

TECHNICKO-PROVOZNÍ STUDIE

TECHNICKÁ ŘEŠENÍ VRT

05/2017

4.7

TECHNICKÉ PARAMETRY VRT V EVROPĚ

VRT A OKOLÍ

Zpracovatelé: Kateřina Hladká, Marek Pinkava



4.7

VRT A OKOLÍ

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	VLIV TRATI NA OKOLÍ	5
2.1	VRT V KRAJINĚ.....	5
2.2	HLUK.....	7
2.2.1	Obecně	7
2.2.2	Zdroje hluku a možná opatření	8
2.2.3	Limitní hodnoty hluku	9
2.2.4	Způsob ochrany proti hluku	14
2.3	VIBRACE.....	18
2.3.1	Obecně	18
2.3.2	Strukturální hluk.....	19
2.3.3	Faktory, které zemní vibrace a hluk ovlivňují.....	20
2.3.4	Kritéria posouzení dopadů vibrací	22
2.3.5	Postup základního posouzení.....	24
2.3.6	Příklad zásadního posouzení.....	29
2.3.7	Seismické vibrace - Rayleighovy vlny	30
2.3.8	Rayleighovy vlny – zemní třesk	31
3	VLIV OKOLÍ NA TRATĚ	33
3.1	OPLOCENÍ TRATÍ.....	33
3.2	OCHRANA PROTI PÁDU STROMŮ	34
3.3	OCHRANA PROTI PÁDU SILNIČNÍCH VOZIDEL.....	37
3.4	OCHRANA PROTI ÚČINKŮM BOČNÍHO VĚTRU.....	41
3.4.1	Obecně	41
3.4.2	Německá metodika	44
3.4.3	Švédská metodika	46
3.4.4	Anglická metodika.....	47
4	ZDROJE	48

1 ÚVOD

Vysokorychlostní železniční doprava svým charakterem ovlivňuje okolí. Okolí ovlivňuje vysokorychlostní železnici a provoz na ní.

Tento sešit popisuje základní aspekty tohoto vzájemného vztahu a způsoby, jakými je tento vztah řízený v Evropě. Sešit je rozdělený do dvou částí: vliv vysokorychlostních tratí na okolí a vliv okolí na vysokorychlostní trať.

Aspekty vlivu na okolí, kterými se alespoň rámcově zabývá, jsou:

- vliv trati na krajinný ráz
- hluková zátěž
- vliv vibrací na pozemní stavby
- vliv tlakové vlny na pozemní stavby

Z aspektů vlivu okolí na trať jsou zmíněny:

- ochrana trati proti vniknutí zvěře a nepovolaných osob
- ochrana proti pádu cizích těles
- ochrana proti bočnímu větru

2 VLIV TRATI NA OKOLÍ

Každá dopravní stavba ovlivňuje své okolí. Ve fázi výstavby, což je dočasný jev, ale zejména po daleko delší dobu svého provozu. Pomiňme v tuto chvíli dočasná omezení v průběhu výstavby a zaměřme se na vlivy dlouhodobé.

2.1 VRT V KRAJINĚ

Viditelným je zejména vliv nové infrastruktury na krajinný ráz. Míra ovlivnění je pochopitelně velmi rozdílná mezi jednotlivými stavbami v závislosti zejména na konfiguraci terénu, do kterého je stavba umísťována. Zároveň je určení vhodnosti takového zásahu velmi subjektivní záležitostí.

V rovinaté krajině bývá tento vliv relativně malý. Tratě zhruba kopírují terén, nejvyšší konstrukce nepřesahují výšku vzrostlých stromů, a tak pohledově nebývají patrné již z blízkého okolí.

V kopcovitém terénu se patrnost trati vůči okolí zvýší. Zde hodně záleží na parametrech trati. Tratě pro osobní dopravu s menšími poloměry směrových oblouků a vyššími hodnotami stoupání a klesání dokáží krajinu kopírovat o něco lépe. Tím je možné část ovlivnění eliminovat.

V řadě případů si ale bez umělých staveb vystačit nelze. Řešení pak je, aby se dominantní stavby, zejména mosty, navrhovaly nejenom z technického, ale i z architektonického úhlu

pohledu. Nové objekty pak mají naději stát se podobnými dominantami, jakými jsou dávno postavené mosty dnes.

Časté je také vedení nové tratě podél již existující dopravní cesty, zpravidla dálnice.

Obrázek 1: Nová vysokorychlostní trať v mírně zvlněné krajině Francie.



Obrázek 2: Trať překonává údolí ve Španělsku.



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



2.2 HLUK

2.2.1 OBECNĚ

Strategickým cílem směrnice END (Směrnice 2002/49/ES) je snížit v Evropské unii v roce 2010 počet obyvatel zasažených hlukem o L_{Aeq} (hlukový ukazatel pro celodenní obtěžování hlukem) nad 65 dB o 10 %, v roce 2020 o 20 %.

Za tímto účelem se postupně provedou tato opatření:

- určení míry expozice hluku ve venkovním prostředí prostřednictvím hlukového mapování s využitím metod hodnocení, společných pro všechny členské státy;
- zpřístupnění informací o hluku ve venkovním prostředí a jeho účincích na veřejnost;
- na základě výsledků hlukového mapování přijetí akčních plánů členskými státy s cílem prevence a snižování hluku ve venkovním prostředí, je-li to nutné a zejména pokud expoziční úrovně mohou mít škodlivé účinky na lidské zdraví, a pokud je to vhodné, s cílem zachovat dobré akustické prostředí.

Na webových stránkách EEA shrnuje výsledky strategického hlukového mapování (2007, 2012). Podle zpráv členských států, které v roce 2010 shromáždila Evropská agentura pro životní prostředí, postihuje hluk ze železniční dopravy zhruba 12 milionů obyvatel EU ve dne, kdy expozice hluku přesahuje 55 dB, a přes 9 milionů v noci, kdy expozice hluku přesahuje 50 dB. Ve skutečnosti jsou reálná čísla nepochybně vyšší, protože iniciativa Evropské agentury pro životní prostředí mapující hluk v Evropě se soustředí jen na aglomerace s více než 250 000 obyvateli a hlavní železniční tratě, po nichž projede 60 000 a více vlaků ročně.

Hluk je rušivý jev, který zamožuje životní prostředí a nepříznivě působí na zdraví osob vystavených vysokému hluku ve venkovním prostředí už od hladiny 70 dB, nebo i méně.

Aby bylo možné splnit cíle udržitelnosti formulované v bílé knize EK o dopravě z roku 2011 a v balíčku opatření pro dopravu šetrnější k životnímu prostředí, je nutné minimalizovat dopad železničního provozu na životní prostředí (emise uhlíku, energie, hluk atd.), díky čemuž by si železniční doprava udržela status ekologického dopravního prostředku, podpořila tak změny ve využívání dopravních prostředků ve prospěch železnice a přispěla ke snížení celkového dopadu dopravy na životní prostředí.

Tabulka: Informace z první fáze hlukového mapování.

stát	počet aglomerací	obyv. v agl. (mil)	podíl z celku (%)	procento expozice L_{noc} (dB)					procento expozice L_{den} (dB)				
				50-54	55-59	60-64	65-69	>70	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
CZ	3	2	18	3	4	2	0	0	4	3	4	1	0
DE	25	17	21	2	1	0	0	0	3	1	1	0	0
AT	1	2	27	1	0	0	0	0	7	5	4	2	1
IT	2	4	7	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
SP	11	8	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circl e/etcte/library?l=/2009_subvention

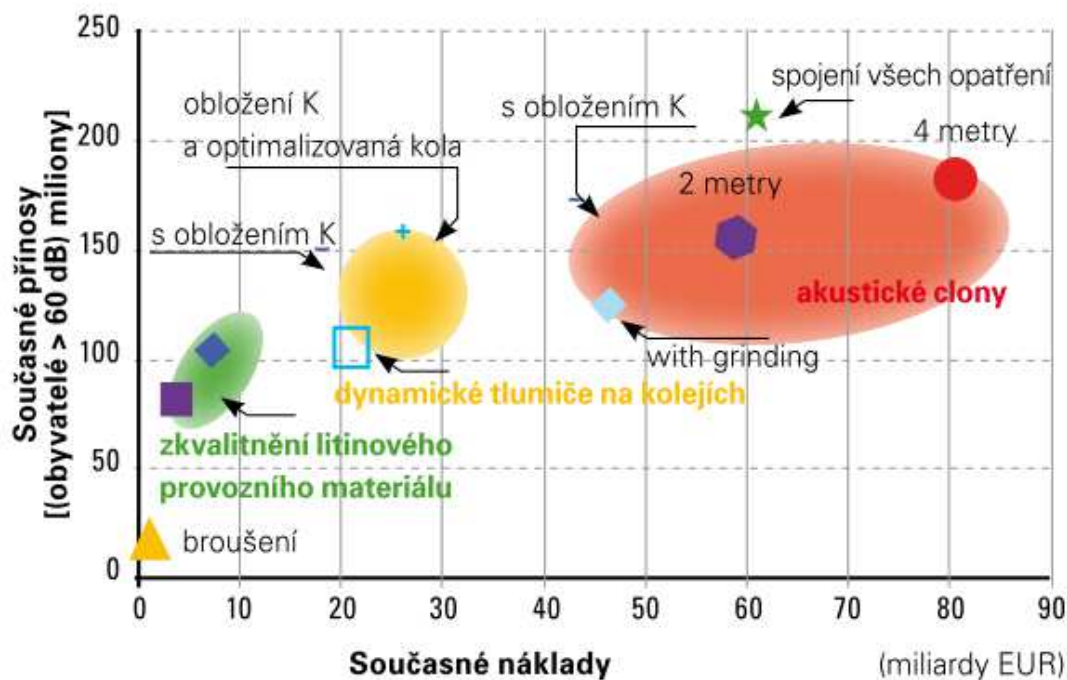
2.2.2 ZDROJE HLUKU A MOŽNÁ OPATŘENÍ

Obecně lze definovat tři různé zdroje hluku ze železniční dopravy:

- hluk z motoru,
- hluk z valení,
- aerodynamický hluk.

Problém hluku ze železniční dopravy vzniká především u nákladních vlaků, souprav složených ze starých vagonů a vlaků poháněných starými motory, přičemž je obzvláště palčivý v noci. Hluk z valení je obecně vyšší v případě neudržovaných železničních vozidel a vlaků, které se pohybují po neudržované infrastruktuře. Aerodynamický hluk je relevantní zejména u vysokorychlostních tratí, na nichž jsou většinou instalována opatření pro omezení hluku, například protihlukové zábrany. Protihlukové zábrany sice snižují dopad hluku z valení, obvykle jsou však příliš nízké k tomu, aby zabránily hluku způsobenému pantografem. Aerodynamický hluk se nejvíce uplatňuje při rychlostech nad 200 km/h.

Snižování hluku ze železniční dopravy patří k prioritám dopravní politiky Evropské unie. Jedním z projektů Evropské unie byl STAIRRS – Strategie and Tools to Assess and Implement Noise Reduction and Measures for Railway Systems, který byl zahájen v roce 2000. Cílem tohoto projektu bylo zhodnocení efektivity různých opatření snižujících železniční hluk. V rámci projektu bylo provedeno srovnání efektivity protihlukových opatření prostřednictvím nákladů a dosaženého účinku u 21 evropských zemí. V níže uvedeném grafu jsou zachyceny hlavní výsledky projektu STAIRRS. Tento graf znázorňuje, že používáním kompozitového brzdového obložení se ušetří významné částky ve srovnání s řešením výhradně na základě protihlukových stěn. Z projektu také vyplynulo, že nejúčinnější v boji proti hluku je kombinace různých protihlukových opatření.



2.2.3 LIMITNÍ HODNOTY HLUKU

ČESKÁ REPUBLIKA

LEGISLATIVA

Ochrana před hlukem vyplývá ze zákona č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví ve znění pozdějších předpisů. Pro dopravní hluk je významný především § 30 a § 31 tohoto zákona, který hovoří o povinnosti správců pozemních komunikací či železnic technickými opatřeními zajistit, aby hluk nepřekračoval hygienické limity stanovené prováděcím předpisem.

Podrobně ochranu před hlukem upravuje Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění pozdějších předpisů (NV č. 217/2016 ze dne 15. června 2016). Toto nařízení vlády zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje hygienické limity hluku pro chráněný vnitřní prostor staveb, chráněný venkovní prostor staveb a chráněný venkovní prostor. Dále upravuje hygienické limity vibrací pro chráněný vnitřní prostor staveb.

Výtah z §30 Zákona č. 258/2000 Sb.

Chráněným venkovním prostorem se dle § 30 zákona č. 258/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, lázeňské léčebně rehabilitační péči a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť.

Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do vzdálenosti 2 m před částí jejich obvodového pláště, významný z hlediska pronikání hluk zvenčí do chráněného vnitřního prostoru bytových domů, rodinných domů, staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání, staveb pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb.

Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí pobytové místnosti ve stavbách zařízení pro výchovu a vzdělávání, pro zdravotní a sociální účely a ve funkčně obdobných stavbách a obytné místnosti ve všech stavbách. Co se považuje za prostor významný z hlediska pronikání hluku, stanoví prováděcí právní předpis.

Rekreace pro účely podle věty první zahrnuje i užívání pozemku na základě vlastnického, nájemního nebo podnájemního práva souvisejícího s vlastnictvím bytového nebo rodinného domu, nájmem nebo podnájemem bytu v nich.

Hygienické limity hluku

V následující tabulce jsou uvedeny korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru.

Tabulka 2: Korekce podle druhu chráněného prostoru a denní a noční době (základní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ je 50 dB)

Druh chráněného prostoru	Korekce [dB]			
	(základní hladina akustického tlaku je 50 dB)			
	1)	2)	3)	4)
Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	-5	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	0	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	0	+5	+10	+20

Korekce uvedené v tabulce se nesčítají.

Pro noční dobu se pro chráněný venkovní prostor staveb přičítá další korekce – 10 dB, s výjimkou hluku z dopravy na železničních drahách, kde se použije korekce – 5 dB.

Pravidla použití korekce uvedené v tabulce:

- 1) Použije se pro hluk z provozu stacionárních zdrojů a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakotvorné práce, zejména rozřaďování a sestavu nákladních vlaků, prohlídku vlaků a opravy vozů. Pro hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakotvorné práce, které byly uvedeny do provozu přede dnem 1. listopadu 2011, se přičítá pro noční dobu další korekce +5 dB.
- 2) Použije se pro hluk z dopravy na drahách, silnicích III. třídy, místních komunikacích III. třídy a účelových komunikacích ve smyslu § 7 odst. 1 zákona č. 13/1997 Sb.
- 3) Použije se pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách v ochranném pásmu dráhy.
- 4) Použije se pro stanovení hodnoty hygienického limitu staré hlukové zátěže.

HYGIENICKÉ LIMITY HLUKU V CHRÁNĚNÉM VNITŘNÍM PROSTORU STAVEB

Chráněným vnitřním prostorem se rozumí obytné a pobytové místnosti s výjimkou místností ve stavbách pro individuální rekreaci a ve stavbách pro výrobu a skladování.

V následující tabulce jsou uvedeny nejvyšší přípustné hodnoty hluku v chráněných vnitřních prostorách staveb (doplněná tabulka z přílohy č. 2 Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.).

Tabulka 3: Hygienické limity hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb (základní hladina $L_{Aeq,T}=40$ dB)

Druh chráněné místnosti	Doba působení	Korekce	Limitní hladina hluku [dB]
Nemocniční pokoje	6.00 až 22.00 h	0	40
	22.00 až 6.00 h	-15	25
Lékařské vyšetřovny, ordinace	Po dobu používání	-5	35
Obytné místnosti	6.00 až 22.00 h	0 ⁺⁾	40/45 ^{*)}
	22.00 až 6.00 h	-10 ⁺⁾	30/35 ^{*)}
Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí a staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání	Po dobu užívání	+5	45

Pro ostatní pobytové místnosti, v tabulce jmenovitě neuvedené platí hodnoty pro prostory funkčně obdobné.

Účel užívání stavby je u staveb povolených před 1. lednem 2007 dán kolaudačním rozhodnutím, u později povolených staveb oznámením stavebního úřadu nebo kolaudačním souhlasem. Uvedené hygienické limity se nevztahují na hluk způsobený používáním chráněné místnosti.

⁺⁾ Pro hluk z dopravy v okolí dálnic, silnic I. a II. třídy a místních komunikací I. a II. třídy, kde je hluk na těchto komunikacích převažující a v ochranném pásmu drah se přičítá další korekce +5 dB. Tato korekce se nepoužije ve vztahu k chráněnému vnitřnímu prostoru staveb povolených k užívání k určenému účelu po 31. prosinci 2005.

^{*)} Hodnoty v ochranném pásmu dráhy a v okolí hlavních komunikací

Pro tuto stavbu tedy platí hygienický limit pro chráněný venkovní prostor staveb a pro chráněný venkovní prostor v ochranném pásmu dráhy

60 dB pro den a 55 dB pro noc

Za ochranným pásmem dráhy pak limit 55 dB pro den a 50 dB pro noc.

RAKOUSKO

Limity hluku z dopravy jsou uvedeny v dodatku 3 Vyhláška 27/2008. (XII.3.) KvVM-EÜM obsahuje limity pro hlukovou zátěž z dopravy v oblastech, které budou chráněny před hlukem.

Tabulka 4: Imisní limity hluku

	chráněná území před hlukem	limit (dB)			
		hluk z vedlejších silnic, které patří do národní veřejné silniční sítě a přivaděčů ve vlastnictví místních samospráv a příměstské silnice, železniční tratě a železniční stanice menší		hluk z hlavních rychlost. silnic, hlavní autobusové a železniční stanice, hlavní železniční tratě a vlaková nádraží, letiště	
		den 6-22 h	noc 22-6 h	den 6-22 h	noc 22-6 h
1	V nemocnicích, sanatoriích a domovech důchodců	55	45	60	50
2	Obytné oblasti venkovského typu, školy, zelené plochy	60	50	65	55
3	Obytné oblasti typu metropole	65	55	65	55
4	V komerčních oblastech	65	55	65	55

NĚMECKO

Tabulka 5: Imisní limity hluku

území	nové a moderniz. tratě		stávající tratě	
	den	noc	den	noc
V nemocnicích, školách, sanatoriích a domovech důchodců	57	47	70	60
V čistých a obecně obytných oblastech a malých sídlištích	59	49	70	60
Ve vesnických oblastech a smíšených oblastech	64	54	72	62
V komerčních oblastech	69	59	75	65

Limity hluku ve vnějším chráněném prostoru staveb jsou uvedeny v šestnáctém Nařízení o implementaci Spolkový zákon pro kontrolu znečištění (16. BImSchV).

ITÁLIE

Prezidentský dekret z 18. listopadu 1998, zavádí nové předpisy o znečištění hlukem z železniční dopravy. Zejména se rozlišuje mezi stávajícími a novými železnicemi určenými pro rychlosti pod 200 km/h na jedné straně, a nových železnic určených pro rychlosti nad 200 km/h na straně druhé.

Infrastruktura nové výstavby s návrhovou rychlostí nad 200 km/h:

1. Pro nově budované železnice s návrhovou rychlostí nad 200 km/h jsou identifikovány návrhy koridorů, které je třeba lépe chránit. Jednotlivé receptory existující v pásmu 250 m, měřeno od středové osy dráhy. Šířka koridoru může být prodloužena až na 500 m na každé straně v případě existence školy, nemocnice, pečovatelského domu a domova důchodců.
2. Pro receptory uvedené v odstavci 1 budou identifikovány odpovídající opatření pro zmírnění na zdroji hluku, podél dráhy šíření hluku a přímo na přijímači, pro snížení, prostřednictvím přijetí nejlepších dostupných technologií.
3. Na konci článku 3, odstavec 1, písmeno b) je stanoveno, že absolutní mezní hodnoty hluku vznikající výstavbou nové trati s návrhovou rychlostí větší než 200 km/h, jsou následující:

- a) 50 dB L_{eq} denní, 40 dB L_{eq} noc ve školách, nemocnicích, domech s pečovatelskou službou a domovech důchodců
- b) 65 dB L_{eq} denní, 55 dB L_{eq} v noci pro jiné receptory

FRANCIE

Tabulka 6: Imisní limity hluku

L_{Aeq} *(dB)	nové konvenční tratě		nové vysokorych. tratě		modernizované tratě**	
	den 6-22 h	noc 22-6 h	den	noc	den	noc
Obytné oblasti	63	58	60	55	V případě stáv. úrovní nižších, než jsou limity vlevo	
Smíšené oblasti	68	63	65	60		

* Pro srovnání s limity dalších zemí odečíst 3 dB pro odraz od fasády a přidat 3 dB pro korekci rušení hlukem

** hluková studie je požadována, pokud dojde ke zvýšení hluku o 2 dB.

Z hlediska územního plánování a snižování hlukového zatížení jsou trati rozděleny na:

- <50 vlaků za den, není požadován žádný hlukový limit pro nové bydlení
- >50 vlaků za den v extravilánu a >100 vlaků za den městské oblasti

ŠPANĚLSKO

Královský dekret č.1367/2007 ze dne 19. října, kterým se mění zákon č.37/2003, ze dne 17. listopadu hluk, pokud jde o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí.

Tabulka: Imisní limity hluku vztahující se na nové stavby v silniční, železniční a letecké dopravě

typy území		L_d (dB)	L_e (dB)	L_n (dB)
e	Území pro zdravotní, vzdělávací a kulturní zařízení se speciální ochranou před hlukem	55	55	45
a	Území pro bydlení	60	60	50
d	Území využívané pro obchody a odlišné od kategorie c	65	65	55
c	Území využívané pro rekreaci	68	68	58
b	Území využívané pro průmysl	70	70	60
L_d	ekvivalentní hladina zvuku nočnímu období			
L_e	ekvivalentní úroveň zvuku odpolední			
L_n	ekvivalentní hladina zvuku nočnímu období			

2.2.4 ZPŮSOB OCHRANY PROTI HLUKU

Opatření, která mají snížit hlukové zatížení ze železniční dopravy, se rozlišují na pasivní opatření na místě, kde ke vzniku hluku dochází, a aktivní opatření u zdroje hluku.

AKTIVNÍ OPATŘENÍ

Opatření zaměřená na zdroj hluku oproti tomu při plošném zavedení snižují hluk celého železničního systému. Problém hlučných železničních vozů lze například zmírnit tak, že se brzdové špalíky nahradí kompozitními.

Mezi další opatření, která pomáhají snižovat hluk u zdroje, patří absorbéry hluku z kol, aerodynamický design pantografů a hluková izolace trakčního vybavení (např. motorů lokomotiv). Podle platných technických norem pro interoperabilitu (TSI „Hluk“) musí drážní vozidla, která byla uvedena do provozu po roce 2000 (včetně motorů, vagonů a motorových vozů pro osobní přepravu) splňovat podmínku o zhruba 10 dB nižší emise hluku než zařízení z 60. a 70. let minulého století.

K dalším opatřením na železniční dopravní cestě patří pružné upevnění kolejnic, svařené kolejnice, kolejnicové absorbéry hluku, podpražcové podložky včetně průběžné údržby spojené s broušením kolejnic a odstraňováním vzniklých vad.

Co se týče vozidel, nákladově nejvýhodnějším opatřením je dovybavení stávajících nákladních železničních vozů kompozitními brzdovými špalíky typu K či LL. Mezi další opatření zaměřená na vozidla patří tlumiče hluku kol, modifikátory tření nainstalované na vozidlech (ty jsou nejúčinnější v městských a příměstských sítích) a (u vysokorychlostních vlaků) aerodynamicky optimalizované pantografy, např. úprava jejich zastřešení či potažení.

K omezení hluku způsobeného koly vozů a kolejemi je navíc nutné jejich časté sledování a údržba. Kvalita povrchu kol a kolejí je jedním z nejdůležitějších činitelů, které ovlivňují míru hluku z valení, a v průběhu času se přirozeně mění; výrazně poškozený povrch (nepravidelná kola či zvlněné koleje) je významným zdrojem hluku.

Evropský parlament a Evropská komise se snaží povzbudit členské státy k tomu, aby přijímaly více opatření ke snížení hluku ze železniční dopravy, například aby zavedly systémy zpoplatnění tratí v závislosti na hluku. Tyto ekonomické pobídky (zpoplatnění infrastruktury podle emisí hluku) mohou přispět k:

většímu využívání nízkohlukových technologií pro vozidlový park,
většímu využití tratí, které se vyhýbají uzlovým bodům hluku,
snížení hluku díky úpravám operačních postupů a rychlostí v citlivých oblastech

Rakousko vydalo Směrnici schválení hluk (25. června 1993), která rozlišuje 7 kategorií vozidel a definuje limity pro tři časová období, z nichž poslední vstoupí v platnost dne 31. prosince 2001. Limity platí pro vozidla, která jsou předložena k homologaci v Rakousku.

V Itálii Prezidentský dekret z 18. listopadu 1998 zavádí nové předpisy o znečištění hlukem z železniční dopravy

Čl. 6.

Emisní limity pro výstavbu nových kolejových vozidel

Mezní hodnoty hluku $L_{a,max}$, které musí být splněny během intervalu mezi dvěma po sobě násled. kontrolami

v platnosti od	mezí hodnoty hluku stanovené pro lokomotivy a osobní vozy při 250km/h	skončení platnosti kontrol (roky)		kolejová vozidla pro cestující				nákladní kolejová vozidla				motor. lok.	DMU
				lokomotivy		osobní vůz		lokomotivy		vagóny		80 km/h	
		$v \leq 200$ km/h	$v > 200$ km/h	250 km/h	160 km/h	250 km/h	160 km/h	160 km/h	90 km/h	160 km/h	90 km/h		
2002	88	6	5	90	85	88	83	85	84	90	89	88	83
2012	85			88	83	86	81	83	82	88	87	86	81

1. Mezní hodnoty emisí $L_{A,max}$ kolejová vozidla nové výstavby jsou uvedeny v Příloze A a B této vyhlášky, které jsou nedílnou součástí; tyto hodnoty jsou měřeny 25 m od středu trati, ve volném terénu a 3,5 m nad kolejnicí.

2. Kolejová vozidla jsou předmětem přezkumu nejméně jednou za šest let k určení, zda splňují Certifikace schválení podpory. U kolejových vozidel s provozní rychlostí více než 200 km/h by ověřování mělo být prováděno každých pět let. Dokumentace o přezkumu musí být k dispozici a ke kontrole ze strany regionálních agentur pro ochranu životního prostředí a dalších příslušných orgánů státní správy.

Charakterizace akustické emise vlaků používaných v Španělsku vyplývá ze zákona č. 37/2003, ze dne 17. listopadu, o hluku a královského dekretu 1513/2005. Tento dekret částečně implementuje vyhodnocování hluku, reguluje vývoj strategických hlukových map.

CEDEX (Centrum pro studia a experimentování veřejných prací) charakterizoval akustické emise vlaků vysokorychlostních vlaku, tyto vlaky náleží do hlukové kategorie 9A.

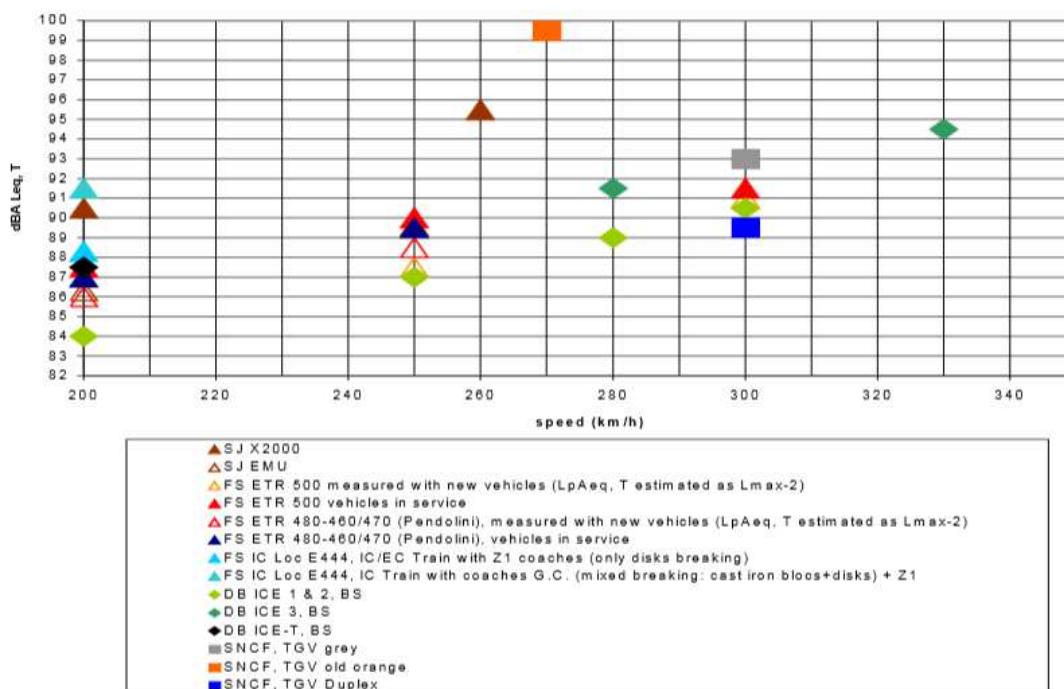
Ve Francii bylo provedeno několik měření, jedno z nich prováděl P.E. Gautier, F. Poissin, F. Letourneaux při SNCF a UIC. Hluk byl zkoumán pomocí mikrofónů ve vzdálenosti 25 m a analyzován dle frekvenčních pásem. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 9: Hluk projíždějících souprav

hodnoty hluku dB ve vzdálenosti 25m	testovaná síť	rychlost vlaku km/h			
		250	300	320	350
TGV Thalys	Francie	85,5	90	92	
	Německo	85,5			
THV Duplex	Francie	87	91	92	95
TGV Atlantique	Francie		90,5		94,7
TGV Résea	Francie	89	91,5	94*	97
ICE3	Francie	87,5	90	91,5	
	Německo	85,5	89	92	
AVE	Španělsko	86	90	91	
ETR480	Itálie	90,5			
ETR500	Itálie	88	90,5		
TSI limit		-	91	93	-

* při rychlosti 330 km/h

Obrázek 4 ukazuje změny hladiny akustického tlaku pro jednotlivé typy vlaků - první generace TGV (SNCF, TGV starý oranžová) a nejnovější generace (SNCF, TGV Duplex). Snížení hluku (více než 10 dB) je výsledkem měnících se brzd na všech kolech od litinových brzd po kotoučové brzdy. Nižší hlučnost z disku brzděného TGV ve srovnání s diskem ICE vyplývá z kloubových podvozků, TGV má méně zdrojů hluku. TGV Duplex má nejnižší hladinu hluku, pro vysokorychlostní vlaky v současné době v provozu.



Obrázek 4: Změny hladiny akustického tlaku pro jednotlivé typy vlaků a rychlosti

PASIVNÍ OPATŘENÍ

Nejvýznamnější pasivní metodou využívanou k omezení vlivu hluku ze železniční dopravy na životní prostředí jsou protihlukové zdi a izolující okna (tzv. individuální protihluková opatření); akční plány a investice jednotlivých členských států většinou podporují právě tento způsob. Jsou však účinné pouze na místní úrovni, a mají-li chránit rozsáhlejší úseky železničních tratí, vyžadují nemalé investice.

PROTIHLUKOVÉ BARIÉRY

Protihlukové bariéry umísťujeme co nejblíže ke zdroji. Jejich výška se běžně u silničních komunikací pohybuje od 2 do 5 m. Vyšší clony jsou navrhovány spíše výjimečně. Výstavbu protihlukových stěn je nutné pečlivě zvážit, aby náklady na jejich výstavbu byly adekvátní jejich účinnosti.

Zemní valy mohou splňovat protihlukovou funkci, avšak jejich efektivita je nižší vzhledem ke vzdálenosti od zdroje hluku.

INDIVIDUÁLNÍ PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ

V případech, kdy nebude možné návrhem protihlukových stěn dodržet hygienický limit, je možné doplnit individuální protihluková opatření (IPO). Návrh těchto opatření se provádí na fasádách významných z hlediska pronikání hluku. Pro tyto objekty pak bude navržena výměna oken za okna s dostatečnou vzduchovou neprůzvučností, včetně zajištění potřebného větrání.

2.3 VIBRACE

2.3.1 OBECNĚ

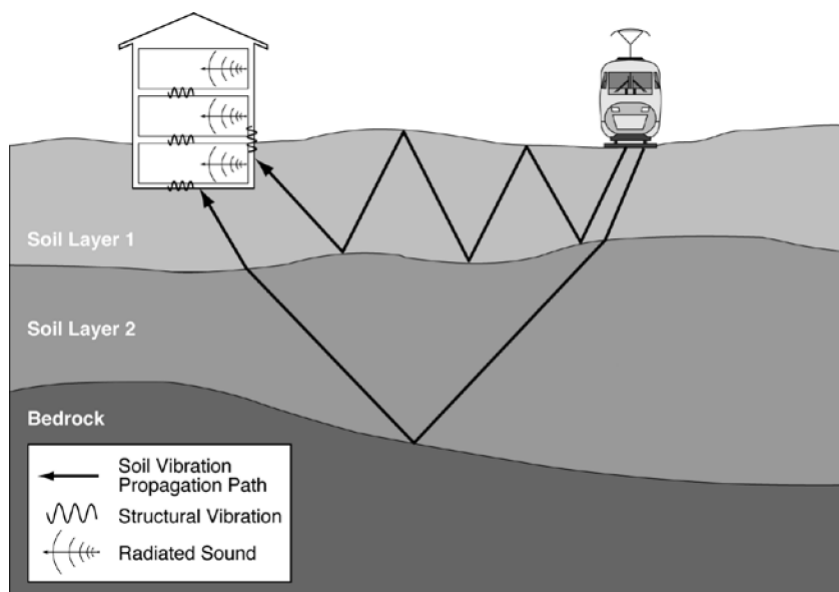
Vysokorychlostní vlaky jsou zdrojem zemních vibrací, které mohou způsobit významné vlivy na obyvatele okolních budov, ale i na trať samotnou.

Hluk a vibrace jsou tradičně při posuzování vlivů dopravních staveb na životní prostředí uvažovány spolu, protože mají společnou řadu fyzikálních charakteristik. Například hluk může být vyvoláván vibracemi povrchu. Oboje se šíří vlněním (zvuk vlněním vzduch, vibrace vlnění povrchu nebo podloží). Oboje může být kvantifikováno jednotkou dB. Oboje vnímáme svými smysly.

Přesto všechny výše popsané společné charakteristiky vyžadují každý svůj vlastní a odlišný způsob analýzy a posouzení. Šíření vibrací je daleko komplikovanější pro měření i predikci oproti šíření zvuku. A to zejména proto, že prostředím pro šíření není (jeden a tentýž) vzduch, ale podloží různého složení (horniny, zeminy, ...) a také konstrukce budov.

Tato kapitola vychází ze zkušeností s vibracemi v USA [14] a Švédska [24].

Vibrace můžeme vnímat jako chvění podlahy, drnčení oken, klepání položených věcí nebo věcí pověšených na zdi, nebo rušivým zvukem. U povrchových dopravních staveb zpravidla nedochází k poškození budov s výjimkou doby výstavby, zejména pokud jsou využívány trhací práce a podobně.



Obrázek 5: Šíření zemních vln od vysokorychlostního vlaku.

Základní princip šíření zemních vibrací je znázorněný na obrázku výše. Valící se kolo vlaku vytvoří vibrační energii, která se přenáší přes kolejové podpory (např. pražce) do šterkového lože a podkladních vrstev. Objem přenesené energie závisí velmi silně na

faktorech jako je hladkost kol a jízdní dráhy a také na rezonanci, kterou vyvolává zatížení jedoucího vlaku (rozložení náprav) a vlastní frekvence kolejových podpor.

Vibrace se z jízdní dráhy dále šíří okolním podložím. Vytvoří vibrační vlny, které se šíří různými vrstvami zemin a hornin do základů budov v okolí. Vibrace se dále šíří konstrukcí budovy a její amplituda závisí na vlastní frekvenci prvků konstrukce budovy.

Vibrace v konstrukci budovy mohou vyvolávat citelné chvění nebo drnění předmětů, ale také rušivý hluk. Ten se vyzařuje z povrchů (podlahy, stěny) a je nazýván strukturálním hlučím.

2.3.2 STRUKTURÁLNÍ HLUK

Strukturální hluk není téměř nikdy slyšitelný pro osoby vyskytující se vně budovy, ale pouze uvnitř. Povrch stěn v místnostech budovy totiž funguje jako jakýsi obří reproduktor.

DESKRIPTORY AMPLITUD VIBRACÍ A HLUKU

V zásadě se jedná o řadu časově oddělených hlukových událostí, které se projevují a odlišují náběhem a dozníváním s jedním a více maximy a trváním od několika vteřin do minutových dob.

Vyhodnocuje se efektivní hodnota s časovým vyhodnocením jedné max. hodnoty celé hlukové události (v žádném případě se nejedná o špičku). Všechny veličiny se v akustické doméně vztahují ke specifické referenční hodnotě vždy jako hladina rychlosti (zrychlení, akust. tlaku) $L = 20 \log v(a,p)/\text{ref. hodnota}$.

Hluk má vždy ref. hodnotu $2 \cdot 10^{-5}$ Pa vzhledem k normalizovanému prahu slyšení, ale hladiny vibrací mohou mít ref. hodnoty různé (pro rychlost 10^{-9} m/s a pro zrychlení 10^{-6} m/s²).

Právě při vyzařování hluku z konstrukcí hraje tato referenční hodnota významnou roli a její záměna představuje chybu o velikosti 34 dB.

VNÍMÁNÍ ZEMNÍCH VIBRACÍ A HLUKU LIDMI

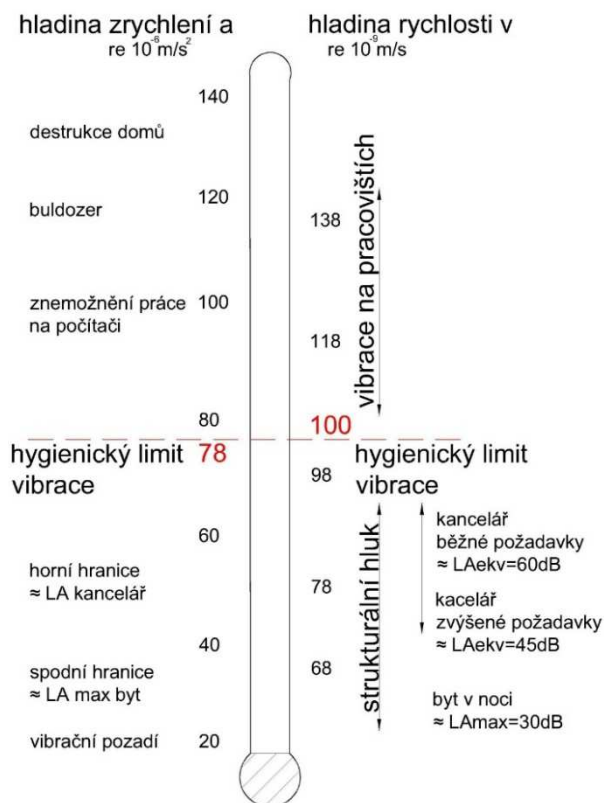
Vnímání vibrací a strukturálního hluku je zásadně v logaritmických měřících. V dalším se omezíme pouze na amplitudu, která je znázorněna přehledně na obrázku č. 6.

Zemní vibrace, které jsou hodnoceny pro přenos strukturálního hluku, prakticky nevnímáme naším organismem. V případě, že je vnímáme, tak nezpůsobí nikdy hluk, ale mohou se pouze blížit k hygienickému limitu na vibrace ve vnitřních chráněných prostorech budov.

Vibrace, které se přenesou do konstrukce budov a způsobí vyzařovaný strukturální hluk, jsou zásadně pod prahem vnímání lidským organismem.

Velikost vibrací, které obtěžují lidský organismus podle požadavků hygieny, je zásadně hodnocena celkovou váženou hladinou zrychlení $L_{aw,T}$.

Uvedená hodnota sumárně vyjadřuje velikost hladiny zrychlení vibrací od 1 Hz do 100 Hz a nejpřísněji v noci, kdy je limitní $L_{aw,T} = 78$ dB ($re = 10^{-6}$).



Obrázek 6: Hodnoty vibrací v logaritmickém měřítku pro zrychlení (m/s^2) a rychlost (m/s)

$L_{aw,T}$ je jednoznačně hygienický deskriptor na vibrace samotné ve „vnitřním chráněném prostoru“, kde je nejpřísnější hlukový limit L_{Amax} (dB). V žádném případě výše uvedená $L_{aw,T}$ s tímto hlukem nesouvisí, protože vibrace, které hluk vyzařují, mají dominantní frekvenční rozsah nad 100Hz.

Přesto hladina zrychlení vibrací ovlivňuje hluk amplitudově, začíná již v oblasti 40 dB. Tyto vibrace, ať se vyskytují na jakékoliv části či povrchu stěn, stropu anebo zařizovacích předmětů v chráněné místnosti, dotykem lidského organismu vůbec nevnímáme.

Do celkové průměrné maximální hladiny akustického tlaku L_{Amax} různě přispívají jednotlivé vyzařující plochy. Převládá vliv velkých a volně vyzařujících ploch, především stropů, oken a nábytkem nekrytých stěn.

2.3.3 FAKTORY, KTERÉ ZEMNÍ VIBRACE A HLUK OVLIVŇUJÍ

Přestože je známo, že ve výsledku přenosu vibrací je rozhodující strukturální hluk před vlastními vibracemi obtěžujícími svou velikostí obyvatele domů poblíž železnice, je nezbytné v první řadě prověřovat velikost zrychlení vibrací na nejnižších kmitočtech 1-100 Hz.

Tyto vibrace můžeme prakticky vyloučit, pokud bude vzdálenost chráněných budov od nejbližší kolejnice větší než 15 m, nebo při vzdálenosti 20 m do rychlosti 100 km/hod, 30 m do rychlosti 200 km/hod, 40 m do rychlosti 350 km/hod.

S dodržáním limitu na strukturální hluk je to přísnější a složitější. Při časovém hodnocení nárůstu a poklesu vibrací, které způsobují strukturální hluk, hodnotíme podobně jako u vlastních vibrací celkovou váženou hladinu v tomto případě odvozenou od váhové křivky A s maximem v oblasti nejvyšší citlivosti lidského sluchového orgánu, tj. 1000 Hz.

Jestliže v oblasti vlastních vibrací byly rozdíly mezi maximálními hladinami při opakovaných průjezdech vlaků do 3 dB, tak v oblasti hluku jsou rozdíly 5 až 10 dB.

Při vyhodnocování strukturálního hluku, jako hluku všeobecně, má daleko větší význam statistické vyhodnocení. Použijeme to nejjednodušší: minimum 15 náměrů a podle Gausse s vyloučením takzvané odlehlých hodnot ± 10 dB vypočteme průměr a směrodatnou odchylku. Teprve průměr porovnáváme s limitem $L_{Amax} = 30$ dB v noční době 22:00 – 6:00 h.

JÍZDNÍ DRÁHA

Jedná se o železniční svršek a spodek kolejového tělesa. Vibrace a strukturální hluk ovlivňuje údržba kola a kolejnice, která představuje rozdíly do ± 5 dB.

Nejdůležitější součástí jízdní dráhy, kterou můžeme ovlivnit projekční přípravou, je několik stupňů antivibračních uchycení kolejnice k pražci s útlumem vibrací až 12 dB.

Poněkud nižší vliv na vibrace a strukturální hluk má nejnižší část jízdní dráhy, tj. mezi pražcem a úložným geologickým podložím. S útlumem pro štěrk 0 dB až 10 dB v kombinaci s dilatovanými betonovými základovými deskami se speciálními pryžovými nebo polyuretanovými rohožemi. Jedná se o konstrukci kolejového spodku.

GEOLOGIE

V geologickém podloží pod kolejovým tělesem minimálně tlumí sypké materiály ve složení: navážky, písek, (útlum od 2 dB do 4 dB na zdvojnásobení vzdálenosti).

Druhým stupněm s významnějším útlumem jsou souvislé horniny od zvětralých břidlic 5 dB až po minimálně narušenou skálu 8 dB na zdvojnásobení vzdálenosti.

Naprosto největším útlumem se vyznačují geologická podloží, kde se střídá souvislá hornina se sypkými písky. Od jednoduchého rozhraní skála – písek 6 dB a písek – skála 7 dB až po sendviče skála – písek – skála útlum 10 a více dB, v závislosti na tloušťce pískové mezivrstvy (min. 0,6 m).

Vliv hloubky podzemní vody snižuje útlum v geologickém podloží na polovinu pro hlubinné zemní vibrace a na třetinu pokud výška vody zasahuje do povrchové vrstvy (hloubka cca 5m).

Poznámka:

Zdvojnásobením vzdálenosti se miní rozdíl útlumu v dB v tzv. vzdáleném poli relativně vzatém ke hladině vibrací blízko zdroje. Vzdálené pole začíná ve vzdálenosti od 15 m.

Konstrukce budov

Podobně jako u hluku šířeného vzduchem je pro citlivost konstrukce budovy rozhodující velikost zemních vibrací v bezprostředních vzdálenostech 2 – 5 m, představovaných alespoň orientačně zjištěnou hladinou zrychlení povrchové vlny, tj. od povrchu do hloubky 5m, a zda se v této hloubce vyskytuje úroveň spodní vody. Výskyt spodní vody v hloubce do 5m je ekvivalentní útlumu budovy s dvěma podzemními podlažími. Pokud bude úroveň spodní vody zasahovat do úrovně nejnižšího podzemního podlaží tak se snížení útlumu rovná navýšení počtu podzemních podlaží o jedno více než dům má. Rozeznáváme budovy podsklepené jedním (zvýšením 2 dB) až dvěma podlažími (3 dB) a zda jsou v podzemních podlažích prostory rozdělené minimálně z 50% příčkami a nebo zcela volné jako garážová stání.

Kritickým podlažím nadzemním je nejnižší obytné podlaží. Posledním parametrem konstrukce budov je, zda výtahová šachta je buď samotná (útlum 2 dB/na podlaží) nebo s přiléhajícím schodištěm (útlum 4 dB/na podlaží) řešeno základním systémem – dům v domě.

Pro základní posouzení postačí znát průměrný útlum strukturálního hluku na jedno podlaží 1,7 dB, pokud se jedná o místnosti přímo nad sebou. Ve vodorovném směru na jednom podlaží je útlum z jednoho prvku, který dominantně vyzáruje na stejný nebo obdobný ve vedlejší místnosti max. 1 dB. Útlumy vibrací v případě šíření strukturálního hluku jsou ve srovnání s útlumy šířenými vzduchem téměř zanedbatelné. S tímto vskutku malý útlumem musíme počítat při vodorovném šíření strukturálního hluku na stejném podlaží.

2.3.4 KRITÉRIA POSOUZENÍ DOPADŮ VIBRACÍ

OBECNĚ

Nejobecnějším kritériem je rychlost projíždějícího vlaku nikoliv typ vlakové soupravy od různých výrobců. Z hlediska zemních vibrací (šíření povrchových vln) se jako nejvýhodnější jeví situování trasy do oblasti se souvislým skalním podložím do hloubky 5 m pod úrovní kolejnice.

V případě, že v této hloubce bude horninové podloží složeno z vrstev písku a navážek, tak je nutné počítat s dvojnásobnou ochrannou vzdáleností železniční trati od chráněných budov. Rovněž další působení vyšší hladiny spodní vody se negativně projeví na nutné vyšší vzdálenosti trati od chráněných budov.

Rozeznáváme tzv. základní posouzení, tj. fundovaný odhad celkové vážené hladiny zrychlení vibrací $L_{aw,T}$ na podlaze nejnižšího obytného podlaží a hladiny překročení očekávaného překročení L_{Amax} na základě zkušeností ze zahraniční praxe. Naopak podrobné posouzení

předpokládá kromě jiného kalibrování výpočtu nebo odhadu alespoň jedním měřícím místem.

ZÁKLADNÍ POSOUZENÍ

Pro základní posouzení je nejdůležitější fundovaný odhad „velikosti hladiny rychlosti vibrací“ v zadané vzdálenosti od tratě. K tomu může posloužit praktický diagram v literatuře 14, kapitola 8, obrázek 8.1. Tento obrázek je sice odvozen původně pro městskou dopravu. Převzatý diagram obr. 7, kde na svislé ose odečteme hladinu rychlosti vibrací, na vodorovné ose vzdálenost (m) od železnice, výsledek následně upravíme korekcemi na konkrétní poměry, viz tab. č. 10.

Pokud odečtená hladina rychlosti vibrací na obr. 7 je jen o 0 – 5 dB vyšší než limit 100 dB, $re=10^{-9}$ (ekvivalentní srovnatelná hodnota pro hladinu rychlosti vibrací s limitní hodnotou hladiny zrychlení vibrací 78 dB podle lit. 23), pak v tomto případě není zapotřebí další analýzy ani korekcí na konkrétní vlak.

Pokud odečtená hladina rychlosti vibrací je o více než 5 dB vyšší, pak je v tomto případě zapotřebí korekce na geologické podloží, především v bezprostřední vazbě na kolejový svršek. V následujícím textu jsou podrobněji popsány jednotlivé korekce týkající se kolejového svršku i geologie i vazby na budovu.

Nejdůležitější součástí základního posouzení je určení vibračního limitu, jeho hranic a správné odvození hodnot jednotlivých korekcí. Tento postup je potom ilustrován na konkrétním případě.

Poznámka k jednotkám:

Původní obr. č.6, č.7 a tab. č.10 jsou podle [14] v anglosaských jednotkách:

1 inch (in) = 2,54 cm, 1 foot (ft) = 30,48 cm

Referenční hodnota pro hladinu rychlosti vibrací:

USA - anglosaské jednotky, $re=1 \mu\text{in/sec}$, převedeno na metrické jednotky $re = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$

CZ – metrické jednotky podle ČSN EN ISO 1683 $re = 10^{-9} \text{ m/s}$

Výsledné hladiny rychlosti vibrací podle v USA používané referenční hodnoty v anglosaských jednotkách jsou o 28 dB nižší než podle ČSN EN ISO 1683 referenční hodnoty používané v České republice.

PODROBNÉ POSOUZENÍ

Podrobné posouzení si vyžádá kontrolní měření alespoň v jednom místě. Měření povrchových vibrací je pomocí speciální sondy mezi tratí a chráněnými objekty.

Pokud projektant nebude mít k dispozici jeden ze dvou výpočetních programů, starší program je založen na výpočtu frekvenčních charakteristik jednotlivých přenosových článků mezi kolejemi a vnitřním chráněným prostorem a druhý novější je založen na časových průbězích naměřených vibrací a jejich vazby na vlastní rezonance kolejového svršku a posuzované budovy, musíme použít opět experimentální statistickou metodu určení

hlukové odezvy na vibrace od železnice. V tomto případě statistického určení použijeme velikost základní odečtené hladiny rychlosti vibrací.

Velikost vyzářeného strukturálního hluku bude stanovena jen v tom případě, že odečtená hladina bude vyšší než 5 dB a předpokládá se její trvání 5 až 15 minut (viz obr. 7). Ze závislosti náběhu naměřeného zrychlení regresními přímkami odečtené procentuální výskyt hladiny akustického tlaku.

Poprvé tuto metodu publikoval japonský specialista v roce 1975 a je podrobně uvedena v [14] v kapitole 6.2.2.

Podrobnější výsledky můžeme získat pouze na základě znalosti parametrů kolejového svršku, geologie a konstrukce budovy.

Tyto podrobnější metody se liší tím, zda maximum vibračního změřeného spektra je v oblasti oktávy 31 Hz (vlaky s rychlostí do 100 km/hod), nebo s maximem oktávy 63 Hz pro vlaky s rychlostí vyšší než 100 km/hod.

2.3.5 POSTUP ZÁKLADNÍHO POSOUZENÍ

Jedná se o podrobnější rozvedení metody základního posouzení po určení hladiny vibrací obrázku 7 pro danou vzdálenost. Literatura 14 odvozuje vliv strukturálního hluku pro tři skupiny časových výskytů:

- a) počet průjezdů vlaků bude vyšší než 70x za den,
- b) počet příležitostných průjezdů bude za den mezi 30 a 80 průjezdů,
- c) bude menší než 30x za den.

Tato tři kritéria vlivu strukturálního hluku byla stanovena všeobecně pro tři kategorie, ačkoliv se týkají pouze náročné přístrojové techniky a průmyslového použití budovy, kdy se dá očekávat, že se najde mezi průjezdy jednotlivých vlaků s různými četnostmi dostatečný interval bez vibrací.

POSTUP ZÍSKÁNÍ PODKLADŮ

Všeobecně je nutné zvážit velikost vibračního ohrožení chráněných budov, některé budovy mají speciální požadavky na nízké vibrace. Vyjdeme z nejdůležitějšího podkladu, tj. nejkratší vzdálenost nejbližší budovy, „ve které se nachází vnitřní chráněný prostor“ (převzat z hygienických předpisů a požadavků na ochranu drážních prostor). Na grafu obrázku č.7 odečteme základní velikost vibrací, tj. hladinu vibrací. K získání informací lze použít jednoduše dotazník, podle kterého získáme informace o důležitých faktorech, tj. rychlosti počínaje a vlastností vnitřního chráněného prostoru konče.

OBECNÉ POSOUZENÍ

Korekční faktory v tabulce č.10 lze rozdělit do několika skupin od kolejnice do vnitřního chráněného prostoru:

1. Faktory kolejového svršku od kolejnice k zemnímu podloží.

2. Mechanicko fyzikální vlastnosti geologického prostředí, ve kterém je přenos vibrací od zemního podloží v blízkém poli až k základům chráněné budovy.
3. Parametry chráněné budovy od základové spáry až po stěny vnitřního chráněného prostoru.
4. Faktory vyzařování strukturálního hluku ve vnitřním chráněném prostoru.

ZÁKLADNÍ KŘIVKA

Takzvaná základní křivka viz obr. 7, vychází z rozsáhlých zkušeností mezinárodního charakteru a je postavena na znalosti přenosových vlastností pro vibrace a strukturální hluk od železnice při rychlosti 240 km/hod.

Zahrnuje všeobecný vliv mostů a tunelů na velikost vibrací a strukturálního hluku. Zdá se to velice odvážný způsob všeobecného hodnocení, ale pro tzv. základní posouzení je to nezbytné. Podrobné posouzení již respektuje více konkrétní vazbu mezi železnicí a budovami. K tomuto zjednodušení vedou dvě okolnosti:

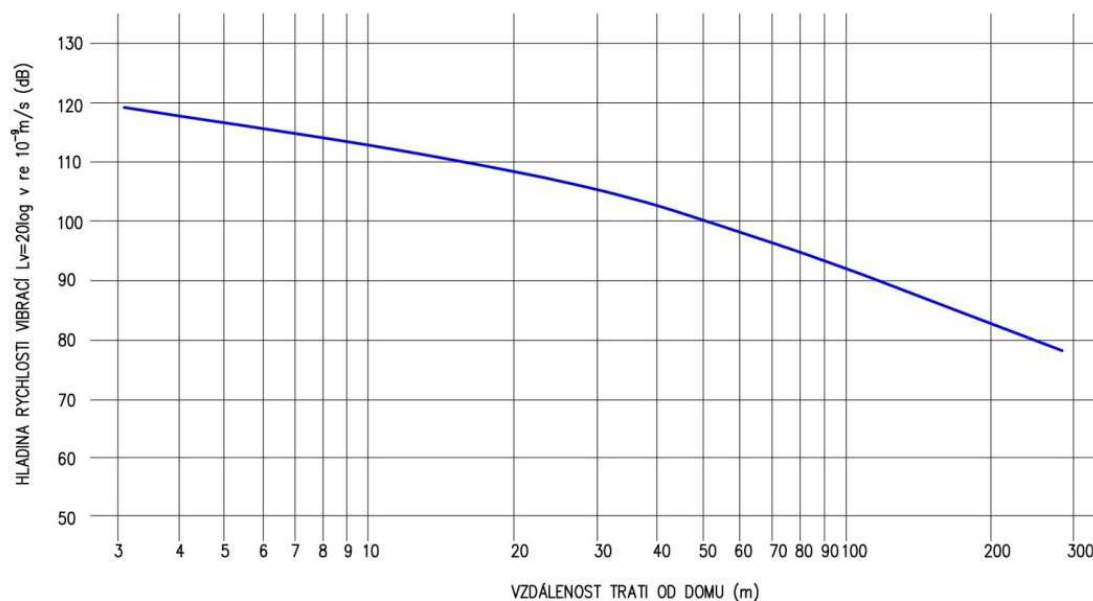
1. Tunely se nachází relativně blízko u obytných domů nebo dokonce pod nimi.
2. Vibrace hluku v tunelu mají vyšší obsah vyšších frekvencí. Tento fakt je velmi důležitý při přenosu strukturálního hluku do nejbližších budov. Základní křivka nachází uplatnění pro vyšší rychlosti tranzitní železniční dopravy tím, že o 10 dB zvyšuje velikost vibrací při přechodu z rychlosti průjezdu lokálních vlakových souprav 80 km/hod na rychlost tranzitního průjezdu tj. 240 km/hod.

Základní křivka nezahrnuje šíření vibrací zemním prostředím v různých geologických poměrech. Poněvadž fluktuace velikostí vibrací přenášených geologickým podložím je značná (5-10 dB), byly automaticky vzaty nejvyšší hodnoty vibrací. Hodnoty vibrací zároveň respektují statistická vyhodnocení v různých situacích, a proto základní křivka na obr. 7 nepředstavuje hodnoty špičkové, ale pouze takzvaně maximální efektivní hodnoty, tj. o 1-2 dB menší než špičkové.

Základní křivka ustanovuje ekvivalentní srovnatelnou hodnotu pro hladinu rychlosti vibrací 100 dB ($re=10^{-9}$ m/s) s limitní hodnotou hladiny zrychlení vibrací 78 dB ($re = 10^{-6}$ m/s²) podle lit. 23. Hladina rychlosti vibrací 100 dB, která je zároveň přípustnou hladinou, hygienickým limitem ve vnitřním chráněném prostoru (noc).

Zároveň tento údaj předpokládá reálný výskyt hladiny rychlosti vibrací nižší (intervalů od 67dB až limitních 72 dB). Tato okolnost vede k doporučené jistotě dodržení hygienického limitu projektanty.

Jestliže projektanti počítají s hodnotou vibrací o 0-5 dB nižší než je hygienický limit tak je s 50% jistotou limit v realizaci dodržen. V základním posouzení není zapotřebí zvažovat další konkrétní okolnosti a detaily na přenosové cestě. Zpřesňující faktory orientačního posouzení pro šíření zemních vibrací a strukturálního hluku, byla převzata z [14], viz tab. č. 10.



Obrázek 7: Křivka vibrací pro rychlost vlaku 240 km/h

ZPŘESŇUJÍCÍ FAKTORY

Tab. č.10 upřesňuje hladiny rychlosti vibrací získané pomocí základní křivky na obr. 7. Je nutné brát zásadně v úvahu, že jestliže jeden zpřesňující faktor v tab. č.10 zvýší vibrace o 10 dB a jiný zvýší vibrace také o 10dB, tak nebude výsledkem zvýšení vibrací o 20 dB, ale bude se s 50% pravděpodobností pohybovat mezi 10-15 dB.

Protože základním parametrem v tabulce je rychlost vlaku, tak je vždy zapotřebí mít na paměti, že změna hladin rychlosti zrychlení o 6 dB není způsobena dvojnásobnou rychlostí, ale pohybuje se mezi 120 – 350 km/hod, neboť jako referenční hodnotu nadále bereme rychlost vlaku 240 km/hod.

Takto bychom mohli pokračovat u dalších zpřesňujících faktorů v tab. č. 10 Největší počet zpřesňujících faktorů se nachází na počátku přenosové cesty vibrací mezi kolejovým svrškem a spodkem.

Zpřesňující faktory si vyžádají speciální pozornost ve fázi zakládání stavby a potom v poslední fázi finálního vyzařování v cílové místnosti zejména v jejím akustickém ohodnocení.

Při přenosu vibrací od železnice na počátku cesty dominují nízké frekvence (16 – 125 Hz) a postupně se maximum přesouvá s narůstající vzdáleností od tratě do oblasti středních kmitočtů (500 – 2000Hz).

V těchto dvou oblastech ubývají i dílčí hladiny rychlosti vibrací Z počátku je dominantní výskyt nízkých frekvencí a potom se upřednostňuje se finální vliv středních frekvencí v slyšitelném pásmu.

Tabulka č. 10: Faktory ovlivňující přenos vibrací z dráhy do budov

	Faktor	Nastavení křivky šíření		Poznámka
KOLEJISŤE	Rychlost	Rychlost vlaku	Korekce ref. rychlost = 240km/h	Hladina vibrací je přibližně úměrná 20*log (rychlost/ref. rychlost). Někdy je změna rychlosti pozorována jako 10 až 15*log (rychlost/ref. rychlost).
		480 km/h	+6.0 dB	
		320 km/h	+2.5 dB	
		240 km/h	0.0 dB	
		160 km/h	-3.5 dB	
		120 km/h	-6.0 dB	
	Pružná kola	0 dB		Odpružená kola v zásadě neovlivňují zemní vibrace, vyjma frekvence vyšší než 80 Hz
	Opotřebená kola s plošinkami	Zvolte nejvyšší korekci	+10 dB	Plošinky na kolech nebo kola, která jsou nerovnoměrně opotřebená, vlivem vysokých hladin vibrací. Těmto problémům lze předcházet srovnáním kol a detektory, zabráňujícími klouzání kol z tratě.
	Opotřebené, zvlněné kolejnice		+10 dB	Pokud jsou kola i koleje opotřebené, uvažujeme jen jednu korekci. Opotřebení tratě je častý faktor, kterému lze předcházet broušením.
	Přejezdy a další změny na trati		+10 dB	Vliv kol na přejezdech se standardními výhybkami významně zvýší hladinu vibrací. Zvýšení se zmenší zvětšením vzdálenosti od trati. Výhybky s pohyblivou srdcovkou zmírňují tyto problémy.
	Volně uložená deska pevné jízdní dráhy	Zvolte nejvyšší korekci	-15 dB	Snížení vibrací dosažené volným uložením desky pevné jízdní dráhy je silně závislé na frekvenci dané vibrace.
	Podštěrková rohož		-10 dB	Skutečné snížení je silně závislé na frekvenci fibrace.
	Vysoce pružné svěrky		-5 dB	Pevná jízdní dráha se svěrkami, která je v souladu vertikálním směrem může snížit vibrace u frekvencí vyšších než 40 Hz.
	Pružně uložené pražce		-10 dB	Pružně uložené pražce v tunelu jsou vybaveny efektivními tlumiči nízkofrekvenčních vibrací.
	Typ jízdní dráhy	Vztaženo k povrchové konstrukci		Hlavní pravidlo - čím těžší konstrukce, tím se šíří nižší hladina vibrací. Usazení dráhy do zářezu může poněkud snížit hladiny vibrací
		Krajinná / mostní konstrukce	-10 dB	
		V zářezu	0.0 dB	
		Vztaženo k hloubenému tunelu v zemině		
		Stanice	-5 dB	
		Hloubené	-3 dB	
		Ve skále	-15 dB	

GEOLOGIE	Geologické podmínky, které zvyšují efektivitu vibrací	Účinné šíření v zemině	+10 dB	
	Šíření	Šíření ve skále vzdálenost 15m	+2 dB	Kladná korekce závisí na nižším útlumu vibrační skále oproti zemině. Vzhledem k tomu, že šíření vibrací ve skále je obtížnější než v zemině, vychází výsledné vibrace nižší.
		Šíření ve skále vzdálenost 30m	+4 dB	
		Šíření ve skále vzdálenost 45m	+6 dB	
		Šíření ve skále vzdálenost 60m	+9 dB	
	Založení budovy	Dřevěnný rám	-5 dB	Hlavní pravidlo - čím je těžší budova, tím je útlum v přenosu vyšší.
		1-2 podlažní dům	-7 dB	
		2-4 podlažní dům	-10 dB	
		těžká stavba na pilotech	-10 dB	
		těžká stavba na patkách	-13 dB	
		základy ve skále	0 dB	
KONSTRUKCE DOMU	Útlum z patra na patro	1-5 pater	-2 dB/patro	Tento faktor ukazuje na šíření a útlum vibrací vlivem šíření budovou.
		5-10 pater	-1 dB/patro	
	Zvýšení vlivem kmitání podlahy, zdi a stropů	+6 dB		Kmitání se bude významně měnit v závislosti na typu konstrukce, bude menší blízko styku podlahy se zdí a zdi se stropem.
VNITŘNÍ CHRÁNĚNÝ PROSTOR	Vyzařovaný hluk	Vrcholové frekvence zemních vibrací		Vliv kol na přejezdech se standardními výhybkami významně zvýší hladinu vibrací. Zvýšení se zmenší zvětšením vzdálenosti od trati. Výhybky s pohyblivou srdcovkou zmírňují tyto problémy.
		nízké frekvence (<30 Hz):	-50 dB	
		nízké frekvence (vrchol 30-60 Hz):	-35 dB	
		vysoké frekvence (>60 Hz):	-20 dB	

VYHODNOCENÍ DOPADU VIBRACÍ

Vyhodnocení vibrací s dopadem na strukturální hluk si vyžádá nejvyšší stupeň pozornosti. Zpočátku formou dotazníku zjistíme konkrétní korekční faktory, které postupně obměňujeme a získáme tím optimální útlum. Předpokládá to systémové sledování přenosové cesty:

- Identifikace krajiny což představuje vyhodnocení:
 - Vzdálenost železnice od budovy**
 - Vyhodnocení rychlosti jízdy vlaku. Příklad: jestliže rychlost vlaku je 190 km/h, tak stanovíme logaritmický poměr vůči referenční rychlosti vlaku 240 km/h jako **korekci na rychlost vlaku** $20\log(190/240) = -2 \text{ dB}$.
 - Vytvoření konkrétní tabulky** upřesňujících faktorů pro daný konkrétní případ.
- Ověření vibračního ohrožení na cestě od železnice k chráněné budově.
- Tento bod je podobný s bodem 2 s tím rozdílem, že nám práce s tab. č.10 umožňuje určit faktory pro více alternativních variant korekcí na cestě především ve fázi přenosu strukturálního hluku zemními vibracemi.

2.3.6 PŘÍKLAD ZÁSAVNÍHO POSOUZENÍ

Zadání:

Předpokládáme obytnou budovu umístěnou 25 metrů od nejbližší koleje – Vlak bude projíždět 190km/hod. Kolejový svršek předpokládá upevnění kolejnic na betonové základové desce částečně odstupňovaného profilu. Vzdálenost osy kolejiště k pravé kolejnici je 12 m. Podmínky zemního podloží jsou neznámé, úkolem je určit hluk ve druhém poschodí třípatrové zděné budovy.

Řešení:

Vyplnění dotazníku zpřesňujících faktorů z tabulky č.10. je přímo zahrnuto do následujícího výpočtu:

I. Stanovení hladiny rychlosti vibrací z grafu viz obr. č.7, kap. 2.3.5:		
	Základní hladina rychlosti zrychlení odečtená z grafu na obr. 7	106 dB
	Korekce na rychlost	- 2 dB
II. Přenos zemních vibrací:		
	Podmínky nápravových os	0 dB
	Systém kolejového svršku	0 dB
	Struktura kolejového spodku	0 dB
	Šíření geologickým podložím	0 dB
	Založení budovy (imise vibrací ze zemního podloží)	-10 dB
	Imise vibrací chráněné budovy základovou deskou	-2 dB
III. Přenos vibrací vlastní budovou:		
	Přenos vibrací vlastní budovou do 2.NP 3 podlažní zděné budovy	-5 dB
	Výsledná průměrná hladina rychlosti vibrací vnitřní chráněné místnosti - na podlaze	87 dB
IV. Vyzařování ve vnitřní chráněné místnosti		
	Výsledná průměrná hladina rychlosti vibrací vnitřní chráněné místnosti - celková	80 dB
	Faktor vyzařování strukturálního hluku vnitřní místnosti	-19 dB
	Korekce filtr A (125Hz)	-16 dB
V.	Výsledná hladina strukturálního hluku L_{Amax}	45 dB

Poznámka:

Uvedený příklad posouzení vychází z odečtu základní hladiny rychlosti vibrací z grafu, viz obr. č. 7, v závislosti na vzdálenosti železniční trati od domu, která byla korigována na danou rychlost vlaku. Tato hl. rychlosti vibrací je 104 dB (106 minus 2) vychází pouze o 4 dB vyšší než hygienický limit na hladinu rychlosti vibrací v budovách ($L_v = 100$ dB) ve vnitřním chráněném prostoru budovy. Výsledky tohoto postupu nevyžadují vibroizolaci kolejového svršku, spodku a geologického podloží, což představuje 0 útlumy v bodě II. výše uvedeného řešení.

Další postup využití tab. č. 10 (zpřesňující faktory) určil výslednou hladinu. strukturálního hluku $L_{A,max} = 45$ dB, to znamená překročení hygienického limitu o 15 – 18 dB, tak nezbyvá než se vrátit do tab. č. 10 a požadovat vibroizolaci kolejového svršku, podle typu jízdní dráhy a uvažovat o útlumu geologickým podložím podle zjištěné geologie, které bylo v zadání označeno jako „neznámé“.

Tímto upřesňujícím krokem získáme potřebný útlum vibroizolace v položkách, které vykazují v bodě II. pouze 0. Např. pružné uložení kolejnic (-10 dB) na štěrkovém tělese (-8 dB) zajistí podle tab. č. 10 útlum celkem 18-20 dB. Takto bude hygienický limit s jistotou 3 a více dB splněn.

2.3.7 SEISMICKÉ VIBRACE - RAYLEIGHOVY VLNY

Seismické vlny se dělí na vlny:

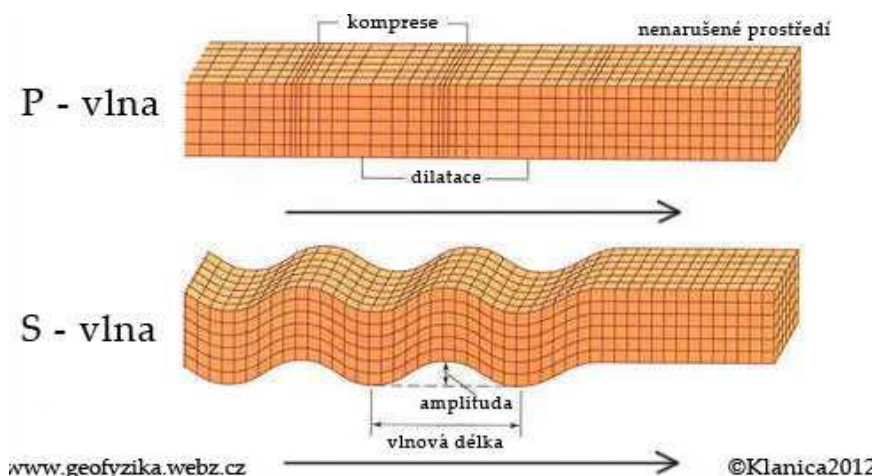
- **objemové**, které se šíří v celém prostředí a všemi směry
- **povrchové**, které se šíří pouze poblíž rozhraní

Objemové vlny se podle druhu kmitání a směru jeho šíření dělí na vlny:

- podélné (P-vlny)
- příčné (S-vlny)

V případě podélných P-vln probíhá kmitání ve stejném směru jako šíření vlny. Dochází tedy k cyklickému zhušťování a zředování prostředí (deformace objemu).

V případě příčných vln S-vln dochází ke kmitání částic kolmo ke směru šíření vln a tak dochází k deformaci tvarové, nikoliv objemové.



Obrázek 8: Znárodnění podélných a příčných objemových vln

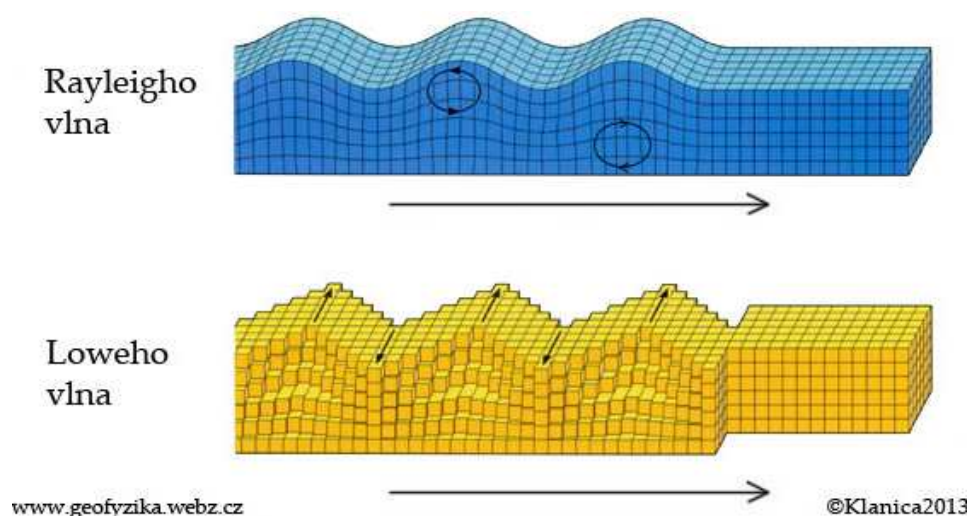
Povrchové vlny vznikají složením (interferencí) výše uvedených vln P a S v blízkosti rozhraní prostředí, tedy například při zemském povrchu. Lze je rozdělit na vlny:

- Rayleighovy
- Loweho

V případě Rayleighových vln se částice pohybují po elipse proti směru hodinových ručiček a způsobují deformaci, ale v hloubce, kde je deformace nulová se směr mění a částice se pohybují po elipse po směru hodinových ručiček.

Tyto vlny se pohybují vždy polarizovaně, tedy po nějaké rovině (šikmé, vodorovné, svislé), nikdy ale ne všesměrně. Rychlost šíření závisí na frekvenci vlny a je v řádu m/s.

V případě Loweho vln se částice blízko povrchu pohybují kolmo ke směru šíření. Rychlost je také závislá na frekvenci a je v řádu km/s.



Obrázek 9: Znáznornění Rayleigho a Loweho vln.

2.3.8 RAYLEIGHOVY VLNY – ZEMNÍ TŘESK

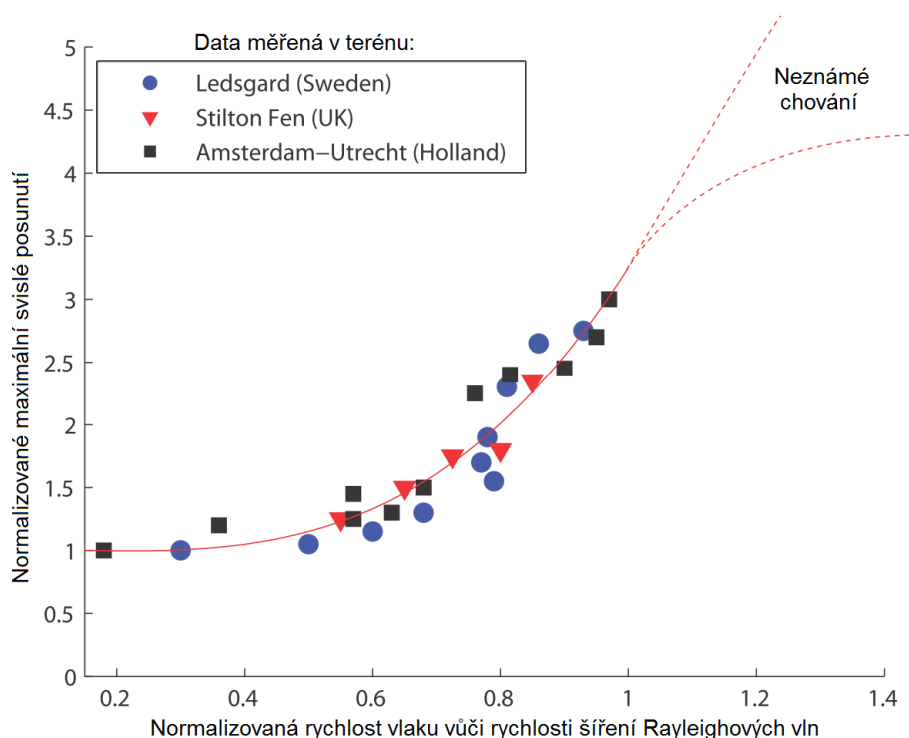
Rayleighovy vlny jsou na rozdíl od Loweho vln **při budování a provozu velmi důležitým faktorem**. Je to dáno především rozdílností postupu vln.

Zatímco Loweho vlny se šíří rychlosti řádově km/s, Rayleighovy vlny se šíří řádově m/s, což je rychlost, která může být podobná rychlosti jedoucího vysokorychlostního vlaku. Pokud se rychlost vlaku přiblíží rychlosti šíření Rayleighových vln v daném prostředí, dochází k výraznému zvýšení amplitudy kmitání prostředí.

V případě, že rychlost vlaku dosáhne a překročí rychlost šíření těchto vln, dojde k tzv. Zemnímu třesku, který je obdobou hlukového třesku při překonání rychlosti zvuku nadzvukovým letadlem.

Rychlost šíření vln se může podle literatury pohybovat v závislosti na skladbě podloží převážně od 350 km/h u měkkých jílovitých zemin do cca 600 km/h i více u velmi tuhé

podloží. Jedná se však o velice komplexní problematiku, které se věnují četné vědecké práce s ne zcela jednoznačnými výsledky.



Obrázek 10: Vliv poměru rychlosti vlaku k rychlosti šíření Rayleighových vln na míru vibrací

Pozorování problému z praxe není mnoho, protože robustní konstrukce pražcového podloží a zemního tělesa na novostavbách VRT obvykle vytvářejí podmínky pro velmi vysokou rychlost šíření Rayleighových vln, která je vysoko nad provozní rychlostí vlaků.

Známy je případ ze Švédska, kde na nízkém násypu výšky 1,4 m u obce Ledsgard docházelo při provozu rychlostí 200 km/h k významným vibracím zemního tělesa a stožárů TV s dopadem do porušení násypu, naklánění stožárů TV, zhoršenému odběru trakční energie a vadám kolejnic. Násyp byl založen na vrstvě měkkých jílu dosahující mocnosti ke skalnímu podloží až 65 m.

K teoretickému stanovení bezpečné rychlosti vlaku existují různé přístupy, zjednodušeně některé práce uvažují hodnotu 70 % rychlosti šíření vln pro konkrétní podloží, kolem které se významně mění závislost vibrací na rychlosti, jak ukazuje následující obrázek.

Jako kritické byly shledány zejména zeminy s vysokou plasticitou, hlíny (MH, MV, ME) a především jíly (CH, CV a CE) ve velkých mocnostech a souvislejších vrstvách.

Při zastižení těchto zemin vyžaduje teoretické posouzení problematiky kromě běžných výstupů z geotechnického průzkumu i zjištění dalších veličin, minimálně Poissonova čísla, stupně překonsolidace, Youngova modulu pružnosti a Rayleighových součinitelů tlumení.

Praktický způsob ochrany proti vibracím zapříčiněným fenoménem Rayleighových vln spočívá ve snaze omezit přenos vibrací z železničního svršku a pražcového podloží do zemního tělesa, ale především ve snaze zvýšit rychlost šíření vln v podloží.

Toho lze dosáhnout provedením štěrkových či hydraulicky stmelených pilot, náhradě materiálu podloží při výskytu v menších úsecích nebo zřízení mocnějších konstrukčních vrstev či vyššího tělesa z kvalitního materiálu, čímž se jednak zvýší rychlost šíření vln a jednak zvětší vzdálenost mezi železničním svrškem a problematickým podložím (dosah působení dynamického zatížení je udáván kolem 3 až 5 metrů).

Samotné použití antivibračních rohoží bez dalších opatření se nepředpokládá jako dostačující pro zamezení problému.

Ve výše uvedeném švédském případě byly do podloží trati doplněny 7–13 m dlouhé piloty, které vedly k radikálnímu poklesu vibrací. Dle později naměřených hodnot a teoretické analýzy by po sanaci bylo možné zvýšení rychlosti až ke 235 km/h.

3 VLIV OKOLÍ NA TRATĚ

3.1 OPLOCENÍ TRATÍ

Oplocení vysokorychlostních tratí je povinné ve všech zemích kromě SRN. Oplocení tratí má omezit srážky se zvěří a zamezit vstupu nepovolaných osob na pozemek ve vlastnictví drah. Oplocení je provedeno na hranici pozemku dráhy a zvyšuje bezpečnost provozu tratí.



Obrázky 12 a 13: Oplocení vysokorychlostních tratí ve Španělsku a Francii.



Obrázek 11: Vzorový řez umístění oplocení mezi obslužnou komunikací a násep VRT.

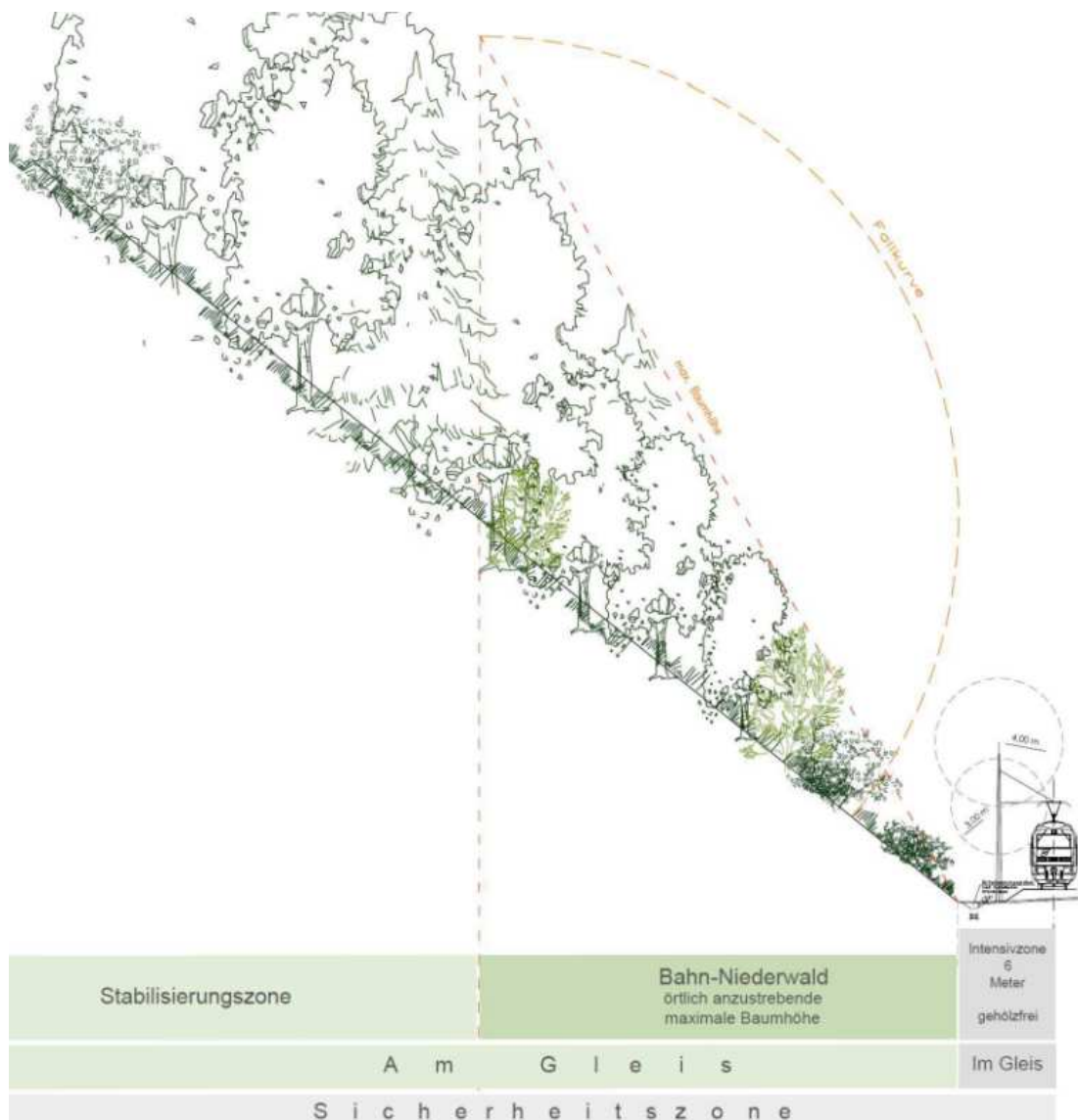
3.2 OCHRANA PROTI PÁDU STROMŮ

V Rakousku platí Nařízení 0914 ÖBB Infra pro údržbu lesů a vzrostlé vegetace v blízkosti železničních tratí. V tomto nařízení jsou stanovena bezpečnostní pravidla pro lesní porosty v blízkosti železničních tratí. Tato pravidla jsou základem pro plánování a provádění činností podél tratí. Některá ustanovení a odkazy vycházejí z poznatků a zkušeností pravidelné údržby tratí.

Pravidla se vztahují na lesní půdu a další vegetaci (stromy a keře) zalesněné plochy, které jsou majetkem ÖBB Infrastruktur AG, nebo na pozemcích třetích stran, pokud jsou tyto v ohrožené oblasti železničních systémů ÖBB Infrastruktur AG.

Údržba ploch s vegetací zajišťuje bezpečnost železničních zařízení proti poškození přírodními vlivy. Lesní vegetace v blízkosti železnice je cíleně udržována v určité výšce.

Obrázek 14: Minimální vzdálenosti stromů od elektrizované trati dle Sicherungswaldbau und Forsttechnik, OBB infra 09.14.



Podél železničních koridorů se rovněž vysazují větrolamy, které omezují poškození železniční infrastruktury větrem a sněhem.

Na železničních tratích je prováděna pravidelná kontrolní činnost, v jejímž rámci je kontrolována i vzrostlá vegetace a způsob hospodaření na lesních pozemcích. V případě ohrožení železnice z důvodu nevhodného hospodaření v lesích je svoláno místní šetření a společná revize s cílem minimalizace vývrátů stromů v blízkosti železnice.

Podél trati jsou kategorizovány stromy do třech výškových tříd (do 20 m, 20-30 m, nad 30 m). V pásmu 6 m od osy koleje se nesmí vyskytovat žádná vegetace. Dále jsou bezpečnostní vzdálenosti uvedeny v ÖVE / ÖNORM EN 50110.

O způsobu údržby lesa a vzrostlé vegetace v blízkosti železničních tratí se rozhoduje na základě:

- vlastností zásob (druh dřeviny, stáří, vitalita, ...)
- umístění (expozice, sklon, půdní vlastnost, ...)
- současného potenciálního nebezpečí větrů, sněhu a ledu

ČESKÁ REPUBLIKA

ZÁKON Č.114/1992 SB. O OCHRANĚ PŘÍRODY

V České republice podléhá kácení mimolesní zeleně zákonu č.114/1992 Sb. o ochraně přírody. Problematiku kácení mimolesní zeleně řeší § 8 povolení ke kácení dřevin. O povolení ke kácení mimolesní zeleně se žádá na příslušném úřadě. Náležitosti žádosti o povolení ke kácení jsou stanoveny vyhláškou č. 189/2013 Sb.

Podle §8 odstavce 3 zákona č. 114/1992 Sb. není třeba povolení ke kácení dřevin se stanovenou velikostí, popřípadě jinou charakteristikou. Výše zmiňovaná prováděcí vyhláška k tomuto zákonu v §3 uvádí: Povolení ke kácení dřevin, za předpokladu, že tyto nejsou součástí významného krajinného prvku nebo stromořadí, se nevyžaduje:

- a) pro dřeviny o obvodu kmene do 80 cm měřeného ve výšce 130 cm nad zemí,
- b) pro zapojené porosty dřevin, pokud celková plocha kácených zapojených porostů dřevin nepřesahuje 40 m²,
- c) pro dřeviny pěstované na pozemcích vedených v katastru nemovitostí ve způsobu využití jako plantáž dřevin,
- d) pro ovocné dřeviny rostoucí na pozemcích v zastavěném území evidovaných v katastru nemovitostí jako druh pozemku zahrada, zastavěná plocha a nádvoří nebo ostatní plocha se způsobem využití pozemku zeleň.

ZÁKON Č. 458/2000 SB. (ENERGETICKÝ ZÁKON)

Zákon č. 458/2000 Sb. (energetický zákon) uvádí v §46 ochranná pásma pod odstavcem (3) k v ČR používaným drážním zařízením následující: Ochranné pásmo nadzemního vedení je souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo na vedení, která činí od krajního vodiče vedení na obě jeho strany u napětí nad 1 kV a do 35 kV včetně pro vodiče bez izolace 7 m.

Lze aplikovat pouze na vybranou kácenou mimolesní zeleň na drážním tělese

ČSN 34 1530 DRÁŽNÍ ZAŘÍZENÍ - ELEKTRICKÁ TRAKČNÍ VEDENÍ ŽELEZNIČNÍCH DRAH CELOSTÁTNÍCH, REGIONÁLNÍCH A VLEČEK

Vzdálenost porostu od trakčního vedení trakčních soustav nad AC 1kV a DC 1,5 kV:

Přiblížení stromů, větví, kmenů a keřů k živým i neživým částem trakčního vedení na vzdálenost minimálně 2,5 m. Tato vzdálenost musí být dodržena za všech okolností a povětrnostních podmínek. Vlastník dráhy spolu s projektantem trakčního vedení stanoví

v projektu ochranné pásma s ohledem na pádovou vzdálenost porostů. Způsob a rozsah úpravy porostů v ochranném pásmu musí být v souladu s platnou legislativou.

V případě nutnosti kácení na pozemcích plnících funkci lesa je třeba postupovat v souladu se zákonem o lesích č.289/1995 Sb. § 16 řízení o odnětí nebo o omezení. To znamená stanovit trvalý zábor a požádat o odnětí ploch plnících funkci lesa, nebo požádat o omezení hospodaření v lesích, tzn. úpravu lesního hospodářského plánu – pěstování v blízkosti drážního pozemku pouze nízké lesy.

OCHRANA DRÁHY VYPLÝVÁ ZE ZÁKONA O DRAHÁCH Č.266/ 1994 SB. § 10:

(1)

Vlastníci nemovitosti v sousedství dráhy jsou povinni strpět, aby na jejich pozemcích byla provedena nezbytná opatření k zabránění sesuvů půdy, padání kamenů, lavin a stromů nebo jejich částí, vznikne-li toto nebezpečí výstavbou nebo provozem dráhy nebo přírodními vlivy; vznikne-li toto nebezpečí z jednání těchto vlastníků, jsou povinni učinit nezbytná opatření na svůj náklad. O rozsahu a způsobu provedení nezbytných opatření a o tom, kdo je provede, rozhodne drážní správní úřad.

(2)

Drážní správní úřad zjišťuje zdroje ohrožování dráhy a zdroje rušení drážního provozu na nich. Zjistí-li zdroj ohrožení jiný, než je uveden v odstavci 1, nařídí drážní správní úřad jeho provozovateli nebo vlastníku odstranění zdroje tohoto ohrožení. Nevyhoví-li provozovatel nebo vlastník zdroje ohrožení, drážní správní úřad rozhodne o odstranění zdroje ohrožení na jeho náklady.

3.3 OCHRANA PROTI PÁDU SILNIČNÍCH VOZIDEL

Nadjezdy jsou ve všech zemích vybaveny silně dimenzovanými svodidly, která mají zabránit potenciálnímu pádu silničního vozidla na trať, neboť náraz vlaku v tak vysoké rychlosti do tak velkého objektu by mohl mít fatální následky.

Například ve Francii nebo Španělsku se lze setkat se zařízením, které má indikovat pád vozidla na trať v případě, že by k tomu přes výše uvedené opatření došlo.

Jedná se o soustavu lan, která při styku s padajícím objektem pád zaznamenají. Lana obcházejí vymezený prostor v okolí mostu, trať přechází na boční straně mostovky nadjezdu. Informace je pak odeslána do řídicího centra, obdobně jako výstupy z bezpečnostních kamer.

V řadě případů je navržena vysokorychlostní trať v souběhu se stávající komunikací. V těchto místech je třeba řešit otázku zamezení náhodného vniknutí silničních vozidel na drážní těleso. Tato problematika je řešena například ve Francii návrhem bariér v místě souběhu VRT a silniční komunikace.



Obrázek 15: Indikace pádu silničních vozidel na trať.

V případě, že je VRT vedena v souběhu se silniční komunikací v podobné výšce, je možné definovat podle vzdálenosti 5 způsobů ochrany zabezpečení proti vniknutí vozidla do kolejíště:

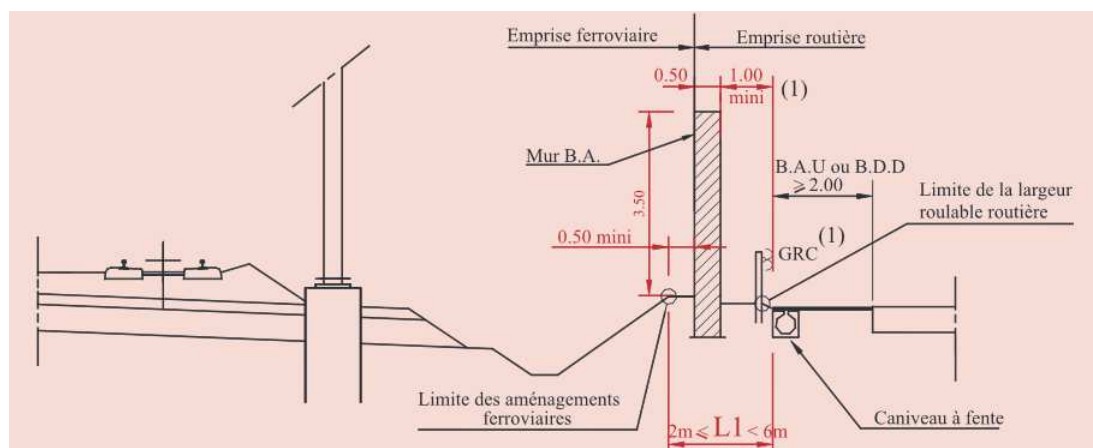
- případ 1 $2\text{ m} \leq L1 < 6\text{ m}$
- případ 2 $6\text{ m} \leq L1 < 8\text{ m}$
- případ 3 $8\text{ m} \leq L1 < 17\text{ m}$
- případ 4 $17\text{ m} \leq L1 < 30\text{ m}$
- případ 5 $30\text{ m} \leq L1 < 50\text{ m}$

V případě vzdálenosti VRT a silnice větší než 50 m už se předpokládá, že neexistuje riziko možné kolize.

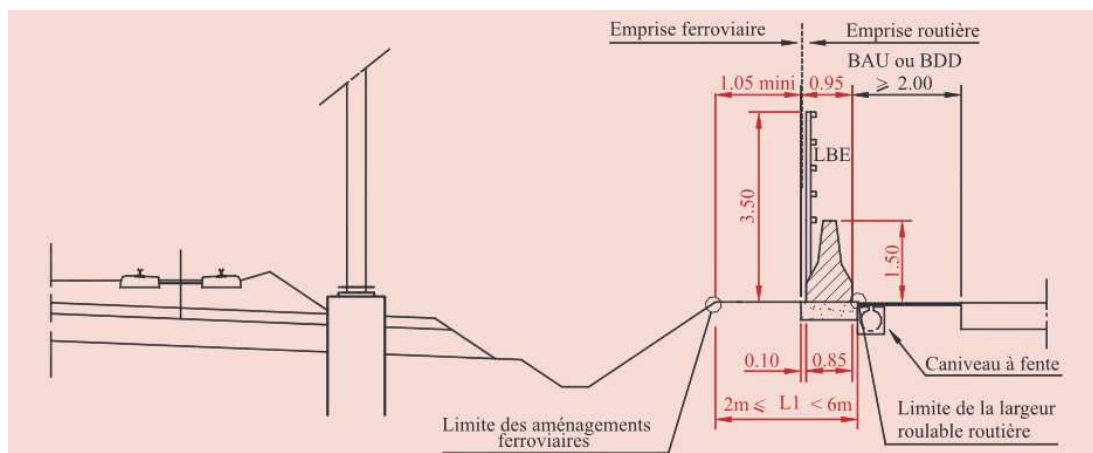
PŘÍPAD 1: VZDÁLENOST SILNIČNÍ KOMUNIKACE $2\text{ m} \leq L1 < 6\text{ m}$

Tento případ je možné považovat pouze za výjimečný.

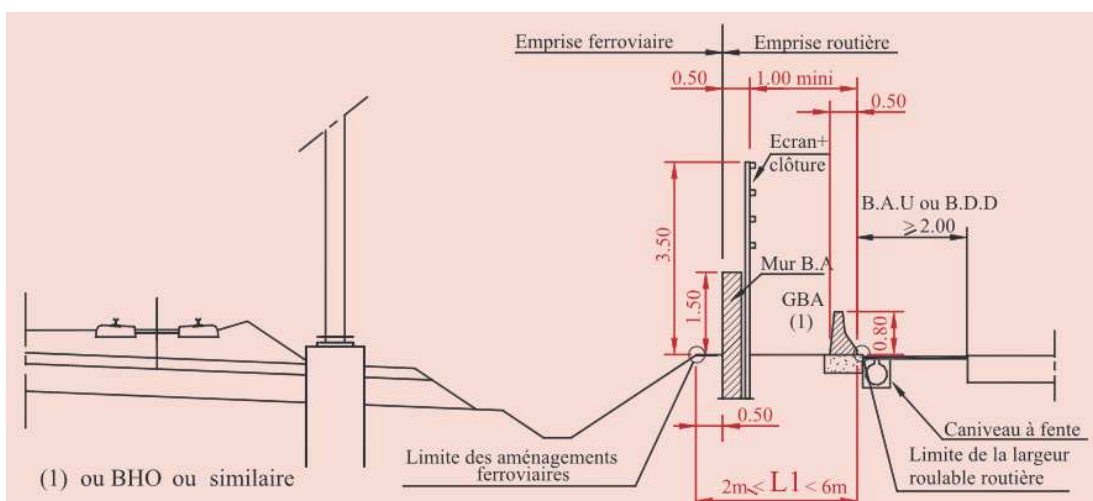
Obrázek 16: Varianta č.1 řešení – výstavba stěny o šířce minimálně 0,5 m a výšce 3,5 m a umístění svodidla ve vzdálenosti minimálně 1,0 m od stěny.



Obrázek 17: Varianta č.2 řešení – výstavba stěny o výšce 3,5 m a umístění betonového svodidla o výšce 1,5 m typu „NEW JERSEY“.

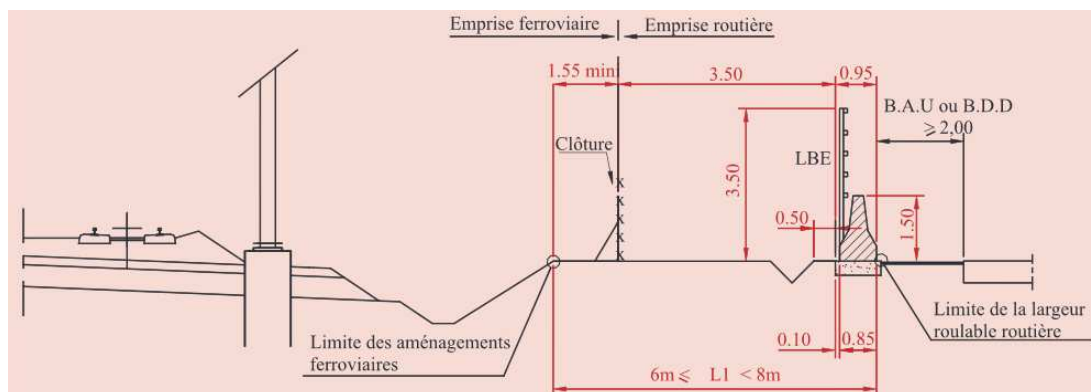


Obrázek 18: Varianta č.3 řešení – výstavba stěny o výšce 3,5 m a umístění betonové stěny o výšce 1,5 m směrem k železniční trati. U silnice je navrženo betonové svodidlo typu „NEW JERSEY“ o výšce 0,8 m.



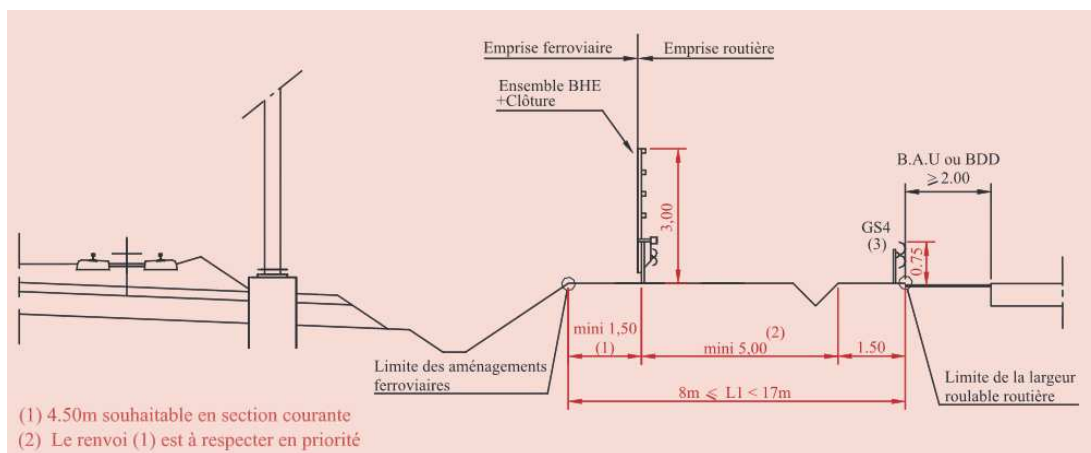
PŘÍPAD 2: VZDÁLENOST SILNIČNÍ KOMUNIKACE $6\text{ m} \leq L1 < 8\text{ m}$

Obrázek 19 (na následující straně): Výstavba plotu ve vzdálenosti 3,5 m od stěny o výšce 3,5 m a umístění betonového svodidla o výšce 1,5 m typu „NEW JERSEY“.

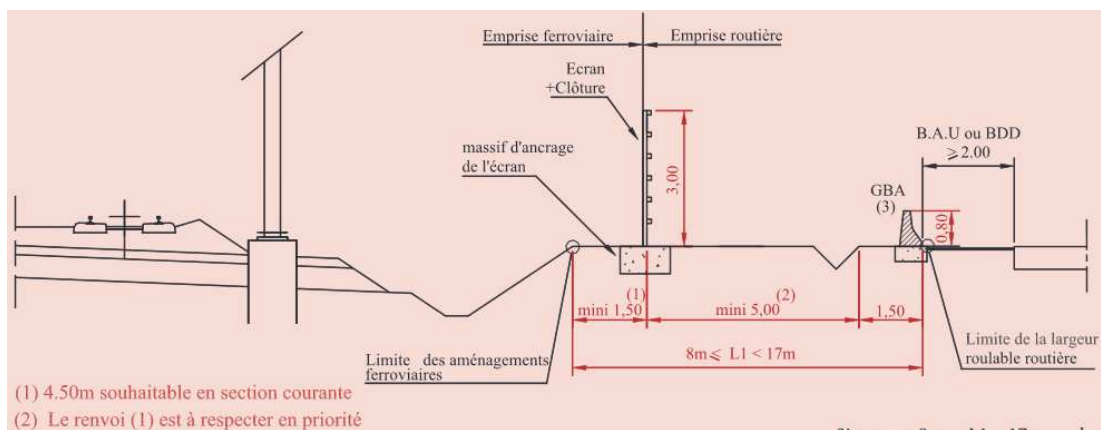


PŘÍPAD 3: VZDÁLENOST SILNIČNÍ KOMUNIKACE $8 \text{ m} \leq L1 < 17 \text{ m}$

Obrázek 20: Varianta č.1 řešení – výstavba stěny o výšce 3,0 m a umístění svodidla ve vzdálenosti min. 6,5 m od stěny a výšce 0,75 m.

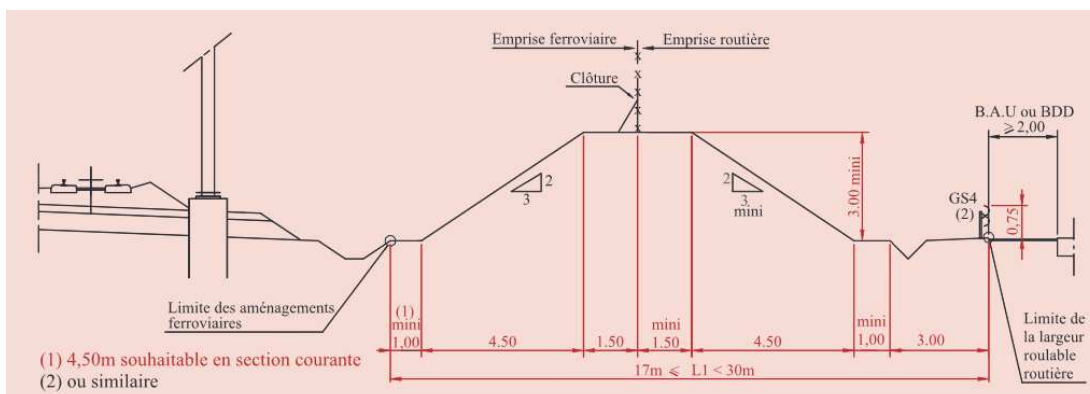


Obrázek 21: Varianta č.2 řešení – výstavba stěny o výšce 3,0 m a umístění svodidla betonového svodidla o výšce 1,5 m typu „NEW JERSEY“ ve vzdálenosti min. 6,5 m od stěny a výšce 0,8 m.



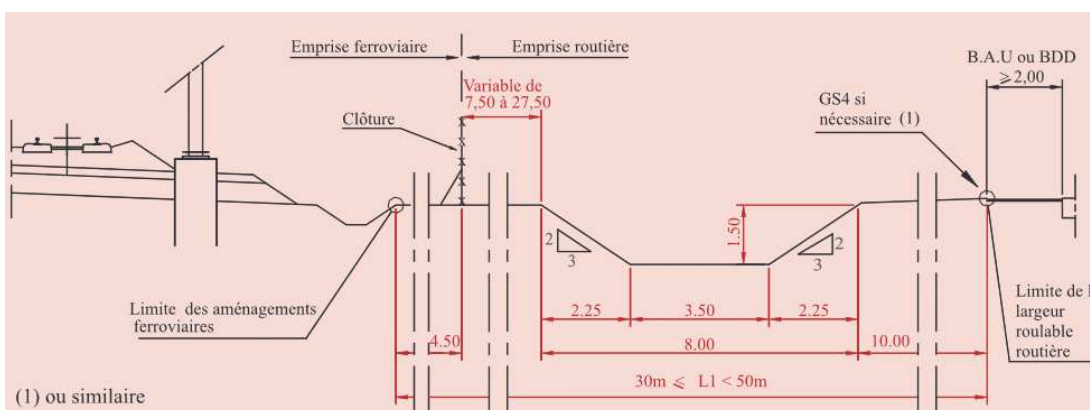
PŘÍPAD 4: VZDÁLENOST SILNIČNÍ KOMUNIKACE $17\text{ m} \leq L1 < 30\text{ m}$

Obrázek 22: Výstavba zemního valu o výšce minimálně 3,0 m a šířce minimálně 12 m, na koruně zemního valu je umístěn plot a umístění svodidla ve vzdálenosti min. 4,0 m od paty zemního valu a výšce 0,75 m.



PŘÍPAD 5: VZDÁLENOST SILNIČNÍ KOMUNIKACE $30\text{ m} \leq L1 < 50\text{ m}$

Obrázek 23: Osazení plotu ve vzdálenosti 4,50 m od drážního tělesa, výstavba terénní deprese o hloubce minimálně 1,5 m a šířce 8 m.



3.4 OCHRANA PROTI ÚČINKŮM BOČNÍHO VĚTRU

3.4.1 OBECNĚ

Účinky bočního větru jsou neopomenutelným aspektem vztahu okolí a vysokorychlostní trati. Při tak vysokých rychlostech je aerodynamika pro jízdu vlaku zcela zásadní, a to nejen z pohledu čelního profilu vozidla, kdy je zájem o maximální snížení odporu vozidla při jízdě prostředím.

Vysokorychlostní vozidla jsou oproti konvenčním vozidlům velmi lehká, tím spíše vložené vozy bez technologií. Jejich bočnice je velkou plochou, na kterou působící vítr vyvolává velké síly mající tendenci vozidlo překlopit.

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

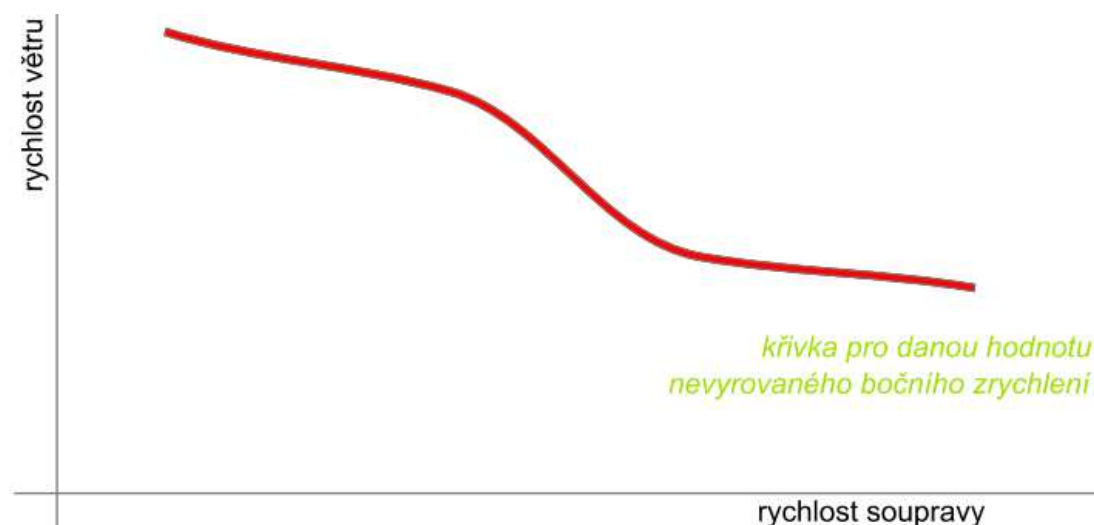
Tyto faktory by měly být posuzovány společně nikoli jednotlivě. Problematika bočního větru je náhodný jev, který se stává pouze pokud jsou splněny tři podmínky: vítr určité síly, vlak v "kritické" konfiguraci (obecně lehké koncové vozidlo vpředu), na určitém místě na trati.

Účinek bočního větru se sčítá s nevyrovnaným bočním zrychlením při průjezdu obloukem s nedostatkem převýšení.

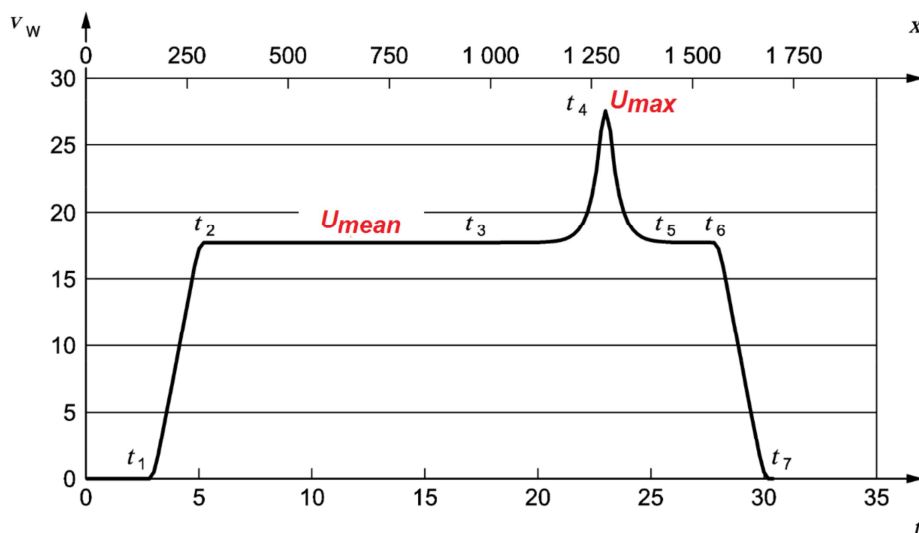
Frekvence nárazů větrů je nutné posuzovat ve vztahu k poloze na trati. Frekvence nárazů a tím působení na vozidlo je ovlivněno nejenom větrem samotným, ale i střídáním zářezů s náspy a tunelů s vysokými mosty.

Každá vysokorychlostní jednotka má ve vztahu ke svému tvaru v příčném směru určenou odolnost proti účinkům bočního větru. Odolnost je vyjádřena grafem vztahu možné rychlosti bočního větru při dané rychlosti jízdy, s doplňujícím parametrem nevyrovnaného bočního zrychlení. Princip posouzení je v sešitě 4.8 RST vozidla.

Obrázek 24: Princip grafického znázornění odolnosti soupravy vůči účinkům bočního větru.



V této souvislosti jsou zpracovávány analýzy rizika a je zjišťována míra pravděpodobnosti kombinace silného větru v nevhodném směru vůči jízdě vlaku. V případě zjištěné vysoké pravděpodobnosti mohou být učiněna stavební opatření na trati, např. výstavba větrolamů apod.



Obrázek 25: Pro predikci vývoje poryvu větru se využívá jeho charakteristický křivka (rychlost větru v čase). Příklad prostorového rozdělení větru pro model poryvu typu „čínský klobouk“

I v případě zjištění menší pravděpodobnosti ale nelze výskyt jevu zcela vyloučit, proto je nutné na trati instalovat indikátory rychlosti větru a s ním spojený systém vyhodnocení. Informace o nutnosti snížit rychlost vlaku pak musí být dodána na vozidlo.

Obrázek 26: Indikátor rychlosti větru na LGV Est.



V některých zemích (Španělsko, Německo) jsou pokyny ke snížení rychlosti dávány již před jízdou na základě analýzy meteorologických dat a následné předpovědi. Snížená rychlost se tak týká všech vlaků po dané období.

Posouzení náchylnosti provozu na trati na negativní účinky bočního větru nejsou napříč Evropou sjednoceny a v TSI jsou otevřeným bodem. Uvádíme dvě metodiky jako příklad.

3.4.2 NĚMECKÁ METODIKA

TŘÍDY VOZIDEL

Vozidla se rozdělují podle jejich nejvyšší rychlosti a způsobu provozu (konvenční/ s rychlostními flexibilními klouby) do tříd vozidel A až E.

Třída A vozidla s konvenčním způsobem provozu rychlostní oblasti $230 \text{ km/h} < v_{\max} < 350 \text{ km/h}$, která vykazují potenciálně malou stabilitu vůči bočnímu větru.

Třída B vozidla s konvenčním způsobem provozu rychlostní oblasti $200 \text{ km/h} < v_{\max} < 230 \text{ km/h}$, která vykazují potenciálně malou stabilitu vůči bočnímu větru.

Třída C vozidla s konvenčním způsobem provozu rychlostní oblasti $160 \text{ km/h} < v_{\max} < 200 \text{ km/h}$, která vykazují potenciálně malou stabilitu vůči bočnímu větru.

Třída D vozidla s konvenčním způsobem provozu rychlostní oblasti $140 \text{ km/h} < v_{\max} < 160 \text{ km/h}$, která vykazují potenciálně malou stabilitu vůči bočnímu větru.

Třída E vozidla s rychlostními flexibilními klouby, s konvenčním způsobem provozu rychlostní oblasti $140 \text{ km/h} < v_{\max} < 160 \text{ km/h}$, která vykazují potenciálně malou stabilitu vůči bočnímu větru.

KRITÉRIUM PRO PŘEDBĚŽNÉ HODNOCENÍ

Vozidla třídy A, která podle předběžného hodnocení vykazují charakteristickou rychlost větru minimálně $29,5 \text{ m/s}$, se považují za vozidla s velkou stabilitou vůči bočnímu větru.

Vozidla třídy B, která podle předběžného hodnocení vykazují charakteristickou rychlost větru minimálně $29,5 \text{ m/s}$, se považují za vozidla s velkou stabilitou vůči bočnímu větru.

Vozidla třídy C, která podle předběžného hodnocení vykazují charakteristickou rychlost větru minimálně $29,5 \text{ m/s}$, se považují za vozidla s velkou stabilitou vůči bočnímu větru.

Vozidla třídy D, která podle předběžného hodnocení vykazují charakteristickou rychlost větru minimálně 27 m/s , se považují za vozidla s velkou stabilitou vůči bočnímu větru.

Vozidla vozové třídy E vykazují potenciálně nízkou stabilitu vůči bočnímu větru.

Vozidla s naklápěcími skříněmi mohou příslušet několika vozovým třídám. Například je nutno vozidlo s potenciálně malou stabilitou vůči bočnímu větru při konvenčním způsobu jízdy $v_{\max} = 230 \text{ km/h}$, které zároveň může být provozováno s využitím naklápění v rychlostní

oblasti do 160 km/h, zařadit do tříd B a E. S těmito vozidly je nutno při důkazu bočního větru zacházet jako se dvěma vozidly.

Pro vozidla všech tříd musí být provedeno porovnání s charakteristickými křivkami větru referenčního vozidla a charakteristických křivek větru.

Určení stability musí být provedeno pro každou jednotku bez naklápění..

PRAVDĚPODOBNOST PŘEKROČENÍ RYCHLOSTI VĚTRU

Určení pravděpodobností, s níž se překročí určitá rychlost větru v závislosti na parametrech tratí a směru větru (ψ).

Pro levou a pravou stranu tratě (ve směru staničení) jsou vždy nutné tyto údaje:

- Souřadnice pro polohu a výšku (ve zobrazovacím systému DB-GIS)
- Orientace trati (ϕ)
- Výška náspu, zářezu, mostu nad okolím

Výsledek je pravděpodobnost výskytu překročení meze rychlosti větru v závislosti na mezní rychlosti a větrném sektoru.

Podle německé směrnice Ril 807.04 se dle souřadnic úseků trati určuje větrná zóna.



Obrázek 27: Mapa větrných zón Německa

Tabulka: Referenční rychlost větru větrných zón

Větrná zóna	1	2	3	4
$v_{ref,0}$ [m/s]	22,5	25,5	27,5	30,0

3.4.3 ŠVÉDSKÁ METODIKA

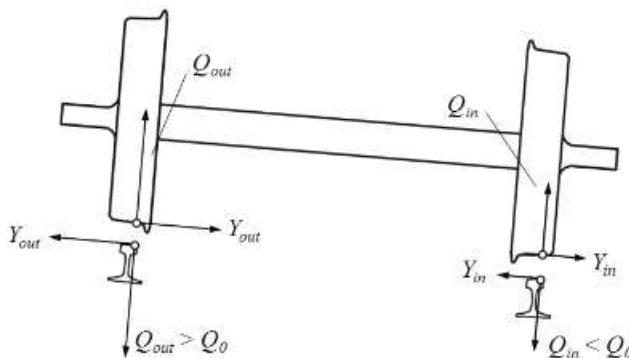
Postup hodnocení bezpečnosti související s rizikem převrácení vlaku při silném bočním větru je ve Švédsku řešen:

- stanovení pravděpodobnosti rychlosti a směru větru podél posuzované trasy
- aerodynamický výpočet sil a momentů působících na příslušné typy vlaků
- stanovení kritické rychlosti větru
- výpočet pravděpodobnosti převrácení vlaku

Vypočítané riziko se porovná s obecně uznávanými úrovněmi rizika vysokorychlostních vlaků.

K popisu převrácení kolejového vozidla je používáno několik metod a kritérií. K převrácení kolejového vozidla může dojít z důvodu stálého a nebo nestálého (poryvu) bočního větru.

SÍLY PŮSOBÍCÍ NA DVOJKOLÍ



Obrázek 28: Síly působící na kolo při nedostatečném převýšení. Vnější kontakt kola-kolejnice se nachází v blízkosti příruby kola.

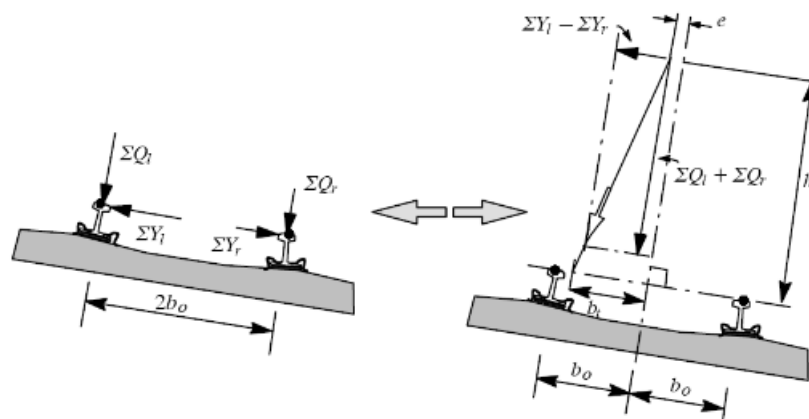
Y boční síla
 Q svislá síla
 Out/in vnější a vnitřní kola/kolejnice
 Q₀ jmenovité svislé zatížení kol

METODA MOMENTŮ

Metoda momentů počítá momenty kolem podélné/vnější kolejnice. Pro výpočet podle této metody je nutné stanovit aerodynamické zatížení vozidla a porovnat jej se stabilizačním momentem. Tato metoda se používá pouze pro simulace.

METODA „INTERCEPT“ (ZACHYCENÍ)

Metoda zachycení využívá vertikální a boční síly na kolo x kolejnice a stanovuje výpočet rizika převrácení vozidla.



Obrázek 28: Definice veličin pro výpočet rizika převrácení se zachycením.

$$n_{R,int} = \frac{b_l}{b_0} = \frac{\sum_{bogie} |Q_l - Q_r|}{\sum_{bogie} (Q_l + Q_r)}$$

Podíl těchto hodnot se používá jako hodnota pro návrh bezpečnostního opatření. Hodnota v rozmezí 0,8-1 se obvykle používá jako limitní.

SIMULACE SKUTEČNÉHO PŘEVŘÁCENÍ

Další možností je posouzení rizika převrácení – je reálná simulace.

3.4.4 ANGLICKÁ METODIKA

Ve Velké Británii platí GM/RT2141 2. vydání [21] pro posouzení možného převrácení kolejového vozidla. Podle tohoto standardu nesmí překročit poměr Y/Q (boční a svislé síly) hodnotu 1,2. K převrácení kolejového vozidla dochází při poměru $\Delta Q/Q$ přesáhne hodnotu 1. [18]

Podle anglické metodiky se posuzuje konstantní boční vítr a výpočet bývá proveden pro rychlosti větru 0,10,15 a 22 m/s podél trati. Aerodynamické síly jsou počítány každých 20 m. Zvýšení průměrné rychlosti větru znamená zvýšení hodnot Y/Q a $\Delta Q/Q$.

Dále se posuzuje porыв bočního větru.

V dokumentu [22] je doporučen postup hodnocení účinků bočního větru na vlaky:

- Trasa by měla být rozdělena na úseky o konstantní rychlosti, topografii a směrovém vedení. Pro každý úsek bude vyhodnocena charakteristická rychlost větru, která bude reflektovat zakřivení trasy f_c . Pro každý úsek bude odlišná CWC.
- Výpočet CWC dle relevantních aerodynamických parametrů n a R a následně bude možné stanovit rychlost větru v případě nehody vlaku
- Pravděpodobnost rychlosti větru se stanovuje dle

$$\sin(\psi_T) = \sin(40)R^{1/n}$$

Tento parametr by měl definovat pravděpodobnost větru v sektorech po 30°.

- Pravděpodobnost nehody v daném sektoru je možné získat vynásobením pravděpodobnosti rychlosti větru vedoucím k převrácení vozidla a pravděpodobnosti, že vlak bude v tomto sektoru, která zahrnuje rychlost vlaku a počtu vlaků

R poměr koeficientu 90° a 40°

$$\frac{C_{RL}(\psi)}{C_{RL}(40)} = R$$

Ψ_T úhel vychýlení

4 ZDROJE

1. Zákon o drahách č.266/ 1994
2. Zákon o ochraně přírody a krajiny č.114/1992 Sb.
3. Zákon č. 458/2000 Sb. (energetický zákon)
4. Zákon o lesích č.289/1995
5. Snížení hluku způsobeného železniční dopravou, Generální ředitelství pro vnitřní politiky unie, Evropský parlament, 2012
6. Nařízení komise (EU) č.1304/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „kolejová vozidla – hluk“
7. Noise Creation Limits For Railways, Background information from UIC SUBCOMMISSION NOISE AND VIBRATION, 2002
8. High Speed Trains external noise, a review of measurements and sources models for the TGV case up to 360 km/h, P.E. Gautier, F. Poisson, F. Letourneaux
9. Noise in Europe 2014, European Environment Agency
10. Sicherungswaldbau und Forsttechnik, ÖBB INFRA, Regelwerk 0914, 2015
11. CSR Report, SNCF 2014
12. Railways-Induced Vibration Abatement Solutions Collaborative project, 2011
13. Guide technique Géfra – Jumelage des plates – formes ferroviaires et routieres ou autoroutieres
14. Hanson C, Jason P, Ross P, David P a Towers A.: Noise and Vibration Impact Assesment, final report, U.S. Department of Transportation, 9/201
15. <http://geofyzika.webz.cz/vlnseism.php>
16. Crosswind assessment of trains on different ground configurations, KTH Engineering Sciences, 2013
17. A probabilistic Approach to Safeguard Cross Wind of Passenger, Th. Tielkes, Ch. Heine
18. The integration of cross wind forces into train dynamic calculations. C.J. Baker

19. Lateral Stability of High-Speed Trains at Unsteady Crosswind, KTH Engineering Sciences, 2009
20. GM/RC2542 Recommendations for Determination of Aerodynamic Rolling Moment, 2009
21. GM/RT2141 Resistance of Railway Vehicles to Roll-Over in Gales
22. A framework for the consideration of the effects of crosswinds on trains, University of Birmingham, 2017
23. Nařízení vlády č.272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
24. MADSHUS, C.; KAYNIA, A. M. High speed railway lines on soft grounds: Dynamic behaviour at critical train speed. Journal of Sound and Vibration. ASCE. 2000, vol. 3, s. 689–701. ISSN 0022-460X