

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA  
ŠKOLÍCÍ PRACOVISŤĚ KEEZ

BEZPEČNOST BEZDRÁTOVÉ ELEKTRONICKÉ KOMUNIKACE PRO  
ŘÍZENÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

DISERTAČNÍ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: ING. MILOSLAV MACHÁČEK  
ŠKOLITEL: PROF. ING. SIMEON KARAMAZOV DR.

2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně pod vedením školitele prof. Ing. Simeona Karamazova Dr., kterému bych chtěl poděkovat za odborné vedení práce.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon a zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 12. 12. 2009

Ing. Miloslav Macháček

## **Anotace**

Práce se věnuje problematice využití bezdrátové elektronické komunikace v oblasti železniční dopravy. Byla provedena analýza stávající komunikační infrastruktury bezdrátových přenosů dat v prostředí Českých drah a analýza silných a slabých stránek BWA technologií přenosů dat. Na základě analýzy BWA technologií bylo provedeno experimentální měření parametrů vybraných technologií bezdrátových datových přenosů veřejných operátorů. S využitím FMEA byla provedena analýza možných důsledků a závažnosti dopadů vzniklých zavedením nové technologie bezdrátových přenosů dat. Na základě provedených analýz, experimentálního měření a FMEA byl proveden návrh využití BWA technologií přenosů dat v prostředí Českých drah. S využitím PDCA modelu byla navržena nová metodika zavedení systému řízení informační bezpečnosti v souladu s normou ČSN ISO/IEC 17799:2005 a ČSN BS7799-2:2004.

## **Klíčová slova**

aplikace, infrastruktura, rizikové prioritní číslo, GPRS, EDGE, HSDPA, UMTS, CDMA, EDGE, přenosová rychlost, experiment, odezva, odchylka, průměr, proces, PDCA, informační bezpečnost, ISMS, informační systém

## **Annotation**

The thesis deals with the issue of using wireless electronic communication in railway traffic. Existing communication structure of wireless data transfer between objects in an environment of Czech Railways was analyzed. Strong and weak attributes of the BWA technologies of data transmission was also analyzed. Based on BWA analysis experimental measurements of parameters of selected technologies of wireless data transfers of public operators was carried out. By using the FMEA, it was possible to analyze the consequences and severity of impacts resulting from the introduction of new technology wireless data transmissions. On the basis of analysis, experimental measurements and FMEA the project of BWA transmissions in an environment of Czech Railways was designed. By using the PDCA model a new process management system of information security in accordance with standard ČSN ISO/IEC 17799:2005 a ČSN BS7799-2:2004 has been designed.

## **Keywords**

application, infrastructure, risk priority number, GPRS, EDGE, HSDPA, UMTS, CDMA, EDGE, broadcast speed, experiment, response, divergence, average, process, PDCA, information security, ISMS, information system

## OBSAH

<b>1. Cíle disertační práce .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Úvod .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Současný stav studované problematiky .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1. Analýza současných BWA technologií umožňujících přenosy dat mezi stacionárními a mobilními objekty v prostředí železniční dopravy .....</b>	<b>7</b>
3.1.1. Rozdělení bezdrátových přenosů dle využití elektromagnetického spektra .....	7
3.1.2. Přenos dat s využitím standardu IEEE 802.11 .....	9
3.1.3. Přenos dat s využitím systému GSM a GSM-R .....	12
3.1.4. Přenos dat s využitím technologie EDGE .....	19
3.1.5. Přenos dat s využitím technologie UMTS .....	19
3.1.6. Přenos dat s využitím technologie CDMA .....	21
3.1.7. Přenos dat s využitím technologie WiMAX .....	21
3.1.8. Předpokládaný vývoj mobilních datových standardů .....	23
3.1.9. Pokrytí území ČR signálem jednotlivých technologií bezdrátových datových přenosů .....	24
<b>3.2. Analýza stávající bezdrátové elektronické datové komunikace mezi stacionárními a mobilními objekty v prostředí železniční dopravy .....</b>	<b>26</b>
3.2.1. Analýza bezdrátové datové komunikace v prostředí železnic západní Evropy .....	27
3.2.2. Analýza bezdrátové datové komunikace v prostředí Českých drah .....	27
<b>3.3. Systém managementu bezpečnosti informací ISMS .....</b>	<b>31</b>
<b>4. Metody zpracování a způsob řešení .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. Experimentální měření parametrů vybraných technologií bezdrátových datových přenosů veřejných operátorů .....</b>	<b>33</b>
4.1.1. Vybrané technologie bezdrátových datových přenosů .....	33
4.1.2. Použitý HW, SW, podmínky a vyhodnocení experimentu .....	33
<b>4.2. Analýza možných důsledků a závažnosti dopadů vzniklých zavedením nové technologie bezdrátových přenosů dat v prostředí Českých drah s využitím FMEA .....</b>	<b>36</b>
<b>5. Dosažené výsledky .....</b>	<b>38</b>
<b>5.1. Výsledky experimentálního měření parametrů vybraných technologií bezdrátových datových přenosů veřejných operátorů .....</b>	<b>38</b>
5.1.1. Měření časové odezvy připojení technologií bezdrátových datových přenosů .....	38
5.1.2. Měření rychlosti datového přenosu připojení technologií bezdrátových datových přenosů .....	42
<b>5.2. Provedení a dokumentování analýzy možných důsledků a závažnosti dopadů vzniklých zavedením nové technologie bezdrátových přenosů dat v prostředí Českých drah s využitím FMEA .....</b>	<b>46</b>
5.2.1. Navržená místa vzniku problémů .....	47
5.2.2. Hodnoty RPN technologií bezdrátových datových přenosů .....	50
<b>6. Přínosy pro rozvoj vědní disciplíny a praxi .....</b>	<b>59</b>
<b>6.1. Návrh metodiky na zvýšení bezpečnosti dat a elektronické komunikace s využitím systému řízení informační bezpečnosti .....</b>	<b>59</b>
6.1.1. Systém řízení aktiv .....	60
6.1.2. Systém řízení rizik jako součást řízení informační bezpečnosti .....	60
6.1.3. Systém bezpečnostní politiky .....	61
6.1.4. Systém řízení informační bezpečnosti .....	61
6.1.5. Systém personální bezpečnosti .....	62
6.1.6. Systém fyzické bezpečnosti .....	63
6.1.7. Systém řízení komunikace a provozu ICT .....	64
6.1.8. Systém pravidel přístupu k systémům .....	66

6.1.9. Systém bezpečnostních pravidel ve fázi pořízení, vývoje a údržby .....	68
6.1.10. Systém řešení bezpečnostních incidentů a nedostatků.....	69
6.1.11. Systém řízení správy kontinuity činnosti organizace.....	69
6.1.12. Systém pro zajištění souladu se standardy a právními normami .....	70
<b>6.2. Návrh využití BWA technologií datových přenosů mezi stacionárními a mobilními objekty</b>	
<b>v prostředí Českých drah .....</b>	<b>70</b>
<b>7. Závěr a přínos práce pro vědu a praxi .....</b>	<b>73</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>74</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>78</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>79</b>
<b>Seznam grafů .....</b>	<b>80</b>
<b>Seznam použitých zkratk .....</b>	<b>81</b>
<b>Seznam vlastních publikací.....</b>	<b>84</b>
<b>Přílohy P1 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie LTE .....</b>	<b>85</b>
<b>Přílohy P2 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie HSPA .....</b>	<b>94</b>
<b>Přílohy P3 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie EDGE .....</b>	<b>103</b>
<b>Přílohy P4 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie UMB.....</b>	<b>112</b>
<b>Přílohy P5 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie CDMA2000 .....</b>	<b>121</b>
<b>Přílohy P6 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie WiMAX.....</b>	<b>130</b>

## 1. Cíle disertační práce

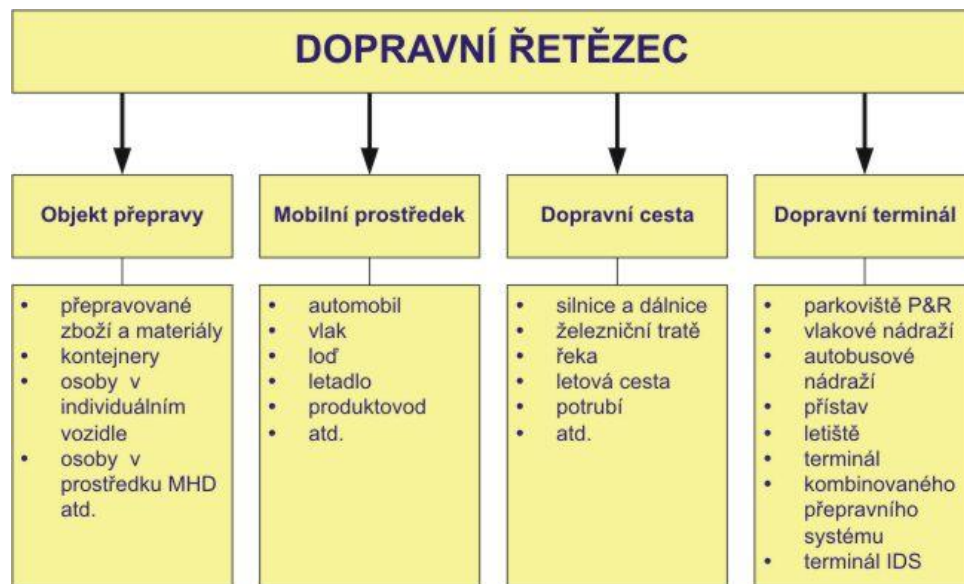
- návrh nové metodiky na zvýšení bezpečnosti dat a elektronické komunikace s využitím systému řízení informační bezpečnosti v souladu s normou ČSN ISO/IEC 17799:2005 a ČSN BS7799-2:2004 s využitím PDCA modelu,
- návrh využití BWA technologií datových přenosů mezi stacionárními a mobilními objekty v prostředí Českých drah.

Nutné kroky pro dosažení cílů:

- analýza současných BWA technologií umožňujících přenosy dat mezi stacionárními a mobilními objekty,
- analýza stávající bezdrátové elektronické datové komunikace mezi stacionárními a mobilními objekty v prostředí železniční dopravy,
- experimentální měření parametrů vybraných technologií bezdrátových datových přenosů veřejných operátorů,
- analýza možných důsledků a závažnosti dopadů vzniklých zavedením nové technologie bezdrátových přenosů dat v prostředí Českých drah s využitím analýzy FMEA.

## 2. Úvod

V posledních letech dochází k prudkému nárůstu přepravy osob a zboží. Na celý dopravní řetězec jsou kladeny stále vyšší nároky s důrazem na zvyšování kvality a komfortu dopravy, zajištění mobility, zvyšování bezpečnosti v dopravě, zlepšení služeb v dopravě, podílení se na snižování důsledků negativních dopadů dopravy na životní prostředí a v neposlední řadě zvýšení hospodárnosti a efektivnosti dopravních procesů.



Obrázek 1: Schéma dopravního řetězce (21)

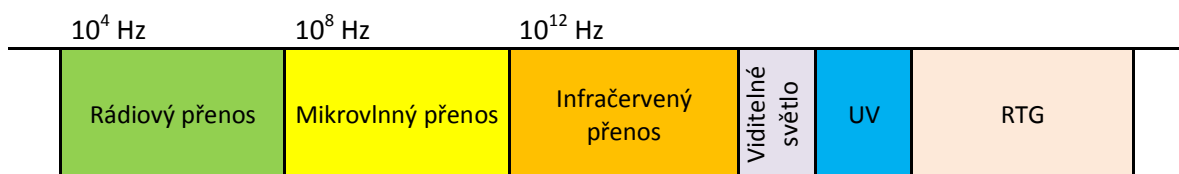
Hlavní nevýhodou všech pevných datových přenosů je jejich stacionární povaha. Jejich význam je zastíněn prudkým rozvojem mobilních datových přenosů. Vzhledem k prudkému nárůstu dopravy a nutnosti zajistit mobilní komunikaci, dostávají se bezdrátové datové přenosy do popředí zájmu. V současné době je využíváno několik různých technologií bezdrátových datových přenosů. V prostředí železnic často vznikají požadavky na zajištění bezdrátových přenosů dat mezi stacionárními objekty a kolejovými vozidly. Řada těchto přenosových cest je již technicky realizována a postupně nasazována do provozu. Tato práce se bude zabývat bezdrátovými elektronickými přenosy dat v oblasti železniční dopravy. Rychlé a bezpečné datové přenosy mezi mobilními a stacionárními objekty v prostředí Českých drah mají významný vliv na zvyšování bezpečnosti a efektivnost železniční dopravy.

### 3. Současný stav studované problematiky

#### 3.1. Analýza současných BWA technologií umožňujících přenosy dat mezi stacionárními a mobilními objekty v prostředí železniční dopravy

##### 3.1.1. Rozdělení bezdrátových přenosů dle využití elektromagnetického spektra

Při bezdrátových přenosech se využívá šíření elektromagnetických vln charakteristických zejména svou frekvencí a od ní odvozenou vlnovou délkou. K přenosům se využívají frekvence či celá frekvenční pásma.



Obrázek 2: Elektromagnetické spektrum

Využití celého elektromagnetického spektra pro bezdrátové přenosy je patrné z obrázku. Pro přenosy dat lze využít rádiovou, mikrovlnnou, infračervenou a viditelnou část spektra. Vyšší části spektra (UV, rentgenové záření či gama záření) jsou z praktických důvodů pro datové přenosy nepoužitelné. Lze je velmi obtížně modulovat, ale hlavně jsou lidskému zdraví škodlivé.

#### **Rádiové přenosy**

Elektromagnetické vlny v rádiové části spektra lze snadno generovat i přijímat. Jejich dosah je relativně velký. Mohou prostupovat budovami. Proto se s úspěchem používají i uvnitř budov. Šíření rádiových vln je všesměrové. Antény příjemce ani odesilatele nemusí být speciálně směřovány. Další vlastnosti rádiových vln pak jsou závislé na konkrétní frekvenci. Na nižších frekvencích vlny snáze prochází překážkami. Tato vlastnost s narůstajícími vzdálenostmi velmi rychle slábne. Rádiové vlny vyšších frekvencí se šíří přímočařeji, a odráží se od nejrůznějších překážek. Jsou více závislé na povětrnostních podmínkách, například na dešti a mlze. V důsledku relativně velkého dosahu rádiových vln je velmi důležité přesné nastavení konkrétních frekvencí a dílčích frekvenčních pásem. Mohlo by docházet k nežádoucímu vzájemnému ovlivňování - prolínání jednotlivých přenosů. Pro přidělování jednotlivých frekvencí rádiových vln musí být centrálně dodržována přísná pravidla. Pro využití datových přenosů jsou rádiové vlny znevýhodněny malou šířkou přenosového pásma.



### ***Mikrovlnné přenosy***

Elektromagnetické vlny nad 100 MHz se šíří přímočaře. Je možné soustředit veškerou jejich energii do úzce směřovaného paprsku. Na obou stranách (vysílací a přijímací části) je nutno instalovat úzce směřovou nebo parabolickou anténu. Tyto dvojice antén musí být pečlivě zaměřeny proti sobě. V úzce směřovém šíření v mikrovlnném pásmu dochází k menšímu vzájemnému ovlivňování jednotlivých přenosů. Z pohledu bezpečnosti je díky úzce směřovanému paprsku velkou výhodou přenosu velmi obtížný případný odposlech. V případě přímé viditelnosti je dosah přenosu relativně velký. Dosah je omezen terénními překážkami, přes které se mikrovlny nedostanou. Zakřivení země je pro mikrovlny také neproniknutelná překážka. Pokud chceme zajistit spojení pomocí mikrovlnného přenosu na delší vzdálenosti, je nutné budovat „retranslační stanice“. Stanice musí být umístěny na přímou viditelnost po dvojicích ve vhodných vzdálenostech od sebe. V praxi to jsou maximálně desítky kilometrů mezi jednotlivými stanicemi. Díky retranslačním stanicím je možné budovat výkonné, laciné a rychlé přenosové trasy i na velké vzdálenosti. V porovnání s radiovým přenosem poskytuje mikrovlnný přenos i vyšší bezpečnost přenosu dat.

### ***Infračervené přenosy***

Infračervené přenosy jsou používány na velmi krátké vzdálenosti pro datově méně náročné přenosy. Například dálkové ovládání televizních přijímačů a podobná zařízení. U počítačů se tento způsob komunikace stále více prosazuje například pro komunikaci mezi přenosnými počítači a periferiemi. Výhodou je nízká cena. Většina notebooků má zabudovaný infračervený sériový port. Vzhledem k velmi malému dosahu není potřeba žádná licence. Velkou nevýhodou je, že vlny v infračerveném pásmu neprostupují překážkami. Mohou se však odrážet. Této vlastnosti se v některých systémech záměrně využívá. Další nevýhodou je nemožnost používat tento způsob komunikace mimo budovy na denním světle. Slunce silně tento typ přenosu ruší, protože vyzařuje i v infračervené části spektra.

### ***Optické spoje***

Optický přenos se například používá u optických vláken. Optické vlákno světelný paprsek vede. Optický přenos je možný i tehdy, kdy světelný paprsek není veden optickým vláknem, ale šíří se volně vzduchem. V praxi se za tímto účelem používají nejčastěji laserové spoje. Tenký laserový paprsek se musí velmi přesně nasměřovat. Přenosová cesta je jednosměrná. Pro vytvoření obousměrné přenosové cesty se musí použít dva proti sobě orientované kanály. Výhodou laserových spojů je velká šířka přenosového pásma. Nevýhodou je silná závislost na povětrnostních vlivech. Paprsek neprotrpí deštěm nebo mlhou. Laserovému paprsku způsobuje také problémy proudění teplého vzduchu. Například vzduch stoupající vzhůru, který se ohřívá působením slunce. Z pohledu bezpečnosti je díky úzce směřovanému paprsku velkou výhodou přenosu velmi obtížný případný odposlech.

### 3.1.2. Přenos dat s využitím standardu IEEE 802.11

Bezdrátové sítě standardu IEEE 802.11 (WiFi) byly původně určeny pro vzájemné bezdrátové propojení přenosných zařízení a jejich připojování na lokální LAN sítě. Později začaly být tyto sítě využívány i k bezdrátovému připojení do sítě Internet. Bezdrátové přenosy dat s využitím standardu 802.11a/g jsou v současné době stále velmi často využívány. Velkým problémem je bezpečnost těchto bezdrátových sítí. Vyplývá to zejména ze skutečnosti, že signál se šíří i mimo požadovaný prostor bez ohledu na zdi budov. Nelze přesně vymezit prostor, kde je signál zachytitelný. Při těchto přenosech je proto vysoká možnost odposlouchávání. V případě odposlechu je postačující přítomnost v prostoru pokrytém signálem. V tomto prostoru může odposlouchávat provoz sítě každý počítač vybavený wireless kartou. Pomocí volně dostupného SW lze odposlouchávanou komunikaci analyzovat, zachytávat hesla, modifikovat informace apod.

#### ***Druhy šifrování přenášených dat***

- *WEP (Wired Equivalent Privacy)*  
Šifrovací protokol je založen na šifrovacím algoritmu RC4 s tajným klíčem o velikosti 40 nebo 104 bitů kombinovaným s 24 bitovým inicializačním vektorem IV. Pro ověření správnosti se používá metoda kontrolního součtu CRC-32. WEP 64 bitový je kombinace 40 bitového klíče a 24 bitového inicializačního vektoru IV. WEP 128 bitový je kombinace 104 bitového klíče a 24 bitového inicializačního vektoru IV. Některá bezdrátová zařízení v dnešní době podporují i 256 bitový WEP.
- *WEP2 (Wired Equivalent Privacy 2)*  
Tento šifrovací protokol obsahuje rozšíření inicializačního vektoru IV a 128 bitový tajný šifrovací klíč. Původní nedostatky tohoto zabezpečení však zůstaly.
- *WPA (Wi-Fi Protected Access)*  
Stejně jako u WEP je zde použit šifrovací algoritmus RC4. Šifrovací klíč je 128 bitový a inicializační vektor IV je 48 bitový. Další vylepšení spočívá v dynamicky se měnícím klíči – TKIP (Temporal Key Integrity Protocol). Je vylepšena kontrola integrity dat. Označuje se jako MIC (Message-Integrity Check). WPA nabízí více možností zabezpečení sítě. Například pomocí autentizačního serveru (RADIUS), který zasílá každému uživateli jiný klíč nebo pomocí PSK (Pre-Shared Key), kdy každý uživatel má stejný přístupový klíč.
- *WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2)*  
Označuje se jako IEEE 802.11i. Je zde použit protokol CCMP (Counter-Mode/Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol) se silným šifrováním AES (Advanced Encryption Standard). MAC (Message Authentication

Code) dynamicky mění 128 bitový klíč. MIC slouží pro kontrolu integrity a ochranu proti útokům snažícím se zopakovat předchozí odposlouchanou komunikaci.

- *EAP typy ověřování pod WPA/WPA2 Enterprise*

Jedná se o následující typy ověřování:

EAP-TLS

EAP-TTLS/MSCHAPv2

PEAPv0/EAP-MSCHAPv2

PEAPv1/EAP-GTC

EAP-SIM

EAP-LEAP

Tyto typy zabezpečení jsou určeny pro silné zabezpečení podnikových a jiných důležitých bezdrátových sítí.

### **Bezpečnost bezdrátového přenosu dat - typy útoků**

Všechny útoky vycházejí z předpokladu, že se útočník dostane do prostoru pokrytého signálem bezdrátové sítě.

- *Nezabezpečené přenosy dat*

V případě, že bezdrátový přenos dat je realizován bez jakýchkoliv bezpečnostních mechanismů, nelze snad ani hovořit o útoku. Přenos dat v takové síti se chová stejně jako veřejná bezdrátová síť, do které se stačí pouze připojit. Pokud taková síť nepoužívá k ochraně přístupu ani seznam autorizovaných MAC adres a zároveň používá automatické přidělování IP adres, útočník získá i IP adresu.

- *Odposlech (Sniffing)*

Útočník data přijímá a je schopen data analyzovat. Informace z takto získaných dat může následně zneužít. Útočník získává přístup ke zdrojům sítě v rámci otevřených spojení a odhaluje informace o vnitřní síti a uživatelích.

- *Rozluštění klíče WEP, WEP2*

Rozluštění klíče WEP je jednou z nejčastějších metod útočníků. Útok je úspěšný tehdy, pokud se útočníkovi podaří udržet konverzaci dostatečně dlouhou dobu. K rozluštění klíče je potřeba několika miliónů paketů zachycených mezi přístupovým bodem a klientem. Předpokladem je, že po dobu zachytávání paketů uživatel nezmění WEP klíč. WEP je lehce překonatelnou ochranou. Rozluštění klíče WEP2 zabere útočníkovi o trochu více času.

- *Rozluštění klíče WPA, WPA2*  
Zabezpečení WPA je obtížně prolomitelné. Zabezpečení WPA2 již odrazuje většinu útočníků. Prolomení tohoto zabezpečení by znamenalo velmi mnoho práce a času.
  
- *Zjištění MAC adresy a IP adresy – falšování identity*  
MAC adresa a IP adresa potřebná pro připojení k přístupovému bodu se zjišťuje podobným způsobem, jako se dekóduje WEP klíč. V případě, že provoz sítě je zabezpečen aktivací WEP, musí být nejdříve dekódován WEP a následně provedena analýza zachycených paketů, z kterých útočník získá MAC adresu a konfiguraci IP adresy. V případě, že WEP není aktivován, stačí ze zachycených paketů přečíst MAC adresu a IP konfiguraci. Takto získané adresy útočník použije k přepsání vlastní MAC adresy a IP adresy. Od tohoto okamžiku vystupuje při komunikaci s přístupovým bodem jako oprávněný důvěryhodný uživatel.
  
- *Útoky na uživatelská jména a hesla - hrubou silou nebo na základě slovníku*  
Útočník využívá slabých uživatelských jmen a hesel. Při útoku na uživatelská jména a hesla útočník využívá hrubé síly nebo použije slovníku uživatelských jmen a hesel. Útočník se pokouší připojit za pomoci databáze běžně používaných jmen a hesel. Po odhalení správné kombinace získá plný přístup do bezdrátové sítě. Současně tímto útokem blokuje přístup ke službám pro oprávněné uživatele rychlým opakováním přihlašovacích pokusů do systému. Oprávněný uživatel se tak nemůže k přístupovému bodu přihlásit. Útočníci využívají volných programů a databází hesel a přihlašovacích jmen. Vzhledem k tomu, že výkonnost počítačů je dnes velká, stává se tato metoda poměrně oblíbená a bohužel při nedodržování zásad tvorby hesel a přihlašovacích jmen poměrně úspěšná.
  
- *Útok typu muž uprostřed - MITM (Man in the Middle Attacks)*  
Při útocích tohoto typu útočník zachytává pakety, z kterých zjistí informace o klientovi a přístupovém bodu (IP adresy, asociační ID klienta a SSID přístupového bodu). Útok je opět úspěšný tehdy, pokud se útočníkovi podaří udržet konverzaci dostatečně dlouhou dobu. Pomocí těchto údajů vytvoří útočník na jiném kanále vlastní přístupový bod. Uživatele bez jeho vědomí připojí na tento vlastní přístupový bod. Změní cestu mezi oběma komunikujícími stranami tak, že vede přes útočnickovo zařízení. Od uživatele data přijímá a posílá je na skutečný přístupový bod. Zachycená data může ukládat a dále zpracovávat. Skutečný přístupový bod i klient se domnívají, že komunikují spolu. Ve skutečnosti jejich komunikaci zprostředkovává a data přijímá „muž uprostřed“. Útočník získává všechna klientova data, hesla atd. Tyto útoky jsou velmi nebezpečné.

- *Odmítnutí služby (Denial of Service)*

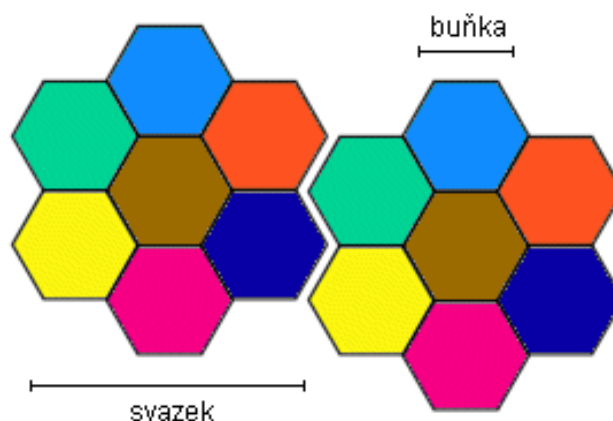
Útočník v tomto případě vyřadí síť z provozu posláním velkého množství nesmyslných dat a požadavků na přístupový bod. Přístupový bod se snaží data vyhodnotit. Dojde k jeho zahlcení nebo vyčerpání některých síťových zdrojů. Tím dojde k paralyzování činnosti přístupového bodu a jeho totálnímu vyřazení z provozu. Tento útok může předcházet útoku typu „muž uprostřed“. Útočník vyřadí přístupový bod z provozu a následně přepojí provoz na svůj falešný přístupový bod.

### 3.1.3. Přenos dat s využitím systému GSM a GSM-R

GSM je živý a vyvíjející se systém. Služby a hlavní síť se vyvíjejí společně se systémem UMTS 3. generace. Prudký nástup zaznamenal radiový přenos GSM 2.5 generace na bázi GPRS (Univerzální balík radiových služeb) a EDGE (Zvýšená rychlost přenosu dat pro vývoj systému GSM).

#### *Princip systému GSM*

Systém GSM funguje na principu tzv. celulárních (buňkových) systémů pro mobilní komunikaci. Základním rysem současných mobilních buňkových radiotelefonních systémů je velmi efektivní hospodaření s frekvenčním spektrem, které je výsledkem mnohonásobného použití stejné přidělené frekvence v obsluhované oblasti. Princip buňkové struktury ukazuje obrázek.



**Obrázek 3: Buňková struktura (28)**

Celá obsluhovaná oblast je zde rozdělena do 14 šestiúhelníkových buněk, které tvoří dva svazky (clusters) po sedmi buňkách. Dalším přidáváním svazků je potom možno pokrýt neomezeně velké území. Uvnitř každé buňky je jedna základnová stanice s určitou přidělenou skupinou kanálů a komunikující s mobilními účastníky, kteří se nacházejí pouze v

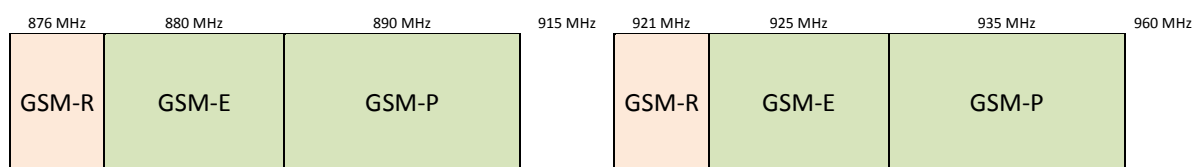
této buňce. Zbývajících 6 buněk příslušejících jednomu svazku má přiděleny své skupiny kanálů. Za podmínky, že se oblast všech sedmi buněk přibližně rovná interferenční oblasti, je v každém z obou svazků možno použít stejné kanály.

### **Datové přenosy v sítích GSM**

Veřejné bezdrátové sítě jsou většinou primárně využívány pro přenos hlasu. Bezdrátové sítě využívané pro hlasové přenosy lze však využít i pro datové přenosy. V případě potřeby přenášet data v těchto sítích, je možno vytvořit samostatné přenosové služby, které přenos dat zajistí. Přenosový kanál funguje na principu přepojování okruhů (circuit switching) nebo na principu přepojování paketů (packet switching). Na principu přepojování okruhů se v sítích GSM používá datová přenosová služba CSD (Circuit Switched Data) a služba HSCSD (High Speed Circuit Switched Data). Na principu přepojování paketů se používá služba GPRS (General Packet Radio Service). V mobilních sítích 1. generace se pro rozdělení frekvenčního pásma používá frekvenční multiplex (FDMA, Frequency Division Multiplexing), v sítích 2. generace se používá časový multiplex (TDMA, Time Division Multiplexing) a kódový multiplex (CDMA, Code Division Multiplexing). Mobilní sítě 3. generace mohou používat dokonalejší kódový multiplex Wide CDMA. V sítích GSM jsou v současné době nedostupnější datové přenosy prostřednictvím služeb HSCSD a GPRS.

### **Systém GSM-R**

GSM-R je mobilní komunikační platforma vyhovující potřebám železničních dopravců. Vzhledem k důležitosti systému GSM-R má tento systém vyhrazeno vlastní samostatné a evropsky jednotné kmitočtové pásmo UIC 876 – 880 / 921 – 925 MHz, které se nachází bezprostředně pod kmitočtovým pásmem vyhrazeným pro veřejné sítě GSM.



Pásmo pro vysílání mobilní strany (Uplink)

Pásmo pro vysílání pevné strany (Downlink)

**Obrázek 4: Kmitočtová pásma systémů GSM a GSM-R**

Základními odlišujícími znaky od veřejných systémů GSM jsou:

- Celkové koncepční zaměření na maximální dostupnost a spolehlivost hlasového i datového přenosu v prostoru představující železniční trať.
- V přístupu k přenosovým službám založeném na přesně dané hierarchii uživatelů sítě (prioritě). Priorita vyplývá z požadavků železničního provozu. Tzn. rozlišení míry naléhavosti dosažení rádiového spojení u různých uživatelů tak, aby stupeň

priority volání odpovídá závažnosti jím řízené technologie z hlediska bezpečnosti.

GSM-R poskytuje řadu dálkových, přenosových a doplňkových služeb. Je plně vzájemně provázaný s ISDN a IP. Systém GSM-R byl vypracován jako nedílná součást Standardu GSM. Pro GSM-R neexistují žádné dokumenty výjimek. Práce na GSM-R přispěla k celkovému rozvoji GSM. Kmitočtové pásmo GSM-R bylo zahrnuto do radiových specifikací GSM. Mobilní stanice GSM-R musí také nést pásmo GSM 900 a rozšiřující pásmo GSM 900. Může být proto také používána ve veřejných sítích GSM. U systému GSM-R byly vyvinuty některé nové níže uvedené služby a funkce pro GSM:

- Funkční adresování, které umožňuje volat zvoleného účastníka sítě GSM-R podle jeho momentální funkce v systému řízení drážní dopravy pomocí jeho funkčního čísla přiřazeného ke klasickému telefonnímu číslu účastníka. Přiřazení se v systému GSM-R dynamicky provede v procesu registrace uživatele do systému. Příkladem může být volání - adresace strojvedoucího HV vlaku jedoucího pod konkrétním číslem vlaku. Strojvedoucí před zahájením jízdy provede registraci daného čísla vlaku do systému GSM-R (přiřazení funkčního čísla k telefonnímu číslu SIM karty dané vozidlové radiostanice GSM-R). V případě potřeby je tento strojvedoucí např. pro dispečera dosažitelný pouhou volbou čísla vlaku a funkce strojvedoucí.
- Adresování závislé na poloze, které umožňuje dynamicky směřovat volání podle momentální polohy účastníka sítě GSM-R. Příkladem může být požadavek na sestavení hovorového kanálu ve směru od strojvedoucího na místně příslušného dispečera. Při využití funkce polohově závislé adresace stačí na straně strojvedoucího vlaku zadat pouze funkci adresáta volání (ve výše uvedeném případě dispečera – stiskem jediného tlačítka) a síť GSM-R automaticky na základě znalosti polohy volajícího účastníka (ve výše uvedeném případě strojvedoucího / poloha je dána pomocí BTS systému GSM-R) a předem definovaných oblastí působnosti jednotlivých dispečerů provede směrování hovoru na dispečera aktuálně příslušejícího k dané poloze vlaku.
- Režim posunu, který je speciálním druhem skupinového hovoru, při kterém je jednotlivým uživatelům akusticky indikována nepřerušenosť hlasového spojení s ostatními účastníky posunu v dané skupině, která je předem definována v systému GSM-R.
- Rozšířené hlasové služby, které představují doplnění hlasových služeb poskytovaných původní specifikací GSM zejména v oblasti priorit a upřednostnění hovorů a v oblasti skupinových hovorů.
  - Priority a upřednostnění hovorů, které představují základní funkční vlastnost vyžadovanou od privátního rádiového systému určeného pro drážní komunikaci. Systém GSM-R, jak již bylo uvedeno, umožňuje rozlišovat u různých uživatelů míru

naléhavosti dosažení rádiového spojení tak, aby stupeň priority volání odpovídal závažnosti jím řízené technologie z hlediska bezpečnosti. V případě obsazenosti rádiového rozhraní systému GSM-R na dané BTS a požadavku na volání s vyšší prioritou jsou stávající volání s nižší prioritou přesměrována nebo ukončena tak, aby volání s vyšší prioritou bylo odbaveno.

- Skupinová volání, která představují novou třídu skupinových volání a další rozšíření původní GSM specifikace, která poskytovala hlasová volání pouze typu point to point. U obou typů skupinových volání se jedná o simplexní hlasové spojení, přičemž základní odlišnost mezi typem VGCS a VBS je v možnosti změny směru komunikace (změny řečníka) v rámci sestavené hlasové skupiny. U skupinového volání typu VGCS (obousměrné volání) je v první fázi řečníkem iniciátor skupinového volání, v další fázi hovoru je pak možno v rámci hlasové skupiny předávat funkci řečníka na libovolného člena skupiny, přičemž ostatní účastníci skupiny jsou v roli posluchače. Volba řečníka (přepínání příjem / vysílání) se provádí obdobně jako na analogových radiostanicích pomocí tlačítka. U skupinového volání typu VBS (jednosměrné volání) je řečníkem hlasové skupiny iniciátor skupinového volání a není možno funkci řečníka v rámci skupiny předávat.

Dalším hlavním cílem systému GSM-R bylo zajistit dostatečnou kvalitu služby za vysoké rychlosti. Na základě požadavků UIC, jak je definováno ve specifikacích požadavků systému EIRENE (SRS) a ve specifikacích funkčních požadavků (FRS), byla práce provedena v ETSI/SMG (speciální mobilní skupina). Jde o skupinu, která od r. 2000 odpovídá za vývoj GSM a UMTS. ETSI nabízí příznivé prostředí pro včasné specifikování práce. Příspěvky lze uskutečnit bez mimořádných nákladů, schvalovací procedury jsou relativně nekomplikované. Specifikace ETSI jsou volně a veřejně přístupné na [www.etsi.org](http://www.etsi.org). ETSI zná koncepci projektového týmu (PT), rovněž známého jako speciální útvar pro zvláštní úkoly (STF), vypracovanou k urychlení vývoje v oblasti. Pokud jde o pracovní body týkající se železnic, zabezpečoval je tým PT 61 V a později útvar STF 139. Práce na GSM-R začala v r. 1993/1994 a byla dokončena v r. 2000. Nové potřeby standardizace vyplývající z procesu řízení změn pro ERTMS budou řešeny v projektu ETSI zahájeném v r. 2001, který se týká železničních telekomunikací (EPRT).

Vznik a realizace systému GSM-R souběžně s GSM má několik důležitých předností:

- GSM je vyzkoušený spolehlivý systém. Vzájemná provázanost a kompatibilita byly vytvořeny již před lety a komponenty jsou dostupné za relativně nízké náklady,



- roaming s veřejnými dopravci je možný. Lze ho využít jako rezervu tam, kde pokrytí GSM-R není dostupné nebo jako doplněk k frekvencím GSM-R, kde je zapotřebí další kapacita,
- GSM se vyvíjí za velké spoluúčasti veřejných dopravců a průmyslu. Důraz je kladen na bezpečný vývoj, který neohrožuje výkon a spolehlivost sítí v provozu.

V důsledku kompatibility s ISDN a IP může komunikační platforma rovněž zahrnovat:

- veřejné či soukromé pevné sítě,
- stávající sítě ISDN, které už mnohé železnice instalovaly,
- internet a intranet.

Aplikace jsou realizovány navíc k platformě. Typickými aplikacemi jsou automatizované řízení jízdy vlaku, rádio v kabině strojvedoucího a rádio k posunování vlaků. Další aplikace budou zahrnovat vlakovou telemetrii a rezervaci míst on-line provedenou přímo ve vlaku.

V příštích letech se železnice budou zabývat rozvojem infrastruktury GSM-R. Hlavním úkolem bude plynulý přechod ze stávajících systémů řízení jízdy vlaku k ERTMS. Železnice by však měly paralelně brzy začít využívat možností systému GSM-R. Ve skutečnosti v systému GSM-R železnice vlastní velmi cenný poklad. Provoz sítě GSM, síťová technika plánování a optimalizace parametrů jsou dobře zvládnuty. Nástroje plánování jsou dostupné stejně jako komfortní zařízení pro provoz a údržbu. Sítě mohou být uvedeny do provozu ve velmi krátké době. Byly uzavřeny desítky tisíc dohod o roamingu mezi provozovateli GSM na základě řízení mobility a účastnického řízení protokolů GSM MAP. Současné dohody o roamingu jsou rutinou.

GSM zajišťuje vysoký stupeň bezpečnosti. Princip architektury k oddělení modulu identity účastníka (SIM) od mobilního zařízení umožňuje zjednodušený proces produkce. Terminály mohou být produkovány bez potřeby personifikace (individualizace).

Během několika let byly v GSM zavedeny generické služební platformy. Příkladem jsou:

- síťové funkce,
- SIM Application Toolkit (SAT),
- Mobile Execution Environment (MExE).

Provozovatel sítě může používat tyto generické platformy pro vytváření služeb a přizpůsobování se požadavkům zákazníka na bázi sítě, na základě uživatelských skupin nebo podle základny uživatelů. Tato služba přizpůsobování se požadavkům zákazníka může být implementována na úrovni aplikací bez nutnosti kupovat modifikaci infrastruktury či terminálů. Počítače lze napojit na internet přes terminály GSM na několik let. Výkonné spojení dostupné s GPRS a WAP umožňuje použití ručního (příručního) systému pro webové prohledávání.

Výkonnost a kvalita radiového přístupu jsou stále zlepšovány. Například:

- GPRS (Univerzální balík radiových služeb) umožňuje flexibilní adaptaci přenosu dat na profily požadované uživateli a přizpůsobení průchodnosti dat kvalitě radiových podmínek (nezbytné zabezpečení proti chybám).
- Byly vyvinuty nové kodéry-dekodéry řeči. Enhanced Full Rate (EFR - kodér-dekodér se zvýšenou plnou rychlostí) a Adaptive Multi Rate (AMR - kodér-dekodér s adaptivními různými rychlostmi).
- Byl zaveden nový modulační systém s EDGE, zvyšující rychlost přenosu za dobrých radiových podmínek o zhruba 300 procent.
- Tandem Free Operation (TFO - tandemový volný provoz) zabraňuje dvojímu převádění kódu pro hovory z mobilu na mobil. Tím dosahuje zvýšení kvality hovoru beze změn v mobilní stanici.
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data – vysokorychlostní přenos dat s přepojováním okruhů) nabízí znásobení rychlosti přenosu dat více slotovou operací a lze ho použít v symetrickém a asymetrickém režimu.

GSM má několik lokalizačních technik založených na radiové buňce a na vzdálenosti od základních stanic. Zrnitost je v rozsahu několika stovek čtverečných metrů. Významný úspěch GSM je dán skutečností, že mobilní telefony jsou inteligentními terminály produkovanými za přijatelné náklady. V blízké budoucnosti budou tyto terminály cenově ještě více dostupné a budou standardně zahrnovat:

- radiové rozhraní Bluetooth v současné době zaváděné pro licenci 2,4 GHz (vyňatou z pásma ISM),
- dobře rozlišující grafickou barevnou obrazovku ovládanou dotekem,
- funkci Personal Digital Assistant (PDA - osobní číslicový pomocník),
- další zabudované příslušenství jako je kamera, akustický zapisovač/přehrávač a lokalizační funkce.

Tento typ terminálu bude umožňovat WWW - like user interface (WWW - jako uživatelské rozhraní) řízený pomocí menu. Terminál může být využíván jako víceúčelové pracovní zařízení pro železniční personál. WWW - like user interface je v současnosti známý široké veřejnosti. To s sebou přináší úspory ve školení pracovníků a redukci uživatelských chyb. Radiové rozhraní Bluetooth je na první pohled pouze nahrazení spojení po drátě bezdrátovým spojením. Umožňuje však snadnou bezdrátovou komunikaci se všemi druhy příslušenství (počítače, tiskárny, sluchátka, zařízení pro kontrolu jízdenek), ale také přímou komunikaci mezi mobilními stanicemi. Hovor z mobilu na mobil, stejně jako přenos dat mezi mobilními stanicemi. V závislosti na síle emise a kvalitě přijímače má dosah 10, 100 i více metrů. Přímá viditelnost není nutná. Další oblasti aplikací Bluetooth zahrnují lokalizaci a komunikaci z přístroje do přístroje. S těmito vymoženostmi GSM-R může významně optimalizovat železniční provoz a zákazníkům nabízet zdokonalené služby.

Příklady aplikací pro železniční provoz:

- logistika (sledování nákladních vozů, kontejnerů a zboží, zjišťování informací o stavu zboží),
- rozšířené provozní služby pro železniční personál (přístup k provozním databázím přes intranet, zpravodajské služby podle požadavků zákazníka pro časové plánování a tarify, automatickou rezervaci míst s displejem),
- telematické aplikace pro vozový park a pevná zařízení,
- optimalizovaný náklad a prodej volné kapacity on-line.

Příklady nových aplikací pro železniční zákazníky:

- automatický elektronický prodej jízdenek,
- informační systémy on-line pro cestující poskytující informace o vlacích a nástupištích,
- internetové terminály pro spolehlivé služby WWW ve vlacích,
- zapůjčení automobilu v souvislosti s cestou vlakem, objednání taxíku, rezervace hotelu, speciální turistické a prázdninové služby.

Nasazování systému GSM – R je pro železnici další postupný krok související s nezbytným zajištěním interoperability. Tímto krokem dochází k umožnění bezproblémového přístupu zahraničních dopravců na českou železnici. Je to nezbytná podmínka pro začlenění české železnice do evropského železničního systému. Zavedení ERTMS na bázi GSM-R je technologickým milníkem s vysokým potenciálem do budoucna.

V roce 2005 byla zahájena stavba s názvem „GSM-R, dokončení I. národního železničního koridoru (NŽK)“. Tato stavba plynule navázala na dokončený pilotní projekt GSM-R v úseku Děčín, státní hranice, Ústí nad Labem – Praha – Kolín. Jejím hlavním cílem je rozšíření digitálního radiového systému GSM-R dále z Kolína přes Českou Třebovou a Brno do Břeclavi a na státní hranice s Rakouskem a Slovenskem, včetně jeho doplnění v uzlu Praha. Generálním dodavatelem systému GSM-R je společnost Kapsch a subdodavateli jsou firmy AŽD Praha s.r.o. a Teplotechna Ostrava. Projektantem stavby byla projekční společnost SUDOP Brno Projekt. Celkové náklady dosáhnou 682 mil. Kč. Projekt je spolufinancován státem prostřednictvím Státního fondu dopravní infrastruktury a významným podílem je spolufinancován také Evropskou unií z Fondu soudržnosti částkou 580 milionů Kč, neboť se jedná o jeden z prioritních projektů Operačního programu Doprava (OPD) na léta 2007-2013. Ministerstvo dopravy schválilo spolufinancování tohoto projektu z Fondu soudržnosti Operačního programu Doprava v únoru 2008. Stavba „GSM-R, dokončení I. NŽK“ je také jedním z prvních projektů, který je spolufinancován z OPD.

Stavba obsahuje 58 základnových stanic (BTS), které jsou umístěny podél traťového úseku Kolín – Břeclav a v dopravním uzlu Praha. Antény budou instalovány na 44 nových betonových stožárech a na stávajících osvětlovacích stožárech nebo na střešních konstrukcích drážních budov. Signál GSM-R pokryje více jak 330 traťových kilometrů. Pro

vykrytí obtížně dostupných míst bude využito 12 repeaterů GSM-R signálu. Moderní technika je umístěna ve 44 nových technologických objektech. Hlavním cílem projektu je vybudování jednotného železničního digitálního radiového systému GSM-R, který na našem významném tranzitním koridoru zvýší bezpečnost, spolehlivost a především konkurenceschopnost železnice v České republice. Stavba byla zahájena v srpnu 2007 a po jejím dokončení v roce 2009/2010 bude kompletně rozšířen digitální radiový systém GSM-R na celé trase prvního národního železničního koridoru, tj. od státní hranice s Německem, přes Děčín, Prahu, Kolín, Českou Třebovou do Brna, Břeclavi a na státní hranice s Rakouskem a Slovenskem včetně jeho doplnění v uzlu Praha. Realizace této stavby přispěje k rozšíření implementace systému GSM-R na trans-evropské dopravní síti.

#### **3.1.4. Přenos dat s využitím technologie EDGE**

Technologie přenosu dat HSCSD a GPRS slučují současně používané sloty. Při stávajících technických možnostech mobilních sítí GSM jsou zde dosaženy maximální přenosové rychlosti. Další zvyšování přenosových rychlostí se již musí ubírat cestou dalších změn. EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) zachovává stávající frekvenční pásma a kanály používané v sítích GSM, ale mění způsob modulace. Původní dvoustupňovou modulaci GMSK (Gaussian minimum-shift keying) nahrazuje efektivnější osmistupňovou modulací (eight-phase-shift keying). Tím dosahuje EDGE na 1 slot rychlosti 48 kbps, což při využití všech 8 slotů současně dává celkem 384 kbps. V podmínkách optimálního příjmu signálu může EDGE dosahovat až 69,2 kbps na 1 slot. Významným faktorem je skutečnost, že nasazení EDGE ve stávajících sítích GSM je relativně snadné, protože tato technologie zachovává jak šířku jednotlivých přenosových kanálů (200 kHz), tak i jejich dělení časovým multiplexem na 8 částí (slotů). Kromě softwarových upgradeů je ale nutné v každé buňce (resp. u každé základnové stanice) instalovat nový transceiver. Dále jsou samozřejmě nutná koncová zařízení, která EDGE a jím používaný způsob modulace používají.

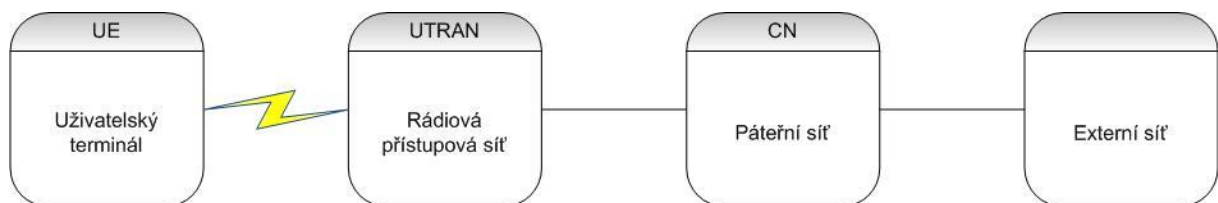
Technologie EDGE je všeobecně považována za určitý mezistupeň mezi stávajícími sítěmi GSM (považovanými za mobilní síť 2. generace) a budoucími sítěmi UMTS (sítěmi 3. generace). Umožňuje dosahovat rychlostí, které se blíží rychlostem sítí 3. generace, ale využívá zdrojů sítí 2. generace (přenosových kanálů). Proto je tato technologie zajímavou alternativou pro ty operátory, kteří z jakéhokoli důvodu nezískají licence na síť 3. generace a s nimi spojené přenosové kanály.

#### **3.1.5. Přenos dat s využitím technologie UMTS**

Síť 3. generace (UMTS, Universal Mobile Telephone Standard) zcela mění koncepci celé současné mobilní bezdrátové sítě GSM. V této technologii se zvětšují používané rozsahy frekvencí (přenosové kanály) a k tomu se případně mění používané způsoby dělení (multiplex). Oproti GSM/GPRS systém UMTS přináší pro uživatele několik vylepšení. Mezi hlavní z nich patří podpora několika současně aktivních služeb. Uživatel může mít např. spuštěnu videokonferenci a současně si ze serveru stahovat své e-mail. Vlastnosti spojení

na rádiovém rozhraní (rychlost, zpoždění, chybovost, atd.) mohou být dohodnuty a optimalizovány dle konkrétní služby. Protože není v současné době možné předvídat charakter a ráz budoucích služeb, není také rozumné optimalizovat UMTS pouze pro určitou vybranou třídu služeb. Z tohoto důvodu jsou UMTS specifikace obecnějšího charakteru, jež umožňují podporu stávajících služeb a usnadní implementace nových služeb. V UMTS je úzko-pásmový uživatelský signál rozprostřen do frekvenčního pásma 5 MHz (šířka kanálu) vynásobením uživatelského bitového toku pseudonáhodnou bitovou sekvencí. Pro mobilní síť 3. generace byla zvolena na rádiovém rozhraní technologie CDMA (Code Division Multiple Access). Pro UMTS je použita varianta WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), širokopásmová přístupová metoda. V CDMA neexistuje žádné časové dělení a všichni uživatelé používají přidělené frekvenční pásmo po celou dobu komunikace. K rozeznání různých uživatelů, kteří používají jedno frekvenční pásmo současně, se používá uživateli přidělený binární kód.

Na obrázku je zobrazena zjednodušená struktura systému UMTS. V nejvyšší úrovni se nachází páteřní síť CN (Core Network). Směrem k uživatelům dále následuje radiová přístupová síť UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) a uživatelé přistupují k UMTS síti pomocí uživatelských terminálů UE (User Equipment).



**Obrázek 5: Struktura systému UMTS**

Přístupové síti UTRAN odpovídá v GSM oblasti subsystém základnových stanic BSS (Base Station Subsystem) a páteřní síti CN odpovídá síťový spojovací subsystém NSS (Network and Switching Subsystem).

### ***Vývoj technologie UMTS / 3GPP***

Vývoj technologie UMTS zajišťuje projekt 3GPP. Technologie UMTS byla zahájena schválením v březnu 2000 jako Release 99. Je označována UMTS a podle přístupového schématu je také označována jako WCDMA. Významným mezníkem ze standardizačního hlediska byl rok 2002, kdy byla schválena technologie HSDPA určená ke zrychlenému stahování dat (download). Ta je označována jako Release 5. V roce 2005 byl uvolněn Release 6 s rychlejším uploadem dat pod označením HSUPA. Spojené používání HSDPA/HSUPA se zjednodušeně označuje jako HSPA. Dalším doplněním standardu je Release 7 z roku 2007. Tím byly přidány více segmentové antény MIMO (multiple-in/out) pro stahování dat a další optimalizaci služeb v reálném čase. V roce 2004 byly zahájeny studijní fáze projektu dalšího

rozvoje UMTS sítí, který později dostal označení LTE, Long Term Evolution. Ke standardizaci LTE došlo v lednu 2008 pod označením Release 8. V současné době se předpokládá další doplňování standardu až do roku 2010.

### **3.1.6. Přenos dat s využitím technologie CDMA**

Technologie CDMA nerozděluje komunikační kanál v čase. Současně nerozděluje ani frekvenční pásmo na jednotlivé kanály. Různé signály vzájemně rozlišuje kódem. Používá kódový multiplex. CDMA obsluhuje několik uživatelů současně pomocí rozdílného kódování dat. Signály jsou identifikovány rozdílným kódem. Tím je umožněno sdílení šířky pásma ve stejný časový okamžik mezi několika uživateli. Uživatel přijímá pouze data určená přímo jemu. Ostatní data jsou vnímána jako šum.

Technologie CDMA představuje několik variant, které jsou určeny pro sítě druhé a třetí generace. Varianta pro 2G se označuje CDMAOne. Jsou to technologie IS-95A a IS-95B. IS-95A určený pro 2G sítě přenáší data rychlostí do 14,4 kbps, IS-95B určený pro 2,5G sítě do 64 kbps. CDMA2000 určený pro 3G sítě se dělí na technologii CDMA2000 1x a CDMA2000 1xEV. CDMA2000 1x umožňuje rychlost do 307 kbps, CDMA2000 1xEV do 2,4 Mbps nebo do 3,1 Mbps v revizi A. Technologie CDMA využívá frekvenční pásmo od 450 do 2100 MHz. Dosah signálu v závislosti na členitosti terénu od základové stanice je do 55 km. Není tedy nutné husté rozmístění základových stanic. Tato technologie má dobrou prostupnost v terénu i uvnitř budov. Nevýhodou technologie CDMA je, že skutečně dosahované rychlosti přenosu dat jsou mnohem nižší než udávané. Rychlost je závislá na dvou skutečnostech. Kvalita signálu a počet připojených uživatelů na jednu základovou stanici výrazně ovlivňuje její přenosové vlastnosti.

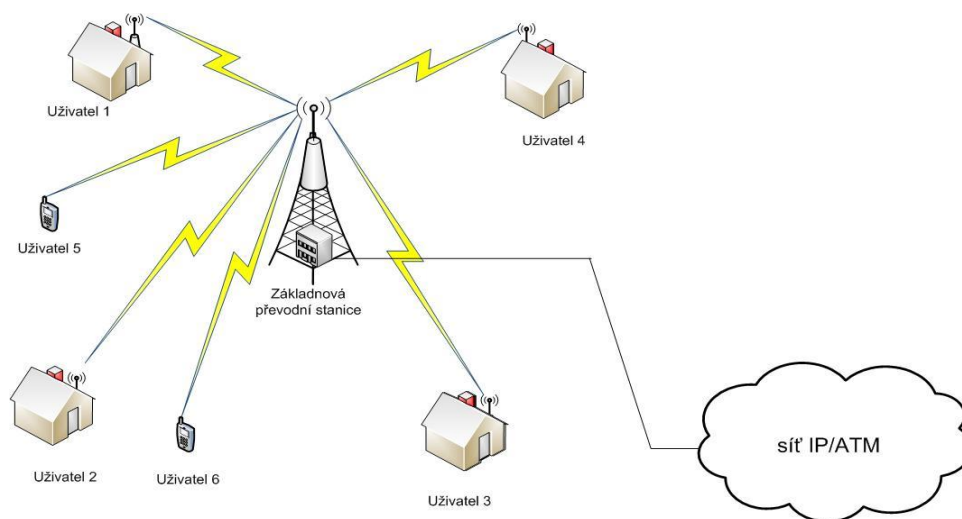
### ***Vývoj technologie CDMA2000 / 3GPP2***

Vývoj technologie odvozený od CDMA2000 zajišťuje projekt 3GPP2. První standard 1x se objevil v roce 1999, o rok později pak jeho datově optimalizovaná úprava 1xEV-DO. V roce 2004 vznikla EV-DO Revize A s podporou VoIP, v roce 2006 pak EV-DO Revize B. Dalším rozvojem CDMA2000 je technologie UMB neboli Ultra Mobile Broadband. Původně byla označována jako EV-DO Rev. C. UMB zahrnuje poznatky z předchozích řad EV-DO, Flash OFDM a IEEE 802.20. Jeho specifikace byla dodělána v dubnu 2007 a do komerčního nasazení se na trh dostane o něco dříve, než LTE, pravděpodobně již v průběhu roku 2009.

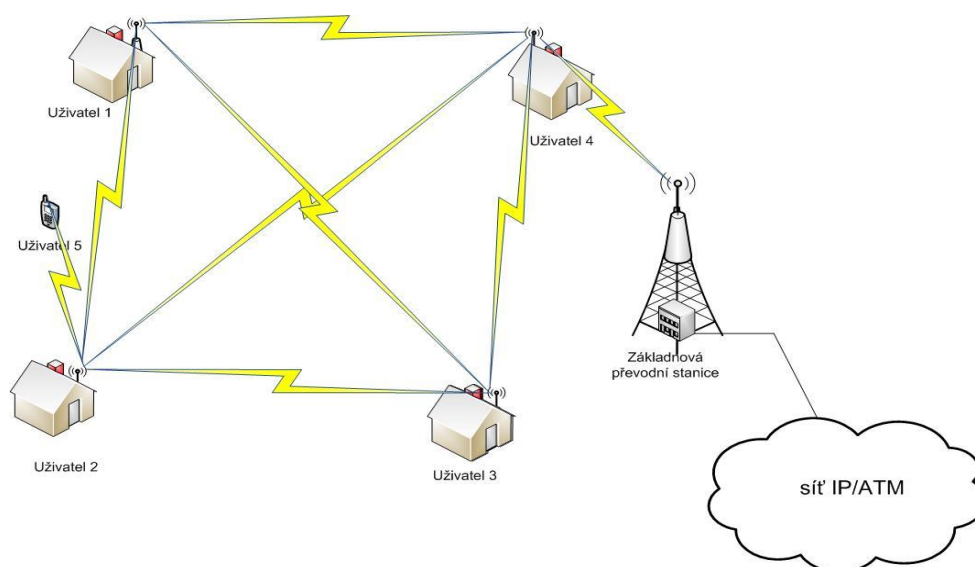
### **3.1.7. Přenos dat s využitím technologie WiMAX**

Standard IEEE 802.16 (WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access) se řadí do skupiny metropolitních sítí MAN (Metropolitan Area Network). Na relativně velké vzdálenosti umožňuje přenosy dat vysokými rychlostmi. Definuje několik fyzických rozhraní

pro podporu jak vysokorychlostních přenosů při přímé viditelnosti LOS (Line of Sight), tak i rozhraní pro komunikaci bez přímé viditelnosti NLOS (None Line of Sight). Jedná se o technologii určenou pro poskytovatele. Proto klade větší důraz na podporu kvality služeb QoS (Quality of Service) a možnost řízení a správy sítě. Při použití ve volném prostranství umožňuje WiMAX přenosy dat až do vzdálenosti 50 až 70 km. Teoretické přenosové rychlosti dosažitelné technologií WiMAX se pohybují v hodnotách kolem 75 Mbit/s na jeden přenosový kanál při užití PMP topologie. Reálné přenosové rychlosti jsou však nižší. Skutečně dosahované rychlosti jsou kolem 20 Mbit/s pro kanál 20 MHz a 7 až 8 Mbit/s pro kanál 3,5 MHz. Rozdíl mezi teoretickými a skutečnými hodnotami je dán vzdáleností přenosu a především režii přenosu dat. Režie přenosu vzniká na fyzické a MAC vrstvě, výrazně snižuje dostupné přenosové rychlosti systému. Proto je snaha nalézt řešení, které umožní navýšit celkovou propustnost sítě. Jedná se především o využití moderních rádiových technik jako je MIMO (Multiple Input Multiple Output) či AAS (Adaptive Antenna System), využívajících prostorové diversity a směrování paprsku. Další možnost zvýšení kapacity a spolehlivosti sítě poskytuje implementace tzv. relay stanic do sítě, které budou popsány v nově vznikajícím standardu IEEE 802.16j. Podle standardu IEEE 802.16 nebo IEEE 802.16e lze definovat dvě možné síťové topologie: bod-mnoho bodů (PMP, Point to Multipoint) a mesh topologii. Topologie PMP musí být povinně implementována, zatímco implementace mesh topologie je volitelná. Základní princip je ukázán na obrázku.



**Obrázek 6: Topologie sítě WiMAX bod - mnoho bodů**



Obrázek 7: Topologie sítě WiMAX - mesh

PMP architektura je založena na klasické buňkové struktuře sítě, kdy se jednotlivé uživatelské stanice připojují přímo ke stanici základnové. U mesh topologie v porovnání s PMP je umožněna i přímá komunikace mezi stanicemi.

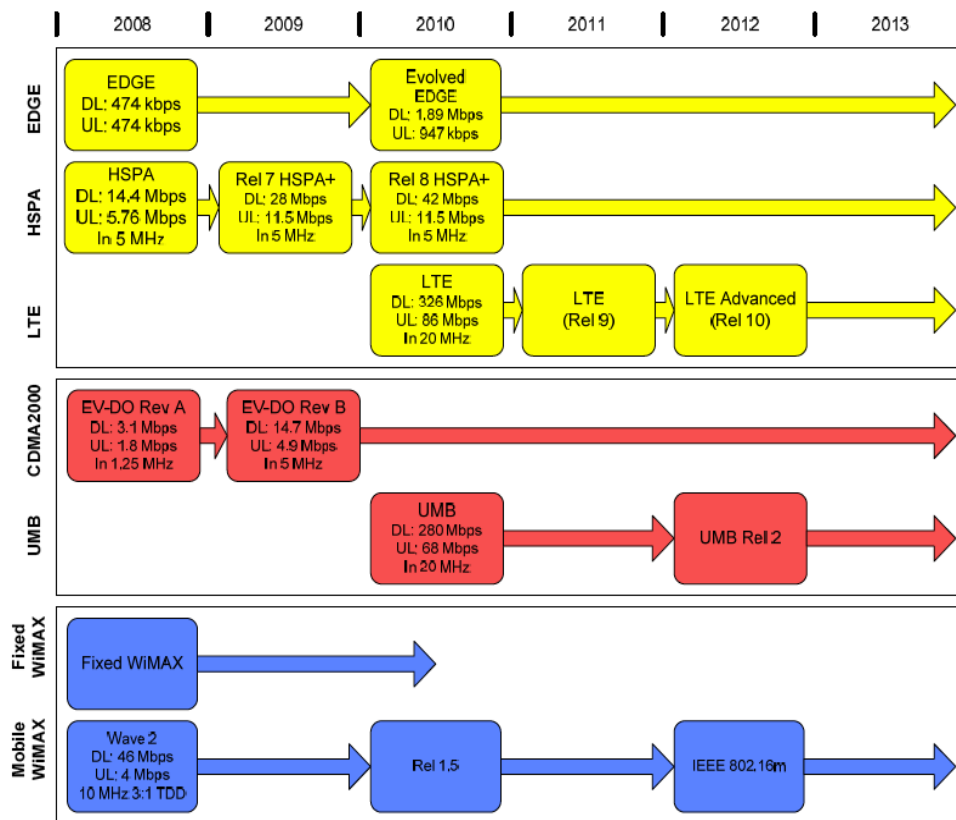
### ***Vývoj technologie WiMAX***

Standard IEEE 802.16 vznikl v roce 2002. Původně byl určen pro metropolitní sítě jako páteřní napojení pro přístupové body WiFi. Byla předpokládána přímá viditelnost mezi bezdrátovými prvky pracujícími v pásmech mezi 10-66 GHz. V roce 2003 byla norma doplněna na 802.16a. Ta podporovala rádiové připojení v pásmu 2-11 GHz. V roce 2004 vyšly další doplňky normy jako 802.16d. Podstatná byla v roce 2006 revize 802.16e, která nabízí datovou mobilitu a asymetrický datový tok. Ekvivalentem LTE a UMB je v současné době rozpracovaný návrh 802.16m. Ten zvyšuje celkové i uživatelské datové rychlosti, redukuje zpoždění a rozšiřuje dostatečné bezpečnostní mechanismy. Signálem je možné pokrýt rozsáhlá velká území při zajištění dostatečného datového toku. V současné době není bohužel v ČR vydána licence pro provozování mobilního připojení.

### **3.1.8. Předpokládaný vývoj mobilních datových standardů**

Z hlediska počtu uživatelů má pozici číslo 1. na světovém trhu technologie UMTS/EDGE (3 mld. uživatelů), pozici číslo 2. má technologie CDMA2000/UMB (440 mil. uživatelů) a na pozici číslo 3. je technologie WiMax/IEEE 802.16e (50 mil. uživatelů). V grafu je uveden předpokládaný vývoj mobilních datových standardů a jejich přenosových rychlostí.





Obrázek 8: Předpokládaný vývoj mobilních datových standardů (25)

### 3.1.9. Pokrytí území ČR signálem jednotlivých technologií bezdrátových datových přenosů

Na obrázcích jsou uvedena aktuální pokrytí území ČR signálem jednotlivých technologií, které nabízí veřejný mobilní operátor Telefónica O2, T-Mobile, Vodafone a U:fon.



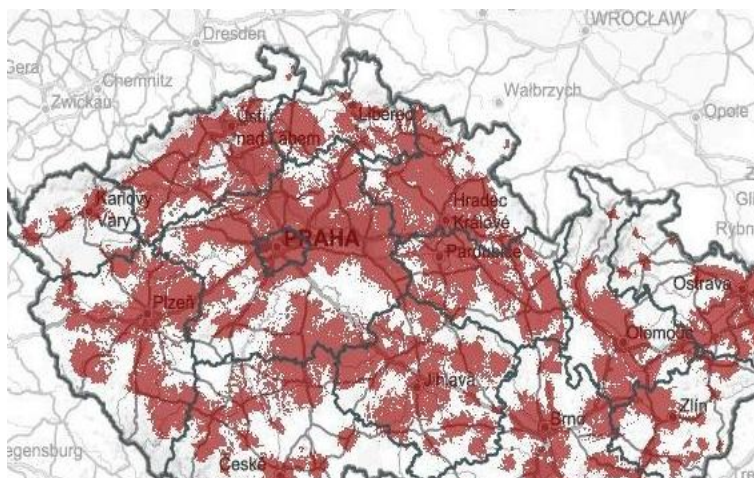
Obrázek 9: Telefónica O2, technologie EDGE  
zákaznický portál (29)



**Obrázek 10: T-Mobile, technologie EDGE  
zákaznický portál (30)**



**Obrázek 11: Vodafone, technologie EDGE  
zákaznický portál (32)**



**Obrázek 12: U:fon, technologie CDMA  
zákaznický portál (31)**





**Obrázek 13: Telefónica O2, technologie HSDPA  
zákaznický portál (29)**



**Obrázek 14: T-Mobile, technologie UMTS TDD  
zákaznický portál (30)**

### **3.2. Analýza stávající bezdrátové elektronické datové komunikace mezi stacionárními a mobilními objekty v prostředí železniční dopravy**

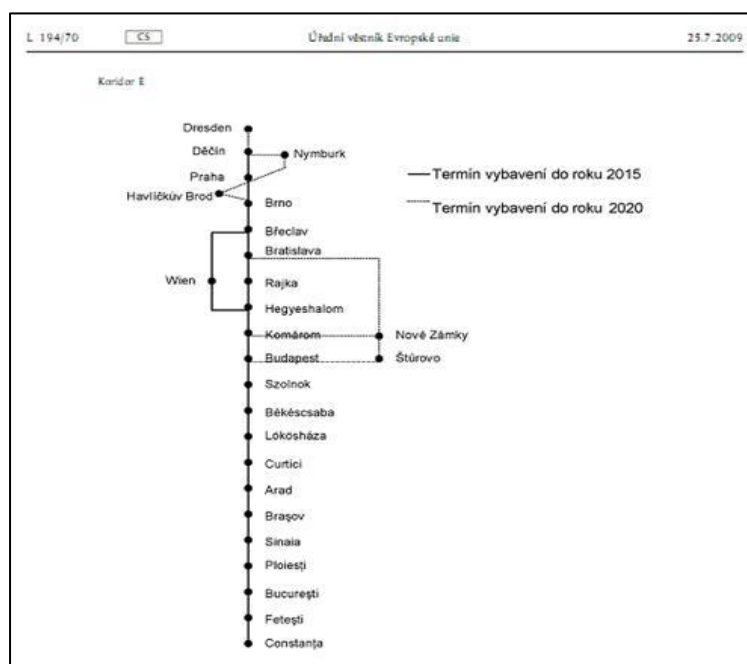
V prostředí železnic vznikají stále častěji požadavky na zajištění bezdrátových přenosových cest mezi stacionárními systémy a kolejovými vozidly. Řada těchto přenosových cest je již technicky realizována a postupně nasazována do provozu. Na nekoridorových tratích je v současné době hlasová komunikace zajištěna převážně analogovými rádiovými systémy TRS (traťový rádiový systém), které neumožňují přenosy dat. Evropská komise rozhodla, že evropské železniční tratě budou postupně vybavovány novým rádiovým zařízením podle standardu EIRENE. V rámci projektu EIRENE, který je součástí projektu ERTMS (European Rail Train Management System), byl zvolen standard GSM-R, pracující v kmitočtovém pásmu 900 MHz, jako základní technologický prvek systému železničního rádiového spojení. Podle harmonogramu, stanoveném v rozhodnutí komise evropských společenství v Bruselu 2009/561/ES z července 2009, bude vybaveno systémem ERTMS celkem šest koridorů do konce do roku 2020. Nasazení GSM-R na nekoridorových tratích nelze pro vysokou investiční náročnost prozatím předpokládat.

### 3.2.1. Analýza bezdrátové datové komunikace v prostředí železnic západní Evropy

Na základě rozhodnutí Evropské Komise jsou evropské železniční tratě v rámci projektu ERTMS vybavovány bezdrátovými datovými přenosy dle standardu GSM-R. Vybrané rychlovlaky v zemích západní Evropy současně využívají širokopásmové datové přenosy veřejných operátorů. Cestující mají možnost prostřednictvím palubního portálu sledovat aktuální pozici a rychlost vlaku, jízdní řády, zprávy a mají k dispozici další nabízené služby, které vyžadují širokopásmové datové přenosy. V těchto vybraných německých rychlovlacích ICE je využití připojení k internetu zpoplatněno. V Německu se v rámci pilotního provozu využívá připojení s využitím technologie UMTS. V současné době se v některých zemích připravuje pro vybrané územní celky spuštění technologie LTE. V Rakousku a v Německu jsou v plném proudu přípravy na nasazení ostré verze technologie LTE veřejného operátora. V Rakousku je spuštěno beta testování a v Německu se počítá s ostrým nasazením ve velmi krátké době. Do konce roku 2010 má být pokryta celá oblast Porýní-Vestfálsko.

### 3.2.2. Analýza bezdrátové datové komunikace v prostředí Českých drah

Komise Evropských společenství v Bruselu rozhodla v červenci 2009 (2009/561/ES) o změně rozhodnutí komise (2006/679/ES), ve smyslu provádění technické specifikace pro interoperabilitu subsystému pro řízení a zabezpečení transevropského konvenčního železničního systému. Byl stanoven časový harmonogram pro 6 koridorů, které budou vybaveny systémem ERTMS. Koridor E (Dresden – Constanta), ve kterém jsou uvedeny i tratě na území České republiky, má termíny vybavení do roku 2015 a 2020.



Obrázek 15: Koridor E (Úřední věstník EU 2009/561/ES)

Z důvodu finanční náročnosti je vhodným řešením pro datové přenosy na všech tratích v ČR v současné době využití technologie GPRS v sítích veřejných operátorů GSM. GSM sítě mají relativně dobrou dostupnost a kvalitu služeb. Do pilotních projektů se proto nasazují přenosové technologie (GPRS v GSM síti veřejného operátora a standard 802.11a/g WiFi) dle potřeb konkrétní aplikace. Technologie standardu 802.11a/g WiFi nachází uplatnění převážně v prostředí vozových dep a jiných stacionárních objektech. S růstem požadavků na další aplikace hrozí redundance přenosových zařízení na kolejových vozidlech, nekoordinovaná výstavba heterogenních sítí bez vzájemných vazeb a tím do budoucna i neekonomický provoz takovýchto řešení. Analýza požadavků a plánů subjektů působících na železnici v ČR na komunikační potřeby aplikací vyžadujících datovou komunikaci s kolejovými vozidly provedená v rámci projektu TANDEM FT-TA3/031 jednoznačně potvrdila potřebu zpracovat koncepci železniční bezdrátové sítě a koordinovat aktivity jednotlivých tvůrců aplikací a komunikačních řešení. Analýza dále indikuje budoucí potřebu BWA (Broadband Wireless Access) technologií pro přenosy větších objemů dat a to minimálně v depech a významných železničních stanicích.

### ***Současný stav využití bezdrátových přenosů dat drážními vozidly***

Pro datové přenosy je na většině tratí v ČR v současné době nejčastěji využívána technologie GPRS v sítích veřejných operátorů (GSM). GSM sítě veřejných operátorů mají relativně dobrou dostupnost a kvalitu služeb. Z těchto důvodů je technologie GPRS v sítích veřejných operátorů využívána například u několika vozidel pro aplikace diagnostika, pohony a aktivní odstavení elektrických jednotek řady 471 a pro přenosy informací o poloze vlaku pro potřeby Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje. Ke konci roku 2008 bylo přibližně 180 hnacích vozidel či elektrických jednotek Českých drah vybaveno několika typy přenosových zařízení schopných přenášet data technologií GPRS prostřednictvím sítě GSM.

Jak je uvedeno v předchozí kapitole, v roce 2005 byl dokončen pilotní projekt výstavby sítě GSM-R mezi Děčínem a Kolínem. Toto řešení umožňuje přenosy dat technologií CSD. V souvislosti s dokončením sítě GSM-R na trati Kolín – Břeclav v roce 2009 probíhá v současné době implementace technologie přenosu dat GPRS v síti GSM-R do prostředí ŽBPS.

### ***Architektura ŽBPS***

Veškeré potřeby informačních systémů pro bezdrátovou datovou komunikaci s kolejovými vozidly Český drah jsou zajištěny integrovaným komunikačním prostředím, které je v prostředí Českých drah označeno jako ŽBPS (železniční bezdrátová přenosová síť). ŽBPS lze chápat jako množinu přenosových sítí, komunikačních zařízení, rozhraní, protokolů a pravidel pro bezdrátovou komunikaci mezi objekty na železnici v ČR.



## ***Aplikace využívající bezdrátové datové přenosy v prostředí Českých drah***

Pro potřeby projektu „Využití vlastností digitálních přenosových sítí pro řízení provozu a zvýšení bezpečnosti železniční dopravy na nekoridorových tratích“ (28) v rámci programu TANDEM byly vybrány stěžejní aplikace používané v současné době v prostředí Českých drah. Tyto vybrané aplikace byly zařazeny mezi místa možného vzniku problému FMEA analýzy. Jedná se o tyto aplikace:

*Přenos a vizualizace polohy vlaku* – přenos informací o poloze vozidla získané pomocí GPS přijímače do centrálního informačního systému a následné využití získané informace v dalších informačních a řídicích systémových aplikacích.

*Pracovní místo strojvedoucího* – jedná se o přenos provozních dispozic, jízdního řádu, případně rozkazů a dalších informací. Přenos informací z centrálního informačního systému do mobilních aplikací (provozní dispozice, sešitové jízdní řády, pomalé jízdy, apod.).

*Automatická identifikace strojvedoucího* – identifikace strojvedoucího pomocí čtecího zařízení čipové karty, předpokládá se využít In-karty tzv. modré karty.

*Elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy* – datové přenosy o energetické náročnosti elektrických vozidel, přenosy pro účely regulace a stabilizace napětí v trakční síti a tím zajištění kvality trakčního napájení, u nezávislé trakce především kontrola stavu pohonných hmot.

*Automatizované pracoviště strojmistra* – on-line propojení pracoviště strojmistra s pracovištěm strojvedoucího, podpora plánování oběhů a umožnění operativních změn.

*Diagnostika a technický stav vozidel* – přenos naměřených a zpracovaných dat do informačních systémů, aktuální přehled o technickém stavu vozidel.

*Aktivní odstavení hnacího vozidla* – zajištění pohotovostního stavu vozidla, kdy na hnacím vozidle nemusí být přítomna obsluha a přesto je možné provozovat pohotovostní monitoring a dálkové ovládání určitých funkcionalit.

*Informační systém soupravy osobního vlaku* – návaznost přenosové technologie na systém ARES, přenos informací o zpožděních, přípojích, příjezdu k nástupišti apod.

*Přenos informací z rychloměru* – náhrada off-line přenosů dat, v současnosti realizovaných přes fyzické připojení laptopu na hnacím vozidle. Datové informace z rychloměru, vždy po ukončení výkonu strojvedoucího nebo vozidla se přenesou do informačního systému, odkud budou přístupné pouze pro oprávněné uživatele.

Požadavky těchto vybraných aplikací na datové přenosy jsou minimální. Pohybují se v rozmezí 0,1 – 10 kB s periodicitou 1 minuta až po několik jednotlivých přenosů za 24 hodin.

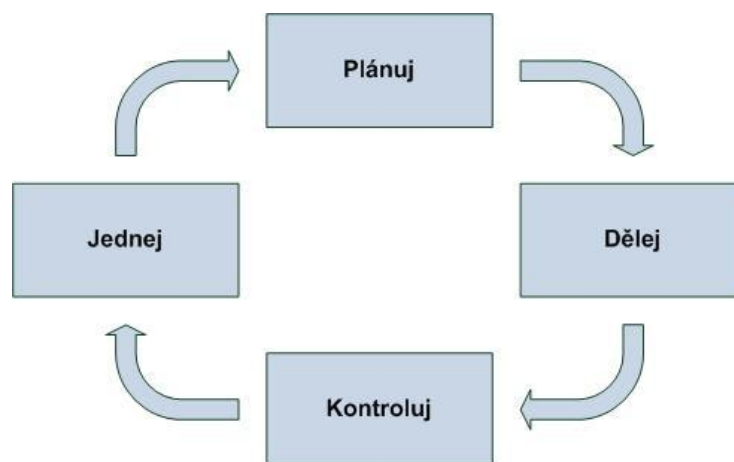
### 3.3. Systém managementu bezpečnosti informací ISMS

Norma ČSN BS 7799-2:2004 Systém managementu bezpečnosti informací - specifikace s návodem pro použití (Information security management systems - specification with guidance for use) se zabývá budováním, provozováním a zlepšováním systému bezpečnosti informací ve firmě. ISMS pro zavedení, správu a zlepšování efektivního systému řízení bezpečnosti informací poskytuje zajištění maximální informační bezpečnosti bezdrátových datových přenosů a všech činností s ní spojenými.

Norma využívá pojmy, které jsou obsaženy v překladovém slovníku pojmů normy ČSN ISO/IEC 17799:2005 - Soubor postupů pro řízení informační bezpečnosti.

#### **PDCA model**

ISMS zavádí model Plánování-Zavedení-Kontrola-Využití (Plan-Do-Check-Act) pod zkratkou PDCA. PDCA je důležitý nástroj sloužící k vývoji, implementaci a zdokonalování efektivnosti systému řízení bezpečnosti informací. Model PDCA odráží principy, které jsou definovány ve směrnících OECD pro řízení bezpečnosti informačních systémů, sítí, datových přenosů a dalších činností. Přijatá opatření jsou uspořádána podle těch, které jsou uvedeny v ČSN ISO/IEC 17799:2005. Cíle řízení a opatření uvedená v této normě nejsou konečná a každý by měl brát v úvahu, že existuje řada dalších cílů a opatření, které mohou být pro systém bezpečnosti informací významné.



Obrázek 17: PDCA

#### **Výklad pojmu bezpečnost informačních technologií**

Bezpečnost informačních technologií představuje:

- důvěrnost (ochrana dat před prozračením informace, informace jsou přístupné pouze určené osobě),
- integritu (ochrana dat před neoprávněnou modifikací, informace jsou úplné a pravdivé),



- dostupnost (ochrana před neoprávněným odmítnutím služby, informace je přístupná ve stanovené době).

## **4. Metody zpracování a způsob řešení**

### **4.1. Experimentální měření parametrů vybraných technologií bezdrátových datových přenosů veřejných operátorů**

#### **4.1.1. Vybrané technologie bezdrátových datových přenosů**

U vybraných technologií bezdrátových datových přenosů veřejných operátorů byla měřena rychlost datového přenosu (download) a časová odezva připojení. Měření proběhlo u těchto veřejných operátorů pro technologie:

- Telefónica O2, technologie EDGE,
- Telefónica O2, technologie HSDPA,
- T-Mobile, technologie EDGE,
- T-Mobile, technologie UMTS TDD,
- Vodafone, technologie EDGE,
- U:fon, technologie CDMA.

Z měření byla vyjmuta technologie CDMA společnosti Telefónica O2, protože přibližně od srpna 2009 se u této technologie vyskytovaly vážné problémy. Přenosové rychlosti jsou z neznámých důvodů u mnoha uživatelů řádově 5x nižší, než v první polovině roku 2009.

#### **4.1.2. Použitý HW, SW, podmínky a vyhodnocení experimentu**

Měření byla prováděna na NB s operačním systémem MS Windows XP SP3 a s využitím následujících modemů jednotlivých operátorů:

- Telefónica O2 - modem HUAWEI E160 (HSDPA, EDGE),
- T - Mobile - modem HUAWEI E160 (EDGE),
- T - Mobile - 4G Combi karta (UMTS TDD, EDGE),
- Vodafone - modem HUAWEI E172 (3G, EDGE),
- U:fon - AnyData ADU-510L (CDMA).



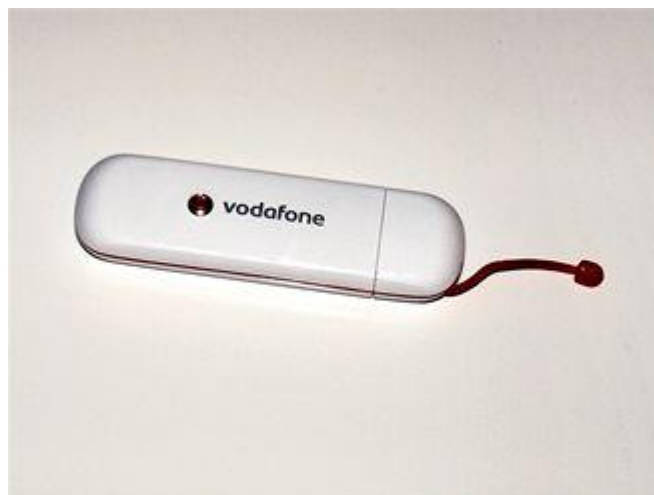
**Obrázek 18: Telefónica O2 - modem HUAWEI E160 (29)**



**Obrázek 19: T - Mobile - modem HUAWEI E160 (30)**



**Obrázek 20: T - Mobile - 4G Combi karta (30)**



Obrázek 21: Vodafone - modem HUAWEI E172 (32)



Obrázek 22: U:fon - modem AnyData ADU-510L (31)

Měření byla prováděna v době plného vytížení operátorů (pracovní den mezi 15 –17 hodinou) v centru Pardubic. Měření byla prováděna připojením na server <http://www.avg.com>, který byl vyhodnocen z několika serverů jako nejrychlejší. Časová odezva připojení byla měřena pomocí příkazu ping. Rychlost datového přenosu připojení (download) byla změřena při stahování souboru ze jmenovaného serveru. Měřené hodnoty byly zaznamenávány vždy v ustáleném stavu po zahájení měření. Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny pomocí metody dílčích průměrů a střední kvadratické odchylky na množině devadesáti hodnot pro každou vybranou technologii bezdrátového datového přenosu.

Množina naměřených hodnot  $N$  byla rozdělena do  $r$  skupin (intervalů) obsahujících  $n$  naměřených hodnot. Pro výpočet průměrné hodnoty  $\bar{x}$  byla použita metoda dílčích průměrů dle následujícího vztahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \bar{x}_k = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \right)_k$$

kde:

$$k \in \langle 1, 2, \dots, r \rangle$$

$$j \in \langle 1, 2, \dots, n \rangle$$

$$\langle 1, 2, \dots, n \rangle \subset \langle 1, 2, \dots, N \rangle$$

přičemž platí:

$$N = r \cdot n$$

Pro střední kvadratickou odchylku byl použit vztah:

$$s = \sqrt{\frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^r (\bar{x}_k - \bar{\bar{x}})^2}$$

#### **4.2. Analýza možných důsledků a závažnosti dopadů vzniklých zavedením nové technologie bezdrátových přenosů dat v prostředí Českých drah s využitím FMEA**

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) se používá k zjištění možných rizik, důsledků a závažnosti dopadů vzniklých zavedením nové technologie, procesu, systému nebo realizací návrhu nového výrobku. Prvním krokem FMEA bylo stanovení týmu. Realizační tým byl v tomto případě sestaven ze tří IT specialistů, kteří pracují na významných pozicích v oblasti IT. V první fázi práce byla navržena místa vzniku problému, specifikovány projevy, následky a příčiny problémů. Jednotlivé položky byly uspořádány do pracovních formulářů provázaných na automatickou tvorbu grafů v Microsoft Office Excel. Po opakovaně provedené analýze bylo vyhodnocováno 62 položek možných problémů pro každou technologii bezdrátové datové komunikace. Nejvýznamnější fází práce bylo stanovení priorit významu (závažnost dopadu) problému, pravděpodobnosti výskytu problému a pravděpodobnosti odhalení problému. Pomocí bodového ohodnocení byly stanoveny kategorie následujícím způsobem:

<b>Z - význam (dopad)</b>	<b>body</b>
sotva postřehnutelný	1
bezvýznamný	2÷3
středně významný	4÷6
závažný	7÷8
mimořádně závažný	9÷10

<b>V - pravděpodobnost výskytu problému</b>	<b>body</b>
neppravděpodobné	1
velmi malá	2÷3

malá	4÷6
mírná	7÷8
vysoká	9÷10

**O - pravděpodobnost odhalení problému body**

vysoká	1
mírná	2÷5
malá	6÷8
velmi malá	9
nepravděpodobné	10

Rozhodujícím ukazatelem pro hodnocení položky (problému) je rizikové prioritní číslo. Rizikové prioritní číslo RPN je dáno jako součin významu, pravděpodobnosti výskytu problému a pravděpodobnosti problému.

$$RPN=Z \cdot V \cdot O$$

RPN (Risk Priority Number) nabývá hodnot v intervalu  $1 \div 1000$ . Položkám s hodnotou  $RPN > 120$  by měla být věnována pozornost.

## 5. Dosažené výsledky

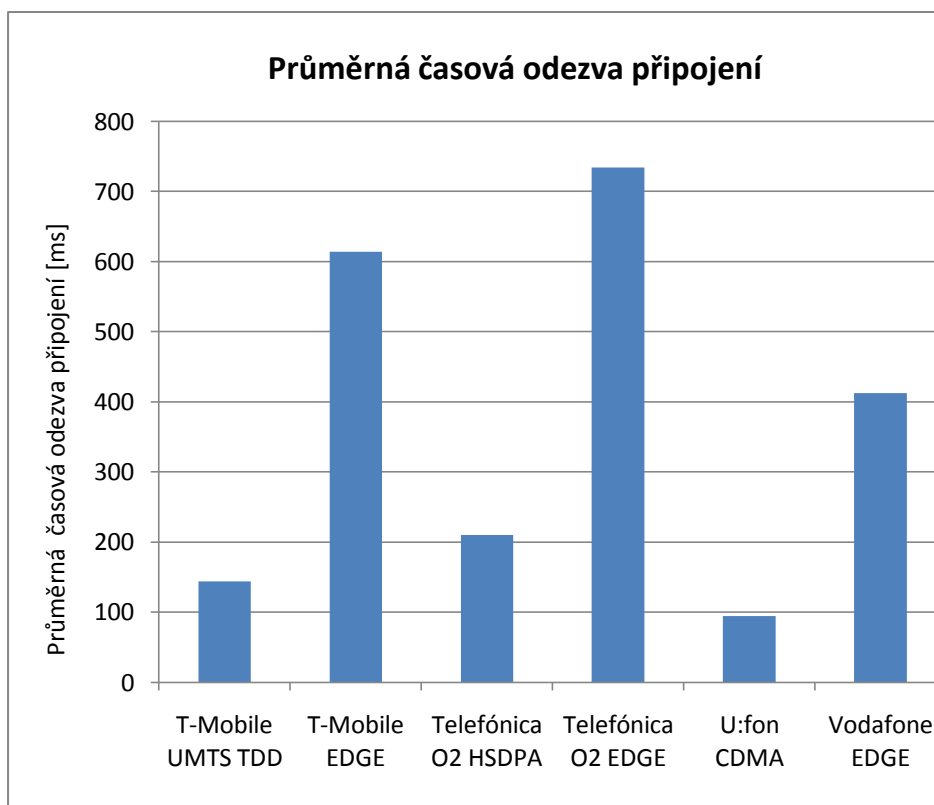
### 5.1. Výsledky experimentálního měření parametrů vybraných technologií bezdrátových datových přenosů veřejných operátorů

#### 5.1.1. Měření časové odezvy připojení technologií bezdrátových datových přenosů

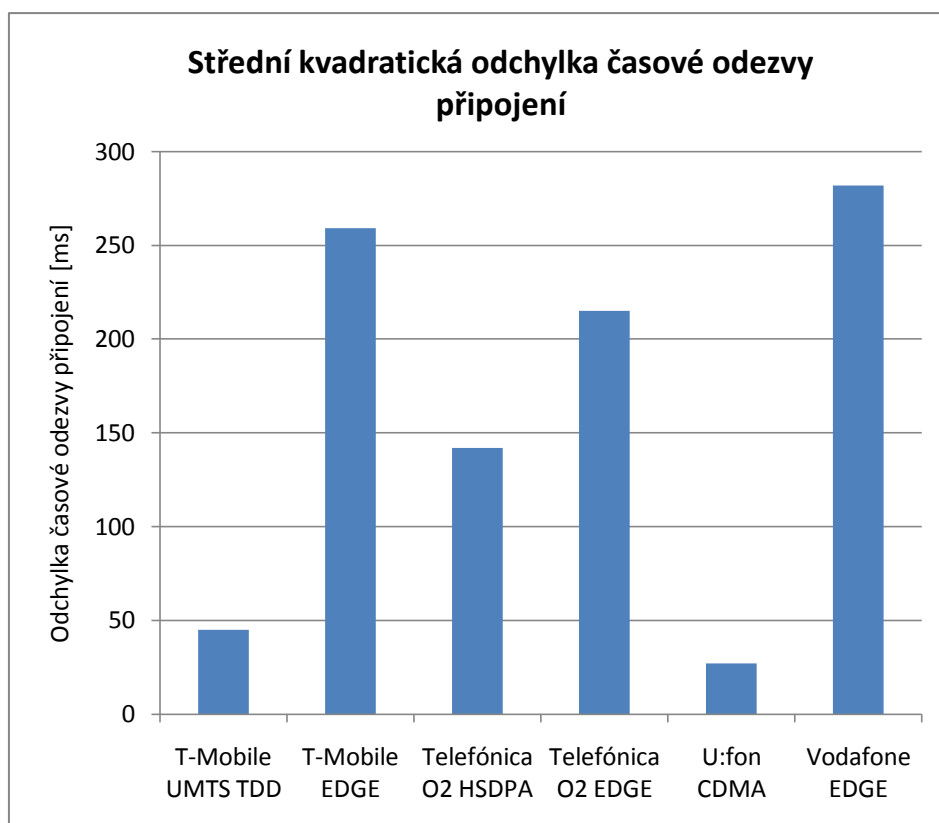
V následující tabulce a grafech jsou uvedeny dílčí průměry naměřených hodnot časových odezvy připojení v jednotkách milisekund jednotlivých technologií bezdrátových datových přenosů, jejich průměr a střední kvadratická odchylka.

Časová odezva připojení [ms]											
Dílčí průměr	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Průměr	Odchylka
T-M UMTS TDD	90	80	150	160	180	200	190	150	95	144	45
T-M EDGE	240	645	730	950	630	295	600	990	450	614	259
T O2 HSDPA	96	91	100	80	335	453	320	111	306	210	142
T O2 EDGE	350	655	825	1025	930	820	500	650	855	734	215
U:fon CDMA	82	85	75	80	82	80	160	115	90	94	27
Vodafone EDGE	170	675	356	159	150	700	885	452	158	412	282

Tabulka 1: Časová odezva připojení



Graf 1: Průměrná časová odezva připojení

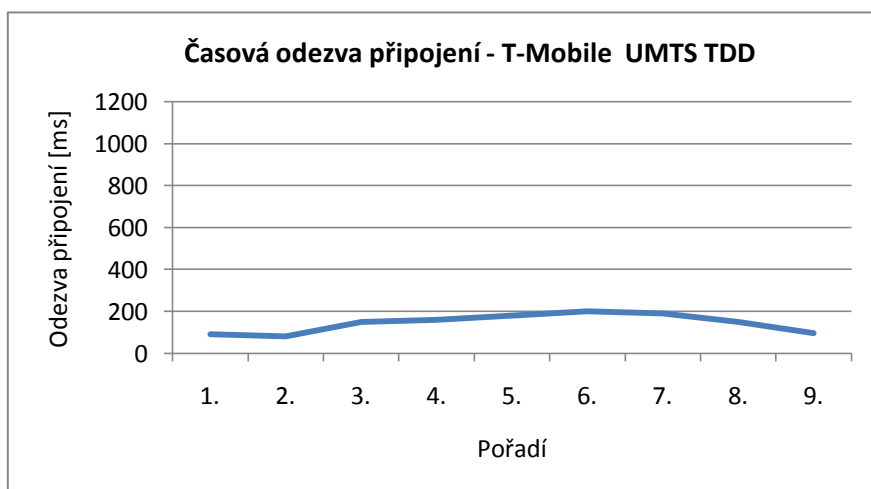


Graf 2: Střední kvadratická odchylka časové odezvy připojení

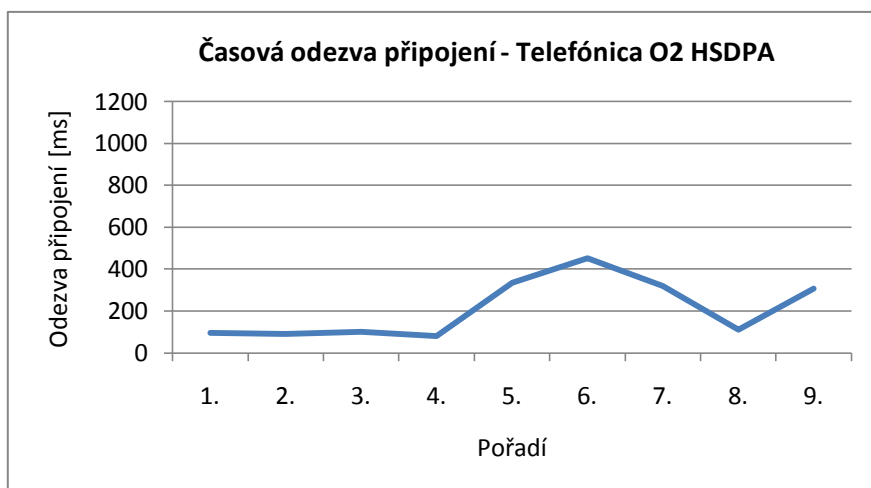


Z naměřených hodnot vyplývá, že bezdrátové datové přenosy lze rozdělit z pohledu časové odezvy připojení do dvou skupin. První skupina zahrnuje technologii UMTS TDD, HSDPA a CDMA. Tato skupina dosahuje výrazně kratší časové odezvy připojení. Rovněž nižší hodnoty střední kvadratické odchylky časové odezvy připojení ukazují na dobrou stabilitu datového bezdrátového přenosu. Časová odezva připojení je nejvýznamnějším ukazatelem datového přenosu. Do druhé skupiny se zařadila technologie EDGE veřejných operátorů T-Mobile, Telefónica O2 a Vodafone. Tato technologie je na horní hranici svých technických možností a je postupně nahrazována technologiemi z první skupiny.

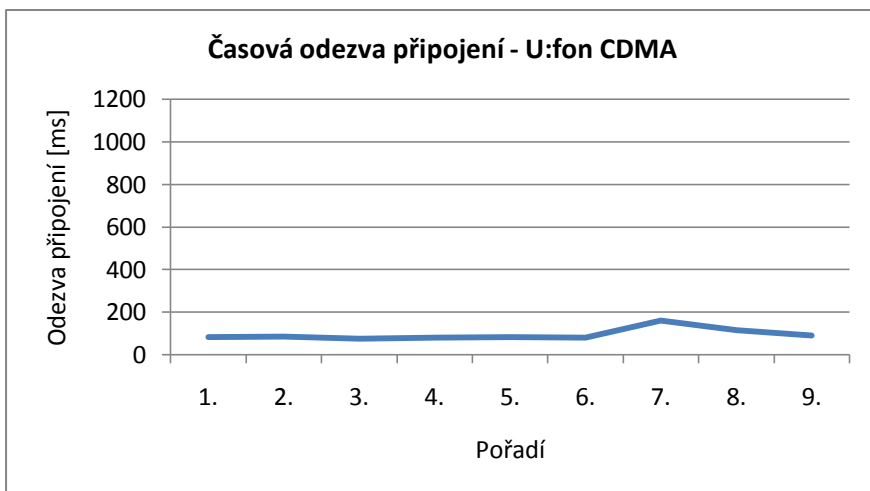
Následující grafy zobrazují průběh časové odezvy připojení technologií bezdrátových datových přenosů. U některých technologií je zřejmé výrazné kolísání naměřených hodnot. Vysoké hodnoty střední kvadratické odchylky časové odezvy připojení ukazují na výraznou závislost odezvy připojení na počtu připojených uživatelů. Při měření mimo dobu plného vytížení operátorů se tyto výchyly nevyskytovaly. Naměřené hodnoty byly téměř konstantní a dosahovaly minima naměřených hodnot v době plného vytížení operátorů.



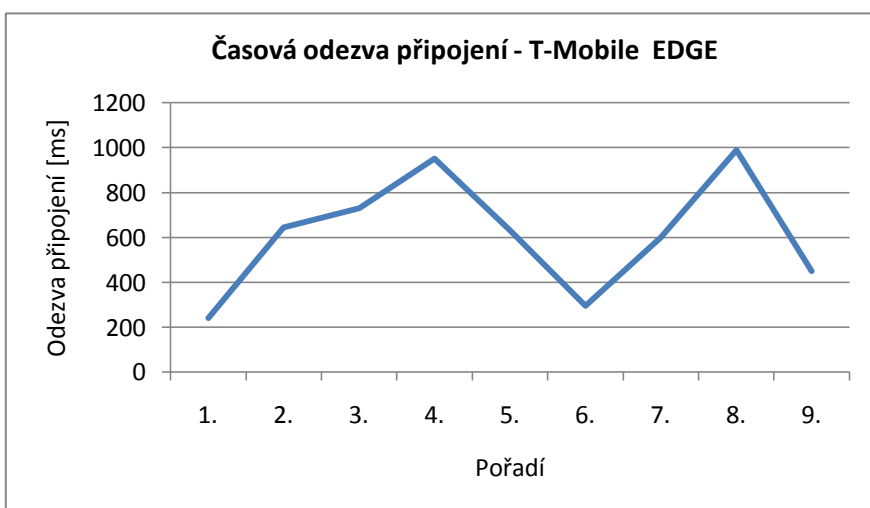
Graf 3: Časová odezva připojení - T-Mobile UMTS TDD



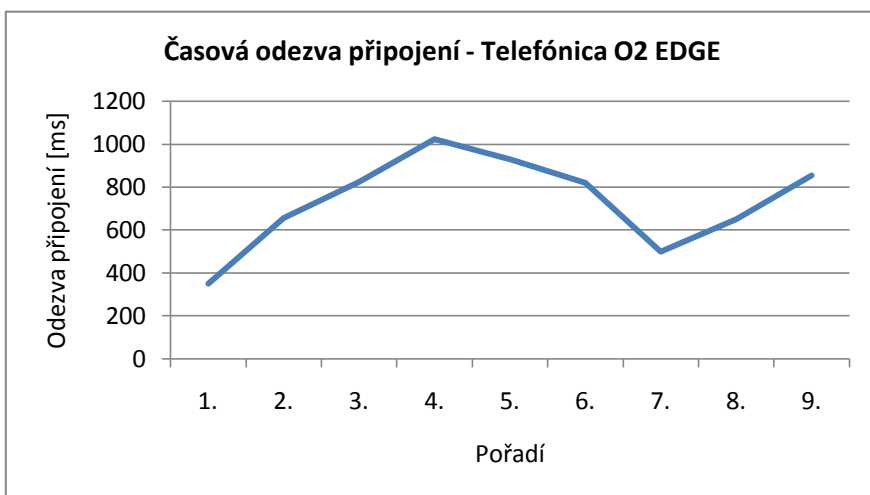
Graf 4: Časová odezva připojení - Telefónica O2 HSDPA



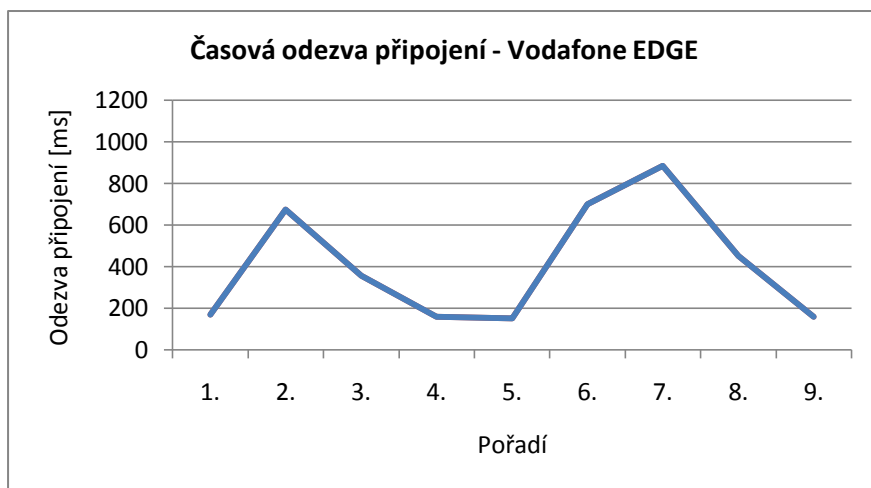
**Graf 5: Časová odezva připojení - U:fon CDMA**



**Graf 6: Časová odezva připojení - T-Mobile EDGE**



**Graf 7: Časová odezva připojení - Telefónica O2 EDGE**



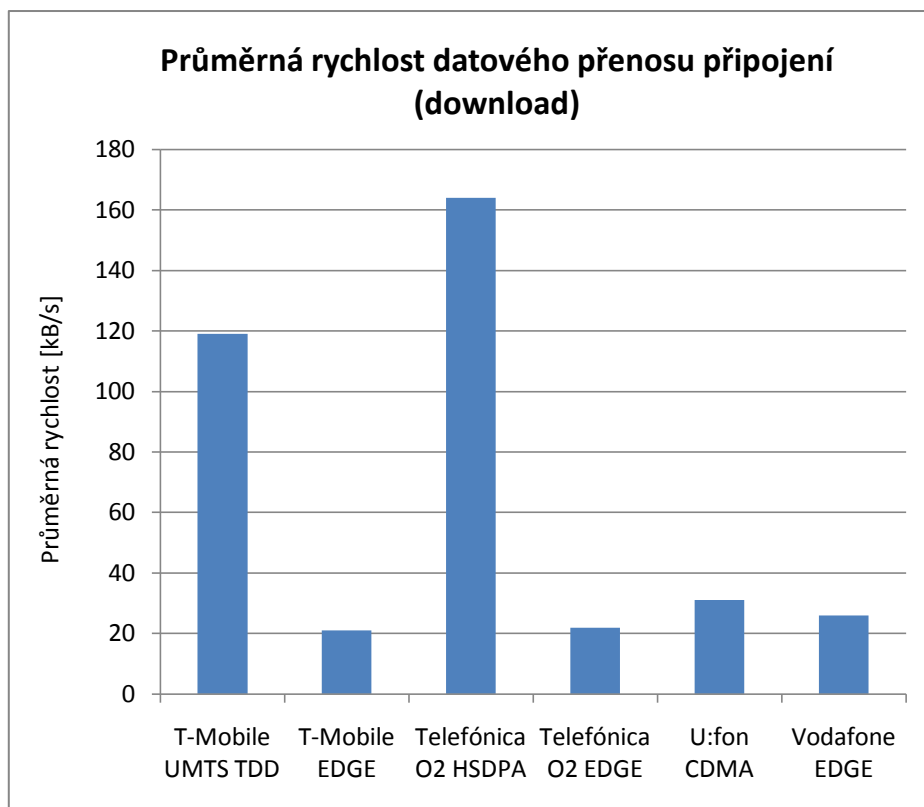
Graf 8: Časová odezva připojení - Vodafone EDGE

### 5.1.2. Měření rychlosti datového přenosu připojení technologií bezdrátových datových přenosů

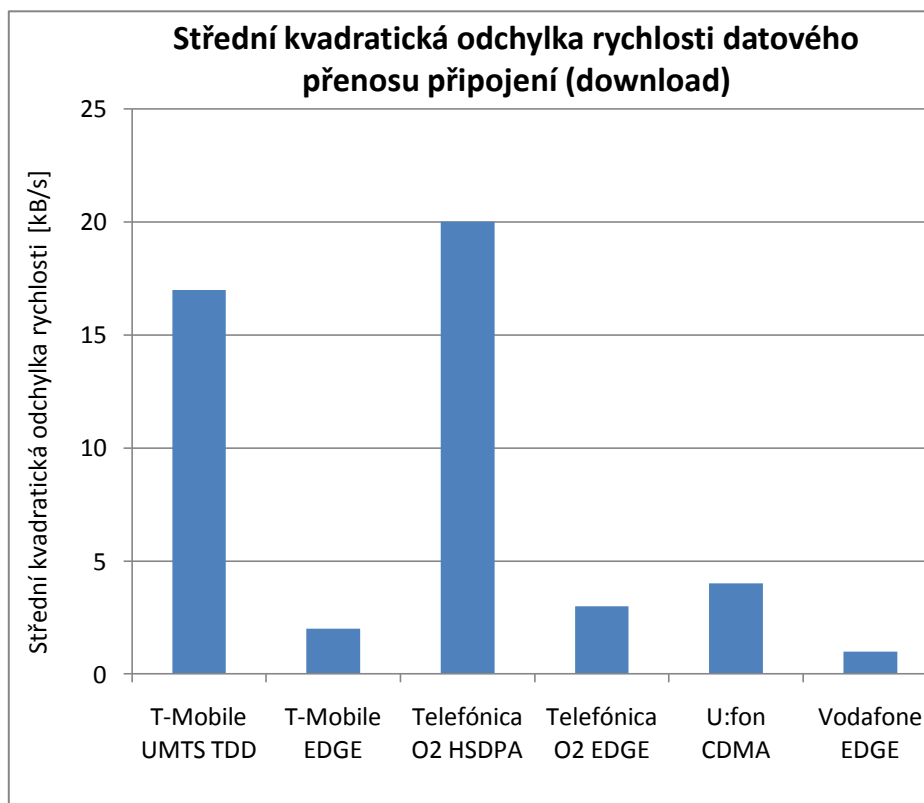
V následující tabulce a grafech jsou uvedeny dílčí průměry naměřených hodnot rychlostí datového přenosu připojení (download) v kB/s jednotlivých technologií datových přenosů, jejich průměr a střední kvadratická odchylka.

Rychlost datového přenosu připojení (download) [kB/s]											
Dílčí průměr	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Průměr	Odchylka
T-M UMTS TDD	100	120	150	140	110	100	120	110	120	119	17
T-M EDGE	19	22	19	19	23	24	22	20	22	21	2
T O2 HSDPA	140	170	180	150	140	165	185	150	195	164	20
T O2 EDGE	24	19	18	22	19	22	25	24	22	22	3
U:fon CDMA	36	33	32	25	27	30	27	33	37	31	4
Vodafone EDGE	25	28	27	25	27	25	26	24	25	26	1

Tabulka 2: Rychlost datového přenosu připojení (download) [kB/s]



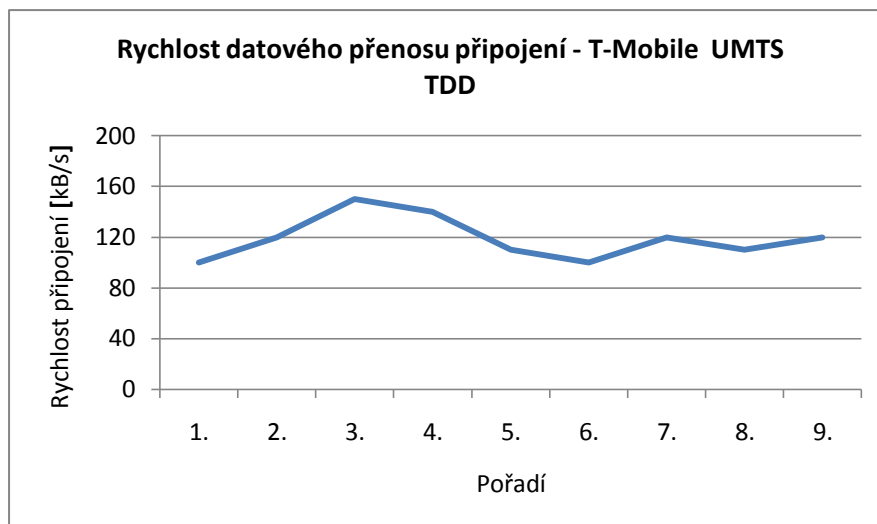
Graf 9: Průměrná rychlost datového přenosu připojení (download)



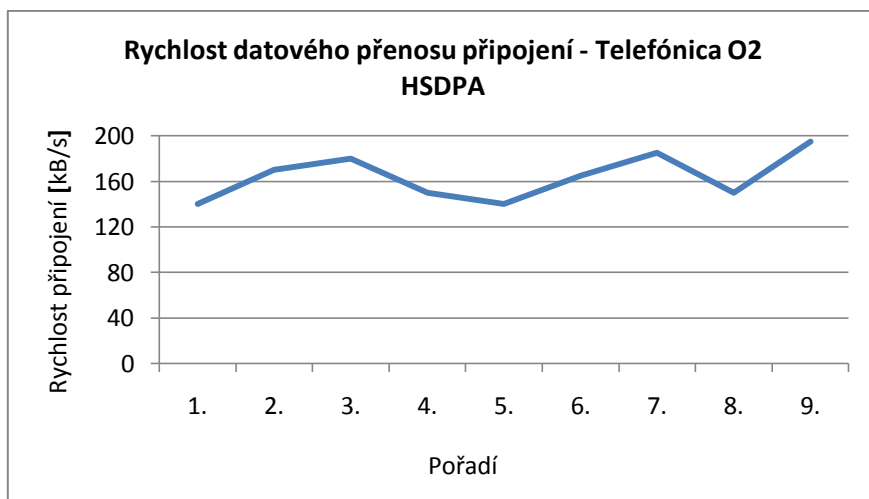
Graf 10: Střední kvadratická odchylka rychlosti datového přenosu připojení (download)

Z naměřených hodnot vyplývá, že bezdrátové datové přenosy lze rozdělit z pohledu rychlosti datového přenosu připojení (download) také do dvou skupin. První skupina zahrnuje technologii UMTS TDD a HSDPA. Rychlost datového přenosu je u této skupiny několikanásobně vyšší. Do druhé skupiny se zařadila technologie EDGE veřejných operátorů T - Mobile, Telefónica O2 a Vodafone a překvapivě technologie CDMA operátora U:fon. Menší rychlost datového přenosu technologie CDMA je vyvážena její rychlou časovou odezvou připojení. Při běžném využití se díky nízké časové odezvě tento datový přenos projevuje velmi dynamicky a svými vlastnostmi se přibližuje technologii UMTS TDD a HSDPA v první skupině. Jak již bylo řečeno, technologie EDGE je na horní hranici svých technických možností a je postupně nahrazována technologiemi z první skupiny.

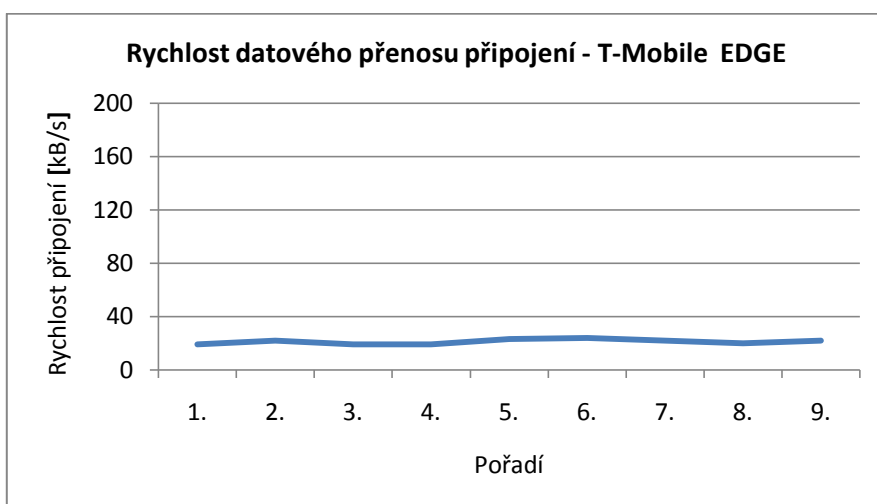
Následující grafy zobrazují průběh rychlosti datového přenosu připojení (download) technologií bezdrátových datových přenosů. U některých technologií je zřejmé výrazné kolísání naměřených hodnot rychlosti datového přenosu. Vysoké hodnoty střední kvadratické odchylky ukazují na výraznou závislost rychlosti datového přenosu na počtu připojených uživatelů. Při kontrolním měření mimo dobu plného vytížení operátorů se tyto výchyly nevyskytovaly. Naměřené hodnoty byly téměř konstantní a přesahovaly maxima naměřených hodnot v době plného vytížení operátorů.



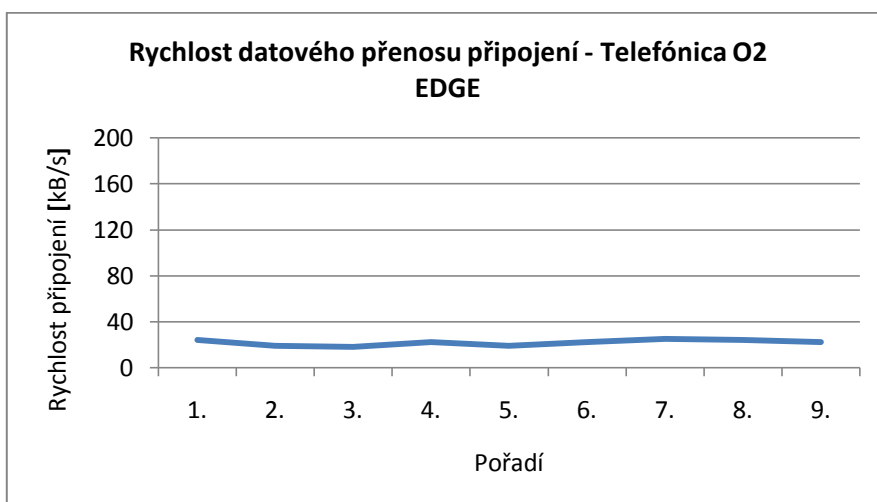
Graf 11: Rychlost datového přenosu připojení - T-Mobile UMTS TDD



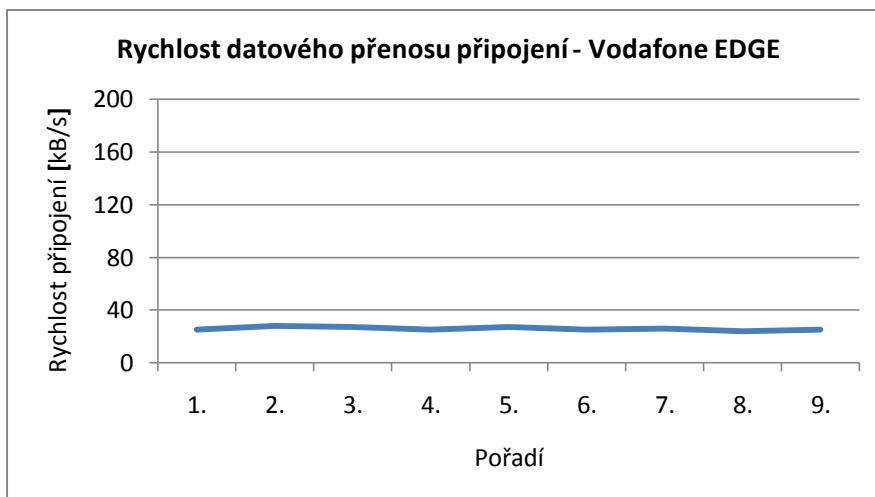
**Graf 12: Rychlost datového přenosu připojení - Telefónica O2 HSDPA**



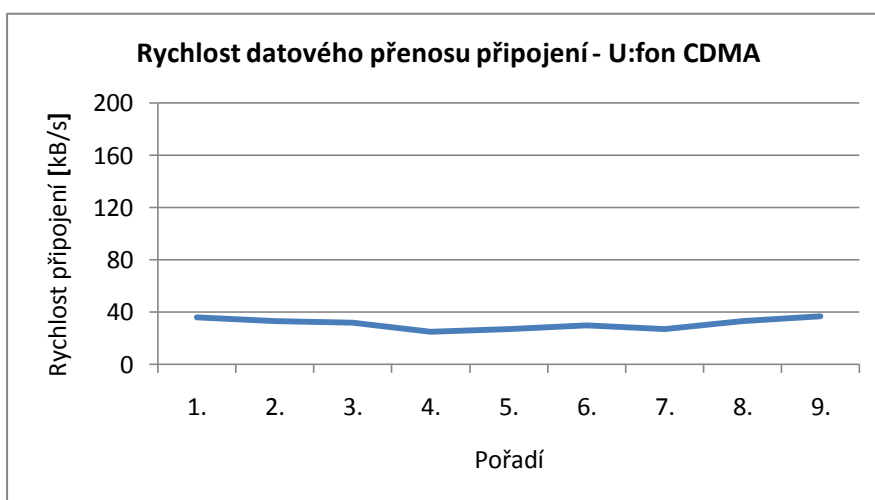
**Graf 13: Rychlost datového přenosu připojení - T-Mobile EDGE**



**Graf 14: Rychlost datového přenosu připojení - Telefónica O2 EDGE**



Graf 15: Rychlost datového přenosu připojení - Vodafone EDGE



Graf 16: Rychlost datového přenosu připojení - U:fon CDMA

## 5.2. Provedení a dokumentování analýzy možných důsledků a závažnosti dopadů vzniklých zavedením nové technologie bezdrátových přenosů dat v prostředí Českých drah s využitím FMEA

Formuláře FMEA analýzy technologie LTE jsou v příloze P1, formuláře technologie HSPA jsou v příloze P2, formuláře technologie EDGE jsou v příloze P3, formuláře technologie UMB jsou v příloze P4, formuláře technologie CDMA200 jsou v příloze P5 a formuláře technologie WiMAX jsou v příloze P6.

### 5.2.1. Navržená místa vzniku problémů

Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému
1	Technologická podpora, hotline	Nedostatečná a chybějící uživatelská podpora	Problémy při řešení závad	Podpora provozovatele
2	Úroveň technologie a vyspělost	Nízká technologická úroveň a vyspělost	Není pravděpodobnost budoucího rozvoje, slabá pozice na trhu v příštích letech	Nástup nových vyspělejších technologií
3	Pokrytí veřejnými sítěmi v roce 2009	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v současné době	
4	Nabídka koncových zařízení v roce 2009	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v současné době	
5	Pokrytí veřejnými sítěmi v příštích letech	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v příštích letech	
6	Nabídka koncových zařízení v příštích letech	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v příštích letech	
7	Úroveň radiové technologie	Nedostatečná optimalizace (TDMA, CDMA, OFDMA)	Nepropracovaná technologie v porovnání s ostatními, není konkurenceschopné v příštích letech	
8	Datová propustnost (download, upload)	Nízká datová propustnost pro využití v příštích letech	Nezáměr nových uživatelů, neperspektivní, slabá pozice na trhu v příštích letech	
9	Integrace hlasových služeb	Není umožněn přenos hlasu	Není konkurenceschopné	Není podporováno
10	Úroveň využití spektra kanálu pro kombinaci služeb	Nevyužitelné pro míchání hlasové a datové služby	Není konkurenceschopné	Není podporováno
11	Mobilita	Problémy při rychlostech nad 150 Km/hod	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie
12	Podpora služby QoS	Neposkytování služby s definovanou kvalitou	Není konkurenceschopné	Vlastnost technologie
13	Časová odezva (zpoždění)	Velká časová odezva	Výrazné zpomalení chodu aplikací, velké odezvy	Vlastnost technologie
14	Bezpečnost bezdrátového datového přenosu	Nízký stupeň bezpečnosti	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie
15	Současný stav rozšíření v ČR	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii	
16	Současný stav rozšíření v Evropě	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii	
17	Plánovaný budoucí rozvoj technologie	Neplánuje se, neperspektivní technologie	Technologie je určena k zániku	
18	Podpora stávajících operátorů (O2, T-Mobile a Vodafone)	Nezáměr o technologii	Riziko malého rozšíření, nezáměr uživatelů	
19	Výsledky testů z reálného provozu	Negativní výsledky testů, nevyhovující parametry	Nezáměr uživatelů, neperspektivní technologie	



20	Podpora ČTÚ, udělení licence	Nepodporuje	Technologie je určena k zániku	
21	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
22	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
23	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
24	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity
25	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
26	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
27	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
28	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity
29	Aplikace automatická identifikace strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
30	Aplikace automatická identifikace strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
31	Aplikace automatická identifikace strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
32	Aplikace automatická identifikace strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity
33	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
34	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
35	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
36	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity
37	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
38	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
39	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
40	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity

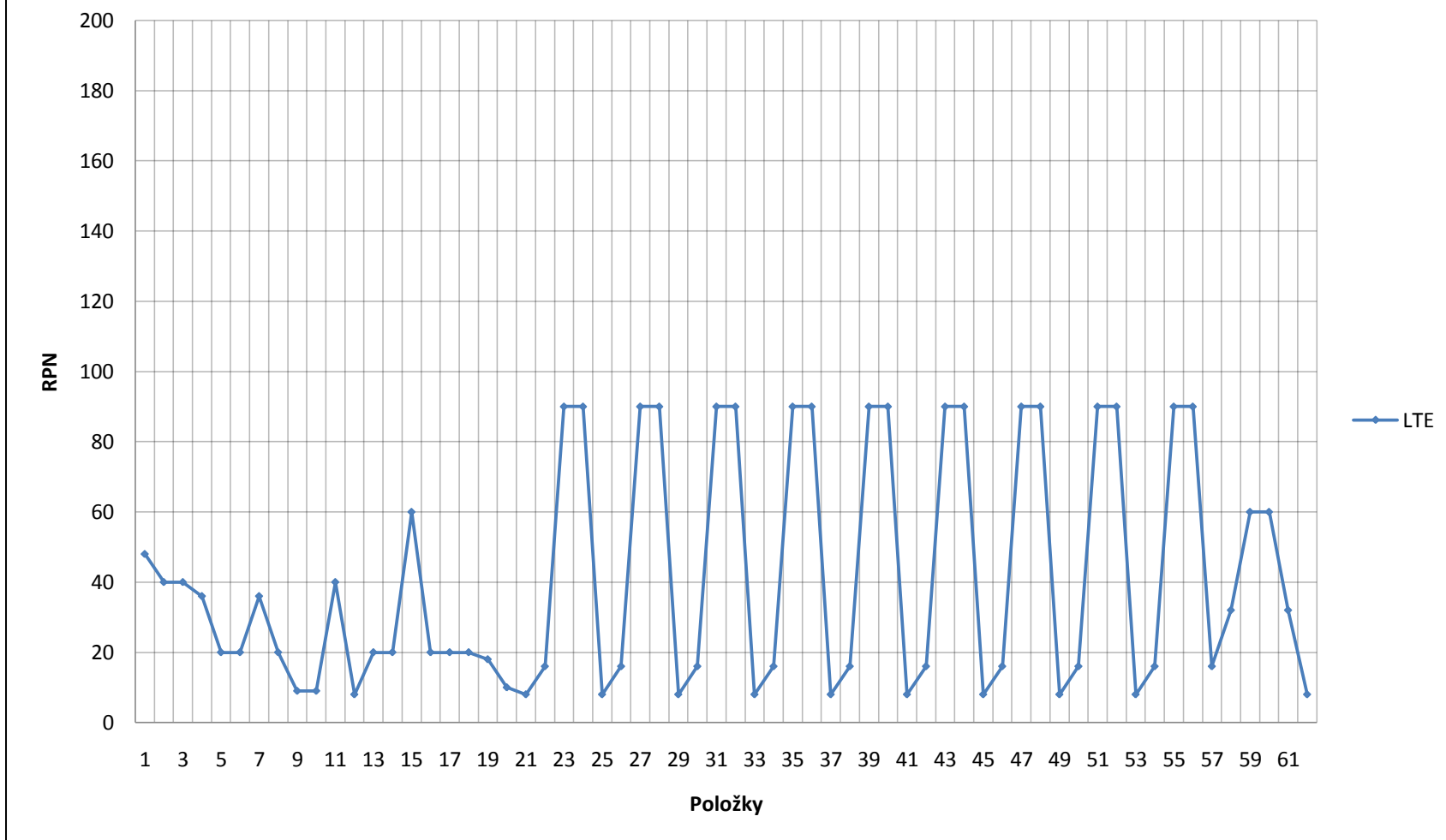
41	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
42	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
43	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
44	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity
45	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
46	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
47	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
48	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity
49	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
50	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
51	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
52	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity
53	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok
54	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká časová odezva
55	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat
56	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity
57	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Malý datový tok
58	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Velká časová odezva
59	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Chyby při přenosu dat
60	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Výpadky konektivity
61	Podpora vedení ČD nasadit vysokorychlostní datový přenos	Nezájem nasadit technologii	Nutnost prosadit jiné řešení	Rozhodnutí vedení
62	Videotelefonování	Nevyužitelné pro videotelefonování	Není konkurenceschopné	Velké časové odezvy

**Tabulka 3: Navržená místa vzniku problémů**

### **5.2.2. Hodnoty RPN technologií bezdrátových datových přenosů**

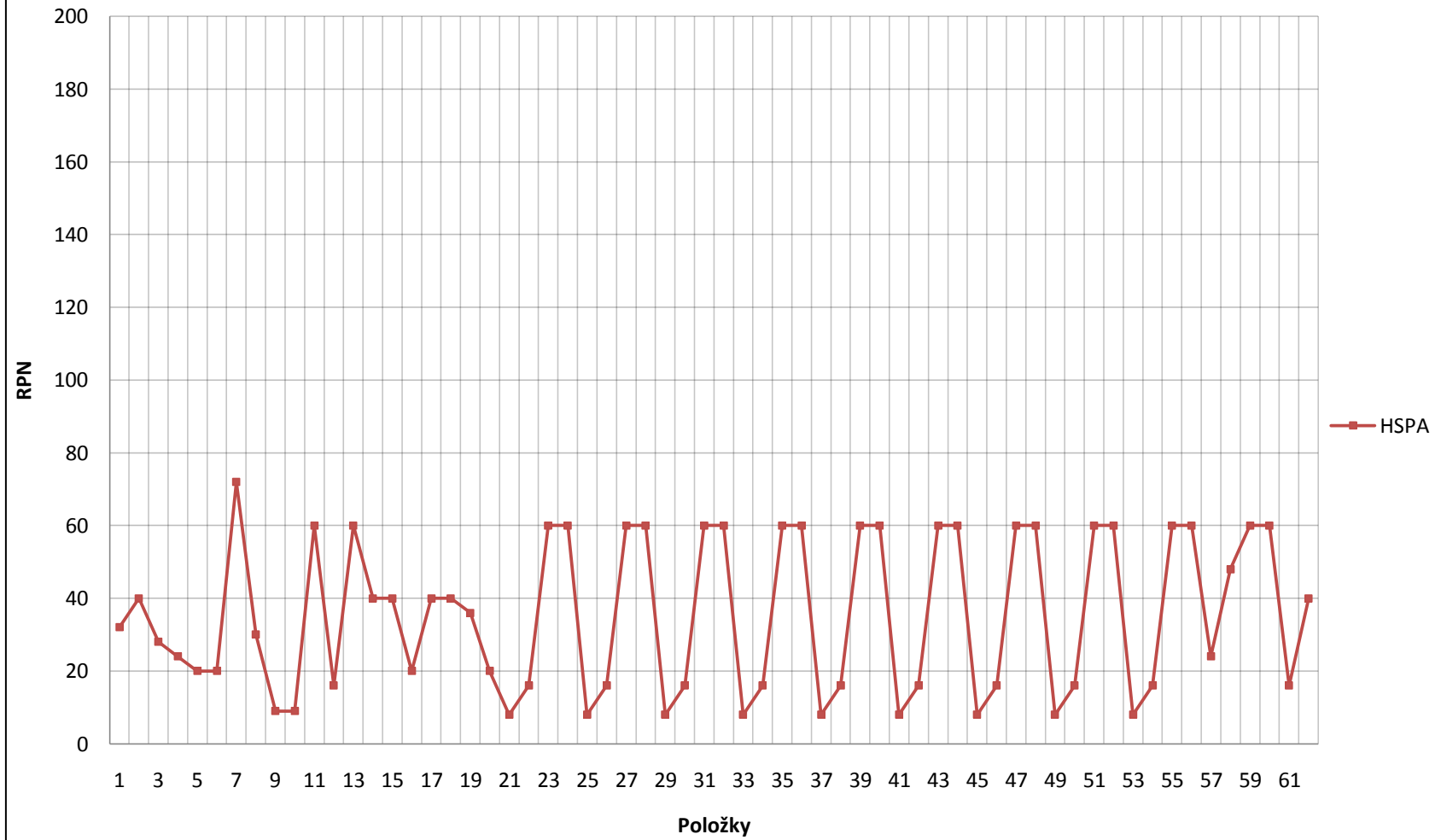
Hodnoty RPN jsou uvedeny ve formulářích FMEA analýzy v přílohách P1 ÷ P6. V grafech jsou zobrazeny hodnoty všech hodnocených položek pro jednotlivé technologie.

## Hodnoty RPN technologie LTE

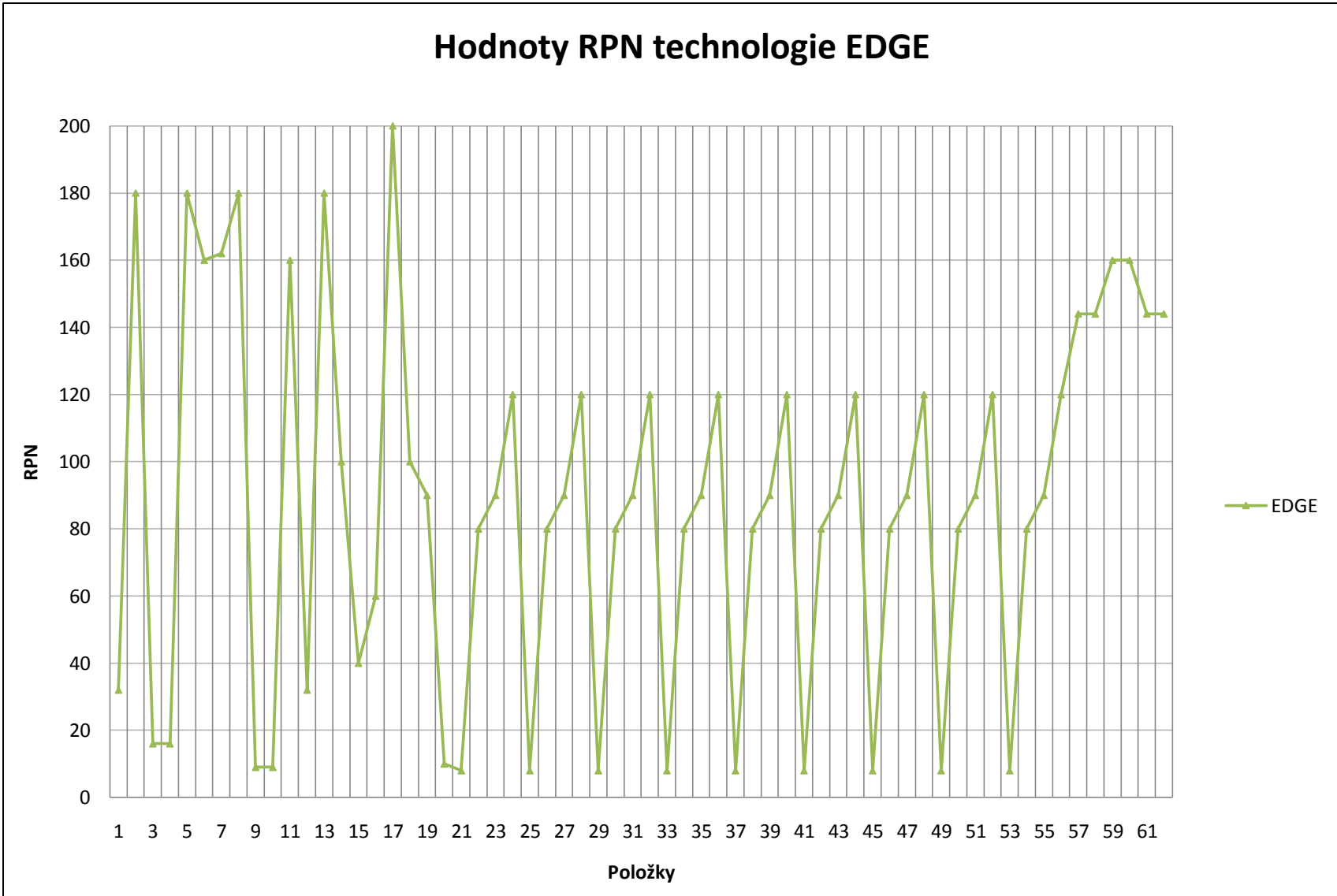


Graf 17: Hodnoty RPN technologie LTE

## Hodnoty RPN technologie HSPA

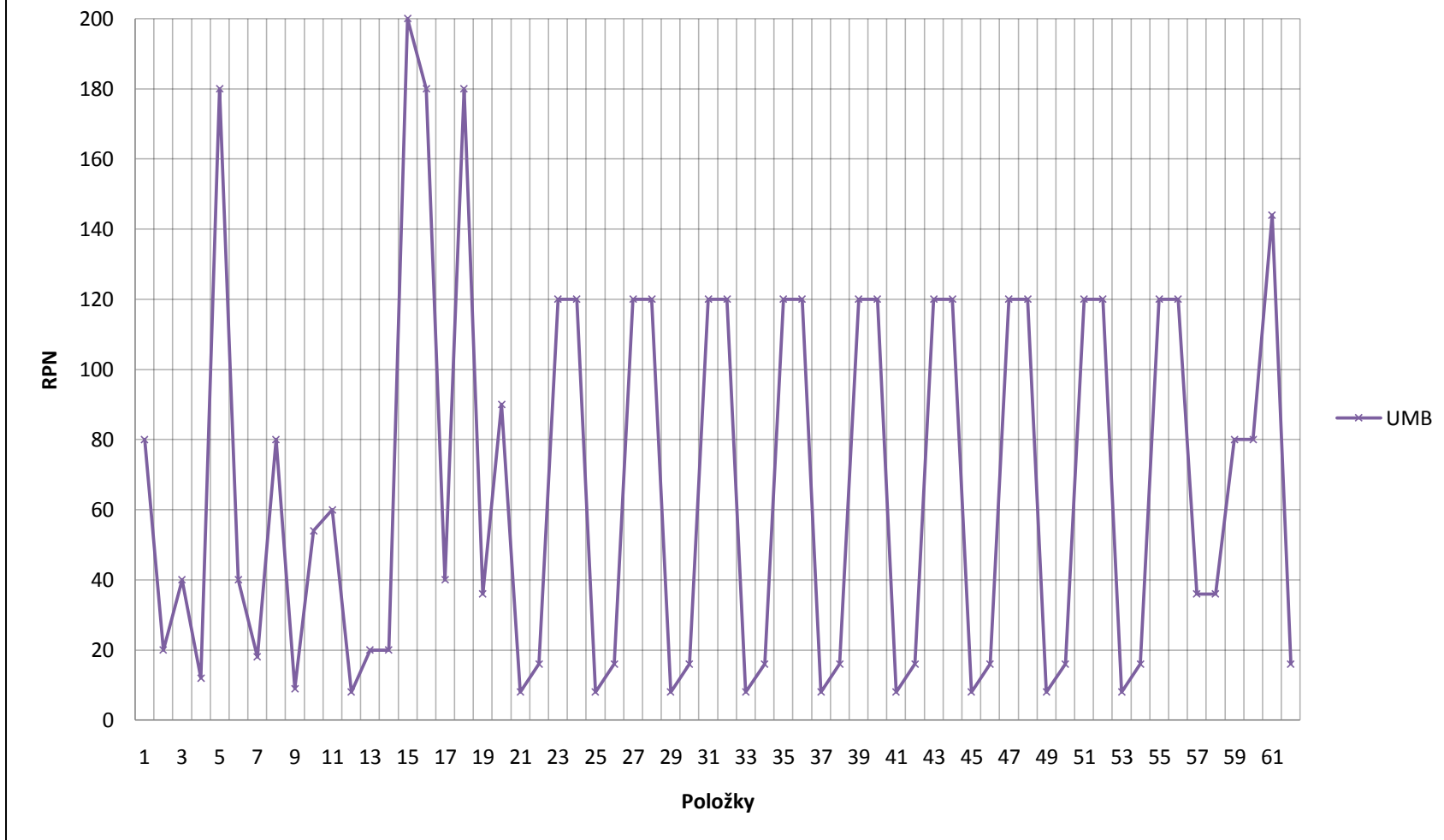


Graf 18: Hodnoty RPN technologie HSPA



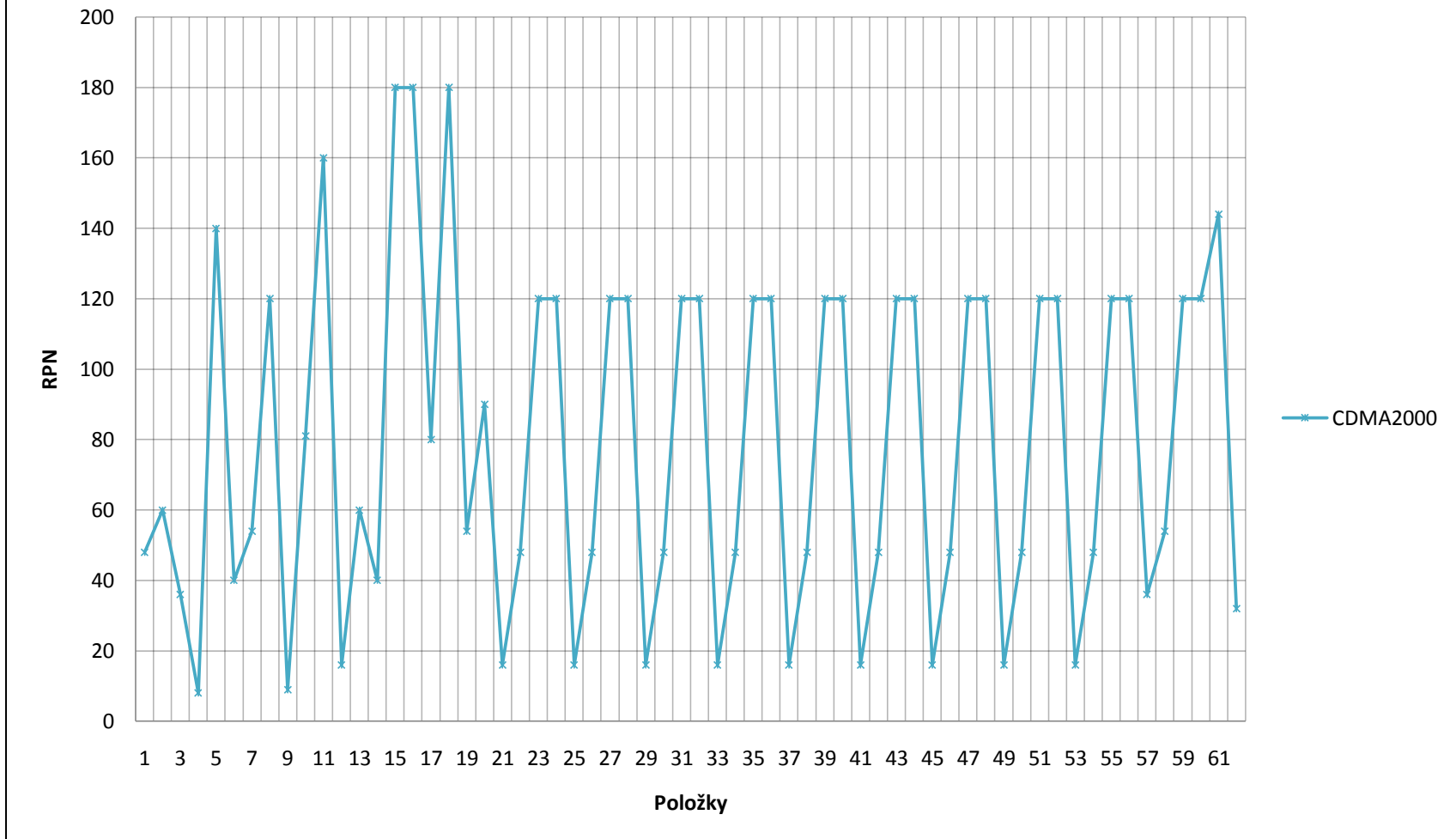
Graf 19: Hodnoty RPN technologie EDGE

## Hodnoty RPN technologie UMB



Graf 20: Hodnoty RPN technologie UMB

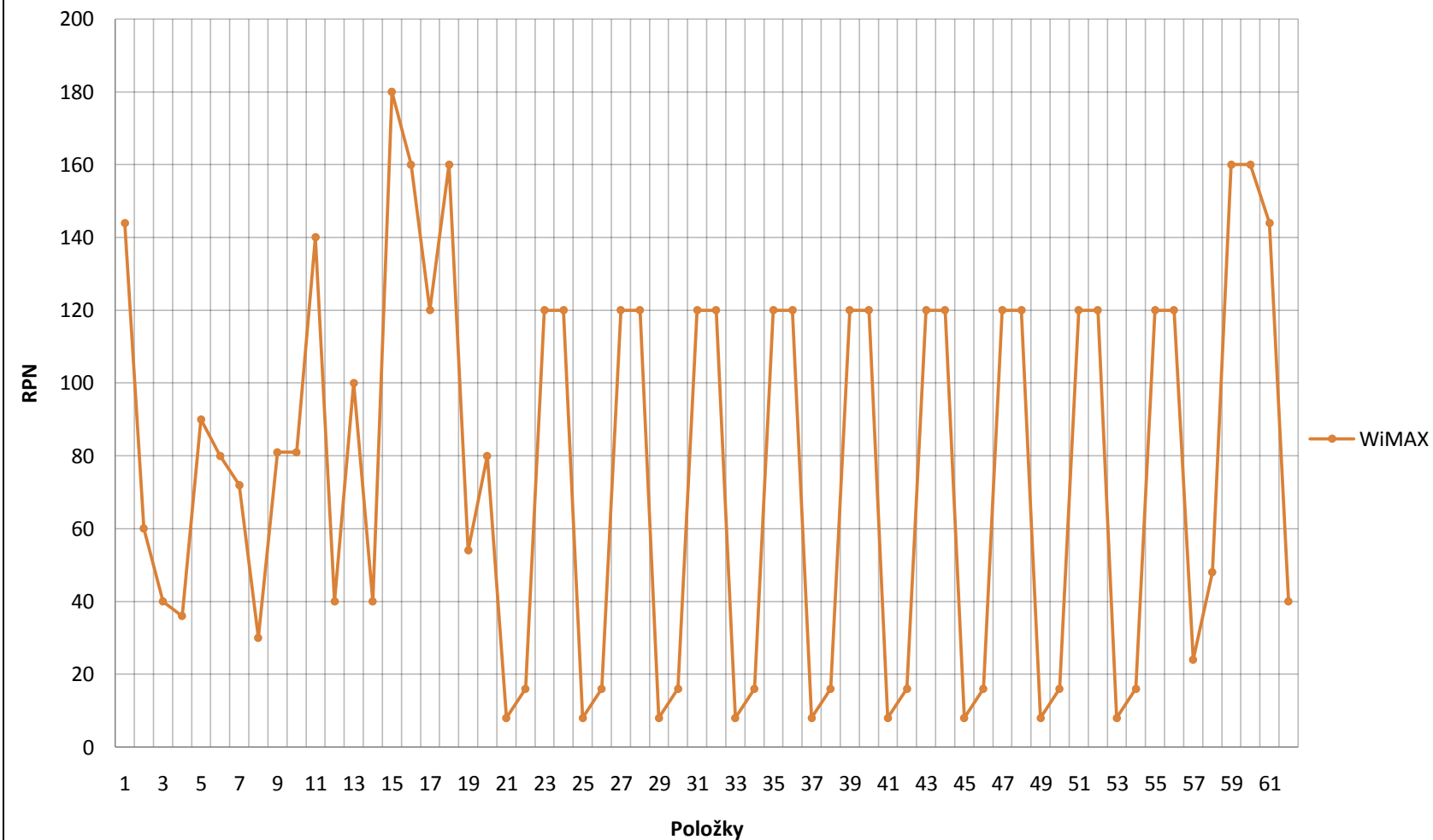
## Hodnoty RPN technologie CDMA2000



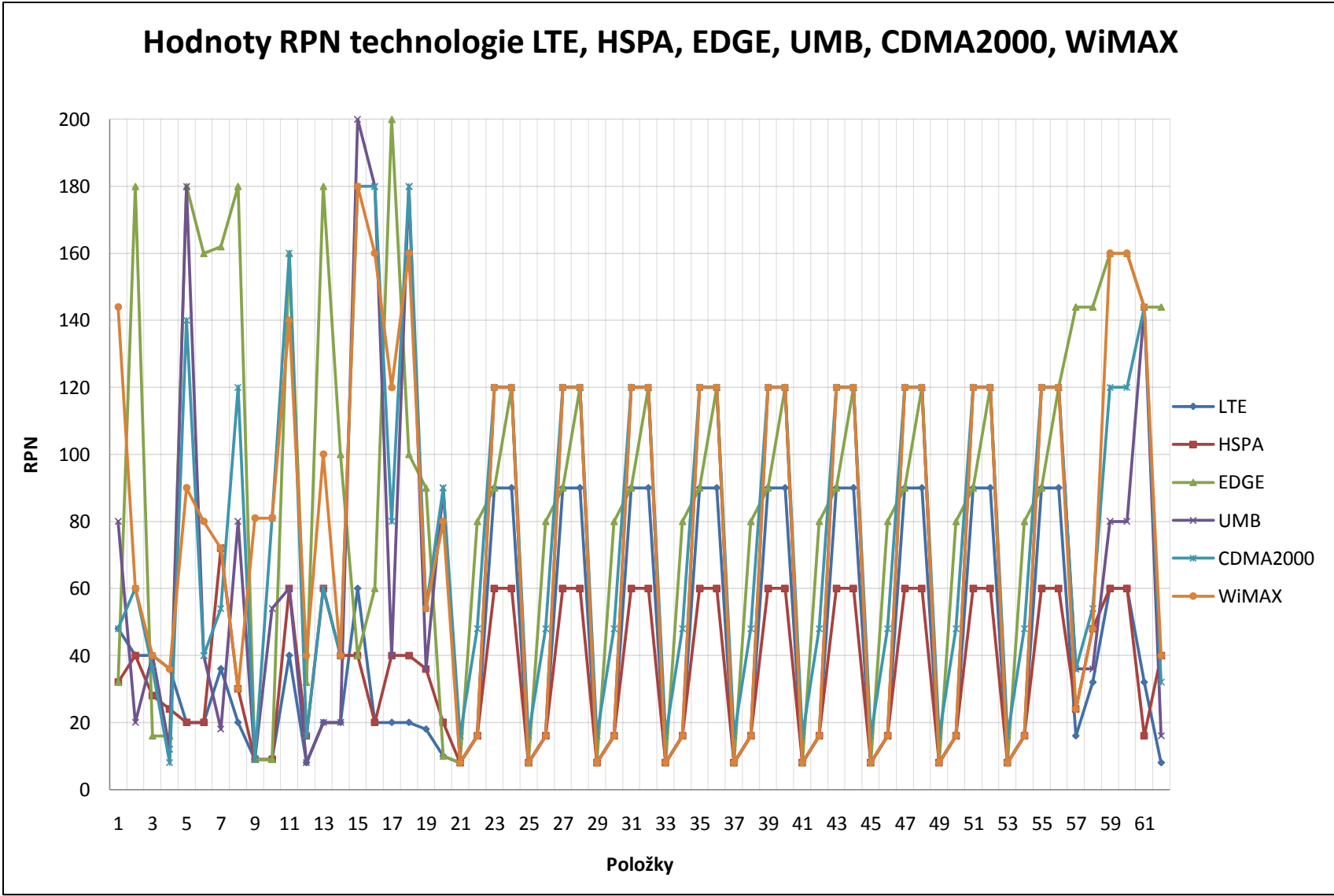
Graf 21: Hodnoty RPN technologie CDMA2000



## Hodnoty RPN technologie WiMAX



Graf 22: Hodnoty RPN technologie WiMAX

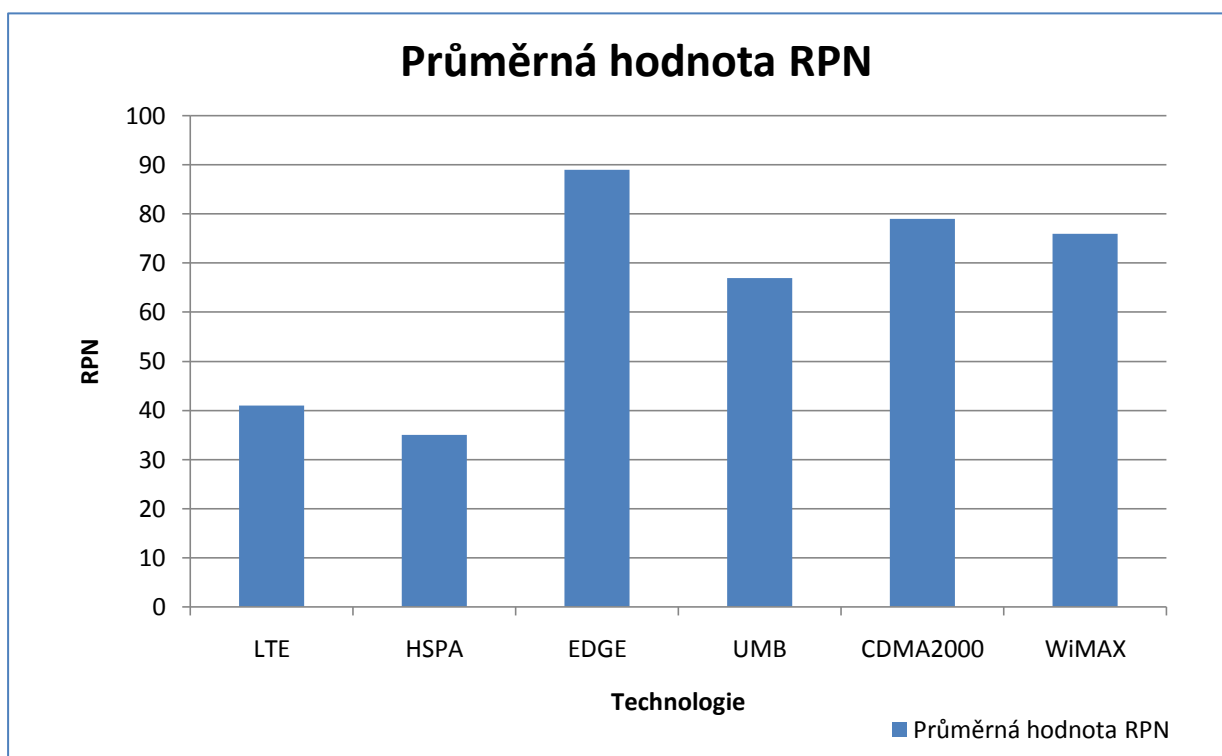


Graf 23: Hodnoty RPN technologie LTE, HSPA, EDGE, UMB, CDMA2000, WiMAX

V následující tabulce a grafu je uvedena průměrná hodnota RPN jednotlivých technologií bezdrátových datových přenosů.

Průměrná hodnota RPN	RPN
Technologie LTE	41
Technologie HSPA	35
Technologie EDGE	89
Technologie UMB	67
Technologie CDMA2000	79
Technologie WiMAX	76

Tabulka 4: Průměrná hodnota RPN



Graf 24: Průměrná hodnota RPN

Velikost RPN určuje prioritu vážnosti daného problému. Čím je číslo RPN vyšší, tím větší vážnost tohoto problému nastává a má velký význam pro rozhodování při výběru technologie bezdrátového datového přenosu. Při rozhodování výběru technologie však může nastat situace, kdy nižší hodnota RPN má větší význam pro rozhodování. Záleží na zadání pro výběr technologie bezdrátového datového přenosu. Celý proces hodnocení byl opakován a RPN bylo upřesňováno.

FMEA je živým dokumentem. Na tento dokument je nutno takto nahlížet a pracovat s ním. Tento dokument musí být průběžně aktualizován a upřesňován v závislosti na nově vzniklé situaci a vlivu okolí.

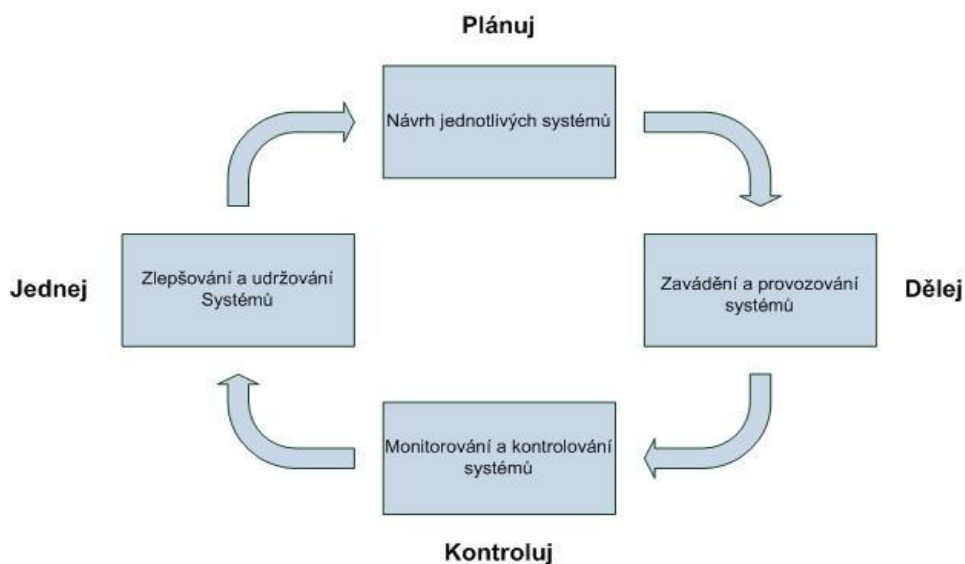
## 6. Přínosy pro rozvoj vědní disciplíny a praxi

### 6.1. Návrh metodiky na zvýšení bezpečnosti dat a elektronické komunikace s využitím systému řízení informační bezpečnosti

Bezpečnost bezdrátové elektronické komunikace není jen bezpečnost fyzického zařízení a jednotlivých použitých technologií. Hardware a technologie bezdrátových elektronických komunikací vykazují v současné době velmi vysokou míru bezpečnosti. Pro maximální zajištění bezpečnosti bezdrátové elektronické komunikace by se měla bezpečnost posuzovat jako jeden nedělitelný celek, který je komplexní a dynamický. Návrh systému informační bezpečnosti by měl vycházet z analýzy výchozího stavu a z analýzy rizik. Měl by pokrývat všechny součásti celku, kterým bude věnována stejná pozornost. Bezpečnost by neměla být zúžena pouze na informační systém a informační komunikační technologie. V návrhu systému informační bezpečnosti by měly být řešeny všechny aspekty, včetně organizačních procedur a chování jednotlivců v prostředí Českých drah. Na základě analýzy informací o bezpečnostních incidentech za rok činnosti jedné velké významné české firmy, která využívá ve velké míře bezdrátové elektronické přenosy dat, bylo zjištěno, že všechny bezpečnostní incidenty nastaly v důsledku selhání lidského faktoru nebo nedodržení bezpečnostních pokynů, směrnic, příkazů apod. K ohrožení bezpečnosti dat a aktiv z důvodu selhání fyzického zařízení a jednotlivých používaných technologií nedošlo.

Z tohoto důvodu je v následujících kapitolách předložen návrh několika systémů, které zvýší bezpečnost dat a aktiv Českých drah. Při návrhu a realizaci systému řízení informační bezpečnosti je nutno mít neustále na paměti výrok, který říká: *“Bezpečnost dat a elektronické komunikace je taková, jaká je bezpečnost nejslabší části celku”*.

Pro zavedení všech navržených systémů do praxe by bylo vhodné využít tento PDCA model aplikovaný na jednotlivé systémy.



Obrázek 23: PDCA model aplikovaný na navržené systémy

### **Plánuj** (Návrh jednotlivých systémů)

V souvislosti s bezpečností informací, aktiv a na základě jejich potenciálních hrozeb a rizik by mělo vedení Českých drah stanovit své cíle, politiky, procesy a postupy dle navržených systémů.

### **Dělej** (Zavádění a provozování systémů)

Jednotlivé systémy se zavedou a uvedou do provozu.

### **Kontroluj** (Monitorování a kontrolování systémů)

Monitorování, kontrolování zavedených systémů a zavedení důkladného systému zpětné vazby hlášení výsledků vedení Českých drah k analýze a vyhodnocení funkčnosti jednotlivých systémů.

### **Jednej** (Zlepšování a udržování systémů)

Na základě výsledků analýzy, vyhodnocení a přezkoumání funkčnosti jednotlivých systémů by mělo vedení Českých drah přijmout opatření ke zlepšení a nápravě. Zavedené systémy jsou tak v pravidelných intervalech neustále kontinuálně zlepšovány.

#### **6.1.1. Systém řízení aktiv**

Jedním z prvních kroků při návrhu jednotlivých systémů by mělo být provedení jednoznačné a jasné identifikace všech aktiv Českých drah. Aktiva by měla být evidována v přehledných seznamech, které musí být průběžně aktualizovány. Všechny informace a aktiva musí mít určeného vlastníka, který za ně odpovídá. Vlastník přejímá odpovědnost za bezpečnost svěřených aktiv. Vlastník aktiva přebírá odpovědnost za vytvoření, údržbu, důvěrnost, integritu a dostupnost aktiva. Měla by být provedena klasifikace informací a aktiv s ohledem na jejich citlivost, hodnotu a právní význam. Po označení a klasifikaci by měla být určena a do praxe zavedena pravidla a postupy, které by měli kompetentní zaměstnanci Českých drah akceptovat.

Měla by být určena a důsledně dodržována pravidla pro přípustné využití informací a aktiv. Nedodržení těchto pravidel je jednou z nejčastějších hrozeb bezpečnosti informací v každé organizaci.

#### **6.1.2. Systém řízení rizik jako součást řízení informační bezpečnosti**

Po identifikaci aktiv a jejich vlastníků je dalším významným krokem před zavedením systému řízení informační bezpečnosti identifikace rizik a určení metodiky pro hodnocení rizik v prostředí Českých drah, které vyhovuje stanovené bezpečnosti informací a aktiv. Vedení společnosti by mělo stanovit kritéria pro akceptaci rizik a určit akceptační úroveň rizik.

Identifikovat rizika znamená nejprve identifikovat aktiva a jejich vlastníky, následně hrozby pro tato aktiva, zranitelnosti, které mohou hrozby způsobit a následně dopady na

aktiva, které mohou vzniknout ztrátou důvěrnosti, integrity a dostupnosti. Po identifikaci rizika je nutné provést analýzu a vyhodnocení rizika. Vedení Českých drah by mělo posoudit dopady na svoji činnost v případě selhání bezpečnosti a následky ztráty důvěrnosti, integrity a dostupnosti aktiv. Nutno si uvědomit a posoudit reálnou pravděpodobnost selhání bezpečnosti v důsledku stávajících existujících hrozeb a dopady na aktiva s přihlédnutím k aktuálně zavedeným opatřením. Pro každé riziko je nutno stanovit míru jeho akceptovatelnosti.

Pro každé riziko je dále nutno stanovit variantu zvládnutí rizika. Rizika lze zvládnout například aplikováním určitých opatření, eliminací rizik, přenesením rizik spojených s činností Českých drah na třetí strany, nebo akceptováním rizika za předpokladu splnění kritérií pro akceptaci rizik v prostředí Českých drah. Protože rizika nelze plně eliminovat, mělo by vedení Českých drah vyslovit souhlas se zbytkovými riziky.

Vzhledem k dynamickému vývoji aplikací, systémů, HW prostředků a datových přenosů, je nutno výše uvedené činnosti v pravidelných intervalech opakovat.

### **6.1.3. Systém bezpečnostní politiky**

V každé společnosti by měl být vypracován dokument stanovující bezpečnostní politiky informací společnosti. Tento dokument určuje cíl informační bezpečnosti a způsoby jeho naplnění. V dokumentu by měla být vazba vytvářeného systému řízení informační bezpečnosti na cíle organizace a regulatorní požadavky norem a legislativy. Součástí politiky je určení základních odpovědností za systém řízení informační bezpečnosti a určení kritérií, která budou využita k hodnocení rizik. Tento dokument by měl být vypracován, schválen a bez výhrad podporován vedením Českých drah. S tímto dokumentem by měli být seznámeni kompetentní zaměstnanci a měl by být publikován tak, aby s ním byly seznámeny externí strany, které s Českými drahami spolupracují. Systém bezpečnostní politiky by měl být v intervalu minimálně půl roku přezkoumáván a aktualizace by měly být prováděny po každé zásadní změně v prostředí Českých drah (např. zavedení nového SW, HW, organizační změny a podobně). Pomocí těchto opatření lze systém bezpečnostní politiky udržet plně účinný.

### **6.1.4. Systém řízení informační bezpečnosti**

Vedení Českých drah by mělo aktivně prosazovat a podporovat systém řízení informační bezpečnosti. Měly by být prováděny pracovní schůzky na všech úrovních vedení s cílem podrobného seznámení s uvedenou problematikou a vymezení rolí v oblasti informační bezpečnosti. Vybrané útvary Českých drah by měly mít své zástupce s odpovídajícími rolemi a pracovním zařazením, kteří koordinují ve svém útvaru činnosti v oblasti bezpečnosti informací. Tento zástupce stanoví vybraným pracovníkům příslušného útvaru jejich odpovědnosti a povinnosti v této oblasti. Je doporučeno vypracovat, zavést a důsledně dodržovat postup schvalování nových metodik a postupů pro zpracování informací ze strany vedoucích pracovníků. Je nezbytné vytvořit a pravidelně kontrolovat dohody

obsahující požadavky na ochranu důvěrnosti a povinnost zachovávat mlčenlivost týkající se ochrany informací Českých drah.

Vedení drah by mělo udržovat přiměřené vztahy s orgány veřejné správy, zájmovými skupinami a profesními sdruženími. Systém informační bezpečnosti (cíle opatření, politiky, směrnice a postupy) je doporučen v intervalech jednoho roku, nebo po každé zásadní změně v prostředí Českých drah, nezávisle přezkoumávat.

Obzvláště riziková situace vzniká při spolupráci s externími subjekty. Vedení Českých drah by mělo za každou cenu zachovat bezpečnost informací v případě spolupráce s externími subjekty, které spravují HW prostředky a přenosové datové cesty nebo vyvíjí a vytváří SW pro potřeby drah. Před povolením přístupu externím subjektům k informacím železnic a prostředkům na zpracování informací je nezbytné provést vždy identifikaci rizik a přijmout opatření k jejich eliminaci. Podobná situace nastává v případě přístupu klientů k informacím, nebo aktivům Českých drah. Veškeré dohody uzavřené se třetími stranami, které mají přístup k informacím nebo prostředkům na zpracování informací Českých drah musí také splňovat všechny bezpečnostní požadavky.

#### **6.1.5. Systém personální bezpečnosti**

Systém personální bezpečnosti musí eliminovat riziko lidské chyby (selhání jedince) a zamezit krádeži, modifikaci nebo zneužití informací a aktiv Českých drah. Je nezbytné exaktně definovat role a odpovědnosti kompetentních zaměstnanců, smluvních a třetích stran z pohledu bezpečnosti informací a aktiv. Tyto role a odpovědnosti musí být dokumentovány a uloženy v písemné formě. U zaměstnanců bude tento dokument nedílnou součástí pracovní smlouvy a u smluvních nebo třetích stran součástí uzavřené písemné smlouvy o dílo. V závislosti na vykonávané pracovní pozici by měli být vybráni zaměstnanci před nástupem do zaměstnaneckého poměru a smluvní nebo třetí strany před zahájením spolupráce prověřeni podle platných zákonů, předpisů a požadavků Českých drah. Prověření musí vycházet z klasifikace rizik, stupně důvěrnosti informací, ke kterým budou mít vybráni zaměstnanci a smluvní nebo třetí strany přístup.

Minimálně jednou za půl roku je nutné provést aktualizaci těchto písemných materiálů a formou periodicky opakujících se školení v oblasti bezpečnosti informací a aktiv, bezpečnostních politik a postupů upozornit vybrané zaměstnance, smluvní a třetí strany na bezpečnostní hrozby, jejich odpovědnost a právní důsledky v případě porušení závazků a politik bezpečnosti. Všichni výše jmenovaní by se měli průběžně aktivně podílet na dodržování bezpečnosti informací a aktiv během své vlastní práce v souladu se zavedenými politikami a postupy Českých drah.

Velice účinné je zavedení disciplinární komise a každý přestupek ohrožující bezpečnost informací a aktiv řešit a vyvodit z něho důsledky v plném rozsahu. V případě

závažného porušení bezpečnosti, nebo podezření na krádež, modifikaci nebo zneužití informací a aktiv Českých drah využít pomoci Policie.

V případě ukončení, změny pracovního poměru nebo smluvního vztahu či dohody smluvních a třetích stran musí být jednoznačně určeny odpovědnosti. Tuto skutečnost je potřebné dokumentovat a uložit také v písemné formě. V dokumentu by měly být určeny právní dopady pro případ, že dojde ke zneužití informací a aktiv Českých drah.

Všem uživatelům, smluvním a třetím stranám by měla být po ukončení pracovního poměru nebo smluvního vztahu či dohody odejmuta přístupová práva k informacím a přístupy do všech systémů Českých drah. Toto je velmi často opomíjená skutečnost a vysoká hrozba pro bezpečnost informací a aktiv. Někdy pracovník odpovědný za odebrání přístupů toto neprovede z důvodů kolegiálních a přátelských vztahů k osobě, která odchází z organizace. Zaměstnanci, smluvní a třetí strany by měli také odevzdat veškeré svěřené prostředky, které jsou majetkem Českých drah (obzvláště notebooky, paměťová media a podobně).

#### **6.1.6. Systém fyzické bezpečnosti**

Systém fyzické bezpečnosti předchází neautorizovanému fyzickému přístupu do vymezených prostor nebo do bezprostřední blízkosti HW prostředků a rozvodů pro přenos dat. Umístění aktivních HW prvků a kabelových datových rozvodů musí být zabezpečeno a chráněno proti možnosti neoprávněného kopírování informací a možnosti odposlechu. V prostorách, ve kterých se nacházejí uložené informace, HW prostředky a datové rozvody musí být vytvořeny bezpečnostní perimetry. Pro zajištění autorizovaného vstupu, musí být vstup chráněn prvky fyzické ochrany (zámek, kódovací zařízení a další případné kontrolní systémy).

HW prostředky a rozvody musí být dále chráněny před živelnými škodami (požár, povodeň, výbuch nebo další nepředvídatelné katastrofy). V důsledku těchto rizik je nezbytné zálohovat zpracovávané a uložené informace duplicitním umístěním na geograficky jiném místě (například jiná budova v jiném městě, duplicitní rozvod pro přenos dat atd.). Vhodné je využít redundanci serverů. V případě výpadku serverů systém automaticky začne využívat záložní servery. Vzhledem k velmi vysoké propustnosti rozvodů pro přenos dat, uživatelé aplikací provoz na záložních serverech nepostřehnou. Je doporučeno vypracovat a písemně zdokumentovat "Disaster recovery system" pro případ spuštění náhradního systému a aplikací nebo pro zpětný návrat předchozího stavu informací a aktiv.

Pověřená osoba musí pravidelně provádět zálohování informací a aktiv v elektronické podobě na externí media, která jsou denně přenášena a uschována na geograficky jiném místě (například bankovní trezor). Tato záložní externí media musí být pravidelně testována z pohledu jejich čitelnosti a možnosti rekonstrukce dat.



Pro zajištění stálé dostupnosti a integrity dat by měl být vypracován harmonogram údržby HW prostředků a údržbu pravidelně provádět. Velmi často dochází k zanedbání profylaxe zařízení. Chladicí komponenty zařízení a filtry jsou velmi často zaneseny. Při extrémním zatížení dochází z tohoto důvodu k velmi častým poruchám serverů.

Významným rizikem z pohledu informační bezpečnosti je bezpečná likvidace HW prostředků. U zařízení, která obsahují paměťové komponenty, musí být před jejich likvidací zajištěno bezpečné odstranění dat a programového vybavení. Paměťové komponenty musí být přepsány speciálním certifikovaným softwarem nebo destruktivně zlikvidovány.

### **6.1.7. Systém řízení komunikace a provozu ICT**

Systém řízení komunikace a provozu ICT zajišťuje bezchybný, správný a hlavně bezpečný provoz HW prostředků včetně bezdrátové datové komunikace a všech aplikací. Pro tento systém jsou doporučena následující opatření.

Všechny pracovní a metodické postupy by měly být zpracovány v písemné podobě. Pravidelně musí být aktualizovány a uživatelé musí mít přístup k této dokumentaci dle svých oprávnění. Každá změna a aktualizace musí být řízena. Je nepřípustná živelná, nahodilá a nekontrolovaná aktualizace těchto materiálů.

Každý vlastník aktiva zodpovídá za přístup k aktivu a brání tak jejich modifikaci nebo zneužití. Někteří uživatelé budou mít pouze právo čtení dat. Pouze vybraní jedinci budou mít právo modifikace dat.

Pro minimalizaci úmyslného nebo neúmyslného poškození či modifikaci informací a aktiv je nutno důsledně oddělovat data a systémy do minimálně třech skupin. První skupinu tvoří ostrá provozní data a aplikace, druhou skupinu tvoří testovací data a aplikace a třetí skupinu tvoří data a aplikace určené pro vývoj. Každá skupina by měla mít svůj vlastní server (minimálně vlastní virtuální server) oddělený od ostatních skupin.

Velmi nebezpečnou oblastí z pohledu bezpečnosti dat je spolupráce se smluvní a třetí stranou. Základní podmínkou je dodávání sjednaných služeb v souladu s uzavřenými smlouvami. Je bezpodmínečně nutné vyžadovat po smluvní a třetí straně dodržování všech bezpečnostních opatření. Činnosti smluvních a třetích stran musí být pravidelně a systematicky monitorovány a kontrolovány nezávislými audity v určených intervalech. V případě změn sjednaných služeb by mělo být dbáno na dodržování bezpečnostních politik, opatření a postupů v souladu s procesy a závěry hodnocení rizik Českých drah. Všechny změny musí být dokumentovány a sjednány v písemné formě.

Velký důraz by měl být kladen na zadávání a hlavně přebírání systémů. Již v době plánování a zadávání nových systémů musí být určena kritéria, podle kterých budou nové

informační systémy přebírány, aktualizovány a zaváděny do provozu. Velmi důležitou součástí je důkladné testování nového systému před jeho nasazením do ostrého provozu.

Zároveň by mělo být provedeno důkladné zabezpečení všech HW prostředků proti škodlivým programům, které mohou být do systémů nainstalovány v důsledku nekázně uživatelů nebo proniknutím hackerů do systémů. S tímto úzce souvisí nutnost využít redundanci hlavních serverů a vytvořit několikadenní zálohy informací a aktiv v elektronické podobě. V případě aktivace škodlivých programů, které mohou modifikovat nebo smazat informace, musí být možnost zpětného návratu k původním informacím a aktivům. Pro vybrané uživatele by měla být prováděna periodická školení, která budou zdůrazňovat nutnost dodržování bezpečnostní politiky Českých drah. Je nutno cíleně zvyšovat povědomí uživatelů o hrozbách, které způsobují škodlivé programy.

Pro zvýšení bezpečnosti informací a aktiv by měl být vybudován systém, který zajistí správu provozu sítě a bezdrátových datových přenosů. Počítačové sítě, datové přenosové sítě musí být při přenosech dat kontrolovány a spravovány. U bezdrátových datových přenosů je toto riziko vysoké. Je nutno identifikovat a do dohod o poskytování síťových služeb a bezdrátových datových přenosů zahrnout co nejvíce bezpečnostních prvků. Úroveň a bezpečnost poskytovaných služeb musí být zajištěna v maximálním rozsahu u všech služeb bez rozdílu, jakým způsobem jsou zajišťovány. U služeb, které jsou zajišťovány cestou outsourcingu, musí být pravidla pro správu provozu sítě a bezdrátových datových přenosů dokumentována a uložena v písemné formě. V tomto případě je nutno dbát zvýšené opatrnosti v porovnání s provozem sítí a bezdrátových datových přenosů, které jsou zajišťovány interně v prostředí Českých drah.

Velmi rizikovou oblastí z pohledu bezpečnosti informací a aktiv je manipulace a správa výměnných počítačových medií. Měly by být vytvořeny postupy pro práci, ukládání a likvidaci výměnných medií. Pro zabránění neautorizovanému přístupu a zneužití informací na médiích je nutno stanovit pravidla pro jejich manipulaci a ukládání. V případě potřeby likvidace medií, je nutno vždy provést spolehlivou likvidaci podle schválených postupů. Zdánlivě poškozená a nečitelná média obsahují značné množství použitelných informací a dat.

Je doporučeno vypracovat postupy pro přístup a manipulaci se systémovou dokumentací. Systémová dokumentace je klíčem a "kuchařkou" k proniknutí do systému nebo odcizení dat při elektronickém bezdrátovém přenosu dat. Tato dokumentace musí být důsledně chráněna proti neoprávněnému zneužití.

Měly by být vytvořeny a do provozu zavedeny postupy a opatření na ochranu informací a aktiv při jejich výměně v rámci prostředí Českých drah a hlavně při výměně se smluvní a třetí stranou, se kterými musí být uzavřeny písemné dohody. Obzvláště riziková je přeprava a předávání dat jinou cestou, než je elektronický zabezpečený přenos dat. Nezabezpečený elektronický přednost dat mimo prostředí Českých drah by měl být důrazně

zakázán. V propojených podnikových informačních systémech je nutno dodržovat stanovené postupy a politiky.

Z pohledu přenosu informací formou emailů pracovníků doporučuji archivovat a vyhodnocovat komunikaci poštovního serveru. Tímto způsobem byl odhalen nejméně jeden případ, kdy pracovník odesílal důležité informace a aktiva na svůj soukromý, nebo cizí emailový účet mimo prostředí organizace. V případě odesílání podezřele velkých objemů dat, podezřelých cílových adres nebo odchodu pracovníka z prostředí Českých drah je doporučeno provést důkladnou kontrolu jeho komunikace na poštovním serveru.

Dalším důležitým krokem pro zvýšení ochrany informací a aktiv je zajištění bezpečnosti při přenosu informací, které České dráhy zpřístupňují veřejnosti. Tato data by měly České dráhy zabezpečit před jejich neoprávněnou modifikací a dalšími podvodnými aktivitami. Měla by být zajištěna důkladná ochrana přenášených informací při on-line transakcích (například on-line nákup jízdenek). Tento přenos dat je bezpodmínečně nutné realizovat pomocí elektronického zabezpečeného přenosu dat. Měl by být zajištěn úplný přenos informací, zabráněno modifikaci, duplikaci a opakování informací. Nezbytnou nutností je zajistit správné směrování dat.

#### **6.1.8. Systém pravidel přístupu k systémům**

V rámci tohoto systému by měla být vypracována dokumentace, pomocí které budou řízeny přístupy uživatelů k jednotlivým informačním systémům. Zde bude podrobně popsán postup pro formální registraci přístupu a její zrušení. Tato dokumentace zajistí autorizovaný přístup ke všem informačním systémům. Přidělování přístupů a privilegií musí být řízeno a prokazatelně schvalováno pouze odpovědnými pracovníky. Přístup do každého systému musí být řízen touto dokumentací. Vedení Českých drah by mělo v pravidelných intervalech provádět kontrolu přidělených přístupových práv uživatelů.

V rámci periodických školení uživatelů by měli být uživatelé upozorněni na dodržování stanovených bezpečnostních postupů určených pro užívání, tvorbu a správu hesel. V případě nepřítomnosti uživatele na pracovišti, musí být jeho HW prostředky zajištěny proti neoprávněnému zneužití (například na PC musí mít uživatel aktivovaný spořič obrazovky chráněný heslem), na pracovišti nesmí být volně přístupné dokumenty, externí paměti, CD nebo DVD nosiče a jiné důvěrné materiály.

Síťová komunikace umožňuje v dnešní době bezpečnou komunikaci na vysoké úrovni. Je doporučeno stanovit a důsledně dodržovat politiky užívání síťových služeb. Vybraným uživatelům je možno povolit pouze určené síťové služby, ke kterým mají oprávnění. V případě, že uživatel přistupuje k síti vzdáleně, musí před připojením proběhnout autentizace uživatele pro externí připojení. Za bezpečné připojení lze považovat například připojování uživatelů pomocí Cisco VPN klienta. Pravidla, postupy a bezpečnostní opatření na ochranu proti rizikům, které vznikají při používání mobilních výpočetních a komunikačních

zařizování při práci na dálku, musí být dokumentována a zavedena do praxe. Uživatelé musí být s těmito pravidly, postupy a bezpečnostními opatřeními prokazatelně seznámeni.

Ve vybraných lokalitách, kde se vyskytuje zvýšené riziko ohrožení bezpečnosti informací, je doporučeno nastavit politiku automatické identifikace HW zařízení. U HW zařízení, která mají diagnostické a konfigurační porty, musí být řízen fyzický i logický přístup.

Jak bylo zmíněno, měly by být odděleny jednotlivé sítě včetně jejich uživatelů. Uživatel musí mít pro každou síť a informační systém přidělena jedinečná práva, která nejsou přenosná do jiných sítí a informačních systémů.

Aktivní prvky sítí by měly být nastaveny z pohledu maximální bezpečnosti provozu dané sítě. Routovací tabulky musí zajistit bezpečné směrování paketů. Paket určený pro zařízení v dané síti nesmí router přeměrovat do jiné sítě.

Velkým zdrojem ohrožení bezpečnosti informací je neřízený přístup uživatelů k operačnímu systému a jednotlivým aplikačním systémům. Uživatelé by měli mít přístupy k informacím omezeny v souladu s politikami řízení přístupu v prostředí Českých drah. Měly by být vypracovány, případně důkladně aktualizovány postupy bezpečného přihlášení k operačnímu systému a aplikačním systémům. Uživatelé musí mít pro přihlášení do systému jedinečné uživatelské ID a heslo. Pro autentizaci uživatelské identity musí být zvolen vhodný a bezpečný způsob. Je doporučeno využít prvotního přihlášení do domény a pro přístup do aplikačních systémů využívat doménové autentizace uživatele. Uživatel bude mít umožněn přístup do každého aplikačního systému v závislosti na přihlášení do domény a podle práv nastavených v jednotlivých aplikačních systémech. Uživatel si bude muset pamatovat pouze jedno heslo. V případě nutnosti používání více hesel si mnoho uživatelů hesla píše na volně přístupná místa. Uživatelé tímto velmi zvyšují riziko ohrožení bezpečnosti informací.

Je doporučeno každou neaktivní relaci uživatele po stanovené době nečinnosti ukončit a pro další činnost musí systém nebo aplikační systém vyžadovat provedení nového přihlášení uživatele a provést jeho autentizaci. Některé aplikační systémy mají nastavenou maximální dobu připojení do informačního systému. Toto není doporučováno, protože uživatel tak pracuje v časovém stresu a dochází k vysoké chybovosti při jeho činnosti.

V rámci systémových politik je vhodné zakázat uživatelům možnost instalace vlastního SW. Předejde se tak možnosti instalace systémových nástrojů, které mohou usnadnit překonání systémové nebo aplikační kontroly identity uživatele.

Měl by být zaveden důkladný systém monitorování oprávněných i neoprávněných přístupů k informacím uloženým ve všech systémech Českých drah. Všechny aktivity, počínaje přihlášením do systémů (i neúspěšným!), chybová hlášení a bezpečnostně významné události je nutno dokumentovat a uložit do logů. U každé informace musí být zaznamenána přesná časová informace (datum a přesný čas události). Datum a hodiny všech

systémů Českých drah by měly být proto synchronizovány. V souvislosti s politikou řízení přístupů a vyšetřováním bezpečnostních incidentů musí být umožněna zpětná analýza těchto informací. Vedení Českých drah by mělo stanovit pravidla pro využití a zpracovávání těchto informací. Tyto informace by měly být z pohledu bezpečnosti pravidelně přezkoumávány. K těmto informacím musí mít přístup pouze pověřené osoby. Tyto informace patří k důvěrným utajovaným skutečnostem. Je nutno zabránit zneužití těchto informací. Tyto informace je nutno chránit proti zfalšování, modifikaci a neoprávněnému přístupu. Zvláštní pozornost je nutno věnovat všem aktivitám správců systémů a jednotlivých aplikací.

#### **6.1.9. Systém bezpečnostních pravidel ve fázi pořízení, vývoje a údržby**

Nové informační systémy nebo rozšíření stávajících systémů by měly obsahovat již ve fázi návrhu a realizace bezpečnostní opatření a mechanismy. Bezpečnost se musí stát nedělitelnou částí všech systémů.

Pro správné výstupy systémů je nutno zajistit kontrolu správnosti vstupních dat. Vstupní data mohou být úmyslně nebo neúmyslně modifikována. V případě nových aplikací je nutno zajistit kontroly validace a integrity dat v průběhu jejich zpracování. V aplikacích musí být také zajištěna autentizace a integrita všech zpráv týkajících se bezpečnosti informací tak, aby mohla být následně provedena náprava a ošetření těchto bezpečnostních incidentů. Před uložením zpracovaných informací je nutno provést kontrolu validace a integrity výstupních dat. Případná chyba v uložených datech by mohla být přenesena při následném zpracování těchto informací. Tím by došlo k zřetězení chyb při dalším zpracování. Pro ukládání dat je doporučeno uložit data s využitím některé z kryptografických technik. V případě odcizení nebo snahy úmyslně data modifikovat, bude toto potenciálnímu útočníkovi znemožněno. V případě využívání kryptografických technik je však nutno zajistit vytvoření důkladného systému správy privátních a veřejných klíčů. Jak bylo uvedeno, je doporučeno zcela oddělit data určená pro vývoj, testování a ostrá provozní dat na tři různé nezávislé servery. Všem datům by měla být věnována stejná pozornost z pohledu validity, integrity, dostupnosti a důvěrnosti.

Pro případ nasazení nových systémů nebo aplikací je nutné zavést postupy pro řízení změn. České dráhy by měly dohlížet a kontrolovat vývoj a změny SW prováděné interním nebo externím dodavatelem. Nové aplikace lze nasadit až po důkladném testování. Změna operačního systému je považována za vysoce rizikovou. Změna operačního systému má významný vliv na správnou funkčnost všech aplikací. Aplikace, která fungovala naprosto bezchybně, může (velmi často se tak stává!) po nasazení nového systému vykazovat mnoho chyb. Před nasazením nového operačního systému je nutno důkladně otestovat všechny aplikace. Je nutno eliminovat nepříznivý dopad na bezpečnost informací a aktiv. Obecně je doporučeno provádět změnu operačního systému pouze v nezbytně nutném případě. Téměř každá změna operačního systému způsobí změny ve funkčnosti aplikací. Někdy jde o změny nepodstatné, které nemají vliv na bezpečnost. Neexistuje 100% provedení otestování

funkčnosti aplikací po změně operačního systému. Některé změny se projeví až po delší době od nasazení nového operačního systému.

Modifikace a zavedení nových verzí aplikací je doporučeno provádět po provedení důkladných testů na testovacích datech.

V souvislosti s nasazením nových aplikací, změn nebo operačních systémů je nutno na základě testů získat informace o technické zranitelnosti provozovaného informačního systému. Stupeň zranitelnosti a riziko ohrožení by mělo být vyhodnoceno a následně provedeno adekvátní opatření na eliminaci případných bezpečnostních rizik. Těmto rizikovým místům musí být věnována zvýšená pozornost.

#### **6.1.10. Systém řešení bezpečnostních incidentů a nedostatků**

Je doporučeno vypracovat dokumentaci pro systém hlášení bezpečnostních incidentů a nedostatků v systémech, aplikacích a službách. Vedení Českých drah by mělo důsledně vyžadovat dodržování těchto postupů. Každá bezpečnostní událost nebo i podezření, musí být neprodleně hlášena stanoveným způsobem. Povinnost hlásit tyto události přísluší kompetentním zaměstnancům Českých drah, smluvním a třetím stranám. U každé události by měl být zaznamenán přesný čas a co nejpodrobnější popis celé události. Po nahlášení musí být každá událost neprodleně řešena pověřenou osobou, která má zodpovědnost za vyřešení ve stanovené době. Jedině tak lze zabránit následným bezpečnostním incidentům a škodám. Vedení Českých drah by mělo nastavit mechanismy, které umožní vyhodnocovat četnost, typy a opatření na zvládnutí události. Z těchto údajů lze stanovit prognózy pro další případné bezpečnostní události a určit pravděpodobnost a místo jejich vzniku. Tyto údaje mohou sloužit pro případné právní řízení proti zaměstnancům, smluvním a třetím stranám. Informace musí být ukládány v souladu s příslušnými zákony a chráněny proti odcizení nebo jejich modifikaci.

#### **6.1.11. Systém řízení správy kontinuity činnosti organizace**

Hlavním úkolem tohoto systému je zabránit přerušení provozních činností a chránit procesy Českých drah před následky závažných výpadků systémů, aplikací a datových přenosů. V případě takové závažné události by měl tento systém umožnit obnovu všech činností. Je nezbytné vypracovat postupy, dle kterých bude zajištěna kontinuita činnosti Českých drah. Prioritně musí být určena nejkritičtější riziková místa. Měly by být identifikovány pravděpodobné možné příčiny, které způsobí přerušení činnosti, včetně jejich pravděpodobnosti. Pro případ přerušení nebo selhání kritických procesů v určených rizikových místech by měly být určeny možné následky týkající se bezpečnosti informací a rozsahu jejich dopadu. Pro udržení integrity, dostupnosti informací v požadovaném čase a zajištění funkčnosti rizikových procesů provozních systémů je doporučeno vytvořit podrobné plány kontinuity činnosti Českých drah. Plány kontinuity činností je nutno pravidelně aktualizovat a testovat v závislosti na rozvoji a modernizaci systémů a aplikací Českých drah.

### **6.1.12. Systém pro zajištění souladu se standardy a právními normami**

Tento systém není z pohledu bezpečnosti informací tak významný. Jeho význam spočívá v uvedení všech postupů, opatření a dalších činností do souladu s trestním nebo občanským právem, zákonnými nebo smluvními povinnostmi a bezpečnostními požadavky. Pro každý informační systém je důležité identifikovat a definovat všechny odpovídající předpisy a normy. Je nutno zajistit dodržování zákona na ochranu duševního vlastnictví, v souladu se zákonnými požadavky zajistit ochranu dat Českých drah proti ztrátě, zničení, zneužití a padělání. Velmi často je opomíjena nutnost dodržovat ochranu osobních údajů a soukromí dle platné legislativy. Informační systémy by měly být v pravidelných intervalech kontrolovány z hlediska souladu s bezpečnostními politikami a normami. Odpovědnost za dodržování všech bezpečnostních postupů, bezpečnostních politik a norem v jejich plném rozsahu mají vedoucí pracovníci. Vedoucí pracovníci by měli vyžadovat plnění od svých podřízených pracovníků. Mnoho vedoucích pracovníků se dopouští chyby, když je pro ně dodržování standardů a právních norem nepodstatné a jsou tak špatným příkladem pro ostatní. Při vzniku bezpečnostního incidentu je zkoumáno, zda nedošlo k porušení standardů a právních norem. Důsledky pro jednotlivce mohou být velmi vážné.

Významným opatřením, které posílí bezpečnost informací a aktiv je řádné a pravidelné provádění auditů. Požadavky na provedení auditu by měly být schváleny vedením Českých drah. Vedení by mělo audit podporovat a zabránit laxnímu přístupu zaměstnanců, kterých se audit týká, při jeho provádění. Většina zaměstnanců považuje provádění auditů jako něco zbytečného, zdržujícího a byrokratického. Je nutno aktivně působit na zaměstnance a vyzdvihnout význam provádění auditů.

### **6.2. Návrh využití BWA technologií datových přenosů mezi stacionárními a mobilními objekty v prostředí Českých drah**

Návrh využití BWA technologií datových přenosů je proveden na základě provedených analýz, FMEA a experimentálního měření vybraných technologií bezdrátových datových přenosů a provedených rozborů současných bezdrátových datových přenosových technologií 2,5 – 4G využitelných v prostředí Českých drah. Návrh širokopásmových datových přenosů je navržen z pohledu budoucího rozvoje a využitelnosti a z pohledu aktuálních technických požadavků stěžejních aplikací používaných v současné době v prostředí Českých drah, které byly vybrány.

Z pohledu aktuálního stavu a potřeb na datovou náročnost stávajících využívaných aplikací jsou současné bezdrátové datové přenosy s využitím technologií GPRS prostřednictvím sítě GSM dostačující. V blízké době však mohou vznikat požadavky nových implementovaných aplikací, které budou vyžadovat širokopásmové datové přenosy mezi zařízeními na vlaku a pevnou datovou sítí stacionárních objektů. V případě, že se vedení Českých drah rozhodne realizovat širokopásmový bezdrátový datový přenos v co nejkratší

době, je možno využít technologii CDMA od společnosti U:fon. Pokrytí signálem je v současné době na dobré úrovni a neustále se zlepšuje. V závislosti na kvalitě signálu a počtu připojených uživatelů se průměrná rychlost datového přenosu (download) při plném vytížení operátora u technologie CDMA pohybuje přibližně kolem 30 kB/s a časová odezva 95 ms. Nevýhodou technologie CDMA je skutečnost, že reálně dosahované rychlosti přenosu dat jsou mnohem nižší než rychlosti udávané operátory. Rychlost je výrazně závislá na dvou skutečnostech. Kvalita signálu a počet připojených uživatelů na jednu základnovou stanici velmi výrazně ovlivňuje její přenosové vlastnosti.

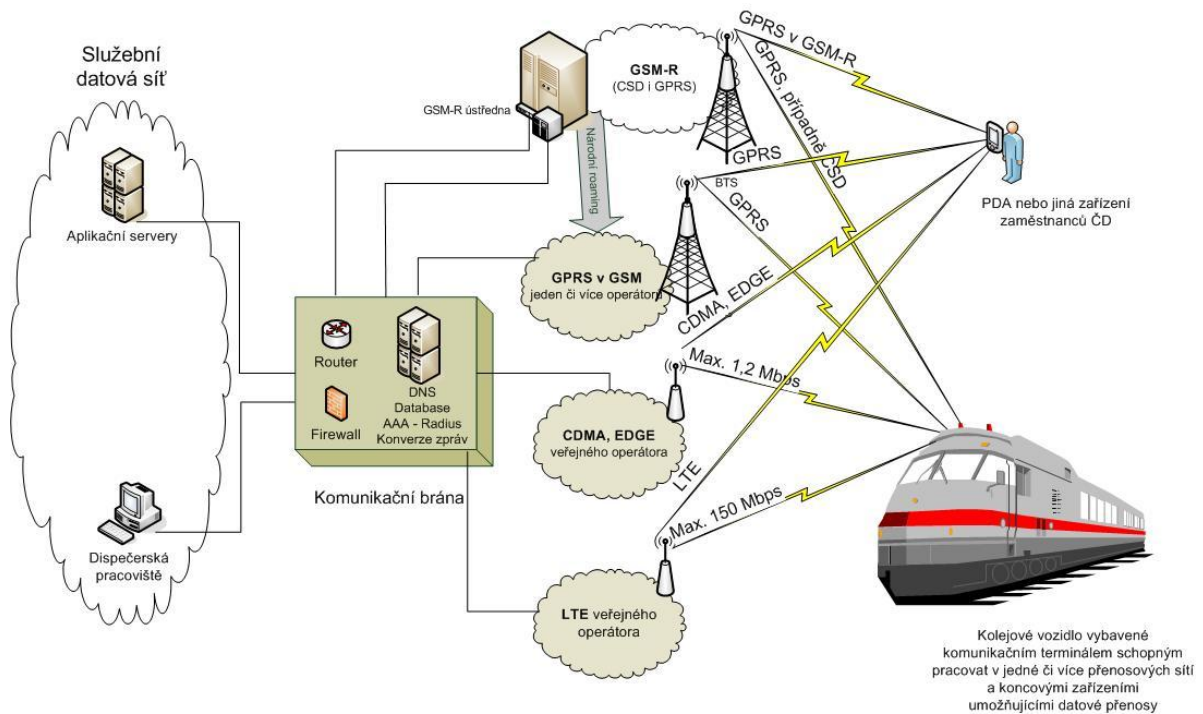
Druhou možností je využít technologii EDGE prostřednictvím sítě GSM. Z hlediska nákladů a možností rychlého nasazení je tato technologie ze všech hodnocených technologií nejvhodnější. Technologie EDGE je v podstatě vylepšená technologie GPRS. Je plně funkční na stávající HW technologii. Technologie EDGE je bez větších problémů dostupná prostřednictvím sítí veřejných operátorů GSM ve velkých městech. V ostatních místech je pokrytí území službou EDGE problémové, ale ze všech hodnocených technologií je pokrytí největší. Hlavní výhodou technologie EDGE je vlastnost, že v okamžiku nedostupnosti, nebo nekvalitního signálu, se uživatelské koncové zařízení automaticky přepne na připojení pomocí technologie GPRS, u kterého je pokrytí téměř bezproblémové. V případě nasazení této technologie je velká nevýhoda, kterou musí vedení Českých drah důkladně zvážit. Technologie GPRS/EDGE se v porovnání s ostatními technologiemi vyznačuje malou rychlostí datového přenosu a velkou časovou odezvou připojení. V závislosti na kvalitě signálu se průměrná rychlost datového přenosu (download) při plném vytížení operátora u technologie EDGE pohybuje přibližně kolem 23 kB/s a časová odezva 600 ms, u technologie GPRS je průměrná rychlost datového přenosu (download) přibližně 5 kB/s a časová odezva 900 ms.

Třetí možností je využít technologii HSDPA od společnosti Telefónica O2, nebo technologii UMTS TDD (obchodní označení internet 4G) od společnosti T-Mobile. Průměrná rychlost datového přenosu (download) při plném vytížení operátora využívajícího některou z těchto technologií je kolem 150 kB/s a časová odezva kolem 180 ms. Využití těchto technologií je však v současné době nereálné. Pokrytí službou HSDPA a UMTS TDD je v dnešní době pouze v několika velkých městech.

Z pohledu budoucího rozvoje a využitelnosti pro rozvoj aplikací Českých drah by bylo vhodné v prostředí Českých drah začít budovat technologii LTE. Nástup technologie LTE v České republice bohužel silně zaostává v porovnání s Evropou. Zatím jediný operátor T-Mobile oznámil začátek budování této technologie a Telefónica O2 se rozhodla pro rozsáhlý test technologie LTE v České republice. Rychlost datového přenosu (download) u technologie LTE se v současné době pohybuje přibližně kolem 15 MB/s a časová odezva 30 ms. Technické možnosti a rezervy jsou na více než vynikající úrovni. Uvažuje se o dosažení rychlosti datového přenosu (download) 150 MB/s. Další velkou výhodou technologie LTE je ne příliš velká náročnost přestavby vysílačů a HW při přechodu z technologie GPRS/EDGE na LTE.



Na následujícím obrázku je uveden návrh ŽBPS s využitím současných bezdrátových datových přenosových technologií 2,5 – 4G využitelných v prostředí Českých drah. V souvislosti se zavedením nových technologií bezdrátových datových přenosů bude do prostředí ŽBPS nutná implementace dalších rozhraní (interface) datových komunikací budoucích přenosových sítí. Tato implementace bude poměrně velký zásah do prostředí ŽBPS.



Obrázek 24: Návrh ŽBPS

## 7. Závěr a přínos práce pro vědu a praxi

Přínosem disertační práce pro vědu a praxi je návrh nové metodiky na zvýšení bezpečnosti dat a elektronické komunikace s využitím systému řízení informační bezpečnosti v souladu s normou ČSN ISO/IEC 17799:2005 a ČSN BS7799-2:2004 a návrh využití BWA technologií datových přenosů mezi stacionárními a mobilními objekty v prostředí Českých drah.

Pro zajištění maximální informační bezpečnosti bezdrátových datových přenosů a všech činností s ní spojenými je s využitím PDCA modelu navržena metodika pro zavedení systému řízení informační bezpečnosti. Uživatelé ICT podceňují možnost ohrožení datových přenosů, informací, dat a aktiv společnosti.

Návrh využití BWA technologií datových přenosů vychází z experimentálního měření parametrů vybraných současných technologií bezdrátových datových přenosů veřejných operátorů a analýzy možných důsledků a závažnosti dopadů vzniklých zavedením nové technologie bezdrátových přenosů dat. S použitím analýzy FMEA byly identifikovány možné důsledky a závažnosti dopadů při využití jednotlivých technologií. Metodika, navržené formuláře a výstupy FMEA jsou připravené pro další budoucí využití v závislosti na nově vzniklý vývoj technologií a vliv okolí.

V disertační práci byla zkoumána problematika využití nejnovějších technologií bezdrátových přenosů dat v prostředí Českých drah, se zaměřením na přenos dat mezi stacionárními a mobilními objekty. Technologie bezdrátových datových přenosů prochází velmi dynamickým rozvojem. V současné době existuje řada technologií, které by bylo možno v prostředí železnic využívat. Dostupná literatura v knižní podobě však pozbývá rychle na aktuálnosti. Bylo nutno pracovat s nejnovějšími aktuálně zveřejňovanými informacemi.

V práci se podařilo vytvořit novou metodiku na zvýšení bezpečnosti dat a elektronické komunikace a návrh využití BWA technologií datových přenosů v prostředí Českých drah. Významným přínosem bude zvýšení bezpečnosti, komfortu a mobility v prostředí Českých drah. Stanovené cíle disertační práce byly splněny.

## Literatura

- [1] ANSGAR, Bergmann; DIRK, Munning; KLAUS, Konrad. *Collaborative approach to GSM-R*. European Railway Review, 2/2001. s. 49-52.
- [2] BEŠŤÁK, PRAVDA. *Sítě UMTS*. České vysoké učení technické v Praze, FEL. 2005. Dostupný z WWW: < <http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=site-umts&cisloclanku=2005113001>>.
- [3] BS ISO/IEC 17799:2000 (BS 7799-1:2000). *Information Technology, Code of Practice for Information Security Management*. Published: British Standards Institution, 2000. ISBN 9780580369582.
- [4] ČSN BS7799-2:2004. *Systém managementu bezpečnosti informací - Specifikace s návodem pro použití*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [5] ČSN EN 50159-1. *Drážní zařízení - Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat – Část 2: Komunikace v otevřených přenosových zabezpečovacích systémech*. Praha: Český normalizační institut, 2002. 20s.
- [6] ČSN EN 50159-2. *Drážní zařízení - Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat – Část 1: Komunikace v uzavřených přenosových zabezpečovacích systémech*. Praha: Český normalizační institut, 2002. 48s.
- [7] ČSN ISO/IEC 17799. *Informační technologie-Bezpečnostní technologie-Soubor postupů pro management*. Vydání první. Praha: Český normalizační institut, 2007. 101s.
- [8] ČSN ISO/IEC 17799:2005. *Informační technologie – Soubor postupů pro řízení informační bezpečnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [9] ČSN ISO/IEC 27001. *Informační technologie-Bezpečnostní techniky-Systémy managementu bezpečnosti informací - Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 36s.
- [10] FIALA, Alois a kolektiv autorů. *Management jakosti s podporou norem ISO 9000:200*. Základní dílo včetně 24. Aktualizace, 2006. Copyright © 2006 by Dashöfer Holding, Ltd. & Verlag Dashöfer, nakladatelství s.r.o.. s. 3310. Dostupný z WWW: <<http://www.dashofer.cz/>>.
- [11] KOLÁŘ, Petr. *Využití vlastností digitálních přenosových sítí pro řízení železničního provozu*. Vědeckotechnický sborník ČD č. 26/2008, říjen 2008.

- [12] LÁNSKÝ, Milan; MAZÁNEK, Jan. *Diagnostika a informační diagnostické systémy I*. Vydání první. Univerzita Pardubice, 1998. 106 s. ISBN 80-7194-155-7.
- [13] MACH, P. *Přenosy dat ve standardu IEEE 802.16 (WiMAX)*. České vysoké učení technické v Praze, FEL. 2008. Dostupný z WWW: <<http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=prenosy-dat-ve-standardu-ieee-802-16-wimax&cisloclanku=2008050005>>.
- [14] MACHÁČEK, Miloslav. *Bezpečnost dat při použití WiFi sítě standardu 802.11*. Sborník příspěvků IX. ročníku mezinárodní konference internet a bezpečnost organizací. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 20. března 2007. s. 32. ISBN 978-80-7318-548-0.
- [15] MACHÁČEK, Miloslav. *Bezpečnost informací*. Sborník příspěvků mezinárodní konference studentů doktorských studijních programů IMEA – VIII. Technická univerzita v Liberci, 15. a 16. května 2008. s. 19. ISBN 978-30-7372-331-6.
- [16] MACHÁČEK, Miloslav. *The Informative Safeness in Practice*. Collection of contribution X. Annual International Conference The internet, competitiveness and the organisational security. Tomas Bata University in Zlin, 26th March 2008. p. 39. ISBN 978-80-7318-548-0.
- [17] NENADÁL, Jaroslav a kolektiv autorů. *Integrovaný systém řízení, praktická příručka pro managery jakosti, ekology a bezpečnostní techniky*. Základní dílo včetně 8. aktualizace, 2007. Copyright © 2007 by Dashöfer Holding, Ltd. & Verlag Dashöfer, nakladatelství s.r.o.. s. 1389. Dostupný z WWW: <<http://www.dashofer.cz/>>.
- [18] ORLICKÝ, Daniel. *Bezdrátové komunikace*, 2007. Dostupný z WWW: <[http://www.rapidshare.com/files/3236141/bezdratove\\_komunikace.pdf](http://www.rapidshare.com/files/3236141/bezdratove_komunikace.pdf)>.
- [19] PETERKA, Jiří. *Bezdrátové přenosy, Wi-Fi, bezdrátové technologie, datové přenosy, mobilní dat*. 2002-2007. Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz>>.
- [20] PETERKA, Jiří. *Mobilní datové přenosy*. IT-NET:magazín informačních technologií, č. 11/2001.
- [21] Portál ČVUT, Fakulta dopravní, katedra řídicí techniky a telematiky. *Definice dopravního řetězce*. Dostupný z WWW: <[http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok\\_2001/definice.htm](http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok_2001/definice.htm)>.
- [22] PUŽMANOVÁ, Rita. *Bezpečnost bezdrátové komunikace: Jak zabezpečit WiFi, Bluetooth, GPRS či 3G*. Vydání první. Náměstí 28. dubna 48, 635 00 Brno: CP Books, a.s.. 2005. 179 s. ISBN 80-251-0791-4.

- [23] RANDALL K. Nichols; PANOS C. Lekkas. *Wireless Security*. McGraw-Hill, 2001. 657 s. ISBN 0071380388.
- [24] ROSS, John. *The Book of Wi-Fi*. Vydání první. Publisher: Oreilly & Associates Inc, 2008. 336 s. ISBN 1593271697.
- [25] RYSAVY RESEARCH LLC. *EDGE, HASPA, and LTE Broadband innovation*, September 2008. ISBN 1-541-386-7475. Dostupný z WWW: <<http://www.rysav.com>>.
- [26] ŠUSTR, Jiří. *GSM-R, mobilní komunikační systém pro železnici*. Vědeckotechnický sborník ČD č. 20/2005.
- [27] VAŠÁTKO, Jaroslav. *Zavádění systému ERTMS u ČD*. Vědeckotechnický sborník ČD, č. 20/2005.
- [28] Zákaznický portál společnosti CELKOM Praha, s r.o.. *Princip fungování GSM sítě*. Dostupný z WWW: <<http://www.zesilovac-signalu.cz>>
- [29] Zákaznický portál společnosti Telefónica O2. *Mapa pokrytí, modemy*. Dostupný z WWW: <<https://portal.cz.o2.com>>.
- [30] Zákaznický portál společnosti T-Mobile. *Mapa pokrytí, modemy*. Dostupný z WWW: <<http://www2.t-mobile.cz>>.
- [31] Zákaznický portál společnosti U:fon. *Mapa pokrytí, modemy*. Dostupný z WWW: <<http://www.ufon.cz>>.
- [32] Zákaznický portál společnosti Vodafone. *Mapa pokrytí, modemy*. Dostupný z WWW:<<http://www.vodafone.cz>>.
- [33] ZANDL, Patrick. *Bezdrátové sítě WiFi, Praktický průvodce*. Vydání první. Náměstí 28. dubna 48, 635 00 Brno: Computer Press, a.s.. 2006. 204 s. ISBN: 80-722-6632.
- [34] ŽÁK, David; MALÍK, Petr. *Analýza požadavků na bezdrátové přenosy*. Projekt MPO TANDEM FT-TA4/055. 2007. Vzor VZ 1406, ver. 3.
- [35] ŽÁK, David; SIEBER, Vladimír. *Využití vozidlového terminálu FXM20 pro datové přenosy na železnici*. 2007.
- [36] ŽÁK, David. *Architektura řešení pro datovou komunikaci s kolejovými vozidly*. Sborník příspěvků konference InfoTrans. Univerzita Pardubice, 25. - 26. 9. 2007. str. 323-328. ISBN 978-80-7194-989-3.

- [37] ŽÁK, David. *Zajištění datové komunikace mezi drážními vozidly a infrastrukturou*. Sborník 3. konference Moderní zabezpečovací, řídicí a telekomunikační technika na tratích ČR jako součásti evropského železničního systému. České Budějovice, 2007. str. 149-154.

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma dopravního řetězce (21) .....	6
Obrázek 2: Elektromagnetické spektrum.....	7
Obrázek 3: Buňková struktura (28) .....	12
Obrázek 4: Kmitočtová pásma systémů GSM a GSM-R .....	13
Obrázek 5: Struktura systému UMTS .....	20
Obrázek 6: Topologie sítě WiMAX bod - mnoho bodů .....	22
Obrázek 7: Topologie sítě WiMAX - mesh.....	23
Obrázek 9: Telefónica O2, technologie EDGE zákaznický portál (29) .....	24
Obrázek 8: Předpokládaný vývoj mobilních datových standardů (25) .....	24
Obrázek 10: T-Mobile, technologie EDGE zákaznický portál (30) .....	25
Obrázek 11: Vodafone, technologie EDGE zákaznický portál (32).....	25
Obrázek 12: U:fon, technologie CDMA zákaznický portál (31) .....	25
Obrázek 13: Telefónica O2, technologie HSDPA zákaznický portál (29) .....	26
Obrázek 14: T-Mobile, technologie UMTS TDD zákaznický portál (30) .....	26
Obrázek 15: Koridor E (Úřední věstník EU 2009/561/ES) .....	27
Obrázek 16: Schéma ŽBPS .....	29
Obrázek 17: PDCA.....	31
Obrázek 18: Telefónica O2 - modem HUAWEI E160 (29) .....	34
Obrázek 19: T - Mobile - modem HUAWEI E160 (30) .....	34
Obrázek 20: T - Mobile - 4G Combi karta (30) .....	34
Obrázek 21: Vodafone - modem HUAWEI E172 (32) .....	35
Obrázek 22: U:fon - modem AnyData ADU-510L (31) .....	35
Obrázek 23: PDCA model aplikovaný na navržené systémy .....	59
Obrázek 24: Návrh ŽBPS.....	72

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Časová odezva připojení .....	38
Tabulka 2: Rychlost datového přenosu připojení (download) [kB/s] .....	42
Tabulka 3: Navržená místa vzniku problémů .....	49
Tabulka 4: Průměrná hodnota RPN.....	58



## Seznam grafů

Graf 1: Průměrná časová odezva připojení .....	39
Graf 2: Střední kvadratická odchylka časové odezvy připojení.....	39
Graf 3: Časová odezva připojení - T-Mobile UMTS TDD.....	40
Graf 4: Časová odezva připojení - Telefónica O2 HSDPA .....	40
Graf 5: Časová odezva připojení - U:fon CDMA .....	41
Graf 6: Časová odezva připojení - T-Mobile EDGE .....	41
Graf 7: Časová odezva připojení - Telefónica O2 EDGE .....	41
Graf 8: Časová odezva připojení - Vodafone EDGE.....	42
Graf 9: Průměrná rychlost datového přenosu připojení (download) .....	43
Graf 10: Střední kvadratická odchylka rychlosti datového přenosu připojení (download).....	43
Graf 11: Rychlost datového přenosu připojení - T-Mobile UMTS TDD .....	44
Graf 12: Rychlost datového přenosu připojení - Telefónica O2 HSDPA.....	45
Graf 13: Rychlost datového přenosu připojení - T-Mobile EDGE.....	45
Graf 14: Rychlost datového přenosu připojení - Telefónica O2 EDGE.....	45
Graf 15: Rychlost datového přenosu připojení - Vodafone EDGE .....	46
Graf 16: Rychlost datového přenosu připojení - U:fon CDMA.....	46
Graf 17: Hodnoty RPN technologie LTE.....	51
Graf 18: Hodnoty RPN technologie HSPA .....	52
Graf 19: Hodnoty RPN technologie EDGE .....	53
Graf 20: Hodnoty RPN technologie UMB .....	54
Graf 21: Hodnoty RPN technologie CDMA2000.....	55
Graf 22: Hodnoty RPN technologie WiMAX .....	56
Graf 23: Hodnoty RPN technologie LTE, HSPA, EDGE, UMB, CDMA2000, WiMAX.....	57
Graf 24: Průměrná hodnota RPN .....	58

## Seznam použitých zkratek

3GPP	- The 3rd Generation Partnership Project
3GPP2	- The 3rd Generation Partnership Project 2
AMR	- Adaptive Multi Rate
Bluetooth	- bezdrátová komunikační technologie
BSC	- Base Station Controller
BSS	- Base Station Subsystem
BTS	- Base Transceiver Station
BWA	- Broadband Wireless Access
CDMA	- code division multiple access
EAP	- Extensible Authentication Protocol
ECSD	- Enhanced Circuit Switched Data
EDGE	- Enhanced Data rates for GSM Evolution
EFR	- Enhanced Full Rate
EGPRS	- Enhanced GPRS
EGSM	- extended GSM
ERMTS	- European Rail Train Management Systém
ETCS	- European Train Control Systém
ETSI	- European Telecommunications Standards Institute
EVC	- European vital computer
FDD	- Frequency Division Duplexing
FMEA	- Failure Mode And Effect Analysis
FRS	- Functional Requirements Specification
GPRS	- General Packet Radio Service
GSM	- Global System for Mobile communication
GSM-R	- Global System for Mobile communication - Railways
HSCSD	- High Speed Circuit Switched Data
HSDPA	- High Speed Downlink Packet Access
HSPA	- High Speed Packet Access

ICT	- Information and Communication Technologies
IP	- Internet Protocol
ISDN	- Integrated Services Digital Network
ISM	- Industry-Science-Medical (pásmo určené pro průmysl)
ISMS	- Information Security Management System
JRU	- Záznamová jednotka
LEAP	- Lightweight Extensible Authentication Protocol
LEU	- Lineside electronic unit
LTE	- Long Term Evolution
MAC	- Media Access Control
MExE	- Mobile Execution Environment
MMI	- Man Machine Interface
NŽK	- Národní železniční koridor
OECD	- Organisation for Economic Co-operation and Development
OPD	- Operační program Doprava
PDA	- Personal Digital Assistant
PDCA	- Plan Do Check Act
PEAP	- Protected Extensible Authentication Protocol
PGSM	- primary GSM
PT	- projektový tým
RBC	- Radio block centre
RPN	- Risk priority number
RTG	- rentgenové záření
SAT	- SIM Application Toolkit
SIM	- Subscriber Identity Module
SRS	- System Requirements Specification
STM	- Specific transmission module
TDD	- Time-Division Duplexing
TFO	- Tandem Free Operation
TLS	- Transport Layer Security

TRS	- traťový radiový systém
TTLS	- Tunneled Transport Layer Security
UIC	- International Union of Railways
UMB	- Ultra Mobile Broadband
UMTS	- Universal Mobile Telecommunication System
UV	- ultrafialové záření
VBS	- jednosměrné skupinové volání
VGCS	- obousměrné skupinové volání
WAP	- Wireless Application Protocol
WEP	- Wired Equivalent Privacy
WEP2	- Wired Equivalent Privacy 2
WiFi	- wireless fidelity
WiMAX	- Worldwide Interoperability for Microwave Access
WPA	- Wi-Fi Protected Access
WPA2	- Wi-Fi Protected Access2
ŽBPS	- železniční bezdrátová přenosová síť

## Seznam vlastních publikací

- [1] MACHÁČEK, Miloslav. *Bezdrátová elektronická komunikace a řízení informační bezpečnosti v železniční dopravě*. IMEA - IX. mezinárodní konference studentů doktorských studijních programů v oblastech informatika, management, ekonomie a veřejná správa. Univerzita Hradec Králové, Fakulta informatiky a managementu, 28. 5. 2009. s. 19. ISBN 978-30-7372-331-6.
- [2] MACHÁČEK, Miloslav; ŽÁK, David. *Wireless data transmission and information security in the Czech Railways*. Internet, Competitiveness and Organisational Security in Knowledge Society XI. Annual International Conference. Tomas Bata University in Zlin, 24 - 25th March 2009. p. 41. ISBN 978-80-7318-828-3.
- [3] MACHÁČEK, Miloslav. *The Informative Safeness in Practice*. Collection of contribution X. Annual International Conference The internet, competitiveness and the organisational security. Tomas Bata University in Zlin, 26th March 2008. p. 39. ISBN 978-80-7318-548-0.
- [4] MACHÁČEK, Miloslav. *Bezpečnost informací*. Sborník příspěvků mezinárodní konference studentů doktorských studijních programů IMEA – VIII. Technická univerzita v Liberci, 15. a 16. května 2008. s. 19. ISBN 978-30-7372-331-6.
- [5] MACHÁČEK, Miloslav. *Bezpečnost dat při použití WiFi sítí standardu 802.11*. Sborník příspěvků IX. ročníku mezinárodní konference internet a bezpečnost organizací. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 20. března 2007. s. 32. ISBN 978-80-7318-548-0.

Přílohy P1 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie LTE

Identifikace procesu:				Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE						
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav		Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů					
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
1	Technologická podpora, hotline	Nedostatečná a chybějící uživatelská podpora	Problémy při řešení závad	Podpora provozovatele		8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
2	Úroveň technologie a vypělost	Nízká technologická úroveň a vypělost	Není pravděpodobnost budoucího rozvoje, slabá pozice na trhu v příštích letech	Nástup nových vyspělejších technologií		10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
3	Pokrytí veřejnými sítěmi v roce 2009	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v současné době			4	10	1	40	Sledovat vývoj technologie
4	Nabídka koncových zařízení v roce 2009	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v současné době			4	9	1	36	Sledovat vývoj technologie
5	Pokrytí veřejnými sítěmi v příštích letech	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	2	1	20	Sledovat vývoj technologie
6	Nabídka koncových zařízení v příštích letech	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v příštích letech			10	2	1	20	Sledovat vývoj technologie
7	Úroveň radiové technologie	Nedostatečná optimalizace (TDMA, CDMA, OFDMA)	Nepropracovaná technologie v porovnání s ostatními, není konkurenceschopné v příštích letech			9	2	2	36	Sledovat vývoj technologie
8	Datová propustnost (download, upload)	Nízká datová propustnost (download, upload) pro využití v příštích letech	Nezáměr nových uživatelů, neperspektivní, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	2	1	20	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
9	Integrace hlasových služeb	Není umožněn přenos hlasu	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	1	1	9	Sledovat vývoj technologie
10	Úroveň využití spektra kanálu pro kombinaci služeb	Nevyužitelné pro míchání hlasové a datové služby	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	1	1	9	Sledovat vývoj technologie
11	Mobilita	Problémy při rychlostech nad 150 Km/hod	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
12	Podpora služby QoS	Neposkytování služby s definovanou kvalitou	Není konkurenceschopné	Vlastnost technologie		8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
13	Latence (zpoždění)	Velká latence	Výrazné zpomalení chodu aplikací, velké odezvy	Vlastnost technologie		10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie
14	Bezpečnost bezdrátového datového přenosu	Nízký stupeň bezpečnosti	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
15	Současný stav rozšíření v ČR	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
16	Současný stav rozšíření v Evropě	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie
17	Plánovaný budoucí rozvoj technologie	Neplánuje se, technologie je neperspektivní	Technologie je určena k zániku			10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie
18	Podpora stávajících operátorů (O2, T-Mobile a Vodafone)	Nezájem o technologii	Riziko malého rozšíření, nezájem uživatelů			10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie
19	Výsledky testů z reálného provozu	Negativní výsledky testů, nevyhovující parametry	Nezájem uživatelů, neperspektivní technologie			9	1	2	18	Sledovat vývoj technologie
20	Podpora ČTÚ, udělení licence	Nepodporuje	Technologie je určena k zániku			10	1	1	10	Sledovat vývoj technologie



Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
21	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
22	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
23	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
24	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
25	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
26	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
27	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
28	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
29	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
30	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
31	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
32	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
33	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
34	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
35	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
36	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
37	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
38	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
39	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
40	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
41	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
42	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
43	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
44	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
45	Aplikace aktivní odsta- vení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
46	Aplikace aktivní odsta- vení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
47	Aplikace aktivní odsta- vení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
48	Aplikace aktivní odsta- vení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
49	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
50	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
51	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
52	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
53	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
54	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
55	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
56	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
57	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Malý datový tok	Testování připojení	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
58	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Velká latence	Testování připojení	8	2	2	32	Sledovat vývoj technologie
59	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Chyby při přenosu dat	Testování připojení	10	2	3	60	Sledovat vývoj technologie
60	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Výpadky konektivity	Testování připojení	10	2	3	60	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie LTE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
61	Podpora vedení ČD nasadit vysokorychlostní datový přenos	Nezájem nasadit technologii	Nutnost prosadit jiné řešení	Rozhodnutí vedení	Zajistit dostatek podkladů pro další rozhodování	8	2	2	32	Sledovat vývoj technologie
62	Videotelefonování	Nevyužitelné pro videotelefonování	Není konkurenceschopné	Velké časové odezvy		8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie

Přílohy P2 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie HSPA

Identifikace procesu:				Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA						
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav		Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů					
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Vyskyt	Odhalení	RPN	
1	Technologická podpora, hotline	Nedostatečná a chybějící uživatelská podpora	Problémy při řešení závad	Podpora provozovatele		8	2	2	32	Sledovat vývoj technologie
2	Úroveň technologie a vypělost	Nízká technologická úroveň a vypělost	Není pravděpodobnost budoucího rozvoje, slabá pozice na trhu v příštích letech	Nástup nových vyspělejších technologíí		10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
3	Pokrytí veřejnými sítěmi v roce 2009	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v současné době			4	7	1	28	Sledovat vývoj technologie
4	Nabídka koncových zařízení v roce 2009	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v současné době			4	6	1	24	Sledovat vývoj technologie
5	Pokrytí veřejnými sítěmi v příštích letech	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	2	1	20	Sledovat vývoj technologie
6	Nabídka koncových zařízení v příštích letech	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v příštích letech			10	2	1	20	Sledovat vývoj technologie
7	Úroveň radiové technologie	Nedostatečná optimalizace (TDMA, CDMA, OFDMA)	Nepropracovaná technologie v porovnání s ostatními, není konkurenceschopné v příštích letech			9	4	2	72	Sledovat vývoj technologie
8	Datová propustnost (download, upload)	Nízká datová propustnost (download, upload) pro využití v příštích letech	Nezáměr nových uživatelů, neperspektivní, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	3	1	30	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
9	Integrace hlasových služeb	Není umožněn přenos hlasu	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	1	1	9	Sledovat vývoj technologie
10	Úroveň využití spektra kanálu pro kombinaci služeb	Nevyužitelné pro míchání hlasové a datové služby	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	1	1	9	Sledovat vývoj technologie
11	Mobilita	Problémy při rychlostech nad 150 Km/hod	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
12	Podpora služby QoS	Neposkytování služby s definovanou kvalitou	Není konkurenceschopné	Vlastnost technologie		8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
13	Latence (zpoždění)	Velká latence	Výrazné zpomalení chodu aplikací, velké odezvy	Vlastnost technologie		10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
14	Bezpečnost bezdrátového datového přenosu	Nízký stupeň bezpečnosti	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie



Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
15	Současný stav rozšíření v ČR	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
16	Současný stav rozšíření v Evropě	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie
17	Plánovaný budoucí rozvoj technologie	Neplánuje se, technologie je neperspektivní	Technologie je určena k zániku			10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
18	Podpora stávajících operátorů (O2, T-Mobile a Vodafone)	Nezájem o technologii	Riziko malého rozšíření, nezájem uživatelů			10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
19	Výsledky testů z reálného provozu	Negativní výsledky testů, nevyhovující parametry	Nezájem uživatelů, neperspektivní technologie			9	2	2	36	Sledovat vývoj technologie
20	Podpora ČTÚ, udělení licence	Nepodporuje	Technologie je určena k zániku			10	2	1	20	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
21	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
22	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
23	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
24	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
25	Aplikace pracovní místo strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
26	Aplikace pracovní místo strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
27	Aplikace pracovní místo strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
28	Aplikace pracovní místo strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
29	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
30	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
31	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
32	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
33	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
34	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
35	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
36	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
37	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
38	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
39	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
40	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
41	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
42	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
43	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
44	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
45	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
46	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
47	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
48	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
49	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
50	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
51	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
52	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
53	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
54	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
55	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
56	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
57	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Malý datový tok	Testování připojení	8	3	1	24	Sledovat vývoj technologie
58	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Velká latence	Testování připojení	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
59	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Chyby při přenosu dat	Testování připojení	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
60	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Výpadky konektivity	Testování připojení	10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie HSPA					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
61	Podpora vedení ČD nasadit vysokorychlostní datový přenos	Nezájem nasadit technologii	Nutnost prosadit jiné řešení	Rozhodnutí vedení	Zajistit dostatek podkladů pro další rozhodování	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
62	Videotelefonování	Nevyužitelné pro videotelefonování	Není konkurenceschopné	Velké časové odezvy		8	5	1	40	Sledovat vývoj technologie

Přílohy P3 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie EDGE

Identifikace procesu:				Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE						
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav		Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů					
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Vyskyt	Odhalení	RPN	
1	Technologická podpora, hotline	Nedostatečná a chybějící uživatelská podpora	Problémy při řešení závad	Podpora provozovatele		8	2	2	32	Sledovat vývoj technologie
2	Úroveň technologie a vypělost	Nízká technologická úroveň a vypělost	Není pravděpodobnost budoucího rozvoje, slabá pozice na trhu v příštích letech	Nástup nových vyspělejších technologíí		10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
3	Pokrytí veřejnými sítěmi v roce 2009	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v současné době			4	4	1	16	Sledovat vývoj technologie
4	Nabídka koncových zařízení v roce 2009	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v současné době			4	4	1	16	Sledovat vývoj technologie
5	Pokrytí veřejnými sítěmi v příštích letech	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
6	Nabídka koncových zařízení v příštích letech	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v příštích letech			10	8	2	160	Sledovat vývoj technologie
7	Úroveň radiové technologie	Nedostatečná optimalizace (TDMA, CDMA, OFDMA)	Nepropracovaná technologie v porovnání s ostatními, není konkurenceschopné v příštích letech			9	9	2	162	Sledovat vývoj technologie
8	Datová propustnost (download, upload)	Nízká datová propustnost (download, upload) pro využití v příštích letech	Nezáměr nových uživatelů, neperspektivní, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie



Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
9	Integrace hlasových služeb	Není umožněn přenos hlasu	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	1	1	9	Sledovat vývoj technologie
10	Úroveň využití spektra kanálu pro kombinaci služeb	Nevyužitelné pro míchání hlasové a datové služby	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	1	1	9	Sledovat vývoj technologie
11	Mobilita	Problémy při rychlostech nad 150 Km/hod	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	8	2	160	Sledovat vývoj technologie
12	Podpora služby QoS	Neposkytování služby s definovanou kvalitou	Není konkurenceschopné	Vlastnost technologie		8	4	1	32	Sledovat vývoj technologie
13	Latence (zpoždění)	Velká latence	Výrazné zpomalení chodu aplikací, velké odezvy	Vlastnost technologie		10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
14	Bezpečnost bezdrátového datového přenosu	Nízký stupeň bezpečnosti	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	5	2	100	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
15	Současný stav rozšíření v ČR	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
16	Současný stav rozšíření v Evropě	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
17	Plánovaný budoucí rozvoj technologie	Neplánuje se, technologie je neperspektivní	Technologie je určena k zániku			10	10	2	200	Sledovat vývoj technologie
18	Podpora stávajících operátorů (O2, T-Mobile a Vodafone)	Nezájem o technologii	Riziko malého rozšíření, nezájem uživatelů			10	5	2	100	Sledovat vývoj technologie
19	Výsledky testů z reálného provozu	Negativní výsledky testů, nevyhovující parametry	Nezájem uživatelů, neperspektivní technologie			9	5	2	90	Sledovat vývoj technologie
20	Podpora ČTÚ, udělení licence	Nepodporuje	Technologie je určena k zániku			10	1	1	10	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
21	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
22	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
23	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
24	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie
25	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
26	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
27	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
28	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
29	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
30	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
31	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
32	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie
33	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
34	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
35	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
36	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
37	Aplikace elektrodyspečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
38	Aplikace elektrodyspečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
39	Aplikace elektrodyspečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
40	Aplikace elektrodyspečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie
41	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
42	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
43	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
44	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
45	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
46	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
47	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
48	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie
49	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
50	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
51	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
52	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
53	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
54	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
55	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	3	90	Sledovat vývoj technologie
56	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	4	3	120	Sledovat vývoj technologie
57	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Malý datový tok	Testování připojení	9	8	2	144	Sledovat vývoj technologie
58	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Velká latence	Testování připojení	9	8	2	144	Sledovat vývoj technologie
59	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Chyby při přenosu dat	Testování připojení	10	4	4	160	Sledovat vývoj technologie
60	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Výpadky konektivity	Testování připojení	10	4	4	160	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie EDGE					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
61	Podpora vedení ČD nasadit vysokorychlostní datový přenos	Nezájem nasadit technologii	Nutnost prosadit jiné řešení	Rozhodnutí vedení	Zajistit dostatek podkladů pro další rozhodování	8	9	2	144	Sledovat vývoj technologie
62	Videotelefonování	Nevyužitelné pro videotelefonování	Není konkurenceschopné	Velké časové odezvy		8	9	2	144	Sledovat vývoj technologie



Přílohy P4 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie UMB

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Vyskyt	Odhalení	RPN	
1	Technologická podpora, hotline	Nedostatečná a chybějící uživatelská podpora	Problémy při řešení závad	Podpora provozovatele		8	5	2	80	Sledovat vývoj technologie
2	Úroveň technologie a vypělost	Nízká technologická úroveň a vypělost	Není pravděpodobnost budoucího rozvoje, slabá pozice na trhu v příštích letech	Nástup nových vyspělejších technologií		10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie
3	Pokrytí veřejnými sítěmi v roce 2009	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v současné době			4	10	1	40	Sledovat vývoj technologie
4	Nabídka koncových zařízení v roce 2009	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v současné době			4	3	1	12	Sledovat vývoj technologie
5	Pokrytí veřejnými sítěmi v příštích letech	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
6	Nabídka koncových zařízení v příštích letech	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v příštích letech			10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
7	Úroveň radiové technologie	Nedostatečná optimalizace (TDMA, CDMA, OFDMA)	Nepropracovaná technologie v porovnání s ostatními, není konkurenceschopné v příštích letech			9	1	2	18	Sledovat vývoj technologie
8	Datová propustnost (download, upload)	Nízká datová propustnost (download, upload) pro využití v příštích letech	Nezáměr nových uživatelů, neperspektivní, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	2	4	80	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
9	Integrace hlasových služeb	Není umožněn přenos hlasu	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	1	1	9	Sledovat vývoj technologie
10	Úroveň využití spektra kanálu pro kombinaci služeb	Nevyužitelné pro míchání hlasové a datové služby	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	6	1	54	Sledovat vývoj technologie
11	Mobilita	Problémy při rychlostech nad 150 Km/hod	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
12	Podpora služby QoS	Neposkytování služby s definovanou kvalitou	Není konkurenceschopné	Vlastnost technologie		8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
13	Latence (zpoždění)	Velká latence	Výrazné zpomalení chodu aplikací, velké odezvy	Vlastnost technologie		10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie
14	Bezpečnost bezdrátového datového přenosu	Nízký stupeň bezpečnosti	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	1	2	20	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:				Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB						
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav		Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů					
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
15	Současný stav rozšíření v ČR	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	10	2	200	Sledovat vývoj technologie
16	Současný stav rozšíření v Evropě	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
17	Plánovaný budoucí rozvoj technologie	Neplánuje se, technologie je neperspektivní	Technologie je určena k zániku			10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
18	Podpora stávajících operátorů (O2, T-Mobile a Vodafone)	Nezájem o technologii	Riziko malého rozšíření, nezájem uživatelů			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
19	Výsledky testů z reálného provozu	Negativní výsledky testů, nevyhovující parametry	Nezájem uživatelů, neperspektivní technologie			9	2	2	36	Sledovat vývoj technologie
20	Podpora ČTÚ, udělení licence	Nepodporuje	Technologie je určena k zániku			10	9	1	90	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
21	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
22	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
23	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
24	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
25	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
26	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
27	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
28	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB					
Garant procesu vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
29	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
30	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
31	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
32	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
33	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
34	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
35	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
36	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
37	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
38	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
39	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
40	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
41	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
42	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
43	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
44	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
45	Aplikace aktivní odstavění hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
46	Aplikace aktivní odstavění hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
47	Aplikace aktivní odstavění hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
48	Aplikace aktivní odstavění hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
49	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
50	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
51	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
52	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
53	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
54	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
55	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
56	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
57	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Malý datový tok	Testování připojení	9	2	2	36	Sledovat vývoj technologie
58	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Velká latence	Testování připojení	9	2	2	36	Sledovat vývoj technologie
59	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Chyby při přenosu dat	Testování připojení	10	2	4	80	Sledovat vývoj technologie
60	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Výpadky konektivity	Testování připojení	10	2	4	80	Sledovat vývoj technologie



Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie UMB					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
61	Podpora vedení ČD nasadit vysokorychlostní datový přenos	Nezájem nasadit technologii	Nutnost prosadit jiné řešení	Rozhodnutí vedení	Zajistit dostatek podkladů pro další rozhodování	8	9	2	144	Sledovat vývoj technologie
62	Videotelefonování	Nevyužitelné pro videotelefonování	Není konkurenceschopné	Velké časové odezvy		8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie

Přílohy P5 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie CDMA2000

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Vyskyt	Odhalení	RPN	
1	Technologická podpora, hotline	Nedostatečná a chybějící uživatelská podpora	Problémy při řešení závad	Podpora provozovatele		8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
2	Úroveň technologie a vypělost	Nízká technologická úroveň a vypělost	Není pravděpodobnost budoucího rozvoje, slabá pozice na trhu v příštích letech	Nástup nových vyspělejších technologíí		10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
3	Pokrytí veřejnými sítěmi v roce 2009	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v současné době			4	9	1	36	Sledovat vývoj technologie
4	Nabídka koncových zařízení v roce 2009	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v současné době			4	2	1	8	Sledovat vývoj technologie
5	Pokrytí veřejnými sítěmi v příštích letech	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	7	2	140	Sledovat vývoj technologie
6	Nabídka koncových zařízení v příštích letech	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v příštích letech			10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie
7	Úroveň radiové technologie	Nedostatečná optimalizace (TDMA, CDMA, OFDMA)	Nepropracovaná technologie v porovnání s ostatními, není konkurenceschopné v příštích letech			9	3	2	54	Sledovat vývoj technologie
8	Datová propustnost (download, upload)	Nízká datová propustnost (download, upload) pro využití v příštích letech	Nezáměr nových uživatelů, neperspektivní, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
9	Integrace hlasových služeb	Není umožněn přenos hlasu	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	1	1	9	Sledovat vývoj technologie
10	Úroveň využití spektra kanálu pro kombinaci služeb	Nevyužitelné pro míchání hlasové a datové služby	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	9	1	81	Sledovat vývoj technologie
11	Mobilita	Problémy při rychlostech nad 150 Km/hod	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	8	2	160	Sledovat vývoj technologie
12	Podpora služby QoS	Neposkytování služby s definovanou kvalitou	Není konkurenceschopné	Vlastnost technologie		8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
13	Latence (zpoždění)	Velká latence	Výrazné zpomalení chodu aplikací, velké odezvy	Vlastnost technologie		10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
14	Bezpečnost bezdrátového datového přenosu	Nízký stupeň bezpečnosti	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
15	Současný stav rozšíření v ČR	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
16	Současný stav rozšíření v Evropě	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
17	Plánovaný budoucí rozvoj technologie	Neplánuje se, technologie je neperspektivní	Technologie je určena k zániku			10	4	2	80	Sledovat vývoj technologie
18	Podpora stávajících operátorů (O2, T-Mobile a Vodafone)	Nezájem o technologii	Riziko malého rozšíření, nezájem uživatelů			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
19	Výsledky testů z reálného provozu	Negativní výsledky testů, nevyhovující parametry	Nezájem uživatelů, neperspektivní technologie			9	3	2	54	Sledovat vývoj technologie
20	Podpora ČTÚ, udělení licence	Nepodporuje	Technologie je určena k zániku			10	9	1	90	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
21	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
22	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
23	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
24	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
25	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
26	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
27	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
28	Aplikace pracovní místo strojvedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
29	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
30	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
31	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
32	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
33	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
34	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
35	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
36	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
37	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
38	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
39	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
40	Aplikace elektrodispečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
41	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
42	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
43	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
44	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
45	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
46	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
47	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
48	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
49	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
50	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
51	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
52	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie



Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
53	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	2	1	16	Sledovat vývoj technologie
54	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
55	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
56	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
57	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Malý datový tok	Testování připojení	9	2	2	36	Sledovat vývoj technologie
58	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Velká latence	Testování připojení	9	3	2	54	Sledovat vývoj technologie
59	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Chyby při přenosu dat	Testování připojení	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
60	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Výpadky konektivity	Testování připojení	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie CDMA2000					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
61	Podpora vedení ČD nasadit vysokorychlostní datový přenos	Nezájem nasadit technologii	Nutnost prosadit jiné řešení	Rozhodnutí vedení	Zajistit dostatek podkladů pro další rozhodování	8	9	2	144	Sledovat vývoj technologie
62	Videotelefonování	Nevyužitelné pro videotelefonování	Není konkurenceschopné	Velké časové odezvy		8	4	1	32	Sledovat vývoj technologie

Přílohy P6 - Pracovní formuláře FMEA analýzy technologie WiMAX

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Vyskyt	Odhalení	RPN	
1	Technologická podpora, hotline	Nedostatečná a chybějící uživatelská podpora	Problémy při řešení závad	Podpora provozovatele		8	9	2	144	Sledovat vývoj technologie
2	Úroveň technologie a vypělost	Nízká technologická úroveň a vypělost	Není pravděpodobnost budoucího rozvoje, slabá pozice na trhu v příštích letech	Nástup nových vyspělejších technologíí		10	3	2	60	Sledovat vývoj technologie
3	Pokrytí veřejnými sítěmi v roce 2009	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v současné době			4	10	1	40	Sledovat vývoj technologie
4	Nabídka koncových zařízení v roce 2009	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v současné době			4	9	1	36	Sledovat vývoj technologie
5	Pokrytí veřejnými sítěmi v příštích letech	Nedostatečné pokrytí signálem	Nízké počty uživatelů, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	9	1	90	Sledovat vývoj technologie
6	Nabídka koncových zařízení v příštích letech	Nedostatek zařízení	Riziko nízkého rozšíření, nezáměr uživatelů v příštích letech			10	8	1	80	Sledovat vývoj technologie
7	Úroveň radiové technologie	Nedostatečná optimalizace (TDMA, CDMA, OFDMA)	Nepropracovaná technologie v porovnání s ostatními, není konkurenceschopné v příštích letech			9	4	2	72	Sledovat vývoj technologie
8	Datová propustnost (download, upload)	Nízká datová propustnost (download, upload) pro využití v příštích letech	Nezáměr nových uživatelů, neperspektivní, slabá pozice na trhu v příštích letech			10	3	1	30	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
9	Integrace hlasových služeb	Není umožněn přenos hlasu	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	9	1	81	Sledovat vývoj technologie
10	Úroveň využití spektra kanálu pro kombinaci služeb	Nevyužitelné pro míchání hlasové a datové služby	Není konkurenceschopné	Není podporováno		9	9	1	81	Sledovat vývoj technologie
11	Mobilita	Problémy při rychlostech nad 150 Km/hod	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	7	2	140	Sledovat vývoj technologie
12	Podpora služby QoS	Neposkytování služby s definovanou kvalitou	Není konkurenceschopné	Vlastnost technologie		8	5	1	40	Sledovat vývoj technologie
13	Latence (zpoždění)	Velká latence	Výrazné zpomalení chodu aplikací, velké odezvy	Vlastnost technologie		10	5	2	100	Sledovat vývoj technologie
14	Bezpečnost bezdrátového datového přenosu	Nízký stupeň bezpečnosti	Nevyužitelné v prostředí Českých drah	Vlastnost technologie		10	2	2	40	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
15	Současný stav rozšíření v ČR	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	9	2	180	Sledovat vývoj technologie
16	Současný stav rozšíření v Evropě	Nevyužívá se, netestuje se, neuvažuje se s nasazením	Malý zájem uživatelů o technologii			10	8	2	160	Sledovat vývoj technologie
17	Plánovaný budoucí rozvoj technologie	Neplánuje se, technologie je neperspektivní	Technologie je určena k zániku			10	6	2	120	Sledovat vývoj technologie
18	Podpora stávajících operátorů (O2, T-Mobile a Vodafone)	Nezájem o technologii	Riziko malého rozšíření, nezájem uživatelů			10	8	2	160	Sledovat vývoj technologie
19	Výsledky testů z reálného provozu	Negativní výsledky testů, nevyhovující parametry	Nezájem uživatelů, neperspektivní technologie			9	3	2	54	Sledovat vývoj technologie
20	Podpora ČTÚ, udělení licence	Nepodporuje	Technologie je určena k zániku			10	8	1	80	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
21	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
22	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
23	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
24	Aplikace přenos a vizualizace polohy vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
25	Aplikace pracovní místo strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
26	Aplikace pracovní místo strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
27	Aplikace pracovní místo strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
28	Aplikace pracovní místo strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
29	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
30	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
31	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
32	Aplikace automatická identifikace strojevedoucího	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
33	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
34	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
35	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
36	Aplikace automatizované pracoviště strojmistra	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:				Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX						
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav		Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů					
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
37	Aplikace elektrodyspečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
38	Aplikace elektrodyspečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
39	Aplikace elektrodyspečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
40	Aplikace elektrodyspečer, energetické a ekonomické řízení dopravy	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
41	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
42	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
43	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
44	Aplikace diagnostika a technický stav vozidel	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie



Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
45	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
46	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
47	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
48	Aplikace aktivní odstavení hnacího vozidla	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
49	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
50	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
51	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
52	Aplikace informační systém soupravy osobního vlaku	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
53	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Malý datový tok	Testování aplikace	8	1	1	8	Sledovat vývoj technologie
54	Aplikace přenos informací z rychloměru	Dlouhé odezvy aplikace	Aplikace je pomalá	Velká latence	Testování aplikace	8	1	2	16	Sledovat vývoj technologie
55	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Chyby při přenosu dat	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
56	Aplikace přenos informací z rychloměru	Aplikace vykazuje chyby	Aplikace je nefunkční	Výpadky konektivity	Testování aplikace	10	3	4	120	Sledovat vývoj technologie
57	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Malý datový tok	Testování připojení	8	3	1	24	Sledovat vývoj technologie
58	Mobilní připojení pro cestující ČD	Dlouhé odezvy prohlížeče	Nezájem uživatelů, stížnosti	Velká latence	Testování připojení	8	3	2	48	Sledovat vývoj technologie
59	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Chyby při přenosu dat	Testování připojení	10	4	4	160	Sledovat vývoj technologie
60	Mobilní připojení pro cestující ČD	Prohlížeč vykazuje chyby	Nezájem uživatelů, stížnosti	Výpadky konektivity	Testování připojení	10	4	4	160	Sledovat vývoj technologie

Identifikace procesu:					Bezdrátový přenos dat s využitím technologie WiMAX					
Garant procesu (vedoucí týmu FMEA):		Macháček Miloslav			Členové týmu FMEA:	Tříčlenný tým specialistů				
Datum provedené analýzy:		11. 9. 2009								
Položka	Místo vzniku problému	Projev problému	Následek problému	Příčina problému	Současný stav					Doporučená opatření
					Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	
61	Podpora vedení ČD nasadit vysokorychlostní datový přenos	Nezájem nasadit technologii	Nutnost prosadit jiné řešení	Rozhodnutí vedení	Zajistit dostatek podkladů pro další rozhodování	8	9	2	144	Sledovat vývoj technologie
62	Videotelefonování	Nevyužitelné pro videotelefonování	Není konkurenceschopné	Velké časové odezvy		8	5	1	40	Sledovat vývoj technologie

