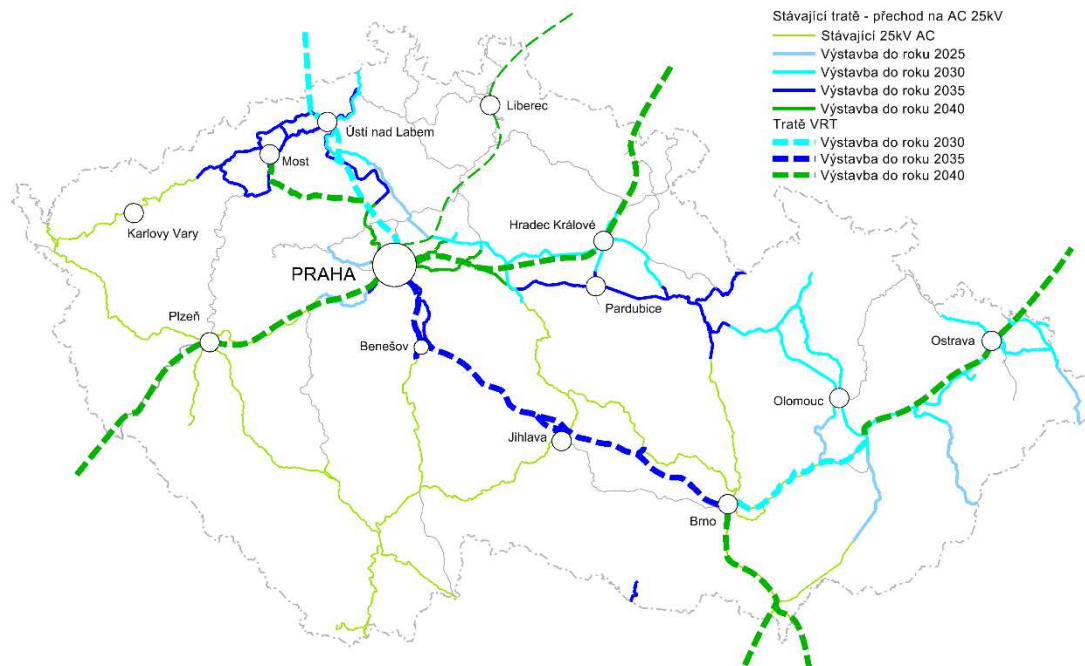
Takových míst by při nerealizaci přechodu na jednotný systém napájení (nebo jeho špatném načasování) vzniklo na síti rychlých spojení hned několik. Tyto potenciální přechody mezi systémy se nachází v nevhodných místech, jako jsou výjezdy z železničních uzlů, kdy vlak potřebuje rychle nabrat svoji rychlost. S ohledem na umístění velkých center v údolí řek jsou tato místa navíc často ve stoupání, kdy jsou nároky na spotřebu vlaků ještě vyšší.

Ze stejného důvodu je nutné eliminovat místa s přerušením dodávky elektrické energie po trase, jakými jsou na konvenčních tratích neutrální pole u napájecích stanic, místa přechodu mezi fázemi apod. Proto navrhujeme na VRT využívat systému „jednotné fáze“, která je společná pro celou síť VRT, a přináší:

- dodávku energie na vlak nepřetržitě
- rovnoměrněji zatěžuje obecnou distribuční síť (odběr ze všech 3 fází namísto jedné)

Z porovnání etapizace obou projektů (viz mapka níže) vyplývá, že v době zprovoznění VRT již bude na většině potenciálních stykových místech napájecí soustava sjednocena na 25 kV.

Obrázek 11: *Etapizace přechodu na jednotnou napájecí soustavu a etapizace výstavby VRT.*

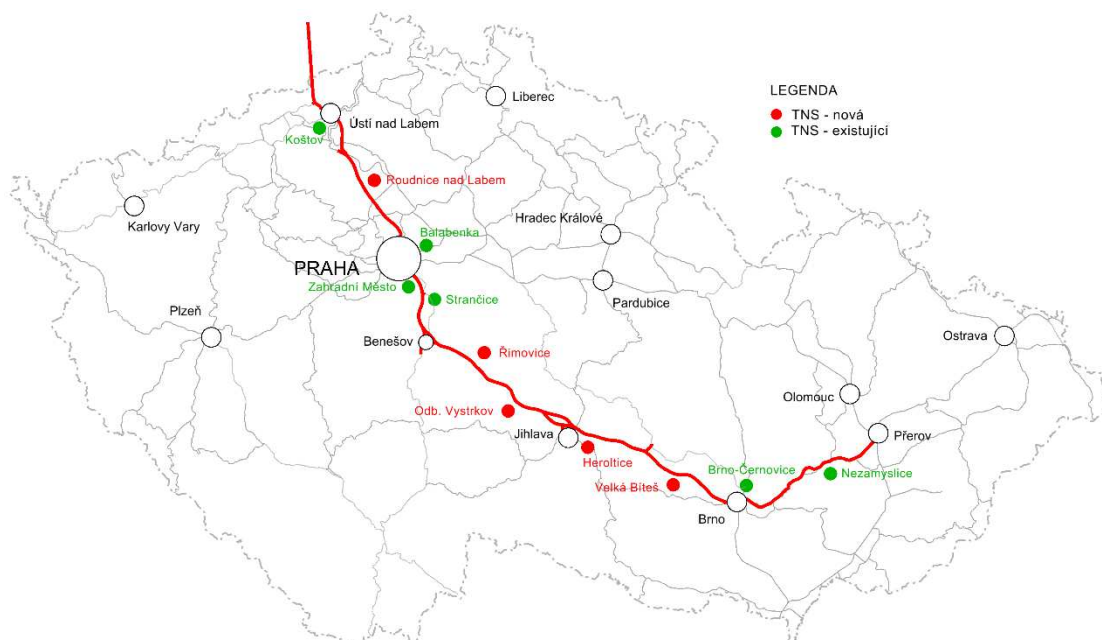


Potenciálně problematické může být pouze napojení VRT do uzlů Ústí n/L a Praha, kde se dle aktuálně uvažovaných termínů předpokládá dřívější zaústění VRT oproti sjednocení systémů napájení.

Trakční výpočty (výpočty potřeby el. energie) byly provedeny pro rychlostní úroveň 250 km/h a 350 km/h na úseku Ústí n/L – Praha – Brno – Přerov. Se zvyšující se rychlostí je nutné úměrně tomu dimenzovat napájecí stanice. Jejich počet a rozmístění se však nemění. Počet napájecích stanic je možné snížit zmírněním požadavku na napájení v případě poruchy, kdy napájení zajišťuje sousední funkční napájecí stanice.

Napájecí stanice je vhodné umísťovat do míst se stávajícím kapacitním vysokonapěťovým vedením. Výstavba nových vedení je nákladná a je vedle výstavby trati dalším zásahem do krajiny.

Doporučujeme včas zahájit projednání připojení sítě VRT na obecnou distribuční síť ČR s distributory energie.



Obrázek 12: Rozmístění napájecích míst v rámci výpočtem prověřované části sítě VRT.

TRAKČNÍ VEDENÍ

Konstrukční uspořádání trakčního vedení na vysokorychlostních tratích není oproti uspořádání na konvenčních tratích zásadně odlišné. Požadované vyšší hodnoty proudů se promítají do návrhu větších průřezů lan. Požadavky na minimální odchylky výšky lan nad kolejí se promítají do vyšších hodnot tahů, které je nutné do troleje vnést.

Doporučujeme provést drobné úpravy stávajících schválených sestav TV, tak aby vyhovovaly pro rychlost do 250 km/h a navrhnout novou sestavu pro rychlost 350 km/h.

Se zvyšující se rychlostí se tak náklady na trakční vedení příliš nemění.

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitech 12.1 *ENE napájení a trakce* a 12.2. *Energetické výpočty*.

6.8 ZABEZPEČOVACÍ A KOMUNIKAČNÍ SYSTÉM

Zabezpečovací systémy zajišťují bezpečnou jízdu vlaků po tratích vysokorychlostních i konvenčních.

Na VRT budou instalována taková staniční a traťová zabezpečovací zařízení která jsou kompatibilní s celoevropským systémem ERTMS/ETCS, což bude v době zavádění provozu na VRT standard i na konvenční síti (viz mapa níže).

Systém ERTMS/ETCS dnes funguje v aplikační úrovni L2, ve fázi přípravy je úroveň L3. Úroveň L2 pracuje s tratí rozdělenou na pevně dané krátké úseky (oddíly, zpravidla dl. 1 km), které se jízdou vlaku postupně obsazují a zase uvolňují. Úroveň L3 pracuje s pohyblivým úsekem definovaným přímo pohybujícím se vlakem. Úroveň L3 díky tomu nevyžaduje instalaci zařízení, které na trati kontroluje volnost oddílu, ale vyžaduje, aby vlaková souprava sama dokázala zkontrolovat svoji celistvost.

Zavedení úrovně L3 na konvenční železnici má přinést zvýšení kapacity trati. Při vysokých rychlostech (na VRT) se vlaky napříč oddíly úrovně L2 pohybují velmi rychle a výsledek je tak podobný, jako přináší zavedení úrovně L3.

Výhoda zavedení L3 na VRT tedy bude spočívat zejména v eliminaci umístění řady prvků v kolejišti a úspor v kabelizaci.

Na tratích s provozem pouze vlakových jednotek (uvažováno při traťových rychlostech nad 250 km/h) předpokládáme zavedení L3. Na tratích nižších rychlostí, kde se předpokládá i provoz běžných vlakových osobních i nákladních souprav předpokládáme zavedení L2.

Na trati nebudou zřizována žádná proměnná návěstidla s výjimkou dopraven.

S ohledem na vysokou spolehlivost systému ERTMS/ETCS se neuvažuje se zřizováním záložního systému ERTMS/ETCS.

Zařízení musí také umožnit nasazení dalších systémů optimalizujících řízení provozu jako je:

- automatické stavění vlakových cest
- automatické vedení vlaku (ATO)

Systém zabezpečení a jeho nastavení ovlivňuje podobu železničních stanic. Ve stanicích je nutné zajistit vhodnou konfiguraci kolejiště s dostatečnou délkou kolejí.

Systém ERTMS/ETCS má krom částí instalovaných na trati také své části instalované na vozidlech. Komunikace mezi vozidly a traťovými zařízeními bude probíhat pomocí komunikačního systému GSM-R, eventuálně systému, který bude v době budování VRT

celoevropsky podporován jako jeho nástupce. U komunikačních systémů navrhujeme překryvné pokrytí trati signálem.

Kabelizaci doporučujeme budovat optickou s jejím zakruhováním geograficky oddělených tras pro zajištění maximální míry spolehlivosti systému.

Přes nasazený systém ERTMS/ETCS L2/L3 doporučujeme implementovat do rádiového systému GSM-R nadstavbovou funkcionalitu „STOP GSM-R“ a tím zvýšit bezpečnost na provozované dopravní cestě.

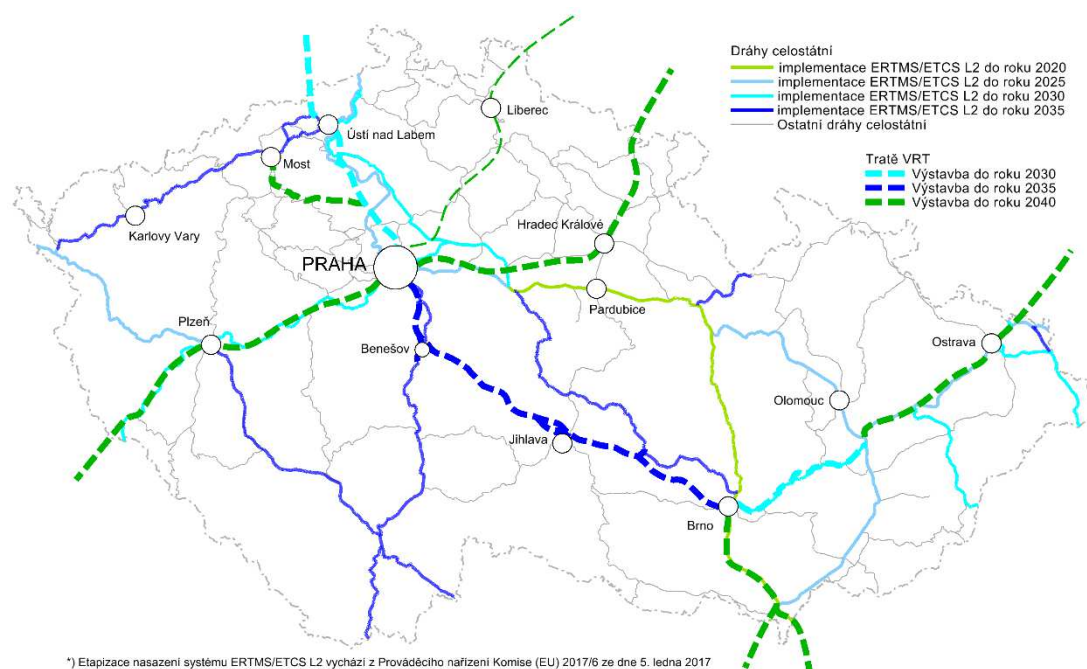
Vzhledem k navržené kapacitě DOK na tratích VRT se doporučuje provést potřebné kroky k úpravě legislativy ČR a zvážit možnosti případného pronájmu optických vláken pro komerční účely soukromým subjektům. Například ve Španělsku je pronájem volné kapacity optických vláken zdrojem příjmů, které provoz trati dlouhodobě zlevňují.

Mezi vybavení VRT by mělo patřit i kvalitní celoplošné pokrytí železniční infrastruktury technologií bezdrátové komunikace „GSM“ jako služba pro cestující veřejnost, kde GSM se v širším slova smyslu myslí hlasové služby, ale především vysokorychlostní datové služby 3G-4G a LTE. Aplikace této technologie **umožňuje realizaci řady telematických služeb** (odbavování cestujících, informační systémy pro cestující, sledování zásilek, telemetrie a diagnostika vozidel atd..) a rovněž **umožní výrazně zatraktivnit železniční dopravu.**

Cena systému zabezpečení se zvyšující se rychlostí v zásadě neroste.

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitě 11 *CCS řízení a zabezpečení*.

Obrázek 13: Etapizace zavádění systému ERTMS/ETCS.



*) Etapizace nasazení systému ERTMS/ETCS L2 vychází z Prováděcího nařízení Komise (EU) 2017/6 ze dne 5. ledna 2017



7 PROVOZOVÁNÍ VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE

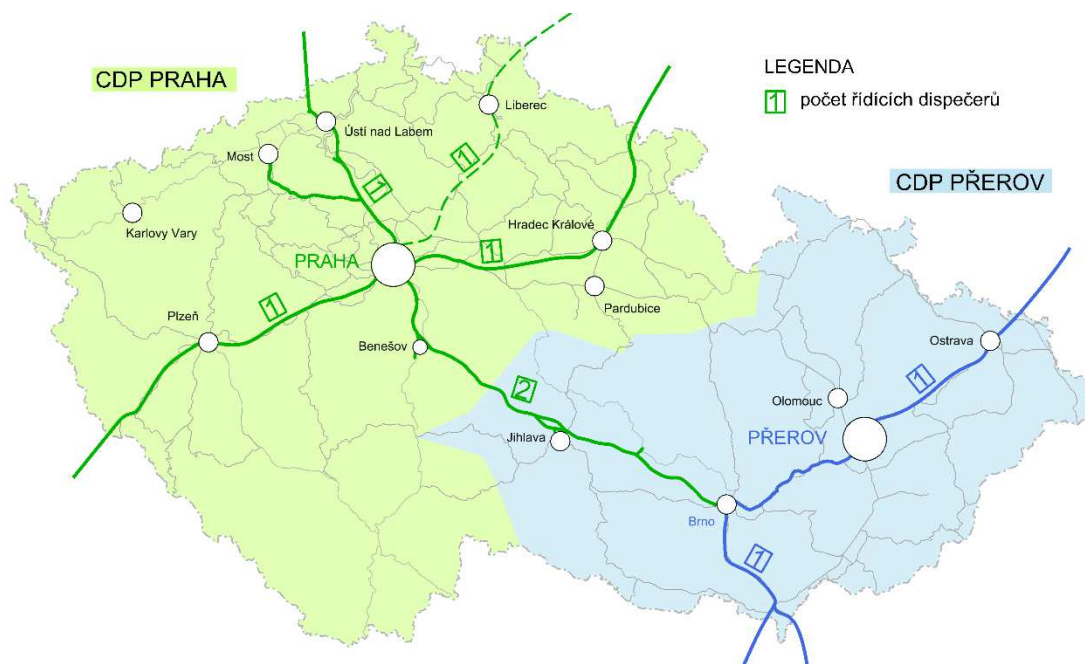
7.1 ŘÍZENÍ PROVOZU

Na řízení provozu na VRT jsou s ohledem na vysoké rychlosti a vysoké požadavky na spolehlivost provozu kladeny velké nároky. Odpovědí jsou systémy s vysokou mírou automatizace jak v oblasti řízení provozu, tak v oblasti dohledu nad provozem i infrastrukturou.

Dálkové ovládání zabezpečovacího zařízení (DOZ) musí být budováno jako neodmyslitelná součást systému zabezpečovacího zařízení pro VRT.

Pouze centralizované systémy řízení dopravy poskytnou možnost optimalizace a adaptivní změny jízdního řádu a přenos těchto změn na vlak prostřednictvím ATO-TS (automatické vedení vlaku podle aktuální situace). Současně mohou zajistit automatické stavění vlakových cest, čímž se eliminuje subjektivní vliv a nespolehlivost člověka při řízení provozu.

Obrázek14: Rozdělení řízení VRT i konvenčních tratí mezi jednotlivá dispečer. centra (CDP).



Lze s výhodou pokračovat v budování řídicích sálů v již existujících centrech řízení provozu (CDP) v Praze a Brně. Navrhované rozdělení VRT pod jednotlivá centra s uvažovanými počty řídicích dispečerů jsou znázorněny na mapce na přechozí stránce.

Zatím není možné definovat přesná rozhraní mezi řízením VRT a konvenční tratí v místech napojení na konvenční železnici nebo uzly. To bude odvislé od konfigurace uzlů.

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitě 11 *CCS řízení a zabezpečení*.

7.2 DIAGNOSTIKA A UDRŽOVÁNÍ TRATÍ

Nezbytnou činností při provozování vysokorychlostních tratí je diagnostika jejich stavu a dlouhodobé zajištění požadované kvality tratí.

Vysoké rychlosti s sebou přináší i vysoké nároky na dobrý stav infrastruktury. Zároveň předpokládaná vysoká hustota provozu na VRT zmenšuje prostor pro provádění takové údržby na minimum.

Základním momentem v oblasti údržby VRT je průběžná diagnostika všech částí infrastruktury, železničním svrškem počínaje, přes trakční vedení a inženýrskými objekty konče. Údržbu je nutné provádět včas, pokud možno preventivně, aby nedocházelo k omezení provozu vlivem zhoršeného stavu infrastruktury. Zároveň je vhodné provádět zásahy pouze v případě, kdy si to diagnostikovaný stav vyžádá, namísto cyklického provádění údržbových činností v předem stanovených intervalech.

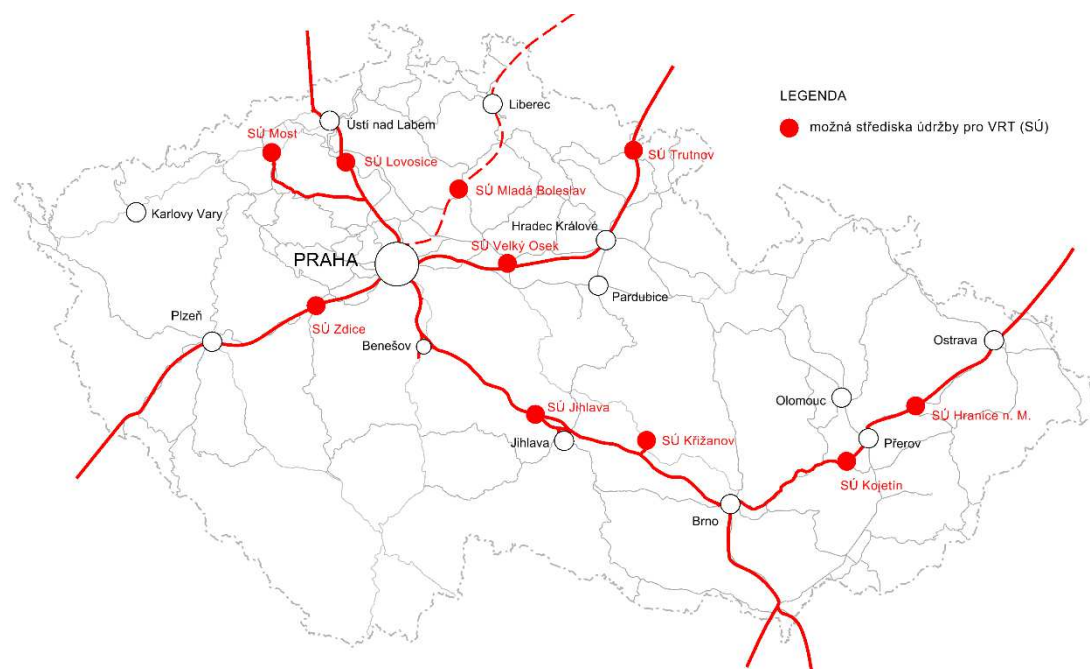
K takovému systému je nutné pořízení odpovídajících diagnostických vozidel schopných jízdy i ve velmi vysokých rychlostech. Zároveň tato vozidla musí být schopna provádět diagnostiku několika součástí VRT najednou (například měří kvalitu GPK a zároveň trakčního vedení).



Obrázek 15: Vysokorychlostní diagnostický vlak (ADIF)

K zajištění údržby jsou na vysokorychlostních tratích navržena místa pro údržbová zázemí, která umožní odstavení techniky i překládku materiálu ze silničních vozidel na kolejová pracovní vozidla. Skládají se z několika (2 – 3) kolejí a manipulační plochy mezi nimi.

Taková místa buď přiléhají k železniční stanici nebo výhybně na VRT. Je možné je také situovat do míst, kde se VRT blíží ke konvenční trati nebo ji kříží. Návoz materiálu a techniky pak může probíhat i po železnici bez narušení provozu na VRT.



Obrázek 16: Mapa možného rozmístění údržbových areálů.

Aby bylo každé místo na VRT dostupné v krátkém čase, jsou tato místa navržena každých maximálně 80 km/h. Jejich rozmístění na mapce výše ale bude silně ovlivněno skutečně navrženou podobou a vedením tratí, vč. jejich napojení na konvenční síť.

Při navrhování VRT není možné zapomenout i na přístupy na těleso dráhy pro zajištění údržby svahů (vč. branek v oplocení), a také ke všem mostním i tunelovým objektům.

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitě 7.3 *Provozování VRT*.

7.3 ÚDRŽBOVÁ ZÁZEMÍ PRO DOPRAVCE

Při budování vysokorychlostní železnice se nesmí pominout ani problematika zázemí pro provozní ošetření a udržování vozidlového parku. **Nutno podotknout, že jasnější obrysy tato oblast dostane až v okamžiku, kdy bude stanoven koncept provozu na tratích rychlých spojení. A to nejen z pohledu linkového vedení a hustoty provozu, ale i z pohledu způsobu zajištění provozu (různými?) dopravci.**

Bez ohledu na to bude každý dopravce pro provoz svých souprav vyžadovat zázemí pro:

- zajištění běžné provozní údržby (čištění interiéru, doplňování provozních náležitostí, mytí apod.)
- zajištění prohlídek a technické údržby na „nižší úrovni“, běžně prováděných v depech
- zajištění technické údržby a oprav na „vyšší úrovni“, běžně prováděných v dílnách

Napříč Evropou je možné vysledovat několik způsobů zajištění těchto činností. Zejména zajištění prohlídek, technické údržby a oprav bývá v závislosti na kontraktu při pořízení vozidlového parku rozděleno mezi dodavatele a provozovatele.

Například běžná praxe v Polsku je soutěžení dodávky vozidel včetně údržby vozidel po určenou dobu. Podobné je to ve Španělsku, kde dopravce (Renfe) vlastní prostory pro udržování vozidel, ale jednotlivé koleje v halách pronajímá jednotlivým výrobcům vozidel, které na nich udržují vlaky, které dodaly.

Jinde provádí větší opravy dodavatel ve svých dílnách, jinde dodavatel dodává potřebné náhradní díly a opravy si provádí dopravce sám ve svém zázemí.

Studie výpočtem uvedeným v kapitole 5.1.2 odhadla množství souprav potřebných pro zajištění provozu systému rychlých spojení. Na mapce níže je navrženo možné rozložení míst pro údržbu vozidlového parku, které mu odpovídá. Bez úvahy o budoucím dopravci.

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitě 7.3 *Provozování VRT*.

Obrázek 17: Mapa možného rozmístění údržbových areálů.





8 VZTAH VYSOKORYCHLOSTNÍCH TRATÍ A OKOLÍ

Vysokorychlostní železnice a její okolí se velkou měrou ovlivňuje. Ovlivnění ale není jednostranné, jak se často podvědomě uvažuje, ale obousměrné. Zároveň není zásadně negativní.

Železnice své okolí ovlivňuje zejména:

- svojí existencí, tedy umístěním do krajiny
- svým provozem, zejména vyvolaným hlukem, event. vibracemi od provozu vlaků
- svým provozem ve smyslu pozitivního vlivu na klima a ovzduší

Naopak železnici je nutné vůči svému okolí ochránit od:

- neoprávněnému vstupu nepovolaných osob a zvířete
- pádu předmětů na trať, zejména silničních vozidel u mostů a souběhů železnice s pozemními komunikacemi
- pádu vzrostlé vegetace na trať
- účinkům bočního větru, který v extrémních případech může vést k převrácení vlaku

8.1 VLIV VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE NA OKOLÍ

ZAČLENĚNÍ VRT DO KRAJINY

Každá dopravní stavba, vysokorychlostní železnici nevyjímaje, ovlivňuje dlouhodobě podobu okolní krajiny – krajinný ráz. Proto je při navrhování trasy nutné dbát i na přijatelné začlenění stavby do krajiny.

Výstavbu velkých mostních objektů i portálů tunelů je třeba řešit i z architektonického hlediska. Nová trať bude technickou stopou v krajině. Vedení liniové stavby je příznivější v členitějším terénu, který je prostorově členěn na menší vizuálně vnímatelné úseky. Vysokorychlostní trať bude doplněna o řadu doprovodných zařízení a staveb, což se projeví v krajinné scéně posílením vizuálního významu trati.

Každá liniová stavba se podílí na fragmentaci území. Fragmentace znamená rozdělení přírodních lokalit, či územních celků v krajině na menší a izolovanější jednotky. Krom liniových staveb způsobuje fragmentaci i zemědělství a urbanizace celkově.

Fragmentaci je možné snížit vhodným vedením trati. Vhodné je omezit zejména tzv. násobnou fragmentaci. Ta nastává v případě, že trasa nové dopravní stavby je s původní či jinou liniovou stavbou sice vedena v souběhu, ale ve vzdálenosti cca 0,3 – 1 km. Takový souběh trasy se stává téměř neprostupnou bariérou. Paralelní umístění dopravních cest může být efektivní hlavně u víceúčelových dopravních koridorů, které jsou umístěny těsněji, protože se vytváří pouze 1 bariéra místo 2 a více.

Obrázek 3: VRT Frankfurt – Köln odděluje od dálnice zelený pás, šířka vysokorychlostní trati je menší než jeden směr dálnice.



Při usazování trasy do území je nutné dbát také na ochranu vod, půdy, přírodních zdrojů, fauny a flory i kulturního dědictví.

HLUK

Hluk vznikající jízdou vlaku má původ na třech místech: na styku kola a kolejnice, na styku sběrače a trakčního vedení, a aerodynamický hluk.

Při rychlostech nad cca 200 km/h je rozhodující hluk aerodynamický.

Z hlediska protihlukových opatření je rozhodující návrh a výběr trasy VRT s ohledem na zastavěné území a i se zohledněním rozvojových ploch pro bydlení v územních plánech.

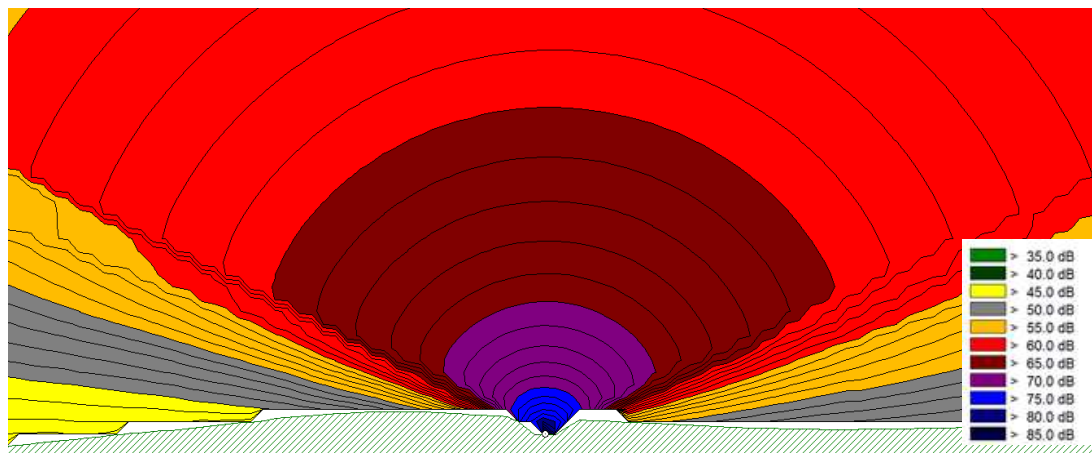
V rámci studie bylo provedeno několik hlukových výpočtů. Nejprve byly provedeny dva výpočty pro „nekonečnou plochu“ v okolí trati. Trať bylo umístěna na rovnou plochu, aby bylo možné bez zkreslení porovnat hlukovou zátěž pro různé rychlosti.

Z tohoto orientačního výpočtu vyplývá, že vedení trati vůči terénu má naprosto zásadní vliv na hlukovou zátěž okolí. Hluk emitovaný provozem na trati v mírném zářezu splní hlukové limity v poloviční vzdálenosti od osy koleje, než v případě vedení trasy na náspu (cca 200 m vůči cca 400 m).

Nárůst hlukové zátěže stoupá s rychlostí, ve vyšších rychlostech je nárůst mírně pozvolnější. Při rychlosti ca 250 km/h dochází k malému skoku daný nárůstem významu aerodynamického hluku. Zároveň je ale možné konstatovat, že nárůst rychlosti z 250 km/h na 300 km/h přináší zvýšení hlukové zátěže jen o cca 2 dB. Přesnost výpočtu ale velmi závisí na zvolené intenzitě provozu a sama o sobě dosahuje jednotek dB.

Následně byl proveden výpočet i pro zkušební úsek trasovaný v rámci prověření návrhových parametrů mezi Benešovem a Jihlavou. Většina prověřených míst po návrhu PHS vyhoví.

Obrázek 18: Šíření hluku v místě zářezu, doplněná PHS, rychlosti vlaků 250 – 350 km/h.



VIBRACE

Rozhodující vliv na **vznik vibrací** má rychlost jízdy. Podstatným faktorem je rovněž celková hmotnost vlakové soupravy a stav trati a vlastních soukolí. V případě VRT je předpokládán výborný stav trati i vlaků. V případě tratí do 200 km/h se smíšenou dopravou předpokládáme minimálně stav trati odpovídající "koridorovému standardu" bez závad a s drsností kolejnic odpovídající referenční koleji dle TSI subsystém hluk.

Pro intenzitu **šíření vibrací** z provozu na železnici jsou pak naprosto zásadním faktorem geologické poměry, a to do hloubky 5-10 m, podle typu podloží a hladiny spodní vody, respektive nasycenosti povrchových vrstev.

Geologické prostředí lze rozdělit do tří zásadních zón:

- **1. Prostředí tlumící vibrace** – jedná se o všechny běžné druhy skalního podloží s minimálním překryvem nezpevněných sedimentárních hornin, bez zadržované vody, případně o střídání zpevněných a nezpevněných vrstev bez vyššího obsahu vody;
- **2. Prostředí mírně náchylné k přenosu vibrací** – nezpevněné nebo částečně zpevněné sedimentární horniny na skalním podloží s možností volného odtoku spodní vody, bez tektonických poruch a bez hrozby dlouhodobého zvodnění. Recentní uložení je třeba vždy posoudit individuálně;
- **3. Prostředí silně náchylné k přenosu vibrací**, a to i na nečekaně velké vzdálenosti – především se jedná o aluviální kvarterní sedimenty na vysoké hladině spodní vody (nivy řek), případně vodou nasycené spraše, nesoudržné jíly apod. Rozhodující roli zde hraje hladina spodní vody a zjednodušeně řečeno, nad 5 m může nastat problém. Dle vlastních měření sem rovněž spadá specifický případ skalního podloží, a to ordovické břidlice (Praha a okolí), avšak pouze v případě nepřerušené lineární laminace od zdroje až k příjemci signálu. Naopak v případě vyššího stupně zvětrání a/nebo narušení vrstev se jedná o prostředí vysoce tlumící.

ZÁJMOVÁ PÁSMO

Na tratích se smíšeným provozem není předpoklad, že by běžné nákladní vlaky dosahovaly rychlostí nad 120 km/h a tedy se uplatní dosud využívané postupy pro tranzitní koridory. V kategoriích VRT nad 200 km/h lze očekávat výborný stav trati a pouze kvalitní vlakové soupravy.

Stanovení pásem tak má význam pouze u tratí s rychlostí nad 200 km/h.

- 1. pásmo: **15 m od nejbližší kolejnice.** V tomto pásmu lze na všech typech geologického prostředí očekávat intenzivní přenos vibrací z trati na chráněné objekty, rovněž je zde pravděpodobné silné šíření strukturálního hluku.
V tomto pásmu by se neměly vyskytovat chráněné objekty.
- 2. pásmo: **100 m od osy nejbližší traťové koleje,** odpovídá OP VRT. V tomto pásmu již bude šíření vibrací z trati silně závislé na geologickém prostředí. Jako rizikové prostředí je třeba hodnotit zónu 3) a doporučujeme na trati provedení preventivních antivibračních opatření.
V případě zóny 2) nebo výskytu staveb na tělese trati kotvených přímo do skalního podloží i na zóně 1) bude nutné individuální posouzení na základě širšího geofyzikálního nebo alespoň geotechnického průzkumu.
- 3. pásmo: **200 m od osy trati** není předpoklad překročení hygienických limitů. Pro zónu geologického prostředí 3) však doporučujeme individuální posouzení na základě širšího geofyzikálního nebo alespoň geotechnického průzkumu a v případě prokázání polohy trati i chráněných objektů na zvodněném podloží doporučuji provedení preventivních antivibračních opatření na trati.

Stanovení shora uvedených ochranných pásem se týká pouze rostlého terénu a povrchového vedení trati. V případě prostředí městských aglomerací s hustou podzemní infrastrukturou nebo vedení trati v tunelu bude vždy nutné individuální posouzení!

VLIV NA KLIMA A OVZDUŠÍ

Snižování emisí skleníkových plynů a posilování jejich propadů (mitigace) je nedílnou součástí řešení problematiky změny klimatu a jejích negativních dopadů. Tzv. uhlíková stopa je suma vypuštěných skleníkových plynů a je měřítkem dopadu lidské činnosti na životní prostředí a zejména na klimatické změny.

Navrhované VRT jsou plně elektrifikované, při jejich provozu tak nebude docházet ke vzniku a ani emisím znečišťujících látek v místě provozu. Provozem vlaků však bude docházet ke spotřebě elektrické energie, při jejíž výrobě jsou do ovzduší uvolňovány mimo jiné i skleníkové plyny, vedle vodní páry pak především oxid uhličitý (CO₂). Jedná se tak o nepřímé emise CO₂ související s provozem záměru. Pro výpočet nepřímých emisí CO₂ je určující spotřeba elektrické energie v daném traťovém úseku.

Pozitivním jevem je převedení části silniční dopravy, dnes závislé na uhlovodíkových palivech, na energeticky efektivnější železnici.

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitě 13.1 VRT a okolí.

8.2 VLIV OKOLÍ NA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICI

VSTUP NA TRATĚ

Z důvodu zajištění bezpečnosti provozu budou vysokorychlostní tratě s rychlostí vyšší než 200 km/h oploceny. Ploty podél VRT musí bránit průchodu zvíře a osob, a budou se umisťovat pouze na drážní pozemky.

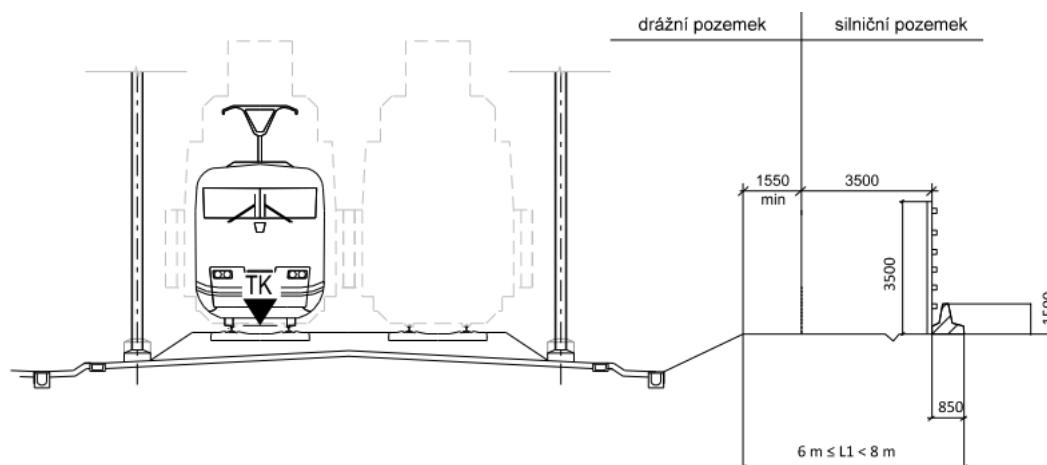
PÁD PŘEDMĚTU NA TRATĚ

Nadjezdy nad vysokorychlostní tratí je třeba vybavit svodidly, která zabrání potenciálnímu pádu silničního vozidla na trať.

Dále je navrženo rozmístění detektorů pádu silničních vozidel do kolejiště. Jedná se o soustavu lan, která při styku s padajícím objektem pád zaznamenají. Lana obcházejí vymezený prostor v okolí mostu. Informace je pak odeslána do řídicího centra, obdobně jako výstupy z bezpečnostních kamer apod.

Stejně tak je navržen způsob ochrany vůči nechtěnému vjezdu silničního vozidla na trať v místech souběhu VRT a silniční komunikace, včetně zamezení vzájemného oslnění.

Obrázek 19: Příklad řešení souběhu VRT a pozemní komunikace



VEGETACE PODÉL TRATI

Podobně nebezpečná situace s potenciálně fatálními důsledky může nastat v případě pádu vegetace do kolejiště.

V závislosti na druhu dřeviny (její maximální vzrůstové výšce) musí být definována minimální vzdálenost od kolejiště, kde se taková dřevina může vyskytovat. V tomto smyslu je nutné:

- pravidelně udržovat svahy, aby bylo zamezeno vzrůstu vyšší vegetace
- nebo naopak záměrně osázet svahy nízkovzrůstovými křovinami, které zamezí vzrůstu vyšší vegetace a zároveň sníží nároky na údržbu svahů

BOČNÍ VÍTR

Problematika bočního větru se zabývá bezpečností proti vykolejení vozidla při působení bočního větru. Pro vozidla jsou v předpisech uvedeny požadavky, jejichž splnění by mělo zajistit neomezený provoz (tj. při nesnížené rychlosti jízdy) za všech předpokládaných klimatických podmínek.

Účinek bočního větru na kolejová vozidla je určen následujícími parametry:

- **vlastnosti vozidel**, jako jsou tvar, hmotnost, poloha těžiště, rychlost
- **parametry trati**, jako je poloměr, převýšení, typ kolejového lože
- **meteorologické podmínky**, zejména s uvedením jejich četnosti, kdy se vyskytují silné větry lokálně na trati

Každé vozidlo má svou charakteristickou křivku odolnosti vozidla vůči bočnímu větru. Pokud se předpokládá výskyt silnějších větrů (nebo jsou silnější větry již indikovány zařízením na trati), je nutné snížit rychlost jedoucího vlaku.

Aby byla nutnost snížení rychlosti co nejméně častá, jsou na základě meteorologických dat vyhodnocována kritická místa. V těchto místech se pak navrhuje opatření pro zvýšení bezpečnosti. Těmi mohou být například zdi o výšce cca 1-2 m.

Zjednodušeně řešeno: nejkritičtějšími místy jsou oblouky, kde na vlak působí odstředivé zrychlení, a okamžiky, kdy prudký boční náraz větru směřuje stejným směrem, jako odstředivé zrychlení. Takovými místy mohou být zejména vysoké mosty přes údolí, nebo trasy v otevřeném nížinném terénu.

Detektory bočního větru – detektory bočního větru jsou umísťovány po cca 40 km a to na základě meteorologických podkladů.

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitě 13.1 VRT a okolí.

Obrázek 20: Indikace pádu silničních vozidel na trať.





9 VYUŽITELNOST INFRASTRUKTURY PRO DALŠÍ ZVÝŠENÍ RYCHLOSTI

Vývoj v oblasti vysokorychlostních železnic pokračuje. Jestliže v devadesátých letech byla směle překonávána hranice 300 km/h, některé dnes budované a nově zprovozněvané tratě se chlubí parametry, které mají vyhovět rychlosti až 350 km/h. Nově připravovaná trať HS2 v Anglii má svými parametry umožnit jízdu vlaků až 400 km/h.

Maximální rychlost vlaků v běžném provozu dnes v Evropě dosahuje rychlosti 320 km/h. Vyšších rychlostí bylo dosaženo pouze v rámci testovacích jízd. Ani v Anglii nebude při uvedení trati HS2 do provozu ihned využívána plná rychlost 400 km/h.

Dimenzování tratí na vyšší rychlost je tak rezervou pro zvýšení rychlosti v budoucnu, stejně jako dnes lze zvyšovat rychlost až do 200 km/h na tratích, které byly i před více než 100 lety stavěny pro vlaky, které dosahovaly rychlostí třeba jen 40 – 50 km/h.

S obdobnou velkorysostí doporučujeme stavět dnes i novou infrastrukturu VRT, pokud to v některém místě nevede k neúměrnému zvýšení nákladů nebo dokonce k neprůchodnosti nové trati územím.

Klíčovým prvkem je směrové vedení trati. Proto by při trasování mělo být využíváno „doporučených“ hodnot jednotlivých parametrů. Teprve v případě neúměrně se zvyšujících investičních nákladů ve vztahu k přínosu mohou být využívány parametry „standardní“. Pouze ve výjimečných případech má být využito parametrů „mezních“ nebo „minimálních“.

Druhým důležitým prvkem je prostorové uspořádání a dimenzování klíčových umělých staveb, což jsou tunely a mostní objekty.

V oblasti tunelů se jedná o stanovení vhodného tunelového průřezu. Ten nezávisí přímo na rychlosti, ale na kombinaci rychlosti, délky tunelu, délky vlaku a tlakotěsnosti vlaku.

Doporučujeme proto po individuální posouzení profilů jednotlivých tunelů na návrhovou rychlost (např. 350 km/h) provést i posouzení jejich využitelnosti pro další zvýšení rychlosti (např. 400 km/h). Následně porovnat objem investičních prostředků ve stavech:

- minimální dimenzování každého tunelového průřezu pro základní rychlost (např. 350 km/h; pro každý tunel tak průřez může být jiný)
- jednotný průřez všech tunelů na dané trase vyhovující minimálně základní rychlosti (např. 350 km/h; některé tunely tak mohou být automaticky předdimenzovány a umožňovat tím vyšší rychlost bez další úpravy)

- minimální dimenzování na teoretickou budoucí rychlost (např. 400 km/h; některé nebo i všechny tunely budou muset být na tuto rychlost naddimenzovány, jiné ne)

Alternativně lze u výpočtů pro vyšší rychlosti uvažovat s vyšší mírou tlakotěsnosti vlaků a jejich odolnosti vůči tlakovým změnám při jízdě v tunelu, než je tomu ve výpočtech uvažováno dnes.

Minimální tunelové profily pro splnění kritéria maximálního kolísání tlaku v tunelu jsou v grafech v sešitě 10 uvedeny až do 400 km/h.

V oblasti mostů bylo chování konstrukcí prověřeno parametrickou studií až do rychlosti 420 km/h. Ze studie vyplývá, že každá souprava vyvoluje různé maximální účinky na most při jiné rychlosti. Většina souprav má své maximum při rychlosti okolo 250 km/h, poté jsou vyvolované účinky na mostní konstrukci menší. Další maxima se předpokládají o dalších cca 100 km/h více.

Při potřebě využít mostní konstrukci i pro provoz vyššími rychlostmi je pak nutné posouzení pro konkrétní soupravu. Provoz jednou soupravou může být pro daný most bez problémů, provoz jinou může být problematický. Úloha tak může vést k povolení vysokých rychlostí pouze pro některé vlaky (omezené nápravovým tlakem nebo schématem rozložení hmotnosti vlaku).

Je však nutné zmínit, že celosvětově neexistují žádné relevantní provozní zkušenosti s rychlostmi nad 320 km/h. V zemích, kde tratě navrhují na vyšší rychlosti, nejsou v současnosti předpisové požadavky a ustanovení pro rychlost 350 km/h (či více) podloženy dlouhodobými provozními zkušenostmi a jde spíše o předpoklady na základě teoretických výzkumů.

Podobně složité je předvídat další vývoj v oblasti kolejových vozidel. Aktuálně nejrychlejší jednotkou (dle konstrukční rychlosti) je jednotka Frecciarossa 1000 (Itálie), kterou bude možné provozovat rychlostí 360 km/h (konstrukční rychlost je uváděna dokonce 400 km/h).

S ohledem na fázi přípravy vysokorychlostních tratí v ČR doporučujeme sledovat zejména rezervy ve vedení tratí územím a při dimenzování tunelů a mostních objektů.

Obrázek 20: Absolutní rekord „běžného“ vlaku drží souprava TGV (574,8 km/h)





10 PŘÍPRAVA VYSOKORYCHLOSTNÍ ŽELEZNICE

10.1 PRVNÍ FÁZE – HLEDÁNÍ SMYSLU

První fáze přípravy vysokorychlostní železnice je charakteristická hledáním cílů, které má nová složka dopravní infrastruktury státu pomoci dosáhnout.

Stejně jako v zahraničí, je vhodné i v ČR záměr vnímat jako národní strategický projekt směřující k rozvoji mobility obyvatel, ke zlepšení dostupnosti odlehlých regionů, ke snížení závislosti na uhlovodíkových palivech i snížení produkce skleníkových plynů, k rozvoji stavebního i strojírenského průmyslu i všech navazujících technologických oborů.

Stručně zopakujeme výstup z předchozích kapitol této zprávy: na začátku celého procesu přípravy vysokorychlostní železnice je stanovení základních cílů a úkolů, které má vysokorychlostní železnice plnit.

Od těchto cílů se odvíjí podoba provozu, od podoby provozu se odvíjí technické řešení tratí.

Stanovení a potvrzení těchto dopravně-ekonomických cílů a parametrů je základním kamenem staveb VRT v Evropě.

Je třeba stanovit míru integrace vysokorychlostních vlaků do veřejného dopravního systému nebo naopak míru jejich segregace. Je potřebné na úrovni dopravní politiky státu stanovit umístění nových železničních tratí v dopravním systému státu a to nikoliv „prostorově v území“, ale „systémově“.

Je třeba stanovit základní ekonomické parametry provozování takových tratí nastavením budoucích obchodních modelů vztahu *zákazník* (stát/cestující) - *uživatel* (cestující) – *poskytovatel služby* (dopravce) – *poskytovatel infrastruktury* (SŽDC).

Je třeba stanovit míru preference obecných celospolečenských přínosů stavby VRT nebo naopak míru preference finančních přínosů na úkor přínosů celospolečenských.

Do této fáze patří také hledání možností, jak tento cíl technicky realizovat (například vyhledávání možných tras).

Tato fáze by měla být završena zpracováním Studií proveditelnosti, jejichž schválení je odrazovým můstkem pro další územní přípravu. Lze tedy konstatovat, že příprava VRT v ČR se z celkového pohledu nachází stále ve své první fázi.

10.2 DRUHÁ FÁZE – ÚZEMNÍ A TECHNICKÁ PŘÍPRAVA

Následně nastane obecný postup přípravy staveb, kterým je třeba projít před zahájením realizace.

Z pohledu obecného se jedná o proces územního plánování, následně umístění stavby do území, a nakonec samotné povolení stavby. Součástí tohoto procesu je i získání přístupu k potřebným pozemkům, tedy nejprve získání souhlasů s umístěním stavby a následně i samotného výkupu pozemků.

Z pohledu provozovatele infrastruktury příprava staveb zahrnuje zpracování několika dokumentací. Jedná se o proces zpracování Přípravné dokumentace (Dokumentace k územnímu řízení) a Projektu stavby (Realizační dokumentace).

Délka těchto procesů a možnosti zkrácení jsou aktuálně hojně diskutovaným tématem. Ze získaných zahraničních zkušeností vyplývá, že zkrácení tohoto procesu možné je, ale je podmíněné celkovou změnou přístupu k přípravě dopravních (obecně infrastrukturních) staveb. Aktuálně je postup přípravy a povolení velkých staveb do jisté míry shodný s přípravou stavby rodinného domu.

Další příprava trasy, u kterých proběhne posouzení proveditelnosti kladně, by měla být potvrzena parlamentním či vládním usnesením na úrovni obecně platného předpisu.

Vyšší rychlost přípravy dopravních staveb v zahraničí oproti přípravě těchto staveb v ČR je dána právě potvrzením smyslu a základního trasování dopravních staveb centrálním usnesením, které se pak více či méně automaticky promítá do územního plánování od úrovně státu až po úroveň územních plánů měst a obcí.

Dalším prvkem urychlujícím přípravu staveb VRT je nastavení procesu získání územního rozhodnutí a stavebního povolení a vztahu těchto procesů k procesu získání potřebných pozemků.

V zahraničí nebývá bezpodmínečně nutné získání vlastnického vztahu k pozemku pro získání územního rozhodnutí a stavebního povolení.

Pro další přípravu doporučujeme nastavení těchto procesů upravit dle zahraničních vzorů.

Vždy je však nezbytná kvalitní projektová příprava, která prověří celou škálu možných technických řešení, aby výsledná varianta nebyla zpochybnitelná.

KOORDINACE POŽADAVKŮ

Pro přípravu VRT je také nutná úprava vztahů mezi jednotlivými resorty a státními zájmy. Příprava takto rozsáhlé části dopravní infrastruktury s sebou přináší řadu střetů mezi nimi.

Typickým střetem jednotlivých zájmů je střet zájmů v oblasti ochrany přírody a krajiny se zájmy v oblasti zlepšení dopravní infrastruktury a rozvoji regionů.

Další střety ale mohou nastat se zájmy ochrany kulturního dědictví apod.

Střety také nastávají mezi jednotlivými úrovněmi státu a samosprávy, tedy zájmy na úrovni rozvoje státu a odlišné zájmy na úrovni rozvoje města nebo obce.

Často se jedná i o střet dvojího řešení téhož zájmu. Například dopravní infrastrukturu pro veřejnou dopravu budujeme v zájmu zvýšení atraktivity veřejné dopravy a jejího vyššího využití na úkor méně environmentálně příznivé dopravy individuální. Tedy mj. i v zájmu ochrany životního prostředí. Její realizaci ale může bránit překážka v podobě neřešitelné územní průchodnosti, tedy vlastně často také v zájmu ochrany přírody a krajiny.

Je třeba v každém takové případě stanovit preferenci jednotlivých řešení již na úrovni státu.

TECHNICKÁ PŘÍPRAVA

V průběhu územní přípravy je nezbytné pokračovat ve zpřesnění technických řešení ve všech oborech. Nejpozději při zpracování Přípravných dokumentací musí být rozhodující technické otázky zodpovězeny a musí být dokončen proces úprav legislativy a předpisů.

POŽADAVKY NA SPOLEHLIVOST

Nejpozději v této fázi musí být definované také požadavky na bezporuchovost, pohotovost, udržitelnost a bezpečnost celého systému (RAMS). RAMS systém lze charakterizovat jako kvalitativní a kvantitativní ukazatel stupně, po který se lze spolehnout, že systém (nebo složky, z nichž se skládá) funguje tak, jak je stanoveno a že je jak použitelný, tak bezpečný.

Posouzení RAMS se týká celého systému vysokorychlostní železnice. Tedy nejenom komponent infrastruktury, ale i železničních vozidel!

Požadavky na RAMS se promítají do návrhu technického řešení.

V rámci studie byl zpracován vzorový příklad výpočtu RAMS pro smyšlenou a zjednodušenou část tratě, jehož výstupem je celková spolehlivost a využitelnost systému vysokorychlostní tratě.

Ke správnému posouzení uvažované vysokorychlostní železnice je třeba získat data o spolehlivosti jednotlivých komponent (od součástí svršku až po železniční vozidla), stanovit tolerované časy potřebné pro provedení oprav i preventivních prací a také definovat požadavek na spolehlivost systému jako celku.

Další podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v sešitě 7.2 *Problematika RAMS*.

10.3 TŘETÍ FÁZE – REALIZACE

Fáze realizace v sobě zahrnuje samotnou stavbu infrastruktury vysokorychlostní železnice.

V souběhu s touto fází ale nesmí být opomenuto na úpravu a doplnění všech potřebných zázemí nutných pro následný provoz.

Do doby dokončení realizace musí být adaptováno zázemí pro udržování nových tratí. **Je potřebné, aby v době zprovoznění byly k dispozici potřebné diagnostické prostředky.** To v praxi znamená i případné objednání diagnostických vysokorychlostních souprav správcem infrastruktury v dostatečném předstihu (dodávka může trvat i jednotky let).

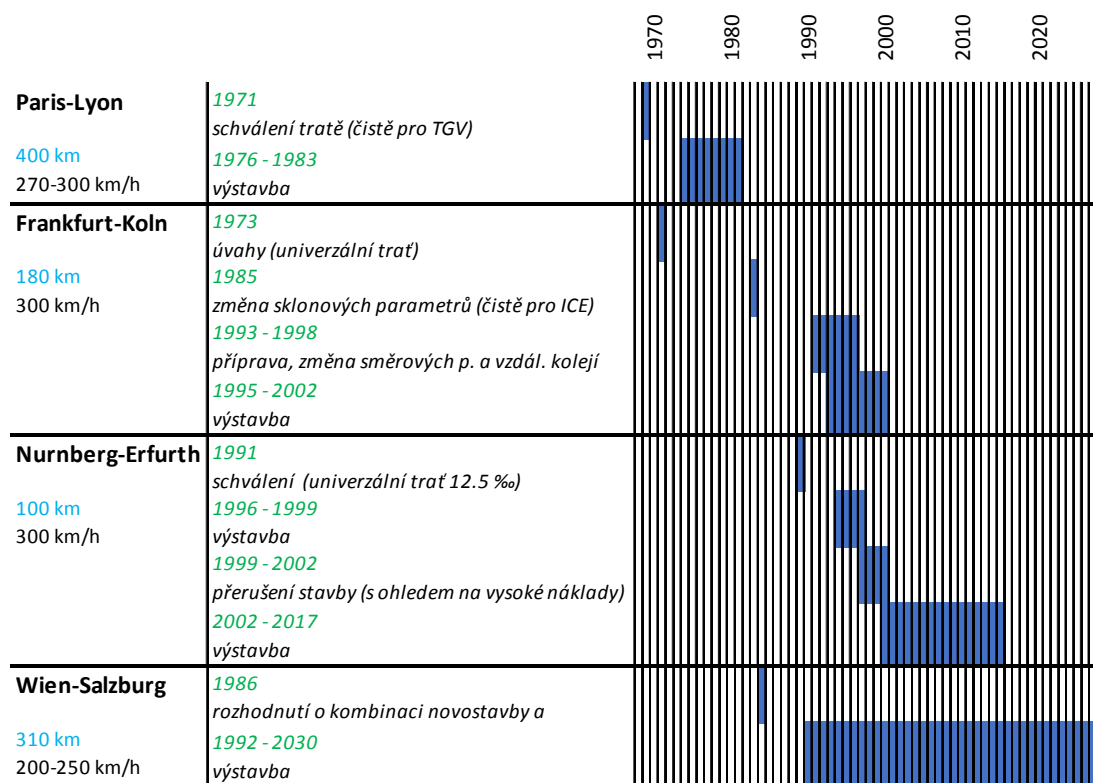
Po dokončení výstavby infrastruktury také musí být k dispozici potřebný vozidlový park pro zajištění spojů systému Rychlých spojení. I v tomto případě je nutné uzavření kontraktů na dodávku mezi dodavateli a dopravci (nebo jinými subjekty) v dostatečném předstihu (jednotky let).

Fáze realizace bude završena postupným uvedením stavby do provozu (TBZ apod.).

VLIV TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ NA PRŮCHODNOST A PROVEDITELNOST A OPAČNĚ

Na obrázku 21 jsou uvedeny zjednodušené harmonogramy časového průběhu výstavby některých staveb. Je z nich patrné, že stavbu je možné připravit a zrealizovat velmi rychle, stejně tak může celý proces trvat poměrně dlouhou dobu.

Obrázek 21: Délka přípravy a výstavby některých staveb.



Zahraniční zkušenost ukazuje, že i správné nastavení technických parametrů dokáže přípravu urychlit. Nebo také opačně, že průběh přípravy dokáže zásadně změnit technické řešení.

První uvedenou stavbou je VRT Paříž – Lyon. Po prvotních úvahách o rozšíření stávající trati bylo relativně brzo rozhodnuto o vybudování oddělené tratě čistě pro osobní dopravu a pro provoz pouze vysokorychlostních jednotek. Použití vyšších sklonů umožnilo trať budovat s minimem mostních objektů a tunelů.

Druhým příkladem je trať Frankfurt – Koln, kde první úvahy o jejích vybudování spadají do podobného období, jako u trati Paříž – Lyon. I zde byla v prvotních fázích uvažována univerzální trať pro osobní i nákladní dopravu. S ohledem na vysoké investiční náklady takové trati s množstvím tunelů byl záměr přehodnocen, mj. i v návaznosti na úspěch francouzského řešení. Při dalším projednání stavby a jejím usazování do území pak byl investor nucen parametry trati ještě více zostřit. Byly ještě zmenšeny poloměry oblouků a sklony ještě více zvětšeny. Výsledkem nakonec je trať, která není univerzální ani pro veškeré osobní soupravy. Bez ústupků by ale nebylo možné trať realizovat vůbec.

Třetím příkladem je trať Nurnberg – Erfurt, která byla v devadesátých letech naplánována jako univerzální trať pro osobní i nákladní dopravu. Náklady na výstavbu trati jsou však velmi vysoké, takže stavba je z tohoto důvodu i v německém prostředí kontroverzní. V letech 1999 – 2002 byla stavba dokonce pozastavena. Byly hledány možné úspory, které se projeví například zmenšením průřezu části tunelů. Výsledkem je trať, která je s ohledem na využití univerzální, ale provoz různých vlaků a jejich vzájemné míjení přináší rychlostní omezení. Stavba bude dokončena až v roce 2017.

Poslední uvedenou stavbou je tzv. Westbahn (Wien – Salzburg). Jedná se částečně o novostavbu a částečně o přestavbu stávající trati na 200 – 250 km/h. Její příprava byla odsouhlasena již v roce 1986. Postupná výstavba za provozu probíhá od devadesátých let a je naplánována až do roku 2030.

Podobně dlouho dobu probíhá od 90. let i modernizace středomořského koridoru ve Španělsku (220 km/h), zatímco výstavba nových vysokorychlostních tratí probíhala daleko vyšším tempem.

ETAPIZACE

Samotnou fázi realizace je vhodné etapizovat tak, aby bylo možné některé části tratí využívat co nejdříve. Vhodné může být rozdělení stavby nejenom prostorově, ale i profesně.

Doporučujeme budovat v předstihu zejména zemní těleso, neboť k sedání a dotvarování terénu dojde ještě před instalací další částí (žel. svršku, trakce, ...). U některých technologií může být takový postup dokonce vyžadován (zejm. při použití pevné jízdní dráhy).

V zahraničí je dodavatelský systém různý. Zadávají se stavby jako celek (ať už dodavatelsky nebo včetně financování - PPP). Zadávají se ale i jednotlivé části a úseky zvlášť, viz předchozí odstavec. V takovém případě je nutná perfektní kontrola kvality prací pro zamezení případných sporů mezi různými dodavateli na stejném úseku.



11 DALŠÍ KROKY

V průběhu zpracování studie byla identifikována řada bodů, kterými je vhodné se zabývat v další přípravě vysokorychlostní železnice v ČR. Ze všech vybíráme ty nejvíce důležité nebo potřebné pro další činnosti.

OBECNÉ

Doporučujeme určit osobu nebo instituci, která bude za přípravu tohoto národního strategického projektu odpovědná a bude garantovat dodržení časového plánu realizace projektu. Zároveň musí mít k dané činnosti dostatek kompetencí a pravomocí. V zahraničí bývají delegovány na specializovaná oddělení správce infrastruktury, může se však jednat i o samostatné společnosti.

Doporučujeme stanovit postupy pro koordinaci tohoto národního projektu mezi rezorty, zejména v případě zjištění kolizí mezi různými záměry a státními zájmy.

Doporučujeme potvrdit předpokládané cíle projektu vysokorychlostní železnice, protože bez nich není možné správné nastavení technických parametrů, ani není možné věrohodně posoudit ekonomickou proveditelnost a efektivitu vysokorychlostní železnice.

Doporučujeme v nejbližší době stanovit úroveň preference celospolečenských přínosů a přínosů finančních, protože bez toho není možné správné nastavení budoucích obchodních modelů vztahu *zákazník* (stát/cestující) - *uživatel* (cestující) – *poskytovatel služby* (dopravce) – *poskytovatel infrastruktury* (SŽDC).

Doporučujeme v nejbližší době stanovit předpokládaný model výše uvedených obchodních vztahů.

Doporučujeme úpravy legislativy v oblasti liniových (dopravních) staveb, které povedou ke zrychlení přípravy a realizace záměru, zejména v oblasti územního plánování a v oblasti majetkoprávního vypořádání.

TECHNICKÉ

Doporučujeme v nejbližší době realizovat navržené úpravy technické i provozní legislativy.

Doporučujeme přesněji prověřit fáze přechodu na jednotou napájecí soustavu, které byly identifikovány jako potenciálně kolizní. Jedná se zejména o přechod v uzlech Praha a Ústí

nad Labem. Cílem je snížení počtu nových vozidel, které by musely být vybaveny pro obě napájecí soustavy pouze pro umožnění dojezdu do uzlu Praha a pouze pro relativně krátké přechodové období.

Doporučujeme pokračovat ve vývoji uspořádání napájecích stanic, které umožní nepřerušovanou jízdu vlaku bez přerušení dodávky elektrické energie („jednotná fáze“).

Doporučujeme dále rozvíjet poznání v oblasti aerodynamických jevů při provozu vlaků vysokými rychlostmi, zejména při jízdě v tunelech. Doporučujeme vypracování metodiky hodnocení možnosti jízdy konvenčních vozidel (zejména nákladních) po vybraných vysokorychlostních tratích. Doporučujeme vypracování parametrické studie pro oblast řešení vjezdových portálů.

Doporučujeme vypracování národní metodiky pro předběžné posuzování vlivu vibrací na okolí trati a jevy s tím spojené (např. formou přijetí vhodné metodiky zahraniční).

Doporučujeme vypracování národní metodiky pro posuzování vlivu bočního větru na jízdu vysokorychlostních vlaků. Oblast není napříč Evropou sjednocena. K tomu je nutné definovat parametry, které budou požadovány jako vstupy do výpočtů, a zajistit jejich dostupnost (měření).

Doporučujeme zpracovat analýzu rizik stanovující rychlostní limity v případě poruch systému ERTMS/ETCS nebo zabezpečovacího zařízení na vysokorychlostní trati. K těmto limitům je pak nutné stanovit potřebnou viditelnost návěstidel nebo například rozsah zabezpečení výhybek.

12 ZÁVĚR

Tento sešit v sobě shrnuje základní výstupy a doporučení studie.

Pro další informace obecnějšího koncepčního charakteru doporučujeme nahlédnout do sešitů 2.1 *VRT v Evropě – Inspirace pro ČR* a 2.2 *Koncepční přístup k VRT v Evropě* popisující základní podobu vysokorychlostní železnice v zahraničí a přístup k její přípravě ve vybraných zemích. V návrhové části pak do koncepční oblasti spadají zejména sešity 7.1 *Dopravní technologie*, 7.2 *Problematika RAMS* a také sešit 14.3 *Zkušební trasování*, který popisuje vliv trasovacích parametrů na investiční i provozní náklady.

Pro další informace o jednotlivých subsystémech doporučujeme nahlédnout do ostatních sešitů *modré části*, kde je popsáno jejich provedení v Evropě, a do sešitů *červené části*, kde je popsáno navrhované řešení.