Zkušenosti z provozu rádiových systémů v tunelech metra DPP

Ing. Jiří Čejka

Ing. Michal Bříza

Obsah přednášky

- Historie provozu rádiových systémů v pražském metru
- Rádiové sítě v metru
- Služební rádiová síť VKV
- Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV – projekt KBS
- Mobilní síť GSM

Historie provozu rádiových systémů v pražském metru

- 1974 – Zahájení provozu pražského metra včetně radioprovozu (Tesla Selex)
- 80 léta - TESLA Selectic
- od 90 let –systém Motorola
- 2004 – MRS TETRA
- 2004 – Tetrapol

Historie provozu rádiových systémů v pražském metru

- 2015 – Zprovoznění úseku V.A (Dejvická – Nemocnice Motol) – TETRA a Tetrapol i v tunelu
- 2018 – zahájení výstavby digitální radiové sítě v rámci investiční akce KBS
- 2024 – Uvedení do provozu digitální sítě

Rádiové sítě v pražském metru

- Služební rádiová síť VKV
- Městská rádiová síť TETRA
- Rádiová síť ministerstva vnitra Tetrapol
- Přenosový systém IČV
- Wi-Fi
- Mobilní síť GSM (LTE/5G)

Rádiové sítě v pražském metru

Služební rádiová síť VKV - stávající

- Služební radiová síť se dělí na:
  - Síť vlakového dispečera
  - Sítě dep
  - Technologickou síť

Služební rádiová síť VKV - stávající

- Veškeré hovory po rádiových sítích jsou nahrávány
- Pracují v pásmu 160 MHz

Služební rádiová síť VKV - stávající

- Zařízení pro rádiové spojení je složeno ze:
  - Základnové radiostanice
  - Anténního systému
  - Anténní dvoulinky (V.A vyzařovací kabel)
  - Zařízení na CD
  - Vozidlové radiostanice
  - Přenosné radiostanice

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV

- V každé stanici metra je rámci projektu je umístěna jedna základnová stanice MRS TETRA která je napojena na vybudovaný anténní systém a nově vybudovanou datovou síť.
- Jednotlivé základnové stanice TETRA jsou nastaveny dle kmitočtového plánu tak, aby sousedící stanice měly vždy jiné provozní kmitočtové kanály. Tím je zajištěno, že vysokofrekvenční signály do vyzařovacího kabelu, který tvoří anténní systém a je položen v traťovém úseku mezi sousedícími základnovými stanicemi TETRA bude napájen rozdílným signálem a jednotlivé kmitočty se nebudou navzájem rušit. Pokud by došlo k přerušení vyzařovacího kabelu nebo k poruše jedné základnové stanice TETRA, bude v tratovém úseku dostupný signál pro provoz a bezdrátová radiová komunikace mezi ruční radiostanicí a sítí MRS TETRA nebude přerušena.

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV

- Základnová radiostanice je pomocí datové sítě propojena se sítí MRS TETRA, která je připojena dvěma nezávislými optickými vlákny do dvou centrálních switchů. Jeden bude umístěn na trase C ve stanici I.P.Pavlova a druhý již funkční je umístěn na Centrálním dispečinku.
- Datová síť je budována v kruhové topologii a je tak funkční i při poruše nebo přerušení své části nebo datového switche.

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV

- Základnové radiostanice TETRA :

Základnová radiostanice stanice je určena pro širokopásmové pokrytí prostor metra. Zajišťuje komplexní bezpečnost koncových bodů a plně podporuje statické, dynamické a skupinové šifrování přenosů mezi základnovou stanicí a terminály i ověření účastníka a šifrování. Tato úroveň zabezpečení bude zachována i v případě poruchy místní linky, kdy základnová stanice přejde do trunkového režimu.

Základnová radiostanice obsahuje také funkce pro aktualizaci softwaru k využití rozšířených datových služeb pro zabezpečené vysokofrekvenční datové služby a pro operace s kritickým významem.

Základnová radiostanice jsou připojeny ke sdružovači pomocí dvou koaxiálních kabelů pro signály Rx a Tx.

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV projekt KBS VKV

- V každé stanici (mimo stanice Depo Hostivař) je v místnosti optických zařízení (MOZ) umístěn 19“ rozvaděč pro technologii TETRA ve kterém je umístěna základnová radiostanice . Od základnové stanice vede dvakrát koaxiální kabel RX a TX do sdělovací místnosti (SM), kde jsou připojeny do sdružovače. Stejnou kabelovou trasou vedou i datové kabely aby se základnová stanice připojila do páteřního switche datové sítě, který je nově instalován v 19“ stojanu společně s technologií 160 MHz VKV spojení s jedoucími vlaky ve SM.

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV

Staniční rozvaděč VKV:

- Zařízení ve všech stanicích je konfigurováno stejně
- Základní rozmístění rozvaděčů – stojanů pro technologii je analogické, technologie VKV pro spojení s vlaky 160 MHz je ve sdělovací místnosti.
- Zařízení VKV je konstruováno jako požárně bezpečnostní zařízení (PBZ), které musí být funkční i při požáru, vyžaduje se funkčnost nejméně 90 minut a to i v případě výpadku napájení.
- Skládá se se ze dvou základnových radiostanic HYTERA RD985s, datové sítě a napájecích zdrojů.

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV

Staniční rozvaděč TETRA

- Rozvaděč TETRA se nachází ve všech stanicích v MOZ mimo stanice Depo Hostivař.
- Je tvořen standardním rackem, který obsahuje základnovou radiostanici MOTOROLA MTS1 a UPS APC SRT2200.
- S technologickým rozvaděčem sítě VKV je propojen pomocí koaxiálních kabelů a společné datové sítě.

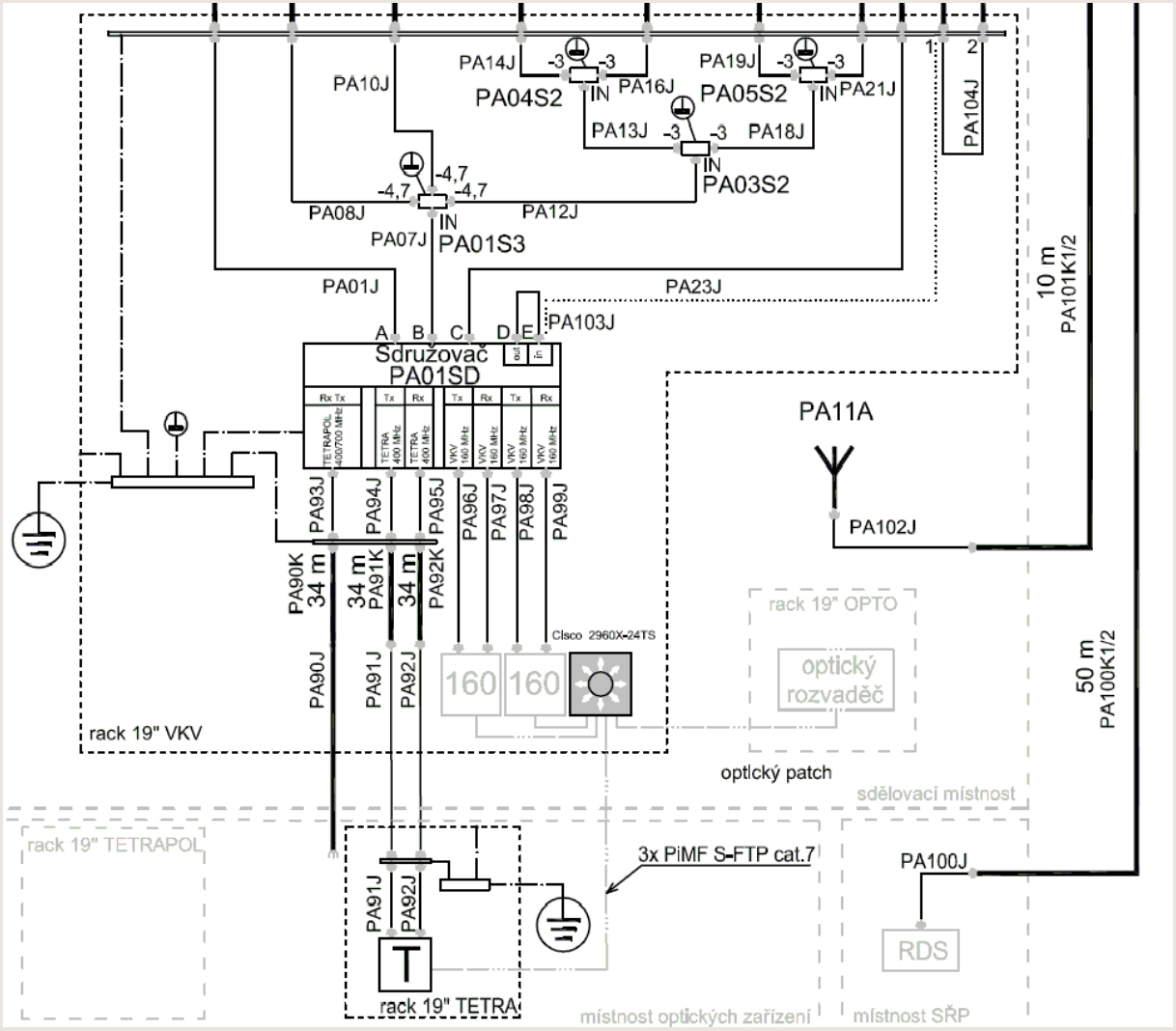
Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV

- Po vysokofrekvenční stránce jsou technologie VKV a TETRA propojeny pomocí kombinéru od firmy RADOM, který spojuje základnovou radiostanici TETRA MTS1 (výstup pro RX a TX) a dvě základnové radiostanice HYTERA RD985s.
- Výstupy z kombinéru jsou 3, označené A,B,C. Do těchto výstupů je připojen anténní systém. Výstup B slouží pro staniční anténní systém, výstup A a C pro připojení vyzařovacích kabelů.

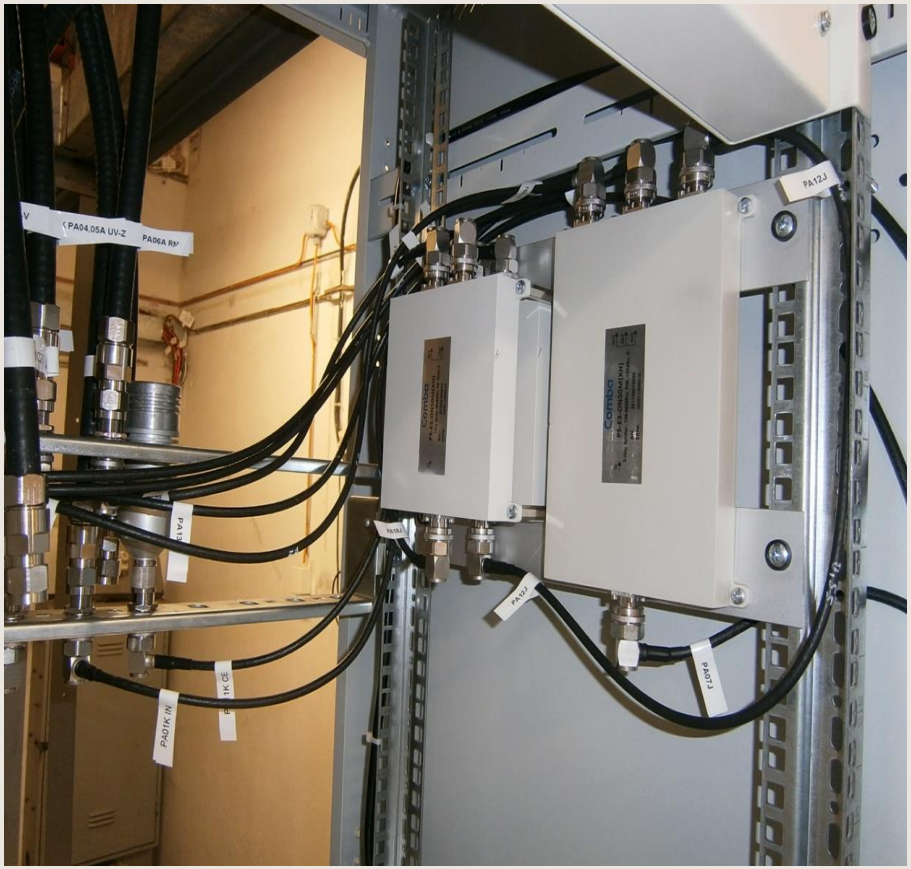
Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – anténní systém

- Anténní systém pro pokrytí vysokofrekvenčním signálem je tvořen z více částí:
  - Stanice
  - Přilehlé traťové tunely
- Systém je řešen tak, že v případě výpadku základnové radiostanice (VKV nebo TETRA) v jedné stanici jsou tunely pokryté signálem z vedlejší stanice. Je tak zajištěna 100% záloha v případě poruchy.
- Ve stanici je instalován vyzařovací systém z diskrétních prutových antén, které jsou přes rozbočovače spojeny s anténním vyzařovacím kabelem, který vede do vedlejší stanice každým traťovým tunelem samostatně.
- Dochází tak v případě výpadku základnové radiostanice k šíření signálu pomocí těchto antén i ve stanici s nefunkční základnovou radiostanicí. Samozřejmě dosah těchto antén je při této situaci výrazně kratší, nicméně dostupnost technologie TETRA i VKV 160 MHz ve stanici je zajištěna.

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – anténní systém



Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – anténní systém



Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – anténní systém

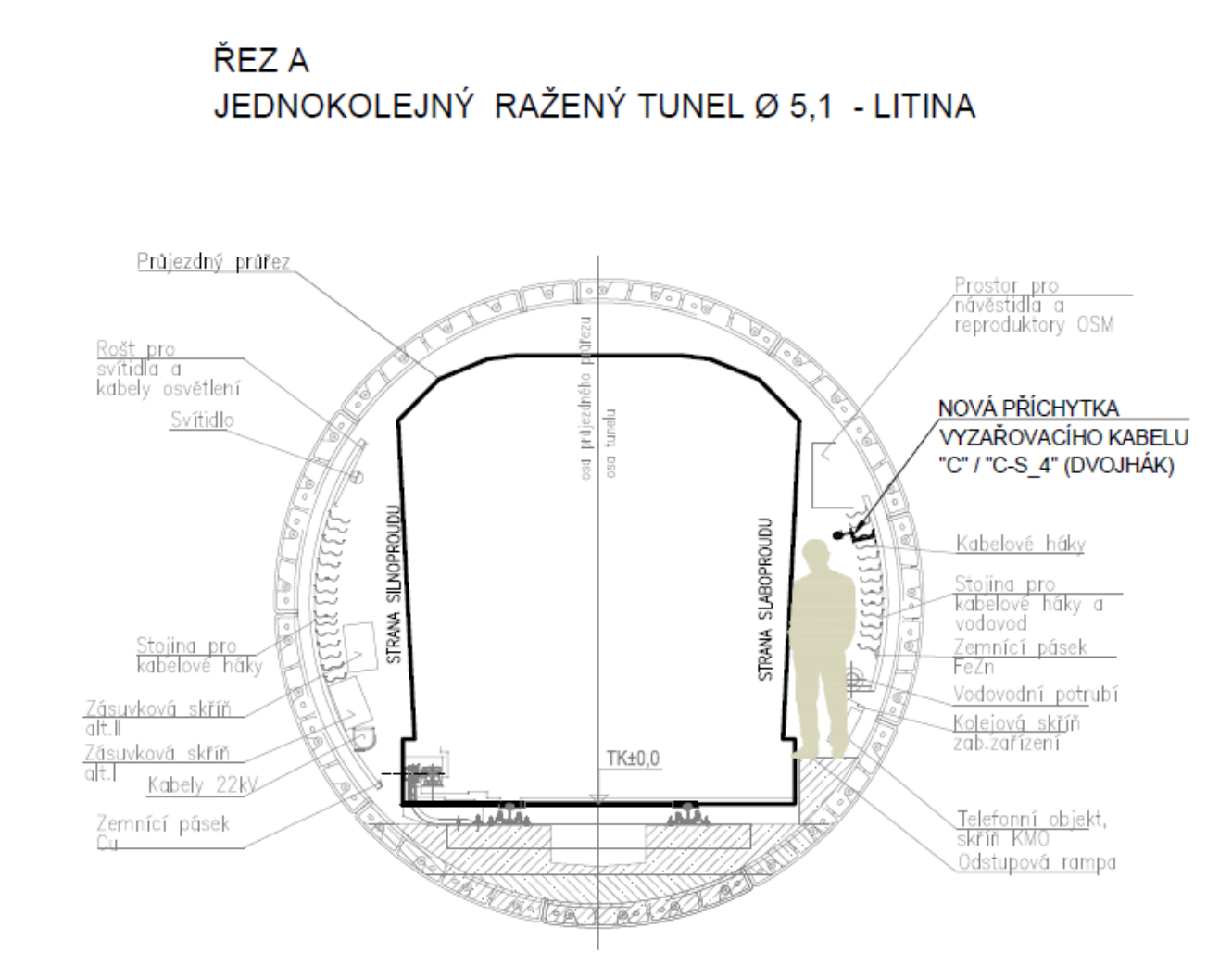
Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – vyzařovací kabely v tunelech

- Pro zajištění signálu v koleji v mezistaničním tunelovém úseku je na původní nosné kabelové konstrukce Metrostav na slaboproudé straně tunelu instalován vyzařovací kabel. Vyzařovací kabel je v celé délce traťové koleje instalován na nosnou konstrukci Metrostav v pozici č.3 pomocí příchytek vyzařovacího kabelu schválených pro použití v metru.
- V místech, kde jsou umístěna návěstidla je vyzařovací kabel přerušen a je zde instalován „jumper 1/2“ o délce 2 nebo 5 m. Jumper je na stávající nosnou kabelovou konstrukci přichycen pomocí nerezových stahovacích pásků.

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – vyzařovací kabely v tunelech

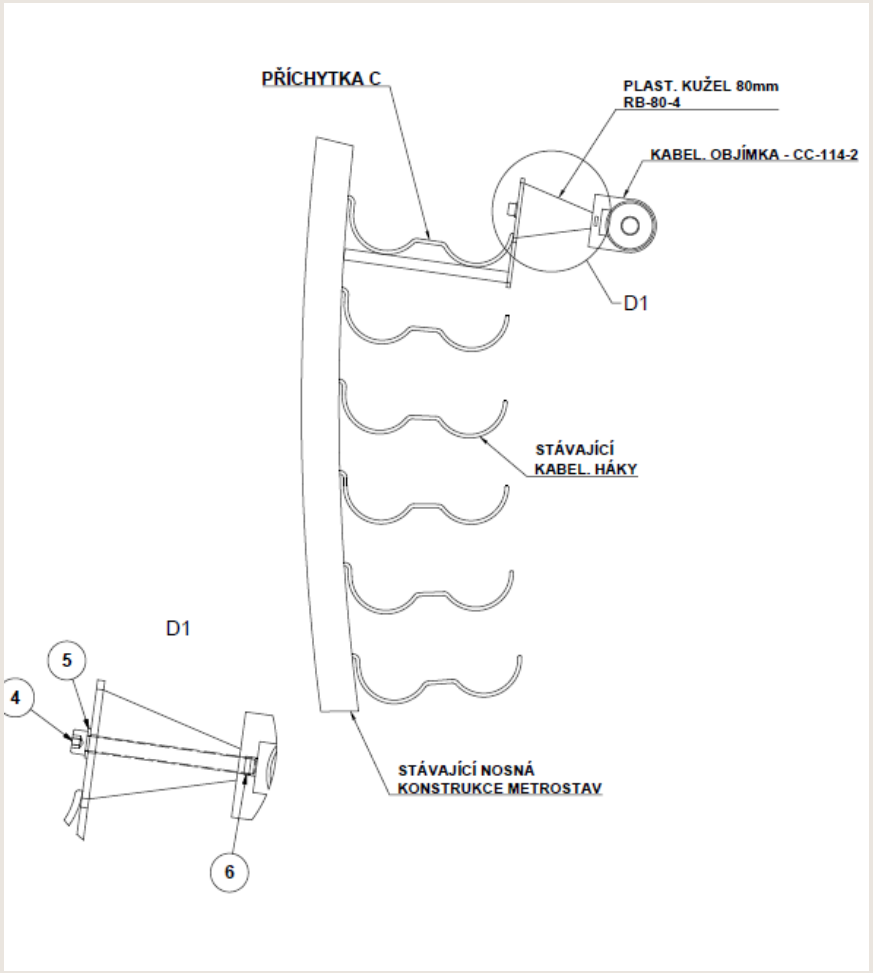
- V místě tlakových uzávěrů je vyzařovací kabel přerušen a průchod tlakovým předělem je realizován pomocí jumperu z koaxiálního kabelu ½ o délce maximálně 30 m
- Vyzařovací kabel je na obou stranách tunelové trouby ukončen DC blokem instalovaným co nejblíže začátku stanice. Zde je vyzařovací kabel připojen na rozbočovač v rozvaděči ve sdělovací místnosti ve stanici.

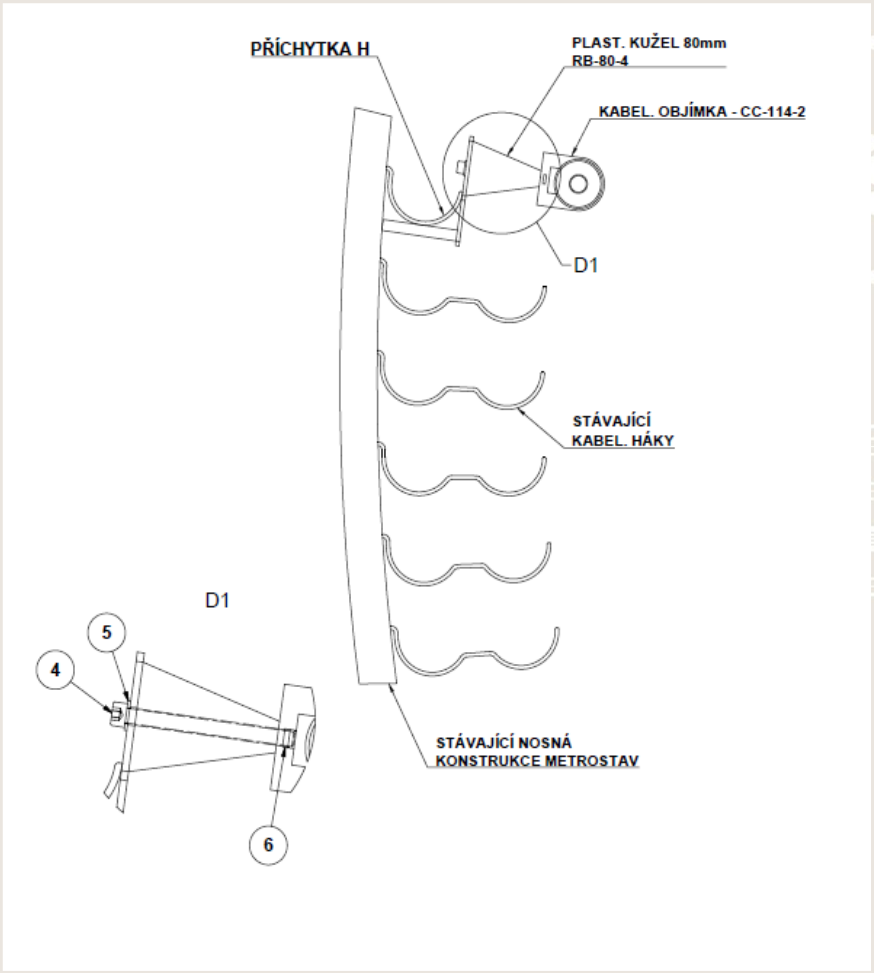
Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – vyzařovací kabely v tunelech



Dopravní podnik hlavního města Prahy

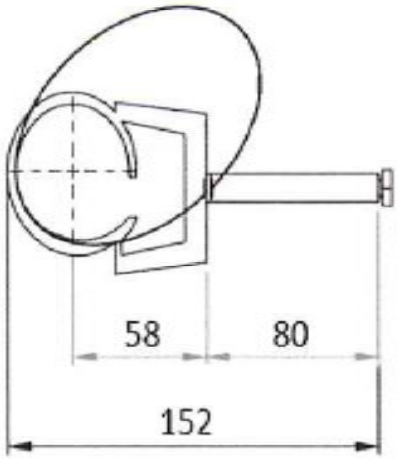
Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – vyzařovací kabely v tunelech





Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – vyzařovací kabely v tunelech

CLAMP-RA158-P02 Model



CLAMP-RA158-P02 Náčrt, rozměry v mm

CLAMP-RA158-P02

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – vyzařovací kabely v tunelech

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – vyzařovací kabely v tunelech

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – vyzařovací kabely v tunelech

Rádiová síť TETRA a služební rádiová síť VKV
projekt KBS VKV – postup prací

- Je hotova instalace vyzařovacího kabelu
- Proběhly návěstní komise
- Měření se soupravou
- Přechod na digitální provoz na trase A je plánován na první pololetí tohoto roku, zbylé dvě trasy budou následovat.

Mobilní síť GSM

- Provozovatelem stávajícího systému je Sdružení operátorů.
- Nahradil původní systém TSM 900 MHz.
- Společné anténní rozvody, aktivní prvky má každý operátor zvlášť.

Mobilní síť GSM v datech

- 2015 – Na trase Dejvická – Nemocnice Motol spuštěno pokrytí signálem LTE.
- 2018 – Byl uveden do provozu pilotní úsek v rámci akce „Pokrytí metra signálem mobilních operátorů“.
- 2022 – Nahrazena původní technologie na trase Dejvická – Nemocnice Motol.
- 2024 – Pokrytí stanice Jiřího z Poděbrad.

Mobilní síť GSM - problémy

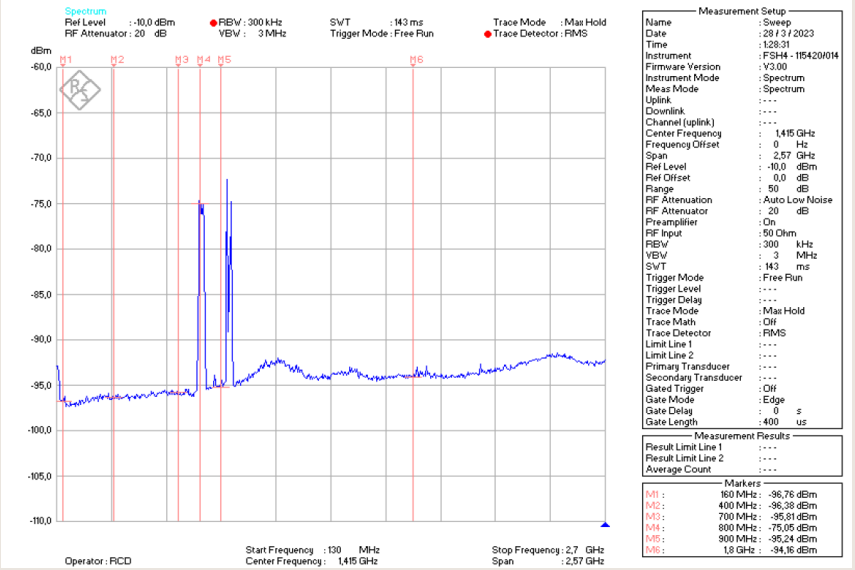
Reklamní systém LMS

- Pilotní projekt instalován ve 2. koleji mezi stanicemi Dejvická – Bořislavka
- Délka 200m
- Provedeno měření vlivu zařízení

Reklamní systém LMS

Orientační měření ve spektru 130 MHz – 2,7 GHz:

Čistota spektra při zcela vypnutém zařízení LMS



Measurement Setup

Name	: Sweep
Date	: 28 / 3 / 2023
Time	: 1:28:31
Instrument	: FSH4 - 115420/014
Firmware Version	: V3.00
Instrument Mode	: Spectrum
Meas Mode	: Spectrum
Uplink	: - - -
Downlink	: - - -
Channel (uplink)	: - - -
Center Frequency	: 1,415 GHz
Frequency Offset	: 0 Hz
Span	: 2,57 GHz
Ref Level	: -10,0 dBm
Ref Offset	: 0,0 dB
Range	: 50 dB
RF Attenuation	: Auto Low Noise
RF Attenuator	: 20 dB
Preamplifier	: On
RF Input	: 50 Ohm
RBW	: 300 kHz
VBW	: 3 MHz
SWT	: 143 ms
Trigger Mode	: Free Run
Trigger Level	: - - -
Trigger Delay	: - - -
Trace Mode	: Max Hold
Trace Math	: Off
Trace Detector	: RMS
Limit Line 1	: - - -
Limit Line 2	: - - -
Primary Transducer	: - - -
Secondary Transducer	: - - -
Gated Trigger	: Off
Gate Mode	: Edge
Gate Delay	: 0 s
Gate Length	: 400 us

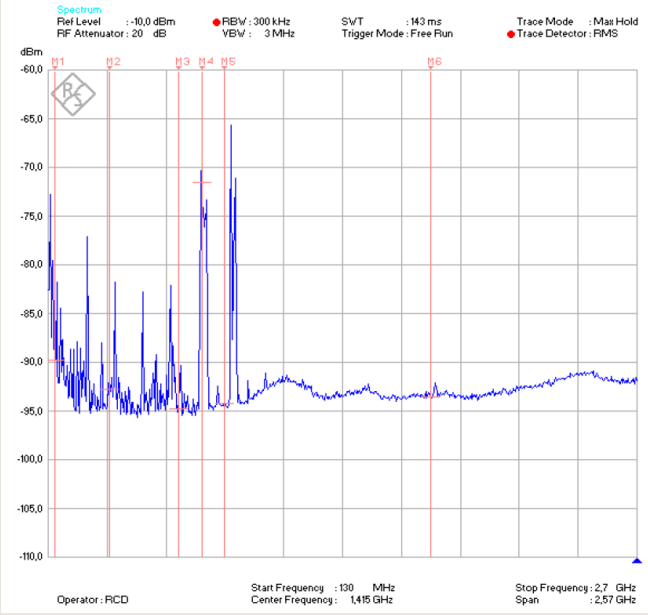
Measurement Results

Result Limit Line 1	: - - -
Result Limit Line 2	: - - -
Average Count	: - - -

Markers

M1 :	160 MHz :	-96,76 dBm
M2 :	400 MHz :	-96,38 dBm
M3 :	700 MHz :	-95,81 dBm
M4 :	800 MHz :	-75,05 dBm
M5 :	900 MHz :	-95,24 dBm
M6 :	1,8 GHz :	-94,16 dBm

Spektrum znázorňující maximální zaznamenané hodnoty při zcela funkčním zařízení LMS



Measurement Setup

Name	: Sweep
Date	: 28 / 3 / 2023
Time	: 2:19:46
Instrument	: FSH4 - 115420/014
Firmware Version	: V3.00
Instrument Mode	: Spectrum
Meas Mode	: Spectrum
Uplink	: - - -
Downlink	: - - -
Channel (uplink)	: - - -
Center Frequency	: 1,415 GHz
Frequency Offset	: 0 Hz
Span	: 2,57 GHz
Ref Level	: -10,0 dBm
Ref Offset	: 0,0 dB
Range	: 50 dB
RF Attenuation	: Auto Low Noise
RF Attenuator	: 20 dB
Preamplifier	: On
RF Input	: 50 Ohm
RBW	: 300 kHz
VBW	: 3 MHz
SWT	: 143 ms
Trigger Mode	: Free Run
Trigger Level	: - - -
Trigger Delay	: - - -
Trace Mode	: Max Hold
Trace Math	: Off
Trace Detector	: RMS
Limit Line 1	: - - -
Limit Line 2	: - - -
Primary Transducer	: - - -
Secondary Transducer	: - - -
Gated Trigger	: Off
Gate Mode	: Edge
Gate Delay	: 0 s
Gate Length	: 400 us

Measurement Results

Result Limit Line 1	: - - -
Result Limit Line 2	: - - -
Average Count	: - - -

Markers

M1 :	160 MHz :	-89,77 dBm
M2 :	400 MHz :	-92,79 dBm
M3 :	700 MHz :	-94,73 dBm
M4 :	800 MHz :	-71,55 dBm
M5 :	900 MHz :	-94,20 dBm
M6 :	1,8 GHz :	-93,52 dBm

Děkuji za pozornost