

Požadavky na vozidla pro provoz na tratích evropského vysokorychlostního i konvenčního systému

Jiří POHL

Siemens kolejová vozidla

Síť vysokorychlostních železnic je budována o zhruba sto padesát let později než síť konvenčních železnic. Je proto logické, že se obě tyto sítě navzájem liší jak v účelu, pro který byly zřizovány, tak i v prostředcích, které měli jejich stavitelé k dispozici. Dvě okolnosti však zůstávají i s odstupem bezmála dvou století stejné:

- vždy byla trať chápána jako součást železničního systému, její parametry byly harmonizovány s parametry vozidel a s účelem, kterému má sloužit,
- vždy byla trať stavěna s vědomím, že jde o předmět velké hodnoty, tedy velmi pečlivě a s předpokladem mnohaleté použitelnosti.

Prvý z výroků se dotýká ekonomiky. Nikoliv jednotlivé subsystémy, ale až celý železniční systém je nositelem výsledku. Druhý z výroků hovoří o morálních kvalitách a prozíravosti stavitelů železnic.

V České republice v současné době postupně vrcholí modernizace koridorových tratí a přichází období výstavby vysokorychlostních tratí. Tratě jsou modernizovány respektive stavěny proto, aby umožnily provoz vozidel. Proto se musíme zabývat tím, jaká jsou soudobá železniční vozidla pro rychlou železniční dopravu, respektive jaké jsou na ně kladeny požadavky.

Požadavky na rychlá železniční vozidla z pohledu cestujících

Cílem mohutných investic, vkládaných v České republice již delší dobu každým rokem do rozvoje železniční infrastruktury, je především zvýšení traťových rychlostí. Motivem těchto kroků je nabídnout cestujícím rychlou, a tedy atraktivní železniční dopravu. Stojí tedy za to analyzovat, co vše cestující od rychlé železniční dopravy osob očekává, co od ní požaduje.

- rychlost

Cestující se spíše rozhoduje podle výsledné doby přepravy než podle maximálně dosahované rychlosti jízdy. Celková doba přepravy je pro náhodně vzniklou cestu dána součtem čtyř dílčích časů:

$$T = T_p + T_i/2 + L / v_c + T_o$$

T ... celková doba přepravy,

T_p ... doba přístupu z místa začátku cesty k dopravnímu prostředku,

T_i ... interval mezi spoji,

L ... vzdálenost,

v_c ... cestovní rychlost,

T_o ... doba odstopu z dopravního prostředku k místu konce cesty.

V plnění kritéria nejkratší celkové doby přepravy má automobil výhodu snadné dostupnosti, tedy velmi krátkých ztrátových časů na začátku a na konci přepravy, a zcela odpadá čekání na spoj (individuální doprava). Na obyčejných silnicích s dosažitelnou cestovní rychlostí kolem 70 km/h (vliv průjezdu obcemi) dokáže konvenční železnice s traťovou rychlostí do 160 km/h (s cestovní rychlostí 100 až 120 km/h) na větších vzdálenostech celkovým přepravním časem úspěšně konkurovat automobilu. Avšak ve směru dálnic, na kterých dokáží automobily dosahovat cestovní rychlost kolem 120 km/h, nedokáže konvenční železnice s nejvyšší traťovou rychlostí do 160 km/h nabídnout kratší celkové přepravní časy než automobil, zejména v případě, že nejvyšší traťová rychlost je v řadě úseků omezoována na hodnoty kolem 100 km/h, respektive i méně.

K vyrovnání časové ztráty na začátku a konci přepravy a čekání na vlak, respektive k vytvoření určité časové úspory, musí železnice nabídnout jízdu vyšší rychlostí, než automobil. Na konvenčních tratích je proto nutno jezdit rychleji. Odstranění úrovnových přejezdů a přechod na jednotný evropský vlakový zabezpečovač ETCS vytváří předpoklad pro jízdu vlaků rychlostí 230 km/h (vozidla třídy 2 podle TSI HS RST). Vývoj však jde dál. Současný stav techniky jsou vysokorychlostní tratě umožňující traťovou rychlost 300 až 350 km/h a to průběžně, bez místních omezení. Takové tratě dokáží zajistit kratší celkové přepravní časy než dálnice.

Letecká doprava sice nabízí vysokou cestovní rychlost (800 až 900 km/h), ale zároveň i nejdelší ztrátové časy na začátku a na konci cesty (velká vzdálenost letiště od centra města, dlouhé procedury před odletem a po příletu). Železnice má vlivem kratších ztrátových časů možnost dosáhnout na kratší vzdálenosti kratší výsledné doby přepravy než letecká doprava. Konvenční železnice dokáže využít tuto výhodu a dosáhnout kratší celkový přepravní čas než letadlo do vzdálenosti kolem 300 km, vysokorychlostní železnice posouvá tuto mez až k hodnotě 1 000 km. To znamená pro cesty po Evropě velmi zásadní fakt.

- **bezpečnost**

Železniční doprava má renomé velmi bezpečného systému. Je mimořádně důležité přijmout taková opatření, aby při zvýšení rychlosti nebyla bezpečnost železniční dopravy snížena, ale naopak zvýšena. Bezpečnost železniční dopravy závisí na mnoha faktorech. Jedním z nich je vyloučení střetu vlaků. Bezpečnost železniční dopravy zásadním způsobem zvyšuje zavádění moderního a velmi dokonalého vlakového zabezpečovače ETCS 2. úrovně. Mezi jeho velké přednosti patří průběžná kontrola skutečné rychlosti jízdy vlaku vůči limitní rychlosti, určené mimo jiné i brzdou křivkou k zastavení před překážkou.

V nejbližších letech budou stacionární části ETCS vybaveny v ČR ty železniční tratě, na kterých je nyní instalován liniový vlakový zabezpečovač typu LS a následně i další tratě. Aby byl využit potenciál ETCS ke zvýšení bezpečnosti dopravy, je nutné též vybavit mobilní části ETCS vozidla provozovaná na dotyčných tratích. V zásadě nejde o problém technický, ale o finanční stránku věci. Je potřeba využít evropskou jednotnost ETCS a s ní související skutečnosti (výroba ve velkých sériích, konkurenční prostředí), aby z nákladových důvodů bylo možno tuto akci uskutečnit v době co nejkratší.

Brzdy představují jeden z nejdůležitějších prvků aktivní bezpečnosti. Zkušenost ze sousedních zemí, kde již vlaky jezdí více let rychlostmi 160 až 200 km/h, potvrzuje oprávněnost požadavku zastavit vlak jedoucí rychlostí 160 km/h na sklonu 12,5 ‰ na vzdálenosti 900 m (208 brzdících procent). Nejde jen o zastavení od předvěsti k návěstidlu, ale zejména o zastavení nebo alespoň snížení rychlosti před náhodnou překážkou. To se týká zejména provozu na tratích s mnoha úrovněnými přejezdy, jaké jsou typické právě v České republice.

Celou řadu bezpečnostních otázek řeší technické směrnice pro interoperabilitu (TSI). Jde například o požadavky na pevnost vozidel, na jejich odolnost při nárazu, a také o komplex protipožárních opatření. V České republice ukládá, podobně jako ve všech ostatních zemích Evropského společenství, dodržování TSI u nových a rekonstruovaných vozidel zákon. To je zásadní krok k zajištění bezpečnosti dopravy.

Cestující vnímá bezpečnost železniční dopravy ještě všeobecněji. Součástí jeho vnímání bezpečné jízdy vlakem je i občanská bezpečnost. Tedy to, aby cestující nebyl v průběhu jízdy obtěžován, přepaden či okraden. Zvýšení bezpečí přinášejí přehledné a dobře osvětlené interiéry, nikoliv potmělá zákoutí.

- **hygiena**

Základem cestování musí být dokonalá hygiena. Tedy snadno udržovatelné a čistitelné interiéry, dokonalá péče o klima ve voze (správná teplota a vlhkost vzduchu, nízký obsah oxidu uhličitého), čistá vakuová toaleta s umývadlem, netoxické materiály, ochrana před bakteriemi. Důležitá je i nízká úroveň hluku a vibrací.

- **pohodlí**

Kromě již zmíněného příjemného klima ve voze patří k pohodlnému cestování i tlakový komfort. Jeho význam roste se zvyšující se rychlostí jízdy a projevuje se pozitivně eliminací tlakových rázů zejména při průjezdu tunelem a při míjení vlaků. Sekundárním přínosem tlakotěsnosti je cestování v tichém a čistém (bezprašném) prostředí. Důležité je i pohodlné sezení, doplněné stolkem a zásuvkou 230 V 50 Hz.

Zásadní předností vlaku je individuální možnost volby využití času: relaxace, zábava, práce, studium. K tomu je nutností individuální volba intenzity osvětlení.

- **cena**

Kvalita rychlé železniční přepravy osob, reprezentovaná rychlostí, bezpečností, hygienou, pohodlím a dalšími atributy je jednou z podmínek pro volbu železnice. Druhou podmínkou je rozumná cena jízdného. Nelze přehlédnout, že rychlá osobní železniční doprava má ve srovnání se zastávkovými principy plošné obsluhy území, ke kterým patří městská hromadná doprava (tramvaje, metro) i příměstská a regionální železniční doprava, tři zásadní ekonomické přednosti:

- vlivem vysoké cestovní rychlosti dosahují dálkové (zejména vysokorychlostní) vlaky velmi vysokých denních proběhů. Proto i přes vyšší cenu v přepočtu na jedno sedadlo než mají pomalejší vozidla, vykazují rychlá vozidla ve výsledku nižší měrné investiční náklady (podíl ceny, počtu sedadel a ujetých kilometrů za životnost) než zastávková vozidla s výrazně nižším standardem cestování,
- vysoká cestovní rychlost zároveň snižuje personální náklady připadající na ujetou vzdálenost (mzda běží s časem, produktivita s ujetou vzdáleností)
- vlivem plynulé jízdy bez zastávek nemají dálkové vlaky periodicky kinetickou energii, jako vlaky zastávkové. Proto je jejich jízda energeticky úsporná. Vliv jízdy vyššími rychlostmi na aerodynamické ztráty se u nich do značné míry kompenzuje velmi propracovanými aerodynamickými tvary.

Tyto principy jsou základem ekonomického fungování rychlé osobní železniční dopravy. Dohládá to následující tabulka, vypočítaná pro jednotný životní cyklus (doba životnosti 30 let, denní doba služby 12 hodin, disponibilita 95 %, cena hodiny jízdy strojvedoucího 400 Kč, cena elektrické energie 2,50 Kč/kWh, 60 % úspěšnost rekuperace, 80 % účinnost pohonu):

vozidlo	hmotnost na sedadlo	cena na sedadlo	cestovní rychlost	pořizovací náklady	náklady na strojvedoucí	náklady na el. energii
	t	mil.Kč/místo	km/h	Kč/místo.km	Kč/místo.km	Kč/místo.km
tramvaj	0,7	1,0	18	0,45	0,74	0,17
metro	0,6	0,9	36	0,20	0,10	0,11
příměstská jednotka	0,5	0,6	50	0,10	0,06	0,06
rychlá jednotka	1,0	1,2	100	0,08	0,02	0,07
vysokorychlostní jednotka	0,9	1,9	250	0,06	0,01	0,12

Další, z hlediska ekonomiky provozu železnice velmi závažným parametrem, představuje měrné obsazení vlaku. Náklady jsou úměrné velikosti vlaku (počtu míst), tržby jsou úměrné obsazení vlaku (počtu cestujících). Realita železnic je z hlediska statistických hodnot středního měrného obsazení vlaku dost nepříznivá. Například v roce 2007 činilo v České republice střední měrné obsazení vlaku 24 % (poptávka: 6 900 mil. osobových km, nabídka: 28 500 mil. místových km). To zhruba odpovídá obsazení čtyřmístného osobního automobilu samotným řidičem.

V rychlé dálkové dopravě lze reálně dosáhnout příznivějších výsledků. Jednu z cest ukázaly letecké společnosti: pokud vyvolá snížení cen letenek například na polovinu vyšší než dvojnásobný nárůst měrného obsazení, pak tato cesta vede k nárůstu tržeb a k prosperitě. V případě rychlé osobní železniční dopravy jde zejména o tarif bez fixních příplateků. Ty odrazují část cestujících od použití rychlých vlaků (zejména na kratší vzdálenosti) s důsledkem jak nižšího využití rychlých vlaků, tak i potřeby vést souběžně s nimi i další (levnější) vlaky.

Požadavky na rychlá železniční vozidla z pohledu dopravního systému

Evropský železniční systém je tvořen tratěmi konvenčního systému a tratěmi vysokorychlostního systému. Tratě vysokorychlostního systému a tratě konvenčního systému se navzájem liší v řadě parametrů:

- tratě konvenčního systému byly budovány před zhruba 150 lety. Tehdy dostupné technologie a mechanizace omezovaly rozsah zemních prací. Jejich trasování bylo určeno trakčními parametry tehdejších vozidel. Základní zásadou bylo dodržení stálého a pokud možno co nejmenšího sklonu, použití oblouků o malém poloměru nebylo na závadu, neboť neomezovalo rychlost jízdy tehdejších vlaků. Z pohledu současných (rychlých a výkonných) vozidel je sklon těchto tratí zbytečně malý (vlaky by trakčně zvládly překonat i vyšší sklony) a oblouky příliš malé – omezují rychlost jízdy vlaků. Tratě konvenčního systému byly navrhovány pro veškerou železniční dopravu – dálkovou i místní, osobní i nákladní. Procházejí (pokud možno) osídleným územím a jeho urbanizaci po celou dobu své existence pozitivně ovlivňovaly,
- tratě vysokorychlostního systému jsou budovány v současnosti, dostupné technologie a mechanizace umožňují velkorysé objemy zemních prací. Základní zásadou je stálá (a značně vysoká) traťová rychlost. S cílem snížit stavební náklady je trať trasována velmi racionálně. To je umožněno jejím pojetím výhradně jen pro provoz rychlých vozidel. Jde zejména o použití velkých podélných sklonů a o využívání velkých stavebních převýšení v obloucích, což snižuje s rychlostí kvadraticky rostoucí nároky na velikost poloměru oblouků. Tratě vysokorychlostního systému jsou navrhovány výhradně jen pro rychlou dálkovou dopravu (zejména osobní).

Nezajišťují plošnou území a proto se raději vyhýbají osídleným územím (s výjimkou největších měst).

Vztah tratí konvenčního a vysokorychlostního železničního systému lze přirovnat ke vztahu silnic a dálnic. V obou případech jde o dvě navzájem se doplňující sítě – jedna pro pomalejší spíše místní dopravu, druhá pro rychlou dopravu. Rychlejší síť je řídkší a neprochází obcemi a menšími městy, proto nedokáže základní pomalejší síť nahradit.

Vozidla speciálních jednokolejnicových drah, nesená na principu magnetické levitace, mohou být provozována jen na této speciální dráze, nemohou je opustit. Naproti tomu jsou vozidla pro vysokorychlostní železniční systém řešena tak, aby mohla využívat i tratě konvenčního systému. To je pro tradiční železnici ve srovnání s jednokolejnicovou speciální dráhou zásadní výhoda, neboť se bez přestupu dokáže více přiblížit začátku a cíli cesty, který bezprostředně neleží na trati vysokorychlostního systému.

Opačný přechod však není jednoduše možný. Vozidla řešená jen pro provoz v síti konvenčního železničního systému nemohou využívat tratě vysokorychlostního železničního systému. Nejsou totiž schopna odolávat účinku tlakových vln, které provázejí jízdu protijedoucích vlaků. Vysokorychlostní tratě jsou zásadně řešeny jako dvojkolejné. Ačkoliv je na nich vzdálenost os kolejí zvětšena, vykazují účinky tlakových vln vyvolaných rychle jedoucím vlakem opačného směru pro konvenční vozidla nepřijatelně vysoké hodnoty.

Tato zásadní skutečnost nebyla vždy plně se všemi svými důsledky brána v úvahu. V minulosti byly též stavěny takzvané univerzální vysokorychlostní tratě, které měly umožnit jízdu rychlých vlaků (pro přepravu osob) i pomalých vlaků (pro nákladní přepravu). Avšak právě z důvodu aerodynamických účinků rychlých protijedoucích vlaků na nich není možný současný provoz vysokorychlostních a konvenčních vlaků. Výsledkem je nepříliš atraktivní kompromis:

- v období poptávky po rychlé osobní dopravě (například ve dne) po nich jezdí výhradně jen vysokorychlostní vlaky,
- v období mimo poptávku po rychlé osobní dopravě (například v noci), je traťová rychlost snížena a po trati mohou jezdit i konvenční vlaky (zejména nákladní), avšak i vysokorychlostní vlaky musí v této době jezdit sníženou rychlostí.

Takto pojatou vysokorychlostní trať sice mohou využívat i konvenční nákladní vlaky, avšak čekání na období provozu sníženou rychlostí znehodnocuje efekt převedení trasy nákladních vlaků na vysokorychlostní trasu. Univerzální pojetí však výrazně zvyšuje náklady na stavbu vysokorychlostní tratě:

- je nutno používat oblouky o velkém poloměru, neboť nelze využít plných hodnot stavebního převýšení – pomalu jedoucí vlaky by byly příliš nakloněny směrem do středu oblouku,
- je nutno používat nízké hodnoty sklonu – pomalu jedoucí vlaky nemají tak velké statické ani dynamické schopnosti stoupat, jako vlaky vysokorychlostní,
- omezená možnost vyhnout se terénním nerovnostem obloukem a omezená možnost překonat terénní nerovnosti sklonem vyžaduje budovat i v mírně zvlněném terénu velmi dlouhé tunely, což kromě vysoké investiční náročnosti též zvyšuje provozní náklady v důsledku vyšší spotřeby energie (vyšší aerodynamické ztráty v tunelu, než v otevřené krajině) a náklady na zajištění bezpečnosti. Požadavky na zajištění požární bezpečnosti ve svém důsledku vedou k tomu, že konvenční vozidla, kvůli kterým byla trať trasována s malými sklony a tedy s dlouhými tunely, na ni v některých případech stejně jezdit nemohou, neboť nejsou koncipována podle zásad zvýšené požární bezpečnosti, což je pro provoz v dlouhých tunelech nutností,
- nutnost dimenzovat trať tak, aby z hlediska svislých i příčných a podélných sil vyhovovala konvenčním vozidlům o hmotnosti na dvojkolí až 22,5 t, zatím co vysokorychlostní vozidla mají limit hmotnosti na dvojkolí jen 17 t,
- nutnost budování většího množství dopravních prostředků pro předjíždění nesterpně rychle jedoucích vlaků než na tratích pojížděných výhradně jen rychlými vlaky,
- nižší propustnost trati v důsledku nerovnoběžného grafikonu.

Z důvodu těchto nevýhod bylo od stavby univerzálních vysokorychlostních tratí upuštěno. Nyní jsou vysokorychlostní tratě stavěny levněji, tedy výhradně jen pro provoz vysokorychlostních vlaků. Tomu odpovídá i evropské, respektive české zákonodárství. Podle TSI HS INS jsou vysokorychlostní tratě řešeny jen pro provoz vysokorychlostních vozidel odpovídajících TSI HS RST. Mají dovoleny vysoké sklony (až 35 promile) a oblouky s vysokým stavebním převýšením (až 180 mm).

Tato skutečnost vylučuje na vysokorychlostních tratích přepravu zboží (nákladů). Nemůže však být převáženo v obyčejných nákladních vozech podle TSI CR WAG, ty mohou být používány jen

na tratích konvenčního železničního systému podle TSI CR INS, nikoliv na tratích vysokorychlostního železničního systému podle TSI HS INS. Obvyčejné železniční vozy totiž mimo jiné nemají patřičnou odolnost vůči tlakovým vlnám.

Zboží však může být převáženo v ucelených jednotkách v zásadě obdobného typu, jako jsou používány pro přepravu osob. U hromadných substrátů a jiných nespěchajících komodit nemá takový způsob přepravy logiku (zboží může být standardně přepraveno po železničních tratích konvenčního systému. Avšak u spěchajícího zboží (zejména balíčkového typu) je zcela reálné jej umístit na europalety a mechanizovaně naložit do vnitřního prostoru nákladní jednotky.

Jde tedy o určitou dobu rychlé přepravy zboží v kamionech po dálnicích. Zejména ve spojení logistických center má tento způsob naději na úspěch, neboť dokáže být rychlejší než silniční doprava, vůči které je však produktivnější a energeticky méně náročný. V podstatě se jedná o železniční alternativu leteckého carga.

Podobně lze tratě vysokorychlostního systému využít i k jízdě vlaků osobní přepravy, které v určitém (vzdálenějším) regionu plní sběrnou, respektive rozptylovou funkci a k překonání větší vzdálenosti využijí vysokorychlostní trať. Jak z důvodů bezpečnostních (tlaková odolnost, pevnost oken a dveří, ...), tak i z důvodů dopravních (trakční parametry zajišťující plynulost provozu) musí splňovat kritéria TSI HS RST.

Každá ze sítí železničního systému má tedy svůj význam. Konvenční síť slouží plošné obsluze území a běžné dálkové nákladní dopravě, vysokorychlostní síť slouží rychlé dálkové dopravě osob a spěchajícího zboží, a to ve vazbě na konvenční síť, která představuje pro vysokorychlostní tratě sběrný a rozptylový systém.

Požadavky na rychlá železniční vozidla z pohledu infrastruktury

Parametry tratí konvenčního systému podle TSI CR INS i parametry tratí vysokorychlostního systému podle TSI HS INS jsou voleny tak, že v zásadě vyhovují vozidlům odpovídajícího typu. To platí nejen o trasování tratí, ale i o jejich napájení ve smyslu TSI CR ENE, respektive TSI HS ENE, a o jejich zabezpečení podle TSI CR CCS, respektive TSI HS CCS. Má to svůj logiku a hluboký ekonomický význam, neboť úroveň a vyspělost jak konvenčního, tak vysokorychlostního železničního systému je dána vyváženým souladem jejich čtyř základních subsystémů: tratí, vozidel, napájení a zabezpečení.

Tratě podle TSI HS SRT jsou určeny jen pro provoz vysokorychlostních vozidel podle TSI HS RST. Proto mohou být levněji trasovány, než tratě podle TSI CR INS, které připouštějí provoz veškerých vozidel. Jde zejména o velké podélné sklon. Pokrok v oblasti vozidel umožňoval již v minulosti postupné zvyšování podélných sklonů hlavních tratí: od 6 promile na nejstarších tratích z let 1840 až 1850, přes tratě se sklonem 10 promile z let 1860 až 1880, kdy již byly lokomotivy dokonalejší, až k tratím se sklonem 16 promile. Ty již byly budovány ve třicátých a letech minulého, tedy v době již dokonalejších parních lokomotiv a průběžného brzdění vlaků pneumatickou brzdou. Přesto jsou podélné sklony 35 až 40 promile až výsadou současných vysokorychlostních tratí. Vysokorychlostním vozidlům totiž velké podélné sklony příliš nevdají.

Existují dva důvody, proč vysokorychlostní vozidla snadno zvládají vysoké sklon. Za prvé proto, že jsou z důvodu jízdy vysokými rychlostmi vybavena vysokým měrným trakčním výkonem, zhruba kolem 20 kW/t. Tento trakční výkon překonává při jízdě vysokými rychlostmi aerodynamický odpor prostředí. Při jízdě poněkud nižší rychlostí aerodynamický odpor vydatně klesne (úměrně druhé mocnině rychlosti), avšak tažná síla stoupne (nepřímo úměrně rychlosti), takže vozidlo získá značný přebytek tažné síly, využitelný pro trvalou jízdu do velkých stoupání.

Druhý důvod představuje velká kinetická energie rychle jedoucích vlaků, která jim umožňuje při poměrně malém poklesu rychlosti zvládat náběhem relativně velká převýšení. Kinetická energie vlaku jedoucího rychlostí 300 km/h odpovídá potenciální energii výškového rozdílu zhruba 400 m. Pokles rychlosti o 5 % (tedy o 15 km/h, ze 300 km/h na 285 km/h) uvolní 10 % kinetické energie, která vynese vlak do výšky zhruba 40 m, což odpovídá ujeté vzdálenosti 1 km do stoupání 40 promile.

Velké podélné sklony úsporně trasovaných vysokorychlostních tratí tedy rychle jedoucím vlakům nevdají. Rychle jedoucím vozidlům též nevdají vysoké hodnoty stavebních převýšení v obloucích (180 mm), neboť při jízdě vysokými rychlostmi jsou s rezervou překonány odstředivým zrychlením. I přesto vysokorychlostní vozidla využívají zvýšené hodnoty bočního nevyrovnaného zrychlení (nedostatek převýšení 150 mm). Oba tyto kroky vedou ke znatelnému snížení potřebných poloměrů oblouků, což je dalším krokem, který usnadňuje úsporné trasování vysokorychlostních železnic.

Dalším z důležitých požadavků vysokorychlostních tratí na vozidla je limit hmotnosti na dvojkolí 17 t, motivovaný snahou o snížení dynamických sil. I tento požadavek je v souladu s technickým řešením vozidel. Dosažení vysokého měrného výkonu a potřeba z adhezních důvodů pohánět a brzdít značnou část dvojkolí (zhruba 50 %) vyústily na straně vozidel k použití distribuovaného trakčního

pohonu. Ten též vede k rovnoměrnému rozložení hmotných komponent trakčního pohonu v jednotlivých vozech ucelené jednotky, což je mimo jiné i cesta k dosažení nízkého limitu hmotnosti na dvojkolí.

Samostatným komplexem otázek je aerodynamika. Tvar vozidla musí být volen tak, aby amplituda tlakových vln, které vozidlo svojí rychlou jízdou vyvolává, neohrozily osoby či stavby podél tratě. Aerodynamický tvar vozidla je nutno optimalizovat nejen v podélném směru, ale též v příčném a svislém směru. Jde zejména o klopné a vztlakové účinky bočního větru. Část řešení problematiky bočního větru je na straně trati (ochranné zábrany, monitorování rychlosti a směru větru), část na straně vozidel.

Patrně nejzávažnější vliv na vozidla provozovaná na vysokorychlostních tratích mají dlouhé tunely. Tyto vlivy jsou vesměs negativní:

- zvýšení aerodynamického odporu uvnitř tunelu klade zvýšené nároky na namáhání a dimenzování trakčního pohonu,
- tlakové rázy, které v tunelech provázejí střet vlaku s přetlakovými a podtlakovými vlnami vyvolanými jeho jízdou, zvyšují nároky na pevnost vozové skříňe, oken, dveří, mezivozových přechodů, ventilačního respektive klimatizačního zařízení a dalších komponent,
- tlakové rázy v tunelech zhoršují podmínky pro ventilaci (klimatizaci) vnitřních prostor pro přepravu cestujících. Při velké délce tunelů již nemusí stačit jednoduchý pasivní systém a pro zamezení růstu koncentrace oxidu uhličitého je nutno použít náročnější aktivní systém,
- zhoršená možnost evakuace v tunelech zvyšuje bezpečnostní riziko při jakýchkoliv nehodách, zejména při požáru. Proto je nutno vozidla určená pro provoz na tratích s dlouhými tunely řešit tak, aby snižovala riziko vzniku požáru a aby požáru odolávaly. Těmito otázkami se podrobně zabývá TSI SRT, která předepisuje požadavky na vozidla provozovaná na tratích s tunely o délce 1 až 5 km (vozidla kategorie A) a na tratích s tunely o délce 5 až 20 km (vozidla kategorie B). Kromě požadavků na materiály (hořlavost, kouřivost, toxicita) a na konstrukce (vertikální i horizontální protipožární přepážky), jde i o funkční požadavky (funkčnost při požáru zajištěná mimo jiné redundancí), dané snahou, aby hořící vlak dokázal vlastní silou tunel opustit.

Tunely při trasování vysokorychlostních tratí zcela vynechat nelze. Zkušenost však vede k poznání, že je rozumné délku tunelů minimalizovat. Toho lze i při nesnížených limitech rychlosti dosáhnout využitím velkých sklonů a zmenšených poloměrů oblouků (vyšší hodnoty stavebního i chybějícího převýšení). Výsledkem jsou nejen nižší stavební náklady a nižší provozní náklady (nižší spotřeba energie při jízdě otevřenou krajinou než v tunelu) a vyšší bezpečnost, ale též nižší nároky na vozidla.

Požadavky na rychlá železniční vozidla z pohledu zákonů

Železnice je systém, tomu odpovídá i přístup orgánů EU k železnici. Úspěšnost systému nezávisí jen na precizním provedení jeho jednotlivých subsystémů, tedy zejména tratí a vozidel, ale především na jejich vzájemném souladu a na přiměřenosti přepravním potřebám, tedy přepravní poptávce. Této skutečnosti jsou si vědomi i evropští normalizátoři, tvůrci technických směrnic pro interoperabilitu (TSI). Vznik těchto dokumentů a jejich uvádění v život není snadným procesem, ale jedno je jisté: po dvou stoletích národní orientace dostávají evropské železnice jednotlív prvek který je klíčem k jejich technické jednotnosti. A to nejen ve smyslu kompatibility (propojitelnosti), ale též s cílem vytvořit vyrovnanou technickou úroveň moderní, bezpečnou a hospodárnou železnici. Z tohoto pohledu představuje proces tvorby a užití TSI transfer know how mimořádného rozsahu. Například země, které dosud nemají se stavbou a provozem vysokorychlostního železničního systému žádné zkušenosti, dostávají v podobě TSI systematicky zpracované a praxí prověřené manuály, jak takový systém navrhnout a provozovat. To je v dějinách evropských železnic zcela nový princip.

Mezi členské země Evropského společenství patří i Česká republika. Je tedy povinna zajistit dodržování technických směrnic pro interoperabilitu. Zákon o drahách 224/1994 Sb. proto ukládá povinnost:

- stavět a provozovat tratě v souladu s TSI,
- stavět a provozovat vozidla v souladu s TSI.

To platí jak pro tratě konvenční (dosud pro tratě zařazené do sítě TEN-T, od roku 2010 pro všechny veřejné železnice), tak pro tratě vysokorychlostní.

U konvenčního železničního systému je zavádění TSI určitým dlouhodobějším procesem, neboť TSI se zpravidla plně vztahují jen na nové a modernizované subsystémy. Avšak u nově vznikajících vysokorychlostních železnic je nutno TSI plně dodržovat, není žádný důvod k výjimce. Tato skutečnost, respektive zákonná povinnost, mění některé starší plány na vedení tras vysokorychlostních tratí územím České republiky. Ty se vyznačovaly relativně vysokými poloměry oblouků (s menším

stavebním převýšením), poměrně nízkými sklony a dlouhými tunely. Byly by investičně i provozně drahé. Je potřebné a rozumné tyto starší plány revidovat a uvést je do souladu s TSI, tedy respektovat parametry požadované, respektive umožněné, v TSI HS INS.

TSI HS RST nově definuje vysokorychlostní vozidla již od rychlosti 190 km/h (to proto, aby poměrně početná kategorie vozidel s nejvyšší provozní rychlostí 200 km/h odpovídala náročnějším požadavkům). Přitom jsou rozlišovány dvě kategorie vozidel:

- třídy 1: ucelené trakční jednotky s distribuovaným trakčním pohonem s nejvyšší provozní rychlostí od 250 do 350 km/h při hmotnosti na dvojkolí do 17 t,
- třídy 2: ucelené trakční jednotky s čelními trakčními vozy nebo lokomotivy s vozy (respektive s ucelenými netrakčními jednotkami) s nejvyšší provozní rychlostí od 190 do 230 km/h při hmotnosti na dvojkolí do 22,5 t (respektive s nejvyšší provozní rychlostí od 190 do 250 km/h při hmotnosti na dvojkolí do 18 t).

Hlavní technické zaměření vozidel třídy 1 směřuje k bezpečnému a hospodárnému provozu nejvyššími rychlostmi. U vozidel třídy 2 jsou fyzikální podmínky jejich pohybu poněkud příznivější, o to více se soustředí na vytvoření velmi příjemného a cenově dostupného cestování.

Z hlediska České republiky přicházejí v úvahu obě dvě kategorie. Pro provoz na koridorových tratích jsou vhodná vozidla kategorie 2. Ta budou postupem času stále více využívat své plné rychlostní parametry nejen na navazujících tratích v zahraničí, ale i v tuzemsku. Po zavedení ETCS bude odstraněn základní limit rychlosti 160 km/h a po dalších krocích (zejména jde o odstranění úrovněových přejezdů) lze předpokládat na geometricky příznivých úsecích koridorových tratí zvyšování traťové rychlosti k hodnotě 230 km/h. Na nově budovaných vysokorychlostních tratích podle TSI HS RST pak najdou uplatnění i vozidla kategorie 1. S ohledem na blížící se dokončení modernizace koridorů (zhruba v horizontu roku 2015) již není doba stavby vysokorychlostních tratí na území České republiky příliš vzdálená, doba jejího napojení na evropskou vysokorychlostní železniční síť se postupně přibližuje.

Závěr

Kolejová vozidla tvoří spolu s ostatními subsystemy (tratě, napájení a zabezpečení) železniční systém. Vývoj techniky stále pokračuje a proto není namístě hovořit o dosažení definitivního stavu. Přesto však je zřejmé, že po určitém hledání došlo k významné standardizaci technických řešení a to jak v oblasti konvenčního železničního systému, tak i v oblasti vysokorychlostního železničního systému.

Tato vyzrálost se projevuje i v oboru železničních kolejových vozidel. Na rozdíl od technického vývoje v minulém století, který probíhal paralelně ve více zemích a směřoval k národně specifickým řešením, se v současnosti stále silněji projevují jednotné principy a typy minimálně evropského rozsahu. Tento trend umožňuje současnou železnici, která vznikala v průběhu mnoha let, racionálně a rychle přetvořit v moderní dopravní systém, odpovídající současným i perspektivním potřebám společnosti.