

WiFi workshop

**Problematika  
rušení  
meteorradaru  
provozem RLAN**

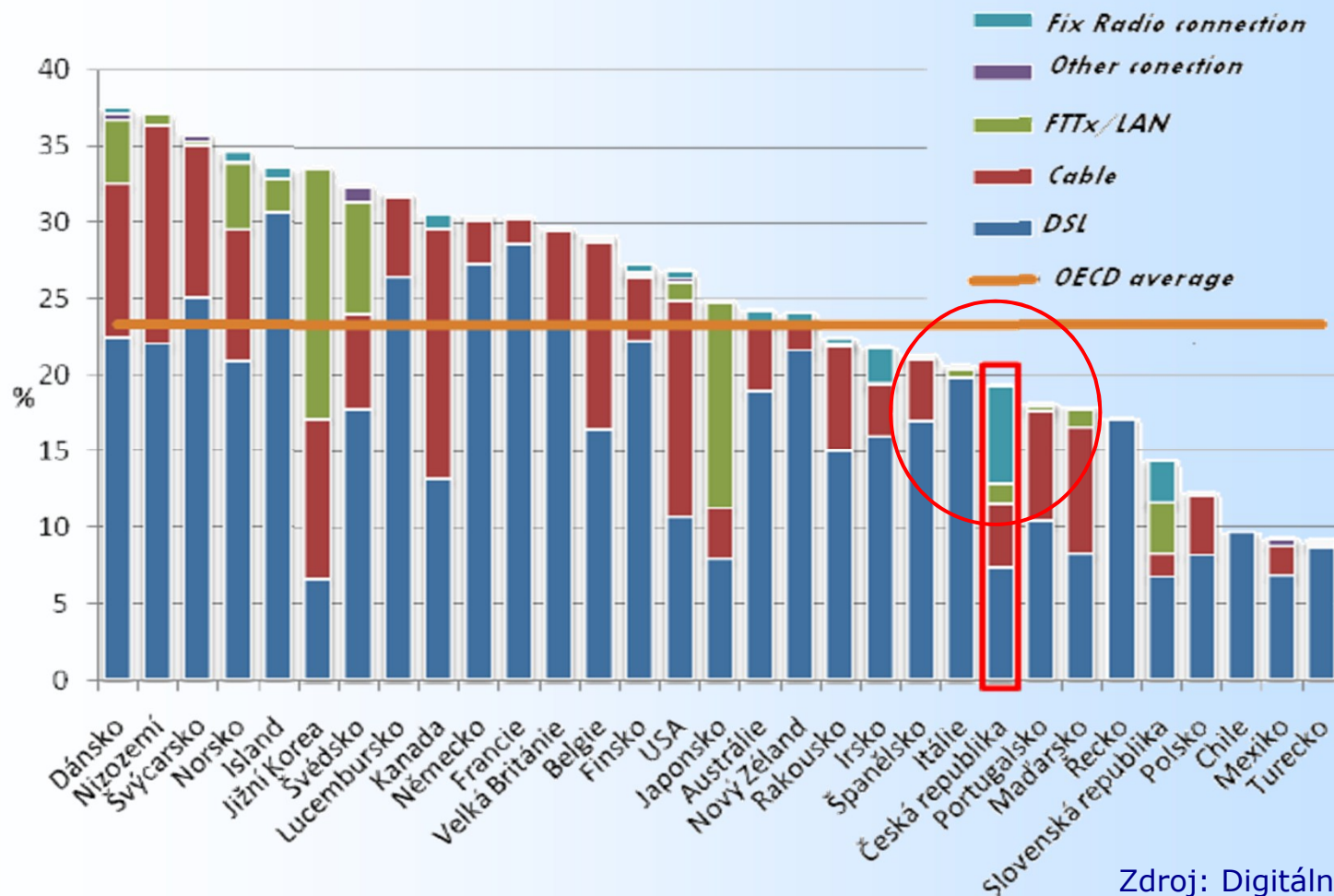


Petr Holec  
Český telekomunikační úřad

# Obsah

- a) Pásmo – 5,5 GHz situace v ČR, trendy
- b) Vztažné předpisy, návaznost
- c) DFS – stanovisko CEPT, ADCO R&TTE
- d) Statistika rušení MR
- e) Radarová síť ČHMÚ, parametry
- f) Výkonová relace RLAN/MR (e.i.r.p. RLAN vs citlivost MR)
- g) Lokalizace zdrojů rušení MR
- h) Často kladené otázky

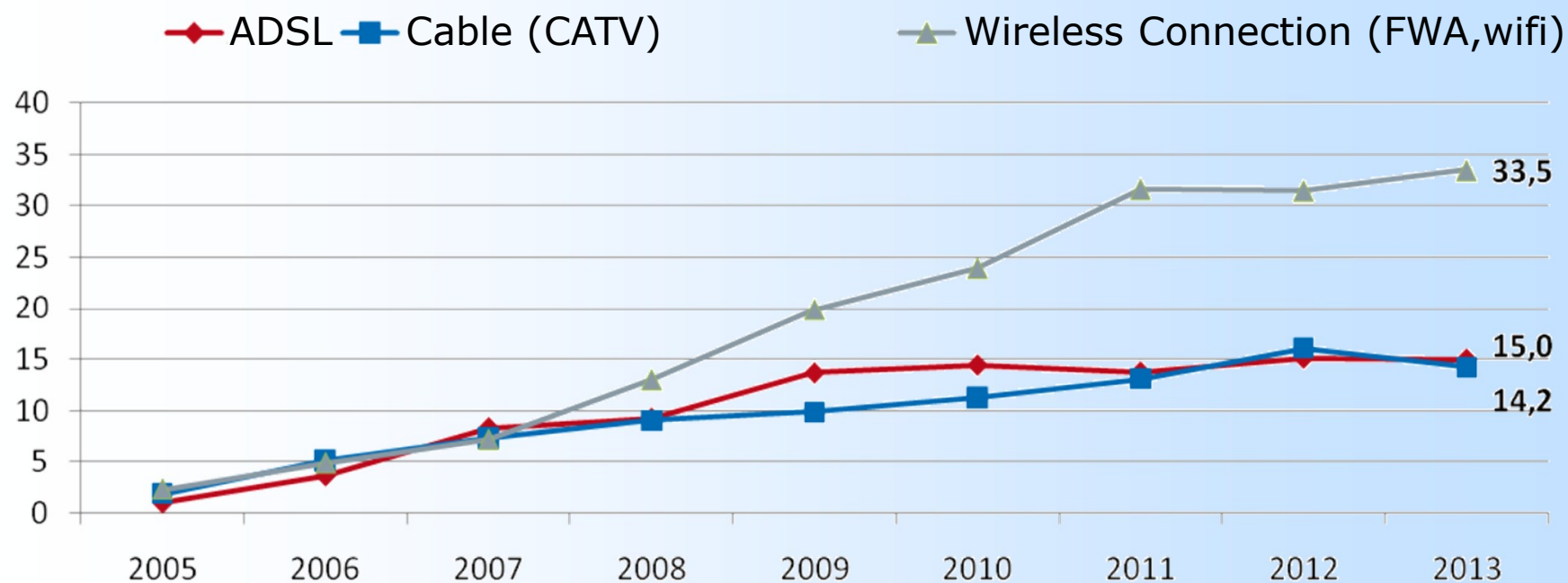
# Poměr internetového připojení na 100 obyvatel podle typu konektivity



Zdroj: Digitální Česko

## Vývojové trendy

Širokopásmové připojení k internetu – domácnosti (%):



Zdroj: <http://www.czso.cz>

## Situace v ČR

- 1/3 připojení k Internetu je v ČR řešena FWA/RLAN
- WiFi – dominantně používán standard IEEE 802.11, proprietární protokoly zastoupeny procentuálně výrazně méně (Canopy Motorola, Trango, Tsunami).
- ČTÚ eviduje cca 1 700 registrovaných subjektů poskytujících připojení přes WiFi.
- Množství AP a P-P spojů je odhadován na 140 000, odhad počtu WiFi uživatelů cca 1 100 000.

## Situace v ČR – 802.11h

- Tento způsob přístupu k internetu se odráží v masivním využití kmitočtového pásma 2,4 GHz a **5,5 GHz**.
- Pro koexistenci takového množství WAS/RLAN zařízení je naprosto nezbytné používat „techniky přístupu ke spektru a zmírnění rušení...“ - písm. e) a f) VO-R/12,
- Základní definice tzv. *Spectrum Management Services* je uvedena ve standardu 802.11h-2003

Jedná se o

- TPC - *Transmit Power Control*

- DFS - *Dynamic Frequency Selection*

---



## Situace v ČR – ETSI EN 301 893

- V rámci Evropy jsou tyto techniky závazně definovány v harmonizovaném standardu **ETSI EN 301 893 aktuálně V1.7.1.**
- Z hlediska koexistence s ostatními RLAN zařízeními a se systémy rádiového určování (radarovými službami) má zvláštní význam technika **DFS.**
- Jejím účelem je zajistit:
  - rovnoměrné rozprostření zátěže spektra,
  - zabránit rušení systémů rádiového určování

## Stanovisko CEPT

- V rámci CEPT se problematikou účinnosti DFS a současnou situací vzhledem k rušení meteorologických radarů zabývala od r. 2011 ECC WGFM /SRD – výstupem je
- ECC Report 192 - The Current Status of DFS (Dynamic Frequency Selection) In the 5 GHz freq. range
  - Schválen 02/2014
- Závěry
  - Studováno 200 případů rušení - kategorizace
    - Deaktivací DFS – nelegální užití (většina)
    - Non-compliant equipment (neshoda zař.)



# Stanovisko CEPT –Rep. 192

## Závěry

- Pokud RLAN ruší MR deaktivovaným DFS, (současně PoS pro EN 301 893 V1.5.1 a vyšší) regulátor nesmí dovolit jeho další provoz tím, že odstraní rušení
  - přeladěním VRZ na jiný kanál,
  - re-aktivací DFS,
  - snížením Tx výkonu.
- Zajistit informovanost v rámci EU s cílem stáhnout daný výrobek z trhu EU,

## Stanovisko CEPT –Rep. 192

### - Závěry - pokračování

- Případy rušení MR zařízeními podle EN 301 893 V1.4.1 a nižší řešit individuálně,
- Publikovat případy Non-compliant zařízení v rámci EU s cílem „vychovat“ obchodníky a uživatele,
- Nebyly zjištěny nedostatky ve specifikacích DFS mechanismu podle 301 893 V1.5.1 a vyšší,
- V rámci Evropy nebyl reportován případ, kdy by funkční DFS podle V1.5.1 a vyšší nezajistilo ochranu MR

## Stanovisko CEPT –Rep. 192

### - Závěry - pokračování

- Zařízení ve shodě s verzí 1.5.1 a vyšší nesmí umožnit přímý a nepřímý zásah uživatele do funkce a parametrů DFS:
  - přímý – deaktivací DFS,
  - nepřímý
    - změnou regionu (s jinými požadavky na DFS),
    - downgrade firmwaru na nižší verzi s jinými požadavky na DFS,
    - download SW/firmware určeným k provozu v EU.

## ADCO R&TTE průzkum trhu

- 11/2012 – 03/2013 evropský průzkum trhu zařízení RLAN s důrazem na shodu s EN 301 893 V1.5.1 a vyšší,
- Zpráva publikována 10/2013,
- Účast 21 zemí (mimo ČR),
- Kontrola 64 náhodně vybraných RLAN pro pásmo 5250-5350 a 5470-5725 MHz,

### Zjištění

- 61 ks vybaveno DFS,
- Ve 22 případech (34%) zjištěna možnost přímé deaktivace DFS v zařízení (návod na deaktivaci buď v manuálu nebo na webu),

## ADCO R&TTE průzkum trhu

- Ve 38 případech (59%) zjištěna možnost nepřímé deaktivace DFS změnou volby země,
- V plné shodě s hodnocenými požadavky pouze 18 zařízení (28%)!

### Závěry

- Shoda testovaných vzorků zařízení s požadovanými standardy obecně velmi nízká,
- ADCO R&TTE ve spolupráci s ECC, ETSI a průmyslem musí zajistit podstatné zvýšení shody produktů RLAN se základními požadavky,

# ADCO R&TTE průzkum trhu

## Závěry – pokrač.

- Výzva k národním autoritám (v ČR ČTÚ a ČOI) k urychlenému odhalování „non-compliant“ produktů a jejich stažení z evropského trhu,
- Mezinárodní informovanost a spolupráce,
- Podstatně zvýšit počet kontrol RLAN 5 GHz až do zlepšení situace.

# Statistika stížností na rušení MR

## Česká statistika

Rok	2011	2012	2013	08/2014
Počet případů	30	89	108	89

## Evropská statistika 2012, 2013

Rok	Celkem případů / lokalizováno	CZ	GER	HUN	BEL	FR	I	RO	UK	SVK	ESP	TUR
2013	158/110	108/92	5/2	4/4	2	2	3/2	3/3	-	17/0	11/2	-
2012	283	89	3	64	0	0	-	2	15	0	16	95

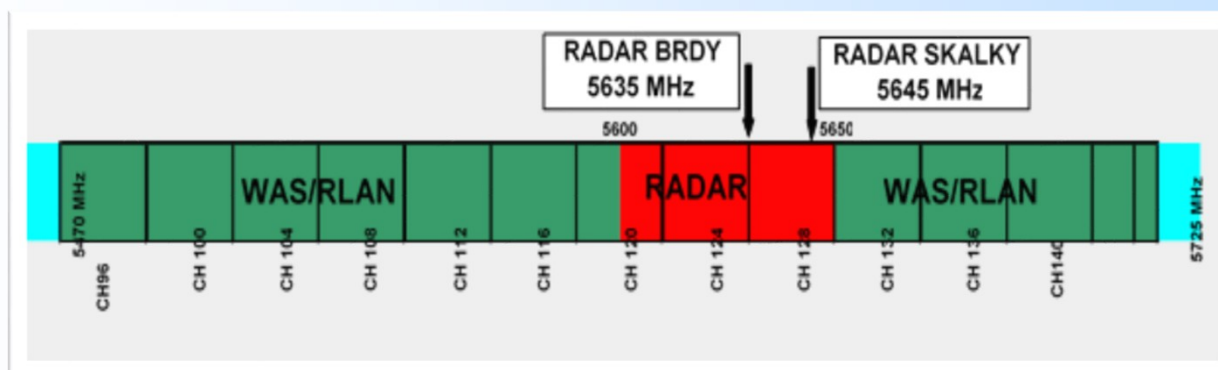
## Statistika stížností na rušení MR

- Množství stížností je vzhledem k praxi zavedené v ČR relativně malé. Důvodem je nutnost měření na výstupním konektoru antény radaru.
- Zdroj rušení je pak jednoznačně specifikován azimutem, MAC, příp. SSID, úrovní signálu.
- Nutnost vypnutí radaru a přerušení dodávky dat – proto prováděno hlavně při plán. odstávkách a údržbě.
- Tato praxe je ojedinělá min. v Evropě.
- Ostatní administrace dohledávají zdroj rušení pouze spektrálním analyzátozem – takový přístup se vzhledem k hustotě využívání spektra 5,5 GHz v ČR používá jen pro systémy Canopy.



# Situace v pásmu 5,5 GHz

- V ČR provoz WAS/RLAN podle VO-R/12/09.2010-12.
- Meteorologické Radary podle IO č. 153651



VO-R/12/09.2010-12 vychází z CEPT/ERC/REC 70-03, EC Dec. č. 2011/829/EU, ECC/DEC/(04)08.

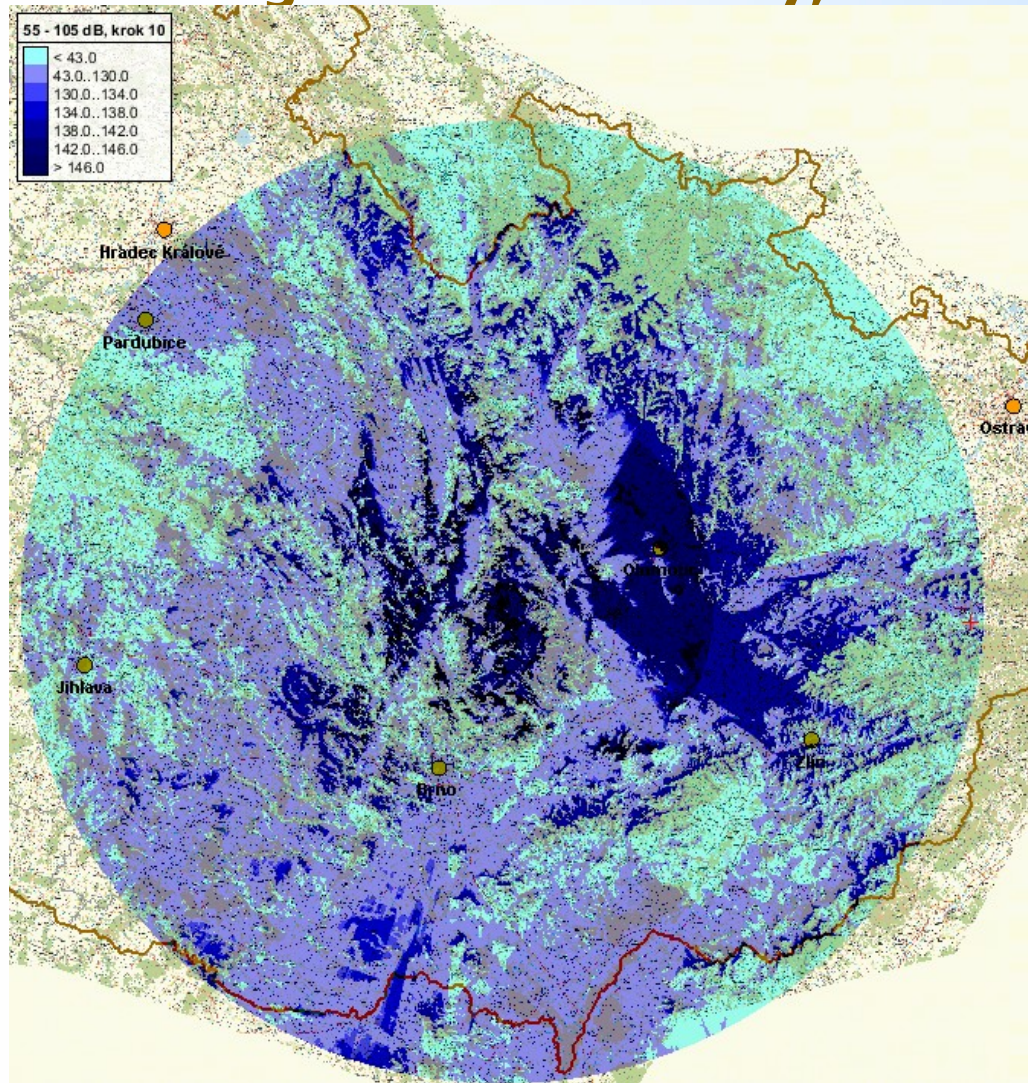
## Radarová síť ČHMÚ – technické parametry

	Skalky u Protivanova	Brdy - Praha
Souřadnice	16 47 18 / 49 30 03	13 49 04 / 49 39 28
Nadmořská výška	730 m	860 m
Výška antény	37 m	56 m
Typ radaru	Gematronik METEOR 360AC	EEC DWSR-2501 C
Pracovní kmitočet	5645 MHz	5635 MHz
Impulsní výkon	250 kW /54 dBW	305 kW /54,8 dBW
Průměr antény	4,2 m	4,27 m
Zisk antény	44 dB	45 dB
Polarizace	Lin. horizontální	Lin. horizontální
Délka pulsu	0,8 $\mu$ s	0,8 $\mu$ s
Opakovací frekvence	584 Hz	584 Hz
Min. detekovatelný signál	-109 dBm	-110 dBm
Interval měření	5 min	5 min

## Radarová síť ČHMÚ – technické parametry

- Interval měření – 5 minut
- Anténa MR se otáčí po šroubovici ve 12ti elevacích,
- V elevacích  $0,1^\circ$  a  $0,5^\circ$  rychlost otáčení  $15^\circ/\text{s}$  – zde maximální výskyt rušení,
- Elevace  $0,9^\circ$  a  $1,3^\circ$  - rychlost  $18^\circ/\text{s}$ ,
- Přesnost elevace  $0,1^\circ$ ,
- Na web stránky ČHMÚ jdou data jen jednoho ze tří 5ti min. měření, ostatní pro platící zákazníky,
- V případě měření na odstaveném MR se měření provádí pouze ve statisticky „nejzarušenějších“ azimutech.

# Výkonová relace MR/RLAN – výkonové pokrytí signálem MR Skalky, model Free Space



Výpočet do vzdálenosti 100 km, pro anténu  $Rx_h = 10m$

$E_{MIN} = 43 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  odpovídá

minimální citlivosti  $DFS_{MIN} = -64 \text{ dBm}$

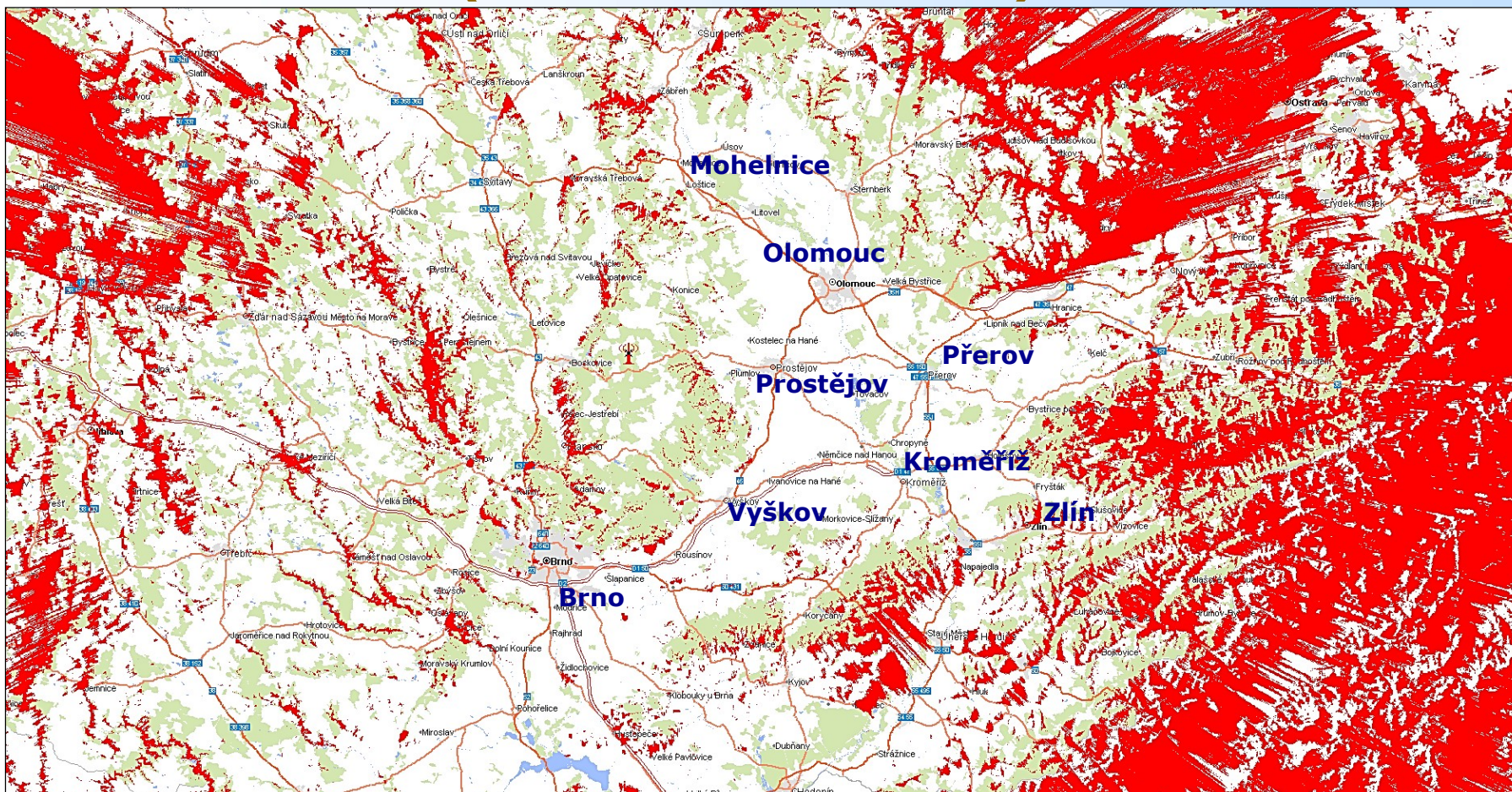
pro

$G_{RX} = 0\text{dBi}$ ,  $b = 0\text{dB}$

*Dle ETSI EN 301 893 V1.7.1 (2012-06) Část 4.7, Annex D.*

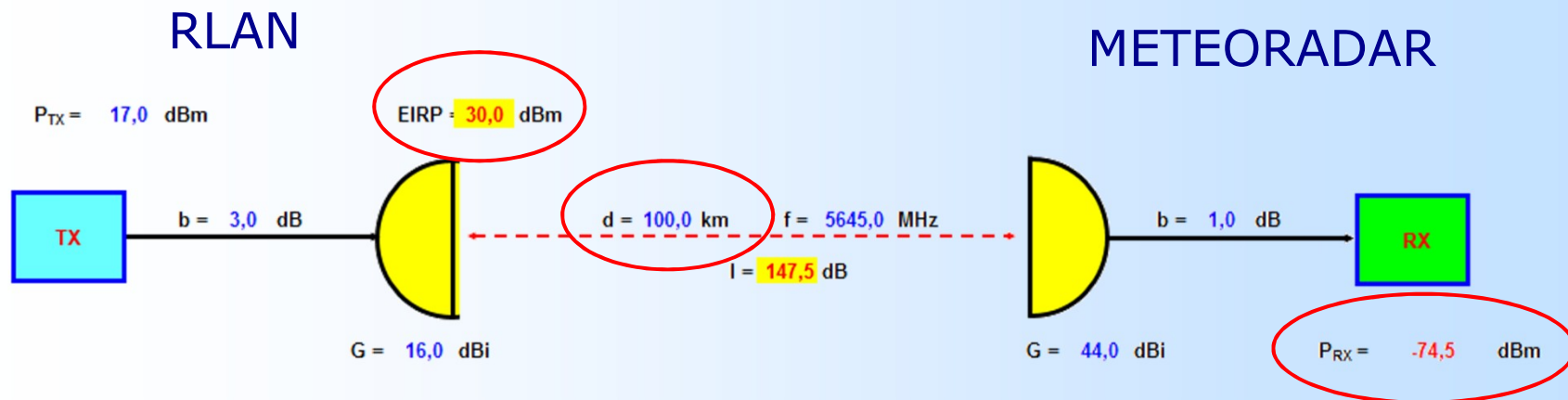
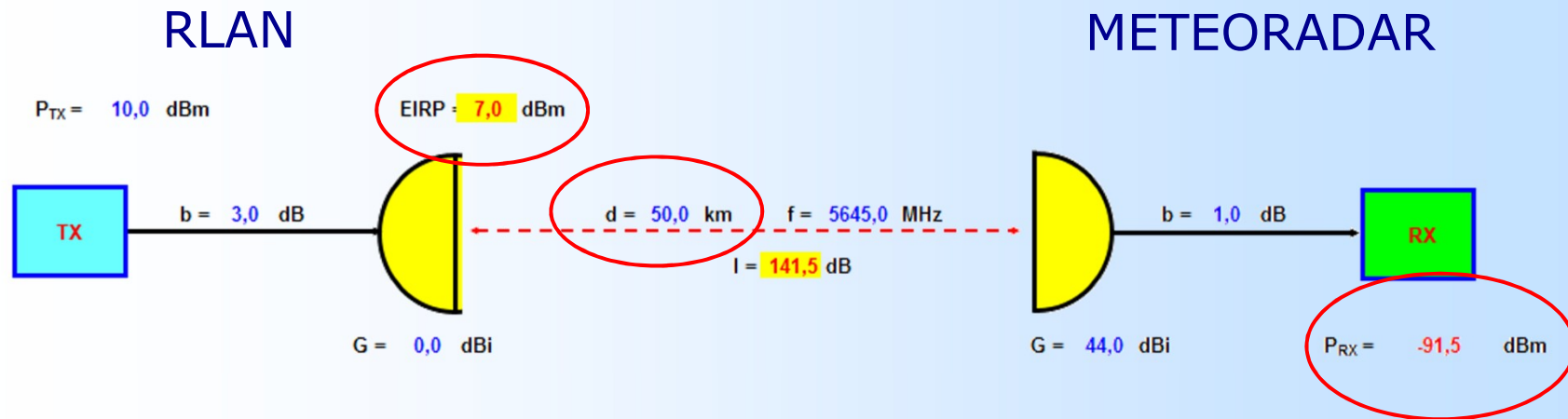


# Výkonová relace MR vs $RLAN-DFS_{MIN}$ (model šíření ITU 452)



Červená barva – výkon signálu MR odpovídající min. citlivosti  $DFS_{MIN} \leq -64$  dBm, ostatní místa  $P_{RX} > -64$  dBm

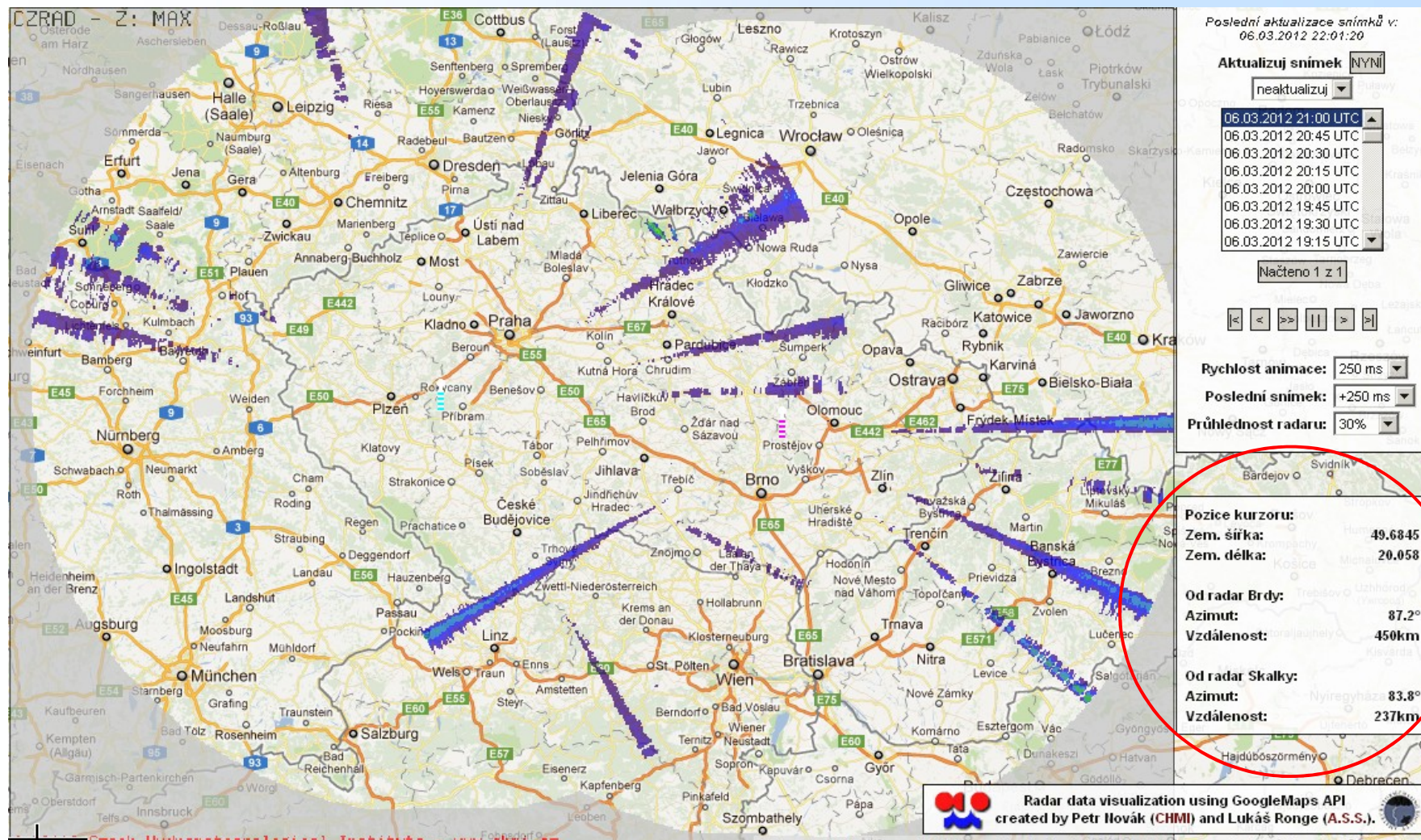
# Výkonová relace RLAN/MR (model Free Space)





# Vizualizace nefiltrovaných dat meteoradaru

<http://radar4ctu.bourky.cz/>



# Rušení MR – lokalizace zdroje rušení

- Ve většině případů dochází k lokalizaci na základě „měření po paprsku“. Je nutné vzít v úvahu následující skutečnosti
  - Rušení MR je viditelné jako paprsek v jistém úhlu od radaru. Intenzita a výraznost jsou úměrné intenzitě rušení,
  - Úhlová přesnost údajů ČHMÚ je lepší jak  $1^\circ$  - zkušenost ČTÚ,
  - Začátek paprsku **neznamená** místo zdroje rušení
    - Důvod?
    - Vysílání radaru resp. příjem odraženého signálu a přijetí signálu RLAN není v žádné časové souvislosti – není synchronizované.
    - Přijetí rušícího signálu RLAN a jeho následné zpracování jako signálu MR s vizualizací nemá žádnou časovou souvislost s vyslaným pulsem.



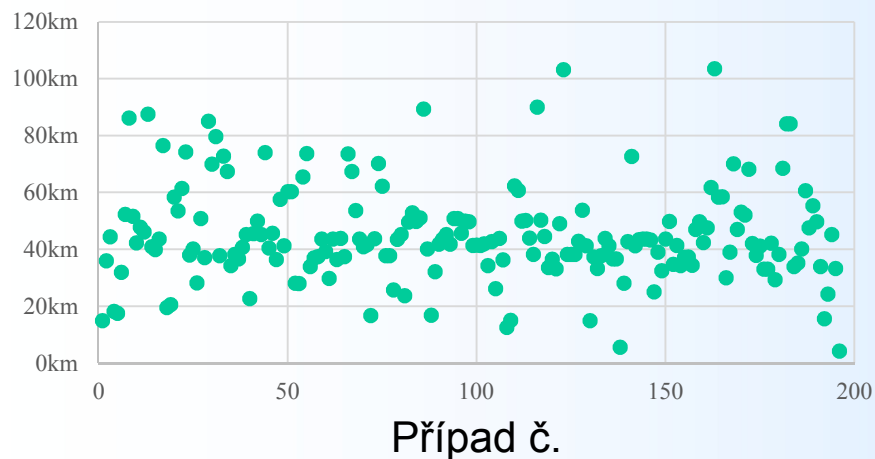
# Lokalizace zdrojů rušení

## Data OMRS Karlovice (2008 – 2013):

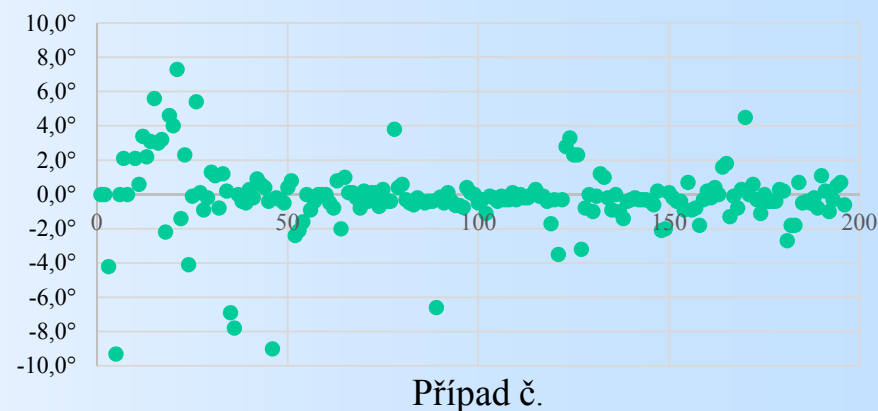
- Počty lokalizovaných zdrojů – klientů a AP:

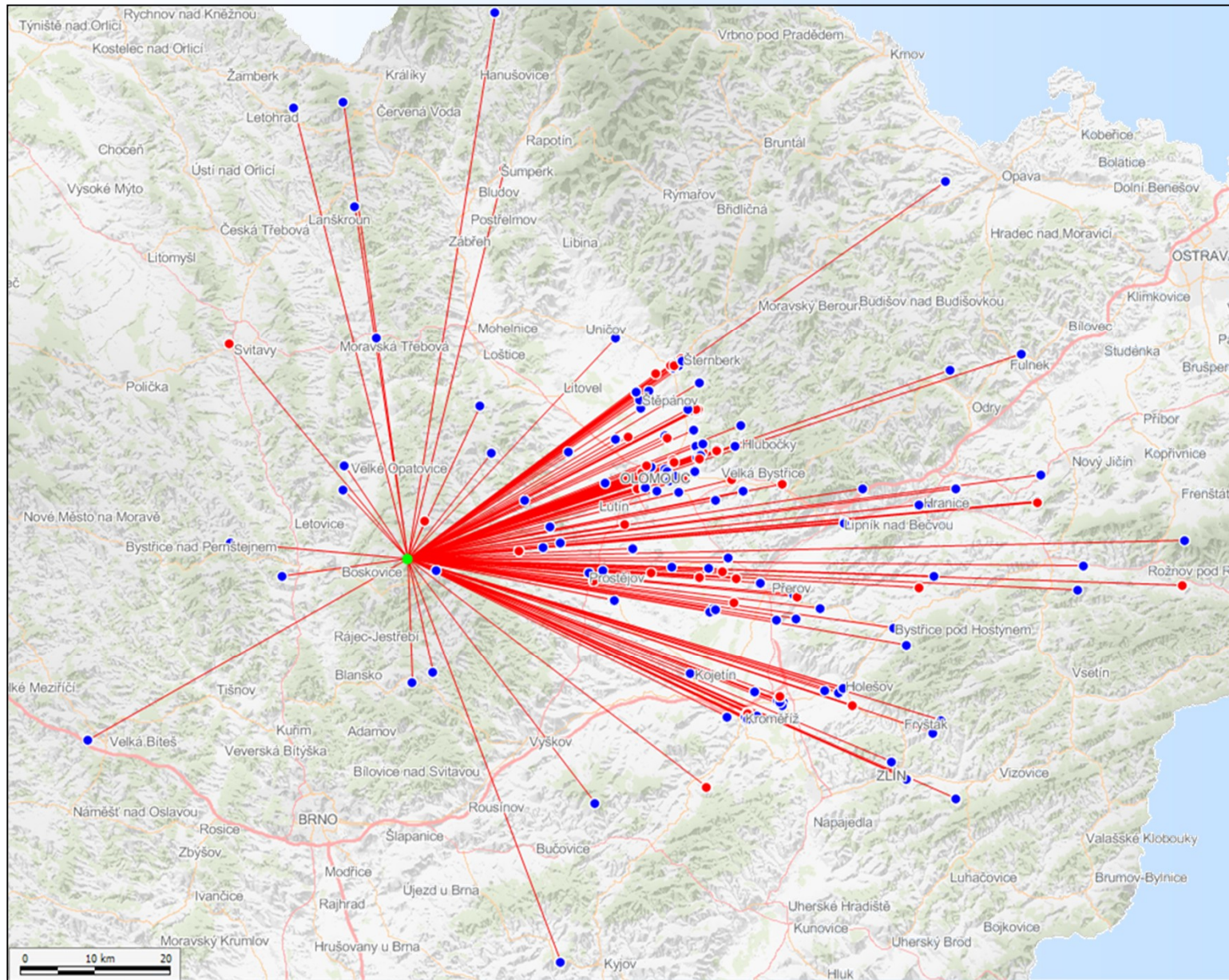
Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Klient	0	0	0	1	39	11
AP	16	25	20	23	25	36

Vzdálenost zdroje rušení od MR



Odchylka azimutu zdroje od údajů ČHMU





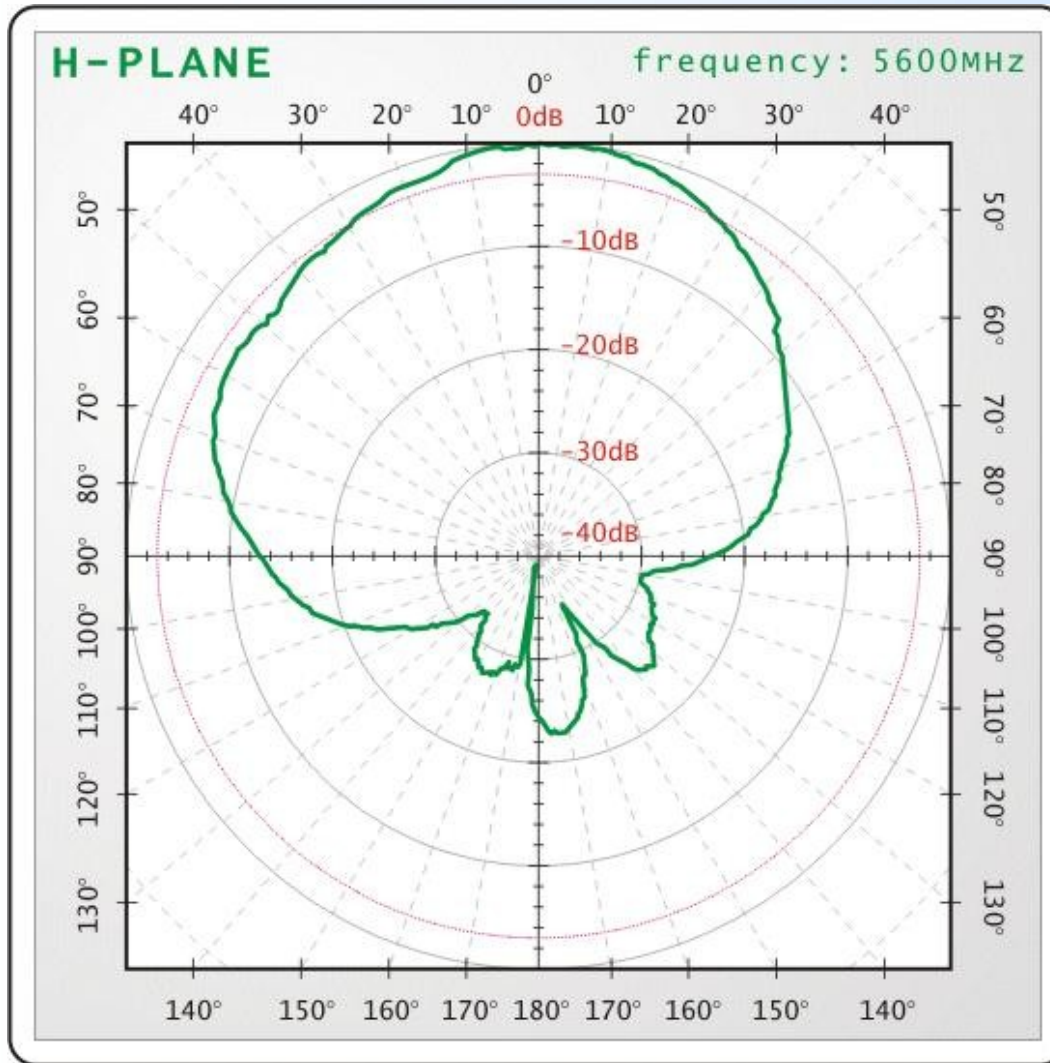
## Často kladené otázky (Q1)

Q1. U RLAN je použita anténa s vyzařovacím úhlem  $60^\circ$ . Navíc směr vyzařování antény RLAN je prakticky kolmý k MR, což je z hlediska zabránění rušení téměř ideální; jak mohu rušit MR?

A1. Není uveden typ antény, pouze vyzařovací úhel. Z velikosti úhlu hlavního laloku antény lze usoudit na použití sektorové antény. Pro tyto antény je typický široký hlavní směr záření doplněný případně o postranní laloky, které nejsou oproti hlavnímu maximu nijak výrazněji potlačeny.



## Často kladené otázky (Q1)

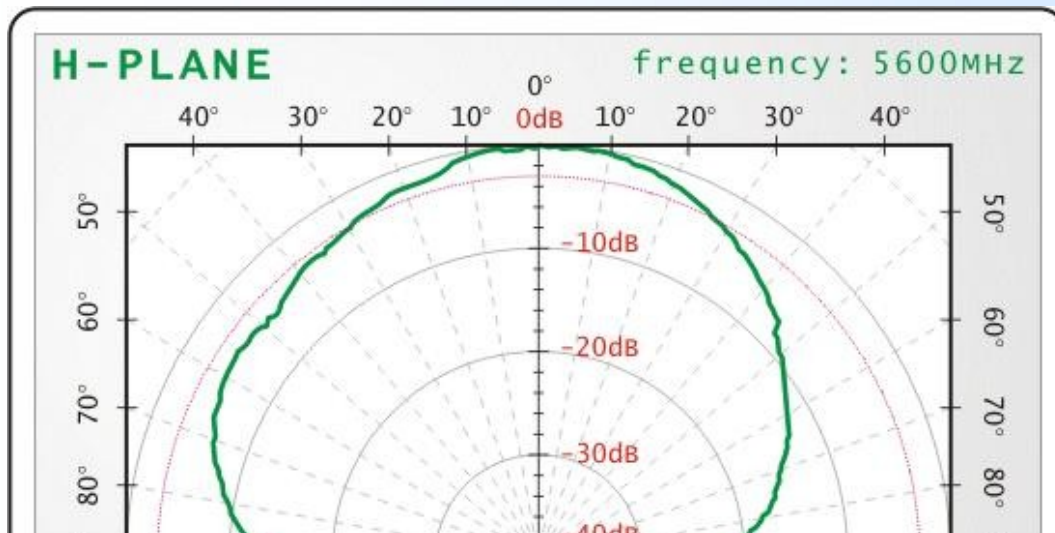


### Parametry a specifikace:

- product code INT-SEC-17/5X-H
- frequency 5150-5850MHz
- gain 17dBi
- VSWR (max) 2.0
- polarization horizontal
- beamwidth (-3dB): horizontal 60°
- beamwidth (-3dB): vertical 6°
- beamwidth (-10dB): horizontal 134°
- beamwidth (-10dB): vertical 25°
- front to back ratio > 24dB
- cross polarization > 27dB
- impedance 50Ω



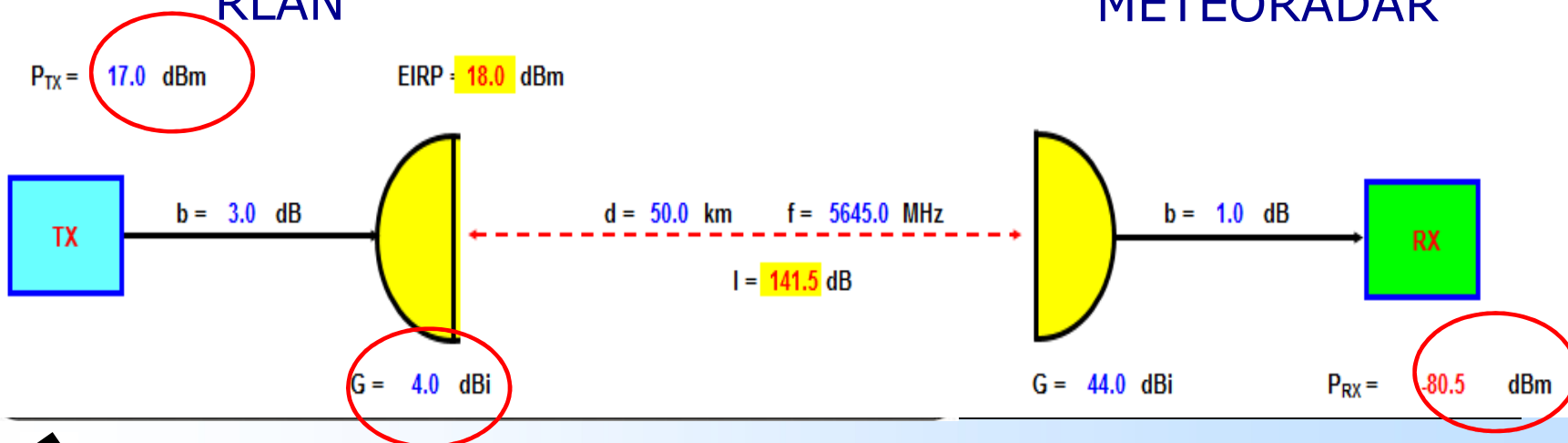
# Často kladené otázky (Q1)



## Parametry a specifikace:

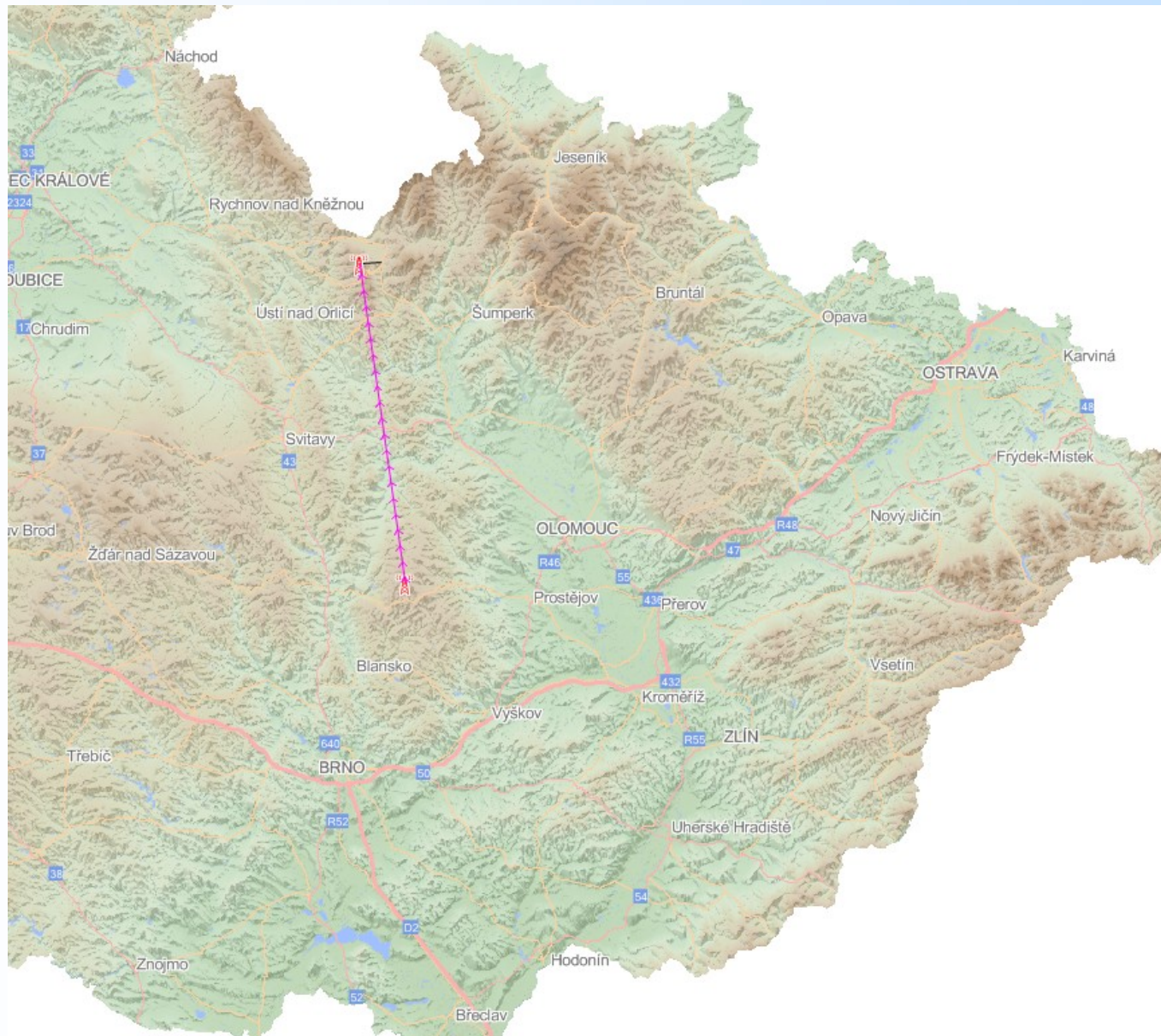
- product code INT-SEC-17/5X-H
- frequency 5150-5850MHz
- gain 17dBi
- VSWR (max) 2.0
- polarization horizontal
- beamwidth (-3dB): horizontal 60°

### RLAN

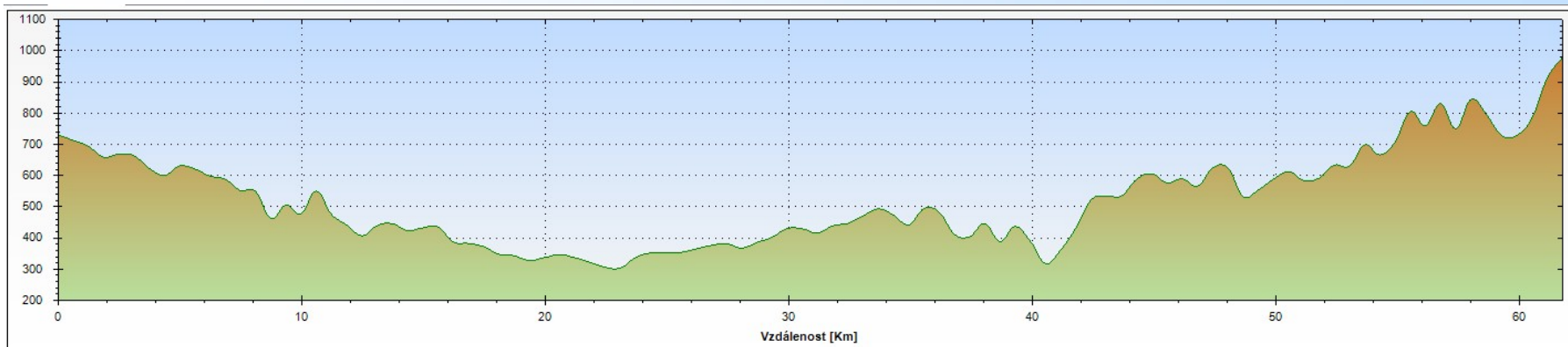


## Q1 Příklad rušení MR vs RLAN Suchý vrch

Vzdálenost RLAN – MR	63 km, 172°
Typ RLAN	RocketM5
Tx max	27 dBm
Parab. anténa	Rocket Dish RD-5G30
$G_{ant}$	30dBi
Vzdálenost spoje Suchý vrch – Červená voda	2,5 km
Úhel spoje k MR	<b>cca 90°</b>
Naměřený výkon na MR	-88 dBm







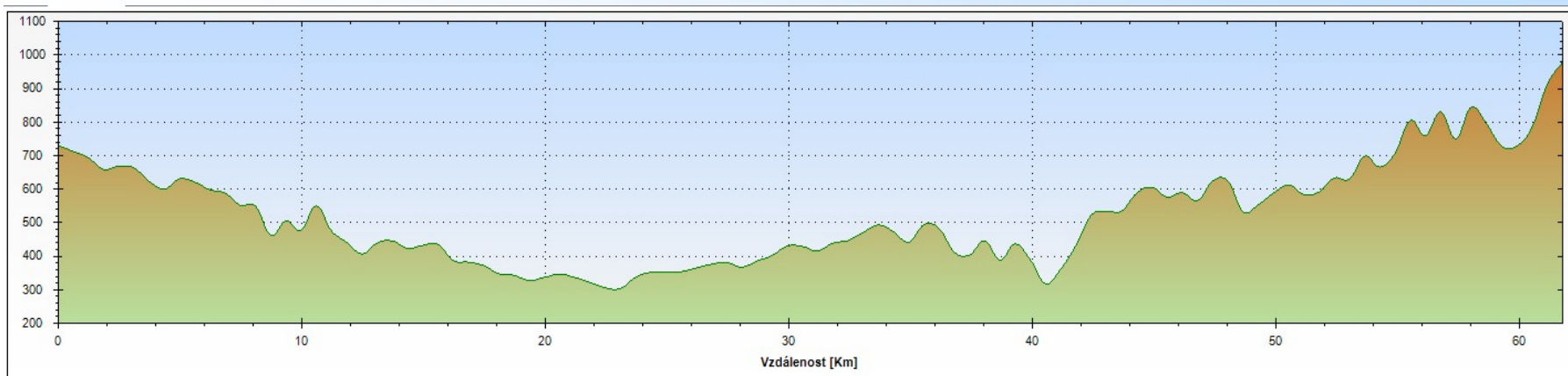
## Specifications



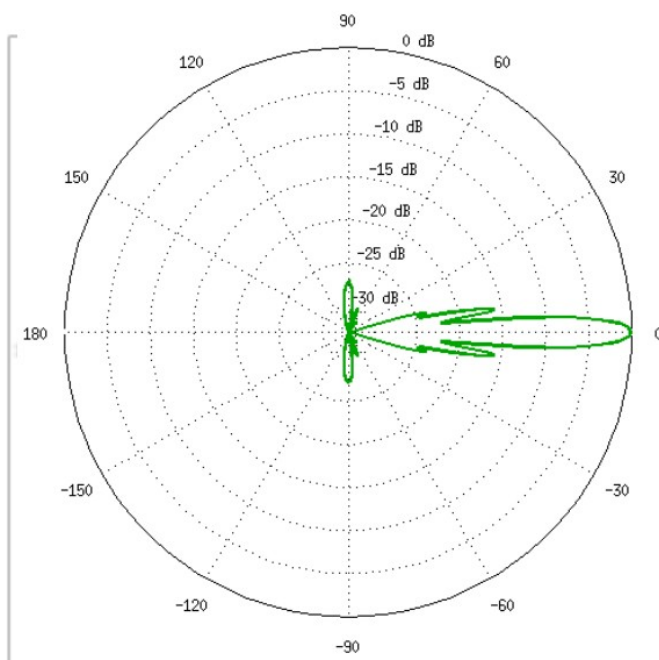
RocketDish RD-5G30

Dimensions	650 x 650 x 304 mm
Weight	9.8 kg
Frequency	5.1 - 5.8 GHz
Gain	30 dBi
HPOL Beamwidth	5° (3 dB)
VPOL Beamwidth	5° (6 dB)
Front-to-Back Ratio	-34 dB
Max. VSWR	1.4:1
Wind Survivability	125 mph
Wind Loading	177 lb @ 125 mph
Polarization	Dual Linear
Cross-Pol Isolation	35 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2

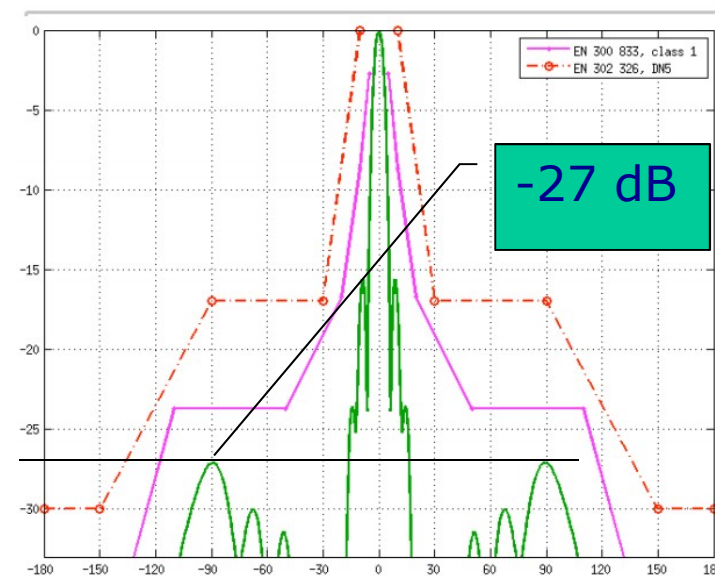




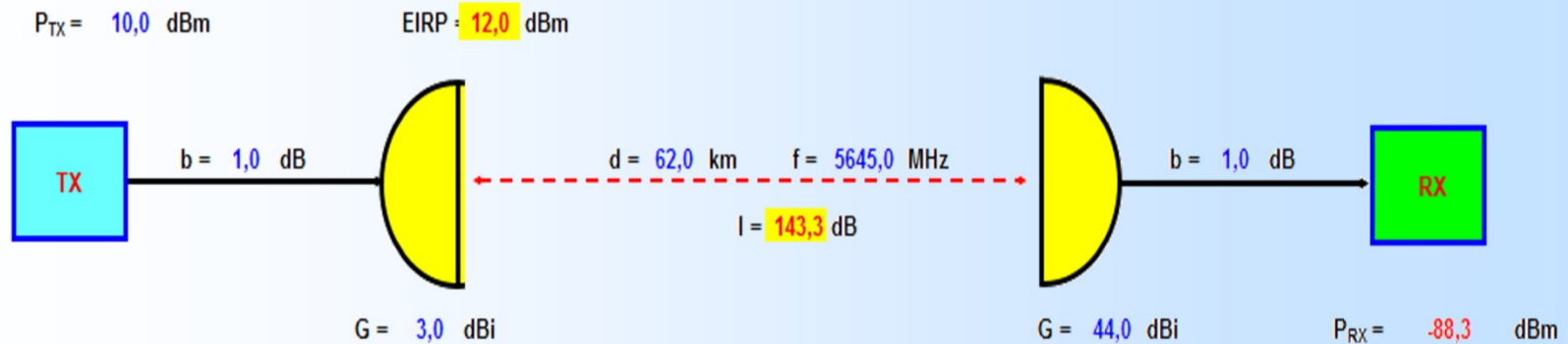
H-Plane, 5500MHz



H-Plane Specs



## Q1 Příklad rušení MR RLAN Suchý vrch



Na MR naměřeného výkonu signálu RLAN  $P = -88$  dBm lze teoreticky v daném případě dosáhnout při výkonu zařízení  $P = 10$  dBm ( $G_{ant} = 3$  dBi odpovídá potlačení vyzařování v bočním laloku o 27 dB).

## Často kladené otázky (Q2)

Q2. „U RLAN je použita anténa s vyzařovacím úhlem  $60^\circ$ . Směr vyzařování antény RLAN je v úhlu  $125^\circ$ . Funkce DFS byla aktivována, vzhledem k natočení antény k MR však nefungovala.“

*Pozn.: Jednalo se o rušení MR RLAN ze vzdálenosti 32 km (Olomouc).*

A1. I v tomto případě byla u RLAN použita sektorová anténa. Vzhledem k nízkému předozadnímu poměru antény s výskytem výrazných bočních laloků lze předpokládat potlačení zisku antény proti hlavnímu laloku o max. 25 – 30 dB.

Výpočet výkonu MR na vstupu RLAN.

Při respektování parametrů MR, uvedené vzdálenosti a při použití Free Space modelu šíření lze očekávat v místě RLAN

## Často kladené otázky (Q2)

$$E = e.i.r.p.(dbW) - 20\log d(km) + 74,8 = \mathbf{141\ dB\mu V/m}$$

To při použití běžné sektorové antény se ziskem cca 15 dBi při natočení na MR odpovídá výkonu signálu MR

$$\mathbf{P = 1\ dBm} \quad (\text{pro } b=3\ \text{dB}).$$

$$P_{dBm} = E - 20\log f(\text{MHz}) + G_{dBi} - b_{dB} + 29,8 - 107 = 0,8\ \text{dBm}$$

Při respektování potlačení zisku antény ve směru bočních laloků o 30 dB pak lze očekávat výkon signálu MR na vstupu RLAN při natočení antény do jiného směru než k MR minimálně **P = 1 - 30 = -29 dBm.**

$$\text{Podle EN 301 893 } DFS_{MIN} = -64\ \text{dBm}$$

**Práh pro minimální citlivost DFS byl v tomto případě překročen o 35 dB, což je s respektováním nepřesností při výpočtu dostatečná rezerva pro spolehlivou funkci DFS – je-li aktivováno.**

## Často kladené otázky (Q2)

A2. Schopnost RLAN detekovat signál MR v závislosti na nasměrování antény byla předmětem experimentálního měření ČTÚ.

- Místo měření kóta Holý kopec, 53km od MR
- Použitá anténa parabolická anténa  $\varnothing 38$  cm JRC24,  
G=23 dBi,  
šířka hlavního laloku  $\Theta = 8^\circ$   
předozaďní poměr >35 dB
- Použitý RLAN Mikrotik (RB411AH, RouterOS 6.19,  
karta R52Hn miniPCI)
- Měření výkonu signálu MR – shodná anténa, úroveň signálu měřena pomocí spektrálního analyzátoru

## Často kladené otázky (Q2)

### A2. Závěry

- Otáčením antény od 0° do 180° po 5 stupních došlo při aktivaci DFS **vždy** k identifikaci radarového pulsu v době od jednotek sekund po maximálně desítky sekund (40),
- P signálu MR naměřen v rozsahu -8 dBm až -54 dBm,
- **Při aktivovaném DFS dojde při použití parabolické antény ve vzdálenosti cca 50 km od MR s přímou viditelností na MR vždy k identifikaci pulsu MR bez ohledu na směřování antény.**
- **DFS účinně identifikuje signál MR – je-li aktivováno a funkční.**

## Často kladené otázky (Q3)

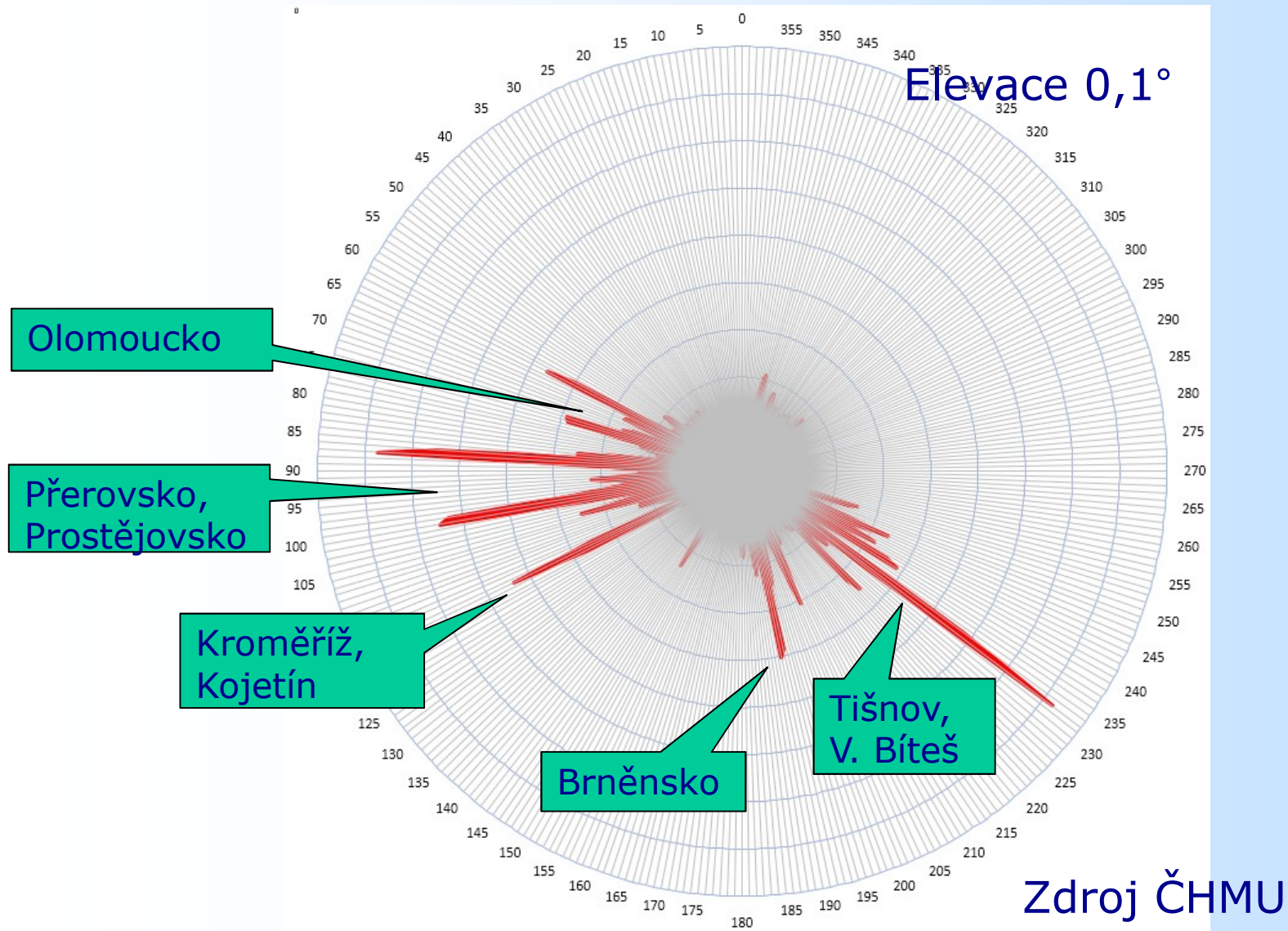
Q3. „Provozují RLAN na kanále 128 (5640 MHz) už půl roku a ruším až teď. Jak je možné, že jsem nerušil dříve?“

A3.

- Měření na anténě MR probíhá dominantně v době technických přestávek MR (plán. údržba, poruchy).
- V době tech. přestávky dochází k přerušení dodávek dat platícím zákazníkům – nutnost omezit četnost a délku výluk na minimum.
- Měření je prováděno přednostně na statisticky nejzarušenějších azimutech,
- RLAN musí být v době měření aktivní,

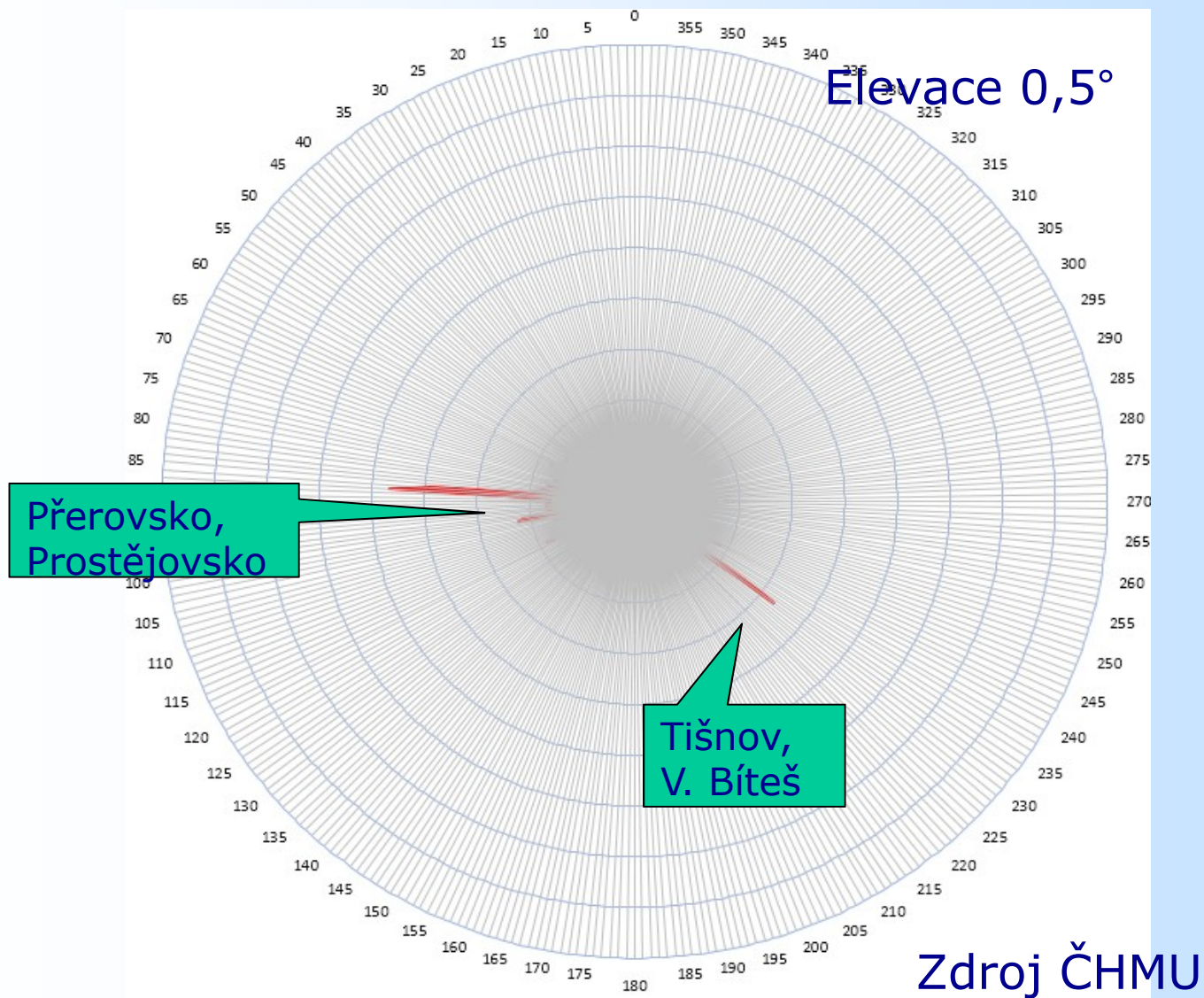


## FAQ (Q3)– měsíční statistika rušení 06-07/2014





## FAQ (Q3)– měsíční statistika rušení 06-07/2014



## Často kladené otázky (Q4)

Q4. „Nefiltrovaná data jsme speciálně pro tento účel důsledně ukládali, a máme pečlivě uložen každý snímek (83 snímků, můžeme doložit) ze dne měření před a po přeladění. Po analýze snímků si dovolím tvrdit, že k viditelnému rušení v daném období nedocházelo.“

Pozn. <http://radar4ctu.bourky.cz/>  
<http://radar.bourky.cz/>

A4.

- Viditelnost rušení RLAN bytí na nefiltrovaných datech CHMU je záležitostí statistiky a teorie pravděpodobnosti.
- Pro objasnění je nutné alespoň zjednodušeně popsat činnost MR (Skalky).

## Často kladené otázky (Q4)

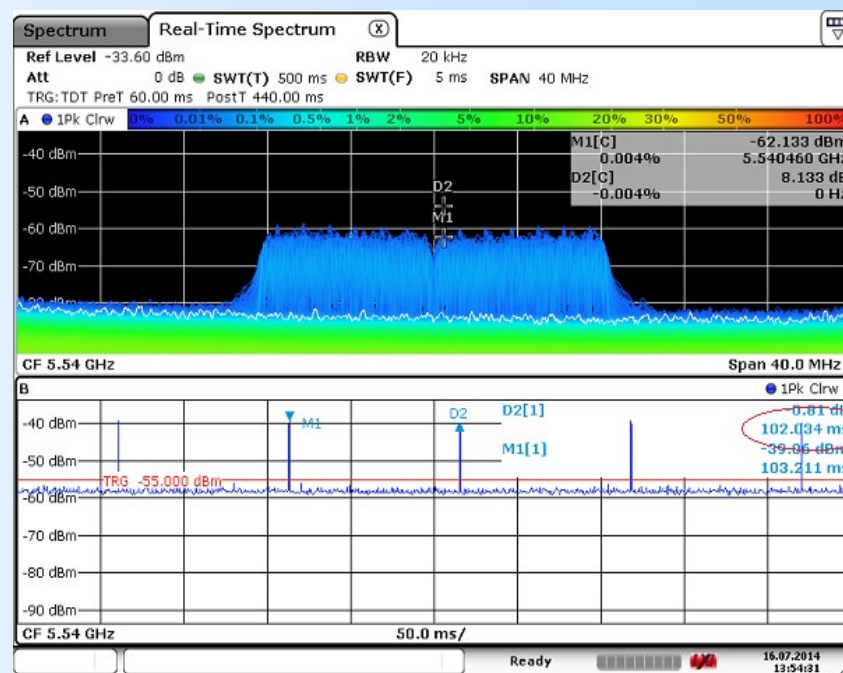
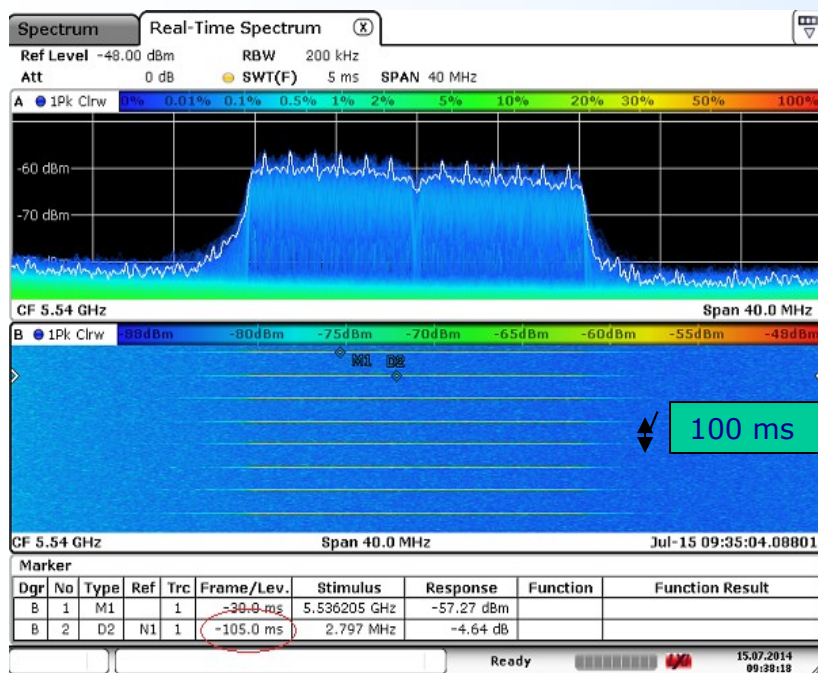
### 1. Parametry MR

- MR se otáčí ve 12ti elevacích (**0,1°; 0,5°; 0,9°- 34,3°**),
- Jeden cyklus trvá 5 minut (na Webu 1 měření ze 3),
- Rychlost otáčení MR v azimutech 0,1° a 05° je 15°/s,
- Doba jedné celé otáčky je  $360^{\circ}/15^{\circ}\text{s}^{-1} = 24 \text{ s}$ ,
- Do 1 úhl. stupně MR vysílá/přijímá po dobu  $24\text{s}/360^{\circ} = 0,066\text{s} = 66 \text{ ms}$ , (jednou za 5 minut v dané elevaci),
- Při šířce pulsu  $\theta = 0,8 \mu\text{s}$  a opakovacím kmitočtu 584 Hz je za dobu 66,6 ms vysláno v každém úhlovém stupni s periodou 1,71 ms celkem  $66,6/1,71 = \text{cca } 38$  pulsů,
- Při šířce vyzařovacího diagramu antény MR 0,8° (Skalky) lze uvedené zjednodušení akceptovat (změna elevace i otáčení antény jsou spojitá a synchronizovaná s vysíláním/příjmem),
- Pro chování RLAN byl zvolen modelový příklad kdy vysílá jen tzv. Beacon packety (bez komunikace s klientem)

# Často kladené otázky (Q4)

## 2. Parametry RLAN - Beacon

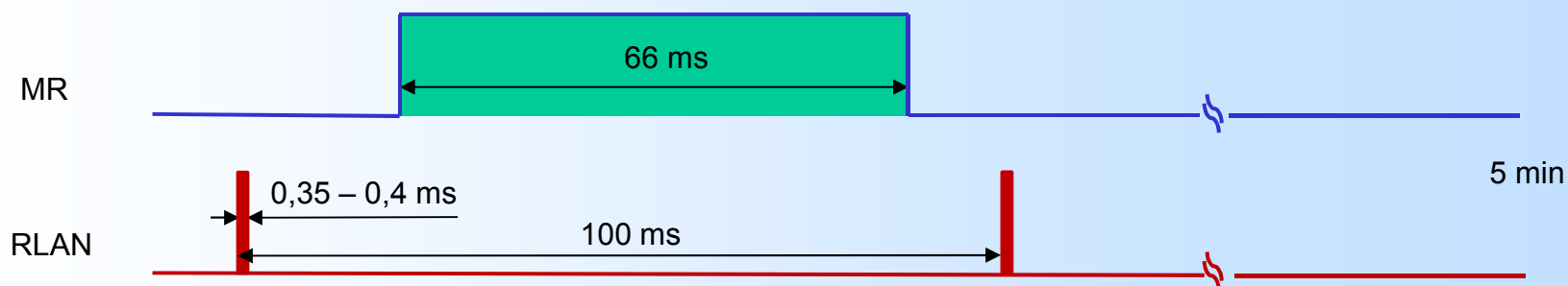
- Pro chování RLAN zvolen modelový příklad kdy vysílá jen Beacon packets (bez komunikace s klientem),
- RLAN v tomto režimu vysílá bursty o délce 350-400 $\mu$ s s periodou 100ms.



## Často kladené otázky (Q4)

### 2. Parametry RLAN – v režimu Beacon

- Za dobu 5 min RLAN vyšle k MR  $5 \times 60 / 0,1 = 3000$  burstů, s periodou 100ms a dobou trvání 350-400 $\mu$ s,
- MR přijímá 99,5-99,8% z celkové doby periody 584 Hz. (Celkovou dobu vysílání MR  $t_{TX} = 38 \times 0,8 \mu s = 30,4 \mu s$  lze zanedbat vůči celk. době příjmu MR  $t_{RX} = 66ms$ .)



- Pokud MR jeden burst RLAN za 5 min přesto zachytí, bude matem. aparát na straně MR odfiltrován.

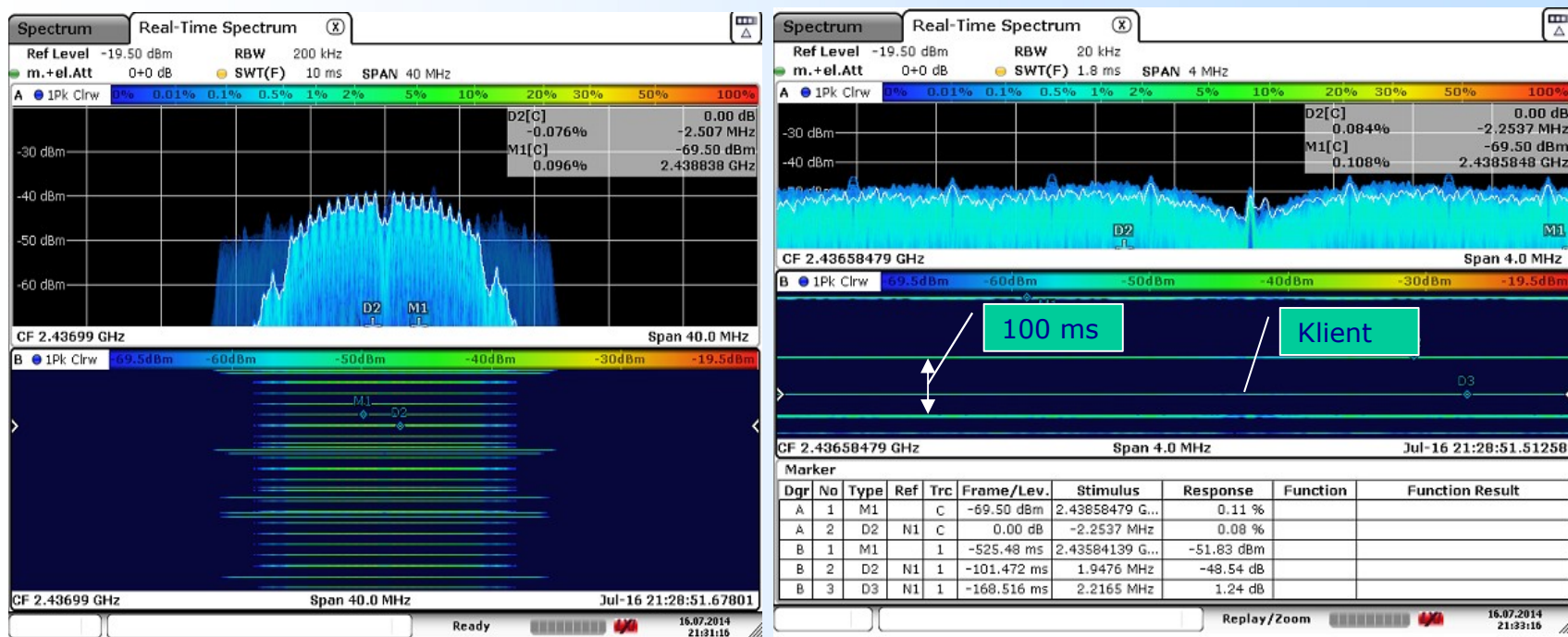
**Závěr 1** - pokud je testování prováděno v režimu Beacon, k viditelnému rušení MR pravděpodobně vůbec nedojde.



## Často kladené otázky (Q4)

### 2. Parametry RLAN – AP vs 1 klient

- Komunikace se projeví jako vložení burstu o šířce stovek  $\mu$ s do 100ms prodlevy mezi vysílání AP. I tento provoz bude viděn na nefiltrovaných datech jako rušící jen s velmi malou pravděpodobností.



## Často kladené otázky (Q4)

- „Zahušťováním“ provozu RLAN (více klientů) nebo zvýšením datové rychlosti » některé bursty mohou padnout mezi 38 pulsů MR. Pak záleží na jejich četnosti a intenzitě s jakou jsou MR přijímány.
- Tato intenzita a četnost je uváděna jako „Odrzivost“ (dBZ); MR má nastavený práh 4 dBZ.

### Závěr

- Pravděpodobnost vzniku rušení MR provozem RLAN je přímo úměrná:
  - Četnosti výskytu = intenzitě komunikace mezi AP a klienty (aktuální okamžitý traffic na kanále)
  - Intenzitě rušení = e.i.r.p. RLAN, nasměrováním antény příp. vzdáleností RLAN od MR,
  - Metodu sledování výskytu rušení na snímcích MR nelze aplikovat – k rušení statisticky musí dojít, je to jen otázka času a hustoty provozu RLAN.

## Shrnutí na závěr

- Klient má z hlediska E.I.R.P stejný interferenční potenciál jako AP,
- Při výstavbě nového AP/Klient zkontrolovat přímou viditelnost na MR, zobrazit si výškový profil mezi MR a místem instalace RLAN (Mapy.cz, Google Earth),
- Spustit na RLAN radarovou detekci bez ohledu na směřování antény RLAN (souč. kontrola MR na webu ČHMÚ),
- Používat kmitočtový list
  - Na exponovaných lokalitách vyřadit kanál 128 (5640 MHz), není to v rozporu s EN 301 893 1.7.1 kap. 4.7.2 DFS technical requirements specifications) – RLAN toto vyloučení kanálu z listu Usable Channel musí umožnit
  - Z důvodu nefunkční DFS u zařízení UBNT NanostationM5, BulletM5-HP, NanostationLoco s verzí firmware AirOS 5.5.6, 5.5.8, 5.5.10 vyloučit použití kanálu 128,
  - Pro vyloučení provozu na indoor kanálech.



# Děkuji za pozornost

Petr Holec  
ČTÚ

---

Tel.: +420 573 385 222

e-mail: [holecp@ctu.cz](mailto:holecp@ctu.cz)

---

Pracoviště:

OMRS Karlovice

Adresa:

Karlovice 226

768 43 Kostelec u H.

