

## TECHNICKÝ POPIS POŽADOVANÉHO ŘEŠENÍ

K zajištění kvalitního a pokud možno nepřerušovaného přístupu cestujících k hlasovým i datovým službám prostřednictvím mobilního telefonu uvnitř železničních vozů je třeba jak zvýšit dostupnost mobilního signálu na železničních koridorech, tak minimalizovat útlum železničních vozů z hlediska rádiových signálů.

Zvýšení dostupnosti mobilního signálu na železničních koridorech řeší výzva z Národního plánu obnovy, komponenta 1.3, investice 2 – Dokrytí 5G koridorů a podpora rozvoje 5G – Pokrytí železničních koridorů se zvýšenou úrovní signálu 5G. Tuto výzvu realizuje Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Co se týká minimalizace útlumu železničních vozů z hlediska rádiových signálů, tedy zajištění dostupnosti mobilního signálu uvnitř železničního vozu v obdobné úrovni a kvalitě, jako je vně vozu, toto řeší výzva z Národního plánu obnovy realizovaná ČTÚ, komponenta 1.3, investice 2 – Dokrytí 5G koridorů a podpora rozvoje 5G – Zajištění pokrytí železničních vozů mobilním signálem opakovači mobilního signálů nebo pasivními stěnami.

Moderní železniční vozy se totiž z hlediska propustnosti elektromagnetických vln chovají jako tzv. Faradayova klec, tzn. minimalizují průchod rádiových signálů z vnějšího prostředí do vozu, stejně tak signálů z vozu do vnějšího prostředí. Dokonce lze říci, že čím modernější vůz je, tím je jeho negativní vliv na rádiové signály větší. To je dáno jednak moderními materiály skříně vozu, jednak použitím moderních pokovených oken, která díky velkému teplotnímu odporu podstatným způsobem zlepšují teplotní izolaci vozů, což má pozitivní dopad na prostředí uvnitř vozu z hlediska teploty. Vedlejším efektem pokovených oken je ovšem podstatně horší průchod rádiových signálů do/z vozu.

Ze v současné době dostupných technických řešení ke zlepšení dostupnosti rádiových signálů uvnitř vozů se nabízejí dvě.

Jednou možností je instalace tzv. opakovačů mobilního signálu. Zjednodušeně lze říci, že se jedná o aktivní rádiové zařízení instalované ve voze, které má své přijímací a vysílací antény umístěny jak ve voze (obvykle ve formě vyzařovacích kabelů), tak vně vozu na jeho plášti. Opakovač při správné konfiguraci přenáší (reprodukuje) signál vně vozu do vozu a naopak. A to ve všech kmitočtových pásmech, pro která je nakonfigurován. Toto řešení je vhodné zejm. pro vozy s největším útlumem skříně/oken. Jeho výhodou je (v případě použití vyzařovacích kabelů) vytvoření v podstatě homogenního pole rádiových signálů v celém prostoru vozu. Další výhodou je využití ziskových venkovních antén umístěných v horních částech vozů. Díky tomu, že se jedná o antény s lepšími rádiovými parametry, než které jsou integrovány v mobilních telefonech, navíc umístěné ve výšce horní části skříně vozu, tedy ve větší výšce než telefon v úrovni hlavy telefonujícího, lze v ideálním případě uvnitř železničního vozu dosáhnout lepší úrovně a kvality signálu, než jaké by dosáhl telefonující stojící v blízkosti železničního koridoru vně vozu. Mezi nevýhody tohoto řešení patří vyšší pořizovací náklady, energetická náročnost (aktivní zařízení odebírající el. energii) a potřeba pravidelného servisu. V neposlední řadě je třeba pamatovat na to, že provoz takového zařízení může být v různých zemích zatížen jinou legislativou, tedy podmínkami provozu. Např. v ČR se jedná o provoz zařízení podle

## PŘÍLOHA č. 1

Všeobecného oprávnění č. VO-R/24/08.2023-6 k provozování zařízení infrastruktury pro šíření rádiových signálů uvnitř tunelů, budov a vlaků.

Jako druhé řešení ke zvýšení dostupnosti rádiových signálů uvnitř vozů se nabízejí propustná okna, tzn. pasivní stěny, které nijak aktivně neblokují průchod rádiových signálů z/do vozu. Instalace běžných propustných oken by sice byla vhodná z hlediska průchodu rádiových vln, ale chybějící pokovení by mělo negativní dopad na prostředí (teplotu) ve voze. V současné době jsou ale na trhu technologie, jako je např. rastrované okno, kdy je v pokovené okenní vrstvě laserem vytvořena propustná mřížka. Ta téměř ideálně propouští rádiové signály, ale z teplotního hlediska se neuplatní, okno se tedy stále chová jako pokovené. Mezi výhody takového řešení patří nižší pořizovací cena a téměř nulový vliv na spotřebu el. energie. Existují dokonce varianty řešení, kdy není třeba nepropustná okna za propustná měnit, ale kdy původní nepropustné okno je možné upravit na rastrované přímo na voze bez potřeby jeho demontáže. Další výhodou tohoto pasivního řešení je podstatně menší vliv na technické změny vozu, řešení je navíc možné bez omezení provozovat ve všech zemích, kam vozy zajíždí. I toto řešení má ale své nevýhody. Z hlediska úrovně a kvality rádiových signálů uvnitř vozu se vždy bude jednat o řešení horší než v případě instalace opakovačů, protože každé okno, i to téměř ideálně propustné, nějaký útlum rádiových vln přeci jen má. Elektromagnetické pole uvnitř vozu nikdy nebude při použití propustných oken zcela homogenní, přímo u oken bude intenzita i kvalita signálu vyšší než např. v chodbě vlaku, či u sedadel umístěných mezi dvěma okny. Podstatně více se také projeví aktuální poloha vlaku vůči základnové stanici mobilního operátora, protože signály přicházející kolmo na vůz projdou oknem podstatně lépe než signály přicházející rovnoběžně s podélnou osou vozu. Při posuzování výhodnosti či nevýhodnosti tohoto řešení je třeba také pamatovat na to, že na propustná okna musí být pro správný efekt upravena všechna okna ve voze, zatímco v případě opakovačů postačuje jeden opakovač s vyzařovacími kabely pro pokrytí jednoho, nebo dokonce i více vozů (v případě nedělitelných vlakových souprav). Toto řešení s propustnými okny je tak vhodné zejm. pro vozy s menším útlumem skříně/oken, kde by navíc provozování opakovače mohlo vést ke vzniku rádiových interferencí (při nedostatečném odizolování signálů opakovače vně a uvnitř vozu).

Z výše uvedeného je zřejmé, že obě technologie pro zlepšení dostupnosti rádiových signálů uvnitř vozů jsou využitelné, byť každá v jiných případech. To koneckonců potvrdilo i měření provedené v závěru roku 2021 ČTÚ, viz Zpráva 2109-592-00 o výsledcích srovnávacího měření pokrytí signálů mobilních sítí uvnitř vlakových souprav RailJet a InterJet na železničním koridoru Praha–Blansko. V RailJetu ČD (modrá vlaková souprava) probíhalo měření bez instalovaného opakovače a souprava byla vybavena z pohledu rádiového signálu nepropustnými okny. V RailJetu OBB (červená vlaková souprava) probíhalo měření se zapnutým opakovačem se stejnými okny jako v případě „modrého“ RailJetu. Ve vlakové soupravě InterJet měření probíhalo v konfiguraci bez opakovače a z pohledu rádiového signálu s propustnými okny.

Z naměřených dat vyplynulo, že ve vlakové soupravě využívající opakovač byla (právě díky využití opakovače) dostupnost a kvalita hovorových i datových služeb nejstabilnější. Po celou dobu měření bylo možné uskutečňovat zkušební hovory, při kterých bylo navázáno telefonní spojení bez výskytu abnormalit, šumu nebo výpadků probíhajících spojení. Obdobný závěr bylo možné konstatovat i u datových spojení, kdy byla měřena úroveň signálu a rychlost stahování dat. K výpadkům docházelo pouze v případech, kdy i vně vlakové soupravy bylo pokrytí mobilním signálem již nedostatečné

## PŘÍLOHA č. 1

(neosídlená území, tunely a podobně). V případě vlakové soupravy s propustnými okny bez opakovače bylo z měření zřejmé, že v porovnání s vlakovou soupravou bez propustných oken s opakovačem byla intenzita elektromagnetického pole v místě měření zhruba o polovinu (tedy o cca 3 dB) menší oproti soupravě s opakovačem. V místech s dobrým pokrytím vně vlakové soupravy nedocházelo uvnitř vlakové soupravy k poklesu úrovně signálu sítí na mezní hodnotu a k případným rozpadům spojení. V případě míst s dostatečným pokrytím vně železničního vozu se z důvodu útlumu vlakové soupravy začaly v místě měření uvnitř železničního vozu již vyskytovat abnormality a výpadky měřených sítí. V soupravě bez propustných oken a bez opakovače při měření docházelo k výpadkům signálů uvnitř vlakové soupravy, a tím docházelo k nedostupnosti služeb jednotlivých mobilních radiokomunikačních sítí. Průměrný rozdíl úrovně signálu z celkového měření byl větší než 9 dB (tedy více než osminásobný) ve srovnání s vlakovou soupravou bez propustných oken s opakovačem a vlakovou soupravou s propustnými okny bez opakovače.

Technické prostředky musí splňovat minimálně tyto technické a legislativní požadavky:

- Za předpokladu signálu 5G vně železničního vozu s výkonem referenčního signálu RSRP min. -114 dBm, je po intervenci z výzvy vyžadován signál uvnitř jedoucího železničního vozu vždy max. o 5 dB nižší.
- Technické prostředky musí splňovat beze zbytku legislativní podmínky ČR a dalších zemí, ve kterých vozidlo bude provozováno.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí mít takové technické parametry, aby je bylo možné provozovat v souladu se všeobecným oprávněním k provozování zařízení infrastruktury pro šíření rádiových signálů uvnitř tunelů, budov a vlaků (aktuálně VO-R/24/08.2023-6).
- Technické prostředky musí splňovat vyhlášku č. 100/95 Sb., kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace (Řád určených technických zařízení), a musí být vhodné pro instalaci a provoz v ŽKV (železničních kolejových vozidlech) a dále splňovat níže uvedené závazné platné právní předpisy v bodech, které jsou aplikovatelné.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 50121-1 ED.4 Drážní zařízení – Elektromagnetická kompatibility – Část 1: Obecně.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 61373 ED.2 Drážní zařízení – Zařízení drážních vozidel – Zkoušky rázy a vibracemi.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 45545-2 Drážní aplikace – Protipožární ochrana drážních vozidel – Část 2: Požadavky na požární vlastnosti materiálů a součástí.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí splňovat ČSN EN 61000-4-3 ED.3 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-3: Zkušební a měřicí technika – Vyzařované vysokofrekvenční elektromagnetické pole – Zkouška odolnosti.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí splňovat ČSN EN 61000-4-4 ED.3 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-4: Zkušební a měřicí technika – Rychlé elektrické přechodné jevy/skupiny impulzů – Zkouška odolnosti.

## PŘÍLOHA č. 1

- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí splňovat ČSN EN 61000-4-5 ED.3 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-5: Zkušební a měřicí technika – Rázový impuls – Zkouška odolnosti.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí splňovat ČSN EN 61000-4-6 ED.4 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-6: Zkušební a měřicí technika – Odolnost proti rušením šířeným vedením, indukovaným vysokofrekvenčními poli.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 60068-1 ED.2 Zkoušení vlivů prostředí – Část 1: Obecně a návod.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 60068-2-2 Zkoušení vlivů prostředí – Část 2-2: Zkoušky – Zkouška B: Suché teplo.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 45545-2 Drážní aplikace – Protipožární ochrana drážních vozidel – Část 2: Požadavky na požární vlastnosti materiálů a součástí.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 50153 ED.3 Drážní zařízení – Drážní vozidla – Opatření na ochranu před úrazem elektrickým proudem.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 50155 ED.5 Drážní zařízení – Elektronická zařízení drážních vozidel.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 50215 ED.2 Drážní zařízení – Drážní vozidla – Zkoušení drážních vozidel po dokončení a před uvedením do provozu.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 50343 Drážní zařízení – Drážní vozidla – Pravidla pro kladení kabelů.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 60077-1 Drážní zařízení – Elektrická zařízení drážních vozidel – Část 1: Všeobecné provozní podmínky a všeobecná pravidla.
- Technické prostředky musí splňovat ČSN EN 60721-3-5 Klasifikace podmínek prostředí – Část 3: Klasifikace skupin parametrů prostředí a jejich stupňů přísnosti Oddíl 5: Zařízení pozemních vozidel.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí být schopny spolehlivě pracovat v prostředí, kde není zabezpečeno nepřerušované napájení.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí respektovat kapacitu akumulátorů vozidla a napětí vozidlové napájecí sítě.
- Technické prostředky v případě vlakové soupravy kategorie ucelené jednotky musí být řešeny jako ucelený systém pro celou jednotku a respektovat možnost rozpojení jednotlivých vozidel jednotky.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí být schopné spolehlivě pracovat v prostředí ŽKV s ohledem na teplotu a/nebo vlhkost, které se ve vozidlech mohou vyskytnout.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí zajišťovat pokrytí uvnitř železničního vozu/soupravy pomocí vyzařovacích kabelů umístěných uvnitř tohoto vozu/soupravy, příp. prostřednictvím vnitřních antén v takové konfiguraci, která zajistí vytvoření elektromagnetického pole blízcího se poli homogennímu, a to v celém prostoru vozu.

## PŘÍLOHA č. 1

- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí podporovat GeoFencing – tzn. možnost nastavení chování systému na základě satelitní navigace (GPS a/nebo Galileo).
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí umožnit dálkový dohled, centrální správu a umožnit reportování provozních parametrů jako např. stav systému, úroveň signálu, označení vozidla, jeho polohu v mapě včetně rychlosti. Nepřetržitý přístup k dálkovému dohledu musí být umožněn přes webový prohlížeč a s využitím veřejného internetu při respektování aktuálně platných bezpečnostních standardů. Provozní stavy opakovače signálu nemusí být dostupné on-line, reportování údajů z opakovače za celé reportované období může probíhat dávkově, minimálně však jednou týdně, s výjimkou situace, kdy se opakovač nachází mimo území ČR.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí obsahovat filtr/y k potlačení případného rušení sítí GSM-R.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí pracovat současně alespoň ve dvou z pásem 700, 800 a 900 MHz a ve dvou z pásem 1800, 2100 a 2600 MHz, přitom je třeba využít minimálně jedno pásmo využívané v České republice pro sítě 5G každou ze společností O2 Czech Republic a.s., T-Mobile Czech Republic a.s. a Vodafone Czech Republic a.s. Tato podmínka musí být dodržena po celou dobu udržitelnosti projektu.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí mít reakční dobu maximálně v řádu jednotek mikrosekund.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí mít maximální zisk systému 70 dB, s podmínkou alokace výkonu po jednotlivých pásmech/operátorech.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí umožňovat nastavení automatického vypnutí nebo pohotovostního režimu pro předem definované stavy.
- Technické prostředky, pokud se jedná o aktivní prostředky – opakovače signálu, musí být vybaveny venkovními anténami schválenými pro provoz pod trakčním napětím 3 kV DC, 15 kV AC a 25 kV AC s certifikátem pro použití v železniční dopravě. Provedení antén musí splňovat odpovídající drážní normy a umožňovat schválení vozidla pro provoz v Evropě. Tento certifikát musí být předložen jako součást dodávky.

### Schválení Drážním úřadem (DÚ)/Evropskou agenturou pro železnice (ERA):

- Součástí projektu musí být též provedení schválení dokumentace pro instalaci technických prostředků do vozidla a povolení jejich provozu DÚ případně ERA pro provoz v Evropě
- Součástí projektu musí být též provedení posouzení technických prostředků dle prováděcího nařízení Komise (EU) č. 402/2013 a schválení dokumentace pro instalaci technických prostředků do vozidla a povolení jeho provozu DÚ.