



Projekt pokrytí pražského metra signálem mobilních sítí 2G, 3G, 4G

10. 10. 2019 Ing. Pavel Pabišta (T-Mobile CZ)

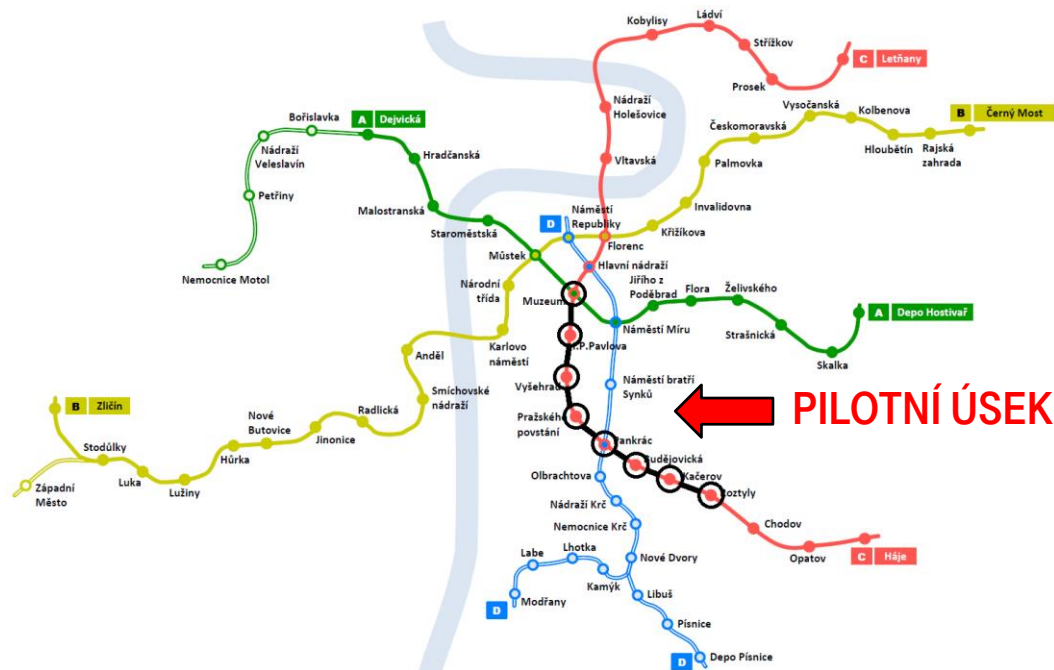


1. Úvod

- Seznámení s pražským metrem a rozsahem „pilotního projektu“ 8-mi stanic
- Rozfázování projektu
- Zadávací požadavky na systém

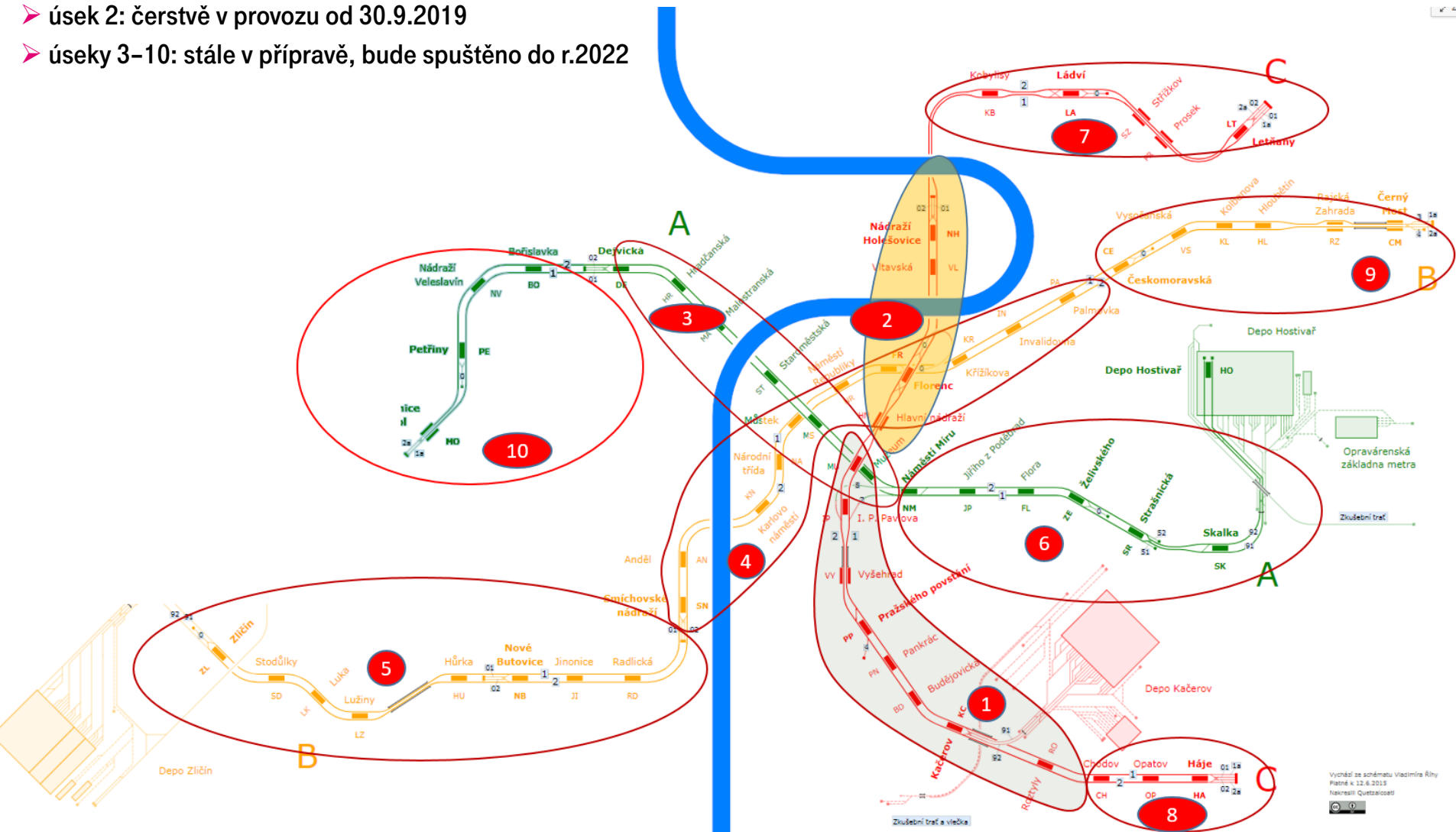
Přehled pražského metra a rozsah pilotního projektu

- **Metro:**
 - 61 stanic (jedno nebo dvě nástupiště, situované pod zem – pouze několik stanic je povrchových)
 - 3 přestupní stanice (separátní stanice pro každou linku, spojené podzemními koridory)
 - 65 km tunelů (jednokolejné, dvojkolejné – nejdelší tunel 2.7km, několik nadzemních úseků s okny)
 - 461 mil cestujících ročně
 - 750Vdc napájecí napětí (spodní napájecí kolejnice, umístění je možné oboustranně)
- **Pilotní úsek:**
 - 8 stanic linky C, úsek Muzeum – Roztyly (nejdelší tunel 900m)
 - 13% aktuální metro sítě v silně vytížené části
- **Koncept pokrytí:**
 - multi-operátorové sdílení jednoho společného vicesystémového rozvodu (stanice + tunely)



Rozfázování celého projektu na úseky

- úsek 1: již rok v provozu od 2.10.2018 (3 stanice) + 28.10.2018 (celý úsek)
- úsek 2: čerstvě v provozu od 30.9.2019
- úseky 3–10: stále v přípravě, bude spuštěno do r.2022



Zadávací požadavky na systém vnitřního pokrytí

➤ Požadovaná kmitočtová pásma a standardy

700MHz: dnes volné (pro 4G/5G v budoucnu)

800MHz: LTE 800 - 4G základní vrstva (kontinuální pokrytí)

900MHz: GSM 900 - 2G základní vrstva (kontinuální pokrytí)

1800MHz: LTE 1800 - 4G kapacitní vrstva

2100MHz: LTE 2100 (15MHz) + UMTS 2100 (1x 5MHz) - 4G kapacitní vrstva + 3G vrstva

2600MHz: LTE 2600 - 4G kapacitní vrstva (jen na vytížených úsecích)

➤ Požadavky na vykrytí stanic (systém MIMO 2x2 - s dvouportovými anténami)

- veřejné prostory 100% vykrytí všech veřejných prostor (včetně výtahů) ve všech pásmech a standardech (detailní požadavky stanovily mezioperátorské dohody)
- služební prostory zachován pouze rozsah pokrytí z doživajícího současného systému

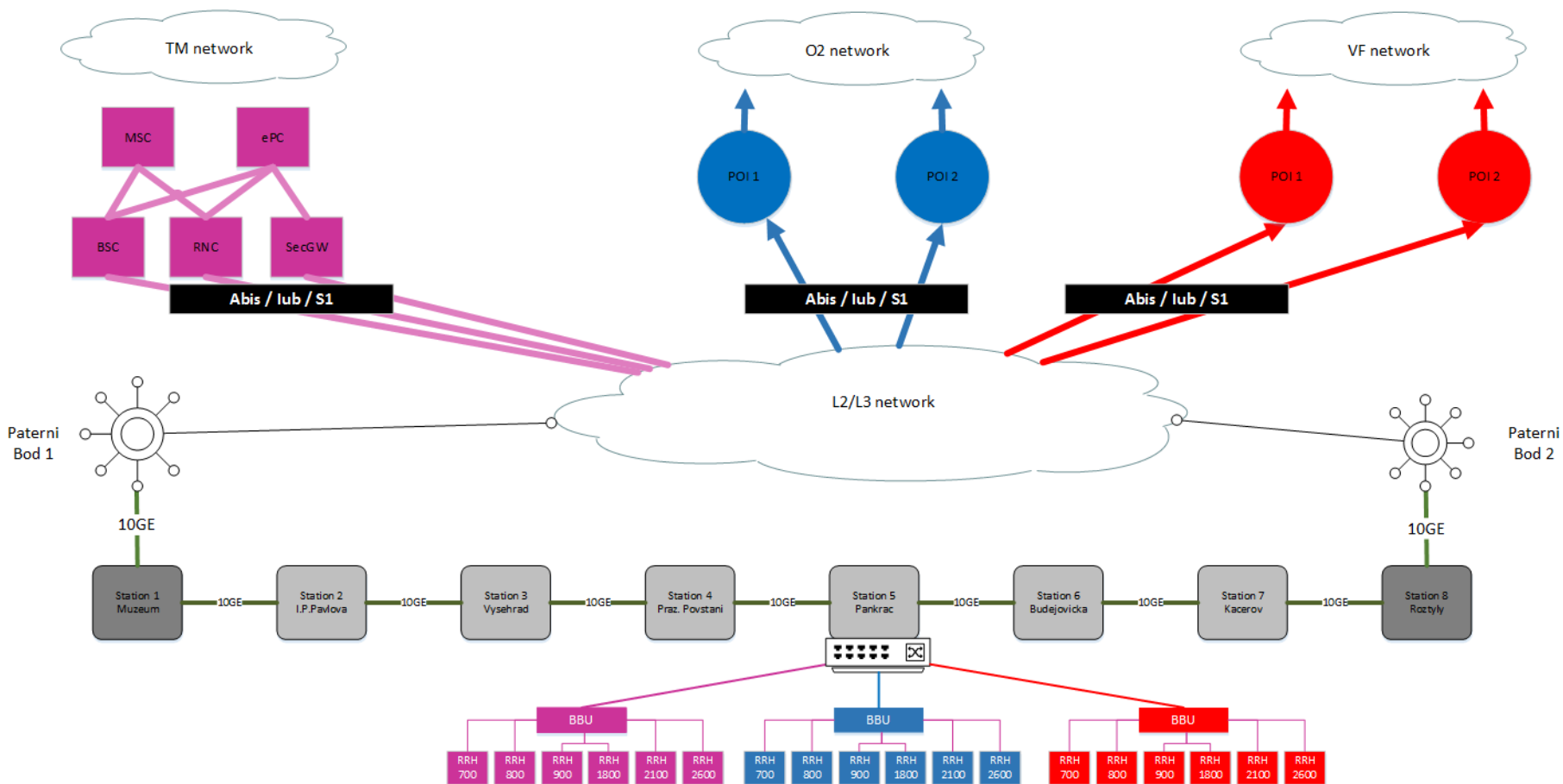
➤ Požadavky na vykrytí tunelů (systém SIMO – s jedním vyzařovacím kabelem)

- veřejné tunely 100% vykrytí v GSM 900 and LTE 800 (detailní požadavky na hloubku pokrytí určily mezioperátorské dohody)
- služební tunely servisní spojky mezi linkami, dojezdy do dep atd – nejsou součástí projektu

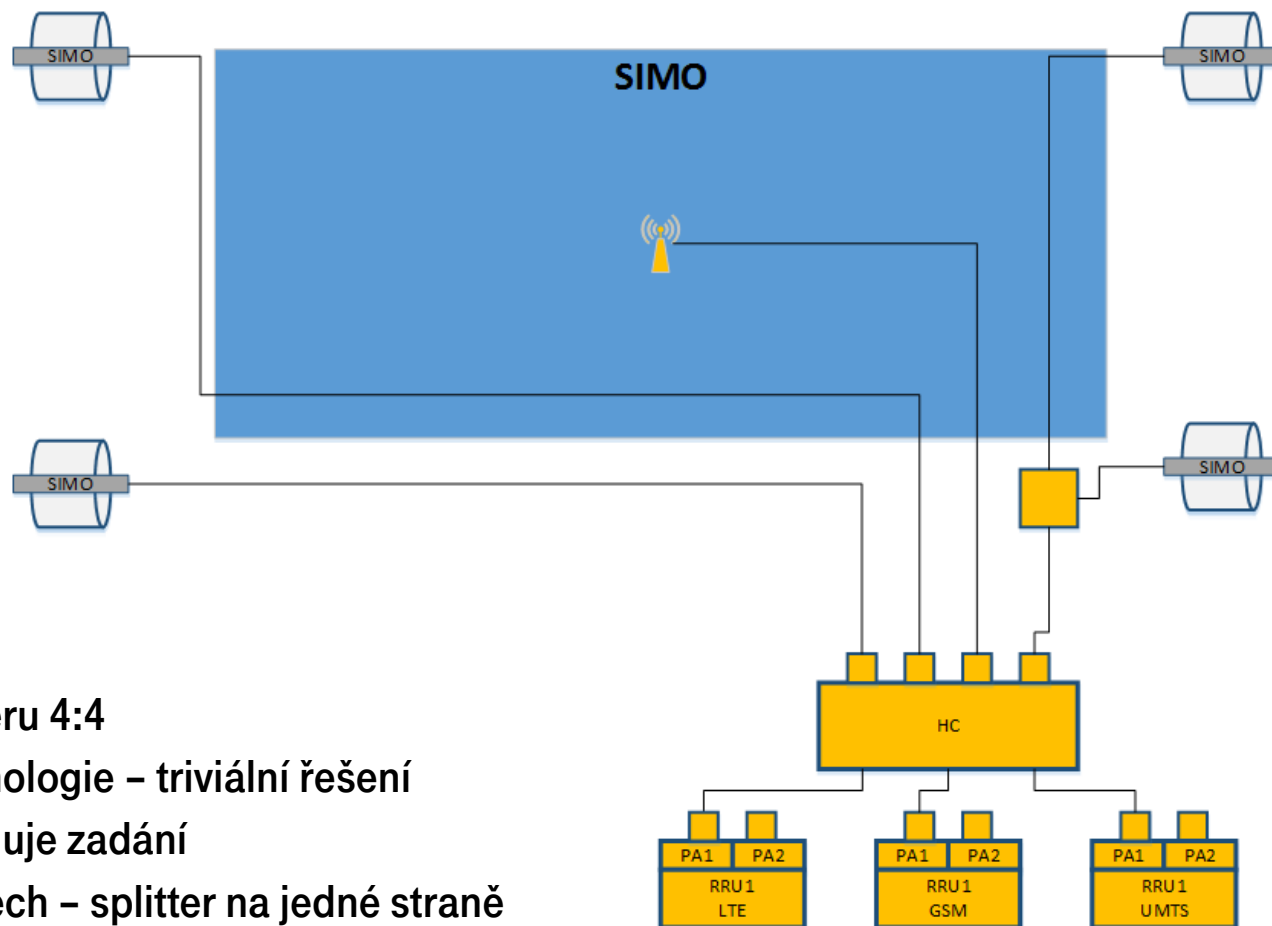
2. Architektura a RF návrh

- Multi-operátorová architektura sítě (přehled)
- Varianta návrhu SIMO stanice + SIMO tunel
- Varianta návrhu MIMO 2x2 stanice + SIMO tunel (varianta A)
- Varianta návrhu MIMO 2x2 stanice + SIMO tunel (varianta B)

Multioperátorová architektura sítě



Možnost návrhu: SIMO stanice, SIMO tunel



Vyjdeme z běžného combineru 4:4

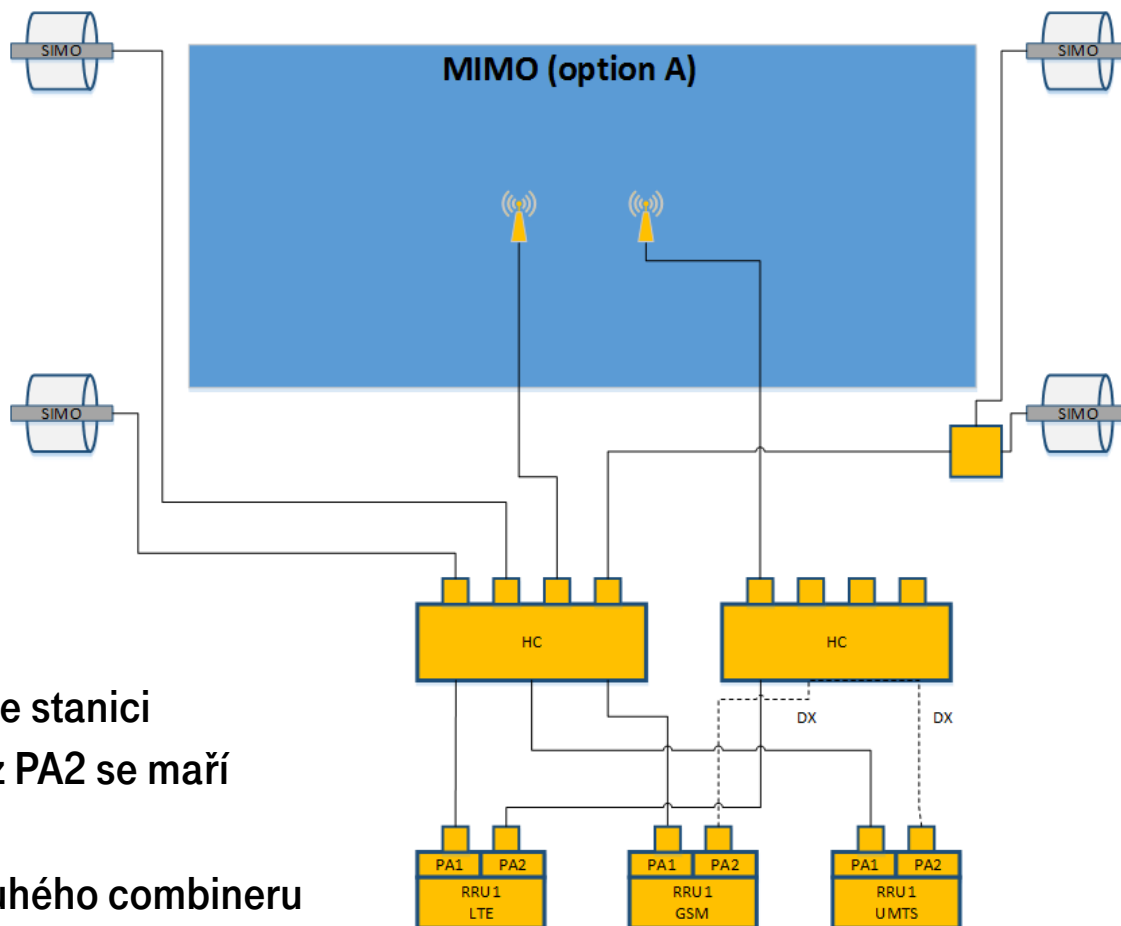
Jeden combiner, jedna technologie – triviální řešení

Stanice v SIMO modu nesplňuje zadání

Nesymetrie výkonu na tunelech – splitter na jedné straně

Nepoužito

Možnost návrhu: MIMO stanice, SIMO tunel (varianta A)



Přidán druhý combiner pro MIMO 2x2 ve stanici

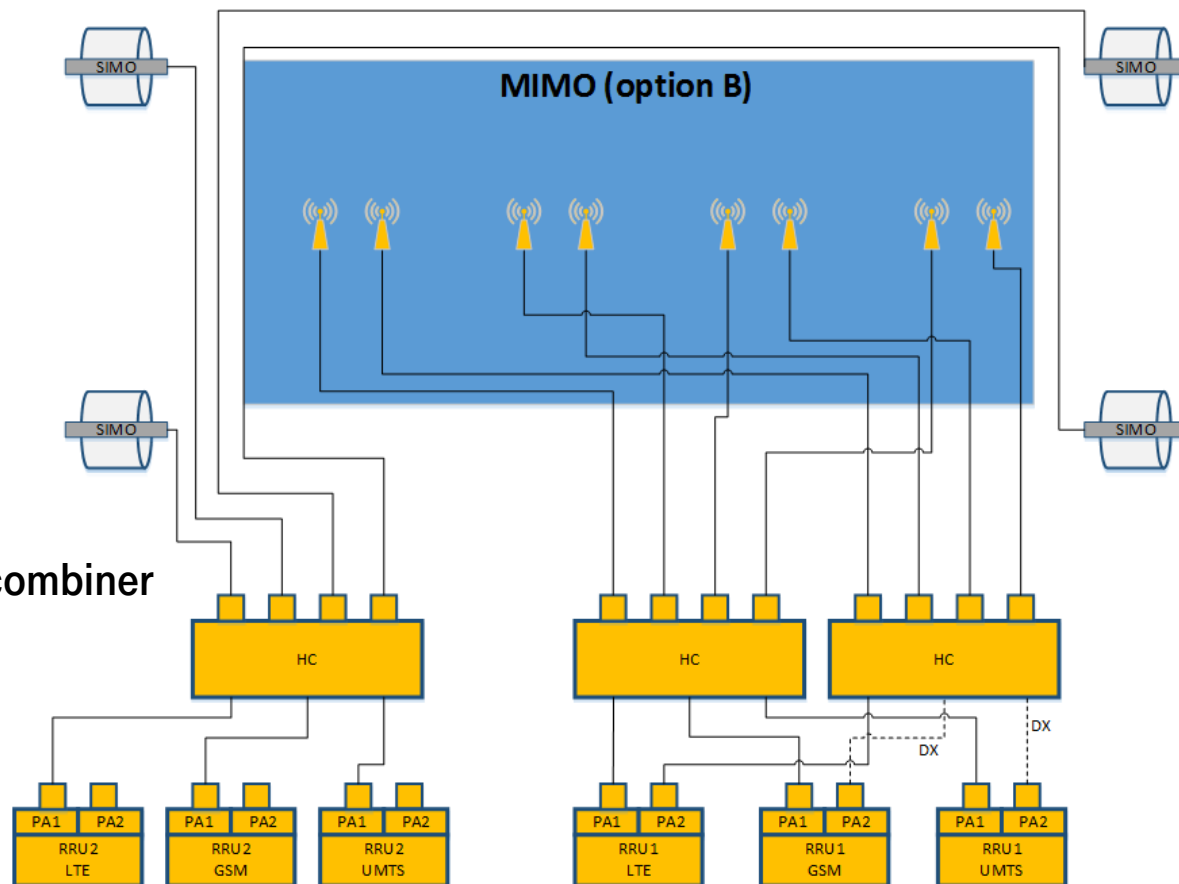
Pouze výkon z PA1 napájí tunel, výkon z PA2 se maří

Nesymetrie tunelů zůstává

Nutné výkonové loady na výstupech druhého combineru

Nepoužito

Možnost návrhu: MIMO stanice, SIMO tunel (varianta B)



Přidána druhá technologie a třetí combiner
Nesymetrie tunelů vyřešena
Prostorově a finančně neúnosné

Nepoužito

Finální návrh: MIMO stanice, SIMO tunel

Nutno provést následující úpravy:

1. Combiner redesignovat na trojvstupý/trojvýstupý 3:3 (poptat specifický prvek u výrobce)
 - výstup Tunely směrem vzad (+ doplnit rozdělení mezi dvě tunelové roury + zrušit MIMO do kabelu)
 - výstup Stanice (zde zachovat MIMO 2x2 do antén)
 - výstup Tunely směrem vpřed (+ doplnit rozdělení mezi dvě tunelové roury + zrušit MIMO do kabelu)
2. Použít jednu technologii a dva combinery zapojené zcela symetricky - MIMO 2x2 (výstup A, výstup B)
3. Přidat dva nové hybridní combinery 2:2 do obou tunelových výstupů (do místa mezi jednotlivé koleje)
 - ruší MIMO 2x2 v místě před vyzařovacím kabelem svou přenosovou funkcí $A+B = \frac{1}{2}(A+B) + \frac{1}{2}(A+B)$
 - dělí signál rovnoměrně mezi dvě tunelové roury (je zapojen jako „dvouvstupý splitter“)

Jedna technologie, plná symetrie, MIMO 2x2 na staničním výstupu, SIMO na tunelech, nikde výkonové loady

1/3 výkonu do tunelů vzad a napůl mezi obě koleje (jako SIMO)

1/3 výkonu do stanice (jako MIMO 2x2)

1/3 výkonu do tunelů vpřed a napůl mezi obě koleje (jako SIMO)

Schváleno pro celé metro

3. Komponenty a instalace, provoz

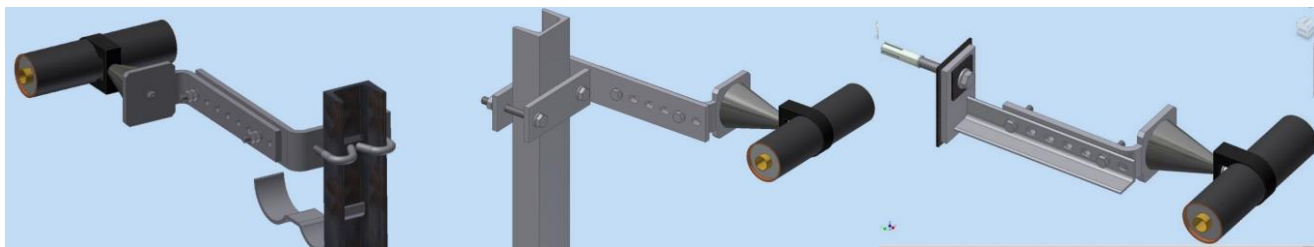
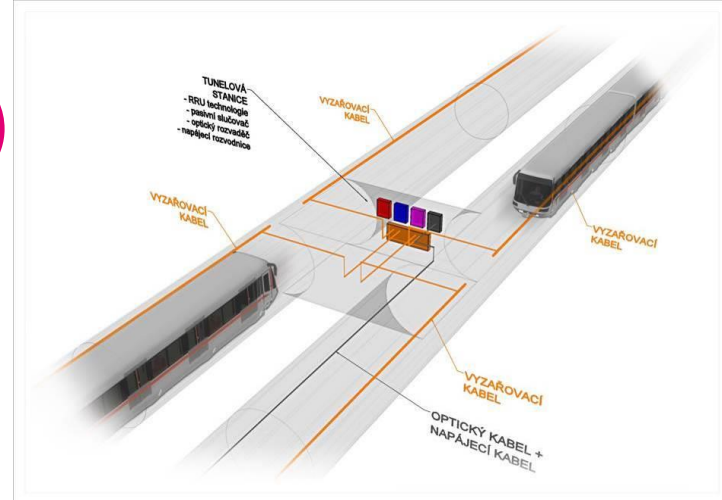
- Vyzařovací kabel
- Hlavní slučování operátorů - combiner
- Instalace technologie (foto)
- Instalace vyzařovacího kabelu (foto)
- Problémy a budoucí výzvy

Kabel 13/8" RAYS 158-50 JFLA (RFS)



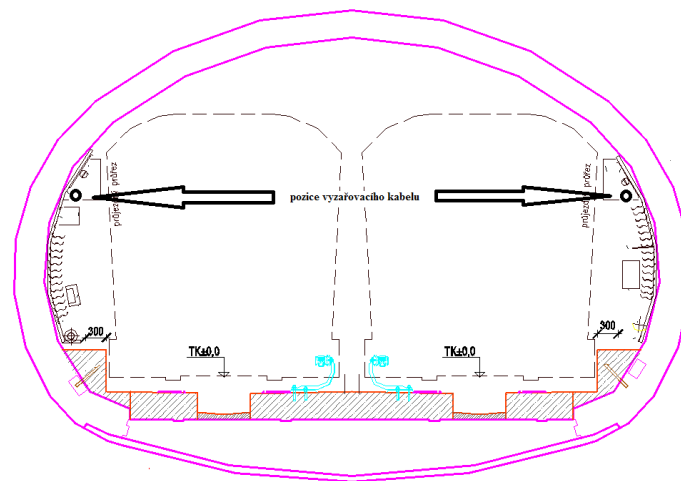
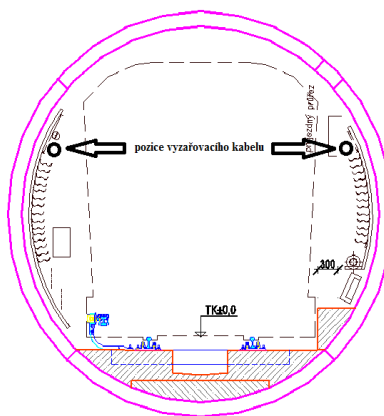
RAY cable, A-series

- Superior electrical performance in 610 to 2700 MHz
- Optimized for 4G / 3G / 2G wireless services incl. LTE
- Optimized for mission critical (safety) wireless services (e.g. Tetra / GSM-Rail)
- Optimized for high frequencies and digital transmission
- Ultra wideband from 75 to 2700 MHz
- Low coupling loss variation
- Designed for a variety of in-tunnel applications



PERFORMANCE			
Frequency, MHz	Longitudinal Loss, dB/100 m (dB/100 ft)	Coupling Loss 50%, dB	Coupling Loss 95%, dB
75	0,54 (0,16)	69 (73)	78 (82)
150	0,77 (0,23)	78 (82)	90 (94)
610	1,65 (0,50)	72 (76)	75 (79)
700	1,80 (0,55)	66 (70)	70 (74)
800	2,03 (0,62)	63 (67)	67 (71)
900	2,48 (0,76)	59 (63)	60 (65)
960	3,03 (0,92)	57 (61)	58 (63)
1700	4,20 (1,28)	57 (61)	61 (65)
1800	4,15 (1,26)	58 (63)	62 (67)
1900	4,04 (1,23)	57 (61)	61 (66)
2000	4,15 (1,26)	58 (63)	62 (66)
2100	4,28 (1,31)	59 (63)	63 (67)
2200	4,72 (1,44)	60 (65)	64 (69)
2400	5,70 (1,74)	61 (65)	72 (75)
2500	4,20 (1,28)	65 (68)	76 (79)
2600	4,22 (1,29)	66 (70)	76 (80)
2700	4,30 (1,31)	67 (71)	75 (79)

Standard conditions

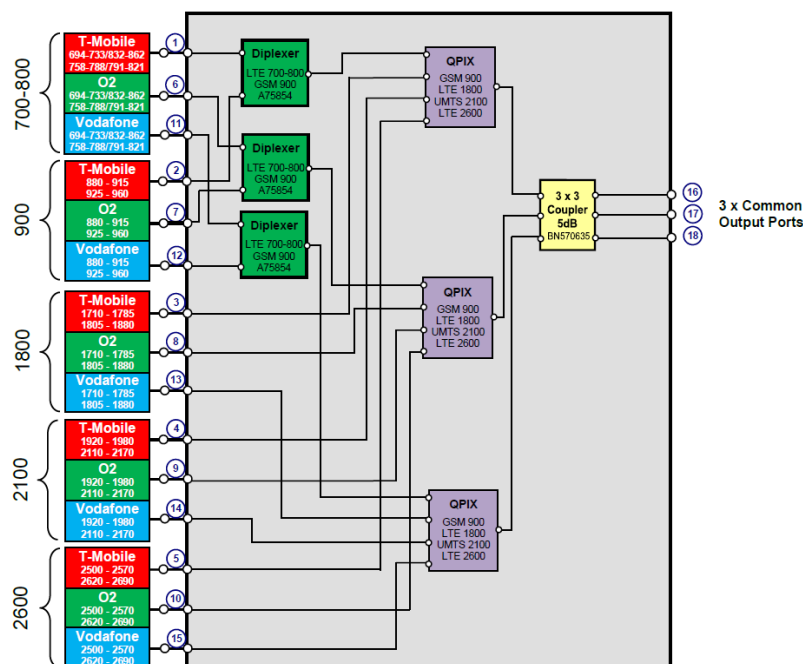


Hlavní slučování - combiner Spinner 3:3

BN570203-LV

Compact design
For Wall installation

1200 × 600 × 150 mm
(W x H x D)
Outdoor box
Approx. 86 kg



Insertion loss:

(BTS/NODB-Ports -> Output)

ALL

7.0 dB max.*

*(splitting losses included - Three common outputs)

Insertion loss flatness (p-p):

< +/- 1.0 dB

Isolation (Interband):

All ↔ All

50 dB min.

Isolation (Intraband):

All ↔ All

30 dB min.
(measurement with 50 Ohm matching on output ports)

PIM 3rd order (2 x 43 dBm):

-160 dBc typ. (-155 dBc max.)

Impedance:

50 Ohm

Connectors:

4.3-10 female

VSWR : (BTS/NodeB-Ports)

1.25 typ. (1.40 max.)

Power Rating:

Per Input:

60 W max.

Peak to Average Power Ratio:

8.5 dB max.

Group delay:

250 ns max.

Group delay variation:

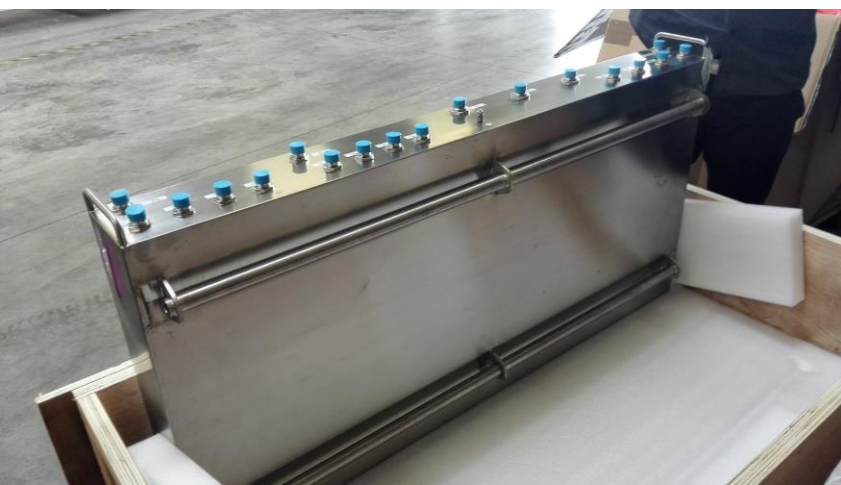
LTE:
UMTS:

20 ns max. in any 180 kHz sub-band
15 ns max. in any 5 MHz sub-band

Degree of protection:

Mated / 1bar, 1h, ≤18°C

IP 65



Instalace vysílací technologie (RRU hnízdo + combinery)



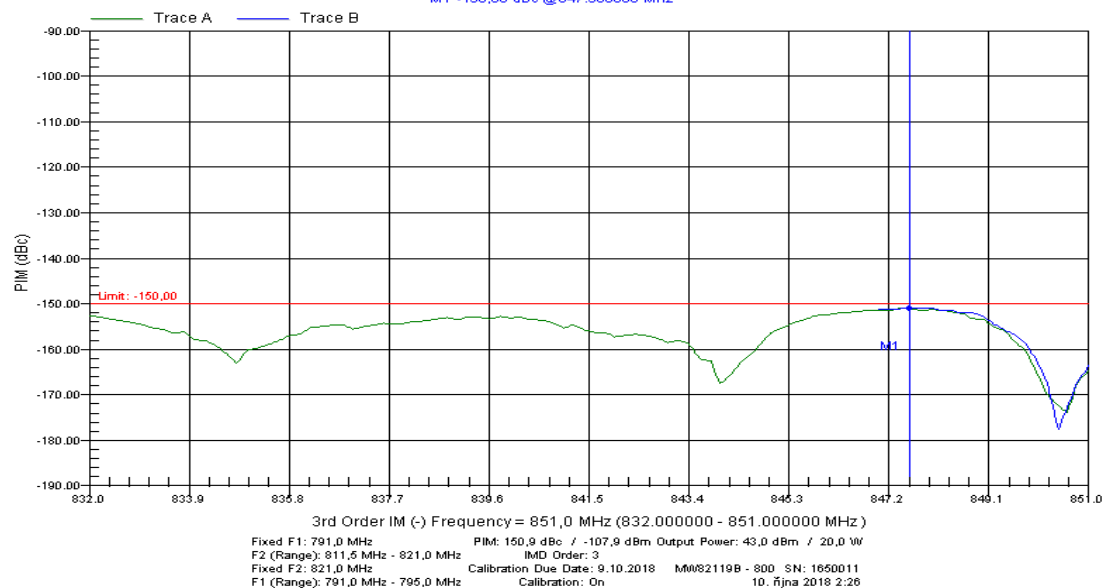
Instalační délka cca 10m + SHZ (hasicí zařízení)

Instalace vyzařovacího kabelu



Swept PIM
K2-8 PP-PN

M1 -150.88 dBc @847.580000 MHz



- Instalace:
- vložení kabelu do hotových příchytok (vlak + 8-10 lidí)
 - srovnání kabelu do příchytok a utažení (4-5 lidí v tunelu)
 - průjezdný profil (vlak / šablona + instalační četa na okamžitý zásah)

Max 550m na cívce, max 1.100m za směnu (2 vozy s cívkami na vlaku / 1 průjezd)



Problémy a výzvy

Stále je prostor pro vylepšení těchto (i dalších) aspektů:

Stabilita:

bezpečná a nezranitelná instalace

kvalita práce + preciznost řešení kabelů

neznámé chemické látky v tunelu, náročné prostředí

teplotní, mechanické, tlakové rázy + různé vibrace

opakovaně se povolující konektory (příčina se hledá) – pro 4.3-10 konektory jen 5 Nm

bludné DC proudy – elektrolýza, přenos materiálu, koroze, nelineární úsady, ...

Linearita:

celý systém – antény + jumpery (pájení RoHS!!), kabely, ohyby kabelů, konektory, ...

okolí a prostředí (spoje různých kovů, vlhko, kovový otěr z brzd a kolejí, prach, ...)

ko-existence operátorů – zarušení RX cest IM produkty všech řádů (ze systému i z okolí)



Děkuji 😊