



## 802.11 a/b/g/n/ac WiFi Site Survey

*Zákazník:* **ZŠ a MŠ Děčín IV – Máchovka**

*Místo měření:* Máchovo nám. 688/11, Děčín IV, 405 02

*Datum měření:* 29. 6. 2015

*Měření provedli:* Martin Šmrha, Jan Černý

## Obsah

Obsah.....	2
Cíle projektu .....	5
Lokalita pro Sitesurvey .....	5
Postup měření .....	5
Zadání, specifikace pokrývaných prostor .....	6
Požadované úrovně pokrytí.....	6
Výchozí předpoklady .....	7
Použitý HW a SW .....	8
Interference.....	9
Potenciální Non-wifi zdroje: .....	9
Potenciální WiFi zdroje.....	9
Tabulka vybraných sítí v pásmu 2.4 GHz: .....	10
Tabulka vybraných sítí v pásmu 5 GHz: .....	11
Spektrální analýza.....	13
Spektrální analýza – 1NP - 2,4GHz.....	14
Spektrální analýza – 1NP - 5GHz.....	15
Spektrální analýza – 2NP - 2,4GHz.....	16
Spektrální analýza – 2NP - 5GHz.....	17
Spektrální analýza – 3NP - 2,4GHz.....	18
Spektrální analýza – 3NP - 5GHz.....	19
Spektrální analýza – 4NP - 2,4GHz.....	20
Spektrální analýza – 4NP - 5GHz.....	21
Spektrální analýza – zhodnocení .....	21
Vyznačení požadovaného pokrytí, rozmístění AP .....	22
Legenda .....	22
Požadované oblasti pokrytí 1NP.....	23
Požadované oblasti pokrytí 2NP.....	24
Požadované oblasti pokrytí 3NP.....	25
Požadované oblasti pokrytí 4NP.....	26
WLAN Survey diagramy – síla signálu (dBm).....	27
1NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 2.4GHz.....	27

1NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 5GHz .....	28
1NP - mapa pokrytí AP10 v pásmu 2.4GHz .....	29
1NP - mapa pokrytí AP10 v pásmu 5GHz .....	30
1NP - mapa pokrytí AP11 v pásmu 2.4GHz .....	31
1NP - mapa pokrytí AP11 v pásmu 5GHz .....	32
1NP - mapa pokrytí AP12 v pásmu 2.4GHz .....	33
1NP - mapa pokrytí AP12 v pásmu 5GHz .....	34
1NP - mapa pokrytí AP13 (volitelné) v pásmu 2.4GHz .....	35
1NP - mapa pokrytí AP13 (volitelné) v pásmu 5GHz .....	36
2NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 2.4GHz.....	37
2NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 5GHz.....	38
2NP - mapa pokrytí AP7 v pásmu 2.4GHz.....	39
2NP - mapa pokrytí AP7 v pásmu 5GHz.....	40
2NP - mapa pokrytí AP8 v pásmu 2.4GHz.....	41
2NP - mapa pokrytí AP8 v pásmu 5GHz.....	42
2NP - mapa pokrytí AP9 v pásmu 2.4GHz.....	43
2NP - mapa pokrytí AP9 v pásmu 5GHz.....	44
3NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 2.4GHz.....	45
3NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 5GHz.....	46
3NP - mapa pokrytí AP4 v pásmu 2.4GHz.....	47
3NP - mapa pokrytí AP4 v pásmu 5GHz.....	48
3NP - mapa pokrytí AP5 v pásmu 2.4GHz.....	49
3NP - mapa pokrytí AP5 v pásmu 5GHz.....	50
3NP - mapa pokrytí AP6 v pásmu 2.4GHz.....	51
3NP - mapa pokrytí AP6 v pásmu 5GHz.....	52
4NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 2.4GHz.....	53
4NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 5GHz.....	54
4NP - mapa pokrytí AP1 v pásmu 2.4GHz.....	55
4NP - mapa pokrytí AP1 v pásmu 5GHz.....	56
4NP - mapa pokrytí AP2 v pásmu 2.4GHz.....	57
4NP - mapa pokrytí AP2 v pásmu 5GHz.....	58
4NP - mapa pokrytí AP3 v pásmu 2.4GHz.....	59
4NP - mapa pokrytí AP3 v pásmu 5GHz.....	60
Kanálování a vysílací výkon AP .....	61

Fyzické umístění přístupových bodů .....	62
AP1.....	63
AP2.....	64
AP3.....	65
AP4.....	66
AP5.....	67
AP6.....	68
AP7.....	69
AP8.....	70
AP9.....	71
AP10.....	72
AP11.....	73
AP12.....	74
AP13 - volitelné .....	75
Strukturovaná kabeláž, přístupová síť.....	76
Závěr .....	76

## Cíle projektu

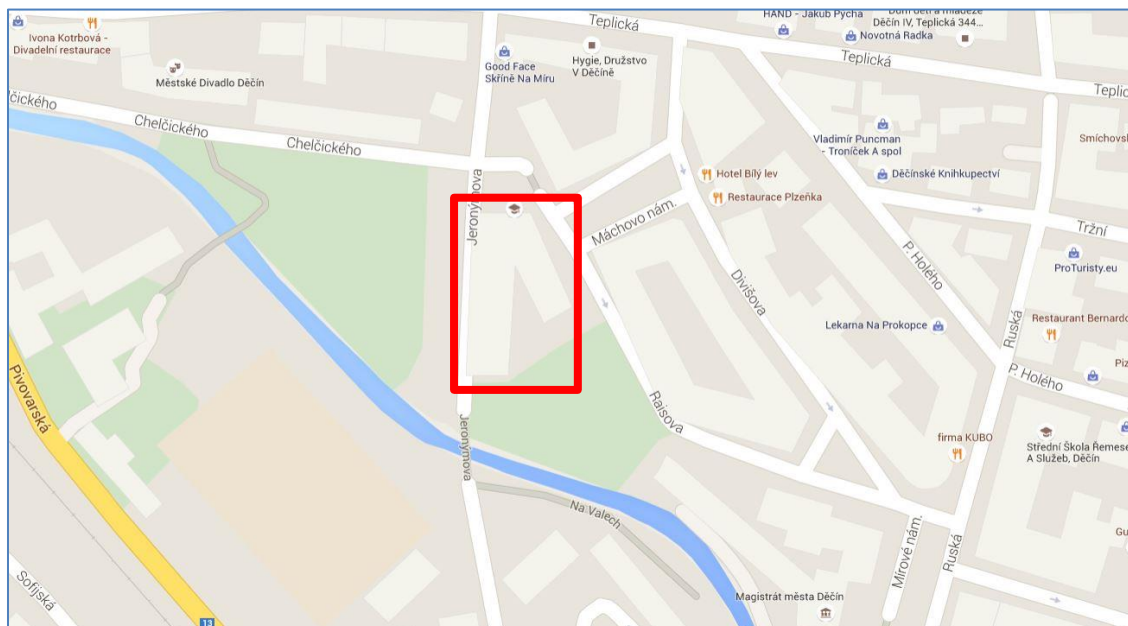
Tato studie vznikla na základě objednávky za účelem zhodnocení rádiových vlastností prostor školy.

Jejím cílem je tedy stanovení optimálního počtu a optimálního rozmístění WiFi přístupových bodů a dále zhodnocení stávajícího rádiového prostředí.

## Lokalita pro Sitesurvey

**Adresa:** Máchovo nám. 688/11, Děčín IV, 405 02

**Kontaktní osoba:** Mgr. Radek Špáta | Mobil 608 97 84 97



## Postup měření

Měření probíhalo na základě obecného zadání pokrytí jednotlivých podlaží budovy (1.NP, 2.NP, 3.NP a 4.NP).

Site Survey se skládala ze dvou částí:

1. WiFi měření a stanovení optimálního rozmístění přístupových bodů
2. Měření spektrálním analyzátozem v jednotlivých podlažích

## Zadání, specifikace pokrývaných prostor

Zadání projektu sestává z následujících částí:

### Rámcové zadání:

- Provedení měření šíření Wi-Fi signálu v budově školy
- Identifikace zdrojů rušení
- návrh typu a počtu nových AP a jejich rozmístění
- zpracování mapy očekávaného pokrytí v pásmu 2.4 a 5GHz
- provedení spektrální analýzy a zpracování výstupu formou snímků

### Specifikace pokrývaných prostor:

- Plány všech požadovaných
- Během měření upřesněné požadavky na základě fyzické přítomnosti v daném podlaží

## Požadované úrovně pokrytí

Požadované pokrytí bylo specifikováno jako pokrytí signálem v pásmech 2,4GHz a 5GHz pro účely intenzivní datové komunikace WiFi terminálů (mix notebooky, tablety, smartphony) s ohledem na nasazení 802.11ac.

Pro měření a grafické výstupy byla stanovena mezní hodnota signálu v pokrývaných vnitřních prostorách na -67dB v obou frekvenčních pásmech.

K této hodnotě jsme přistoupili po zralé úvaze a proměření vybraných částí budovy. Pro přenos dat není hodnota maximálního výkonu ta nejdůležitější, podstatnější je odstup mezi přenosovým signálem a šumem na pozadí (tzv. SNR, Signal to Noise Ratio). Při stanovení mezní hodnoty síly signálu na vyšší úroveň (a souvisejícímu navýšení počtu AP) by se sice zvýšila úroveň samotného signálu, ale SNR by díky vlastnímu rušení nevzrostlo.

## Výchozí předpoklady

1. Výsledky obsažené v této studii se mohou v čase měnit z následujících důvodů:
  - dojde k stavebním úpravám v rámci měřených prostor
  - dojde ke změnám ve vybavení měřených prostor (pokovené fólie, zrcadla, kovové nebo rozměrné kusy nábytku, otevřené/zavřené požární dveře, kovové žaluzie, mobilní příčky, ...)
  - dojde ke změně ve využívání rádiových spekter v měřených prostorách buď ze strany stávajícího vybavení zákazníka či třetích stran (nové WiFi/nonWiFi zdroje signálu, změna jejich vysílacího výkonu, ...).
2. Výsledky obsažené v této studii odrážejí stav odpovídající okamžiku provedeného měření.

## **Použitý HW a SW**

1. Modely WiFi AP: 3x Ruckus Wireless R700
2. Napájení AP: 3x PoE injektor
3. Typ antény: Integrovaná, Rádio: 3x3:3
4. Typ WiFi klienta: Lenovo X230 Tablet
5. Wireless Client Adapter PC: Ubiquity SR71 802.11a/b/g/n adapter
6. WiFi norma: 802.11a/b/g/n/ac
7. Tx vysílací výkon AP: 25%
8. Orientace a umístění AP: vždy horizontální na strop místnosti
9. Měřené 2.4 GHz AP kanály: kanály 1, 2, 3
10. Měřené 5 GHz AP kanály: kanály 36, 40, 44
11. RF tool: Fluke Networks – AirMagnet Survey 8.5
12. Spektrální analyzátor: Chanalyzer 5.8.0.2



## Interference

Během měření jsme identifikovali některé možné zdroje rušení.

### Potenciální Non-wifi zdroje:

- **Mikrovlonné trouby**  
Lokalizovaná v některých kabinetech - mohou nahodile dle jejich používání ovlivnit přenosové parametry takřka v celém pásmu 2.4GHz
- **Bluetooth zařízení**  
V některých prostorách jsme naměřili vysílání v nahodilých 2MHz kanálech specifických pro Bluetooth – zřejmě šlo o nahodilé vysílání z mobilních zařízení osob na patře.
- **Neidentifikované zdroje signálu**  
V pásmu 2,4GHz spektrální analyzátor zachytil kontinuální interference – zřejmě p2p non-wifi standard pojitka z okolních střech obytných domů. K přesné identifikaci zdroje by bylo třeba samostatného šetření a použití směrové antény (nebylo účelem této studie).

### Potenciální WiFi zdroje

Během měření byly identifikovány případy vysílání v obou WiFi pásmech:

- WiFi sítě třetích stran fungující v prostorách budovy nebo zasahující z vnějšího perimetru areálu.
- Existující WiFi sítě provozované zákazníkem

## Tabulka vybraných sítí v pásmu 2.4 GHz:

SSID se silou signálu nižší než -100dBm byly odfiltrovány.

AP	NodeName	Channel	Channels affected	SSID	Signal dBm
74:EA:3A:B6:6A:36	74:EA:3A:B6:6A:36	1	1..3	Doma net	-90
E0:3F:49:42:B1:E4	E0:3F:49:42:B1:E4	1	1..3	ASUS-B1E4	-89
00:1B:9E:C2:81:B6	Askey:C2:81:B6	1	1..3	Lenka	-87
00:4F:62:03:D9:C6	00:4F:62:03:D9:C6	1	1..3	Unknown	-87
D8:5D:4C:CC:4A:9A	TP-Link:CC:4A:9A	1	1..3	Luksanovi	-87
00:0B:6B:2D:19:DF	Wistron Neweb:2D:19:DF	1	1..3	Val_Home	-83
F8:8E:85:A7:4D:92	F8:8E:85:A7:4D:92	1	1..3	Internet	-83
74:DA:38:21:2E:FC	74:DA:38:21:2E:FC	1	1..7	Kroupovi	-78
EC:43:F6:77:8F:60	EC:43:F6:77:8F:60	1	1..7	Hedajosef	-77
AC:9E:17:EC:10:34	AC:9E:17:EC:10:34	1	1..7	It Hurts When IP.	-73
F8:D1:11:23:0C:F4	F8:D1:11:23:0C:F4	1	1..7	Internet_doma_Jaw	-73
10:C3:7B:D5:E7:9C	10:C3:7B:D5:E7:9C	1	1..3	Pelous1	-69
14:DA:E9:F8:F3:9C	14:DA:E9:F8:F3:9C	1	1..3	tulipovo_2G	-68
4C:5E:0C:10:6F:7E	4C:5E:0C:10:6F:7E	2	1..4	vogelnet_TP03v	-87
20:2B:C1:96:49:6C	20:2B:C1:96:49:6C	3	1..5	Internet	-92
F8:D1:11:97:05:94	F8:D1:11:97:05:94	3	1..9	IJK	-76
38:72:C0:D4:AF:B5	38:72:C0:D4:AF:B5	4	2..6	Above the clouds	-92
00:23:F8:93:00:93	00:23:F8:93:00:93	4	2..6	komar	-88
00:23:F8:93:00:94	00:23:F8:93:00:94	4	2..6	VOIP	-86
20:F3:A3:93:9D:9C	20:F3:A3:93:9D:9C	4	2..10	Internet	-82
3C:D9:2B:83:88:A1	3C:D9:2B:83:88:A1	4	2..10	WiFi4guests	-78
80:D0:9B:E1:8B:49	80:D0:9B:E1:8B:49	4	2..6	WLAN1-M72JFH	-78
3C:D9:2B:83:88:A0	3C:D9:2B:83:88:A0	4	2..10	WiFi	-76
F8:8E:85:B7:BF:7B	F8:8E:85:B7:BF:7B	5	3..7	Killers	-82
D8:5D:4C:A0:A9:82	TP-Link:A0:A9:82	6	4..8	TP-LINK_A0A982	-88
00:19:CB:4E:74:04	00:19:CB:4E:74:04	6	4..8	cocacola	-84
64:66:B3:EF:4A:C4	64:66:B3:EF:4A:C4	6	1..8	Patrik	-82
F8:D1:11:79:4C:DE	F8:D1:11:79:4C:DE	6	1..8	StejskalNET	-80
B0:48:7A:C0:3A:EA	B0:48:7A:C0:3A:EA	6	1..8	machovka02	-76
B0:48:7A:C0:3B:06	B0:48:7A:C0:3B:06	6	1..8	machovka1	-75
74:EA:3A:BF:10:68	74:EA:3A:BF:10:68	7	5..9	Zdendic	-83
38:72:C0:5E:57:78	38:72:C0:5E:57:78	7	5..9	Eset	-82
CC:5D:4E:7F:39:DB	CC:5D:4E:7F:39:DB	8	6..10	danap4	-89
F4:EC:38:B8:5B:D6	F4:EC:38:B8:5B:D6	8	2..10	DUSAN	-78
D4:CA:6D:14:7B:22	D4:CA:6D:14:7B:22	8	6..10	Machovka_wifi_1p2	-31
D4:CA:6D:56:EF:8C	D4:CA:6D:56:EF:8C	8	6..10	Machovka_wifi_0p	-26
38:72:C0:4D:61:CD	38:72:C0:4D:61:CD	9	7..11	zeli	-85

00:23:F8:91:9D:12	00:23:F8:91:9D:12	9	7..11	OsbdDecin	-83
00:23:F8:91:9D:13	00:23:F8:91:9D:13	9	7..11	VOIP	-82
E8:94:F6:84:84:A6	E8:94:F6:84:84:A6	10	4..12	majlo	-79
F8:8E:85:84:3C:F4	F8:8E:85:84:3C:F4	10	8..12	Riana	-75
D4:CA:6D:41:54:79	D4:CA:6D:41:54:79	10	8..12	Machovka_wifi_1p	-32
F4:EC:38:B2:D1:50	F4:EC:38:B2:D1:50	11	5..13	TP-LINK	-89
F4:EC:38:AD:2B:AC	F4:EC:38:AD:2B:AC	11	5..13	MARKETA	-84
F8:8E:85:2C:18:03	F8:8E:85:2C:18:03	11	9..13	Internet_02	-84
F8:8E:85:73:09:D1	F8:8E:85:73:09:D1	12	10..13	Internet_D0	-92
00:0C:42:9E:E7:CC	00:0C:42:9E:E7:CC	12	10..13	Machovka_wifi_2p	-47
90:EF:68:BD:49:13	90:EF:68:BD:49:13	13	11..13	idsl.wia.cz	-91
CC:5D:4E:30:30:B2	CC:5D:4E:30:30:B2	13	11..13	KamaDroid	-91
5C:F4:AB:00:06:7B	5C:F4:AB:00:06:7B	13	11..13	Internet_78	-89
F8:8E:85:F5:5F:79	F8:8E:85:F5:5F:79	13	11..13	Internet_78	-86
5C:F4:AB:01:7D:93	5C:F4:AB:01:7D:93	13	11..13	Internet_90	-85
CC:5D:4E:AF:EF:14	CC:5D:4E:AF:EF:14	13	11..13	Internet	-74

### Tabulka vybraných sítí v pásmu 5 GHz:

SSID se silou signálu nižší než -100dBm byly odfiltrovány.

AP	NodeName	Channel	Channels affected	SSID	Signal dBm
24:A4:3C:48:21:CF	24:A4:3C:48:21:CF	40	40	Hasici	-72
DC:9F:DB:44:A7:0D	DC:9F:DB:44:A7:0D	44	44	Lohnicky	-80
24:A4:3C:92:B1:1A	24:A4:3C:92:B1:1A	48	48	Unknown	-83
4C:5E:0C:10:C0:18	4C:5E:0C:10:C0:18	48	48	mp_pdm_mini	-79
DC:9F:DB:92:53:90	DC:9F:DB:92:53:90	48	44..48	ChartQuest	-69
00:0C:65:42:53:30	00:0C:65:42:53:30	52	52	kwanseumbosal52	-79
24:A4:3C:EC:FC:48	24:A4:3C:EC:FC:48	52	52	Letna3	-66
4C:5E:0C:88:CE:42	4C:5E:0C:88:CE:42	60	60	Cas2Div	-74
00:0C:FC:42:1F:4E	00:0C:FC:42:1F:4E	64	64	Unknown	-78
D4:CA:6D:1F:39:B9	D4:CA:6D:1F:39:B9	64	64	Unknown	-75
4C:5E:0C:4C:2B:BF	4C:5E:0C:4C:2B:BF	100	96..100	Unknown	-84
00:0C:42:66:FF:1F	00:0C:42:66:FF:1F	100	100	JAW_grand1	-80
00:27:22:48:9B:A1	00:27:22:48:9B:A1	100	100	JAW_90ub	-69
00:15:6D:DC:BC:4F	Ubiquiti:DC:BC:4F	104	104	Unknown	-86
00:15:6D:DC:BF:72	Ubiquiti:DC:BF:72	104	104	jalinet_pricna_4	-83
DC:9F:DB:EC:9C:FC	DC:9F:DB:EC:9C:FC	104	104	JAW_ZSNS	-83
00:0B:6B:86:2D:E3	Wistron Neweb:86:2D:E3	104	104	mp_pdm_st	-78
D4:CA:6D:29:30:A7	10.64.42.9	104	104	Jaw_A1	-72
24:A4:3C:92:B5:28	24:A4:3C:92:B5:28	108	108	Unknown	-85

00:15:6D:7C:93:D0	Ubiquiti:7C:93:D0	108	108	JAW_Letna1	-80
00:27:22:8A:AD:52	00:27:22:8A:AD:52	108	108	Unknown	-79
68:72:51:00:2C:9E	68:72:51:00:2C:9E	108	108	JAW_OBR_Decin	-78
04:18:D6:48:D2:86	04:18:D6:48:D2:86	112	112	JAW_Nem2	-86
00:27:22:38:20:64	00:27:22:38:20:64	112	112	Unknown	-81
00:0C:42:62:E7:AA	00:0C:42:62:E7:AA	116	116	Jaw_Mesto360_2	-78
04:18:D6:48:D1:C6	04:18:D6:48:D1:C6	116	116	JAW_el2	-76
00:0C:42:6B:35:72	00:0C:42:6B:35:72	120	120	BSU-Divadlol	-86
00:0C:42:1F:5B:B0	00:0C:42:1F:5B:B0	120	120	Exepe51	-81
02:0C:42:6B:35:72	02:0C:42:6B:35:72	120	120	RW-DC-TEPLICKA75-APA2	-81
04:18:D6:48:D1:B8	04:18:D6:48:D1:B8	124	124	JAW_m_air	-55
02:0B:6B:DA:F0:56	02:0B:6B:DA:F0:56	128	128	RW-DC-PROKOPA125-APB3	-81
00:0B:6B:DA:86:E0	Wistron Neweb:DA:86:E0	128	128	BSU-prok-val	-80
00:0B:6B:86:2D:C0	Wistron Neweb:86:2D:C0	132	132	Jaw_Mesto360	-75
04:18:D6:0C:CB:95	04:18:D6:0C:CB:95	136	136	ptp96	-83
4E:5E:0C:10:5D:BE	4E:5E:0C:10:5D:BE	136	136	RW-DC-PLZENSKA79-APA3	-82
4C:5E:0C:10:5D:BE	4C:5E:0C:10:5D:BE	136	136	BSU-Plzenskall	-79
00:1B:B1:07:F6:04	00:1B:B1:07:F6:04	140	140	RW-DC-CHLUM-APC1	-85
02:0C:42:23:1F:0E	02:0C:42:23:1F:0E	140	140	RW-DC-CHLUM-APB6	-85
00:0C:42:23:1F:0D	00:0C:42:23:1F:0D	140	140	MTchl16	-84
00:27:22:A8:D5:86	00:27:22:A8:D5:86	140	140	Unknown	-82
00:15:6D:8A:69:EE	Ubiquiti:8A:69:EE	140	140	Unknown	-81
00:27:22:5A:5B:ED	00:27:22:5A:5B:ED	140	140	JAW_Voj	-58

## Spektrální analýza

Následující odstavce popisují, jak interpretovat naměřené hodnoty ze spektrální analýzy provedené v rámci této SiteSurvey. Znovu upozorníme, že naměřená data jsou pouze indikativním vzorkem reprezentující relativně krátký časový úsek, v rámci kterého měření probíhalo. Z podstaty věci tedy nelze vyloučit, že některé zdroje interferencí, které v rámci doby měření nebyly zrovna v provozu, mohou v tomto přiblížení chybět.

### Popis hodnot v Density Grafu a Waterfall Grafu

**Density View** pohled mapuje a zobrazuje co se aktuálně děje v daném rádiovém spektru., takže je možné identifikovat různá zařízení, zjistit jak silně se projevují a jak často vysílají.

Graf na svislé ose výškou zaznamenaného bodu popisuje, s jakou silou se zdroj projevil (amplituda), intenzita barvy pak udává, jak často se signál opakuje. Čím intenzivnější barva, tím častěji je daná frekvence využívána. Toto se nazývá Utilizace spektra, Airtime usage nebo Duty cycle. Například, pokud má frekvence utilizaci 40%, je pro další vysílání využitelná pouze po zbývajících 60% času.

Modré sloupce indikují krátké signály, pro přiblížení například tlesknutí. Červené sloupce zachycují déle trvající signály, v našem srovnání například siréna.

Modrá barva - Méně než 10% utilizace

Zelená barva - 20% utilizace

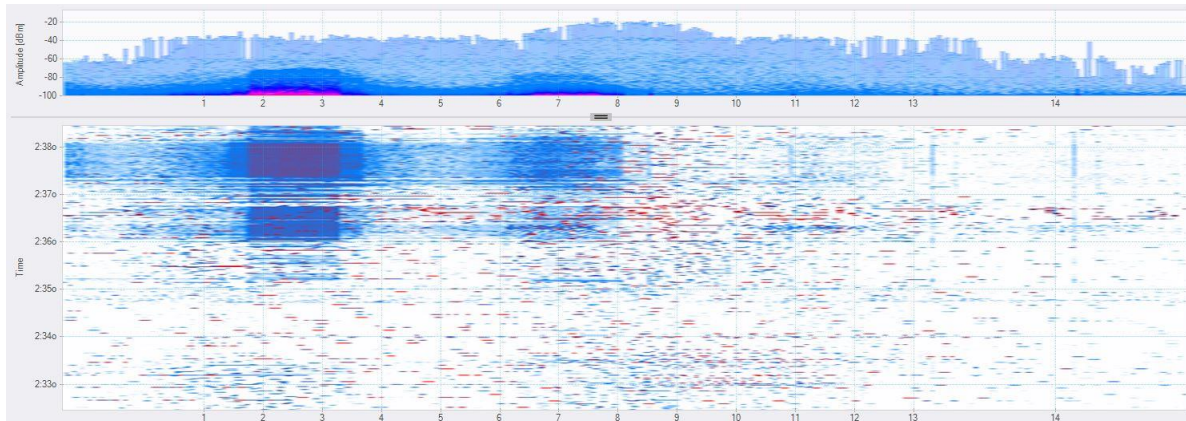
Žlutá barva - 40% utilizace

Červená barva - přes 50% utilizace

**Waterfall View** zobrazuje amplitudy v čase napříč všemi frekvencemi ve zvoleném pásmu – podobně jako seizmometry popisují otřesy země. Tento pohled je užitečný pro náhled spektra v určitém časovém intervalu.

Waterfall view graf pracuje s barvami odlišně než Density view graf. Zde intenzita barvy ve Waterfall pohledu reprezentuje amplitudu. Modrá barva popisuje signály s nízkou amplitudou (pro srovnání řekněme tiché zvuky), červená barva signály s vysokou amplitudou (zvuky hlasité).

## Spektrální analýza – 1NP - 2,4GHz



Při liniovém měření v přízemí se v pásmu 2,4GHz projevilo nezanedbatelné rušení, zejména v jižní a jihovýchodní části budovy. Interference zasahují do 2. + 3. a 7. + 8. kanálu. Jedná se o dva spojitě frekvenční bloky, které svou šířkou neodpovídají WiFi 802.11 standardu. Bez použití patřičného vybavení je přesnější lokalizace zdroje obtížná, ze zběžné obhlídky okolí školy se ale jako zdroj rušení nabízí technologické nástavby na blízkých domech.

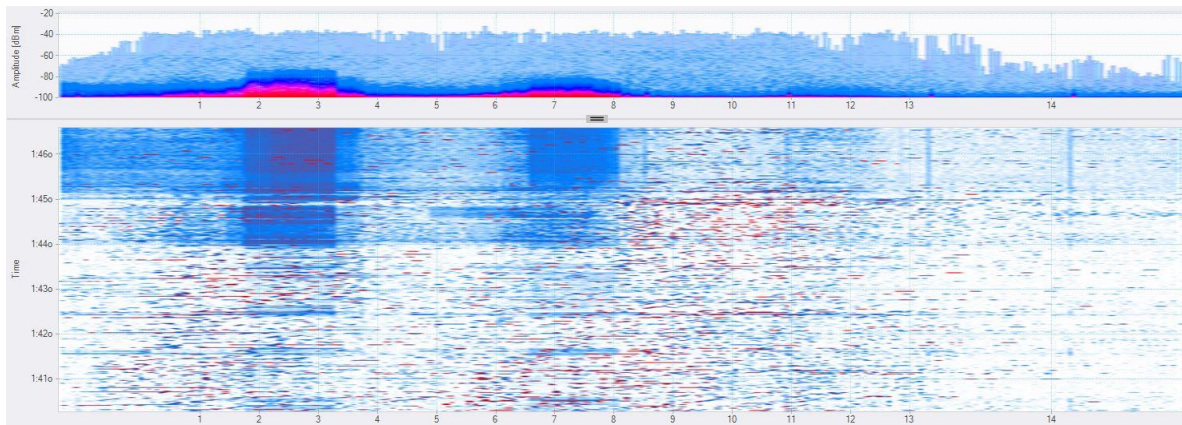
Síla interferencí se drží pod hladinou -70dBm, nicméně pro plánované nasazení školní WiFi sítě mohou tyto zdroje znamenat nezanedbatelnou komplikaci.

## Spektrální analýza – 1NP - 5GHz



V přízemí budovy je celé 5GHz pásmo takřka volné, utilizací je minimální, interference nad -80dBm takřka žádná.

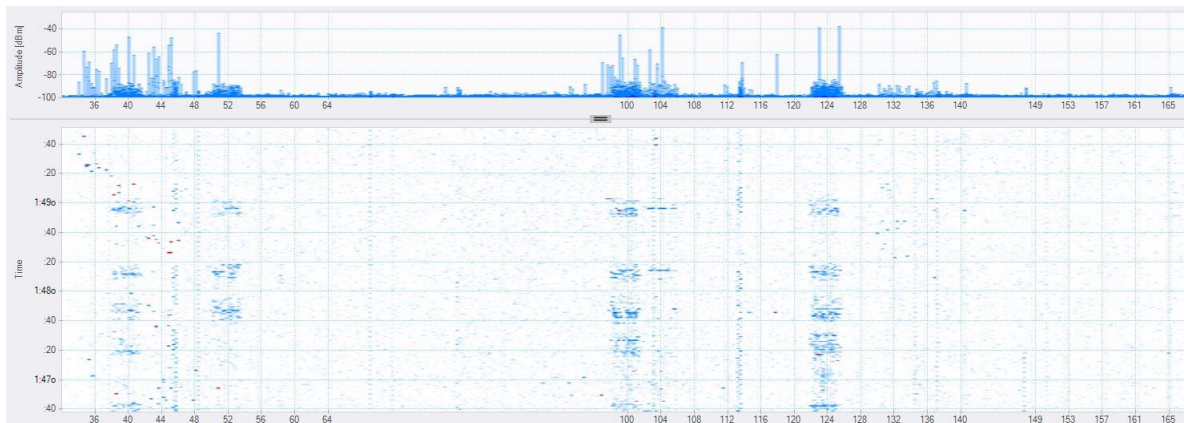
## Spektrální analýza – 2NP - 2,4GHz



Ve 2NP je patrné, že s vzrůstající výškou nad terénem do budovy zasahuje větší množství interferencí. Obecně utilizace celého spektra lehce houstne, opakují se významné bloky rušení z 1NP s tím, že i mírně roste úroveň jejich signálu. Nejvíce patrné je rušení opět v jižním a jihovýchodním traktu.

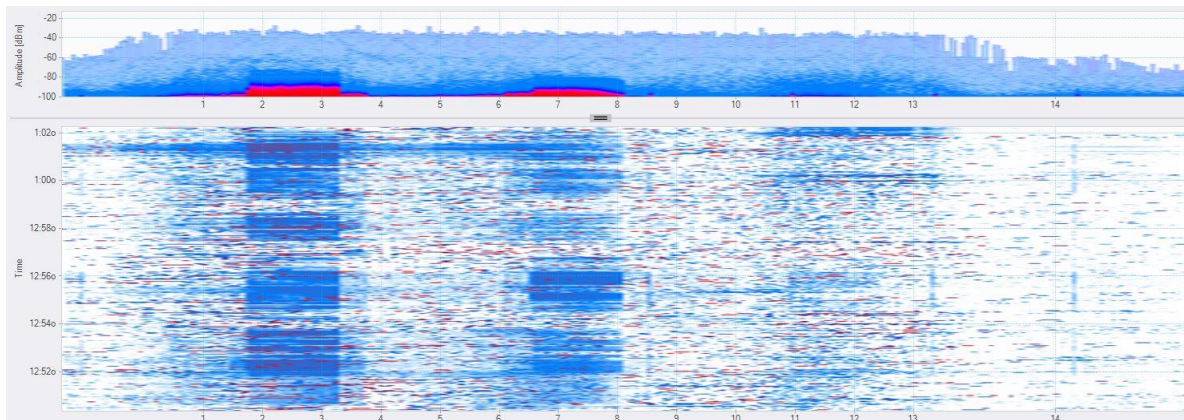


## Spektrální analýza – 2NP - 5GHz



I na 2NP se 5GHz pásmo stále jeví jako snadno použitelné. I zde ovšem se vzrůstající výškou nad terénem postupně přibývá identifikovaných zdrojů interferencí. Ve waterfall grafu začíná být jasně patrný provoz na některých kanálech. Od kanálu 100 nahoru se jedná především o venkovní ISM pojítka. Intenzivněji vykreslené bloky odpovídají měření před okny budovy, stěny budovy naopak tyto vnější zdroje spolehlivě odruší. Maximální úroveň šumu se pohybují pod -80dBm, což je z pohledu školní WiFi sítě zanedbatelná úroveň.

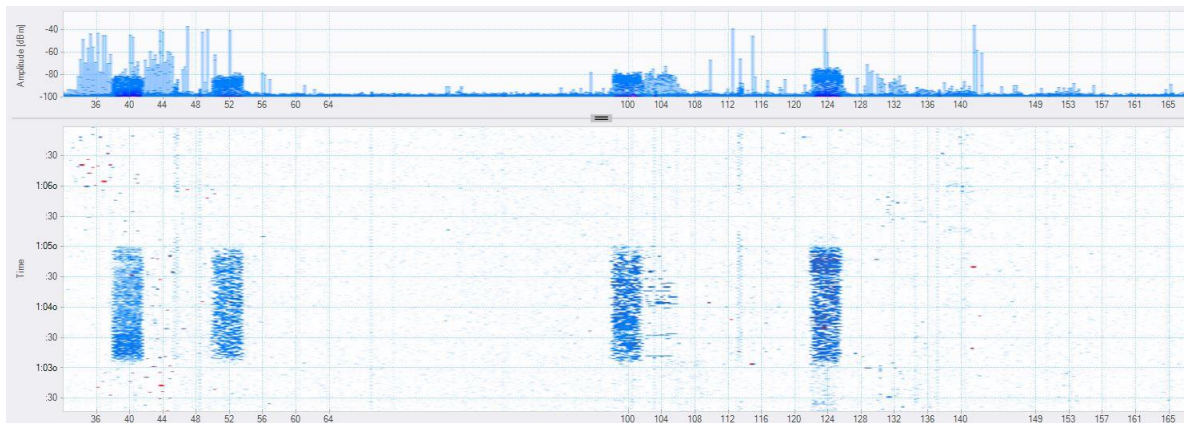
## Spektrální analýza – 3NP - 2,4GHz



Ve 3NP je stejně jako ve 2NP patrné, že s vzrůstající výškou nad terénem do budovy zasahuje větší množství interferencí.

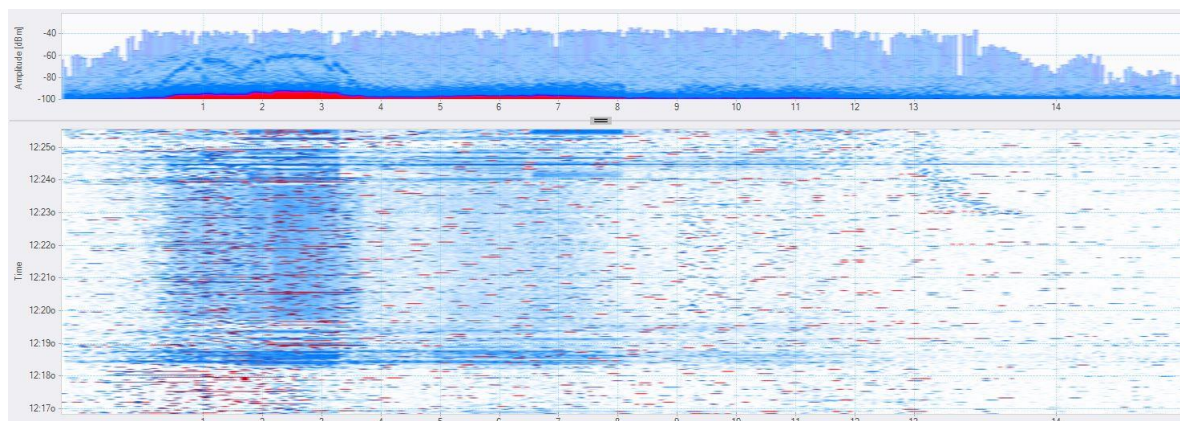
Situace je v podstatě shodná s předchozím podlažím, pouze na kanálu č.12 začíná být patrný slabý provoz některé ze standardních WiFi sítí – jeho úroveň je ale více méně zanedbatelná.

## Spektrální analýza – 3NP - 5GHz



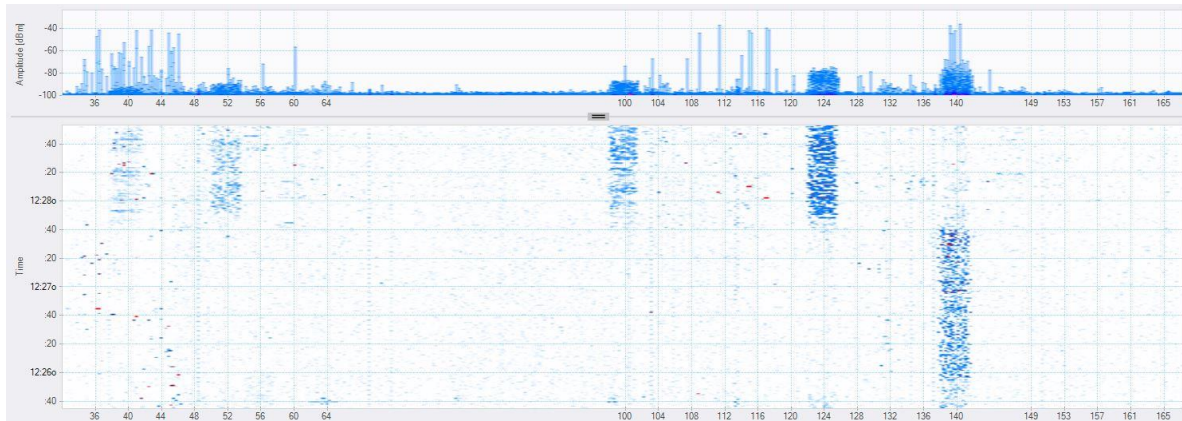
Ve 3NP se už naplno projevuje vysílání ve vybraných kanálech. Souvislé bloky waterfall grafu ukazují kontinuální provoz zejména na kanálech 40, 52, 100 a 124. Těmto kanálům je třeba se při konfiguraci nové sítě vyhnout, a to především v jižní části budovy. V 5GHz pásmu ale zůstává stále dostatek volných indoor kanálů.

## Spektrální analýza – 4NP - 2,4GHz



Ve 4NP se poněkud překvapivě intenzita interferencí snižuje. Interferenční bloky jsou sice stále patrné, ale jejich úroveň a utilizace pásma se mírně snížila. Toto může být způsobené podkrovním rázem horního podlaží a skladbou materiálu střechy (nebylo blíže určeno).

## Spektrální analýza – 4NP - 5GHz



Na 4NP se 5GHz pásmo opět projevuje zejména větší utilizací outdoorových kanálů, což je opět v souladu s předpokladem, že v horních částech budovy bude patrný větší provoz způsobený venkovními WiFi pojiťky poskytovatelů bezdrátového internetu.

Indoorové kanály 36-64 vykazují pouze mírný provoz a jako takové jsou využitelné pro nasazení nových přístupových bodů.

## Spektrální analýza – zhodnocení

Pásmo 5GHz je díky nízké stávající obsazenosti a svému většímu počtu vzájemně se nepřekrývajících kanálů snadnou využitelné pro nasazení nových školních sítí. Nelze ovšem k oblíbenosti tohoto volného pásma mezi poskytovateli internetu předjímat vývoj využití byť v krátkodobém horizontu.

V pásmu 2,4 GHz je potřeba zejména ve 2NP a 3NP volit v jižní části budovy kanál s ohledem na relativně intenzivní interference. Toto rušení prokázalo jen specializované měření spektrálním analyzátořem, standardní WiFi utility které pracují s 802.11 standardizovanými WiFi kanály nemají šanci tento zdroj zobrazit a zohlednit. Vzhledem k nahodilému a relativně krátkodobému měření není jisté, zda jsou identifikované zdroje interferencí setrvalé na zachycených kanálech, nebo zda mohou v čase své frekvenční působení měnit.

**S ohledem na výše uvedené pro design sítě důrazně doporučujeme:**

- 1) Ponechat volbu vysílacího výkonu a volby kanálů na automatickém režimu centrálně řízeného WiFi systému**
- 2) Vybírat WiFi řešení s maximálním ohledem na schopnost takového systému aktivně reagovat na dynamické změny rušení a proaktivitu v řízení vysílacího/přijímacího diagramu svých přístupových bodů (beamforming, případně další adekvátní technologie).**

## Vyznačení požadovaného pokrytí, rozmístění AP

### Legenda

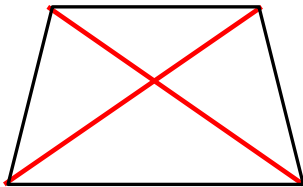
Označení pozice AP (odpovídá měřeným pozicím)



Označení pozice volitelného AP pro doplňující pokrytí

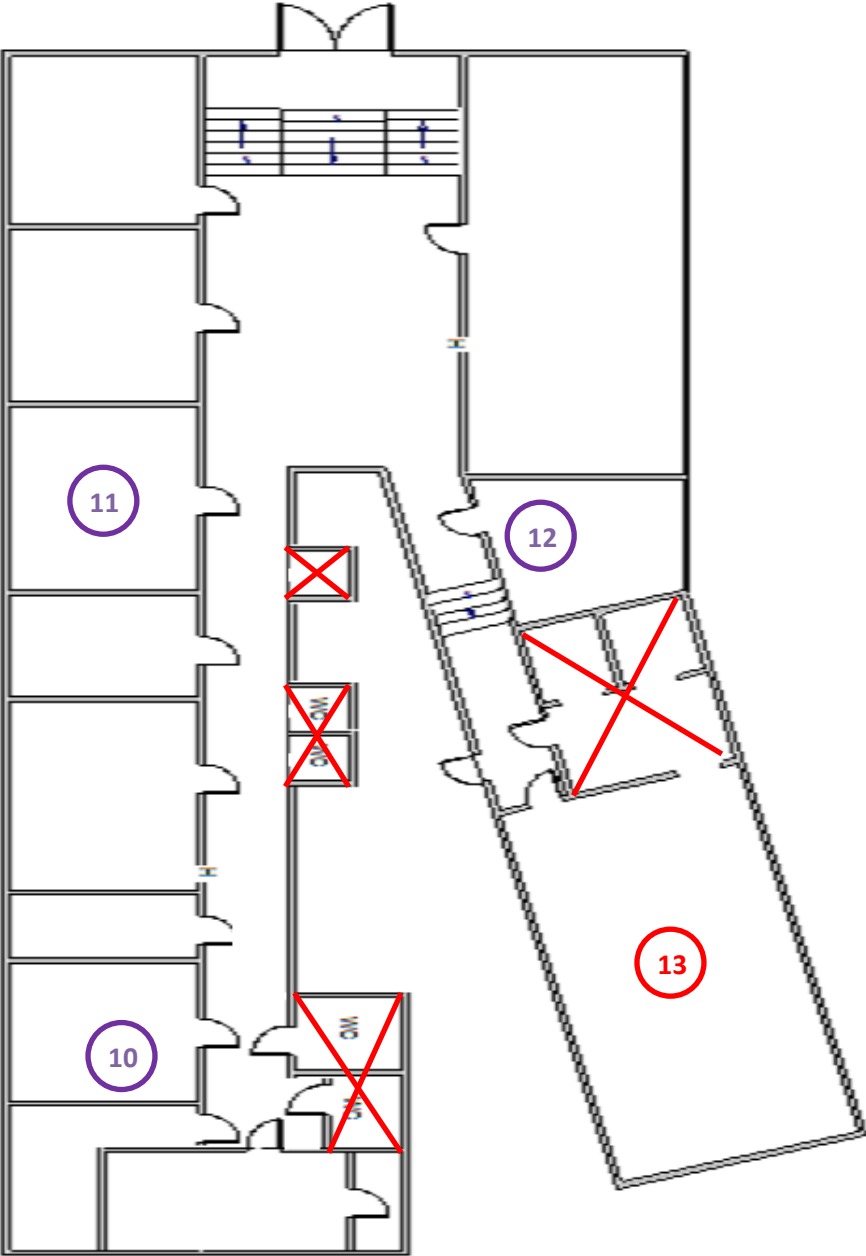


Označení prostor, ve kterých nebylo pokrytí požadováno, případně nepřístupné prostory.  
Ostatní prostory myjí být pokryté plošně.

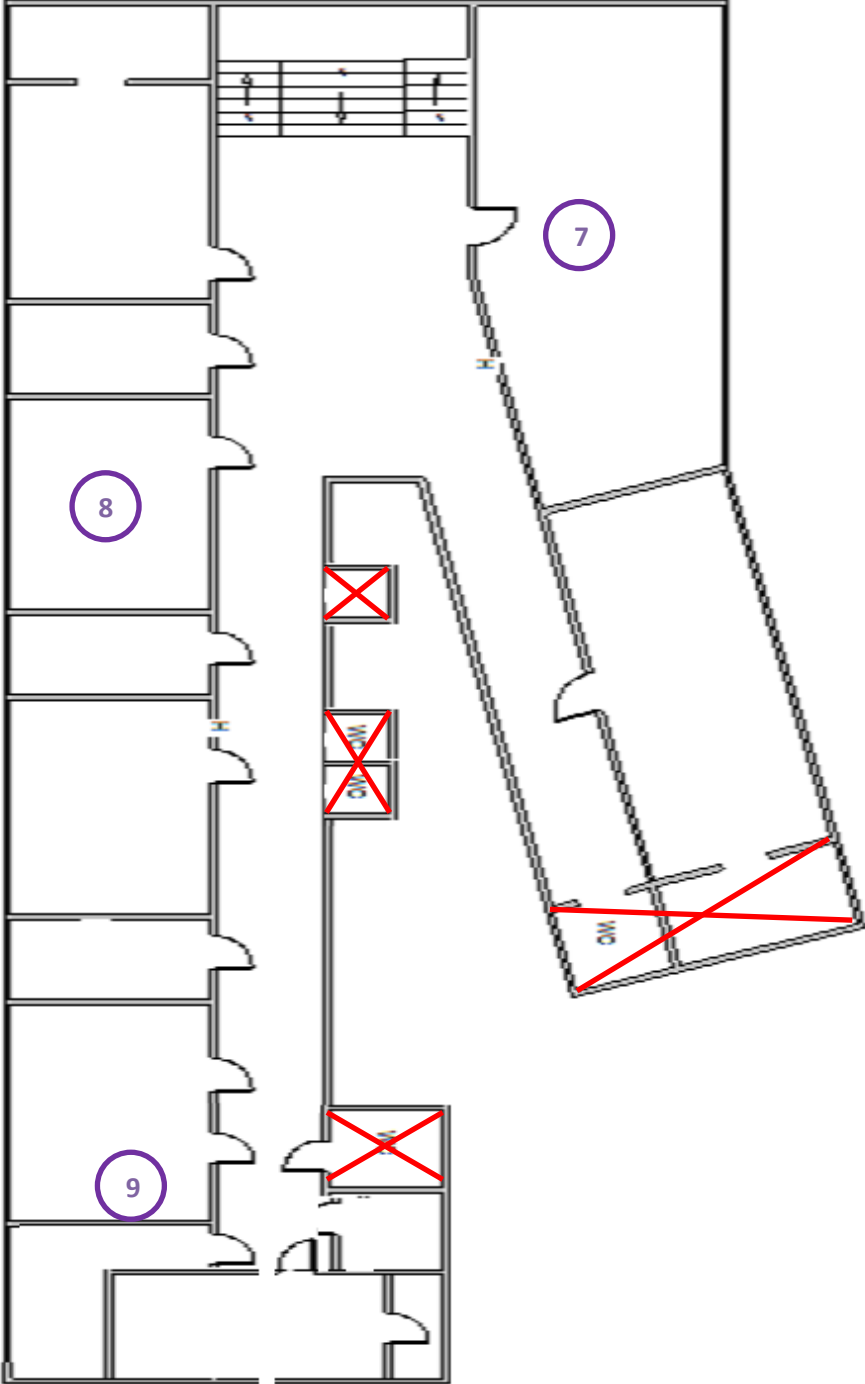




Požadované oblasti pokrytí 1NP

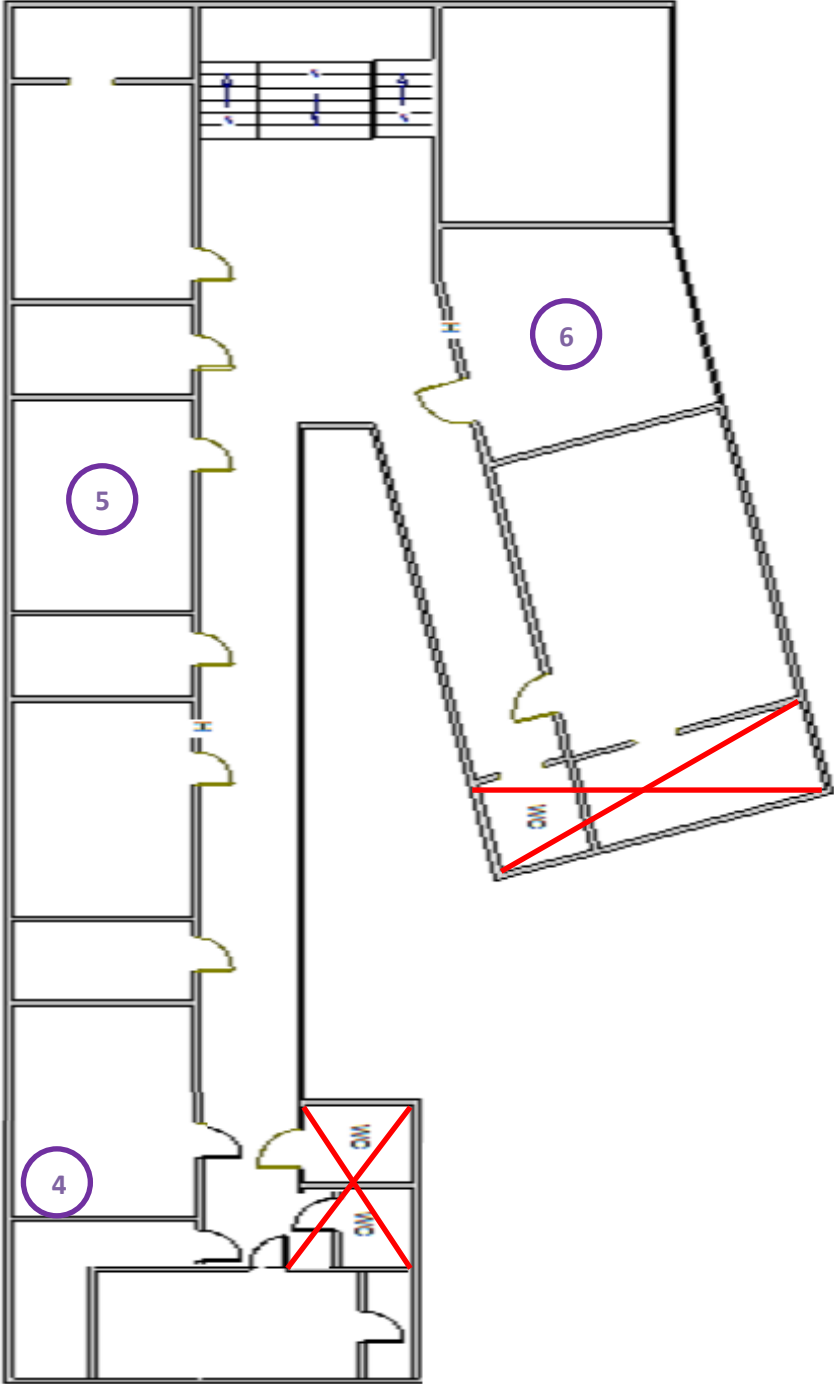


Požadované oblasti pokrytí 2NP

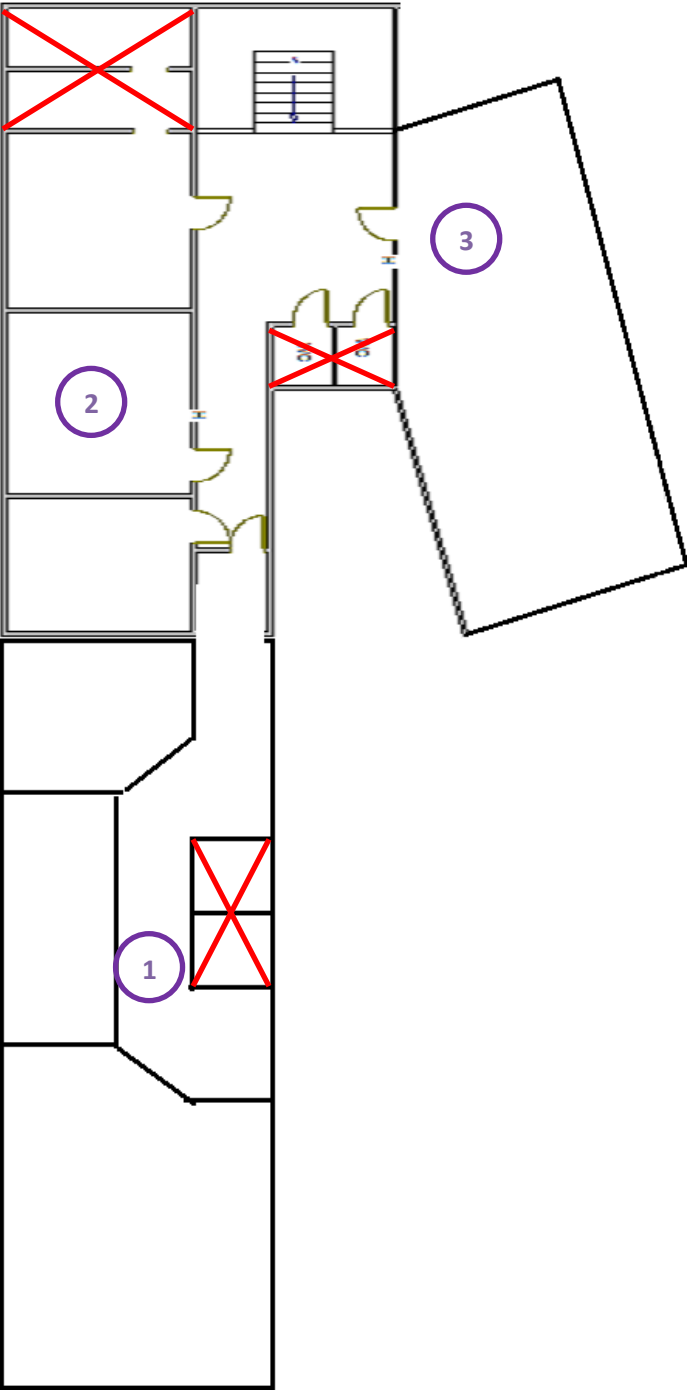




Požadované oblasti pokrytí 3NP



Požadované oblasti pokrytí 4NP



## WLAN Survey diagramy – síla signálu (dBm)

### 1NP - mapa spojitého pokrytí v pásnu 2.4GHz

Diagram zobrazuje spojité pokrytí signálem v pásnu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

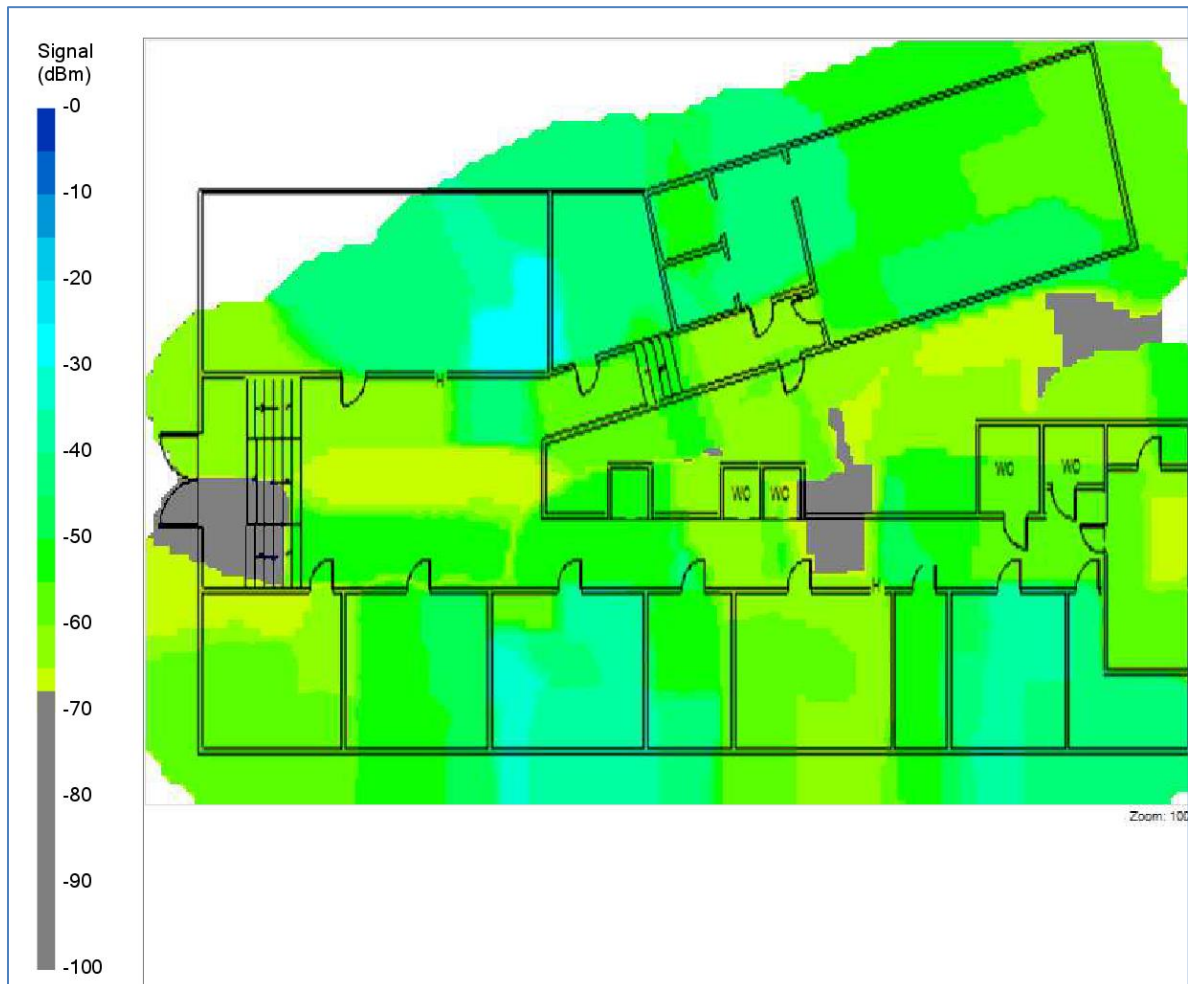
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 1NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje spojité pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

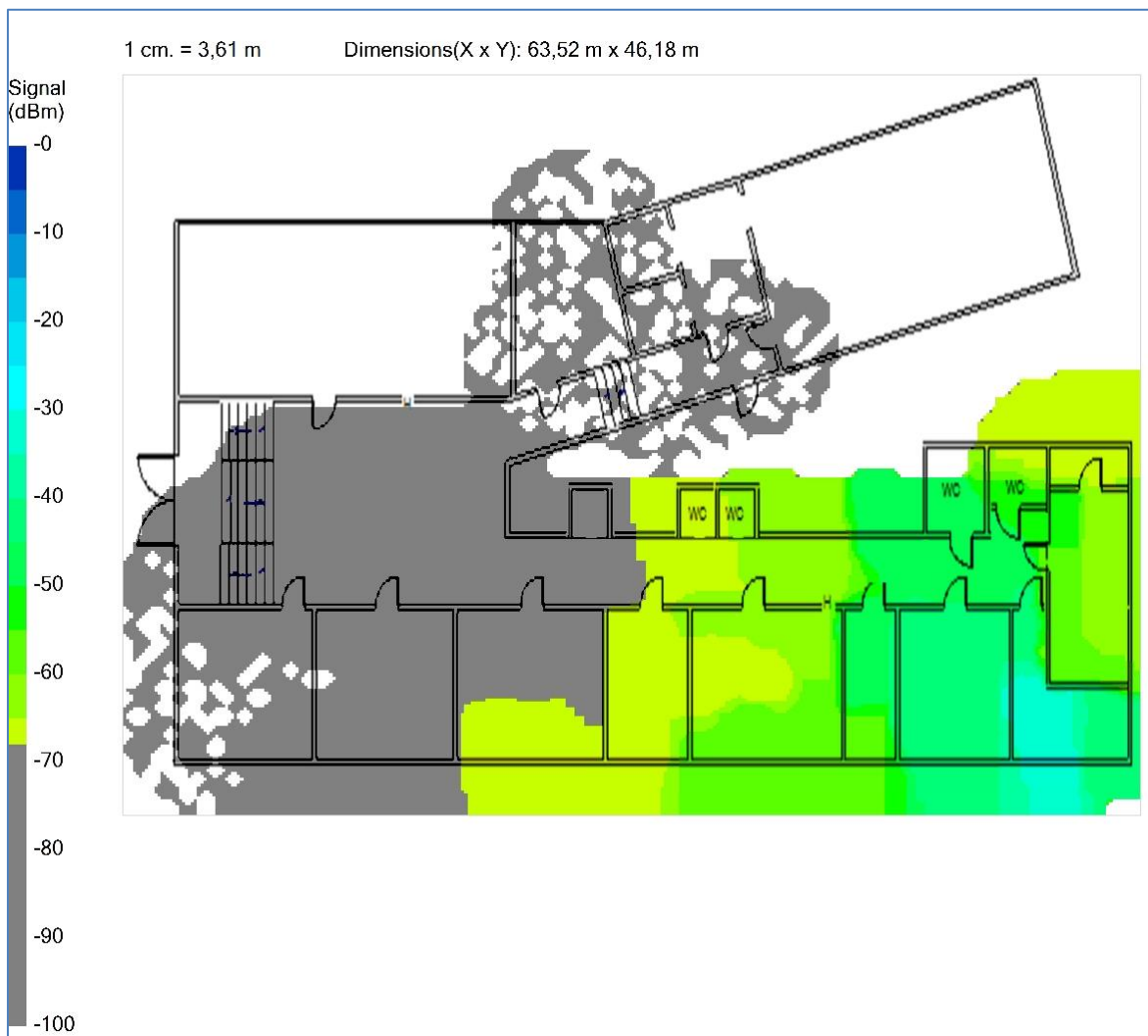
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 1NP - mapa pokrytí AP10 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

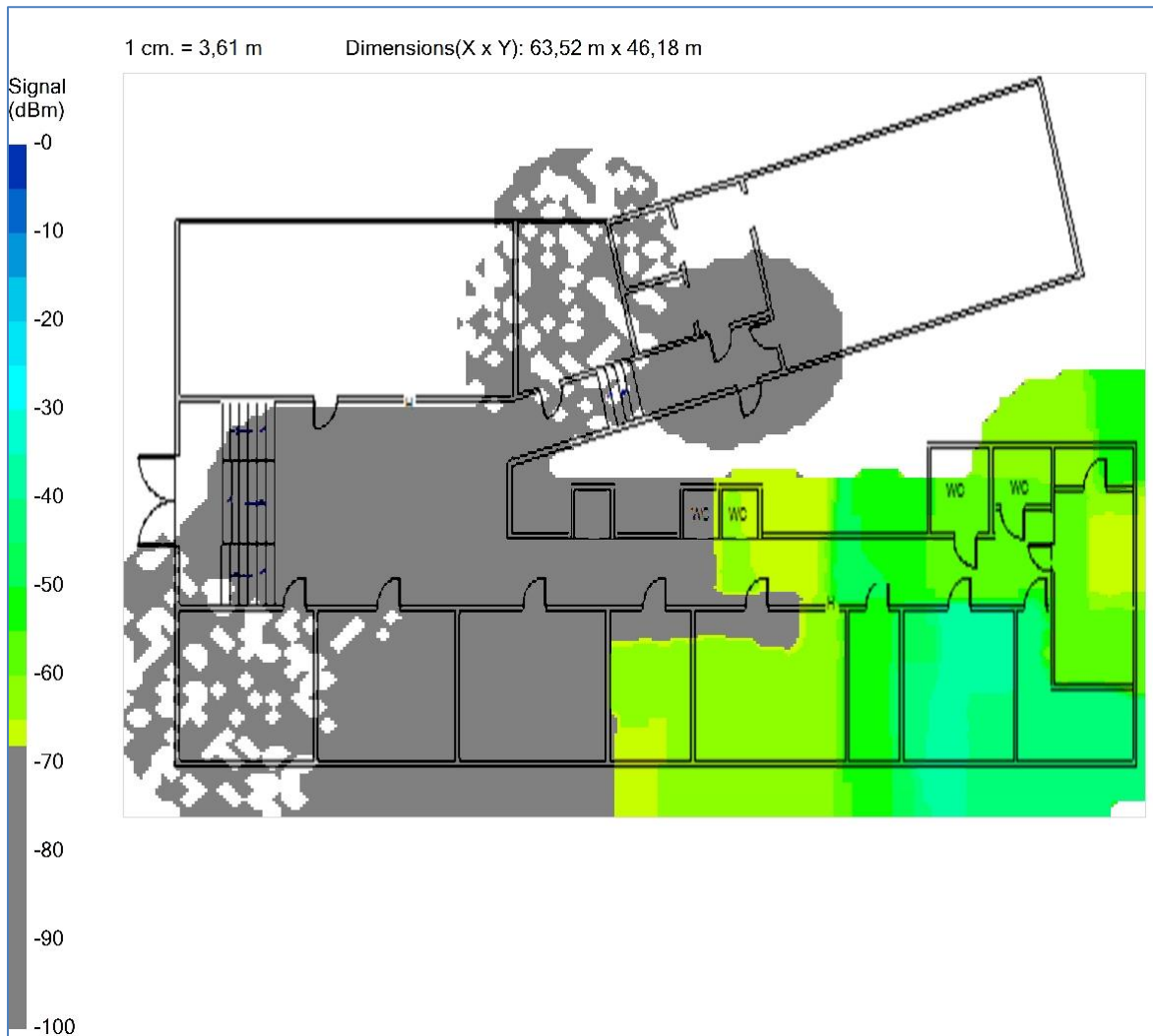
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 1NP - mapa pokrytí AP10 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

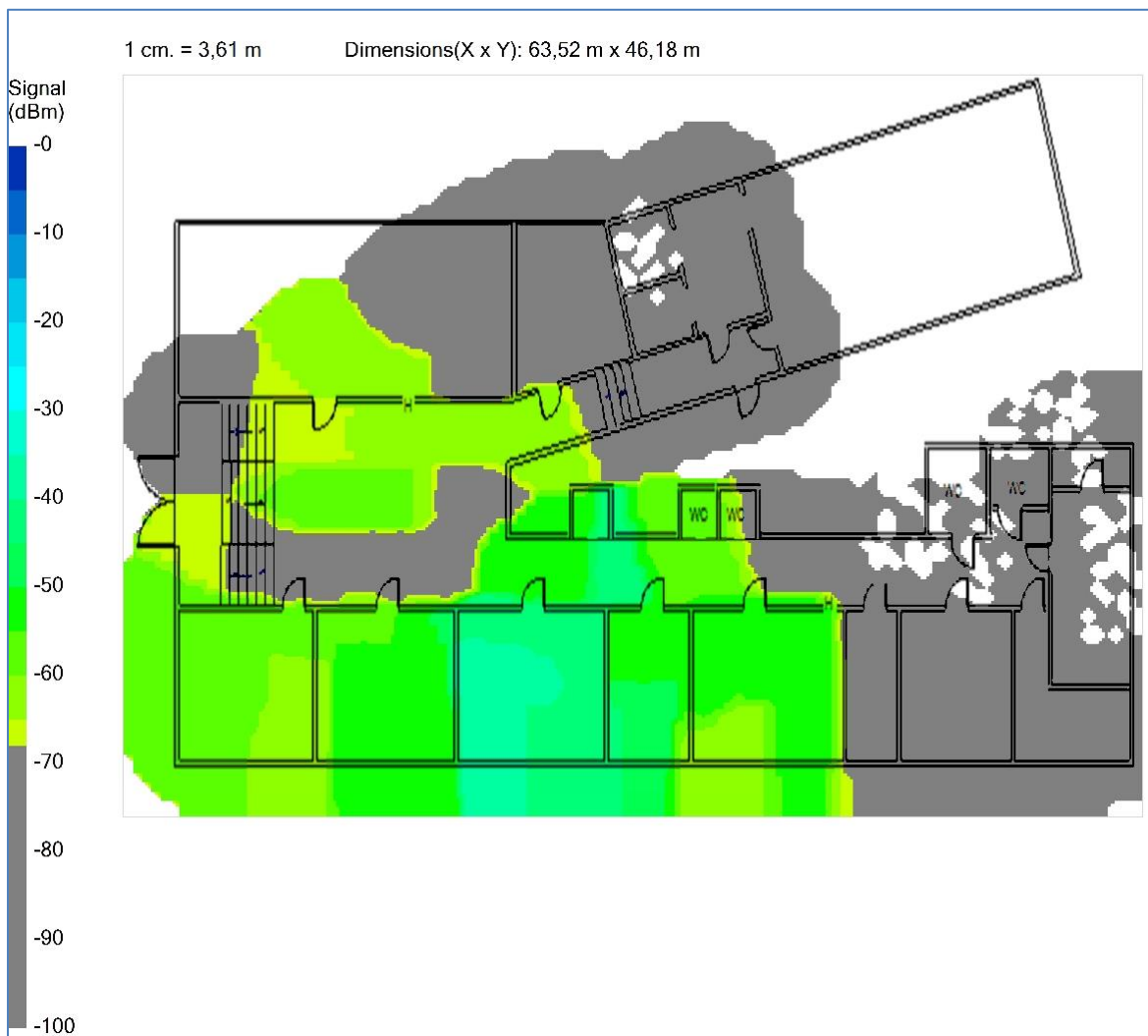
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 1NP - mapa pokrytí AP11 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

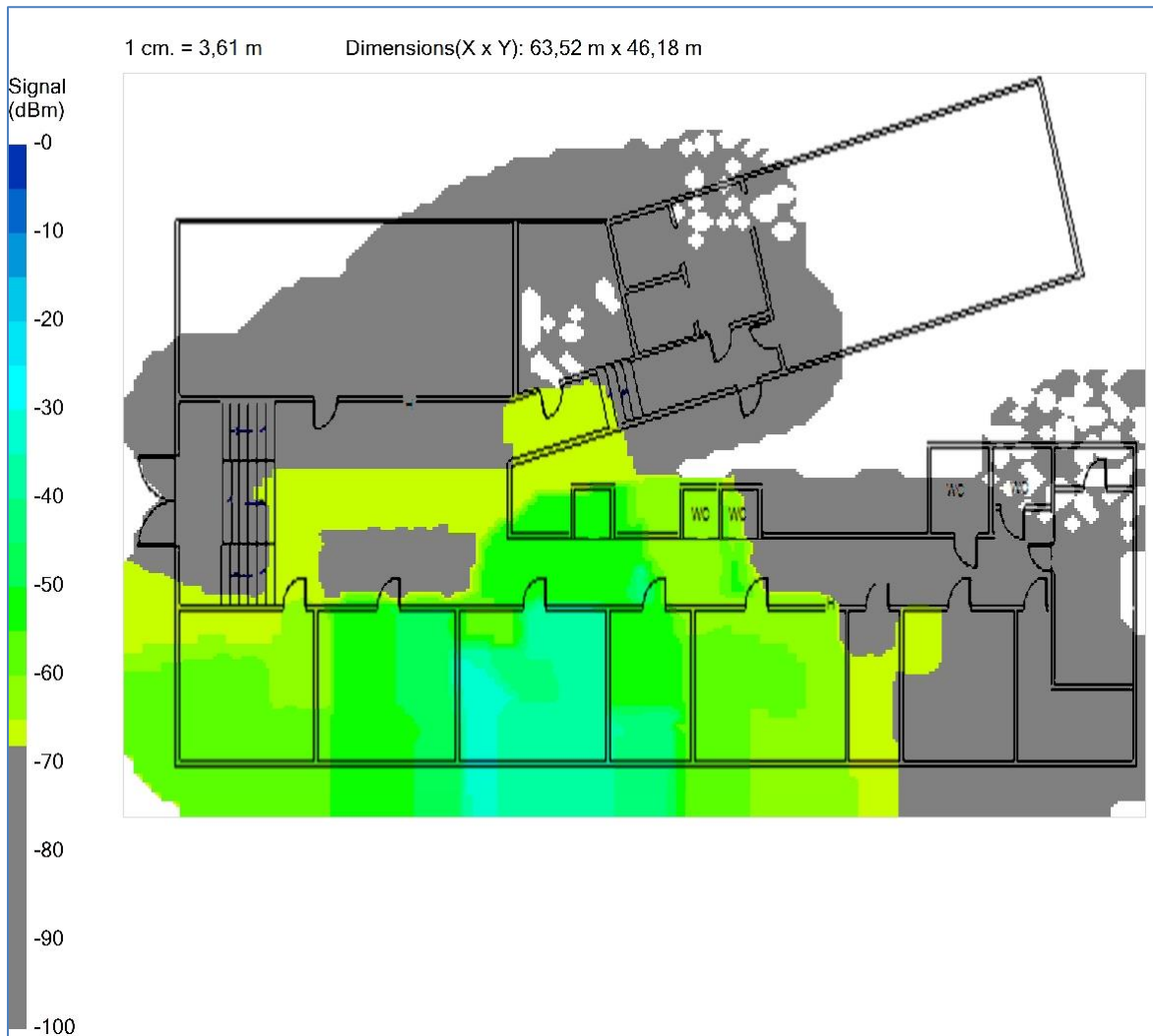
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 1NP - mapa pokrytí AP11 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.

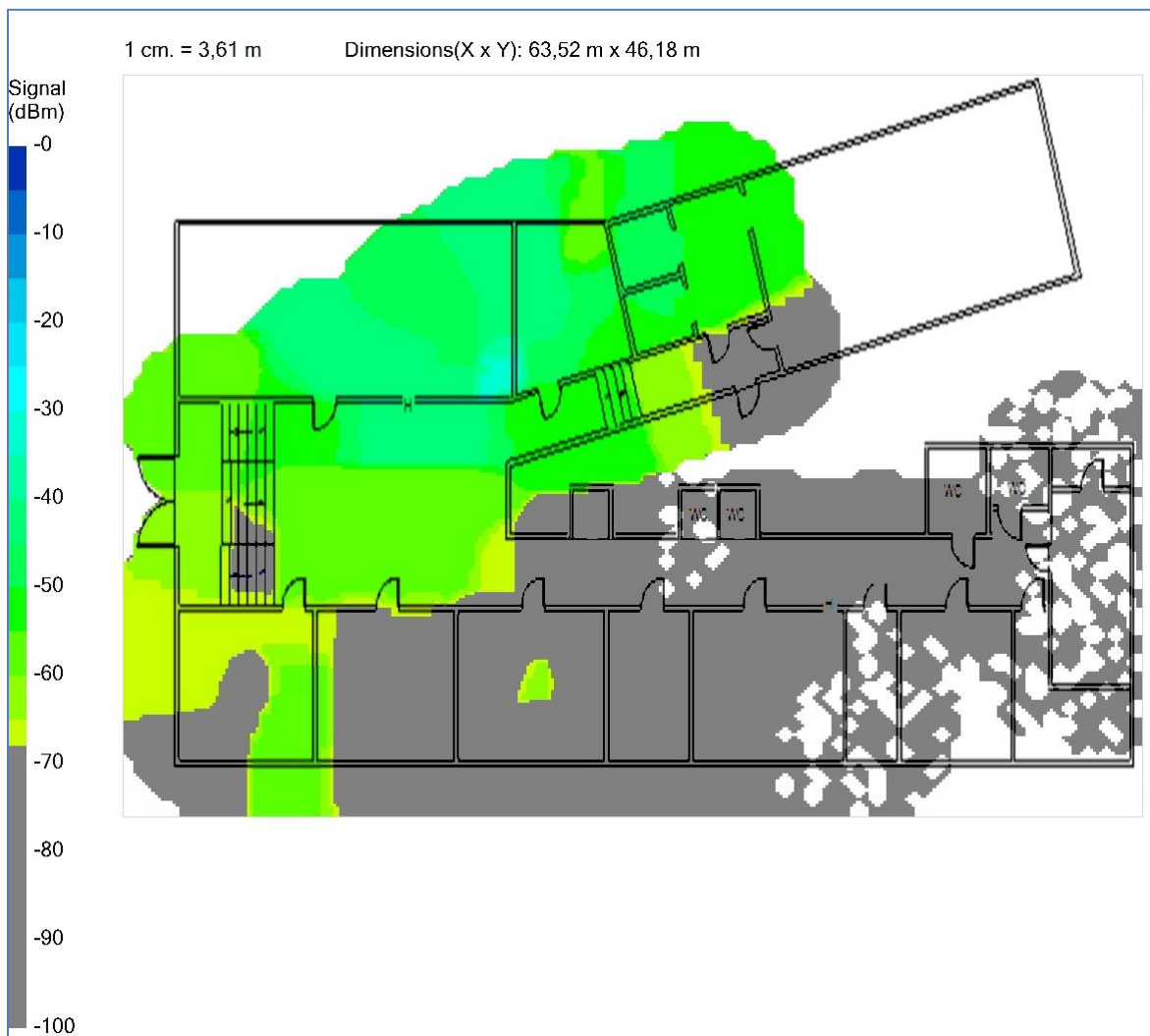




## 1NP - mapa pokrytí AP12 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 1NP - mapa pokrytí AP12 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 1NP - mapa pokrytí AP13 (volitelné) v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 1NP - mapa pokrytí AP13 (volitelné) v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.





## 2NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje spojité pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 2NP - mapa pokrytí AP7 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 2NP - mapa pokrytí AP7 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.





## 2NP - mapa pokrytí AP8 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 2NP - mapa pokrytí AP8 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

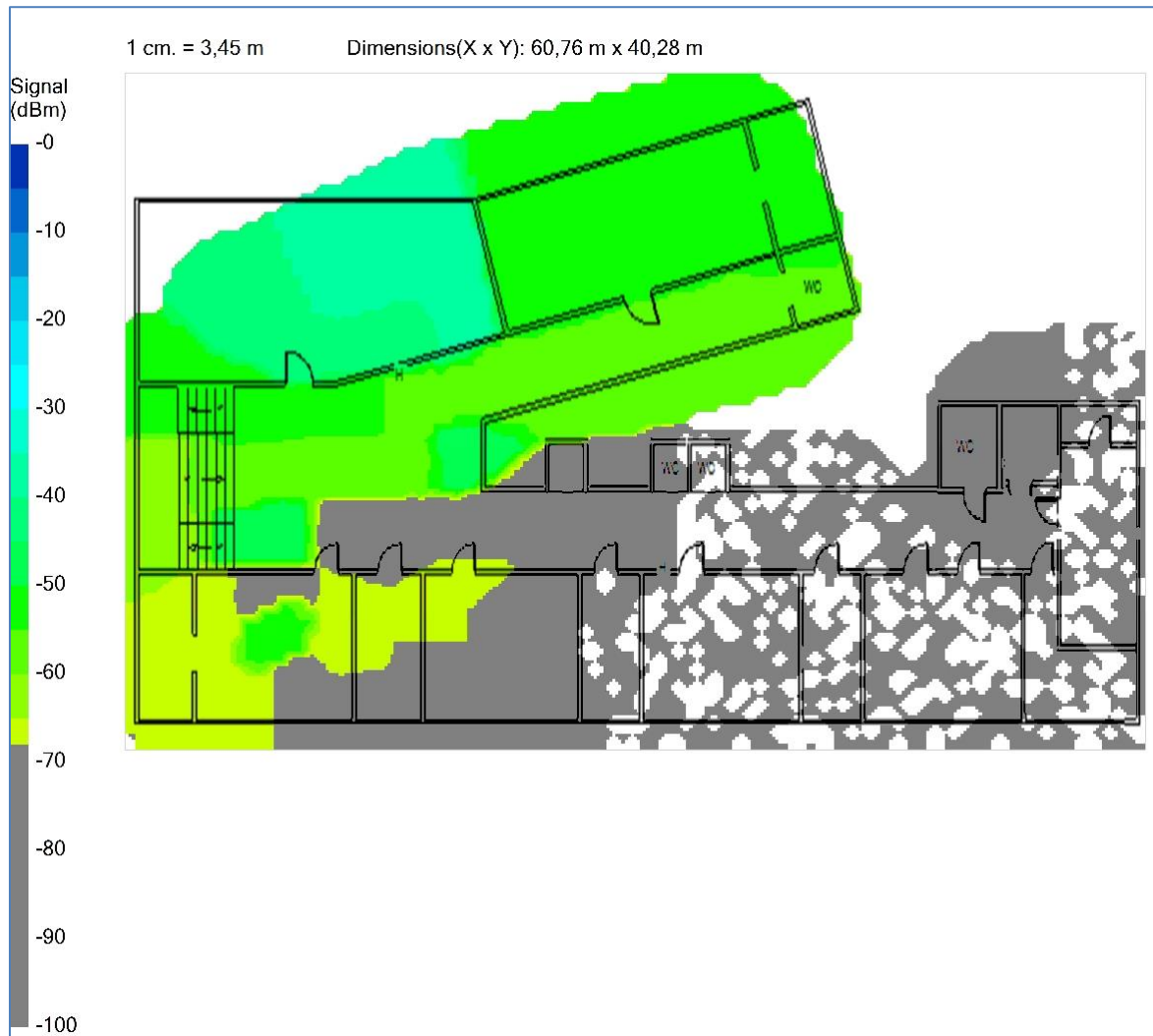
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 2NP - mapa pokrytí AP9 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

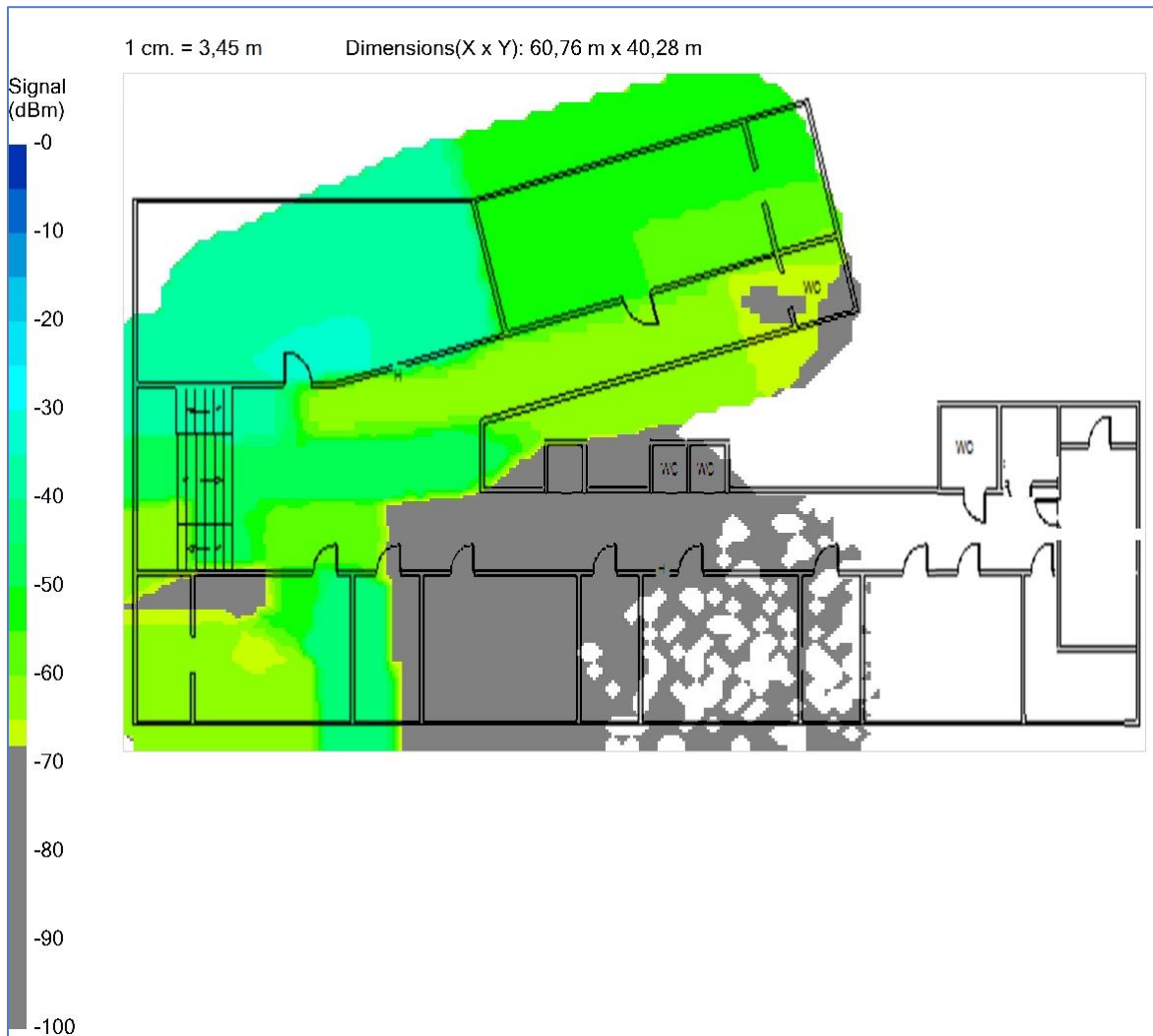
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 2NP - mapa pokrytí AP9 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

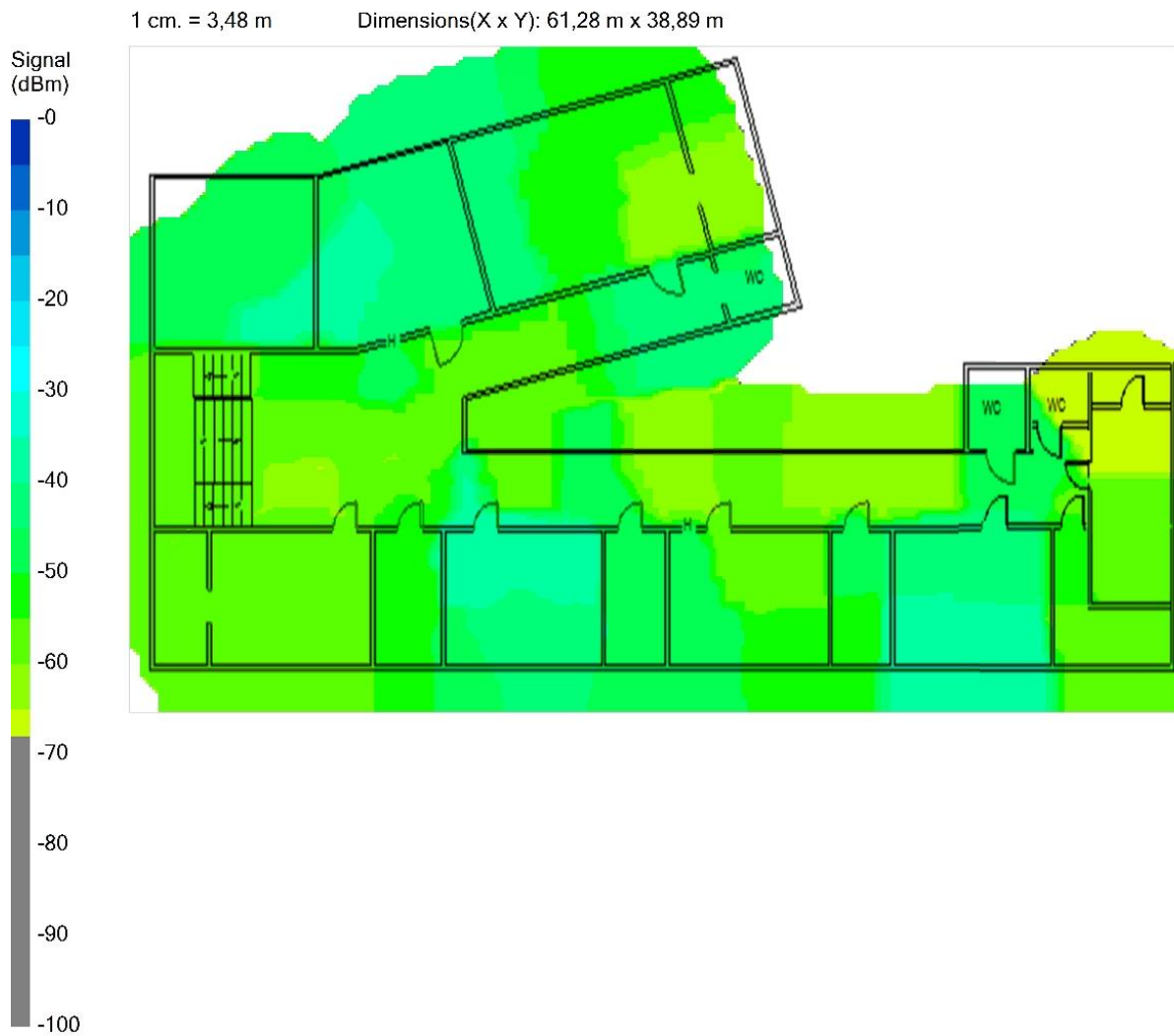
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



### 3NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje spojité pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

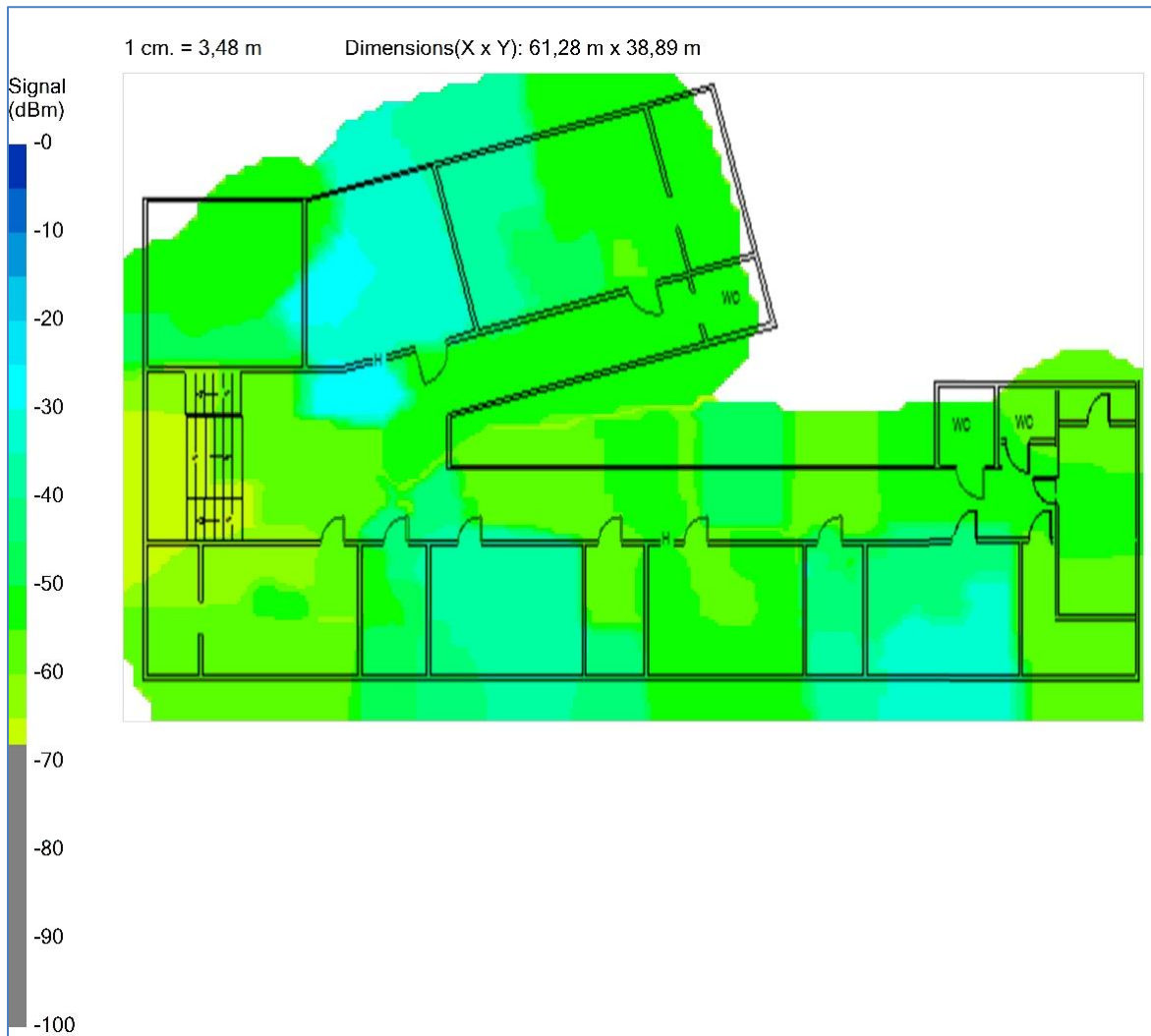
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



### 3NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje spojité pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



### 3NP - mapa pokrytí AP4 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

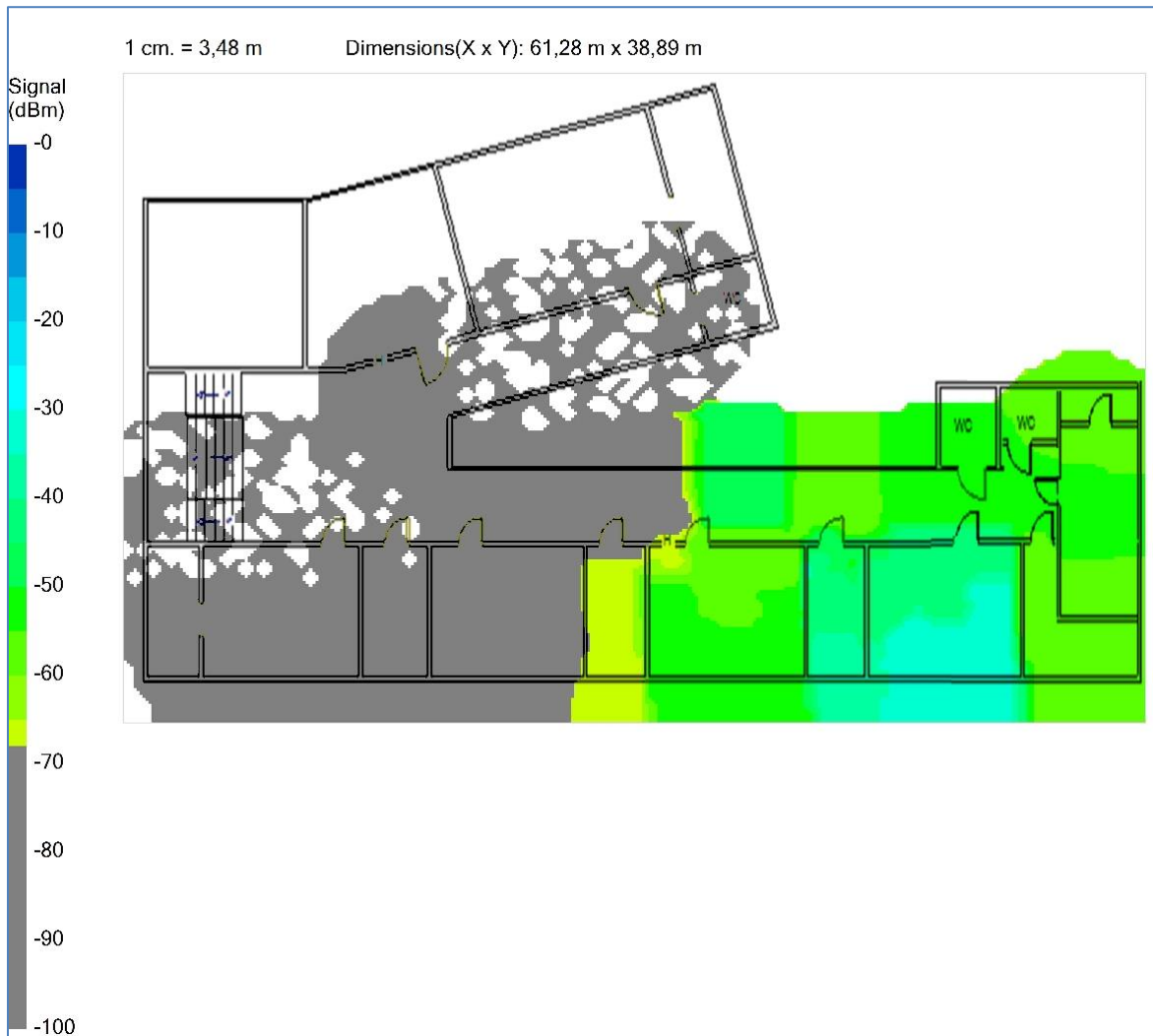
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



### 3NP - mapa pokrytí AP4 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.





### 3NP - mapa pokrytí AP5 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



### 3NP - mapa pokrytí AP5 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

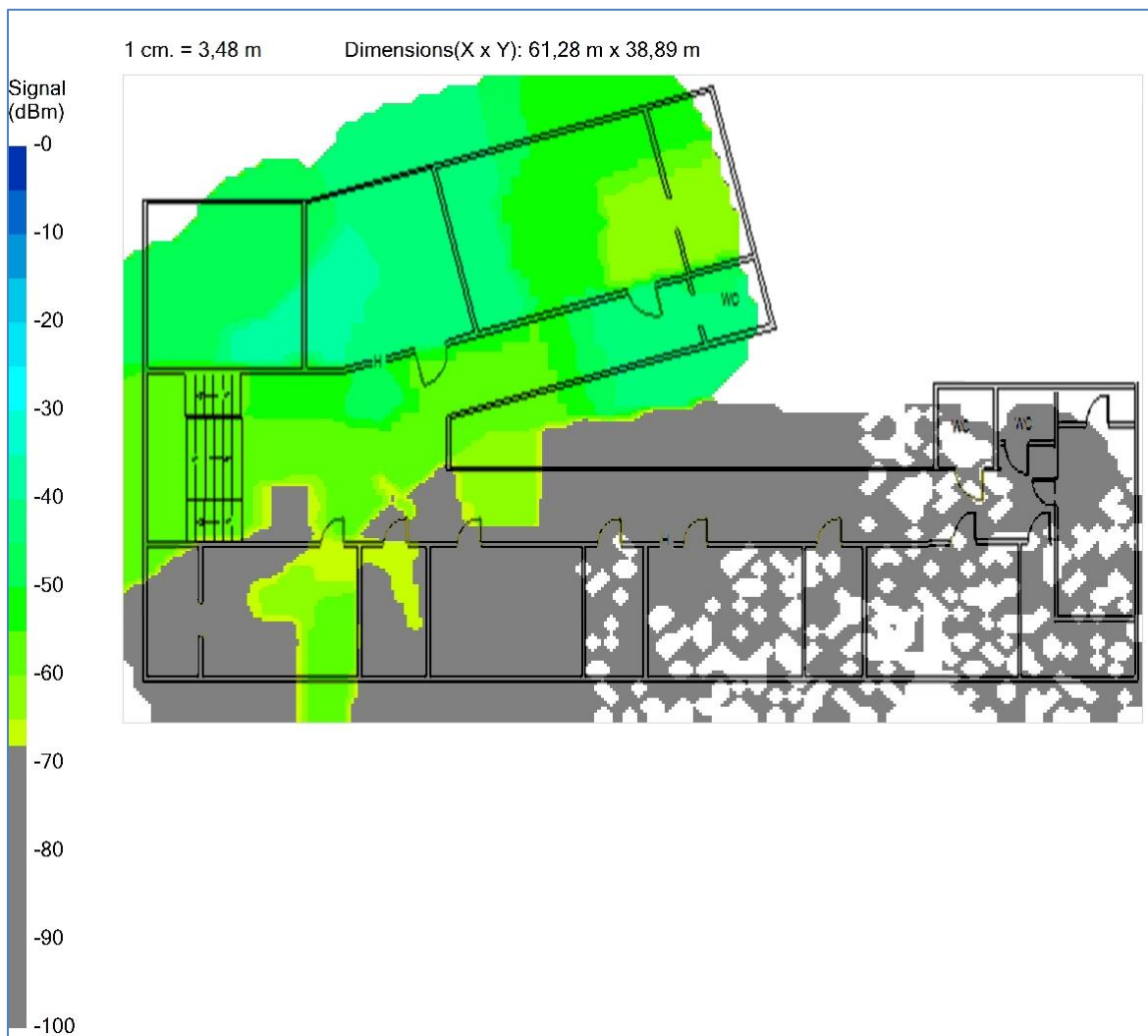
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



### 3NP - mapa pokrytí AP6 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



### 3NP - mapa pokrytí AP6 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 4NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje spojité pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

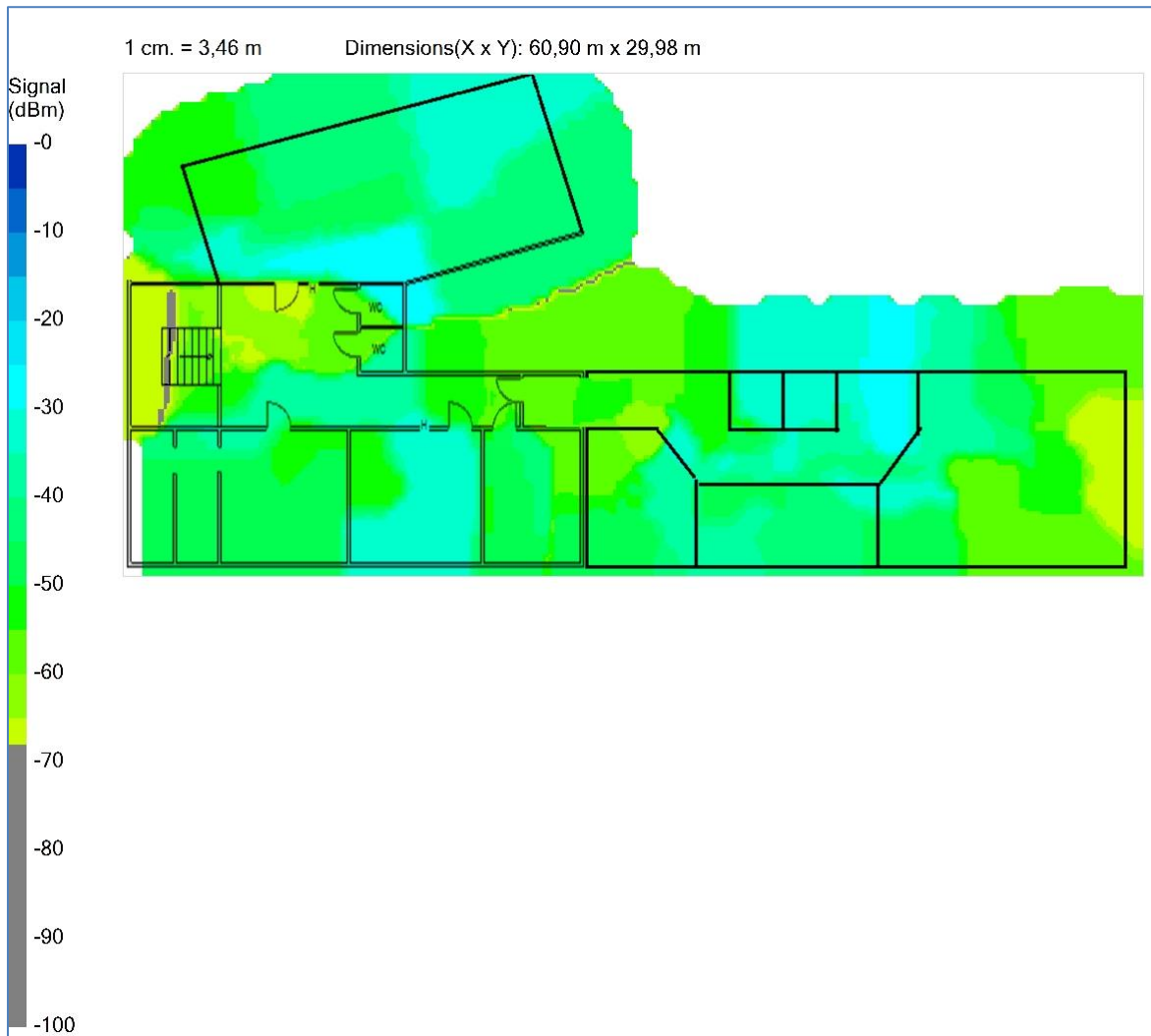
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 4NP - mapa spojitého pokrytí v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje spojité pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

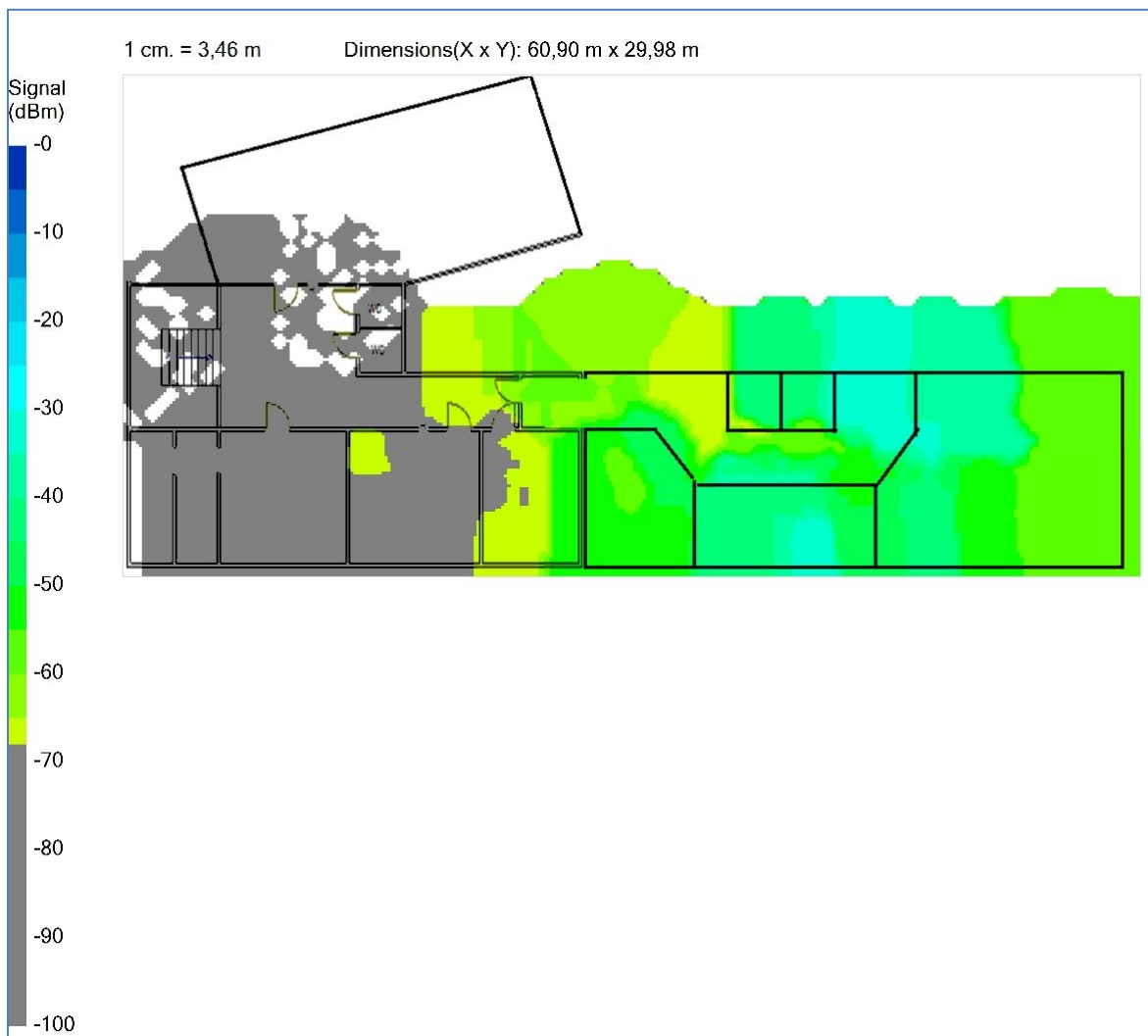
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 4NP - mapa pokrytí AP1 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

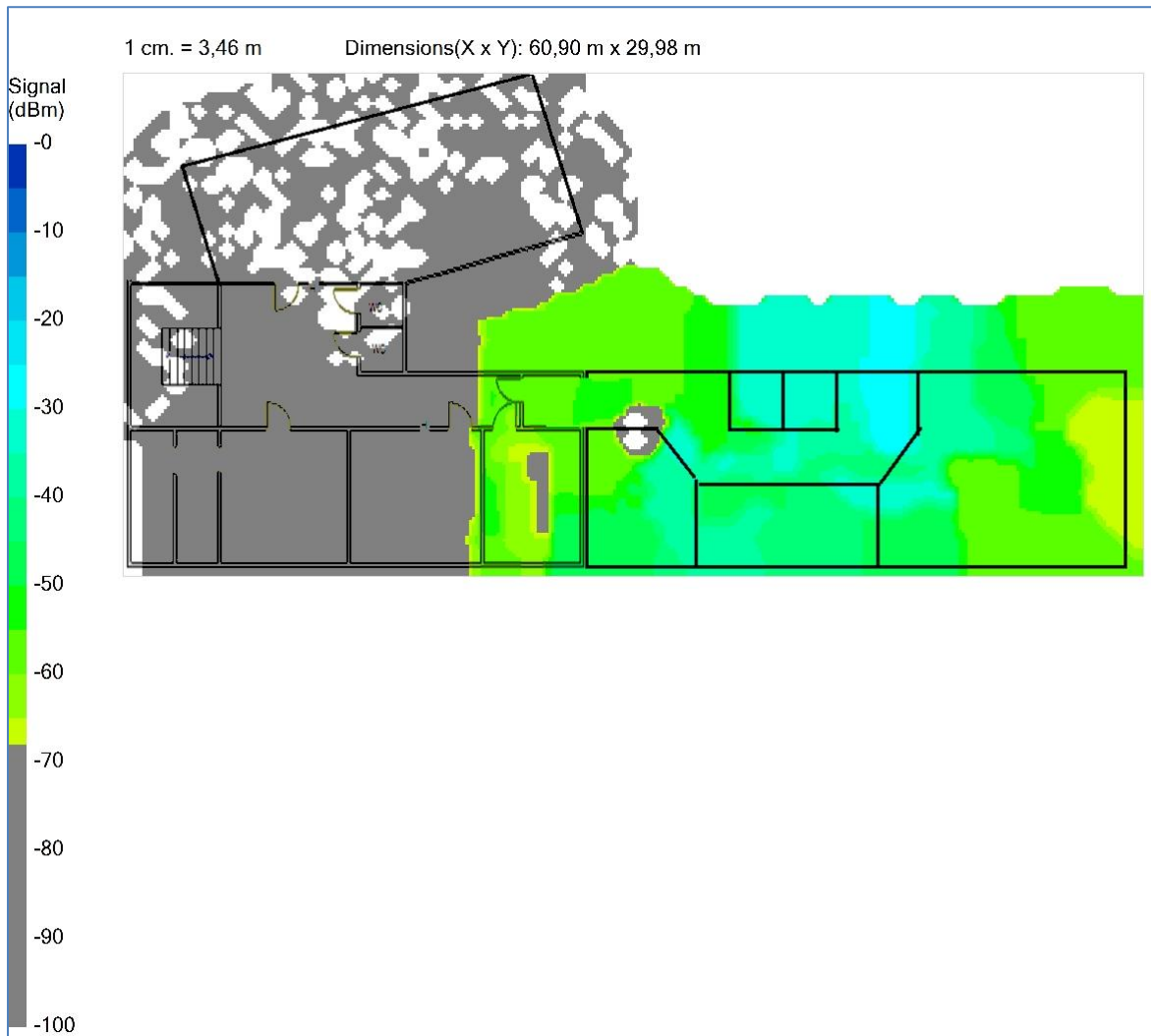
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 4NP - mapa pokrytí AP1 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.

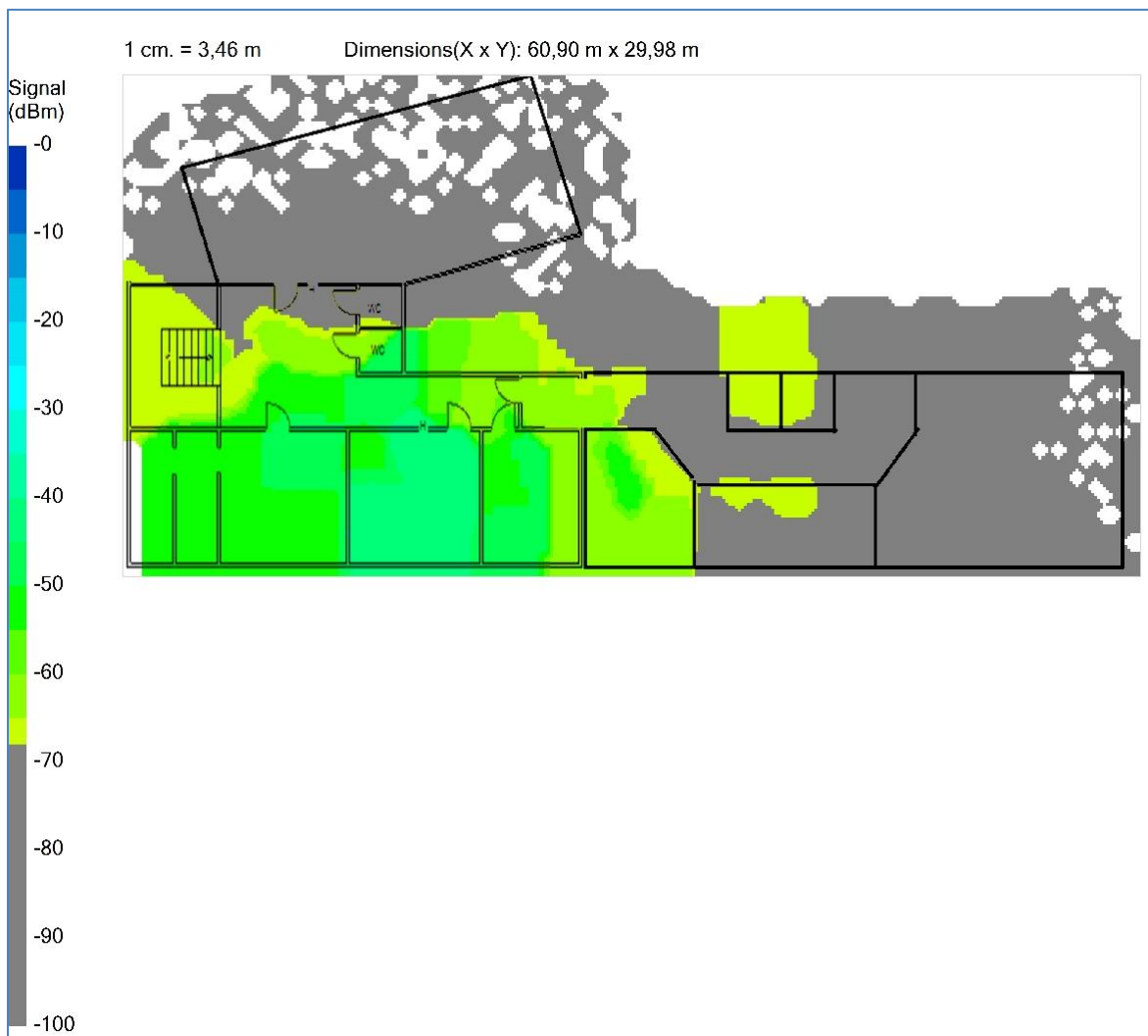




## 4NP - mapa pokrytí AP2 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

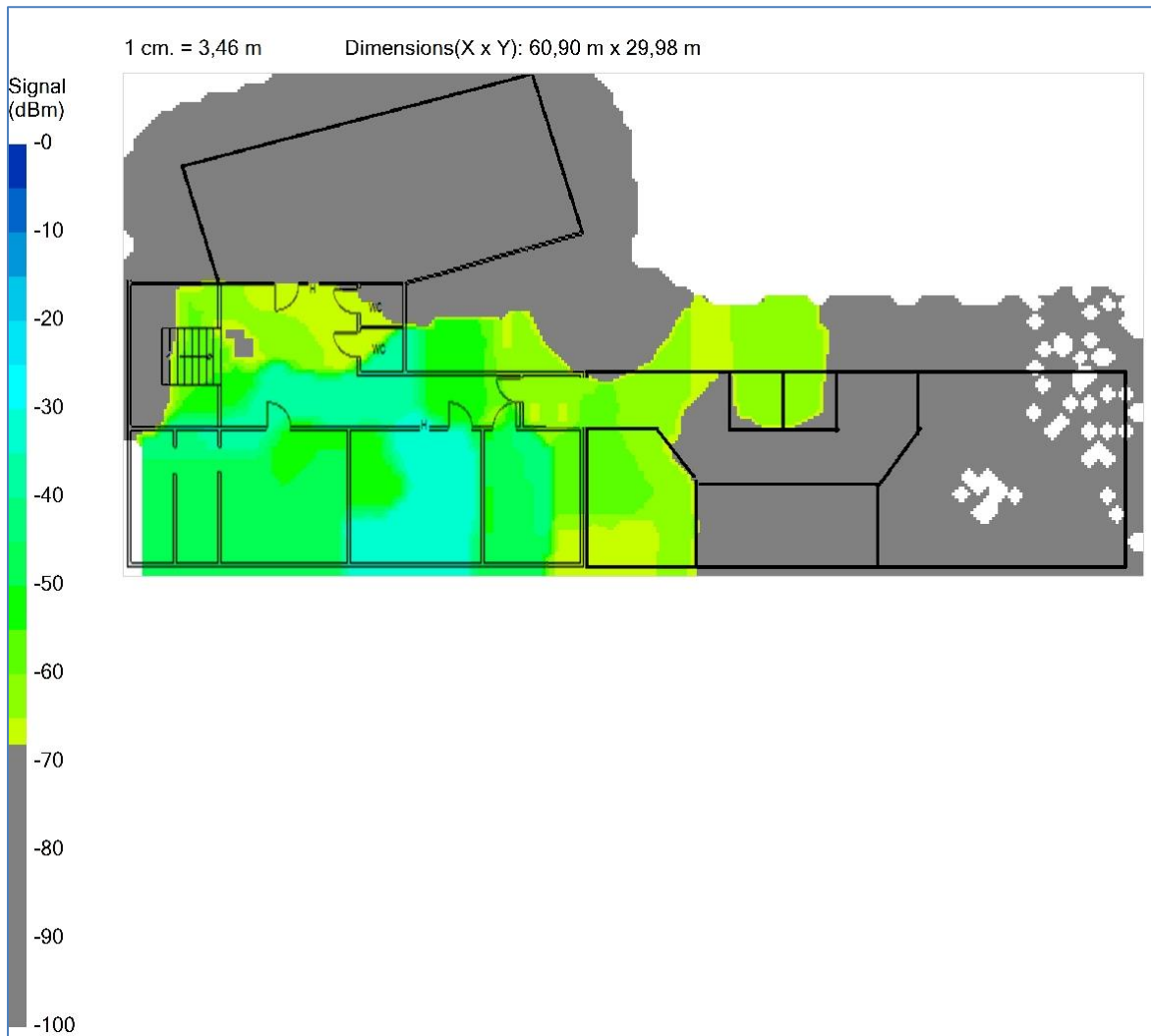
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 4NP - mapa pokrytí AP2 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 4NP - mapa pokrytí AP3 v pásmu 2.4GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 2,4GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

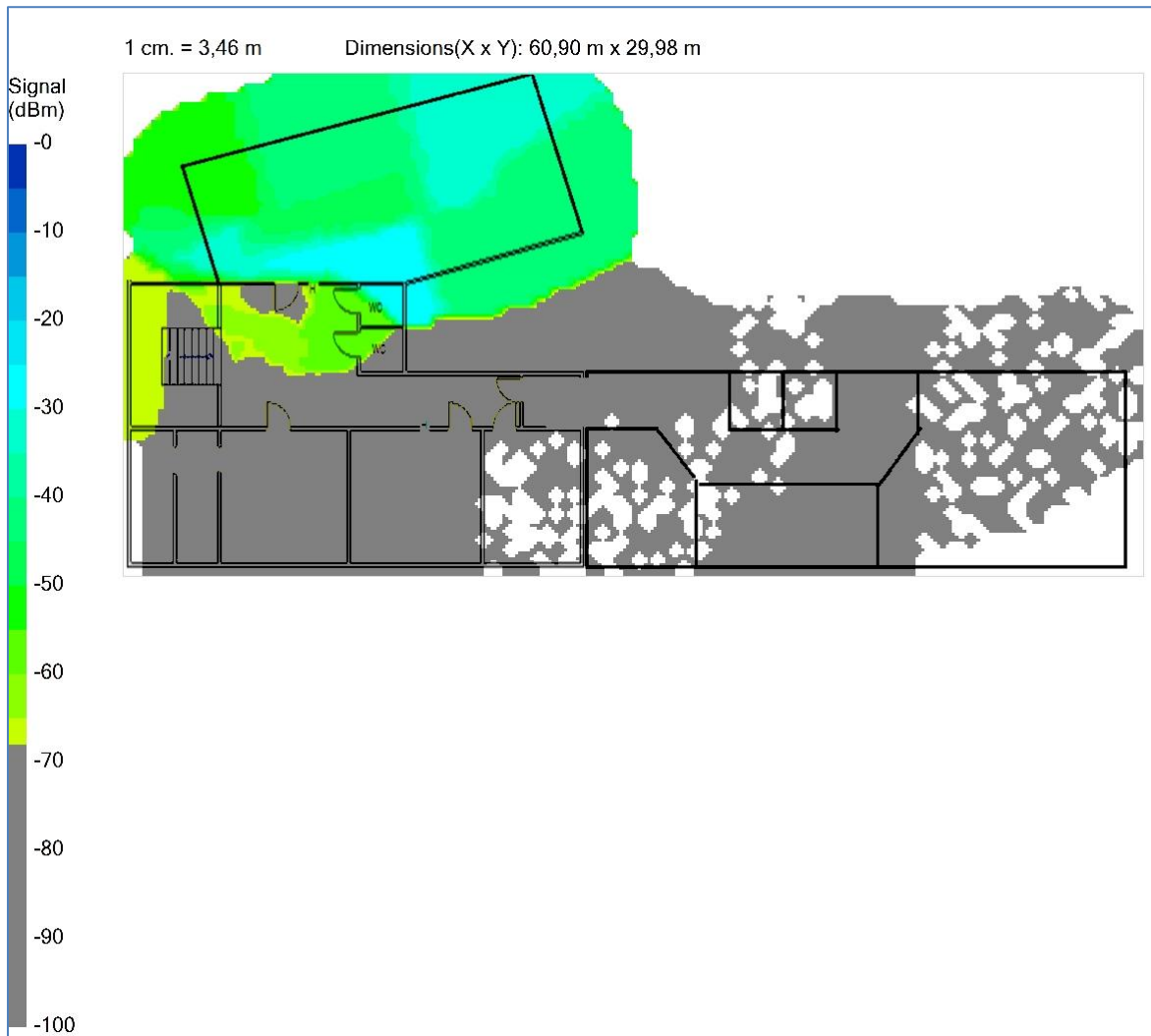
Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## 4NP - mapa pokrytí AP3 v pásmu 5GHz

Diagram zobrazuje pokrytí signálem v pásmu 5GHz pro minimální sílu signálu -67dBm.

Oblasti s úrovní signálu pod -67dBm jsou odfiltrovány.



## **Kanálování a vysílací výkon AP**

Vzhledem k relativně intenzivnímu a z principu dynamickému využívání spektra v okolí školy doporučujeme řízení vysílacích výkonů a volby kanálů ponechat na vestavěných mechanismech centrálně řízeného WiFi systému. Jen tak je možné bez nutnosti opakovaných měření zajistit optimální využití dostupných frekvencí.

Pro více informací viz kapitola Interferencí, resp. její závěr.

## **Fyzické umístění přístupových bodů**

Všechna navržená umístění indoor AP vychází z naměřených hodnot.

**Všechna indoor AP jsou navržena pro horizontální montáž až ke stropu.**

Pro pokrytí prostoru tělocvičny pomocí volitelného AP č. 13 je optimální AP montovat horizontálně co nejvýše v prostoru střechy – docílí se tak lepšího pokrytí i ve vnitrobloku mezi křídly školní budovy (signál bude méně procházet obvodovým zdívem budovy a více okrajem střechy).

Následující odstavce upřesňují polohu jednotlivých AP, respektive dokumentují měřenou pozici. Vzhledem k velké výšce stropů jsme v některých případech nebyli schopni při měření AP instalovat těsně pod strop. To se v měření projeví pouze zanedbatelně a pro finální montáž je třeba počítat s umístěním v maximální výšce.

AP1































AP11







### AP13 - volitelné

AP by mělo být instalováno co nejbližší k hřebenu střechy. Nouzové umístění AP na obrázku bylo nutné s ohledem na provizorní možnosti dané stavem a prostorem půdy. Pro instalaci AP je třeba zvážit všechna protipožární opatření, AP samotné by mělo mít příslušnou certifikaci (Plenum rated).



## Strukturovaná kabeláž, přístupová síť

Pro instalaci nových přístupových bodů bude třeba v závislosti na doporučeném umístění a dostupnosti volné strukturované kabeláže zajistit přípravu vhodných kabelových tras.

Pro 802.11ac přístupové body je s ohledem na budoucnost vhodné ke každému AP přivést 2 ethernetové kabely. Jde o doporučení, nikoliv mandatorní požadavek.

Stran napojení WiFi infrastruktury do přístupové sítě a především napájení přístupových bodů bude zřejmě s výhodou zvážit nasazení PoE switchů. Napájení AP lokálně přes 230V není s ohledem na stropní umístění snadno proveditelné. Opět s ohledem na využití 802.11ac standardu je doporučeno využít 1Gbps přístupových portů, nicméně tato varianta je podmíněna dostupností volných finančních prostředků.

**Stávající mix switchů je vzhledem k absenci PoE podpory, limitu Fast ethernet access portů a stavu páteřních propojení využitelný jen omezeně.**

Jako ekonomická se jeví varianta v první fázi pro integraci využít stávající switche doplněné o příslušný počet PoE injektorů (minimalizace investice). V druhé fázi bude možné případně provést upgrade všech stávajících switchů na 1Gbps s podporou PoE, vybudování odpovídající optické páteře přes celou školu – to vše je možné následně jen přepojit a začít WiFi infrastrukturu využívat naplno bez omezení daného původní 100Mbps sítí.

## Závěr

Měření na místě prokázalo, že nasazení WiFi technologie v prostorách školy je bez zásadních problémů možné. Ohled je potřeba brát především na dynamické a relativně intenzivní využívání spektra subjekty v okolí školy. Dalším neopomenutelným faktorem musí být stávající stav a budoucnost školní LAN sítě, který pomalu morálně zastarává a dle vyjádření zástupce školy již aktuálně nedostačuje i jiným síťovým aplikacím.

Z pohledu připojení AP do access switchů bude třeba zvážit využitelnost a dostupnost volných ethernet portů v blízkosti navržených pozic přístupových bodů a případně chybějící kabelové trasy dobudovat.