

# **Implementace inteligentní technologie "Radiating cable" v provozu logistického centra**

Bc. Michal Brückner

---

Diplomová práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2016/2017

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal Brückner**  
Osobní číslo: **A14363**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Implementace inteligentní technologie "radiating cable" v provozu logistického centra**

Téma anglicky: **The Implementation of a Smart Technology "Radiating Cable" in the Operations of a Logistics Centre**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární rešerši ve vztahu k technickému řešení problému "radiating cable" a problematice použití bezdrátových sítí v logistickém centru.**
- 2. Provedte analýzu současného stavu z hlediska řešené problematiky.**
- 3. Navrhněte možnosti zlepšení stávajícího stavu pomocí technologie "radiating cable".**
- 4. Graficky znázorněte navržené řešení pomocí SW Microsoft VISIO.**
- 5. Provedte vyhodnocení návrhu z pohledu funkčnosti a stanovte ekonomický a uživatelský přínos.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Anonymous. Maximální bezpečnost. I. vydání. Praha: Soft Press, 2004, 984 str. ISBN 8086497658.**
2. **Carrol, Brandon James. Bezdrátové sítě CISCO. 1. vydání. Brno: ComputerPress, 480 str. ISBN 9788025128848.**
3. **Horák, Jaroslav. Vytváříme domácí bezdrátovou síť. Brno: ComputerPress, 2011, 296 str ISBN 978802512977.**
4. **Procházka, Miroslav. Antény, Praha: BEN, 2005, 384 str ISBN 80-7300-166-7.**
5. **Sosinsky, Barrie. Počítačové sítě. Brno: ComputerPress, 2012, 840 str. ISBN 9788025133637.**
6. **Voráček, Karel. Bezdrátové sítě WiFi. Praha: Grada, 2006, 84 str. ISBN 24-7607-35.**

Vedoucí diplomové práce:

**prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.**

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

**3. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce:

**24. května 2017**

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

## **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce řeší formou projektu pokrytí logistických center vysokofrekvenčním signálem.

Teoretická část seznamuje s literární rešerší problematiky bezdrátového pokrytí pomocí technologie WIFI, používaných technických prostředků a komponent se zaměřením na použití vhodných antén. Samostatná část je věnována problematice měření signálu a prostředků, které se pro měření využívají.

Praktická část řeší konkrétní použití technologie „radiating cable“ v reálném prostředí logistického centra. Porovnáva konvenční řešení pokrytí skladu vs. technologie „radiating cable“.

Klíčová slova:

WIFI, bezdrátová síť, anténa, radiating cable, pokrytí, útlum, šum, měřicí prostředky, projektová dokumentace, WIFI standardy, zesilovač, zisk, Microsoft VISIO, Ekahau, InSSIDer, dB, výkon, logistické centrum, roaming, projekt, deformace, připojení, ztráta.

## **ABSTRACT**

This thesis describes the project in the form of logistics centers covering a radio signal.

The theoretical part literature review issues of wireless coverage using WiFi technology, used technical means and components, focusing on the use of appropriate antennas. A separate section is devoted to the measurement signal and with means that are used for the measurement.

The practical part addresses the specific use of technology, "radiating cable" in a real environment logistick center. It compares conventional solutions covering warehousing vs. technology "radiating cable."

Keywords:

WIFI, wireless, antenna, radiating cable, coverage, attenuation, noise, measurement means pro-project documentation, WIFI standards, amplifier gain, Microsoft Visio, Ekahau, InSSIDer, dB, power, logistics center, roaming project, deformation , connection loss.

Děkuji svému vedoucímu Prof. Mgr. Romanu Jaškovi, Ph.D., Ing. Miroslavu Hopjanovi, CSc., Liboru Kolářovi a Dieterovi Adamovi za odbornou i lidskou pomoc při vytváření diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ</b> .....	<b>12</b>
1.1 OPTICKÉ BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ.....	12
1.1.1 Technologie.....	12
1.1.2 Ronja.....	13
1.2 RADIOVÉ SÍTĚ.....	14
1.2.1 FWA.....	14
1.2.2 WiMAX.....	15
1.2.3 Satelitní spoje.....	16
1.2.4 WI-FI.....	17
1.2.4.1 Přehled standardů WiFi.....	18
1.3 RADIATING CABLE.....	20
1.3.1 Prvky Technologie Radiating Cable.....	20
1.3.1.1 Radiating Cable (Vyzařující, sálavý kabel).....	20
1.3.1.2 Spojovací konektory, rozbočovače, příslušenství.....	27
<b>2 ANTÉNY</b> .....	<b>29</b>
2.1 VŠESMĚROVÉ, PATROVÉ KOLINEÁRNÍ (OMNI-DIRECTIONAL).....	30
2.2 SEKTOROVÉ (SEMI-DIRECTIONAL).....	34
2.3 ÚZCESMĚROVÉ (HIGHLY-DIRECTIONAL).....	36
2.4 ZTRÁTA SIGNÁLU A JEHO DEFORMACE.....	38
2.5 PŘÍKLAD VÝPOČTU POTŘEBNÉHO VÝKONU NA PŘEKONÁNÍ ZTÁT SPOJE WI-FI SMĚROVAČE A NOTEBOOKU/ SMARTPHONU.....	40
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>41</b>
<b>3 POKRYTÍ LOGISTICKÉHO CENTRA VYSOKOFREKVENČNÍM SIGNÁLEM</b> .....	<b>42</b>
3.1 ÚVOD.....	42
3.2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	42
3.2.1 Stavební dispozice.....	42
3.2.2 Stavební konstrukce.....	44
3.2.3 Požadavky zákazníka.....	45
3.3 PLÁNOVÁNÍ, PROJEKT.....	47
3.3.1 Náklady.....	47
3.3.2 Lidské zdroje.....	47
3.3.3 Postup prací.....	48
3.3.4 Závěr kapitoly.....	49
3.4 KONVENČNÍ ŘEŠENÍ.....	50
3.4.1 Úvod.....	50
3.4.2 Projekt, plánování.....	50
3.4.3 Acces pointy.....	54
3.4.4 Realizace.....	55
3.4.4.1 Konfigurace access pointů.....	56
3.4.5 Měření reálného pokrytí vysokofrekvenčním signálem.....	58

3.4.6	Závěr kapitoly .....	58
3.5	RADIATING CABLE .....	58
3.5.1	Projekt, plánování .....	58
3.5.2	Realizace .....	62
3.5.3	Měření reálného pokrytí vysokofrekvenčním signálem.....	63
3.5.4	Závěr kapitoly .....	63
<b>4</b>	<b>HODNOCENÍ POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ .....</b>	<b>65</b>
4.1	ÚVOD .....	65
4.1.1	Diagram základních parametrů .....	65
4.2	POŘIZOVACÍ NÁKLADY .....	66
4.2.1	Hypotéza 1: Technologie Radiating Cable má nižší pořizovací náklady.....	66
4.2.2	Závěr .....	66
4.3	TECHNICKÉ NÁROKY .....	67
4.3.1	Hypotéza: Technologie Radiating Cable má menší technické nároky.....	67
4.3.2	Závěr .....	67
4.4	ŽIVOTNOST SYSTÉMU .....	68
4.4.1	Hypotéza 3: Technologie Radiating cable má vyšší životnost.....	68
4.4.2	Závěr .....	68
4.5	EKONOMICKÁ NÁVRATNOST .....	69
4.5.1	Hypotéza 4: Technologie Radiating Cable má vyšší ekonomickou návratnost .....	69
4.5.2	Závěr .....	71
4.6	FUNKČNOST A SPOLEHLIVOST .....	71
4.6.1	Hypotéza 5: V prostředí Logistického centra má technologie Radiating Cable vyšší spolehlivost a funkčnost .....	71
4.6.2	Závěr .....	73
4.7	RADIATING CABLE x KONVENČNÍ ŘEŠENÍ .....	74
4.7.1	Hypotéza 6: Aplikace technologie Radiating Cable je v prostředí LC výhodnější .....	74
4.7.2	Diskuze.....	74
4.7.3	Závěr .....	75
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>82</b>



## ÚVOD

Země střeoevropského prostoru jsou vzhledem ke geografickému umístění z pohledu logistiky a řízení unikátní. Schengenský prostor, do jehož struktury byla Česká republika implementována v roce 2007, přinesl v pravém slova smyslu revoluci na poli dopravy a pohybu materiálu. Základní politika EU o volném pohybu osob a majetku a vize jednotného společného trhu zvedla zájem výrobců, investorů a developerů o střeoevropský region, obzvláště České Republiky a Slovenské Republiky jako uzlových logistických a dopravních bodů. Tlak na cenu výrobku vede výrobce k vyhledávání nejen levnějších surovin a lidské práce, ale také ke snížení ceny za dopravu výrobních surovin a konečných produktů k zákazníkovi. Počáteční obavy a částečný odliv výroby do Asie se v plné míře nenaplnily, kvůli stagnující finální kvalitě výrobku, nemožnost standardizování kontroly technologických procesů, logistické náročnosti a době dodání výrobku a v neposlední řadě také vzrůstající ceny za lidskou práci v Číně.

Tyto trendy způsobily, že střeoevropský region se stal místem výstavby a boomu logistických center. Tyto stavby, většinou stavebnicových, modulárních systémů, začaly vyrůstat kolem páteřních komunikací, které tvoří i přes značné stáří a pochybnou kvalitu poměrně rozvinutou dopravní infrastrukturu ve všech významných směrech – NSR, Polsko (pobaltský směr), Rakousko (balkánský směr), Slovensko (Ukrajina, Rusko, země bývalého SSSR).

S výstavbou logistických center se ukázala také nutnost vhodné technické vybavenosti skladů, které už dávno nejsou jen místem k uskladnění materiálu a výrobků, ale plnohodnotný článek výrobního řetězce. Tato práce řeší na konkrétním příkladu logistického centra právě vytvoření síťové infrastruktury netradičními prostředky. Systémy podpory výroby jako SAP, zvláště pak jeho modul MM (Material Management) pro svou činnost potřebují odpovídající technické prostředí. V rámci projektu podporovaného Evropskou Unií zavedení Elektronické průvodky šarže (EPŠ), došlo k potřebě pokrytí skladových prostor vysokofrekvenčním signálem, tedy vytvořením místní bezdrátové sítě (WLAN), spojující dvě a více zařízení na střední vzdálenosti pomocí bezdrátové distribuční metody. Tato síť obvykle poskytuje přes přístupový bod připojení k internetu, v našem případě firemní síti. Použití kmitočtově rozprostřeného signálu nebo OFDM technologie umožní uživateli pohybovat se v rámci signálem pokryté oblasti a stále být připojen do sítě.

Pokud pomineme manažera skladu nebo IT technika servisujícího síť hlavním uživatelem je standardně skladník, pohybující se po skladě a vychystávající zakázky. Palety, obsahující různé zboží a materiál, jsou označeny čárovým kódem. Pro čtení kódu je použit ruční scanner s displejem, vybavený bezdrátovou síťovou kartou. Po načtení kódu se zobrazí mimo další údaje také množství a druh výrobku, které skladník po fyzickém odebrání odečte online ze skladových zásob. Použitím scannerů a systému EPŠ dojde k zrychlení všech procesů, minimalizaci možnosti ztráty dat v papírové formě a lidské chyby. Důležitým faktorem pro řízení činností je možnost sledování online materiálové toky a vytíženost jednotlivých pracovníků. Doposud byla bezdrátová síť pokrývající logistické centrum o velikosti cca 6800 m<sup>2</sup> tvořena prvky bezdrátové komunikace pomocí tzv. konvenčního řešení, tedy přístupovými body (Access pointy – AP), jejichž počet a umístění měl zajišťovat pokrytí celého skladu signálem. Specifika provozu bezdrátové sítě v prostředí logistického centra však přinesla řadu problémů a vyžaduje nekonvenční řešení pomocí nasazení nové technologie „radiating cable“. Představení této technologie, problematiku a její aplikaci v konkrétním prostředí reálného logistického centra má za cíl tato diplomová práce.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ

Pro rozdělení bezdrátových sítí můžeme použít řadu kritérií. Základním je rozdělení podle typu signálu, a to na síť optické a radiové. Doposud nejosvědčenějším je přenos pomocí radiového signálu, a to z důvodu omezení možnosti použití optických spojů v závislosti na vzdálenosti a povětrnostních podmínkách. Dalším zásadním kritériem je mobilita. Zatímco pevné bezdrátové sítě neumožňují uživatelům žádný pohyb, mobilní sítě jej umožňují v rámci jedné sítě i mezi sítěmi. [1]

### 1.1 Optické bezdrátové sítě

Optické bezdrátové sítě jsou založeny na FSO (*Free Space Optics*) technologii. Rychlostí jsou srovnatelné s optickými sítěmi při současně jednoduché instalaci bezdrátových sítí. Jednoduchá instalace patří k hlavním výhodám optických spojů. Instalace spočívá v namontování, zaměření, nulovém rušení, bezpečnosti a vyznačuje se vysokou přenosovou rychlostí, dosahující u moderních spojů až několika gigabitů. Zásadní nevýhodou je naopak omezený dosah (reálně do 2 km, max. do 10 km) a velká závislost na počasí. Optické spoje jsou proto nasazovány zejména ve městech a jako poslední míle. Pro chod spoje je nutná přímá viditelnost, při špatné viditelnosti je paprsek rozptýlen a dochází ke ztrátě signálu. Moderní spoje mohou odolat dešti i sněžení, v případě husté mlhy však signál ztrácí. Je důležité disponovat kvalitní zálohou pro možnou náhradu optického spoje po dobu nepříznivých povětrnostních podmínek. [1]

#### 1.1.1 Technologie

K přenosu dat jsou použity pulsně modulované optické signály o frekvenci 100-1000 THz a světlo o krátké (800nm) a dlouhé (1550nm) vlnové délce. Spoj vždy tvoří dvě totožné jednotky se vzájemnou přímou viditelností. Jednotka je tvořena vysílačem, přijímačem a elektronickou částí převádějící signál do počítači srozumitelného kódu. Úkolem vysílače je vyslání světla o největším možném výkonu s dopadem na plochu přijímače. Světelným zdrojem může být výkonná LED nebo laserová dioda. Výhodou LED diody je nízká cena a jednoduchost, o níž svědčí použití do amatérských, doma sestavených spojů na bázi RONJA. [1]

### 1.1.2 Ronja

Ronja je veřejný nekomerční projekt, který je chráněn GNU licencí, což znamená, že veškeré finance na vývoj jsou získávány pomocí sponzorských darů a dokumentace tohoto projektu je na internetu volně ke stažení. Projekt vznikl v Praze v roce 1998, kdy se začaly zkoušet první moduly a koncepce. V roce 1999 proběhly první úspěšné testy prototypu na 260 m. V roce 2001 byla oficiálně vypuštěna Ronja Metropolis, která se s malými úpravami používá až dodnes. Vývoj se nezastavil a dále se pracuje na dalších projektech jako je vyhřívání čočky a pomocné zařízení, usnadňující zaměrování. Systém RONJA se skládá ze dvou jednotek. Každá jednotka má 2 tubusy. Jeden vysílací a druhý přijímací. Jako vysílač se používá LED dioda a lze pomocí nich překlenout vzdálenost až 1 km. Rychlost tohoto zařízení je 10 Mbit/s full duplex. [1]



Obrázek 1: Ronja

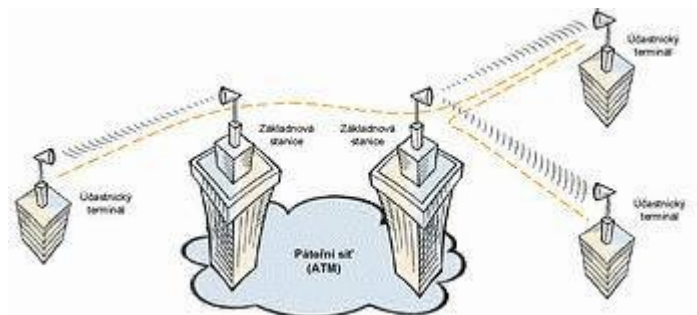
**Princip činnosti:** zařízení se skládá ze tří základních elektronických částí. Rozhraní (interface), přijímač (receiver) a vysílač (transmitter). Rozhraní je přímo propojeno s PC přes AUI (Attachment Unit Interface – rozhraní přípojné jednotky) nebo přes TP (Third party – třetí stranu). Počítač odešle data klientovi na druhé straně, signál pak prochází přes síťovou kartu do rozhraní na kartě. Interface signál zpracuje a moduluje (upraví a invertuje tak, aby nedocházelo k neustálému svícení diod a následně jejich nadměrnému zahřívání, při nečinnosti počítače). Následně signál vyšle pomocí kabelu na Vysílač. Transmitter přijme signál z rozhraní, odstraní šumy, který se cestou namodulovaly na kabeláž a upraví je (vyhladí náběžné hrany apod.). Následně je signál odeslán na diodu. Signál prochází přes optické zařízení (soustavu čoček nebo jednotlivou čočkou umístěných na vysílací diodě) do soustavy přijímače. Signál je následně opět upraven, poslán přes kabeláž do rozhraní, kde

je zpracován a předán na AUI či TP sběrnici počítače. Tímto způsobem dojde k přenosu signálu jednoho počítače do druhého. [1]

## 1.2 Radiové sítě

### 1.2.1 FWA

FWA (*Fixed Wireless Access-bezdrátový přístup, využívající licencovaná pásma*) nazýváme pevnou radiovou bezdrátovou sítí, sloužící pro překonání poslední míle k uživateli. K tomuto účelu používá široké spektrum frekvencí, od narrowband (1,8; 2,4; 3,5 GHz) až po broadband (10,5; 26; 28; 40 GHz). V České republice tyto sítě využívají pouze 26 GHz pásmo. Kvalitativně lze srovnávat tuto sítí s ekvivalentní optickou sítí. FWA je charakteristická wireless sítí point-to-multipoint. Je tvořena dvěma základními stavebními prvky: základovými stanicemi (uzly) a účastnickými terminály. Schematicky jsou jednotlivé prvky zachyceny v následujícím obrázku 2.



Obrázek 2: Znázornění síťových prvků FWA

K páteřní síti je napojena základová stanice, distribuující datové přenosy směrem k uživatelskému terminálu. Protože se datový tok uskutečňuje v licencovaném pásmu, nedochází k dalšímu zarušení, musí být však zajištěna přímá viditelnost mezi oběma základnami. Síť FWA nedosahuje takové přenosové rychlosti jako optická síť, ale srovnání snese díky příznivé ceně a snadnější instalaci. Typově není síť FWA v České Republice příliš rozšířena, ale přibývá operátorů jako Nextra, GTS Novera, Tiscalli a další, poskytujících připojení touto technologií. [1]

## 1.2.2 WiMAX

Metropolitní síť WiMAX vznikla v roce 2003 jako bezdrátová verze sítě DSL, v tomtéž roce byla schválena norma IEEE 802.16a, specifikující technologie bezdrátového širokopásmového připojení. Výrobci technologie se sdružili v průmyslovém WiMAX fóru, které má zajistit vzájemnou spolupráci a testování technologie na harmonizaci s normou. Tato technologie pracuje jak v licenčním, tak bezlicenčním pásmu v rozsahu 2-11 GHz. Jestliže není zajištěna přímá viditelnost, dosah má WiMAX okolo 50 km, v zastavěných oblastech je dosah výrazně nižší – přibližně 3-5 km. Teoreticky může dosahovat rychlosti až 75 Mbit/s, která je sdílená pro všechny uživatele, připojené k základové stanici. Protože se jedná o technologii typu point-to-multipoint, můžeme jednou základovou stanicí obsloužit až 500 uživatelů, nacházejících se v dosahu do 15 km. Vyznačuje se vysokou spolehlivostí (99,999 %) danou normou 802.16, takže technologii lze použít i pro přenos kritických dat.

### Fyzická vrstva

Určuje využívání kmitočtového pásma 2-11 GHz, pracující bez nutnosti přímé viditelnosti prvků NLOS (*Non-Line-Of-Sight*), umožňující technologie OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). OFDM využívaly již předcházející systémy jako 802.11a/g a rozdělením širokopásmového signálu na několik úzkopásmových kanálů o rychlosti přenosu 280 kbit/s. I když jsou kanály ve vzájemné blízkosti, ale nepřekrývají se, vzájemně se neruší.

802.16 uvádí tři možnosti pro OFDM:

- OFDM má 256 kanálů; sloužící pro běžné použití a jako jediná se používá i v ČR,
- OFDM má 2048 kanálů; zajišťující skupinové vysílání,
- OFDM má jeden kanál; využívají výrobci, využívající jiného řešení odstranění vícecestné interference.

Radiové kanály jsou v pásmu od 1,5 do 20 MHz. Aktuální požadavky dosáhneme přizpůsobením šířky kanálu. Pro 2,5 GHz je k dispozici pět kanálů po 20 MHz, které lze rozdělit (na 1,5 MHz) nebo sdružit. Agregovaně lze tedy dosáhnout přenosovou rychlost 1 Mbit na počet 375 uživatelů, při dosažení nejvyšší kapacity 75 Mbit/s, nebo připojení 750 uživatelů

rychlostí 500 kbit/s. Standard 802.16 podporuje QoS (Quality of Service). Norma podporuje čtyři vrstvy:

- hlasové služby (VoIP),
- přenos v reálném čase na základě výzvy (mpeg video),
- přenos na základě výzvy nikoli v reálném čase (FTP),
- základní službu bez jakéhokoliv upřednostňování.

Podporováno dynamické přidělování šířky pásma, řízení vysílacího výkonu a měření kvality signálu. V současné době je největší nevýhodou sítě WiMAX její nenasazování v praxi. Sami výrobci od ní upouští a používá se především pro testovací účely. Částečnou zásluhu na jejím problematickém nasazení má také ČTÚ. Ten pásmo 3,5 GHz nehodlá uvolňovat a je zpoplatněno, ročně řádově v desetitisících korun. I když existují bezlicenční alternativy, postupně je vytlačována technologií LTE. [1]

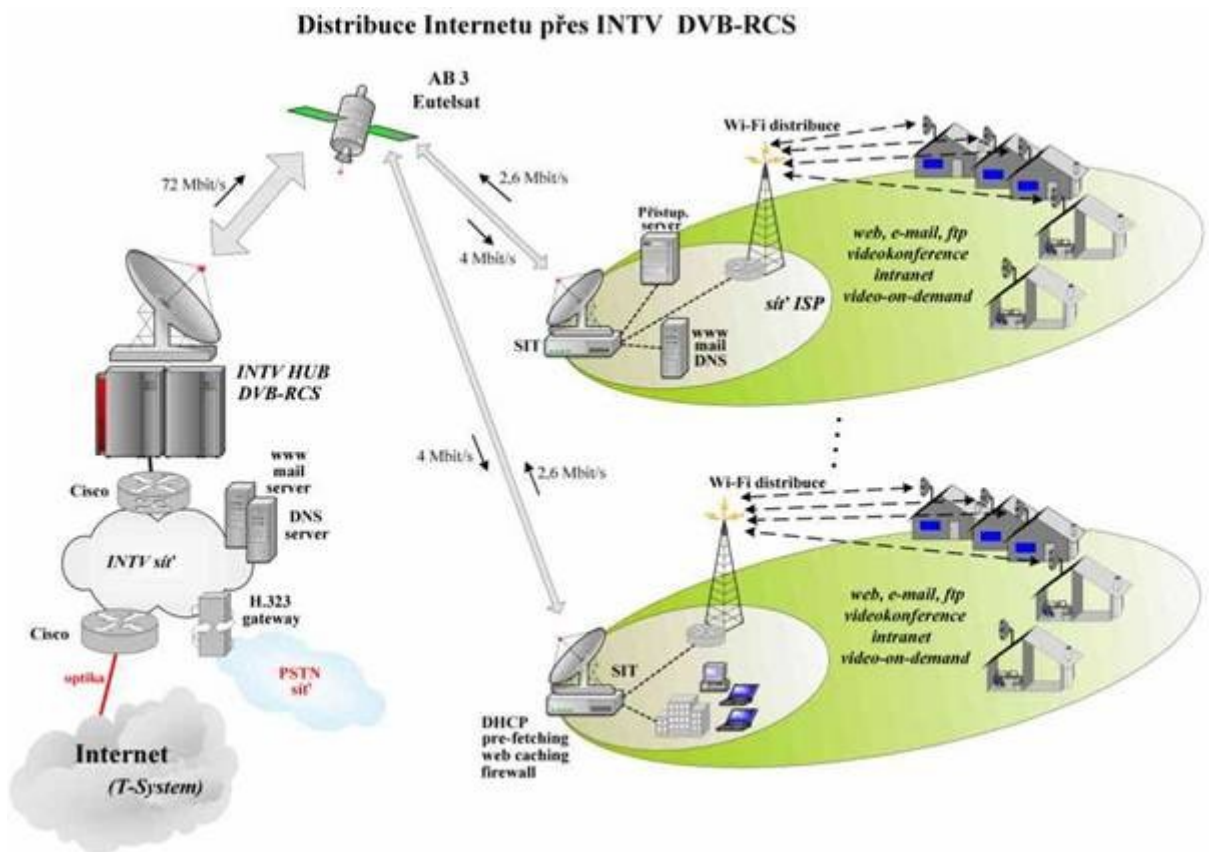
### 1.2.3 Satelitní spoje

Pro družicové spoje se dnes používají převážně geostacionární družice, které se pohybují ve výšce 36000 km nad Zemí. Družice můžeme rozdělit na pasivní a aktivní. Pasivní družice slouží jen k odražení signálu. Mnohem výhodnější jsou aktivní družice, které pomocí transpondérů přijímají signál vysílaný ze Země a následně ho převádí do jiného frekvenčního pásma a vysílají zpět k Zemi. Stejně jako pozemní radiové spoje, tak i satelitní používají různá pásma v rozsahu od 1-30 GHz. Nejpoužívanější jsou pásma C-Band 4-6 GHz, Ku 11-18 GHz a Ka 20-30 GHz. Pomocí družic lze vytvořit spoje s rychlostmi několik desítek Mbit/s, které se svými vlastnostmi plně vyrovnají pozemním spojům. Největší výhodou satelitního spojení je možnost připojení z kteréhokoliv místa na Zemi, a to i ve velice odlehlých oblastech, kam běžné WL spoje nedosáhnou. Díky této vlastnosti jsou tyto spoje používány armádami a vědeckými expedicemi. Tuto výhodu bohužel vyvažují nevýhody. Mezi nejdůležitější patří zpoždění vznikající při přenosu. To dosahuje až stovek milisekund. V následující tabulce jsou zobrazeny parametry nejpoužívanějších technologií. [1]



Tabulka 1: Satelitní technologie

Technologie	kbit/s	poměr cena BR	aplikace	řešení IP
SCPC	9,6 - 2048	nejdražší	všechny	podle technologie
VSAT-TDMA	1 024/64-256	drahé	malé rychlosti	žádné
VSAT- DVB	48 000/64-256	levnější	rychlý download pomalý upload přístup na internet	akcelerace IP download
DVB-RCS	72 000/2 600 cca 10X rychlejší zpětný kanál	nejlevnější	nejrychlejší, v řadě parametrů srovnatelné s xDSL	kompletní podpora akcelerace, web caching, prefetching, VPN, VoIP, QoS



Obrázek 3: Distribuce DVB-RCS

### 1.2.4 WI-FI

Jde o souhrnné označení bezdrátových sítí (WLAN), které respektují specifikace podle normy IEEE 802.11. Tato norma má řadu dalších variant, lišících se parametry a schop-

nostmi sítí. Správu norem pro WiFi má na starosti WiFi Alliance, neziskové sdružení několika set zainteresovaných společností. WiFi bylo původně určeno jako náhrada metalických rozvodů místních sítí, avšak ještě více se stalo oblíbeným způsobem přístupu k Internetu. Spoje na bázi WiFi mohou být typu Point to Point, Bridge anebo Point to Multipoint. V rámci normy 802.11 existuje mnoho standardů, z nichž ty nejvýznamnější budou popsány níže. Jako předchozí technologie má i tato své výhody a nevýhody. Mezi výhody patří snadnost instalace, nízká cena a velké množství výrobků na trhu. Díky tomu jsou tyto sítě v ČR nejrozšířenější. Z toho ale i vyplývají jejich hlavní nevýhody. Všechna větší města jsou naprosto zarušena a je prakticky nemožné najít volný kanál. Ale i při nalezení volného kanálu nemáme vyhráno. Nelze tedy ani s jistotou počítat s tím, že v blízké době nebude v našem okolí spuštěna nová síť, jejíž vysílač umístěný blízko bude nastaven na stejný nebo sousední kanál. [1]

#### 1.2.4.1 Přehled standardů WiFi

Tabulka 2: Přehled WI-FI standardů

	802.11b	802.11a	802.11g	802.11b+ *	Dual Band
Přenosová rychlost	11Mbps	54Mbps	54Mbps	22,4Mbps	11,54Mbps
Reálná propustnost	6-7 Mbps	27 Mbps	20-25 Mbps	6 Mbps	27 Mbps
Frekvence	2,4 GHz	5 Ghz	2,4Ghz	2,4GHz	2,4 5 Ghz
Rozdělení pásma	83,5 MHz	300 MHz	83,5 MHz	83,5 MHz	83,5 100 MHz
Modulace	DSSS/CC K	CFDM	DSSS/OFD M	PBCC	DSCC/CCK, OFDM
Kanály/ Nepřekrývající se kanály	11/3	12.8I	11.3	11.3	11/3, 12/8

#### IEEE 802.11b

Největším problémem původní normy pro WLAN (802.11) byla nízká přenosová rychlost. "Rychlé rozšíření" (High Rate, HR) základní normy IEEE 802.11b (1999), přezdívané také Wi-Fi (Wireless Fidelity), poskytuje vyšší rychlosti v pásmu 2,4 GHz, a to až 11 Mbit/s.

Pro jejich dosažení využívá nový způsob kódování, tzv. doplňkové kódové klíčování (Complementary Code Keying, CCK) v rámci DSSS na fyzické vrstvě. Norma specifikuje, že podle momentální rušivosti prostředí se dynamicky mění rychlost na nižší nebo naopak na vyšší: 11 Mbit/s, 5,5 Mbit/s, 2 Mbit/s až 1 Mbit/s. Maximální rychlost na fyzické vrstvě je sice 11 Mbit/s, ale uživatelská rychlost je nižší, protože 30-40 procent teoretické kapacity tvoří režie. Testovaná uživatelská rychlost se udává kolem 6 Mbit/s. Standard má celkově 11 kanálů, ale ty jsou frekvenčně tak blízko u sebe, že se navzájem ruší. V reálu tedy máme jen 3 nezávislé kanály. [1]

### **IEEE 802.11a**

WLAN IEEE 802.11a (norma byla schválena 1999 – práce na ní byla zahájena dříve než na 802.11b, ale vyžádala si delší čas vzhledem ke složitějšímu způsobu přenosu na fyzické vrstvě) na rozdíl od 802.11b pracuje již v licenčním pásmu 5 GHz a s výrazně vyšší teoretickou rychlostí: 54 Mb/s (skutečná přenosová rychlost se pohybuje do 30-36 Mb/s, v tzv. turbo režimu). Pro její dosažení se poprvé v paketových komunikacích používá ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, OFDM), který se dosud uplatňoval pouze v systémech jako DAB (Digital Audio Broadcasting) nebo DVB (Digital Video Broadcasting).

Výhoda 802.11a oproti 802.11b není ale jen ve vyšších rychlostech, ale také v použitém kmitočtu: kmitočet 5 GHz je méně vytížen a dovoluje využití více kanálů bez vzájemného rušení. Rozdílně využívané kmitočty u obou typů WLAN znemožňují jejich vzájemnou spolupráci. 802.11a nabízí až osm nezávislých, nepřekrývajících se kanálů. [1]

### **IEEE 802.11g**

Pracuje ve stejném bezlicenčním pásmu 2,4 GHz jako WiFi (802.11b), ovšem maximální rychlostí na fyzické vrstvě dosahující 54 Mbit/s (podobně jako u 802.11a). Obdobně jako 802.11b může podporovat maximálně tři nepřekrývajících se kanály; podobnost je i v dosahu sítě. 802.11g je zpětně slučitelná s 802.11b, takže v jedné síti mohou pracovat klienti obou typů sítí. Obě specifikace se ovšem liší řešením fyzické vrstvy: WiFi používá DSSS a 802.11g OFDM (pro spolupráci s Wi-Fi navíc také DSSS). Pro dosažení vyšší rychlosti

se u 802.11g používá ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex), jedna z přenosových metod MCM (MultiCarrier Modulation), kdy se data k vysílání nejprve rozdělí do několika paralelních toků bitů o mnohem nižší bitové rychlosti. Každý z toků se používá pro modulaci jiné nosné.

Zatímco tradiční kmitočtový multiplex dělí kmitočtové pásmo do  $N$  nepřekrývajících se kmitočtových subkanálů vzájemně oddělených ochranným kmitočtovým pásmem (guard), OFDM používá překrývající se subkanály, takže kmitočtové pásmo se využívá účinněji. Přísně vzato není OFDM modulační metoda, ale metoda pro generování a modulaci více nosných současně, každé s malou částí datového toku. Jako konkrétní modulace lze pak použít jakýkoli typ digitální modulace včetně QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) či 64-QAM.

Způsobem paralelního vysílání se OFDM účinně brání zkreslení při přenosu signálu různými cestami (multipath distortion), protože každý přenášený symbol trvá na dílčí nosné déle, takže se prakticky vyloučí nepříznivý dopad zpoždění signálu delší cestou. Navíc se používá více úzkopásmových nosných a jejich vzájemné rušení ovlivní jen velmi malou část signálu.

Podporovaných rychlostí u 802.11g je víc než u WiFi. Rychlosti podporované pomocí OFDM jsou následující (v závislosti na modulaci): 54, 48, 36 a 24 Mbit/s (16-QAM); 18 a 12 Mbit/s (QPSK), 9 a 6 Mbit/s (BPSK, BiPhase Shift Keying). Další rychlosti jsou v souladu s 802.11b a vyžadují použití DSSS a 11 Mbit/s; 5,5 Mbit/s; 2 Mbit/s a 1 Mbit/s.  
[1]

## 1.3 Radiating Cable

### 1.3.1 Prvky Technologie Radiating Cable

#### 1.3.1.1 Radiating Cable (Vyzařující, sálavý kabel)

„Radiating Cable“ se používá všude tam, kde je obtížné nebo nemožné provést pokrytí standardní rádiovou komunikací, zejména v komunikačních systémech, kde by zabudovaná anténa neposkytovala dostatečné pokrytí, jako jsou tunely, podzemní dráhy, doly, budovy a podobně. Sloupky (perforace, otvory, sekce) řezané do vnějšího vodiče koaxiálního kabelu umožňují, aby se řídily úrovně elektromagnetické energie vyzařované jak z kabelu, tak

do něj a vyzářují ze všech bodů podél nich do okolního prostoru. Vyzářovací kabel funguje jako přenosová linka i jako anténa. Množství záření je kvantifikováno ztrátou spojky (konektoru). V tabulkách datových listů výrobce je ztráta spojky definována jako rozdíl mezi výkonem přenášeným na kabel a výkonem přijatým anodou  $\lambda/2$ -dipól umístěnou ve vzdálenosti 2 m od kabelu. (Tato definice vychází z normy IEC-61196-4.) [2]

### Konstrukce kabelu

Radiační kabely mají obecně koaxiální konstrukci. Jsou tvořeny středním vodičem, dielektrikem, vnějším vodičem, který kryje dielektrikum, a termoplastickým vodičem, tvořícím vnější ochranu kabelu. Charakteristická impedance kabelu je obvykle 50  $\Omega$ , ale kabely s impedancí 75  $\Omega$  je údajně možné na zakázku vyrobit. Jsou k dispozici velikosti od 1/2" do 1-5 / 8". Vnitřní vodič je vyroben z pevné mědi, měděného hliníkového drátu, hladké měděné trubice nebo vlnité měděné trubice, podle velikosti vodičů. Dielektrikum je buněčná polyetylenová pěna vyrobená unikátním procesem, který využívá plyn, nepoškozující ozónovou vrstvu. Nízká hustota pěny zaručuje podélné zeslabení, kdy pěnové dielektrikum je spojeno s vnitřním vodičem vrstvou předběžného povlaku. Tato vrstva zajišťuje dobrou přilnavost vnitřního vodiče k dielektrickému materiálu. Umožňuje také snadné a čisté odstranění dielektrika při instalaci konektoru. Pro vnější vodič se používá měděná páska, která se podélně překrývá a je spojena s vnějším pláštěm, aby se zlepšil poloměr ohybu a vodotěsnost. [2]

### Teorie radiace

V koaxiálním kabelu vychází z vysílače na konec kabelu příčná elektromagnetická (TEM) vlna. V případě kabelu s kovově plně uzavřeným vnějším vodičem je vlna uvnitř kabelu zcela odstíněna z okolního prostředí. Mimo koaxiálního kabelu nelze měřit žádné elektromagnetické pole nebo jiným způsobem žádné elektromagnetické záření. Ve stejném případě žádné elektromagnetické pole mimo kabel nemá vliv na vnitřní vlnu. Aplikací otvorů na vnější vodič koaxiálního kabelu se část energie z vnitřku kabelu přenáší do okolního prostředí. Také energie může vniknout do kabelu z prostředí. Otvory ve vnějším vodiči způsobují elektromagnetickou vazbu mezi polem vnitřní vlny a vnější vlnou vnějšího prostoru kabelu. Uspořádání otvorů určuje mechanismus spojení. Typickým příkladem vyzářujícího kabelu je koaxiální kabel s opletěným vnějším vodičem. Největší část energie

prochází kabelem jako vnitřní vlna. V jakémkoli bodě nehomogenity vnějšího vodiče budou vyvolány povrchové vlny, které se pohybují vpřed i vzad podél vnější strany kabelu a zasahují do sebe. Kvalita radiokomunikace se velmi liší v důsledku kolísání úrovně pole mimo kabel. Instalace a okolí kabelu ovlivňují vyzařované pole podél kabelu. V případě použití radiating kabelu v tunelech, je nutno zohlednit přítomnost kovových vodičů, například silové kabely podél bočních stěn nebo kolejnice, vodovodní potrubí apod. Takové vodiče mohou drasticky změnit vlastnosti elektromagnetického pole. Hlavní elektrické charakteristiky vyzařovaného kabelu jsou:

- frekvenční rozsah,
- podélné ztráty,
- spojovací ztráty,
- systémové ztráty. [2]

#### Frekvenční rozsahy

Pro určení správného kabelu pro aplikaci je třeba přesně znát použité frekvenční rozsahy. Konstrukce otvorů ve vnějším vodiči ovlivňuje frekvenční rozsah, pro který je kabel optimalizován. Jsou rozlišeny tři druhy vyzařovacích koaxiálních kabelů:

- Kabely CMC (spárovaný režim): Tyto vyzařovací kabely jsou určeny pro použití v budovách (kde délka systému je obvykle menší než 100 m), pro které nemusí být vhodný kabel s průsvitným průřezem.
- Kabely LSC (Leaky Section – děrované sekce): Nejlepší výkony do 1 GHz. Přestože tento kabel může být použit při vyšších frekvencích, prudký nárůst jeho podélných ztrát obecně omezuje jeho použití nad 1 GHz.
- Kabely RMC (Vyzařovací režim): Tyto kabely jsou navrženy pro frekvenční rozsah až do 6 GHz a mohou být širokopásmové nebo jsou určeny pro specifické frekvenční rozsahy nebo aplikace. Zvláštní provedení otvorů vytváří rezonanční frekvence. Tyto rezonanční frekvence jsou dobře voleny tak, aby nespadaly do aktuálně používaných komunikačních pásem. [2]

#### Podélná ztráta (Longitudinal loss)

Nejdůležitější vlastností přepravy energie podél kabelu vnitřní vlnou je podélná ztráta (nebo ztráta útlumu). Koaxiální kabel zeslabuje signál, který se pohybuje uvnitř v závislosti na frekvenci. Čím vyšší je frekvence, tím vyšší jsou útlumové ztráty. Typ dielektrika a délka kabelu ovlivňují především podélný útlum. Pozdní ztráta závisí také na uspořádání otvorů ve vnějším vodiči. [2]

#### Spojovací ztráta (Coupling loss)

Spojovací ztráta popisuje ztrátu signálu mezi kabelem a přijímačem. Je definován jako poměr přijatého výkonu v určité vzdálenosti k výkonu kabelu. Vzhledem k reciprocitě v jiných odvětvích analogicky uvažujeme o ztrátě při přenosu z konektoru antény do kabelu. Spojovací ztráta je ovlivněna uspořádáním otvorů, jakož i interferencemi a odrazy okolního kabelu. Intenzivní záření znamená nízkou ztrátu spojky v širokém frekvenčním rozsahu. Dva různé fyzické režimy přenášejí energii z kabelu do vzduchu: režim přijímání a režim vyzařování. [2]

#### Systemová ztráta (System loss)

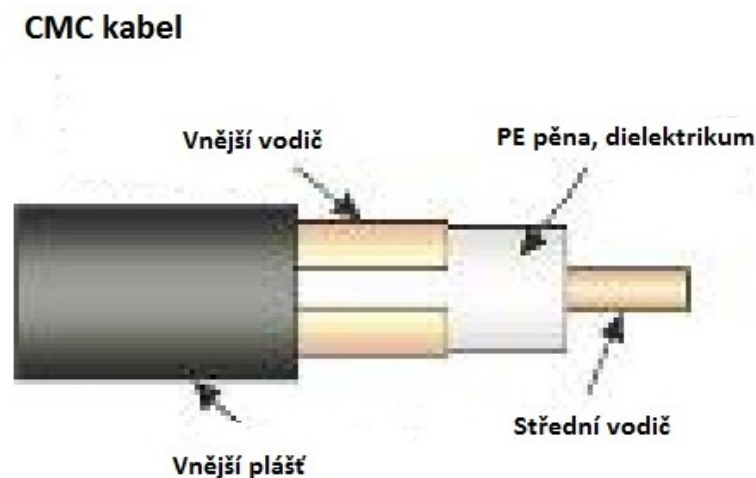
Systemová ztráta je součtem podélné ztráty a spojovací ztráty a různých ztrát v závislosti na instalaci a prostředí. Pro návrh radiokomunikačních systémů je třeba vypočítat ztrátu systému pro připojení uplink a downlink. [2]

#### Rezonanční frekvence

Konstrukce kabelu, přesněji uspořádání otvorů ve vnějším vodiči, může vést k rezonančním frekvencím. K tomu dochází, když určitá vlnová délka narušuje pravidelnou strukturu otvorů. Koeficient odrazu (SWR) skočí nahoru a zvyšuje se podélná ztráta. Zatímco kabely LSC a CMC toto chování nevykazují, kabely RMC jsou navrženy tak, aby představovaly tuto rezonanční frekvenci (pásmo zastavení) ve frekvenčních pásmech, které obecně radiating kabely nepoužívají. [2]

### CMC kabely

Tyto vyzařovací kabely jsou určeny pro použití v budovách (kde délka jednotlivých segmentů je obvykle menší než 100 m), pro které nemusí být vhodný kabel s průsvitným průřezem. Vyzařovací kabely tohoto typu jsou vhodné pro vysoce výkonné aplikace v pásmech 450 MHz, 900 MHz a 1800 MHz. Elektromagnetické pole ohýbané (difraktované) otvory tohoto druhu kabelu vyvolává externí režim mimo vnější vodič. Signál proudí na vnější části vnějšího vodiče a kabel vyzařuje jako dlouhá anténa s vířivou vlnou. Kabel v provedení CMC je tudíž ekvivalentní s dlouhou anténou. "Propojený režim CMC" odpovídá průtoku, který je rovnoběžný s osou kabelu. Elektromagnetické pole se soustřeďuje v těsné blízkosti kabelu a rychle se snižuje se vzdáleností, je někdy označováno také jako "povrchové vlny". Modulace, omezené kolem osy kabelu jsou částečně difraktovány okolními překážkami a nespojitostmi (svorky, stěny), pak je část výkonu náhodně vyzařována radiálně. [2]



Obrázek 4: CMC kabel

### LSC kabely

Perforované sekce jsou předraženy do vnějšího vodiče, kdy vzdálenost mezi sekcemi je nastavena tak, aby optimalizovala nízkou spojovací ztrátu a nízký podélný útlum v širokém pásmu.



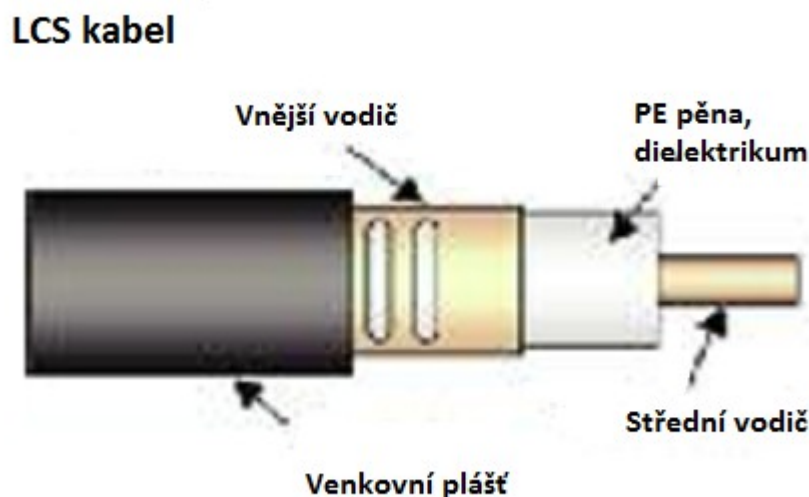
S touto konstrukcí může být vzdálenost mezi opakovači navýšena a širokopásmové ztráta spojení není výrazně snížena jako u kabelů neperforovanými štěrbinami, nebo kabely s vyzářujícím režimem.

Kabely LCS mají měnitelný režim provozu. Skládají se z neperforovaného pláště vloženého do perforovaného kabelu.

Perforovaný úsek je ekvivalentní přímé anténě připojené ke koaxiálnímu kabelu přes dělič výkonu. Pouze malá část energie vysílaná uvnitř kabelu je extrahována a přeměněna na záření. Rozdíl mezi perforovanými úseky musí být zvolen tak, aby bylo dosaženo přijatelných výsledků při různých frekvencích.

Takto navržené kabely s netěsnými úseky, mohou být používány za stejných podmínek jako kontinuální netěsné kabely, ale s lepšími vlastnostmi pro podélnou a spojovací ztrátu.

Únikové úseky jsou měniče účinného režimu a mohou v závislosti na délce a elektrických charakteristikách vytvářet řízenou úroveň pole v okolí kabelu. [2]



Obrázek 5: LCS kabel

### RMC kabely

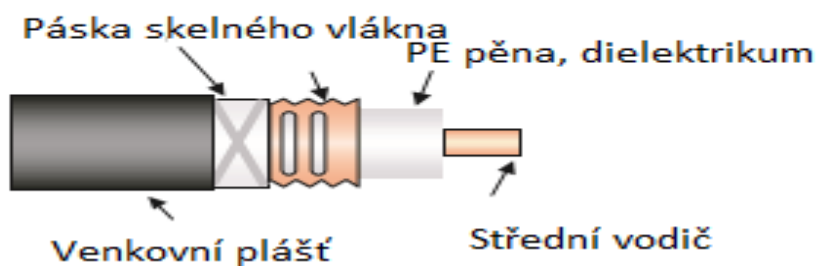
Kabely s vyzářovaným režimem jsou určeny pro aplikace s frekvencí od 75 MHz do 6 GHz. Perforace jsou uspořádány tak, že směr záření je převážně ortogonální vzhledem

k ose kabelu. Výsledkem jsou optimalizované, redukované změny ztrát spojky v určitých frekvenčních pásmech.

V kabelu s vyzařovaným režimem se elektrické pole vytváří periodickými otvory (štěrbínami, perforacemi) na vnějším vodiči kabelu. Rozteč clony  $d$  je srovnatelná s provozní vlnovou délkou ( $\lambda c$ ).

Kabel ve vyzařujícím (radiating) módu odpovídá "přidávání ve fázi" u všech otvorů. Signál se objevuje pouze na velmi přesně konstrukčně definovaném uspořádání slotů a přes dobře definovaný kmitočtový pás "Radiového režimu". Ztráta spojení je nízká pouze v určitém kmitočtovém pásmu. Nad a pod tímto kmitočtovým pásmem se zvyšuje z důvodu rušení. Směr šíření je radiálně orientován. [2]

### RMC kabel



Obrázek 6: RMC kabel

RMC kabely pro digitální kmitočtové rádio

Příchod nových služeb digitálního kmitočtového vysílání vyžaduje náročnější produkty na podporu těchto technik. Výrobce na ní reaguje speciálním konstrukčním návrhem kabelu RMC s vysokým výkonem s tím, že tyto kabely jsou optimalizovány pro použití s touto novou technologií. Využívají se především pro pokrytí tunelů a podzemních prostor, kde se využívají radiové sítě TETRA a TETRAPOL. [2]



Obrázek 7: TETRA, TETRAPOL [3]

### 1.3.1.2 Spojovací konektory, rozbočovače, příslušenství

Konektory jsou použity jako standardní typ rozhraní N nebo DIN 7-16, většinou vyrobeny v nerezovém provedení, s vyšším krytím proti vodě IP 67/ IP 68, s nominální impedancí 50 Ohm. Útlum na jeden použitý prvek v anténním segmentu je přibližně -2dB.



Obrázek 8: Spojky, konektory pro technologii RC

Protože ne vždy topologie pokrývaného prostoru, zvláště v členitých budovách, umožňuje použití jednoduchého segmentu antény-linie, je možno s výhodou použít rozbočovače. Rozbočovač umožňuje napojení bočních větví (segmentů) radiating kabelu („T“ tvar). Při jejich použití je však nutný výpočet útlumu, aby byl celý prvek funkční. Pokud je tedy délka rovné části segmentu cca 100 m a potřebujeme pokrýt i vedlejší prostory, použijeme rozbočovače (také splitteru), na vstupu ale nutně umístíme zesilovač. Tyto rozbočovače mají od 2 do 4 výstupů. Útlum na výstup v našem pásmu (do 2,4GHz) je menší než 0,4 dB. [2]



Obrázek 9: Rozbočovače, splittery technologie RC

Nosné prvky, příchytky, jsou používány pro uchycení kabelu ke konstrukci. Podle typu kabelu je navrhována počet kusů x délku (hustota kotvení). Tyto je možno použít samostatně nebo v kombinaci se soklem. Kotvení se používá především v tunelech a horizontálních instalacích na zeď. Samotné připevnění kabelu do příchytky (klampu) je beznástrojové pro snadnější instalaci. Pokud je kabel zavěšen v prostoru jako v našem případě, použijeme standardní ocelové lanko s komponenty. Provedení je opět bezhalonové, odolné UV záření pro větší životnost. Zajímavým doplňkem je kabel obsahující v sobě nosné lanko, současná cena však tuto konstrukci příliš nepodporuje. [2]



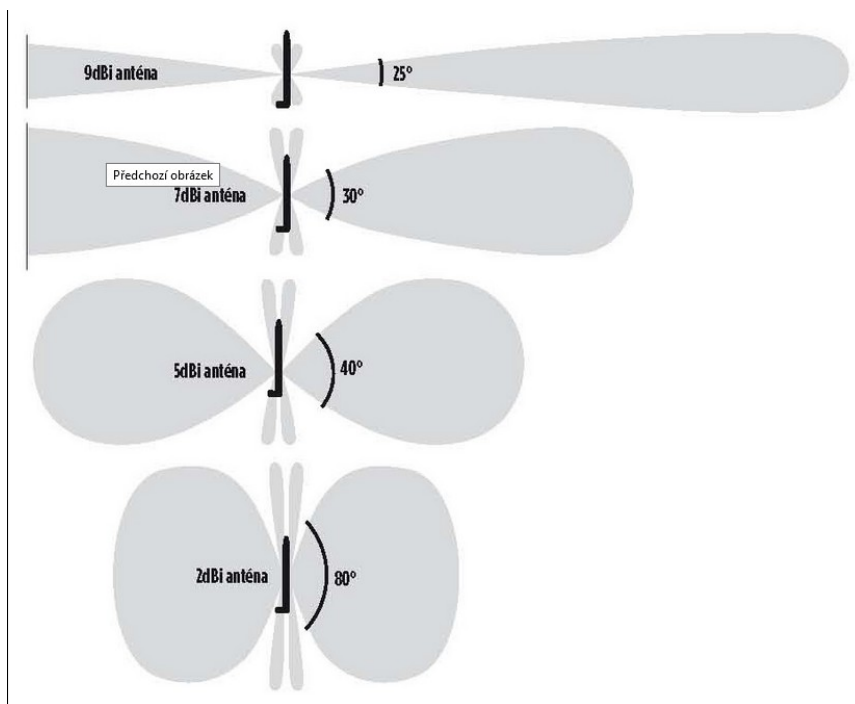
Obrázek 10: Příchytky, klampy RC

## 2 ANTÉNY

Druhů antén pro bezdrátové sítě je mnoho druhů a každá má své specifické využití. Můžeme je rozdělit na tři základní druhy:

- **všesměrové** (omni-directional), použití na bezdrátových směrovačích, antény různých velikostí a zisků, udávaných v decibelech v porovnání s izotropními anténami. Jednotka dBi,
- **sektorové** (semi-directional),
- **úzce směrové** (highly-directional).

Na první pohled se může zdát, že platí pravidlo „větší anténa = větší zisk“. Ne vždy tomu tak je. Jestliže má tedy anténa vyšší zisk, zvyšuje se její dosah, nikoli oblast pokrytí. Vysílací profil všesměrové antény bezdrátového přístupového bodu si lze představit jako koblíhu kolmou k anténě, kde průměr koblíhy a dosah signálu má přímou úměru se ziskem antény. Jestliže se ale průměr koblíhy zvětšuje, její tloušťka klesá. Příkladem je anténa s vyšším ziskem tedy kupř. 7 dBi, která dobře pokryje patro, ale v dalším podlaží tento signál již nebude, nebo jen minimální, šířený postranními laloky. [4]



Obrázek 11: Příklad dosahu signálu a charakteristika v závislosti na výkonu [2]

Jak je patrné, důležitým parametrem při nastavování antén je jejich směrovost, zejména u antén s vyšším ziskem. Jestliže tedy máme soustavu dvou antén a chceme pokrýt pouze jedno podlaží, mírně je od sebe odkloníme pro zlepšení odrazu signálu MIMO (multiple input-multiple output; více vstupů-více výstupů) technologií. V případě požadavku na pokrytí přilehlých podlaží nad a pod, antény budou mezi sebou svírat úhel  $45^\circ$  a každá bude mít náklon  $22,5^\circ$  stranou. I přes toto nastavení nebude pokrytí přilehlých podlaží dostatečné. V tomto případě je výhodnější použít anténu s menším ziskem – kupř. 2dBi, která má vysílací úhel širší. Pokud jednu anténu nasměrujeme horizontálně a druhou vertikálně, pak v přilehlých patrech dojde k razantnímu snížení přenosových rychlostí kvůli narušení technologie MIMO u většiny pokrývaných prostor, protože je nezbytné, aby ve všech místech byl signál od obou antén. Při použití 2dBi antény můžeme očekávat vodorovný úhel okolo  $80^\circ$ , u 3dBi antény dojde ke zúžení úhlu na  $40^\circ$ , dále u 7dBi antény na  $30^\circ$  a nakonec u 9dBi antény na  $25^\circ$ . Pak je také dosah 9dBi antény přibližně čtyř až pětinasobný než u 2dBi antény. [4]

## 2.1 Všesměrové, patrové kolineární (omni-directional)

Dnes už obvyklým typem antény je tzv. "všesměrová" tyč – také označovaná jako "omni" (omni-directional). [5]



Obrázek 12: Všesměrová anténa - 5 GHz, 8 dBi, svislý vyzařovací úhel  $12^\circ$ , PSV < 1,5

Anténa je několikrát delší, než je vlnová délka v jejím jmenovitém pásmu. Důvodem je, že se v reálu jedná o patrovou kombinaci složenou z několika svislých zářičů. Jestliže tedy

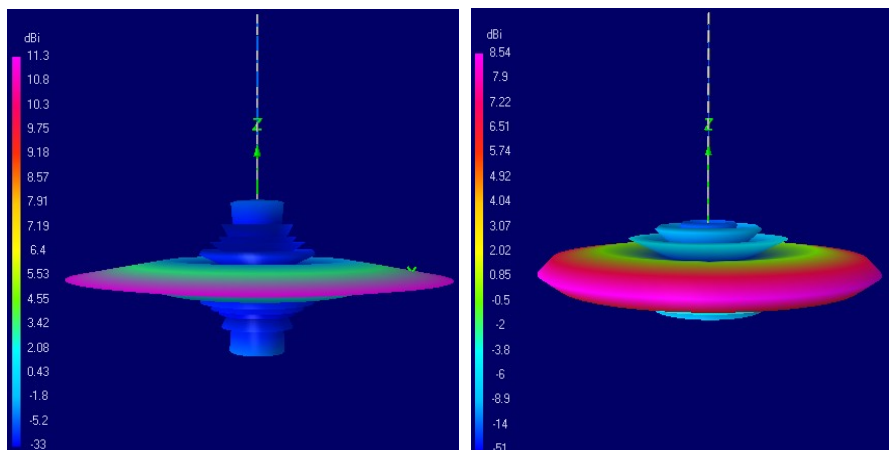
žádáme všesměrovou charakteristiku ve vodorovné rovině, nemůžeme vést napáječ vedení "oklikou" mimo osu zářičů, ale je třeba anténu napájet "souose".

U napájení jednotlivých zářičů máme dvě možnosti:

- souosé vedení, umístěné uprostřed zářičů,
- sériové zapojení s volnou vazbou konce zářičů mezi sebou.

V reálném prostředí je skutečností vzájemná kombinace.

Na obrázku níže je namodelována jednoduchá patrová sestava obsahující osm shodných zářičů, kdy jednotlivé zářiče napájíme uprostřed a navzájem jsou spřaženy paralelně. Tyto spoje řešíme ideálně laděným vedením o délce  $\lambda$  nebo  $\lambda/2$ ; mají tu vlastnost, že v poměru 1:1 kopírují impedanci mezi oběma konci vedení. Ze simulace vyplývá, že menší roztečí zářičů dostaneme širší vyzařovací úhel (hlavní lalok). [5]



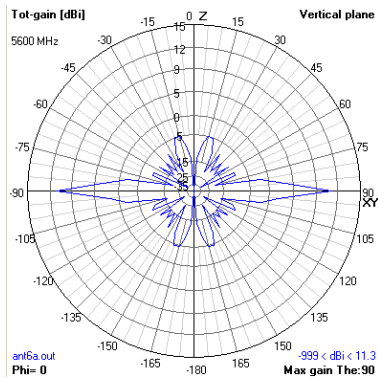
*Charakteristika vyzařování*

*Středová rozteč zářičů =  $1 \lambda$*

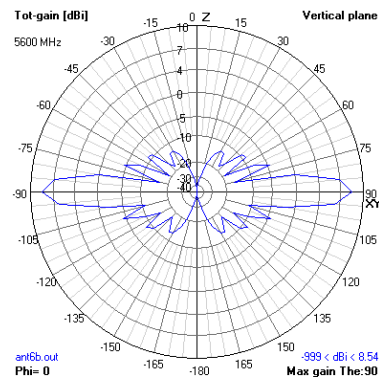
*Charakteristika vyzařování*

*Středová rozteč zářičů =  $\lambda/2$*

Obrázek 13: Charakteristika vyzařování pro středovou rozteč zářiče  $1 \lambda$ ,  $\lambda/2$

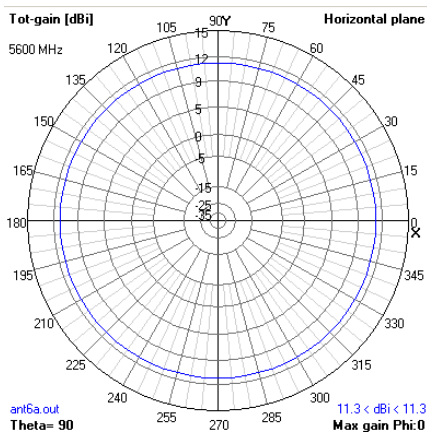


*Středová rozteč zářičů = 1 λ*

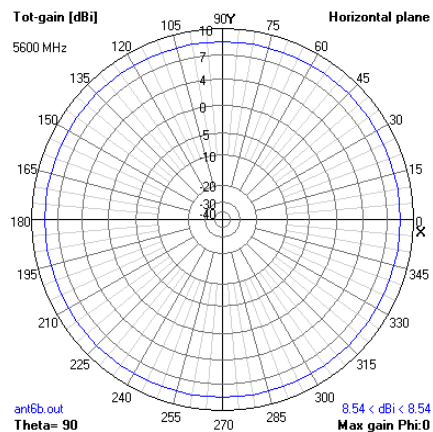


*Středová rozteč zářičů = λ/2*

Obrázek 14: Diagram kolineární patrová kombinace – zisk antény (dBi) ve vertikální rovině



*Středová rozteč zářičů = 1 λ*



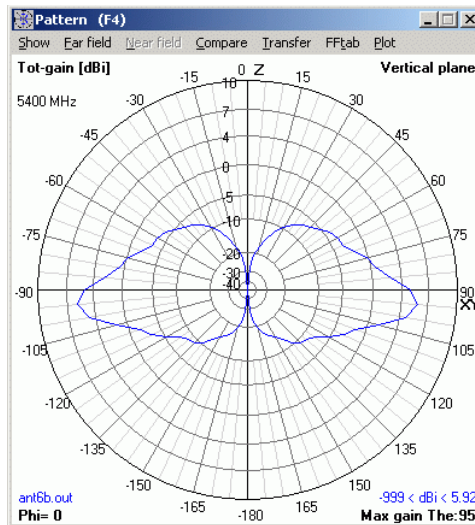
*Středová rozteč zářičů = λ/2*

Obrázek 15: Diagram kolineární patrová kombinace – zisk antény (dBi) v horizontální rovině

Jak ukazují diagramy, tyto antény jsou všesměrové a ziskové jenom v horizontální rovině, ve vertikálním směru mají ostré maximum v rovině kolmé na osu antény.

Výrobci udávají u několika typů antén, že vyzařovaný "talíř" není rovinný, ale že je vyklopený k zemi. Jev se dá popsat laicky jako "šilhání" antény podle frekvence. [5]

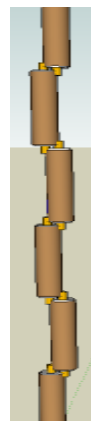




Obrázek 16: Šilhání antény podle přesné frekvence

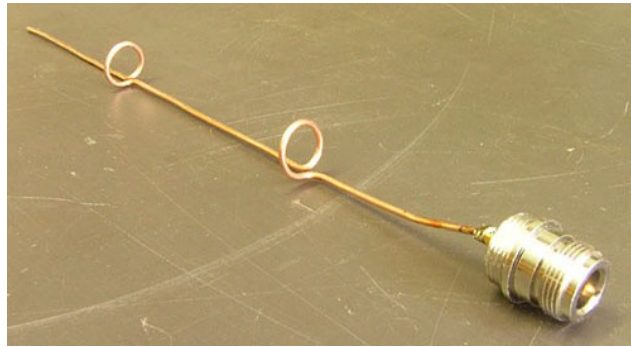
Jak vyplývá z obrázku, vyzářovací diagram nevypadá v celém pásmu totožně. "Nešilhání" můžeme dosáhnout jedině tak, že by jednotlivé prvky byly napájeny shodně dlouhými úseky vedení, které by byly paralelní a měly jeden společný zdroj signálu. Dále předpokládáme nutnost širokopásmové transformace impedance; nepoužijeme úseky laděné délkou (většinou  $\lambda/4$ ). U levných antén je velmi obtížné tohoto dosáhnout. [5]

Příklady konstrukcí kolineárních antén



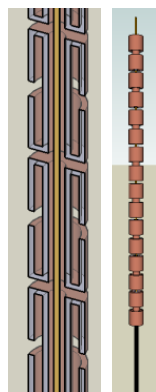
Obrázek 17: Kolineární anténa z nastříhaného koaxiálního kabelu, patra  $\lambda/4$ , vazba prokřížením středového vodiče se stíněním, středový vodič je proletován se stíněním

Jednoduchým příkladem je ručně vyrobená anténa z drátu, kdy jednotlivá patra jsou oddělena závitem drátu. [5]



Obrázek 18: Drátová kolineární anténa, patra  $3/4 \lambda$ , vazba mezi "patry" závitem drátu [13]

Dalším konstrukčním typem je také "hrníčková" konstrukce. Je založena na půlvlnném skládaném dipólu, extrudovaném kolem delší osy. Vzniká "dvojhrnek", středem můžeme ještě protáhnout napájecí vodič. Dvojhrnky můžeme řetězit do patrové kombinace. [5]



Obrázek 19: "Hrníčková" kolineární anténa, patra  $\lambda/2$ , vazba mezi patry řešena volným koaxiálním drátem

Tyto tři konstrukční varianty jsou v běžné praxi zapouzdřeny do kompaktního tubusu. [5]

## 2.2 Sektorové (semi-directional)

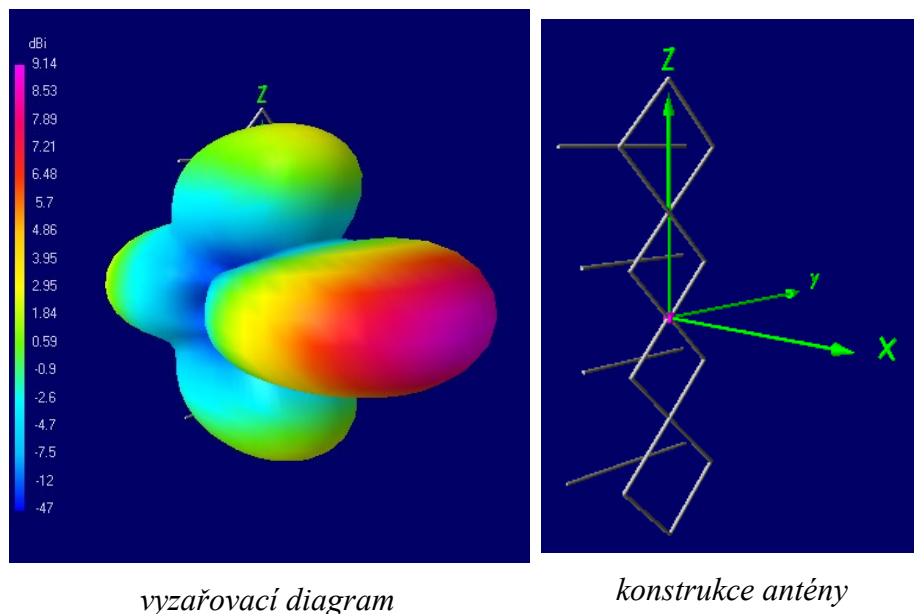
Sektorové antény jsou často konstruovány jako štíhlá patrová kombinace s jediným sloupcem zářičů.



Obrázek 20: Sektorová anténa pro 5 GHz  
vyzařovací úhel  $90^{\circ}\text{H} / 11^{\circ}\text{V}$ , zisk 15 dBi, PSV < 1.8

Tvar vyzařovacího laloku je obvykle "horizontálně-ploché", tedy sektorová anténa má tvar "sloupku" montovaného typicky vertikálně, zářícího v širokém úhlu horizontálně, ale v úzkém úhlu vertikálně. Čím je anténa vyšší (větší počet pater), tím užší je lalok ve svislé rovině.

Tento typický diagram se vyskytuje v kombinaci s vertikální nebo horizontální polarizací. Polarizace je rovnoběžná s delším rozměrem antény, nebo je na něj kolmá a je určena orientací jednotlivých zářičů uvnitř. [6]



Obrázek 21: Teoretický quadrod s prostými tyčovými reflektory

Standardně použijeme sektorovou anténu s AP, vhodný pro pokrytí určité výšece plochy:

- v interiéru,
- ve venkovních prostorách,
- ve výškové budově, pro připojení klientů v okolní zástavbě.

Mimo pokrytí horizontální plochy ve venkovním prostředí nebo na patře uvnitř stavby můžeme použít sektorovou anténu i k pokrytí sektoru vertikálního: pootočením můžeme zářením pokrývat z výšky ulici mezi domy nebo uličku mezi regály v logistickém centru.

Jestliže ale potřebujeme pokrýt sektor, který má nestejnou šířku ve dvou rozměrech, je třeba správné úhly vyhledat mezi konstrukčními typy panelových antén, nebo vlnovodním provedení. [6]

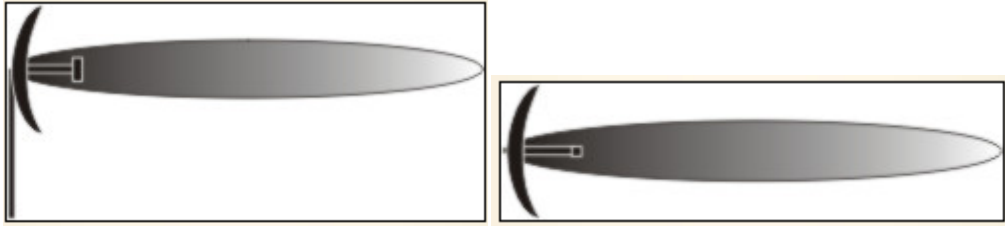
### 2.3 Úzcesměrové (highly-directional)

Tyto antény mají vyzařovací diagram od 7° do 50°. Hlavní využití úzce směrových antén je při vytváření páteřních spojů na větší vzdálenost od 1 do 3 km, nebo pro klientská propojení. Tyto spoje jsou charakteristické zmenšeným rozptylem vysokofrekvenčního signálu a jeho směrováním do daného místa – typicky všesměrové antény přístupového bodu. Hlavní výhodou je také nízké zarušení okolního prostředí a vyšší stabilitou bezdrátové sítě.

Nevýhodou pak nutnost jejich přesného umístění a nasměrování úhlu ke koncovému bodu, pokud se tak nestane, dochází k prudkému poklesu signálu, zejména kvůli snížené schopnosti antény přijímat signál odrazem od okolních předmětů.

Typický zisk těchto antén je od 11 dB do 30 dB. Technicky je možný i zisk větší - tedy při použití vysoce ziskové antény a vysílače bez regulátoru výkonu, došlo by však k porušení Generální licence ČTÚ. Nejobvyklejšími typy směrových antén jsou

- parabolická anténa - drátěná verze (levná)
  - plná verze (dražší, vyšší zisk)



Obrázek 22: Vyzařovací diagram, pohled z boku a shora

Při výrobě parabolické antény se pootočením zářiče o  $90^\circ$  nastaví horizontální i vertikální profil vyzařování. Je nutné také pootočit síto paraboly.

Svislou polarizaci docílíme vertikální polohou zářiče, kdy parabola má profil ohybu horizontálně.

Vodorovnou polarizaci docílíme horizontální polohou zářiče, kdy parabola má profil ohybu vertikálně. [7]



Obrázek 23: Reálné parabolické antény (sítová, plná)

- YAGI anténa
  - 7 prvků
  - 9 prvků
  - 17 prvků

Polarizaci YAGI antén řešíme jejich otočením.

Svislou polarizaci docílíme tak, že všechny prvky antény jsou ve vertikální poloze včetně dipólu.

Vodorovnou polarizaci docílíme horizontální polohou všech prvků antény včetně dipólu. [8]



Obrázek 24: Reálné YAGI antény (7 prvková, 17 prvková) [7]

## 2.4 Ztráta signálu a jeho deformace

Pokud navrhujeme WIFI síť, včetně směrování antén, počet a umístění přístupových bodů, je třeba brát v potaz specifika prostředí, které má vysokofrekvenční signál pokrývat. Ve vnitřních prostorech je třeba uvažovat o vlivu hlavních konstrukčních prvků objektů jako jsou zdi, příčky, nosné prvky a překlady a také materiály, ze kterých jsou vyrobeny. Ve venkovním prostředí mají vliv na šíření signálu především stromy, objekty zástavby, prvky infrastruktury sítí, meteorologické podmínky jako mlha, déšť, sněžení.

Šíření vysokofrekvenčního signálu má podobné charakteristiky chování v prostředí jako šíření světla. Šíření VF signálu ovlivňuje:

- odraz signálu (odraz od hladkých, neabsorbujících povrchů), které vede zcela ke změně směru šíření signálu,
- lom signálu, kdy je signál částečně odražen a část signálu prostoupí materiálem dále, ale s úhlovou změnou,
- difrakce vln, kdy vlny jsou deformovány, ohýbány kupříkladu konstrukčními prvky budovy nebo samotnou budovou. Na členitých plochách s množstvím hran pak může docházet k odrazu signálu do několika směrů, což povede k jeho rozptylu,
- absorpce, tedy VF signál narazí na povrch, který jej zcela pohltí a promění neefektivně na teplo.

Abychom si udělali představu o kvalitě a parametrech naší bezdrátové sítě, přibližme si vztah mezi jednotkou miliwatt (mW) a decibel nad miliwattem (dBm). Kdy dBm udává

citlivost, měřitelnou sílu signálu. Vysílací výkon pak uvádíme v miliwattech (mW). Decibely vyjadřujeme jejich vztahem k 1 mW výkonu, 0 dBm odpovídá 1 mW, 10 dBm bude 10 mW, ale 13 dBm už je 20 mW. Pokud naroste výkon o 3 dBm, odpovídá dvojnásobné hodnotě v jednotce mW.

- Evropa, maximální vysílací výkon je stanoven Generální licenci na 100mW v pásmu 2,4 Ghz.
- USA, maximální vysílací výkon pro stejné pásmo 2,4 GHz je určeno na 300 mW. V pásmu 5GHz je přípustný maximální výkon od 30 do 1000 mW, ovlivněný také vysílací frekvencí. [4]

802.11b – 20 MHz		802.11a – 20 MHz		802.11g – 20 MHz	
minimální citlivost	fyzická rychlost	minimální citlivost	fyzická rychlost	minimální citlivost	fyzická rychlost
-85 dBm	11 Mb/s	-74 dBm	54 Mb/s	-74 dBm	54 Mb/s
-88 dBm	5,5 Mb/s	-82 dBm	36 Mb/s	-82 dBm	36 Mb/s
-89 dBm	2 Mb/s	-91 dBm	12 Mb/s	-91 dBm	12 Mb/s
-92 dBm	1 Mb/s	-92 dBm	6 Mb/s	-92 dBm	6 Mb/s

802.11n		802.11n – 20 MHz		802.11n – 40 MHz	
kódování	rychlost kódování	minimální citlivost	fyzická rychlost	minimální citlivost	fyzická rychlost
64-QAM	5/6	-64	72,2 Mb/s	-61	150,0 Mb/s
64-QAM	3/4	-65	65,0 Mb/s	-62	135,0 Mb/s
64-QAM	2/3	-66	57,7 Mb/s	-63	120,0 Mb/s
16-QAM	3/4	-70	43,3 Mb/s	-67	90,0 Mb/s
16-QAM	1/2	-74	28,9 Mb/s	-71	60,0 Mb/s
QPSK	3/4	-77	21,7 Mb/s	-74	45,0 Mb/s
QPSK	1/2	-79	14,4 Mb/s	-76	30,0 Mb/s
BPSK	1/2	-82	7,2 Mb/s	-79	15,0 Mb/s

Obrázek 25: Tabulka minimálních citlivostí zařízení přijímačů vysokofrekvenčního signálu WI-FI. [4]

Pro jednoduchý výpočet lze použít kalkulátor firmy RadioLabs.

## 2.5 Příklad výpočtu potřebného výkonu na překonání ztrát spoje WI-FI směrovače a notebooku/ smartphonu

Na příkladu ukážeme, jak probíhá vysílání signálu z běžného Wi-Fi routeru a jeho příjem v notebooku a mobilním telefonu. Běžný Wi-Fi router o výkonu 50 mW, tedy 17 dBm, vysílá VF signál přes 2dBi anténu, výsledkem je zisk 19 dBm tedy 80 mW. Jestliže stojí v cestě jedna běžná cihlová zeď a délka prostoru je 50 m, uvažujme útlum na zeď -6 dBm a útlum šíření vzduchem -74 dBm. Výsledkem tedy je, že přijímací anténa notebooku dostává -61 dBm. Tato hodnota je dostatečná k dosažení požadované rychlosti (72,2 nebo 150 Mb/s) u obou mobilních zařízení.

Duplexně vysílá notebook také zpět. Výkon běžného notebooku uvažujeme okolo 15 dBm, náš bezdrátový router dostane  $15 - 74 - 6 = -65$  dBm. Vysílací rychlost se nám tedy snižuje na maximálně 65 Mb/s, popřípadě při 40MHz kanálu na 90Mb/s. Mobilní telefon vykazuje ještě horší parametry. Uvažujeme-li jeho vysílací výkon 8dBm, pak k AP dorazí  $8 - 74 - 6$  dBm = -72 dBm. Toto povede ke snížení vysílací rychlosti na 28,9, potažmo 45 Mb/s. Při projektování sítě je tedy třeba brát v potaz to, že se do ní budou připojovat zařízení s velmi nízkým vysílacím výkonem. V případě použití technologie MIMO (2T2R) a pokud by vysokofrekvenční signály procházely stejným prostředím, se rychlost přibližně zdvojnásobí. Pro výpočet ztrát a úbytků po trase VF signálu je vhodné použít výpočtového kalkulátoru, který zohledňuje použití kabelů, konektorů a spojek včetně výpočtů venkovních tras a zároveň umožní převod veličin dBm a mW. [4]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 POKRYTÍ LOGISTICKÉHO CENTRA VYSOKOFREKVENČNÍM SIGNÁLEM

#### 3.1 Úvod

Úkolem této diplomové práce je najít optimální řešení pro pokrytí prostor logistického centra vysokofrekvenčním signálem. Jedná se o řešení průmyslové, postihující odlišnosti a požadavky uživatelů pracujících v tomto specifickém prostředí. V rámci zadaného úkolu provedeme v následujících kapitolách specifikaci požadavků zákazníka, analýzu současného (konvenčního) a nově navrhovaného (technologií RC) řešení pokrytí a následně porovnáme a vyhodnotíme obě dvě metody. Projektovou dokumentaci vytvoříme pomocí nástroje Microsoft VISIO.

#### 3.2 Analýza současného stavu

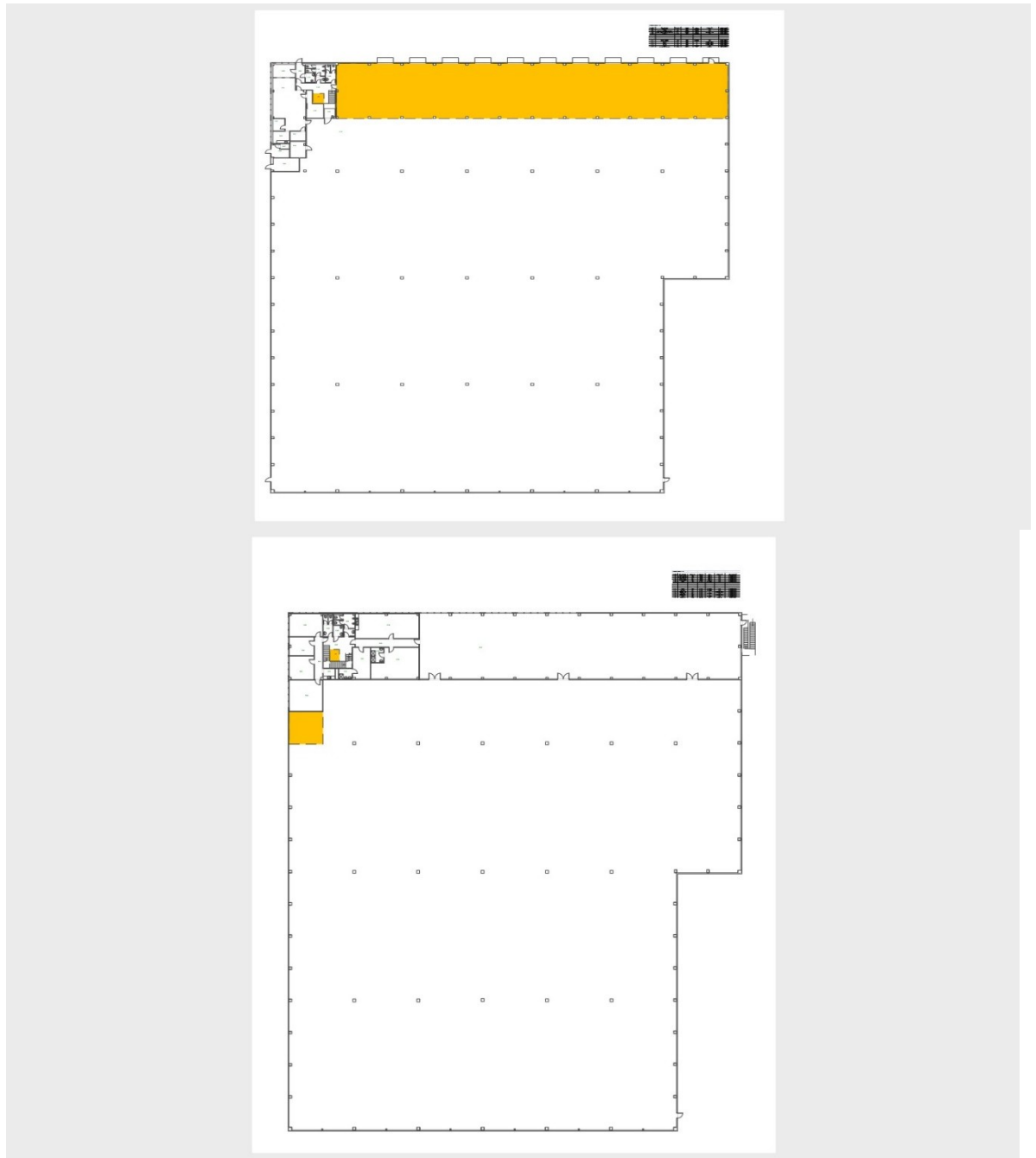
##### 3.2.1 Stavební dispozice

Vzhledem k tomu, že se jedná o nově vznikající stavbu na „zelené louce“ a je dále developem dále pronajímána, vybavení logistického centra strukturovanou kabeláží a slaboproudými rozvody není stavbou řešeno a nepodléhá jako všechny slaboproudé rozvody kolaudačnímu řízení. Protože nevlastníme licenci na projekční software AUTOCAD, bude vedení celé dokumentace prováděno v softwarovém nástroji Microsoft VISIO.

Počáteční půdorys stavby je možno získat:

- Konverzí z dokumentace stavby ve formátu .dwg (výrobce AUTOCAD).
  - Konverze je neúplná, nejde pracovat s vrstvami, pouze zobrazovací funkce, v případě změny stavební dispozice (lehké SDK příčky) není možné změny provést. Vyhodnoceno jako levné a rychlé, ale nevhodné.
- Použití bitmapový nebo rastrový obrázek jako podklad ve VISIO.
  - Podklad je statický, není možné přepínat vrstvy, v případě změny stavební dispozice (lehké SDK příčky) není možné taktéž změny provést. Vyhodnoceno jako levné a rychlé, ale nevhodné.
- Měřením provést vlastní zaměření stavby a zakreslit ve VISIO.

- Laserovým dálkoměrem LEICA a stativem provést měření, následně zakreslit do VISIO. Řešení je nejpřesnější (výrobce udává přesnost měření  $\pm 2$  mm/200 m), umožňuje jednoduchými kroky provádět změny, přepínat vrstvy apod. Vyhodnoceno jako nákladné pro časovou náročnost i pořízení měřicích prostředků, ale vzhledem k požadavkům zákazníka nezbytné.



Obrázek 26: Půdorys Logistického centra, výkres Microsoft VISIO

### 3.2.2 Stavební konstrukce

Stavba logistického skladu je založena na konstrukci železobetonových nosných prvků – pilířů, opláštění stavby je provedeno sendvičovou konstrukcí – tedy profilové oplechování na vnitřní i vnější straně, vyplněné izolační pěnou. Toto řešení je běžné u tohoto typu staveb pro rychlost výstavby a jeho modularitu (je možno variabilně přidávat konstrukce, propojovat prostory, rozšiřovat je). Nevýhodou těchto konstrukcí, vzhledem k námi řešené problematice pokrytí vysokofrekvenčním signálem, je špatná propustnost, šíření signálu a pohlcování signálu konstrukcemi. Obecně můžeme stavební materiály dělit na:

- vysokofrekvenční signál propouštějící,
- vysokofrekvenční signál částečně propouštějící (částečně, ale zdatelně pohlcují),
- vysokofrekvenční signál nepropouštějící.

Prostředí, kterým vysokofrekvenční signál prochází, ovlivňuje nejen materiál a jeho struktura, ale také jeho množství (tloušťka), vzájemné působení (železo – beton) a fyzikální veličiny (vzdušná vlhkost, teplota apod.). Vzhledem k množství proměnných faktorů a obsáhlosti této problematiky budeme brát jako fakt, že tuto oblast není možno exaktně popsat, ale je nutno s ní ze získaných zkušeností počítat.

Materiály a konstrukce ovlivňující šíření VF signálu:

Tabulka 3: Přehled použitých materiálů a jejich propustností

Název stavebního prvku	Materiál	Propustnost VF signálu
Plášť stavby	železo, izolační hmota	částečná, špatná
Stropní konstrukce	železobeton	částečná, špatná
Pilíře, nosné prvky	železobeton	částečná, špatná
Příčky nosné, dělicí požární úseky	cihla	částečná
Regálové systémy	ocelová konstrukce	částečná
Zboží, uložený materiál	kartony, různé	částečná, spíše špatná

### 3.2.3 Požadavky zákazníka

Nadnárodní společnost, působící v oblasti výroby zdravotních pomůcek, chce pomocí tohoto skladového centra pokrýt logistické požadavky jak vnitrofiremních (komponenty potřebné pro výrobu), tak vnějších zákazníků na dostupnost zboží, včasnost dodání a podobně.

Materiálové a výrobní toky jsou ve společnosti řízeny pomocí databázových systémů jako SAP, EPŠ (Elektronická průvodka šarže) a jiné, které ovšem vyžadují zvláštní pozornost právě v prostředí logistického centra. Požadovaná připojení podle typu:

- pevné připojení – bude sloužit k připojení PC, IP telefonů, tiskáren (řešeno metalickým datovým kabelem kategorie 7),
- bezdrátové připojení – bude sloužit pro připojení mobilních telefonů, ručních scannerů, čárových kódů, notebooků a mobilních zařízení externích firem, kterým firemní politika nedovoluje pevné připojení k síti.

Pevným připojením pomocí kabelu se dále nebudeme zabývat, blíže popíšeme požadavky na bezdrátové připojení.

- Mobilní telefony: využívají bezdrátového připojení k firemní síti pro synchronizace Outlookových kalendářů, email a datové přenosy.
- Mobilní zařízení a notebooky externích firem: využívají bezdrátového připojení pro běžné připojení k internetu (tedy mimo firemní síť). Tato připojení jsou řešena na základě požadavků na oddělení IT, které vytvoří dočasný uživatelský účet s omezenou platností (určuje žadatel, nejdéle 3 týdny), pomocí něhož se připojí na autentizační server, který ho teprve na základě správného přihlášení pustí do internetu. Toto připojení je omezeno na jedno libovolné zařízení, kontrolováno jeho MAC adresou.
- Čtečky čárových kódů, scannery: nejčastěji využívané zařízení bezdrátové sítě.

Uživatelem je skladník, přijímající zboží od dopravce nebo chystající zásilku pro expedici. Výrobky a materiál určený k expedici jsou vybaveny etiketou s čárovým kódem (subdodavatelé mají od zákazníka šarže čárových kódů pro daný výrobek), je tedy možné online sledovat toky materiálu, výroby a dodání k zákazníkovi. Tento proces je nazýván Elektronickou průvodkou šarže a je propojen se systémem SAP. Pomocí scannerů Motorola se zrychluje vychystávání zakázek, jednoznačně

identifikuje skladníka pracujícího na zakázce a také čítačem vyřízených zakázek nastavuje jeho bonusové finanční ohodnocení.

Protože tato připojená zařízení mají svá technická specifika a rozdílné zaměření (skladník x manažer externí firmy), je nutno v rámci bezdrátové sítě vytvořit 3 virtuální sítě, pracovně nazveme:

- Bezdrátová síť WN 1 - obsluhující uživatele využívající mobilní zařízení,
- Bezdrátová síť WN 2 – obsluhující skladníky, činnost ručních scannerů,
- Bezdrátová síť WN Guest – obsluhující uživatele externích firem.

Vytvoření a provoz těchto virtuálních sítí bude prováděno pomocí CISCO kontroleru, jehož popis bude uveden v dalších kapitolách podrobněji.

Pokrytí logistického skladu vysokofrekvenčním signálem je hlavním požadavkem zákazníka, aby bylo možno využít technologie čárových kódů – scannerů. Toto pokrytí musí být zajištěno ve všech prostorách skladu, a to s maximální hodnotou -70 dB, nad kterou jsou schopna zařízení bez výpadků fungovat, stav sítě musí být stabilní a provoz sítě monitorován.

Závěr kapitoly: Stavební připravenost jsme vyhodnotili jako dostatečnou vzhledem k požadavkům na výstavbu bezdrátové sítě, specifikovali jsme základní požadavky zákazníka – uživatele. Požadavky jsou reálné, jasně specifikované a vyhodnoceny jako reálně proveditelné. V rámci realizace diplomové práce budeme uvažovat ideální stav – tedy že v tomto bodě projektu dojde k vyhodnocení na úrovni investor-zákazník / dodavatel. Toto řešení by ušetřilo finanční prostředky a snížilo čas potřebný k dosažení požadovaného technického stavu do budoucnosti. Nutno dodat, že v reálném prostředí takto nebylo postupováno, bylo použito konvenční řešení (více v dalších kapitolách), které se ukázalo jako nedostatečné a problematické a bylo třeba hledat jiná řešení. Tento stav byl způsoben neznalostí i absencí jiné technologie v tuzemsku, která by byla efektivnější.

### 3.3 Plánování, projekt

V rámci přípravy na realizaci je potřeba vyčlenit finanční prostředky na realizaci, lidské zdroje, určit postup prací a časový rámec, v jakém má být projekt realizován.

#### 3.3.1 Náklady

Odhadované náklady na položky:

Tabulka 4: Odhad investičních nákladů

Položka	jednotka	množství	Cena za jednotku	Celkem Kč
Strukturovaná kabeláž	kpl	1	100000	100000
Aktivní prvky bezdrátové sítě	kpl	1	500000	500000
Infrastruktura, datová rozvaděč	ks	1	100000	100000
Licence, softwarové vybavení	kpl	1	200000	200000
Dokumentace, projekční práce	kpl	1	60000	60000
<b>Předpokládané náklady celkem</b>				<b>960000</b>

#### 3.3.2 Lidské zdroje

Odhadované položky na lidské zdroje, porovnání dohadných nákladů při využití vlastních pracovníků investora a dodavatelské firmy:

Tabulka 5: Odhad potřebných lidských zdrojů pro pokrytí Logistického centra VF signálem

Položka	počet	dny	Mzda	Celkem Kč
Vlastní pracovníci	4	15	1780	106800
Externí firma	4	12	3125	150000

I přes zdánlivě nižší náklady využitím vlastních pracovníků byla zvolena realizace dodavatelskou firmou, určenou výsledky výběrového řízení. Důvody rozhodnutí:

- smluvní zajištění, záruka,
- certifikace, měření,

- vytíženost vlastních pracovníků,
- odpočítatelnost nákladů.

Předpokládáme, že externí dodavatel vzešlý z výběrového řízení zajistí instalační a montážní práce, investor pokryje zajištění aktivních prvků a infrastruktury (datový rozvaděč, serverovna). Většina problémů na stavbách vzniká nedostatkem komunikace mezi zúčastněnými subjekty, proto určíme na straně investora – zákazníka:

- vedoucí projektu, odpovědná osoba,
- koordinátor prací, technický dozor,

na straně dodavatele:

- stavbyvedoucí, zodpovědná osoba,
- šéfmontér,
- montéři.

Uzavřeme Smlouvu o dílo, obsahující:

- identifikaci investora, dodavatele,
- adresu stavby,
- předmět díla,
- cenu, platební podmínky, penalizace,
- termín dodání, způsob předání,
- dodržování zásad BOZP, vytvoření podmínek pro jejich dodržování.

### 3.3.3 Postup prací

V této fázi projektu definujeme nutné úkony k realizaci a určíme souslednost prací:

- definování požadavku zákazníka (technické oddělení zákazníka, IT oddělení, uživatel technologií),
- projektová příprava (technické oddělení zákazníka, externí projektant),
- financování (investiční oddělení zákazníka, finanční ředitel),
- výběrové řízení (IT oddělení zákazníka, finanční controlling),
- realizace,
  - stavební práce, připravenost (stavební firma)



- vybudování infrastruktury (IT oddělení, externí dodavatel)
- montáž strukturované kabeláže (dodavatel)
- montáž aktivních prvků (dodavatel)
- oživení sítě (dodavatel)
- měření, diagnostika (dodavatel, IT oddělení)
- předání díla (dodavatel, IT oddělení, odpovědná osoba zákazníka)
- zkušební provoz (odladění zjištěných závad, dodavatel, IT oddělení, uživatelé systému),
- ostrý provoz (uživatel).

Tabulka 6: Odhad časové náročnosti projektových činností

Položka	dny
Projektová příprava	15
Výběrové řízení	30
Realizace Infrastruktury (serverovna, strukturovaná kabeláž)	10
Montáž aktivních prvků	2
Měření, diagnostika, dokumentace	1
Zkušební provoz	30

### 3.3.4 Závěr kapitoly

Analyzovali jsme počáteční stav prostředí, ve kterém má být daný úkol – tedy pokrytí vysokofrekvenčním signálem, proveden. Mimo zjištění stavební a projektové připravenosti jsme nastínili náklady, potřebu lidských zdrojů a časovou náročnost úkolu. Protože v této fázi projektu nevíme, která varianta bude zvolena, byly tyto parametry voleny odborným odhadem, dávajícím přiměřený rozptyl pro obě varianty. V reálném prostředí bývá tato přípravná fáze zanedbávána, projektová dokumentace je neúplná, pokud nějaká existuje, a tento nedobrý stav způsobuje ve většině projektů zpoždování časových plánů, problémy technologické souslednosti profesí a v neposlední řadě „zvyšování nákladů-vícepráce“ na projekt, i když v reálu se jedná pouze o pochybení na počátku.

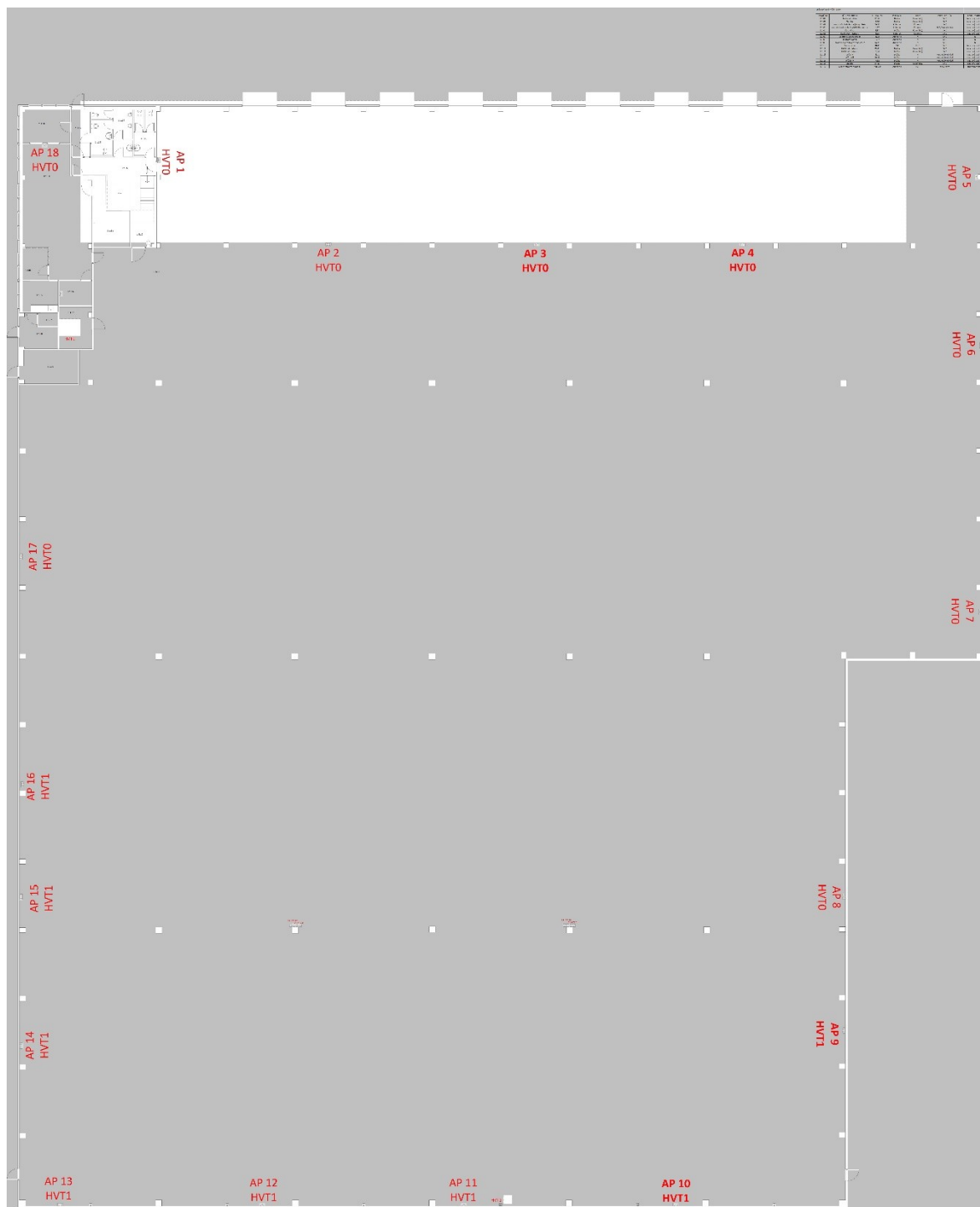
### **3.4 Konvenční řešení**

#### **3.4.1 Úvod**

Konvenčním řešením pokrytí skladu vysokofrekvenčním signálem se v našem případě rozumí použitím standardních prvků bezdrátové sítě, tedy vytvoření strukturované kabeláže, montáž a instalace access pointů, připojení do aktivního prvku a nastavení a řízení provozu pomocí kontroléru.

#### **3.4.2 Projekt, plánování**

Na základě odborného odhadu, předchozích zkušeností s vyzařovacími profily použitých access pointů provedeme zakreslení prvků strukturované kabeláže, tedy datových zásuvek, které je potřeba připravit do půdorysu.



Obrázek 27: Návrh pokrytí VF signálem pomocí konvenční technologie, VISIO výkres

Jak je patrné z půdorysu, použili jsme 18 přípojných bodů, abychom zajistili přibližné pokrytí plochy, asymetrie rozmístění jednotlivých prvků je způsobena členitostí v regálových systémech. Jeden z těchto přípojných bodů je použit k pokrytí signálem v kancelářských prostorách (AP 18 HVT0). Část popisu HVT (0 nebo 1) je označení příslušného datového rozvaděče.

### Strukturovaná kabeláž

Standardním provedením strukturované kabeláže kategorie 7 s využitím komponentů Reichle de Massari a montáž proškolenými pracovníky dosáhneme splnění certifikačních podmínek, abychom předešli jakostním problémům se sítí a zajistili parametry dle požadavků kategorie 7.

Tabulka 7: Kusovník prvků strukturované kabeláže pro konvenční technologii

Položka	jednotka	množství
Kabel datový R&M Cat.7, S/FTP, 4P, 1000 MHz, LSZH,	m	1440
Datová zásuvka R&M, WM Global Outlet 80x80, 2x1-Port, white	ks	18
Port R&M, Connection Module Real10 Cat.6, 1xRJ45/s	ks	36
Access point AIR-CAP 2702E-E-K9	ks	15

Použité prvky strukturované kabeláže:

- Datový kabel kategorie 7, standardní instalační kabel, vyšší kategorie kabeláže použita jako firemní standard, pro vysoké stínění, oplet a velký průřez jednotlivých vodičů je možno použít i v prostředí, které je silně zarušeno elektromagnetickým polem (může způsobovat indukci napětí na vodiči a následné poškození access pointu nebo switchu), nebo připojením zařízení, které se nachází v mezní vzdálenosti od aktivního prvku (100 m). Tento typ je také pro jeho konstrukční provedení pláště, kabeláže LSZH se vyznačují nízkou kouřivostí v případě požáru, jsou bezhalonové, tedy vhodné pro použití v prostorách se zvýšeným požárním nebezpečím.



Obrázek 28: Datový kabel cat.7, výrobce RaM, LSZH

- Datová zásuvka, standardní dvouportová zásuvka, provedení na omítku, materiál PVC, zvýšená odolnost kovovým kotvicím prvkem, součástí systému RaM.



Obrázek 29: Datová zásuvka povrchová, výrobce RaM

- Datový port kategorie7, konektor standardu RJ 45 v provedení Female, stíněný Součástí systému RaM.



Obrázek 30: Port datový kategorie 7, výrobce RaM

### 3.4.3 Acces pointy

Jak už jsme uvedly v kusovníku materiálu potřebného k instalaci, použijeme přípojné body – access pointy značky CISCO, typu Access point AIR-CAP 2702E-E-K9. Tento typ nahradil námi původně používaný typ CISCO AIR-LAP 1131E-E-K9. Nová řada byla inovována především jiným typem externí antény (jak patrně z obrázku, je připravena na montáž 4kusů antén -2dB, které se objednávají samostatně). Směrování antén určuje charakteristiku vyzařování (nesprávně otočené pruty antén způsobí špatné šíření signálu). Komponenty CISCO jsou ve firemním prostředí používány právě pro jejich kompatibilitu a jednotné nastavení. Access point pracuje ve standardu 801.11a na frekvenci 2,4 GHz nebo 5 GHz.



Obrázek 31: Reálné AP CISCO AIR-CAP2702E-K9

### 3.4.4 Realizace

Jestliže máme předchystanou projektovou dokumentaci, připraveny komponenty strukturované kabeláže a vyčleněny lidské zdroje pro provedení montáže, můžeme přistoupit k realizaci. Strukturovaná kabeláž bude provedena podle platných harmonizovaných norem, dodrženy zásady BOZP. Zvýšenou pozornost věnujeme při používání vysokozdvizné manipulační techniky (pro lepší vyzařovací profil umístíme access pointy do výšky cca 6m, podle stavebních dispozic. Po dokončení strukturované kabeláže provedeme certifikační měření přístrojem FLUKE NETWORKS DSX 5000, abychom se ujistili o bezchybnosti instalace (poškozený kabel, vadný konektor, nedbalá montáž apod.). Po vyhodnocení certifikace měřicími protokoly můžeme přistoupit k instalaci access pointů, tedy přípojných bodů.



Obrázek 32: Certifikační měřicí přístroj FLUKE NETWORKS DSX 5000 [9]

**Hlavička měření**

- Identifikace měření (obvykle ID portu)
- Datum a čas měření
- Headroom resp. nejmenší naměřená odchylka
- Zvolený standard měření
- Typ kabelu
- Datum poslední kalibrace měřicího přístroje
- Operátor (tj. kdo měřil)
- Verze firmware a sady standardů v měřicím přístroji
- Zadané NVP kabelu
- Typ měřicího přístroje
- Sériová čísla jednotek
- Typ použitých adaptérů na hlavní a vzdálené jednotce

**Celkový výsledek měření**

- PASS – měřená linka vyhovuje
- FAIL – měřená linka nevyhovuje

**Základní přehled parametrů**

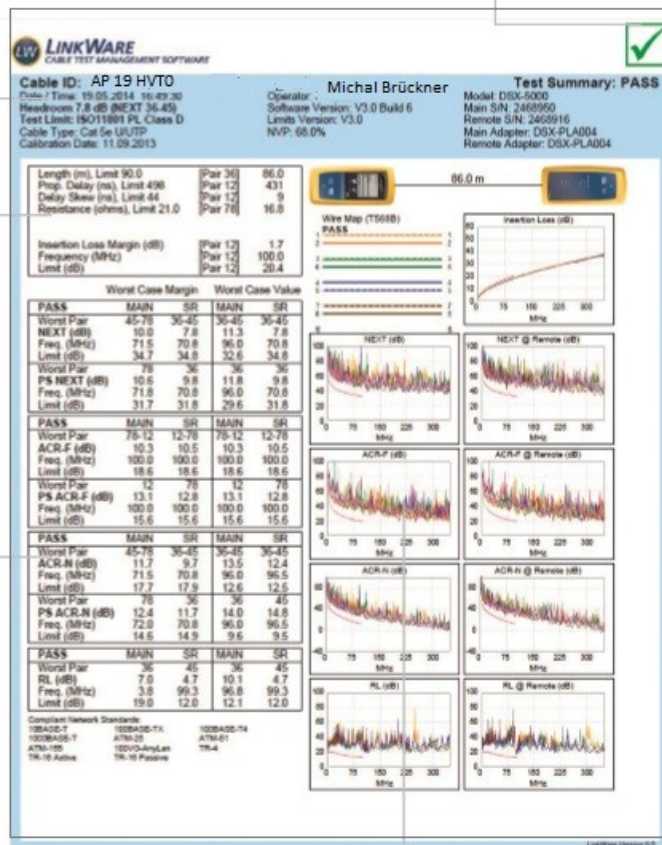
- Délka (nejkratší pár)
- Zpoždění
- Rozdílové zpoždění
- Odpor
- Celkový útlum
- Testovací frekvence

Je vždy zobrazena nejhorší naměřená hodnota a pár, na kterém byla naměřena.

**Rozšířený přehled parametrů**

- NEXT
- PSNEXT
- ACR-F
- PSACR-F
- ACR-N
- PSACR-N
- Return Loss

Je vždy zobrazena nejmenší odchylka a nejhorší naměřená hodnota pro hlavní i vzdálenou jednotku.



**Grafické znázornění měření**

- Grafické zobrazení délky měřené linky
- Kontrola mapy zapojení
- Grafické zobrazení naměřených hodnot jednotlivých parametrů

Obrázek 33: Měřicí protokol strukturované kabeláže pro AP HVT1 [9]

Montáž access pointů máme provedenu, jsou připojeny do sítě (pomocí switchů Cisco 2960x series).

Nyní musíme provést vhodné nastavení přípojných bodů, tedy nakonfigurovat parametry, výkon, kanály a další, aby síť byla plně funkční.

**3.4.4.1 Konfigurace access pointů**

Konfigurace je prováděna centrálně pomocí dvojice Wireless LAN Controlleru (dále WLC) Cisco AIR-CT5508-K9 v softwarové verzi 7.6.130.0 v high availability módu



(HA). Po prvotním připojení nového AP do sítě proběhne přidělení IP konfigurace protokolem DHCP a na základě DNS dotazu „cisco-lwapp-controller.(doména)“ je vyhledán WLC, ke kterému je vyslána žádost o konfiguraci.

Pokud je AP zcela nové WLC zahájí update softwaru na aktuální verzi, pokud je třeba. Po tomto procesu je AP připraveno ke konfiguraci. V první řadě je nutné zvolit AP mód. V našem případě volíme pouze mezi módem Local a FlexConnect, které určují, zda data z AP budou odbavena lokálně pomocí LWAPP tunelu (ve většině případů jsou AP ve stejné lokalitě jako WLC), v případě FlexConnect jsou data z AP směřována přímo k zařízením v lokalitě bez WLC. V případě více vysílaných SSID je možné tímto způsobem na základě nastavení AP group řídit, která SSID budou odbavena módem FC či lokálně (zejména u guest sítí, kde se přístup do internetu odbavuje přes centrální pobočku). AP řady AIR-CAP2702E-E-K9 jsou vybavena dvěma nezávislými radio interfacem o frekvencích 2,4Ghz (802.11 b/g/n) a 5Ghz (802.11 a/n/ac). Pomocí WLC se konfiguruje parametry použitých anténních výstupů (A, B, C, D). Pro použití Radiating cable jsou aktivní pouze výstupy A, B. Výstup antény B je aktivní pouze z důvodu zachování funkce pásma N. Dále se nastavuje přidělování kanálů buď manuálně, nebo se přidělování ponechá automaticce založené na výpočtech zarušení pásma. Pro účely RC je v pásmu 2,4 Ghz striktně použito kanálů 1,6,11. Stejným způsobem je přidělována hodnota vyzařovaného výkonu. V případě použití RC, který má jasně stanovené vzdálenosti dle projektu (měření FlukeNetworks) je přidělení výkonu přiděleno manuálně levelem č. 1 ze 6 možných. Přehled nastavení vyzařovaného výkonu:

Tx	Power	Level	1	.....	20	dBm
Tx	Power	Level	2	.....	17	dBm
Tx	Power	Level	3	.....	14	dBm
Tx	Power	Level	4	.....	11	dBm
Tx	Power	Level	5	.....	8	dBm
Tx	Power	Level	6	.....	5	dBm

Dále jsou již AP řízena generelní konfigurací šifrování bezdrátového provozu protokolem [WPA + WPA2] [Auth(PSK)] pro bezdrátová zařízení bez možnosti pokročilého nastavení zabezpečení, či protokolem 802.1X ověřující klienty oproti autentikačnímu serveru AAA (Cisco ISE), protokol TACACS+. Centrálně je také řešena otázka klientské-

ho roamingu kde hodnota RSSI (Received Signal Strength Indicator) je přepočtena na dBm, kdy při překročení prahu -72 dBm s minimální hodnotou -85 dBm po dobu 5 sekund je spuštěn proces roamingu a převod klienta pod AP s lepším signálem.

#### **3.4.5 Měření reálného pokrytí vysokofrekvenčním signálem**

V případě konvenčního pokrytí máme v reálném čase k dispozici měřicí přístroj Fluke Air-check pro rychlou kontrolu hodnot a úrovní RSSI, Noise, SNR, zpoždění signálu (odezva).

Výsledné hodnoty splňují požadavek zákazníka, tedy úroveň signálu do -70dB, tato měření jsou však prováděna pouze v několika místech logistického centra, takže existuje reálné riziko, že skladník, pohybující se po celém skladě, narazí na prostor, který nebude pokryt.

#### **3.4.6 Závěr kapitoly**

V této praktické části jsme navrhli a popsali realizaci pokrytí logistického centra vysokofrekvenčním signálem konvenčním způsobem, tedy za použití nemalého počtu přístupových bodů. Nakonfigurovali jsme je, oživilí a provedli jsme finální měření. Sklad se nám v tuto chvíli jeví jako pokrytý, spouštíme tedy měsíční zkušební provoz, během kterého budeme provádět testování prostřednictvím reálných uživatelů, tedy skladníků a manipulantů využívajících bezdrátové technologie. Nahlášené závady – tedy „hluchá místa“, problémy s připojením, funkčností systému a další budeme vyhodnocovat v reálném čase a závady průběžně odstraňovat vhodnějším umístěním (přesunutím) access pointů, v krajním případě přidáním dalších kusů.

### **3.5 Radiating Cable**

#### **3.5.1 Projekt, plánování**

Abychom mohli naplnit zadání, tedy pokrýt logistické centrum vysokofrekvenčním signálem pomocí technologie Radiating Cable, je nutné vytvořit projektovou dokumentaci a navrhnout rozmístění komponentů. Toto rozmístění navrhne na základě vlastností prvků systému.

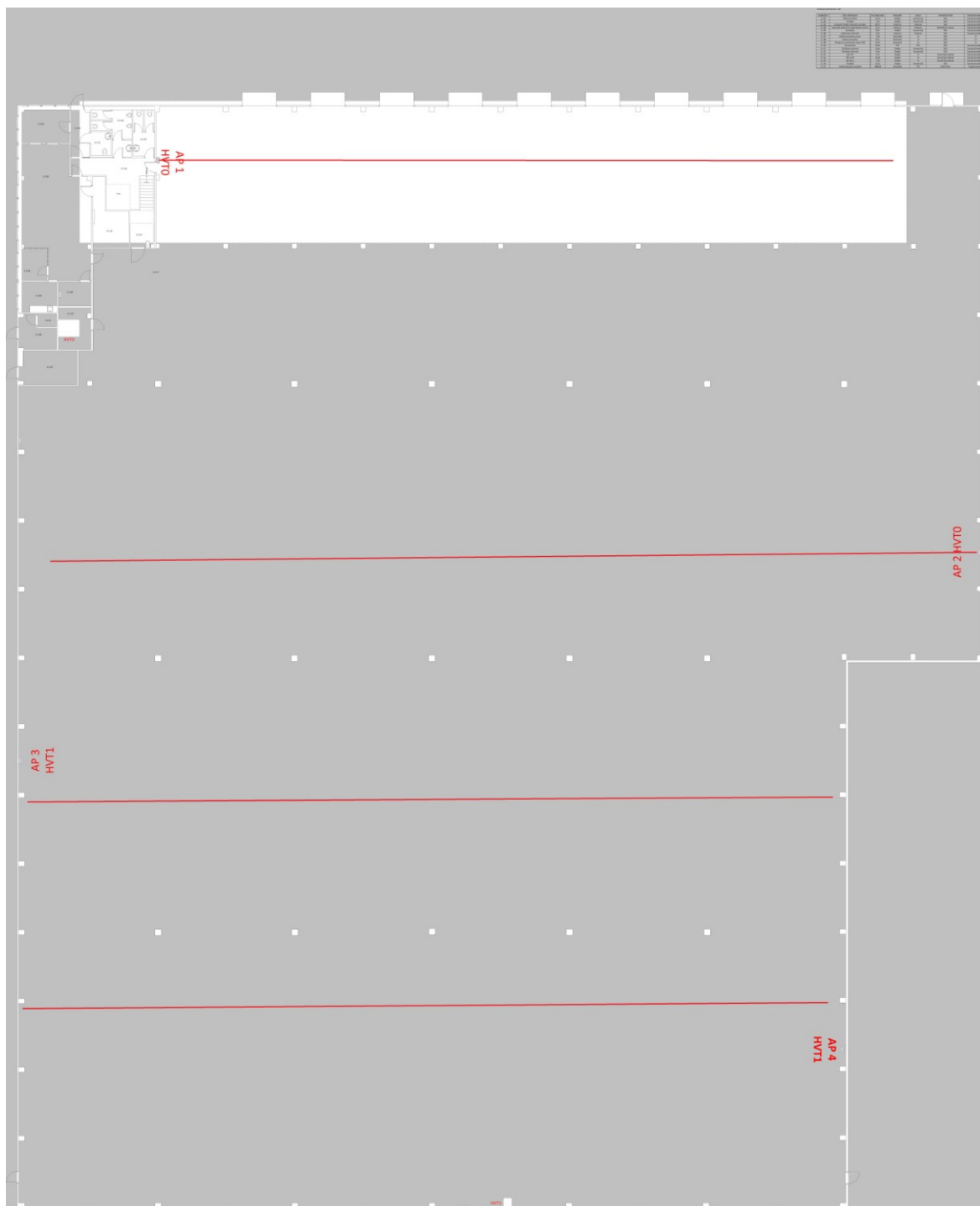
Jak je patrné z výkresu, zredukoval se nám počet přípojných míst na čtyři. Prvky strukturované kabeláže využijeme stejné jako v případě konvenčního řešení a byly popsány v předešlých kapitolách. Tedy:

- kabeláž kategorie 7,
- konektory kategorie 7,
- datové zásuvky,
- access pointy.

Mění se nám množství komponentů v kusovníku strukturované kabeláže:

Tabulka 8: Kusovník strukturované kabeláže pro technologii RC

Položka	jednotka	množství
Kabel datový R&M Cat.7, S/FTP, 4P, 1000 MHz, LSZH,	m	396
Datová zásuvka R&M, WM Global Outlet 80x80, 2x1-Port, white	ks	4
Port R&M, Connection Module Real10 Cat.6, 1xRJ45/s	ks	8
Access point AIR-CAP 2702E-E-K9	ks	4



Obrázek 34: Návrh pokrytí VF signálem pomocí technologie RC, VISIO výkres

Další komponenty potřebné k instalaci:

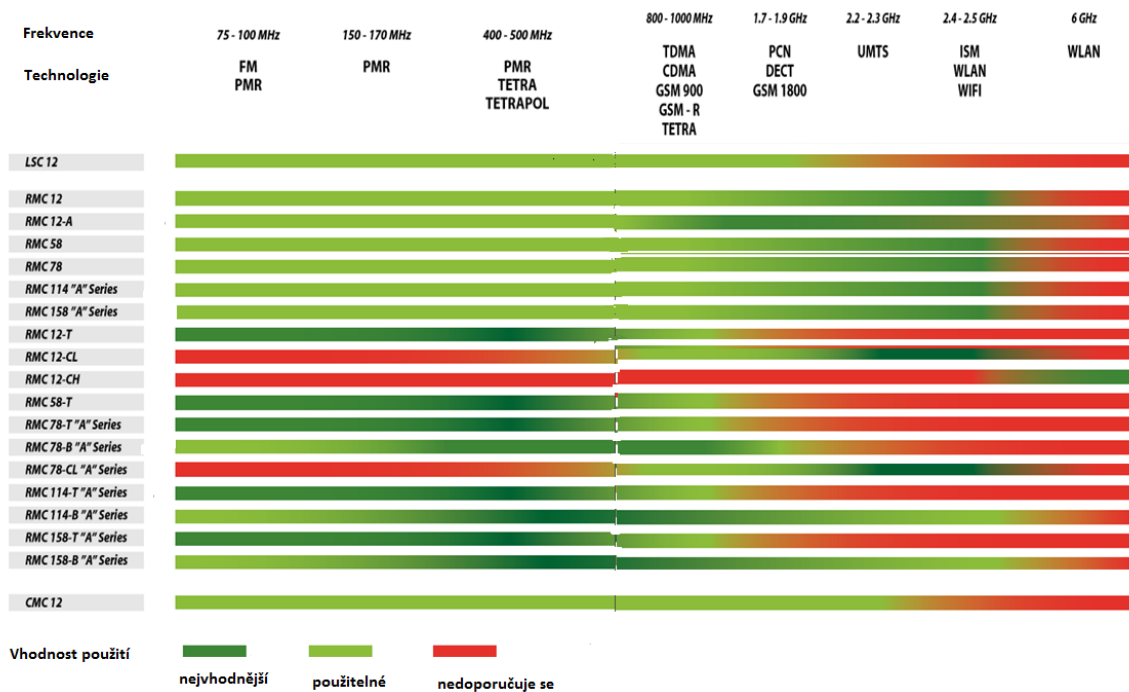
Tabulka 9: Kusovník komponentů technologie RC

Položka	jednotka	množství
Kabel RC EUPEN RMC 12-CL-HLFR	m	430
Konektor Male/Female pro RC	ks	8
Ukončovací odpor (terminátor)	ks	4
Pigtail anténní, redukce SMA/N	ks	4
Zesilovač, příslušenství	ks	4
Ukončovací odpory SMA (terminátory) pro access pointy	ks	12

Tabulka 10: Kusovník komponentů nosných tras technologie RC

Položka	jednotka	množství
Nosné lanko FE, 5mm	m	430
Kotvicí prvky, oka, příslušenství	ks	80
Nosné prvky RC, EUPEN	ks	40
Drobný instalační materiál	kpl	4

Podle následující tabulky, která nám shrnuje vyráběné konstrukce kabelů podle požadovaného rozsahu frekvence a vlastností, vybereme typ RMC 12-CL-HLFR, pro jeho optimalizaci v pásmu 2,4 GHz – 2,485 GHz.



Obrázek 35: Využití různých typů RC kabelů pro frekvenční pásma [2]

### 3.5.2 Realizace

Jak jsme uvedli v předcházející kapitole, projekční a plánovací práce jsou ukončeny, máme vytvořeny kusovníky, tedy objednáme materiál a po jeho dodání a vyčlenění lidských zdrojů (v našem případě externí odborná firma proškolená v problematice od výrobce) můžeme přistoupit k realizaci. Postup prací:

- strukturovaná kabeláž, kategorie 7, připravena, změřena a certifikována,
- access pointy, CISCO, montáž na zeď, výška umístění funkčně není rozhodující, pro případný servis umístíme do přístupné výšky a místa,
- nosný systém, FE lanko d5, použijeme dopínací, kotvící prvky a příslušenství,
- montáž Radiating kabelu, pomocí PVC pásek přichytíme k nosnému lanku, dbáme na technologické postupy montáže, využití vysokozdvizné techniky, dodržení BOZP,
- konektory, spojky, osazení kabelu potřebnými spojkami, konektory typu N nebo DIN 7-16,
- propojovací kabely SMA/N, propojení přístupového bodu CISCO s radiating kabelem (anténou) na anténním výstupu A, ostatní výstupy (B, C, D) zaslepíme ukončovacím terminátorem SMA,

- nastavení Přístupového bodu, kontroleru, (viz Konvenční řešení) odlišností je vyřazení antén B, C, D, jiná úroveň vyzařování signálu. Nastavení se mění na základě souběžných výsledků měření,
- měření, optimalizace, provedeno pomocí softwarového nástroje SSiDER, hardwarově pomocí nástroje EKAHAU (viz příloha),
- dokumentace skutečného stavu, pomocí nástroje Microsoft VISIO, vytvoření měřících protokolů, předání zákazníkovi,
- zkušební režim, 1 měsíc, vyhodnocení, případná opatření,
- ostrý provoz.

Po provedení výše uvedených prací považujeme fázi realizace za ukončenou.

### 3.5.3 Měření reálného pokrytí vysokofrekvenčním signálem

Abychom splnili zadání a požadavek zákazníka, je nutné ověřit kvalitu a parametry sítě co nejpečlivějším způsobem. Použijeme následující měřicí prostředky:

- Fluke Aircheck, pro rychlou odezvu všech nezbytných informací o RSSI, SNR, Noise, zpoždění signálu,
- EKAHAU 8.7 na notebooku pro měření na místě (site survey), typicky používán pro ověření a potvrzení hodnot a vlastností Radiating kabelu naprojektovaných v konceptu,
- Metageek Chanalyzer v případě přítomnosti rušivých signálů, komplexní nástroj,
- InSSIDer je dobrá pomůcka na získání základních vlastností systému, jenž je malou částí profesionálního softwaru Metageek Chanalyzer, která však využívá hardwarové nástroje měření (2 dongly, přijímače RF signálu).

Měřicí protokoly s výsledky a komentáři v Příloze 1, měřicí protokoly.

### 3.5.4 Závěr kapitoly

V druhé části jsme navrhli a popsali realizaci pokrytí logistického centra vysokofrekvenčním signálem pomocí technologie „Radiating cable. Zredukovali jsme počet potřebných přístupových bodů na čtyři. Po jejich konfiguraci, natažení segmentů radiating kabelu

a jeho nakonektorování a připojení k anténním výstupům přístupových bodů jsme systém oživil, nastavili patřičné parametry a provedli finální měření. Sklad se nám v tuto chvíli jeví jako pokrytý, spouštíme tedy také měsíční zkušební provoz, během kterého budeme provádět testování prostřednictvím reálných uživatelů, skladníků a manipulantů využívajících bezdrátové technologie. Měření a podrobnější analýza protokolů ukázala na sníženou úroveň signálu (protokol „Síla signálu“) na segmentu kabelu AP 2. Jedná se o mezní hranici -72 dB, kde by mohlo dojít k potenciaálním výpadkům. Původ této ohraničené anomálie není zcela jasný, odborným odhadem se může jednat o:

- vadu „radiating kabelu“ při výrobě,
- mechanické poškození při montáži,
- působení okolního prostředí, elektromagnetické pole,
- neznámý faktor.

Toto problematické místo jsme pomocí sekundárního měření diagnostikovali co nejpřesněji (cm), kabel přerušíme a napojíme spojkami i za cenu zvýšení útlumu (menší než 0,4 dB na prvek, celá spojka přibližně -2 dB). Po tomto zásahu vzrostla naměřená hodnota na -65 dB, což je sice jedna z nejhorších hodnot v Logistickém centru naměřená, hodnotově však vyhovuje z hlediska požadavků systému a zákazníka.

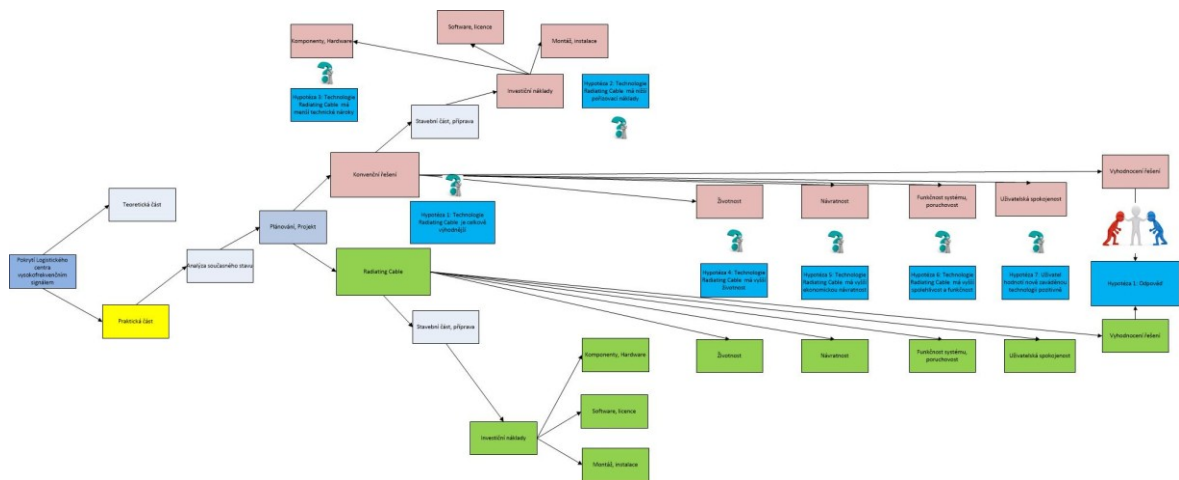


## 4 HODNOCENÍ POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ

### 4.1 Úvod

Předmětem této kapitoly je vyhodnotit výhody a nevýhody Konvenčního řešení a technologie Radiating Cable, posoudit vhodnost použití v prostředí logistického centra a definovat jednotlivé oblasti, které vzájemně porovnáme.

#### 4.1.1 Diagram základních parametrů



Obrázek 36: Schéma vizualizace parametrů a porovnání srovnávaných technologií

Pomocí diagramu definujeme základní otázky související s plánováním, nasazováním obou technologií a jejich technickými a ekonomickými specifiky.

## 4.2 Pořizovací náklady

### 4.2.1 Hypotéza 1: Technologie Radiating Cable má nižší pořizovací náklady

Tabulka 11: Kusovník položek činností a komponentů pro konvenční technologii

Konvenční řešení				
Položka	jednotka	množství	Cena za j.	Celkem
Montáž	kpl	1		54000
Kabel datový R&M Cat.7, S/FTP, 4P, 1000 MHz, LSZH,	m	1440	18	25920
Datová zásuvka R&M, WM Global Outlet 80x80, 2x1-Port, white	ks	18	70	1260
Port R&M, Connection Module Real10 Cat.6, 1xRJ45/s	ks	36	155	5580
Access point AIR-CAP 2702E-E-K9	ks	15	15000	225000
<b>Celkem</b>				<b>311760</b>

Tabulka 12: Kusovník položek činností a komponentů pro technologii RC

Radiating Cable				
Položka	jednotka	množství	Cena za j.	Celkem
Montáž	kpl	1		237600
Kabel datový R&M Cat.7, S/FTP, 4P, 1000 MHz, LSZH,	m	396	18	7128
Datová zásuvka R&M, WM Global Outlet 80x80, 2x1-Port, white	ks	4	70	280
Port R&M, Connection Module Real10 Cat.6, 1xRJ45/s	ks	8	155	1240
Access point AIR-CAP 2702E-E-K9	ks	4	15000	60000
Radiating Cable, příslušenství	m	440	550	242000
<b>Celkem</b>				<b>548248</b>

### 4.2.2 Závěr

Technologie Radiating Cable má vyšší pořizovací náklady hardwaru než konvenční řešení přibližně o 78 %. V tomto porovnání však nefigurují položky skryté. V konečném důsledku má investor vícenáklady:

- licence na přístupové body, tedy 15 ks u konvenčního řešení oproti 4 ks technologii RC,
- vyšší náklady na správu zařízení u konvenčního řešení,
- vyšší počet použitých portů na aktivních prvcích.

Protože jsou tyto náklady sekundární a nejsou součástí dodávky technologie Radiating Cable, nebudeme je zohledňovat.

Hypotéza 1: Technologie Radiating Cable má vyšší pořizovací náklady o 78 %, tedy se hypotéza nepotvrdila.

### 4.3 Technické nároky

#### 4.3.1 Hypotéza: Technologie Radiating Cable má menší technické nároky

Technické nároky na obě technologie porovnáme podle těchto parametrů:

Tabulka 13: Srovnání technologií podle technické náročnosti instalace a provozu

Kritérium	Konvenční pokrytí	Radiating Cable
Počet AP	15	4
SW nastavení	náročnější	méně náročné
Správa zařízení	náročnější	méně náročné
HW potřeby	náročnější	méně náročné

#### 4.3.2 Závěr

Technologie RC má vyšší technické nároky na prvotní instalaci (i když vybudování strukturované kabeláže pro 18 přístupových bodů je srovnatelně technicky náročné), ale jak je patrné z tabulky, která jistě neobsahuje všechny srovnatelné parametry, v důsledku je při nastavování, správě a vzhledem k technickým požadavkům méně náročná. Právě technické zjednodušení pokrytí (menší počet přístupových bodů, správa kanálů, menší roaming a jeho chybovost) je hlavní předností technologie Radiating Cable.

Hypotéza: Technologie Radiating Cable má menší technické nároky se potvrdila.

## 4.4 Životnost systému

### 4.4.1 Hypotéza 3: Technologie Radiating cable má vyšší životnost

Vzhledem k velmi krátké době aplikace technologie nelze přesně určit fyzickou životnost komponentů, ale obecně platí, že IT komponenty a technologie rozdělujeme do 2 amortizačních skupin:

- předměty s životností 5 let, patří mezi ně počítače, výpočetní technika, notebooky, mobilní technologie, související software, prvním rokem je amortizace určena 70% [10],

Amortizační stupnice (v %) pro předmět s životností 5 roků																									
Rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ZA	70	50	40	30	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Obrázek 37: Amortizační stupnice pro IT komponenty s životností 5 let

- předměty s životností 10 let, patří mezi ně plottery, scannery, dražší tiskárny, kopírky, pasivní prvky sítě. Prvním rokem je amortizace 80 %, s každým dalším klesá o 10 % až do 7. roku. [10]

Amortizační stupnice (v %) pro předmět s životností 10 roků																									
Rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ZA	80	70	60	50	40	30	20	17	14	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Obrázek 38: Amortizační stupnice pro IT komponenty s životností 10 let

### 4.4.2 Závěr

Komponenty obou technologií roztrídíme do 5letých nebo 10letých amortizačních skupin, kdy přístupové body zařadíme do 5leté skupiny, prvky radiating cable do 10leté.

Fyzická životnost přístupových bodů CISCO je omezena licenčně i podporou na 10 let, takže po této době přístupový bod musíme vyměnit neohledně na účetní životnost. Přístupové body jsou u obou technologií stejného typu, je tedy nutné vyměnit je v rozmezí životnosti 5-10 let, prvky radiating cable považujeme za odolné prostředí s životností 10 let a vyšší.

Hypotéza 3: Prvky technologie radiating cable mají vyšší životnost, životnost přístupových bodů je stejná, obnovujeme však u této technologie jejich menší počet.

## 4.5 Ekonomická návratnost

### 4.5.1 Hypotéza 4: Technologie Radiating Cable má vyšší ekonomickou návratnost

Pokud uvažujeme o účetní hodnotě v závislosti na letech používání obou technologií, postupovali bychom podle následujících pravidel. Jestliže tedy zařadíme komponenty konvenčního pokrytí i prvky radiating cablu do amortizačních skupin (5 nebo 10 let) z tabulek amortizace (obrázek 38), podle vzorce vypočítáme technickou hodnotu TH, kdy:

CN = výchozí cena

TH = technická hodnota

THN = výchozí technická hodnota (na počátku 100%)

PS = koeficient srážek, přirážek (závislost na technickém vztahu)

ZA = základní procento amortizace (podle roku výroby z tabulky)

$$TH = \frac{THN(100 - ZA) \times (100 \pm PS)}{10^4}$$

Součinem výchozí ceny a technické hodnoty je výsledná časová cena:

$$CC = \frac{CN \times TH}{100\%} \quad [10]$$

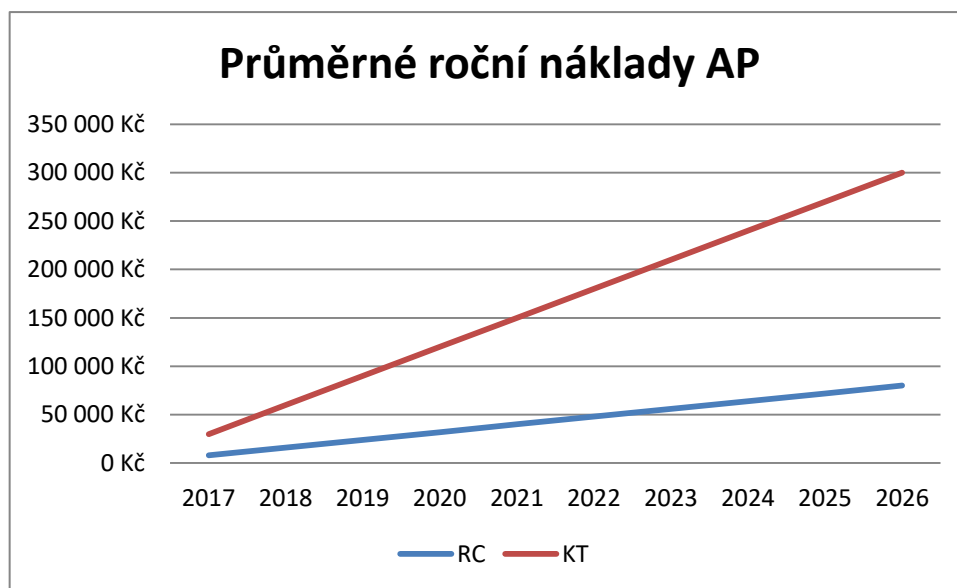
Protože se jedná o technologie, které přímo neprodukují finanční prostředky, jedná se o hodnotící metody ekonomické návratnosti

- dynamické, pro předměty investice s delší dobou životnosti, kde zohledňujeme faktor času.

Podle pojetí efektivnosti investice z pohledu, z něhož vystupuje očekávaná úspora nákladů

- nákladová kritéria hodnocení efektivnosti,
- investiční náklady,
- roční průměrné náklady. [11]

Tabulka 14: Graf průměrných ročních nákladů porovnávaných technologií



Tabulka 15: Průměrné roční náklady porovnávaných technologií

Rok	RC	KT
2017	8 000 Kč	30 000 Kč
2018	16 000 Kč	60 000 Kč
2019	24 000 Kč	90 000 Kč
2020	32 000 Kč	120 000 Kč
2021	40 000 Kč	150 000 Kč
2022	48 000 Kč	180 000 Kč
2023	56 000 Kč	210 000 Kč
2024	64 000 Kč	240 000 Kč
2025	72 000 Kč	270 000 Kč
2026	80 000 Kč	300 000 Kč

Protože hlavní položkou při obnově technologie po 10 letech jsou právě přístupové body, vycházíme z průměrných ročních nákladů, neuvažujeme amortizaci (technologie nebudeme prodávat, účetně je po 10 letech odepsána). Při použití 4 ks přístupových bodů u technologii RC je zřejmé, že obnova konvenční technologie bude nákladnější.

Tabulka 16: Přehled průběhu investice a návratnosti

Rok		RC	KT	Rozdíl
2017	Investiční náklady	548 248 Kč	311 760 Kč	236 488 Kč
2026	Úspora za dekádu			220 000 Kč
2027	Návrat investice			

#### 4.5.2 Závěr

V hodnocení ekonomické návratnosti technologie Radiating Cable vycházíme z vyšší pořizovací ceny než u pokrytí konvenční technologií. Rozdíl je 78 %, tedy 236 488 Kč. Jestliže uvažujeme o použití přístupových bodů CISCO, u kterých je nízká poruchovost a 10leté životnosti dosahují běžně, pak ekonomický přínos technologie RC pocítíme poprvé při jejich první výměně, nutno započítat také licenční poplatky, způsobené poslední politikou CISCO, který zvedá cenu přibližně o 5000 Kč na jeden přístupový bod připojený do kontroléru. Návratnost technologie uvažujeme méně než rok od první výměny. Každým dalším rokem zvyšuje svou rentabilitu. Neuvažujeme také s vyčíslováním sekundárních nákladů na pasivní prvky a licence přístupových bodů, které rentabilitu ještě zvýší, resp. sníží dobu návratnosti.

Hypotéza 4: Technologie Radiating Cable má ekonomickou návratnost v dlouhodobém horizontu používání této technologie, tedy po prvním životním cyklu komponentů.

## 4.6 Funkčnost a spolehlivost

### 4.6.1 Hypotéza 5: V prostředí Logistického centra má technologie Radiating Cable vyšší spolehlivost a funkčnost

Technologie Radiating Cable byla vyvinuta především jako doplňkové řešení konvenčního pokrytí v prostorech, které svou členitostí, zaměřením a prostředím jeho funkcionalitu a spolehlivost omezovaly. V reálném prostředí logistického centra to znamenalo

- pokrytí prostor konvenční technologií,
- snížená spolehlivost pokrytí, výpadky, nepokrytá místa,

- hledání řešení,
- použití technologie Radiating Cable,
- důkladné měření, použití profesionální měřicí techniky, analýza problematických míst z měřicích protokolů,
- odladění chyb.

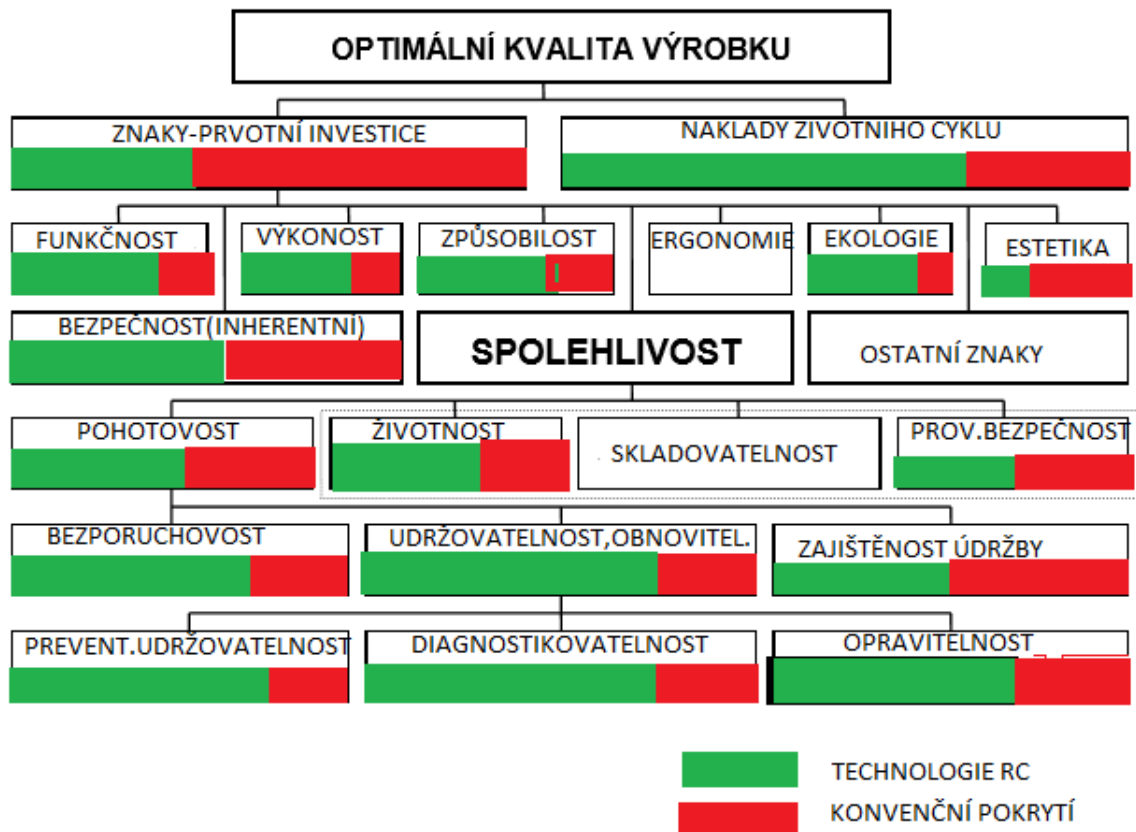
Z povahy dané problematiky nelze jednoznačně určit, která technologie má větší funkcionálnitu a spolehlivost bez přihlídnutí k dalším faktorům jako:

- plocha, která má být pokryta VF signálem,
- členitost, prvky snižující šíření signálu nebo ho ovlivňující,
- silná elektromagnetická pole,
- počet klientů, využívajících bezdrátové pokrytí,
- komponenty.

Uvažujeme-li, že strukturovaná kabeláž kategorie 7 a aktivní prvky CISCO vykazují vysokou spolehlivost a u obou technologií používáme stejné prvky, pak můžeme srovnat. [12]



Tabulka 17: Kvalitativní posuzování porovnávaných technologií [12]



#### 4.6.2 Závěr

Vzhledem k variabilitě obou technologií a krátké době nasazení technologie Radiating Cable nelze exaktně konstatovat, která technologie má vyšší spolehlivost a funkčnost. Praktickými poznatky a odborným odhadem však můžeme říci, že technologie RC je pro pokrytí Logistického centra funkčně výhodnější, menší počet jejích komponentů jistě představuje vyšší spolehlivost a jednodušší údržbu a udržitelnost, případné výpadky přístupových bodů lze snadněji diagnostikovat a opravit. Nevýhodou může být fyzické poškození kabelu při neopatrné manipulaci vysokozdvížnou technikou.

Hypotéza 5, že v prostředí Logistického centra má technologie Radiating Cable vyšší spolehlivost a funkčnost, se potvrdila.

## 4.7 RADIATING CABLE x KONVENČNÍ ŘEŠENÍ

### 4.7.1 Hypotéza 6: Aplikace technologie Radiating Cable je v prostředí LC výhodnější

### 4.7.2 Diskuze

Jak vyplývá z předcházejících kapitol, technologie RC je pro prostředí Logistického centra vhodná, je však třeba nekonzervativního investora, který je i přes počáteční vyšší investici nakloněn inovativním řešením. Firmy, které tuto technologii budou v tržním prostředí prosazovat, musí prostřednictvím produktových manažerů investory nejen přesvědčit, aby do RC prostředky vložili, ale také nabídnout ucelený balíček služeb, od analýzy, projektování, odbornou instalaci, ale také o vysoce kvalifikované měření vzniklé sítě, odladění praktických problémů uživatele, i když normativně síť vykazuje slibované parametry, a v neposlední řadě záruční a pozáruční servis a podpora.

Jestliže tvrdíme, že technologie RC je výhodnější, máme na mysli její aplikaci pro pokrytí logistického centra. Na samém počátku analyzování zákaznických potřeb a požadavků musíme jako projektanti sítě zvážit vhodnost nasazení této technologie vzhledem k topologii a rozloze prostor, požadavky zákazníka na parametry sítě a mnoho dalších faktorů tak, abychom vyloučili zbytečným mrháním prostředků tam, kde by bylo vhodnější použití konvenční technologie.

Kde tedy určitě nasazovat technologii RC:

- tunely, doly,
- podzemní dráha, metro,
- velkoplošná logistická centra,
- provozy, kde nelze nasadit konvenční technologii – mrazicí boxy, vysoce agresivní prostředí.

Kde zvážit nasazení technologie RC:

- rozsáhlé hotelové komplexy,
- obchodní a kancelářská centra,
- prostory se silným zarušením (centra měst, množství sítí apod.).

Kde doporučit spíše konvenční řešení:

- domovní instalace, bytová výstavba,
- venkovní instalace,
- instalace s výrazně omezenými investičními prostředky, kde není rozhodující 100% pokrytí a kvalita sítě.

#### 4.7.3 Závěr

V praktické části diplomové práce jsem se snažil osvětlit technické parametry technologie Radiating Cable v porovnání s konvenčním řešením pokrytí logistického centra vysokofrekvenčním signálem, ekonomické a investiční aspekty nasazování obou technologií a v neposlední řadě i životnost obou technologií. Na případě reálného Logistického centra, pokrytého původně konvenční technologií pouze pomocí množství přístupových bodů, jsem analyzoval, navrhl a zrealizoval pokrytí pomocí technologií Radiating Cable. Provedl jsem měření parametrů bezdrátové sítě a z výsledných protokolů jsem navrhl úpravy vedoucí k odstranění vad instalace. Dokumentaci jsem vytvořil pomocí nástroje Microsoft VISIO.

Hypotéza 6, tedy že aplikace technologie Radiating Cable je v prostředí LC výhodnější, se potvrdila, za předpokladu, že budou dodrženy všechny technologické a manažerské postupy její aplikace.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bezdrátové sítě. *Bezdrátové sítě* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://bezdratovesite.wz.cz/>
- [2] *Radiating Cables* [online]. Belgie, 2014 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://eupen.de/livebook/cable/RadiatingCables01-2014/downloads/livebook.pdf>
- [3] Tetra vs. Tetrapol. *SlideServe.com* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.slideserve.com/anise/tetra-vs-tetrapol>
- [4] PROKOP, Mirek. Wi-Fi: Jak si zajistit velké pokrytí, rychlost a silný signál. *Živě.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/wi-fi-jak-si-zajistit-velke-pokryti-rychlost-a-silny-signal/anteny-a-jejich-nastaveni-deformace-a-ztrata-signalu-mereni/sc-3-a-172347-ch-90933/>
- [5] RYŠÁNEK, František. Antény pro Wi-Fi: Část 1. *Technický magazín* [online]. 2016 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.fccps.cz/magazin/anteny-pro-wifi#omni>
- [6] RYŠÁNEK, František. Antény pro Wi-Fi: Část 2. *Technický magazín* [online]. 2016 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.fccps.cz/magazin/anteny-pro-wifi-2-cast#sektor>
- [7] Směrové antény. *Home WIFI* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: [http://www.homewifi.wz.cz/smerove\\_anteny.php](http://www.homewifi.wz.cz/smerove_anteny.php)
- [8] PROCHÁZKA, Miroslav. *Antény: encyklopedická příručka*. 3., rozš. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-730-0166-7. s. 179-181.
- [9] *Solarix: Komplexní řešení sítí* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: [http://www.intelek.cz/db/repository.nsf/v/A84281F247D41AB4C1257E5E004D572F/\\$file/Rychle\\_nastaveni\\_pristroje\\_Fluke\\_DSX\\_5000.pdf](http://www.intelek.cz/db/repository.nsf/v/A84281F247D41AB4C1257E5E004D572F/$file/Rychle_nastaveni_pristroje_Fluke_DSX_5000.pdf)
- [10] Úřední oceňování majetku. *Forum-media.cz* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.forum-media.cz/res/data/011/001547.pdf>
- [11] Valach, J. a kol., Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. 1. vydání, Praha: EKOPRESS, 2001. 447 s. ISBN 80-86119-38-6
- [12] LEGÁT, Václav. *Úvod do spolehlivosti: Vztah mezi kvalitou a spolehlivostí* [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-05-22]. ISBN 978-80-02-02514-6. Dostupné z: [http://www.csq.cz/fileadmin/user\\_upload/Spolkova\\_cinnost/Odborne\\_skupiny/Spolehlivos-t/Sborniky/sbornik.pdf](http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivos-t/Sborniky/sbornik.pdf)

[13] Home-brew Compact 6dBi Collinear Antenna. *Martybugs.net: Wireless Networking Info* [online]. 2013 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z:  
<http://martybugs.net/wireless/collinear.cgi>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VF signál – vysokofrekvenční signál

AP – přístupový bod, Access point

RC – radiating cable, sálavý, vyzařující kabel

LC – logistické centrum

dBi – zisk antény v porovnání s izotropní anténou Platí  $dBi = 2,16 + dBd$

dBd – zisk v porovnání s půlvlnným dipólem

dB – Decibel, logaritmická jednotka určující obecně měřítko podílu dvou hodnot

WI-FI – wireless fidelity, bezdrátové připojení k síti ať už lokální nebo internetové

KT – konvenční technologie, v našem případě použití standardních bezdrátových prvků, přístupových bodů

EPŠ – elektronická průvodka šarže

TP – Third party, třetí strana

AUI – Attachment Unit Interface – rozhraní přípojně jednotky

MIMO – multiple input-multiple output; více vstupů-více výstupů

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Ronja

Obrázek 2: Znázornění síťových prvků FWA

Obrázek 3: Distribuce DVB-RCS

Obrázek 4: CMC kabel

Obrázek 5: LCS kabel

Obrázek 6: RMC kabel

Obrázek 7: TETRA, TETRAPOL

Obrázek 8: Spojky, konektory pro technologii RC

Obrázek 9: Rozbočovače, splitter technologie RC

Obrázek 10: Příchytky, klampy RC

Obrázek 11: Příklad dosahu signálu a charakteristika v závislosti na výkonu

Obrázek 12: Všesměrová anténa - 5 GHz, 8 dBi, svislý vyzařovací úhel  $12^\circ$ , PSV < 1,5

Obrázek 13: Charakteristika vyzařování pro středovou rozteč zářiče  $1 \lambda$ ,  $\lambda/2$

Obrázek 14: Diagram kolineární patrová kombinace – zisk antény (dBi) ve vertikální rovině

Obrázek 15: Diagram kolineární patrová kombinace – zisk antény (dBi) v horizontální rovině

Obrázek 16: Šilhání antény podle přesné frekvence

Obrázek 17: Kolineární anténa z nastříhaného koaxiálního kabelu, patra  $\lambda/4$ , vazba prokřížením středového vodiče se stíněním, středový vodič je proletován se stíněním

Obrázek 18: Drátová kolineární anténa, patra  $3/4 \lambda$ , vazba mezi "patry" závitem drátu

Obrázek 19: "Hrníčková" kolineární anténa, patra  $\lambda/2$ , vazba mezi patry řešena volným koaxiálním drátem

Obrázek 20: Sektorová anténa pro 5 GHz

Obrázek 21: Teoretický quadroquad s prostými tyčovými reflektory

Obrázek 22: Vyzařovací diagram, pohled z boku a shora

Obrázek 23: Reálné parabolické antény (sítová, plná)

Obrázek 24: Reálné YAGI antény (7 prvková, 17 prvková)

Obrázek 25: Tabulka minimálních citlivostí zařízení přijímačů vysokofrekvenčního signálu WI-FI.

Obrázek 26: Půdorys Logistického centra, výkres Microsoft VISIO

Obrázek 27: Návrh pokrytí VF signálem pomocí konvenční technologie, VISIO výkres

Obrázek 28: Datový kabel cat.7, výrobce RaM, LSZH

Obrázek 29: Datová zásuvka povrchová, výrobce RaM

Obrázek 30: Port datový kategorie 7, výrobce RaM

Obrázek 31: Reálné AP CISCO AIR-CAP2702E-K9

Obrázek 32: Certifikační měřicí přístroj FLUKE NETWORKS DSX 5000

Obrázek 33: Měřicí protokol strukturované kabeláže pro AP HVT1

Obrázek 34: Návrh pokrytí VF signálem pomocí technologie RC, VISIO výkres

Obrázek 35: Využití různých typů RC kabelů pro frekvenční pásma

Obrázek 36: Schéma vizualizace parametrů a porovnání srovnávaných technologií

Obrázek 37: Amortizační stupnice pro IT komponenty s životností 5 let

Obrázek 38: Amortizační stupnice pro IT komponenty s životností 10 let



## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Satelitní technologie

Tabulka 2: Přehled WI-FI standardů

Tabulka 3: Přehled použitých materiálů a jejich propustností

Tabulka 4: Odhad investičních nákladů

Tabulka 5: Odhad potřebných lidských zdrojů pro pokrytí Logistického centra VF signálem

Tabulka 6: Odhad časové náročnosti projektových činností

Tabulka 7: Kusovník prvků strukturované kabeláže pro konvenční technologii

Tabulka 8: Kusovník strukturované kabeláže pro technologii RC

Tabulka 9: Kusovník komponentů technologie RC

Tabulka 10: Kusovník komponentů nosných tras technologie RC

Tabulka 11: Kusovník položek činností a komponentů pro konvenční technologii

Tabulka 12: Kusovník položek činností a komponentů pro technologii RC

Tabulka 13: Srovnání technologií podle technické náročnosti instalace a provozu

Tabulka 14: Graf průměrných ročních nákladů porovnávaných technologií

Tabulka 15: Průměrné roční náklady porovnávaných technologií

Tabulka 16: Přehled průběhu investice a návratnosti

Tabulka 17: Kvalitativní posuzování porovnávaných technologií

## SEZNAM PŘÍLOH

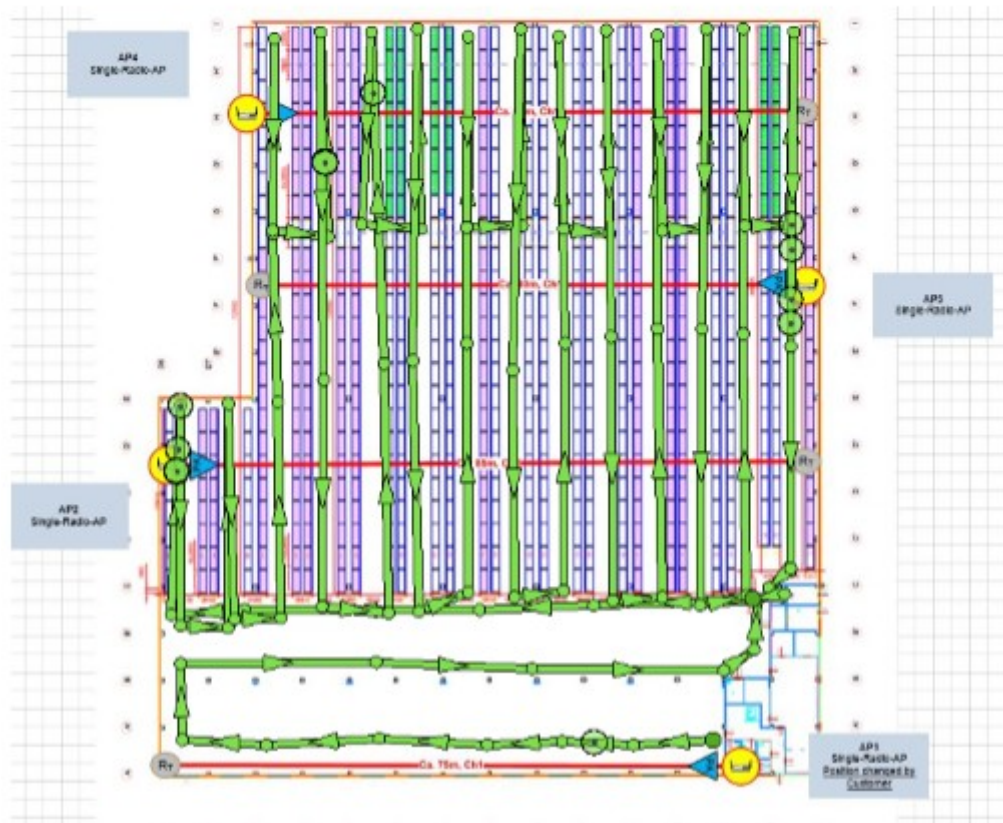
Příloha 1: Měřicí protokoly

## Příloha 1:







### Měřicí protokoly

#### Ekahau Standortbericht

#### 1. Měřicí trasy a přístupové body pro Logistické centrum

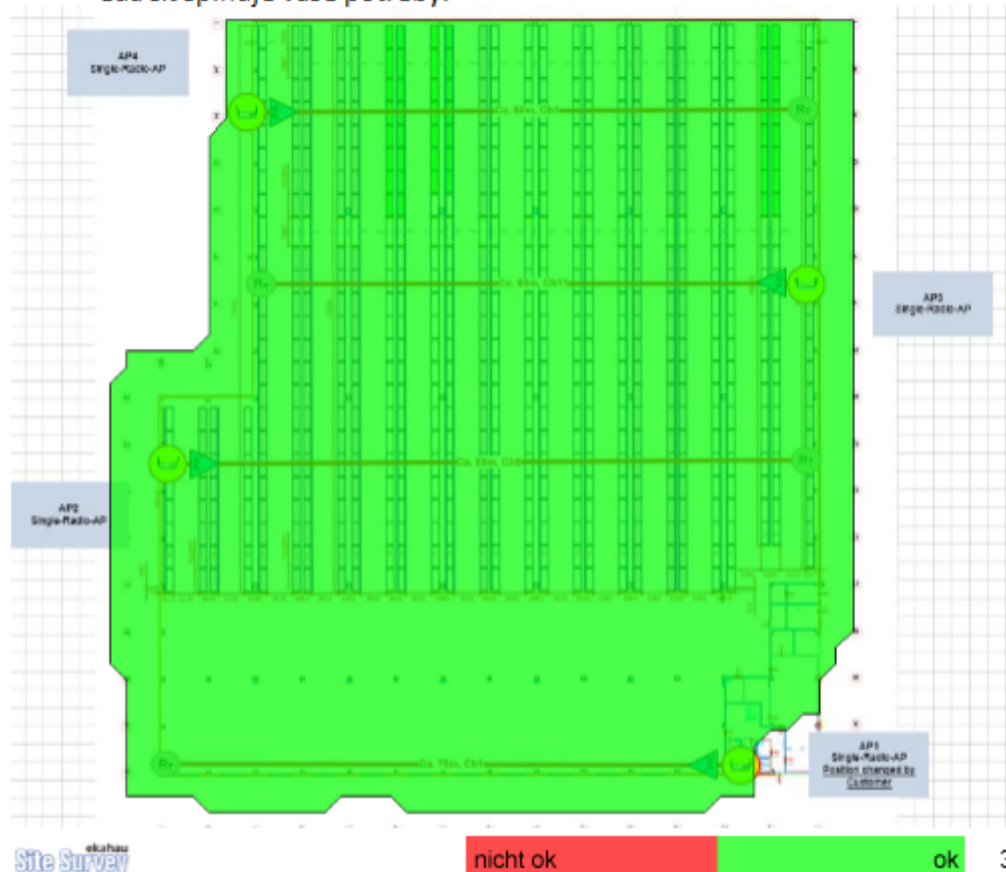


### 1.1. Požadavky - pokrytí a výkonová kritéria pro e-mail / web / video

	Síla signálu alespoň	-75,0 dBm	
	Odstup signálu od šumu nejméně	10,0 dB	
	Rychlost přenosu dat minimálně	2,0 Mbit/s	
	Počet přístupových bodů alespoň	2	v síle signálu minimálně -85,0 dBm
	Ping / Round-trip time nanejvýš	500,0 ms	
	Ztráta paketů nanejvýš	10,0 %	

#### Stav sítě pro Logistické centrum

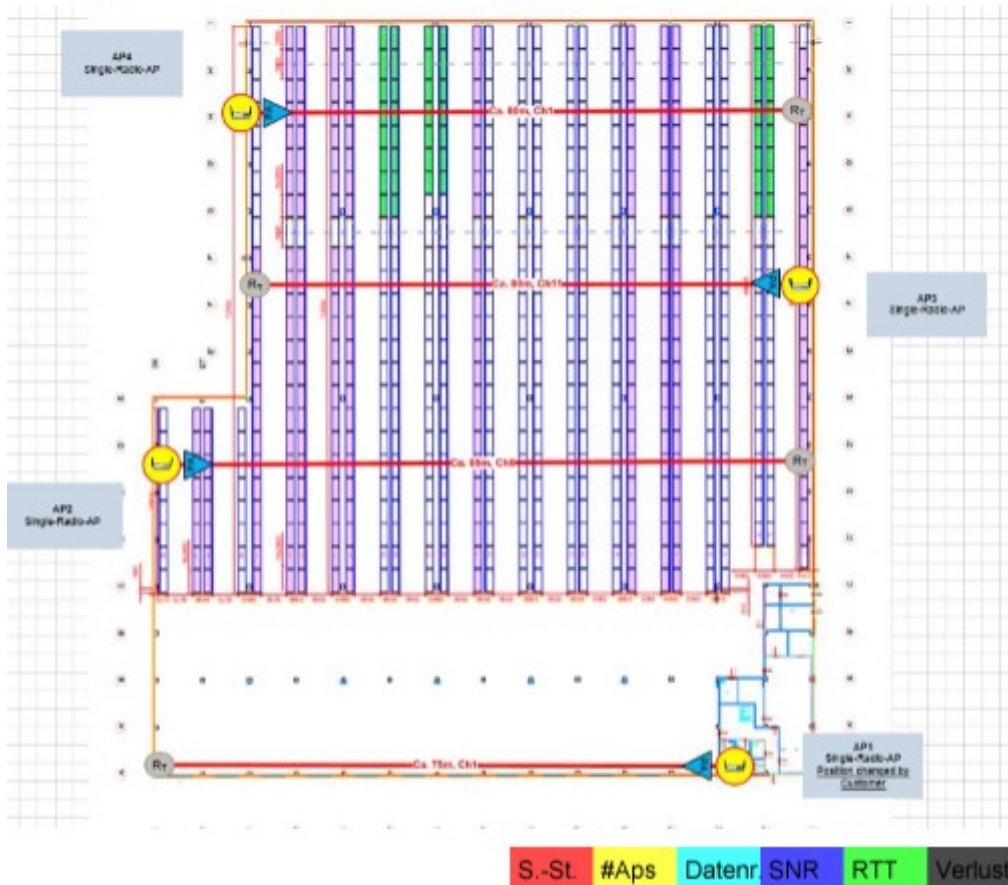
Wireless síť je obvykle nastavena na jeden nebo více konkrétních úkolů, jako jsou VoIP, prohlížení webových stránek nebo zjištění polohy. Přes „stav sítě“, můžete použít ukázkou jedinou vizualizaci, zda síť splňuje vaše potřeby.



## Ekahau Standortbericht

### Problémy se sítí pro Logistické centrum

„Problémy se sítí“, doplněno o „Status sítě“ s tím, že zobrazujeme požadavek, který je nižší, než povolený limit pro jednotlivé položky. Takže zatímco „status sítě“ odpovídá na otázku: „Funguje to?“, „Problémy se sítí“ odpovídá na otázku „Proč to nefunguje?“



## Ekahau Standortbericht

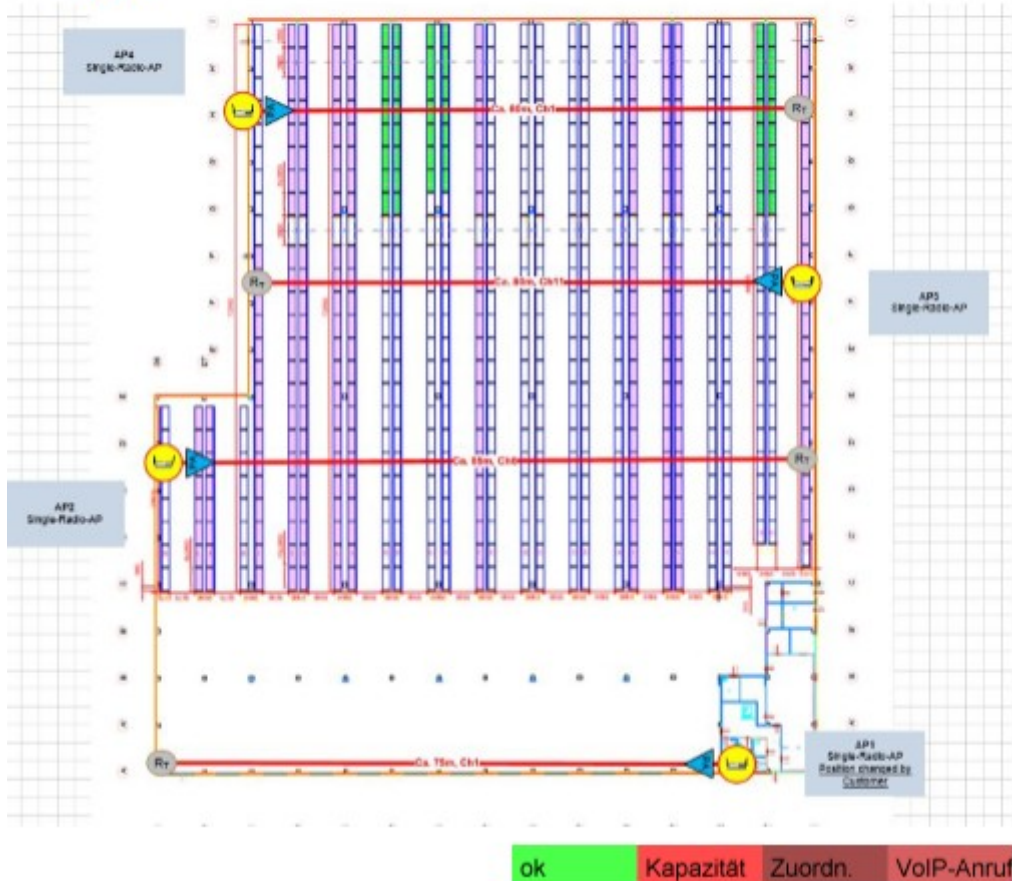
### 1.2. Požadavky - kapacita

WLAN-Clients:

Betrag	Gerät
--------	-------

Status Kapacita Logistické centrum

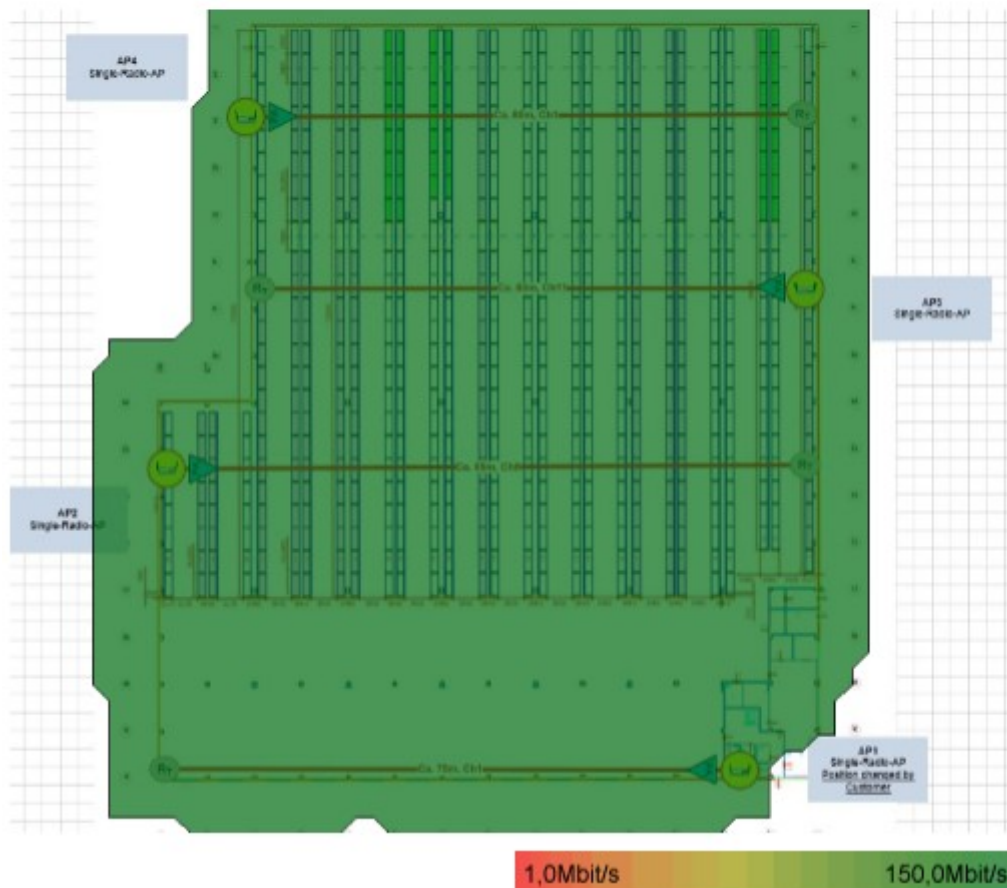
Status kapacita ukazuje, zda síť zvládne zátěž nakonfigurovaných klientů WLAN.



## Ekahau Standortbericht

### 1.3. Pokrytí, překrytí a výkon, rychlost přenosu dat pro Logistické centrum

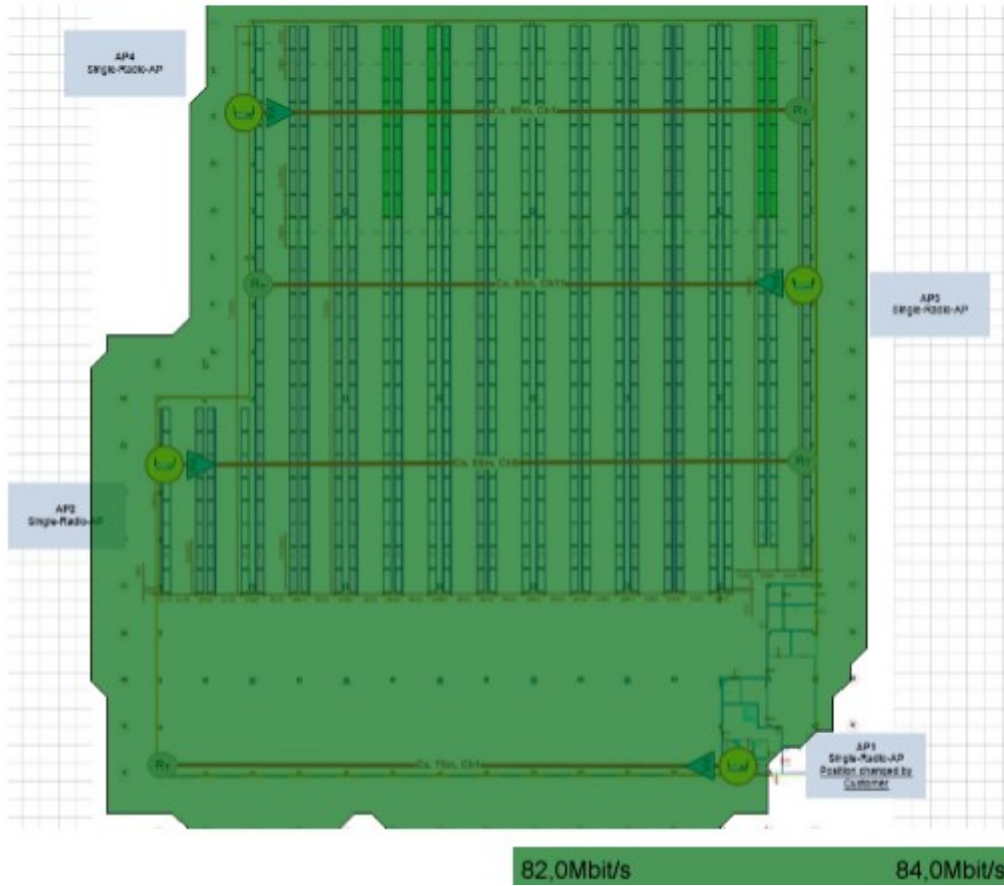
Rychlost přenosu dat je (v megabitech za sekundu) do maximální přenosové rychlosti, při které bezdrátové zařízení vysílá data. Za normálních okolností je reálná datová propustnost poloviční než rychlost přenosu dat nebo nižší



## Ekahau Standortbericht

Maximální propustnost pro Logistické centrum

Označuje odhadovaný maximální efektivní výkon.

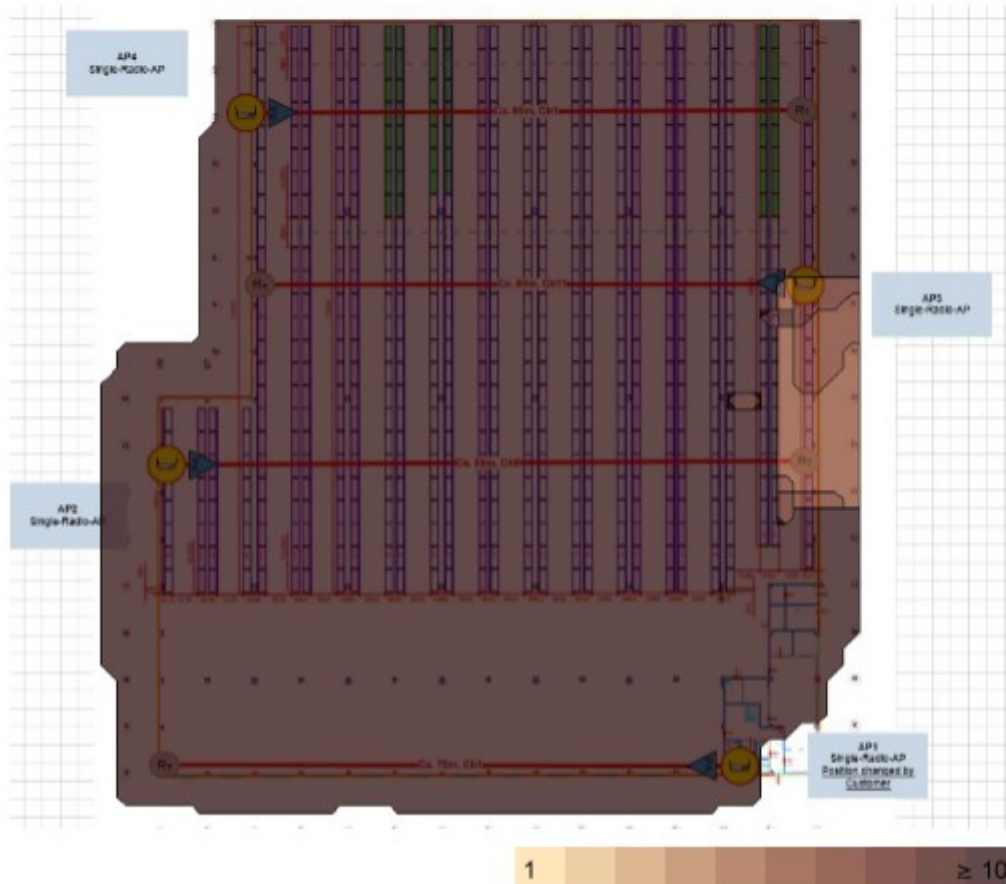




## Ekahau Standortbericht

### AP-počet Logistické centrum

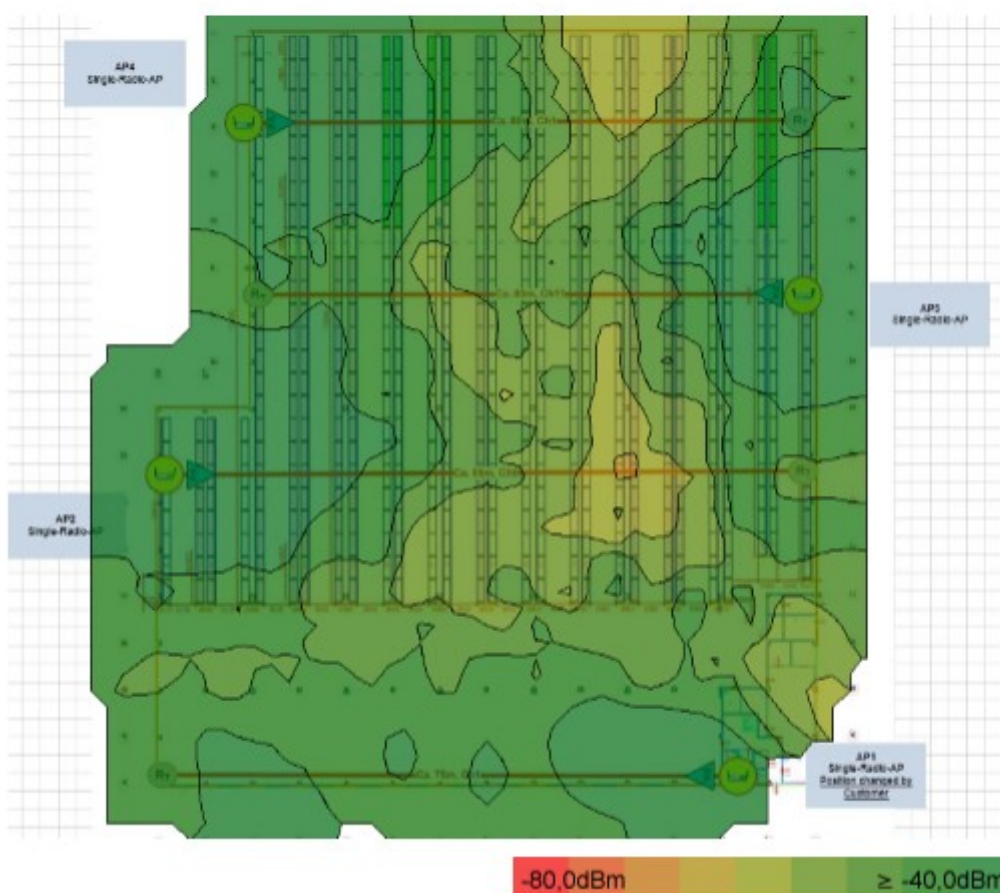
Počet přístupových bodů je počet připravených přístupových bodů na každé pozici.



## Ekahau Standortbericht

### Síla signálu Logistické centrum

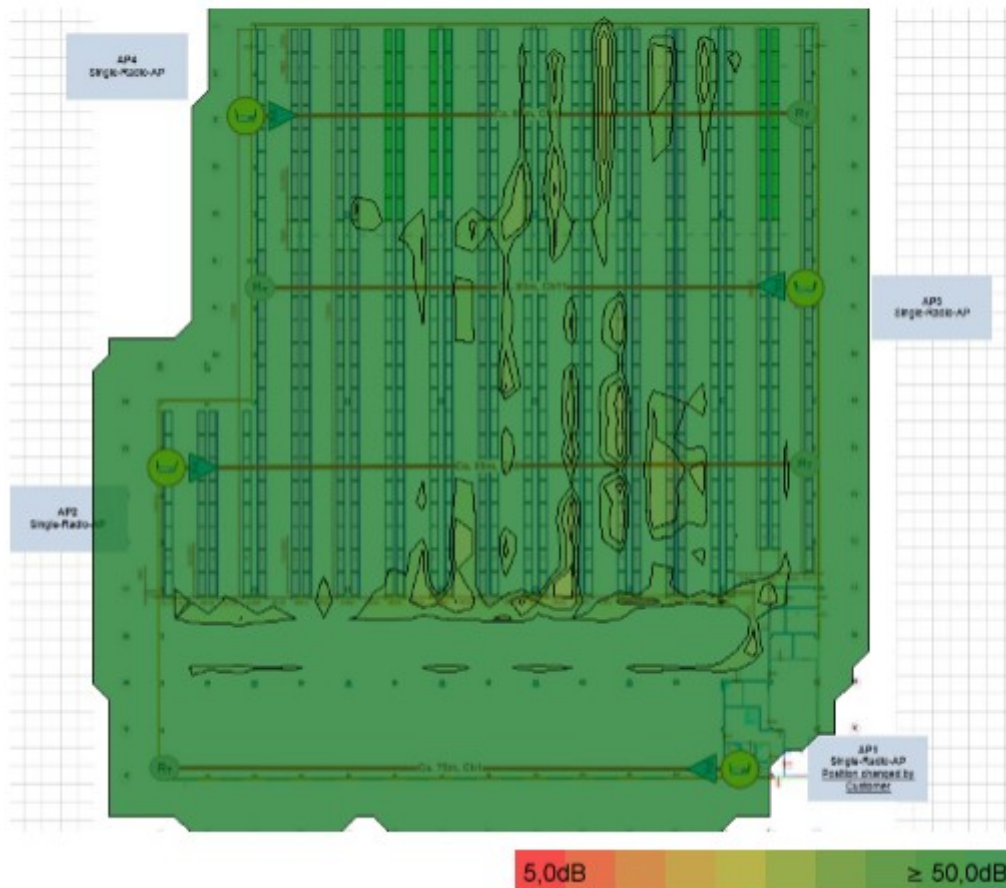
Síla signálu - někdy označované jako pokrytí - je nezákladnějším požadavkem bezdrátové sítě. Obecně platí, že nízká úroveň signálu má vliv na spolehlivost připojení



## Ekahau Standortbericht

### Poměr signálu k šumu pro Logistické centrum

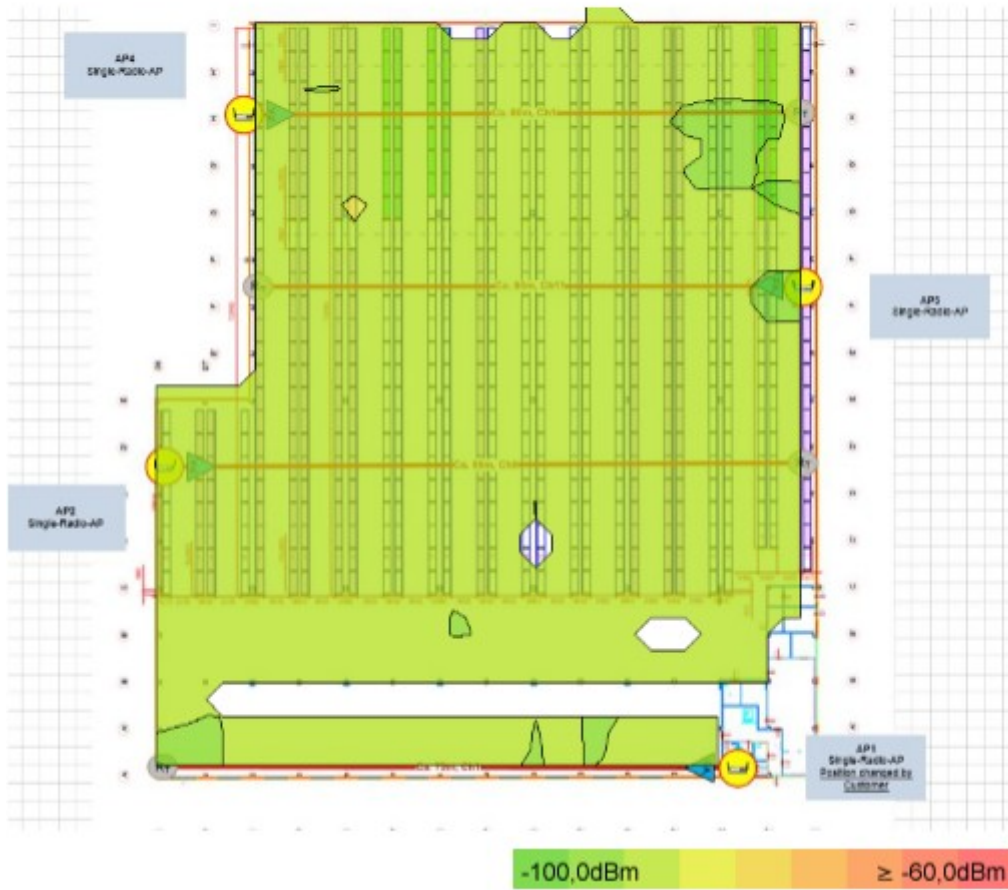
Poměr signálu k šumu je síla signálu vzhledem k šumu (interference dvoukanálová). K tomu, aby přenos dat mohl probíhat, je třeba aby síla signálu hluk překrývala (SNR větší než 0). V případě, že signál je jen mírně silnější než hluk, může způsobovat občasné výpadky připojení.



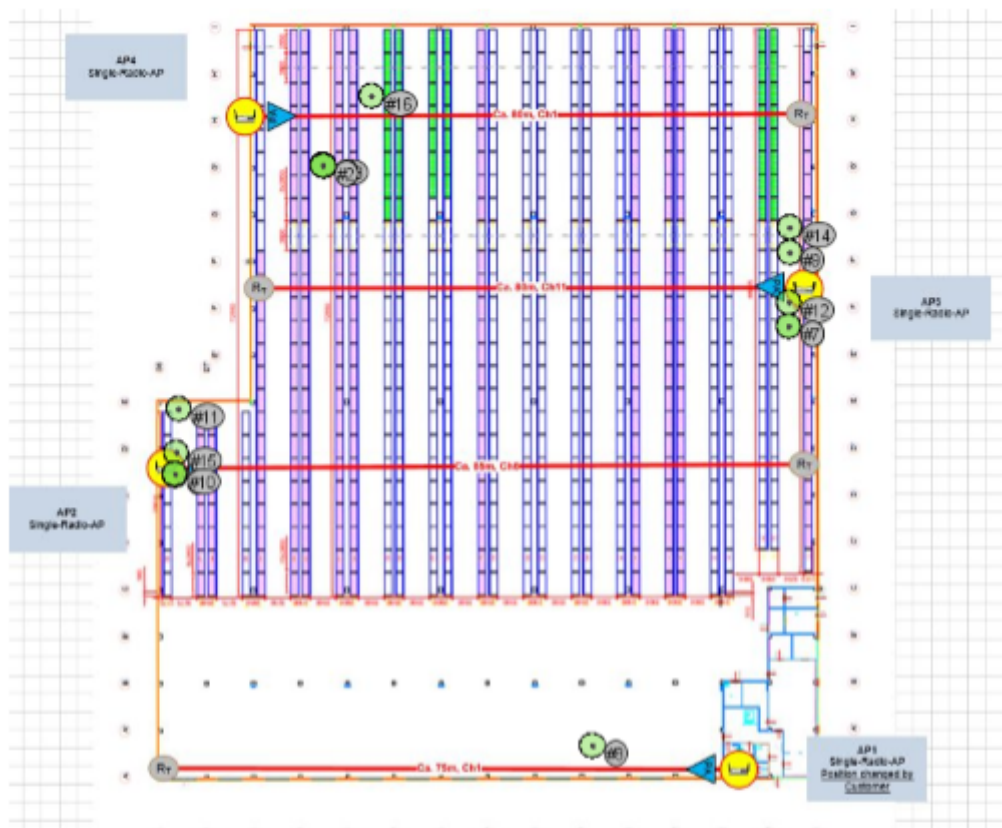
## Ekahau Standortbericht

Interference / šum pro Logistické centrum

Indikuje intenzitu hluku detekovaného na síťových kartách.



#### 1.4. Přístupové body v Logistickém centru



1.4.1. Vlastní přístupové body v Logistickém centru. Žádné simulované přístupové body v v Logistickém centru. Žádné Naměřené přístupové body v Logistickém centru

#	Access Point		
1	: cz-raj-00-ap04		
	802.11n	1	f0:29:29:4d:12:33, PH-Handscanner
2	: cz-raj-00-ap04		
	802.11n	1	f0:29:29:4d:12:34, HG-LP01
3	: cz-raj-00-ap02		
	802.11n	6	1c:de:a7:c4:14:73, PH-Handscanner
4	: cz-raj-00-ap02		
	802.11n	6	1c:de:a7:c4:14:74, HG-LP01
5	: cz-raj-00-ap04		

1.4.2. Cizí přístupové body v Logistickém centru. Simulované přístupové body v Logistickém centru. Žádné. Naměřené přístupové body v Logistickém centru. Žádné.

Ekahau Standortbericht

2. 2. Naměřené přístupové body umístit v jakémkoliv plánu
  - 2.1. umístí své vlastní přístupové body v každém plánu

Access Point		
802.11g	11	00:4f:81:03:09:ac, MEV007