

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Jan Langpaul

**Optimalizace umístění rDSLAMů v síti
elektronických komunikací**

Diplomová práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K617 Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan Langpaul

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Optimalizace umístění rDSLAMů v síti
elektronických komunikací**

Název tématu (anglicky): Optimization of rDSLAMs Placement in an Electronic
Communications Network

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- vývoj výstavby sítě elektronických komunikací (SEK) v ČR a EU, současný stav připojených koncových uživatelů (účastníků)
- základní principy modernizace SEK v ČR - technické zásady rekonfigurace SEK, základní ustanovení, obecné zásady plánování SEK
- popis aktuálního stavu ve vybraných lokalitách v ČR, stávající výběr nových vysunutých rozvaděčů (rDSLAMů) u společnosti CETIN
- prognóza vývoje počtu účastníků a územního uspořádání
- optimalizace SEK (obvodů), využití algoritmů pro nalezení optimálního (suboptimálního) umístění rDSLAMů ve vybraných lokalitách na SEK, výběr vhodné metody pro řešení
- návrh řešení vybranými metodami, návrh implementace řešení
- vyhodnocení navrženého řešení včetně aspektu finančního kritéria případné úpravy sítě a jejího srovnání se současným stavem



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



Rozsah grafických prací: Podle pokynů vedoucí diplomové práce.

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: VOLEK J.; LINDA B.: Teorie grafů - aplikace v dopravě a veřejné správě, Univerzita Pardubice, 2012
DREZNER, Z; HAMACHER, H.W.: Facility Location-Applications and Theory, Berlin, Springer, 2004

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Denisa Mocková Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2016**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2017**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.

vedoucí

Ústavu logistiky a managementu dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jan Langpaul
jméno a podpis studenta

V Praze dne 6. června 2017

Poděkování

Chtěl bych zde poděkovat své vedoucí diplomové práce doc. Ing. Denise Mockové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích během zpracování této práce. Další poděkování patří Ing. Miroslavu Wedlichovi za poskytnutí informací a interních materiálů. Nemohu opomenout poděkovat také své rodině a blízkým přátelům za jejich pomoc, podporu a trpělivost během mého studia.

Prohlášení o autorství

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právy autorskými a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Děčíně dne 22. listopadu 2017



.....
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

OPTIMALIZACE UMÍSTĚNÍ RDSLAMŮ V SÍTI ELEKTRONICKÝCH KOMUNIKACÍ

diplomová práce

listopad 2017

Jan Langpaul

ABSTRAKT

Diplomová práce „Optimalizace umístění rDSLAMů v síti elektronických komunikací“ se zabývá připojením koncových zákazníků s využitím stávající infrastruktury z nově realizovaných rozvaděčů (rDSLAMů) v SEK. Na základě výběru nejvhodnějšího umístění rDSLAMu a jeho přiřazeného atrakčního obvodu bude maximalizován počet zákazníků do určené vzdálenosti za účelem dosažení nejvyšší možné přenosové rychlosti. Tato problematika je řešena za pomoci využití teorie grafů. Návrhy řešení a jejich vyhodnocení jsou shrnuty v závěru této diplomové práce.

ABSTRACT

The Diploma thesis „Optimization of the rDSLAMs Placement in an Electronic Communications Network“ is focused on the connection of final customers using the current infrastructure from newly realised switchboards (rDSLAMs) in the SEK. Based on the selection of the most appropriate location of the rDSLAM and its assigned attraction perimeter the number of customers up to specified distance will be maximized in order to reach the highest possible transfer speed. This issue is being solved using the theory of graphs. The proposal of solutions and their assessment are summarized in the conclusion.

KLÍČOVÁ SLOVA: Vrchol, depo, optimalizace, p -medián, p -centrum, D_{max}

KEY WORDS: Node, Depot, Optimization, p -median, p -center, D_{max}

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A POJMŮ:

rDSLAM	remote Digital Subscriber Line Access Multiplexer
SEK	Síť elektronických komunikací
NSEK, PSEK	Nadzemní/Podzemní síť elektronických komunikací
ITU-T	Telecommunication Standardization Sector
CCITT	Standardization Sector of the International Telecommunications
ISDN	Integrated Services Digital Network
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
ADSL	Asymmetric digital subscriber line
PSTN	Public Switched Telephone Network
MMO	Mass Market Offer
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
OTH	Optical Transport Hierarchy
DWDM	Dense Wavelength-Division Multiplexing
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
CATV	Community Access Television or Community Antenna Television
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Systém
LTE	Long Term Evolution
PON	Passive Optical Network
LAN	Local Area Network
PKOR	Plastový kryt optické rezervy
TR, SR, UR	Traťový rozvaděč, síťový rozvaděč, účastnický rozvaděč
OK	Optický kabel
RSU	Remote Subscriber Unit
POTS	Plain Old Telephone Service
FTTx	Fiber To The x (Home, Building, Node, Cabinet, ...)
OPPIK	Operační program podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu

Obsah

Úvod	7
1 Vývoj výstavby sítí elektronických komunikací	9
1.1 Vymezení pojmů, vývoj výstavby SEK v ČR	9
1.2 Situace přístupových sítí nové generace v Evropské unii.....	12
1.3 Situace přístupových sítí nové generace v České republice	14
1.4 Současný stav připojených koncových uživatelů.....	16
2 Základní principy modernizace SEK v ČR.....	20
2.1 Technické zásady rekonfigurace SEK.....	20
2.2 Základní ustanovení	24
2.3 Obecné zásady plánování SEK	25
3 Popis vybraných lokalit	27
3.1 Popis aktuálního stavu ve vybraných lokalitách v ČR	27
3.2 Stávající parametry výběru rDSLAMů u společnosti CETIN.....	34
4 Prognóza vývoje počtu účastníků a územního uspořádání	36
5 Popis výstavby a výběr vhodné metody	40
5.1 Optimalizace SEK.....	40
5.2 Výběr úloh (metod) pro nalezení optimálního umístění rDSLAMů na SEK.....	42
6 Návrh řešení vybranými metodami, návrh implementace řešení	47
6.1 Návrh řešení vybranými metodami rDSLAM RYNL7 – Jítrava	47
6.2 Návrh řešení vybranými metodami rDSLAM RYNL6 – Polesí	61
6.3 Návrh implementace řešení	69
7 Vyhodnocení navrženého řešení	70
Závěr	73
Seznam použité literatury	78
Seznam obrázků.....	81
Seznam tabulek.....	83
Seznam grafů	85
Seznam příloh.....	86

Úvod

V diplomové práci se budu zabývat optimalizací umístění rDSLAMů v síti elektronických komunikací společnosti Česká telekomunikační infrastruktura a.s. (CETIN a.s.).

Tyto rozvaděče (rDSLAMy) se umísťují co nejbližší ke koncovým zákazníkům a jsou připojeny k optické infrastruktuře. Kromě potřeby optické sítě je rovněž nutné zajistit jejich napájení. To je možné buď zajištěním nové NN přípojky nebo využitím stávajícího příchozího kabelu směrem od nejbližšího RSU, TR. Odchozí kabely směrem k zákazníkům vedou po stávající metalické síti. Použité technologie v rDSLAMech jsou limitovány právě touto sítí. Podle typu kabelu (jejich žil) je dán útlum, který je limitujícím faktorem pro rychlost přenosu dat. Čím kratší vzdálenost od rDSLAMu ke koncovému zákazníkovi, tím vyšší bude přenosová rychlost při použitém typu technologie. Než přistoupím k samotnému využití úloh k nalezení optimálního umístění do vrcholů sítě, provedu jejich výběr na základě odborných znalostí sítí, kapacit a typů kabelů.

V práci se zaměřím na dvě menší, rozdílné obce, přičemž u jedné již existuje funkční rDSLAM s převahou podzemní sítě elektronických komunikací. U druhé obce se nachází pouze nadzemní síť elektronických komunikací a zatím zde umístění rDSLAMů nebylo řešeno.

U větších měst je předpoklad rozvoje optických sítí až do panelových domů, bytů. Zároveň ve městech není a nebude tak výrazná změna v přenosových rychlostech jako je u řešených obcí.

Cílem práce je optimalizace existující sítě elektronických komunikací za použití aparátu teorie grafů.

V této práci se budu nejprve zabývat historií a vývojem výstavby SEK a současným stavem připojených uživatelů (zákazníků). Rovněž základními principy modernizace, technickými zásadami rekonfigurace SEK a základním ustanovením – legislativou.

V dalších kapitolách se zaměřím na vybrané lokality, kde popíši jejich aktuální stav a jakým způsobem probíhá výběr nových rDSLAMů. Zhodnotím dle statistických dat prognózu vývoje počtu účastníků včetně územního uspořádání.

Možnosti optimalizace umístění rDSLAMu v SEK jsou v diplomové řešeny třemi způsoby, které popíši v kapitole 5.3.

V kapitole 6.1 budu řešit vybrané optimalizační úlohy. Nejprve vytvořím model (schéma) a provedu výběr středisek pro možné umístění rDSLAMu. Výsledek bude možné porovnat se

stávajícím umístěním rDSLAMu v jedné z vybraných obcí. Následně se v kapitole 6.2 pokusím nalézt řešení, jak výsledek implementovat do celé SEK.

V kapitole 7 vyhodnotím navržená řešení včetně následného přihlédnutí k aspektu finančního kritéria (nákladů) na případnou úpravu této sítě.

V závěru diplomové práce jednotlivé způsoby vyhodnotím.

1 Vývoj výstavby sítí elektronických komunikací

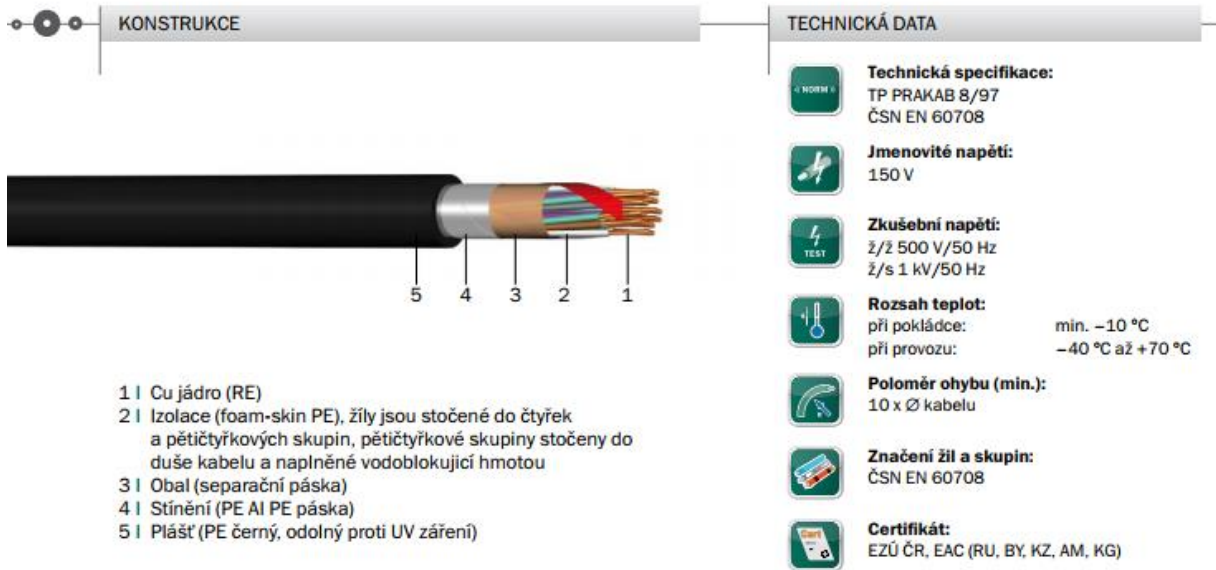
1.1 Vymezení pojmů, vývoj výstavby SEK v ČR

Síť elektronických komunikací (dříve telekomunikační síť) je soubor vzájemně propojených telekomunikačních prvků, který umožňuje přenos informace mezi koncovými body. Síť elektronických komunikací je tvořena hranami (přenosovými cestami) a uzly (síťovými prvky). Jsou budovány za účelem hlasových (Voice) a datových (TV a internet) služeb. Mezi zařízeními se přenášejí signály na potřebnou vzdálenost pomocí elektromagnetické vlny. Ta je charakterizována kmitočtem f a vlnovou délkou λ , která závisí na rychlosti šíření vlny v přenosovém prostředí. Pro volný prostor je rychlost šíření přibližně 300 000 km/s. Potom délka vlny bude $\lambda = \frac{c}{f}$ [m; m/s, Hz]. Vzorec znázorňuje vztah kmitočtu a délky elektromagnetické vlny pro šíření volným prostorem a dále využití frekvenčních pásem pro různé telekomunikační přenosové cesty. Elektromagnetická vlna se může šířit různými prostředím. Cestu je možné vytvářet pro šíření v podobě metalického vedení (např. symetrický pár – dvojice spirálově stočených vodičů v kabelu), mikrovlnného vlnovodu či optického vlnovodu (vlákna).

Metalické vedení jsou drátové (Cu) přenosové cesty, která přenášejí stejnosměrné signály s velmi nízkými, tónovými i vysokými kmitočty. Lze je považovat za homogenní vedení s rovnoměrně rozloženými elektrickými parametry. Mezi primární parametry u homogenního vedení je potřeba zmínit měrný odpor R [Ω /km], měrnou indukčnost L [mH/km], měrnou kapacitu C [nF/km] a měrný svod G [μ S/km]. Pro sledování přenosových vlastností se zavádějí také sekundární parametry vedení. Je potřeba zmínit vlnovou impedanci Z_c , měrný útlum α [dB/km] a měrný fázový posuv β [rad/km] a fázovou rychlost šíření v_f [km/s]. Místní telefonní kabely jsou určeny pro přenos hovorových a datových signálů. Jsou tvořeny páry či čtyřkami stočenými do vrstev. Izolace žil byla papírová. V dnešní době plastová s průměrem žil 0,4 mm až 0,8 mm a počtem žil v kabelu od 4 do 2 400. [1]

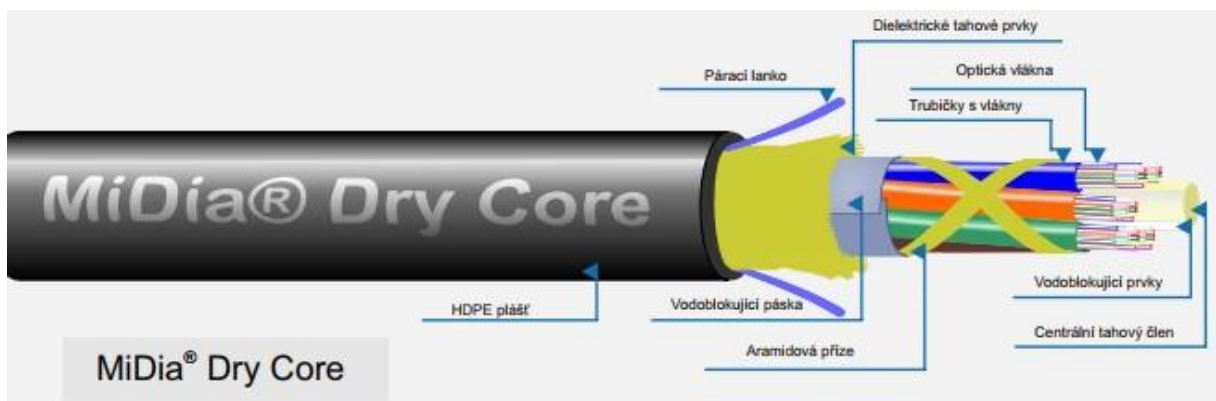
TCEPKPFLE

Zemní kabely stíněné, podélně vodotěsné



Obrázek 1 V současnosti nejčastěji používaný typ kabelu v přístupové síti ke koncovému účastníkovi [10]

Nosičem informace u **optického vedení** je světlo. Umožňují přenášet data rychlostí v Gb/s. Vzhledem k tomu, že mají oproti metalickým kabelům nepatrný útlum, mohou data přenášet bez opakovaců na velké vzdálenosti. Přenosová trasa s optickým kabelem se skládá z vysílače, přenosového média a přijímače. Z vysílací stanice vstupují analogové nebo digitální elektrické signály do elektrooptického měniče, ve kterém se přemění pomocí laserové či LED diody na optické signály. V přijímači se následně díky fototranzistoru přemění zpět na elektrický signál. Vzhledem k dielektrickým vlastnostem není rušen elektromagnetickými vlivy, a proto nevyžaduje stínění. Jedinou funkcí primární a sekundární ochrany optického kabelu je pouze jeho mechanická ochrana. [2]



Obrázek 2 Optický kabel [11]

Next Generation Networks (NGN) jsou sítě nové generace fungující na principu přenosu datových paketů a jsou schopny zajišťovat služby elektronických komunikací způsobem využití různých přenosových technologií, které jsou schopny řídit a kontrolovat kvalitu poskytovaných služeb. Síť poskytuje účastníkům neomezený přístup k různým poskytovatelům veřejně dostupných služeb elektronických komunikací a důsledně podporuje poskytování služeb účastníkům v kterémkoliv místě sítě.

Sítě NGN jsou tvořeny dvěma úrovněmi:

Páteřními sítěmi nové generace (Core Networks) a přístupovými sítěmi nové generace (NGA – Next Generation Access Networks), které zajišťují přístup účastníků k poskytovaným službám elektronických komunikací. Dále se budu zabývat pouze sítí NGA.

Přístupové sítě nové generace NGA jsou definovány jako pevné přístupové sítě, které sestávají plně nebo částečně z optických prvků a jsou schopny přenášet služby širokopásmového přístupu s lepší charakteristikou v porovnání se službami. K jejím obecným vlastnostem patří zejména spolehlivost poskytovaných služeb, zajištění dané rychlosti na zákazníka, podpora vyspělých digitálních služeb založené na IP technologii a vyšší rychlost ve směru od zákazníka. Za sítě NGA jsou v současnosti považovány při splnění výše uvedených vlastností:

1. Přístupové sítě z optických vláken,
2. Vyspělé modernizované kabelové a bezdrátové sítě, které účastníkovi zaručují spolehlivé vysokorychlostní připojení.

Za vysokorychlostní připojení v síti NGA je v souladu s Pokyny EU a v souladu s dokumentem Digitální Česko 2.0 považováno připojení účastníka k internetu s reálnou přenosovou rychlostí minimálně 30 Mbit/s ve směru k účastníkovi. Nově budované sítě, které mohou být předmětem podpory z veřejných zdrojů musí splňovat tyto podmínky: Přenosová rychlost ve směru od internetu k účastníkovi minimálně 100 Mbit/s, případně 30 Mbit/s (pokud navýšení na 100 Mbit/s bude zaručeno výměnou aktivních prvků, nejpozději do konce roku 2020. Reálná přenosová rychlost ve směru od účastníka do internetu musí dosahovat minimálně 33 Mbit/s, případně 10 Mbit/s (pokud navýšení na 33 Mbit/s bude zaručeno výměnou aktivních prvků, nejpozději do konce roku 2020. Nově budované či modernizované přístupové sítě s podporou veřejných zdrojů musí splnit požadavek velkoobchodního přístupu k „fyzické“ infrastruktuře a v úměrném rozsahu i k související infrastruktuře a datovým tokům, které nebyly podporovány z veřejných zdrojů, čímž dojde k podpoře hospodářské soutěže. Vzhledem k očekávané potřebě sítí NGA po roce 2020 je nejperspektivnějším řešením využití optického kabelu,

respektive vlákna jakožto přenosového média. Dosažitelná rychlost oproti jiným řešením je řádově 1000x vyšší, při dosažení zároveň výrazně vyšší překlenuté vzdálenosti.

CETIN (Česká telekomunikační infrastruktura a.s.) vlastní a provozuje největší telekomunikační síť pokrývající celé území České republiky. Jsme nezávislým velkoobchodním hráčem bez vazeb na konkrétního poskytovatele. Naší filozofií je princip otevřeného přístupu k síti za spravedlivých a rovných podmínek pro všechny operátory. Jako vlastník a provozovatel největší telekomunikační sítě v zemi jsme tu neustále pro vás i vaše zákazníky. CETIN vlastní a provozuje největší síť elektronických komunikací na území České republiky. Telekomunikační síť CETIN pokrývá 99,6 % populace prostřednictvím pevných technologií (SDH, WDM, Ethernet a IP) a souborem mobilních technologií (GSM, UMTS, LTE a CDMA), které šíří bezmála 6 000 základnových stanic. Celoplošná síť společnosti CETIN zahrnuje 20 mil. km párů metalických kabelů a 38 000 km optických kabelů po celé České republice a každý den, díky rozsáhlým investicím do programu FTTC (Fiber to the cabinet), přibývají další. V roce 2016 bylo postaveno 1020 FTTC uličních rozvaděčů a došlo tak ke zrychlení připojení pro 449 000 domácností, z nichž více než 70 % má dostupné rychlosti 50 Mbit/s a vyšší. [12]

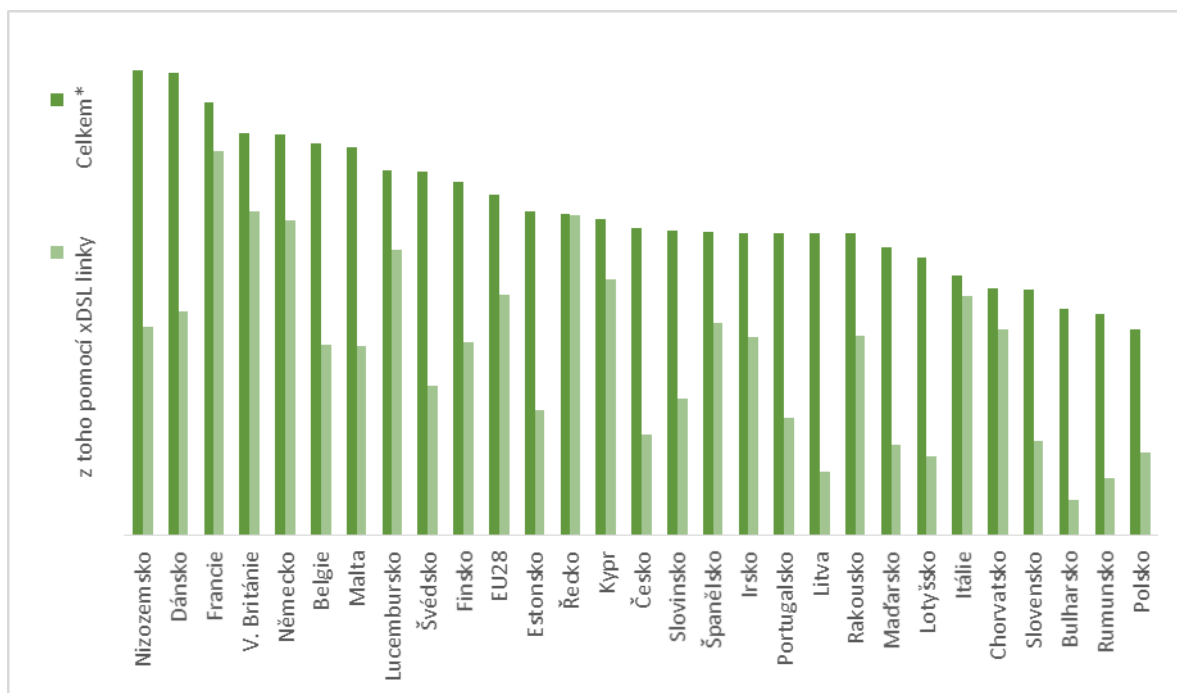
1.2 Situace přístupových sítí nové generace v Evropské unii

Dle názoru Evropské komise je rozvoj vysokorychlostních broadbandových (širokopásmových) služeb v rámci jednotného evropského trhu klíčový k dosažení ekonomického růstu a dosažení cílů z Lisabonské agendy. Proto je kladen důraz a podpora na výstavbu této infrastruktury. Národní regulační orgány nastavili regulaci pro přechod od účastnických metalických vedení k optickým přístupovým sítím tak, aby byl konzistentní ve všech státech EU, aby nedošlo k deformaci jednotného trhu. Z tohoto důvodu vydala Evropská komise tzv. harmonizační doporučení dle čl. 19 Rámcové směrnice (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/21/ES).

V případě vysokorychlostního připojení k internetu dominuje v České republice mobilní připojení. Na konci roku 2014 širokopásmových přístupů k internetu prostřednictvím mobilních sítí (CDMA, UMTS, LTE) využívalo 7,2 milionu (70 %) účastníků oproti 3 miliónům (30 %), kteří využívali přístupy prostřednictvím pevné (včetně bezdrátové-WiFi) sítě. V roce 2014 byly v České republice provozovány 3 miliony pevných vysokorychlostních přípojek k internetu. Nejvíce přístupů k pevnému vysokorychlostnímu internetu probíhá v České republice již několik let pomocí bezdrátových technologií (WiFi) případně prostřednictvím xDSL linek. Česká republika si vysokým zastoupením přípojek využívajících bezdrátové technologie dlouhodobě udržuje specifické postavení mezi zeměmi EU. Na konci roku 2014 umožňovala v případě České republiky přibližně čtvrtina pevných vysokorychlostních přípojek rychlost

připojení 30 Mbit/s a více, což je stejný podíl jako v případě průměru za EU28. Oproti roku 2010, kdy v České republice činil tento podíl pouhá 2 %, se jedná o velmi výrazný nárůst. Z evropské perspektivy je Česká republika ve využívání mobilního vysokorychlostního internetu pod průměrem evropské osmadvacítky. V roce 2014 bylo v České republice 64 účastníků mobilního internetu na 100 obyvatel, zatímco průměr za země EU činil 71,9 účastníků. I v případě využívání pevného vysokorychlostního internetu se ČR s hodnotou 27,9 účastníků na 100 obyvatel nachází pod průměrem EU, který byl 31 účastníků. Na konci roku 2014 byl v rámci zemí EU pevný vysokorychlostní internet nejrozšířenější v Nizozemsku a v Dánsku (42 účastníků na 100 obyvatel).

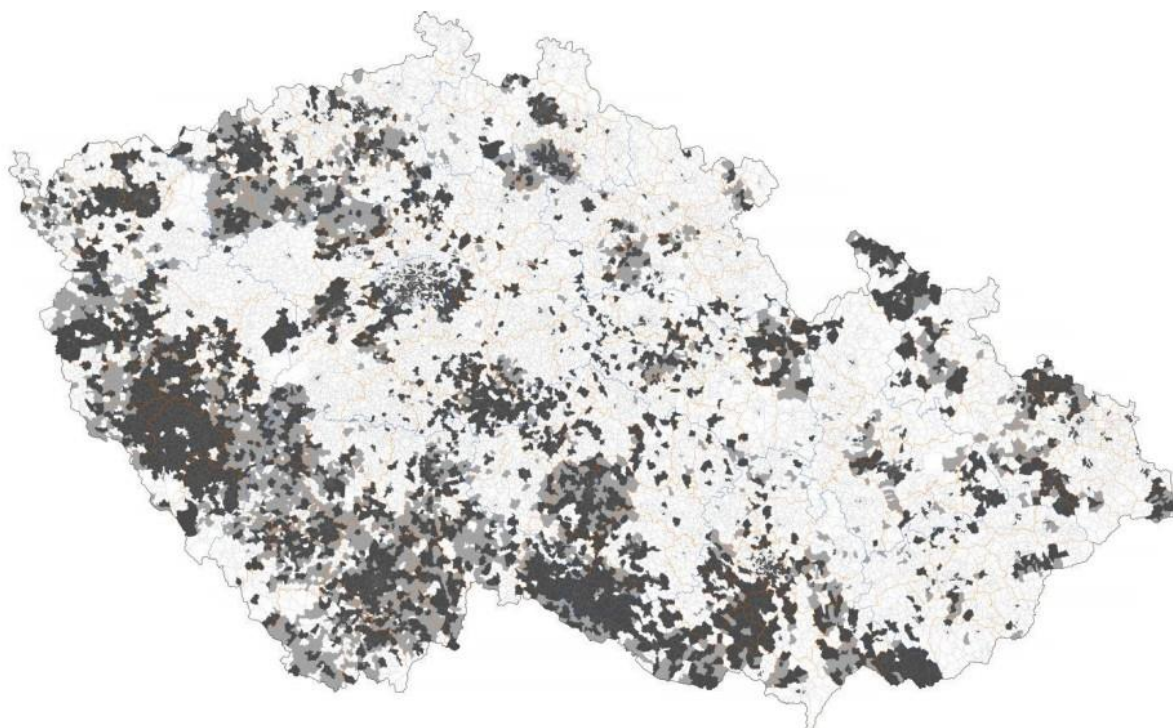
Počet domácností s připojením k internetu za posledních deset let vzrostl téměř čtyřnásobně. V roce 2005 měla připojení k internetu jen necelá pětina (0,8 mil.) domácností. V roce 2015 mělo připojení k internetu 3,1 milióny (téměř tři čtvrtiny) českých domácností. Přestože patříme ke státům EU, kde za posledních deset let došlo k největšímu rozvoji ve vybavenosti domácností informačními technologiemi, stále zaostáváme za evropským průměrem. V roce 2015 bylo k internetu připojeno 79 % českých domácností (jde o údaje pouze za domácnosti, ve kterých žije alespoň jedna osoba ve věku 16-74 let), tj. stále o čtyři procentní body méně, než byl průměr za EU28. V roce 2005 měla připojení k internetu pouze pětina českých domácností oproti výše uvedeným 79 % v roce 2015 - tento nárůst o šedesát procentních bodů byl nejvyšší ze všech zemí EU. Internet je ze zemí EU nejvíce rozšířen v Nizozemsku a v Lucembursku, kde se v roce 2015 k internetu nepřipojovaly pouze čtyři domácnosti ze sta. Vysoká vybavenost internetem je také ve skandinávských státech, ve Velké Británii a v Německu. V těchto zemích se podíl domácností, kde se používal doma internet, pohyboval kolem 90 %. [13]



Graf 1 Pevný vysokorychlostní internet v zemích EU [13]

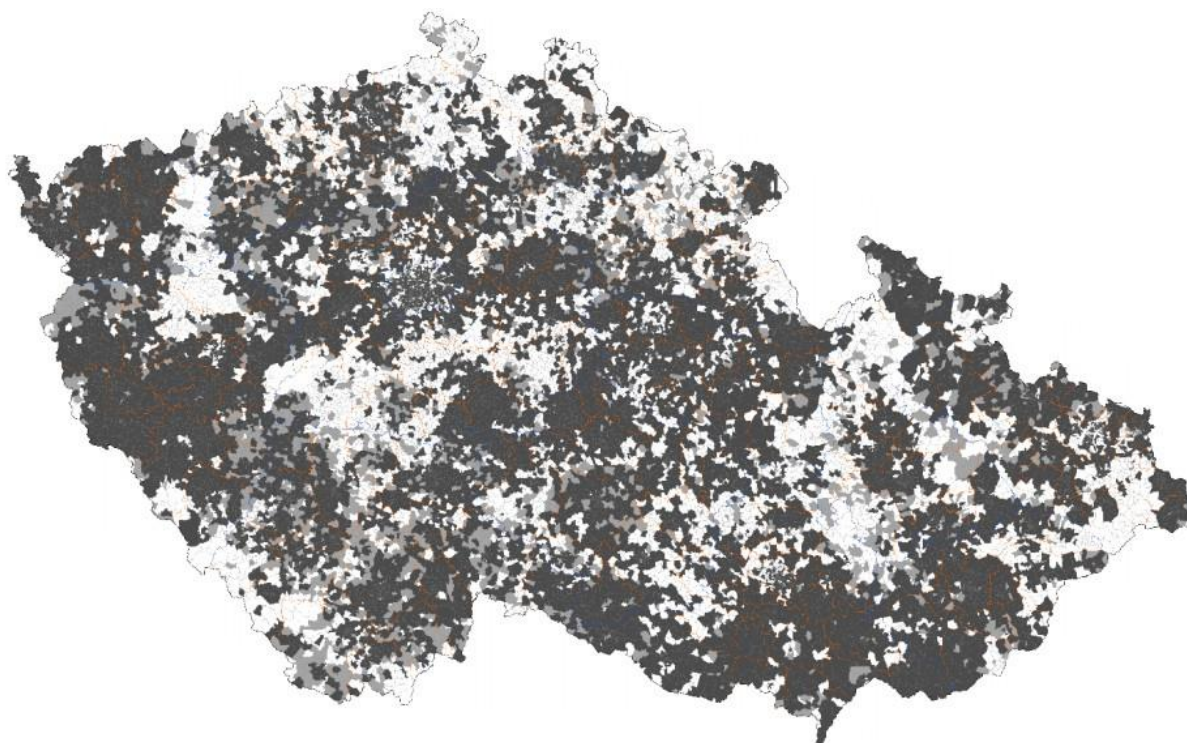
1.3 Situace přístupových sítí nové generace v České republice

MPO jako správce programů dotační podpory OPPIK na základě poskytnuté databáze ČTÚ sestavil mapu pokrytí České republiky veřejnými sítěmi, umožňujícími přístup k internetu, a to podle pravidel Pokynů Evropské komise (EK) číslo 2013/C25/01. Bílé oblasti znázorňují, že v lokalitě není dostupná síť, která by v pevném místě (mapování neuvažuje připojení k internetu pomocí mobilních sítí) umožňovala vysokorychlostní připojení, resp. lokality, kde je vysokorychlostní připojení dostupné u méně, než 50 % adresních míst v dané ZSJ (základní sídelní jednotka). Šedou barvou označená lokalita znamená, že v dané ZSJ působí právě jeden provozovatel, který poskytuje vysokorychlostní připojení k internetu a pokrývá více jak 50 % adresních míst, černě označená lokalita sděluje, že tam působí dva a více konkurenčních provozovatelů poskytujících vysokorychlostní připojení, jenž každý zvlášť nebo v součtu jejich disponibilních přípojek nabízí vysokorychlostní připojení pro více než 50 % adresních míst v dané ZSJ. [14]



Obrázek 3 Mapa pokrytí území ČR sítěmi elektronických komunikací pro služby přístupu k internetu ke dni 25. května 2016 (současnost) [14]

Mapa zobrazuje současné rozmístění přístupových sítí nové generace bez plánovaných investic, přičemž černých a šedých ZSJ je přibližně 39 % z celkového počtu.



Obrázek 4 Mapa pokrytí území ČR sítěmi elektronických komunikací pro služby přístupu k internetu ke dni 25. května 2016 (současnost s plánem operátorů na 3-leté období) [14]

Na základě získaných údajů od Českého telekomunikačního úřadu ze dne 25.5.2016 z celkového počtu 22 439 ZSJ je označeno 6 642 ZSJ bílou barvou (29,6%), šedou barvou 2 611 ZSJ (11,64 %) a černou barvou 13 186 ZSJ (58,76 %). Výsledky potvrzují, že v ČR budou existovat lokality, ve kterých se nebude v době příštích tří let nacházet ani plánovat sítě NGA v dostatečném rozsahu a kvalitě. [14]

1.4 Současný stav připojených koncových uživatelů

Obecně lze všechny sítě elektronických komunikací rozdělit podle jejich primárního určení a zároveň podle toho, v jakém segmentu se nacházejí, na sítě páteřní, přístupové a lokální. Hlavní funkcí páteřních sítí je propojovat centrální páteřní uzly sítí (ať už se jedná o digitální ústředny, uzlové směrovače apod.) na dlouhé vzdálenosti (10 km - 100 km – 1 000 km). Dnes jsou **páteřní sítě** tvořeny téměř výlučně optickými vlákny a jsou zde použity nejčastěji páteřní technologie, jako jsou např. SDH (Synchronous Digital Hierarchy), OTH (Optical Transport Hierarchy), DWDM (Dense WDM), Ethernet apod. Oproti tomu **přístupové sítě** slouží pro připojení koncových uživatelů (zákazníků) pro překlenutí tzv. poslední míle (úsek sítě mezi koncovým uživatelem a nejbližším přípojným uzlem operátora) a připojení koncového uživatele k nejbližšímu uzlu telekomunikační sítě (digitální ústředně, DSLAMu apod.). Slouží tedy vlastně pro soustředění uživatelských datových toků a jejich třídění směrem k páteřní síti. Díky tomu překlenují přístupové sítě vzdálenosti obvykle jen v jednotkách kilometrů. Jejich specifikem v porovnání s páteřními sítěmi je sdílení síťové infrastruktury více koncovými uživateli navzájem (mnohabodové sítě). Typickými technologiemi vyžívanými v přístupových sítích jsou zejména xDSL přípojky, bezdrátové technologie Wi-Fi (Wireless Fidelity), WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), kabelové rozvody CATV (Cable TV), Ethernet, mobilní technologie (např. UMTS-Universal Mobile Telecommunication System, LTE-Long Term Evolution) a rovněž pasivní optické přístupové sítě PON (Passive Optical Network). Poslední kategorií jsou **lokální datové sítě** LAN (Local Area Network), které propojují lokální uzly (koncové stanice apod.), a ve kterých dominují bezesbytku řešení založená na Ethernetu. [3]

Tabulka 1 Podíl domácností s internetem v zemích EU v letech 2006 až 2015 [15]

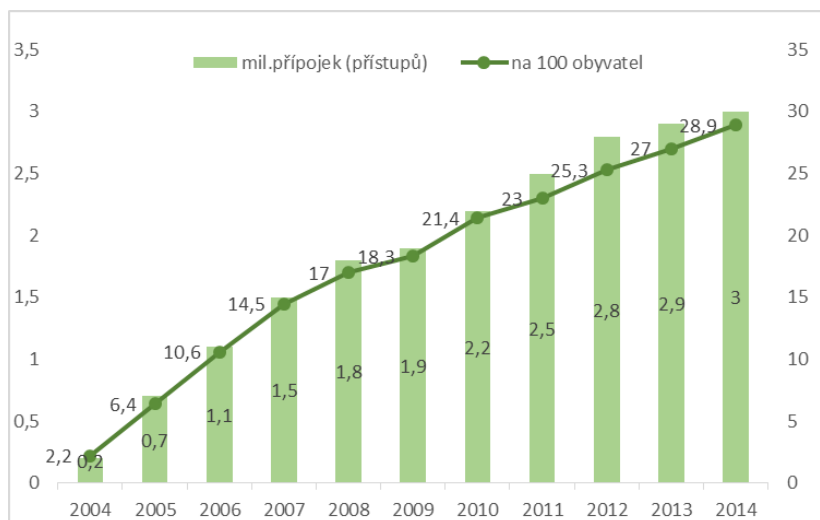
země EU	Celkem										s vysokorychlostním připojením									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EU28 průměr	49,2	54,9	60,4	65,9	70,1	73,2	76,1	78,6	81,0	82,6	30,4	42,4	48,6	56,7	61,3	67,3	72,5	75,9	78,3	79,9
Belgie	54,0	60,2	63,6	67,4	72,7	76,5	77,7	80,0	82,8	81,8	48,1	56,4	60,3	63,4	70,0	74,0	74,7	78,6	81,5	79,2
Bulharsko	17,0	19,0	25,3	29,6	33,1	45,0	50,9	53,7	56,7	59,1	10,1	15,4	20,7	26,1	26,0	39,8	50,8	53,6	56,5	58,8
Česko	29,3	35,1	45,9	54,2	60,5	66,6	71,3	72,6	78,0	79,0	16,6	28,1	36,4	48,9	53,6	63,4	62,5	69,4	75,9	76,0
Dánsko	78,7	78,1	81,9	82,5	86,1	90,1	92,0	92,7	93,1	91,7	63,3	69,5	74,1	76,1	80,1	83,9	84,8	87,2	85,4	84,2
Estonsko	45,6	52,9	58,1	63,0	67,8	70,8	75,0	80,3	82,9	87,7	36,6	47,6	54,4	62,0	64,5	66,2	74,2	79,4	81,2	86,9
Finsko	64,7	68,8	72,4	77,8	80,5	84,2	86,8	89,2	89,8	89,9	52,9	62,9	66,1	73,7	75,8	81,3	85,0	88,0	88,9	89,5
Francie	40,9	55,1	62,3	68,9	73,6	75,9	80,0	81,7	83,0	82,6	30,3	48,9	57,1	62,7	66,4	70,0	77,2	78,4	76,7	76,1
Chorvatsko		40,6	45,3	50,0	56,5	61,4	66,4	64,6	68,4	76,7		23,5	26,9	39,5	49,1	56,4	59,8	63,6	68,0	75,8
Irsko	50,0	57,3	63,1	66,7	71,7	78,1	81,1	82,4	82,2	84,9	13,1	31,2	42,9	53,7	57,5	65,4	65,4	67,0	79,5	82,7
Itálie	40,0	43,4	46,9	53,5	59,0	61,6	62,9	68,9	72,6	75,4	16,2	25,3	30,8	39,0	48,9	51,7	55,1	67,8	71,1	74,3
Kýpr	36,7	38,9	42,9	52,8	53,7	57,4	61,8	64,7	68,6	71,2	12,5	20,2	33,0	47,5	50,7	55,5	61,7	64,4	68,5	71,2
Litva	34,5	44,4	50,9	60,0	60,6	61,8	61,6	64,7	66,0	68,3	19,4	34,1	42,9	49,9	53,6	57,2	61,1	64,1	65,4	67,3
Lotyšsko	42,2	50,5	52,8	58,0	59,8	63,6	68,7	71,6	73,4	76,0	22,5	31,9	39,7	50,2	52,6	59,4	67,3	70,1	73,1	74,4
Lucembursko	70,2	74,6	80,1	87,2	90,3	90,6	93,1	94,5	95,6	96,8	44,1	57,8	61,0	71,1	70,3	67,7	67,9	69,9	92,7	95,1
Maďarsko	32,3	38,4	48,4	55,1	60,5	65,2	68,6	71,5	75,0	75,6	22,0	33,0	42,3	50,9	52,2	60,8	68,0	71,0	74,5	74,9
Malta	52,8	53,9	59,0	64,5	70,5	75,3	77,5	78,8	80,7	81,9	40,7	44,4	55,5	62,9	69,3	74,9	77,3	78,8	80,1	81,7
Německo	67,1	70,7	74,9	79,1	82,5	83,3	85,5	87,7	89,5	90,3	33,5	49,6	54,9	64,6	75,2	77,5	81,5	84,8	86,6	87,8
Nizozemsko	80,3	82,9	86,1	89,7	90,9	93,6	93,6	94,6	95,8	96,0	66,2	73,8	74,0	77,0	79,5	82,9	84,5	86,9	94,6	94,0
Polsko	35,9	41,0	47,6	58,6	63,4	66,6	70,5	71,9	74,8	75,8	21,6	29,6	38,0	51,1	56,8	61,1	67,0	68,8	71,1	71,0
Portugalsko	35,2	39,6	46,0	47,9	53,7	58,0	61,0	62,3	64,9	70,2	24,0	30,4	39,3	46,2	50,3	56,6	59,8	61,6	63,4	68,5
Rakousko	52,3	59,6	68,9	69,8	72,9	75,4	79,3	80,9	81,0	82,4	33,1	46,2	54,5	57,8	63,7	72,0	77,4	79,8	79,4	80,9
Rumunsko	14,3	22,3	29,6	38,0	42,2	47,4	53,8	58,1	60,5	67,7	5,2	8,0	13,3	23,7	22,8	30,7	50,4	56,4	57,7	65,3
Řecko	23,1	25,4	31,0	38,1	46,4	50,2	53,6	56,3	65,6	68,1	3,8	7,5	22,5	33,1	41,2	45,4	50,5	55,0	64,7	67,1
Slovensko	26,6	46,1	58,3	62,2	67,5	70,8	75,4	77,9	78,4	79,5	11,4	26,5	35,3	41,7	49,4	55,3	72,1	70,2	76,4	77,6
Slovinsko	54,4	57,6	58,9	63,9	68,1	72,6	73,9	75,6	76,8	77,6	33,6	43,7	49,7	56,2	62,0	67,0	73,3	74,2	75,4	77,6
Španělsko	39,1	44,6	51,1	54,0	59,1	63,9	67,9	69,8	74,4	78,7	29,3	39,2	44,6	51,3	57,4	61,9	66,7	68,9	73,0	77,8
Švédsko	77,4	78,6	84,4	86,0	88,3	90,6	91,7	92,6	89,6	91,0	51,0	66,6	70,7	79,5	82,6	85,5	87,0		86,5	83,0
Velká Británie	62,6	66,7	71,1	76,7	79,6	82,7	86,8	88,4	89,9	91,3	43,9	56,8	61,5	69,5	0,0	80,4	85,6	87,4	87,8	89,9

Během posledních deseti let se informační a komunikační technologie staly dostupnými pro širokou veřejnost a to, jak pokud jde o přístup k nim, tak o náklady s nimi spojené. Pomyslná hranice byla překročena v roce 2007, kdy měla přístup k internetu většina (55 %) domácností v EU28. Tento podíl nadále rostl a v roce 2011 dosáhl 73 %, tj. ve srovnání s rokem 2010 se zvýšil o další tři procentní body. Rozšířený a dostupný širokopásmový přístup je jeden z prostředků propagace znalostní a informované společnosti. Ve všech členských státech byl širokopásmový přístup zdaleka nejrozšířenějším způsobem přístupu k internetu – v roce 2011 jej používalo 67 % všech domácností v EU28, což je více než dvakrát tolik, co v roce 2006. Nejvyšší podíl (94 %) domácností s přístupem k internetu byl v roce 2011 zaznamenán v Nizozemsku (Tabulka 1). Lucembursko, Švédsko a Dánsko rovněž vykázaly, že alespoň devět z každých deseti domácností mělo v roce 2011 přístup k internetu. Nejnižší podíl domácností s přístupem k internetu v rámci členských států EU zaznamenalo Bulharsko (45 %). V Bulharsku nicméně počet domácností s přístupem k internetu rychle rostl, podíl těchto domácností s přístupem se mezi roky 2010 a 2011 zvýšil o dvanáct procentních bodů. Rumunsko bylo jediným dalším členským státem, ve kterém měla přístup k internetu méně než polovina všech domácností. [15]

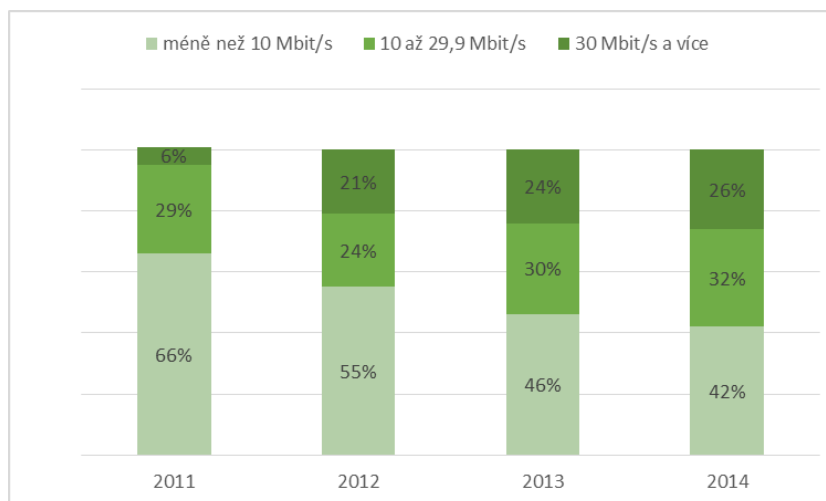
Tabulka 2 Vysokorychlostní internetová síť v ČR [13]

	2012	2013	2014	2015
Celkem	2776	2885	3009	2945
xDSL linka	952	953	953	943
TV Kabel (CATV)	524	518	527	541
Optická síť (FTTx)	299	369	418	473
Bezdrátový pevný přístup(WiFi)	1001	1046	1111	988

Přestože se internet ve stávající podobě otevřel běžným uživatelům až počátkem 90. let, velmi rychle se stal neodmyslitelnou součástí našich životů a nejdůležitějším prostředkem masové komunikace. Postupný vývoj obsahu internetu vyžaduje stále rychlejší, stabilnější připojení a tomu odpovídají změny v nabídce poskytovatelů internetu i u nás. V Tabulce 1 je zobrazen vývoj a struktura vysokorychlostních přípojek k internetu (pozn. za vysokorychlostní je považováno připojení s rychlostí vyšší jak 256 kbit/s). Překvapivým je, po letech setrvalého růstu, pokles počtu připojení formou bezdrátového přístupu v roce 2015. Dominantní postavení bezdrátových přípojek lze v celosvětovém měřítku označit za unikátní. Velmi pozitivní je nárůst trvale dostupných přípojek formou optických vláken, kde lze vzhledem k plánovaným investicím očekávat další nárůst. [15]



Graf 2 Pevný vysokorychlostní internet celkem [13]



Graf 3 Pevný vysokorychlostní internet podle rychlosti (%) [13]

2 Základní principy modernizace SEK v ČR

2.1 Technické zásady rekonfigurace SEK

Elektromagnetická kompatibilita (slučitelnost) je definována jako schopnost elektrických spotřebičů, zařízení a instalací pracovat uspokojivě ve svém elektromagnetickém prostředí, aniž by sami způsobovaly nepřijatelné elektromagnetické rušení čehokoli v blízkém okolí. Samozřejmě v prvním přiblížení si každý představí silová vedení oproti sdělovacím. Avšak i samotné přeslechy mezi jednotlivým vedením by měly být zahrnuty mezi tyto jevy, byť se jedná o vlivy elektrostatické. Jestliže tedy dnes mohou být využívány tato vedení donedávna naprosto nepředstavitelnými přenosovými rychlostmi, tak je to zajištěno velmi promyšleným potlačením těchto jevů za uplatnění nejnovějších technologií. Před cca třiceti až čtyřiceti lety představovaly symetrické kabely s co nejtenčími v obrovském množství jedinou možnost připojení telefonních tehdy ještě účastníků (nikoliv zákazníků). Telefonizace velkoměstských aglomerací a její velká nákladnost vedly k použití žil průměru až 0,32 mm. V České republice se v době největšího rozmachu výstavby této sítě ve druhé polovině devadesátých let tento vývoj zastavil na průměru žil 0,4 mm. Tehdy si nikdo nedokázal ani představit, že by tyto „drátky“ byly použitelné pro něco více než pouze základního hovorového signálu. Principy PCM (pulzní kódové modulace) byly už v šedesátých letech naimportovány do použitelných 24 kanálových a později i do 32 kanálových systémů. Ovšem jejich nasazování na takto tenké vodiče budilo rozpaky a uplatňovaly se na spojovacích kabelech v sítích v intravilánu velkých měst s většími průměry žil. Telefonní linka (PSTN) slouží výhradně k přenosu hlasu. Pro potřeby uskutečňování hlasových hovorů se používají na telefonní lince frekvence od 0 kHz do 4 kHz (běžné hovorové pásmo je od 0,3 kHz - 3,4 kHz).

Od roku 1985 – ISDN Integrated Services Digital Network, jedná se o digitální síť integrovaných služeb s komunikačními standardy umožňující digitální přenos hlasu, videa, dat atd. po veřejné telefonní síti. Jednalo se o snahu přeměnit analogovou síť na digitální. I v ISDN síti se k provozu využívá frekvence 0 kHz - 50 kHz.

V roce 1992 ADSL s doporučením G.992.1/2 Asymmetric Digital Subscriber Line – vyznačuje se asymetrickým připojením, kdy rychlost dat ke koncovému zákazníkovi (download) je vyšší než rychlost od zákazníka (upload).

V roce 2002 ADSL2 G.992.3/4 a v roce 2003 ADSL2+ 992.5, kde se jednalo o vylepšenou verzi ADSL2 s rychlostí přenosu až 24 Mbit/s a 1,4 Mbit/s.

Od roku 2004 VDSL2 s doporučením G.993.2 Very High Speed DSL, kde se využívá šířky pásma až 30 MHz, což zajišťuje přenosovou rychlost až 100 Mbit/s.

Následně pak v roce 2012 VDSL2 s doporučením G.993.5. Vectoring – Princip Vectoringu je již dlouhá léta známý. Například se používá v letadlech k potlačení hluku v kabině pilota, kdy odečítá hluk pozadí. Tento princip je založen na potlačení šumu použitím Dolby ve sluchátkách. Totéž se využívá v síti elektronických komunikací na metalickém vedení v pásmu 17 MHz, kdy se přeslechy generují do dalších párů v kabelu a ty se za pomoci složité matematiky odečítají. Nasazení Vectoringu je praktické pouze u přípojek, u kterých je koncový zákazník vzdálen maximálně 1 km (dle Obrázku 5 je při vzdálenosti 0,3 km rozdíl přenosové rychlosti dvojnásobný a u 1 km již zanedbatelný).

V roce 2013 VDSL2 35b SuperVectoring - až 300 Mbit/s do vzdálenosti 300 m od koncového zákazníka (200 Mbit/s do 500 m). [25]

Tabulka 3 VDSL2 dle doporučení ITU G.993.2 [16]

Profile VDSL 2	Max. downstream throughput (Mbit/s)
8a	50
8b	50
8c	50
8d	50
12a	68
12b	68
17a	100
30a	200
35b	300

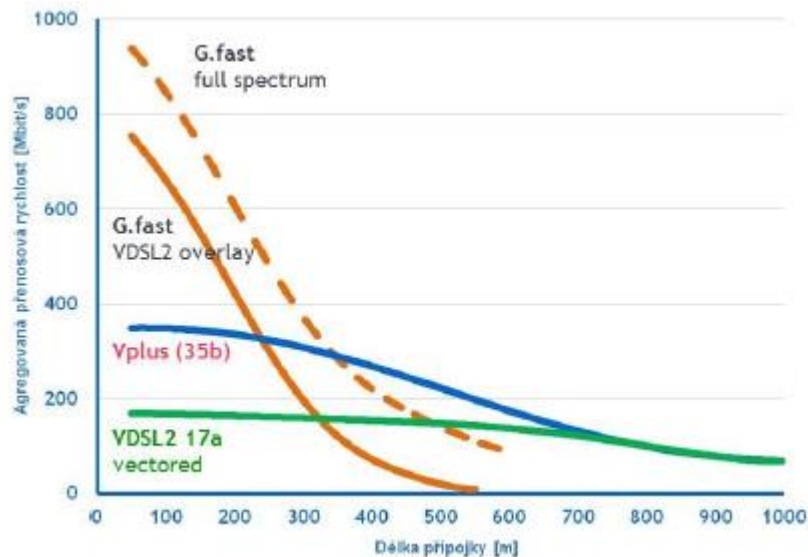
A od roku 2015 G.Fast standard protokolu DSL pro metalické smyčky do 500 m s agregovanou rychlostí 1 Gbit. Bylo nedávno normalizováno doporučením G.9700 a G.9701. Současná verze užívá pásmo až do 106 MHz s rozšířením na 212 MHz. Využívá duplexní přenos v časové oblasti (Time Division Duplexing TDD). Ostatní DSL pracují na bázi frekvenčního přenosu FDD. G.Fast vyžaduje architekturu FTTC nebo FTTB. Nejvíce instalací se předpokládá pro velké MDU – Multi Dwelling Units (budovy typu mrakodrapů s mimořádnou hustotou a zakončením) tak i pro málo portové a jednoportové jednotky. G.Fast umožňuje souběžný provoz (interoperabilitu) s xDSL. Souběžně s tím je zapotřebí vyřešit interoperabilitu stávajících koncových zařízení, což lze považovat za klíčové. To, co se získá Vectoringem na druhé straně dramaticky omezí provoz stávajících xDSL koncových zařízení bez Vectoringu. Proto bylo nutné zavést účinná pravidla k podpoře souběžného provozu. Proto se zavedl nový profil 35b a nový kmitočtový plán 998ADE35. Normalizováno vložení dodatku do doporučení G. 993.2 Amd. 1. Toto řešení umožňuje zvýšení přenosové rychlosti a smíšený vectoring. Mezi

verzemi VDSL2 17 a 30a není vectoring možný vzhledem k dvojnásobné šířce pásem použitých v DMT (4,3 kHz vs. 8,6 kHz) a tím pádem není společný provoz možný. U VDSL2 35b jsou tato pásma shodná a tudíž vectoring je možný. [25]

Tabulka 4 Jednotlivé typy xDSL přípojek dle doporučení ITU-T a přenosovými rychlostmi [18]

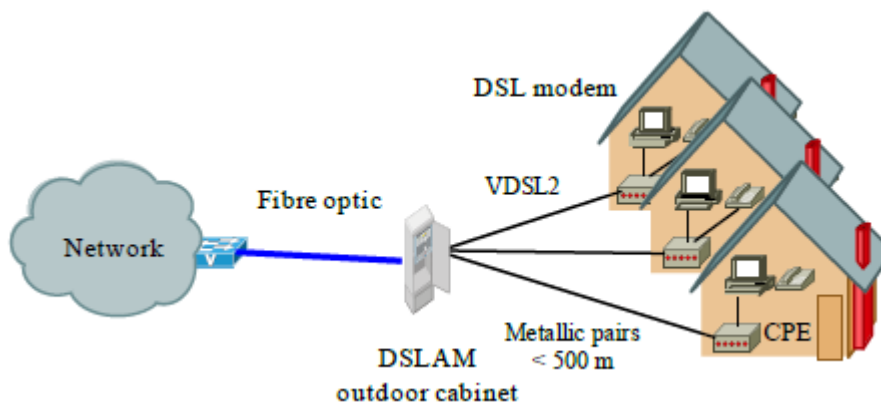
Version	Standard name	Common name	Downstream rate (Mbit/s)	Upstream rate (Mbit/s)
ADSL	ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8.0 Mbit/s	1.0 Mbit/s
	ITU G.992.2	ADSL Lite (G.lite)	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s
	ITU G.992.1	ADSL (G.dmt)	8.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s
	ITU G.992.1 Annex A	ADSL over POTS	12.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s
	ITU G.992.1 Annex B	ADSL over ISDN	12.0 Mbit/s	1.8 Mbit/s
ADSL2	ITU G.992.3 Annex L	RE-ADSL2	5.0 Mbit/s	0.8 Mbit/s
	ITU G.992.3	ADSL2	12.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s
	ITU G.992.3 Annex J	ADSL2	12.0 Mbit/s	3.5 Mbit/s
	ITU G.992.4	Splitterless ADSL2	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s
ADSL2+	ITU G.992.5	ADSL2+	24.0 Mbit/s	1.4 Mbit/s
	ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+M	24.0 Mbit/s	3.3 Mbit/s
VDSL	ITU G.993.1	VDSL	55 Mbit/s	3 Mbit/s
VDSL2	ITU G.993.2	VDSL2	100 Mbit/s	100 Mbit/s
VDSL2-Vplus	ITU G.993.2 Amendment 1 (11/15)	VDSL2 Annex Q VPlus/35b	300 Mbit/s	100 Mbit/s

Podmínkou samozřejmě bylo a je neustálé přibližování optického vlákna ke koncovému uživateli (zákazníkovi) a tím pádem také zkracování posledního kroku po metalických párech. Tato architektura sítě se vyjadřuje pod známou zkratkou FTTx (Fiber to the ...). Jedná se o síťovou architekturu, která nahrazuje metalická vedení optickými vlákny. Jestli se kdysi ustálil termín poslední míle, tak v současnosti můžeme hovořit spíše už jen o stovkách metrů. Mezi nejčastěji používané zkratky nemohu opomenout síť FTTN – Fiber to the node, vlákno končí v uzlu (ve skříni nebo TR) vzdáleném od koncového zákazníka až několik kilometrů. Zbylá část trasy vede po metalických kabelech. FTTC – Fiber to the cabinet (obdobu FTTN), kde vzdálenost od koncového zákazníka je cca 300 m. Příklad vysunutých rDSLAMů se v současnosti blíží tomuto typu sítě. Dalším je síť FTTB – Fiber to the building, kdy optické vlákno končí již například v suterénu panelového domu. Koncový účastník je připojen např. slaboproudými kabely strukturované kabeláže typu např. UTP 6.Cat (pracují s šířkou pásma až 250 MHz, která zajišťuje vynikající spolehlivost přenosu Gbit Ethernetu - 1 Gb/s). Jako posledním typem konfigurací sítí nesmím opomenout FTTH – Fiber to the home, kdy optické vlákno za pomoci spitterového pole (rozbočovače) končí přímo u zákazníka v bytě zakončeného optickou zásuvkou. [25]



Obrázek 5 Rozdíly přenosových rychlostí v závislosti na vzdálenosti a technologii [14]

Alternativní řešení se nabízí v podobě optického či bezdrátového přenosu případně využitím kabelových televizních rozvodů. Zvyšování přenosové rychlosti za současného zkracování posledního skoku je umožněno vysunutím DSLAMu (Obrázek 6).



Obrázek 6 Struktura sítě FTTN, resp. FTTCab [14]

Struktura sítě FTTN, kde je pro úsek připojení z centrálního bodu ke koncovému bodu sítě využito metalických vedení, která mají v kombinaci se současně dostupnými technologiemi limitované možnosti přístupových rychlostí, dané kombinací délky metalického vedení a použité technologie. [14]

Do určité míry lze pomocí dalších nových technologií zvýšit rychlost přístupu. Pro provozovatele vyvstává problém napájení této technologie. Možnostmi řešení jsou buď vést

napájení po stávajícím kabelu od ústředny či vyhledáním (vybudováním) nejbližší možné NN přípojky v místě technologie. [25]

2.2 Základní ustanovení

Dnes se o telekomunikační síti hovoří jako o síti elektronických komunikací a její podmínky o jejím provozování a služeb stanovuje Zákon č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů, který transponuje platný regulační rámec Evropské unie, nahradil zákon č. 151/2000 Sb., o telekomunikacích a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon upravuje na základě práva Evropské unie podmínky podnikání a výkon státní správy, včetně regulace trhu, v oblasti elektronických komunikací. Jedná se o Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/19/ES o přístupu k sítím elektronických komunikací a přiřazeným zařízením a o jejich vzájemném propojení (přístupová směrnice). Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/20/ES o oprávnění pro sítě a služby elektronických komunikací (autorizační směrnice). Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/21/ES o společném předpisovém rámci pro sítě a služby elektronických komunikací (rámcová směrnice). Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/22/ES o univerzální službě a právech uživatelů týkajících se sítí a služeb elektronických komunikací (směrnice o univerzální službě). Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/58/ES o zpracování osobních údajů a ochraně soukromí v odvětví elektronických komunikací (Směrnice o soukromí a elektronických komunikacích). Směrnice Komise 2002/77/ES o hospodářské soutěži na trzích sítí a služeb elektronických komunikací. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 1999/5/ES o rádiových a koncových telekomunikačních zařízeních a vzájemném uznávání jejich shody. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/136/ES, kterou se mění směrnice 2002/22/ES o univerzální službě a právech uživatelů týkajících se sítí a služeb elektronických komunikací, směrnice 2002/58/ES o zpracování osobních údajů a ochraně soukromí v odvětví elektronických komunikací a nařízení (ES) č. 2006/2004 o spolupráci mezi vnitrostátními orgány příslušnými pro vymáhání dodržování zákonů na ochranu zájmů spotřebitele. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/140/ES, kterou se mění směrnice 2002/21/ES o společném předpisovém rámci pro sítě a služby elektronických komunikací, směrnice 2002/19/ES o přístupu k sítím elektronických komunikací a přiřazeným zařízením a o jejich vzájemném propojení a směrnice 2002/20/ES o oprávnění pro sítě a služby elektronických komunikací. [17]

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/61/EU o opatřeních ke snížení nákladů na budování vysokorychlostních sítí elektronických komunikací.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/214/ES, kterou se mění směrnice Rady č. 87/372/EHS o frekvenčních pásmech vyhrazených pro koordinované zavedení veřejných

celoevropských buňkových digitálních pozemních mobilních komunikačních systémů ve Společenství.

Čl. 15 odst. 1 a 3 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/21/ES o společném předpisovém rámci pro sítě a služby elektronických komunikací (rámcová směrnice).

Rozhodnutí Komise č. 2003/548/ES o minimálním souboru pronajatých okruhů s harmonizovanými vlastnostmi a o souvisejících normách podle článku 18 směrnice o univerzální službě.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/19/ES o přístupu k sítím elektronických komunikací a přiřazeným zařízením a o jejich vzájemném propojení (přístupová směrnice), příloha II.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/24/ES ze dne 15. března 2006 o uchovávání údajů vytvářených nebo zpracovávaných v souvislosti s poskytováním veřejně dostupných služeb elektronických komunikací nebo veřejných komunikačních sítí a o změně směrnice 2002/58/ES.

Nařízení vlády č. 426/2000 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na rádiová a na telekomunikační koncová zařízení, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).

Nařízení vlády č. 18/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů. [17]

2.3 Obecné zásady plánování SEK

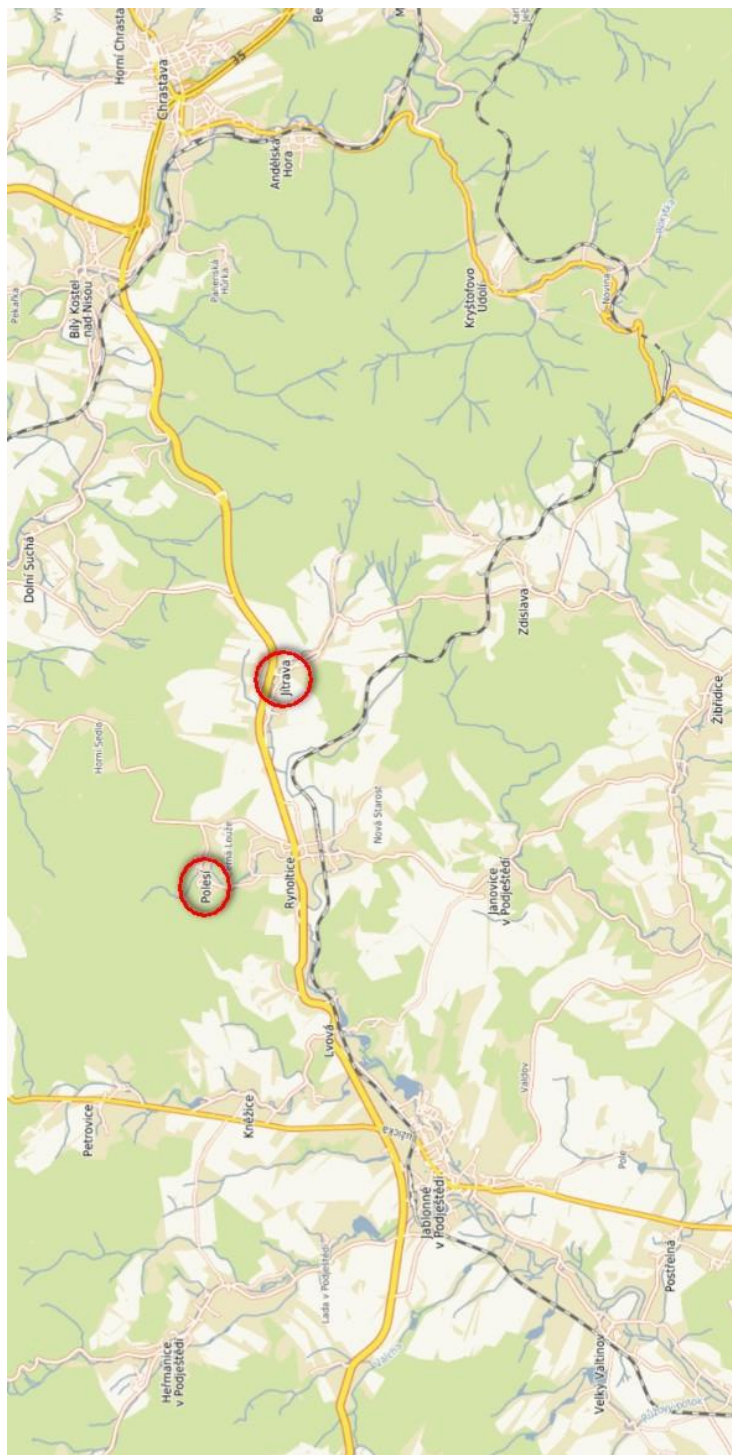
Hlavní motivací pro rozvoj optických přístupových sítí je neustálé navyšování požadavků na přenosovou rychlost ze strany koncových uživatelů. Celosvětovým trendem je jak nárůst počtu aktivních uživatelů internetu, tak i celkového objemu přenášených dat. Jiným fenoménem posledních let je postupné pronikání protokolu Ethernet z lokálních datových sítí do segmentu přístupových i páteřních systémů. Dalším vývojovým směrem je pokles počtu účastníků a tržeb v oblasti pevných telefonních sítí, které byly úspěšně nahrazeny službami mobilních sítí a VoIP (Voice over IP) telefonie. Celosvětovým trendem posledních patnácti let je rovněž šíření videa, TV signálu a obecně multimediálních služeb prostřednictvím datových sítí a přípojek. Služby jako VoD (Video on Demand), online přenosy videa (streamovaná videa) často ve vysokém HD rozlišení (High Definition) a podobné multimediální služby se dostávají

postupně do oblíbenosti a jejich podíl na objemu datových přenosů rychle narůstá. V neposlední řadě se také stále více používají interaktivní služby, jako například e-money, e-health, různé vzdělávací programy apod., a i jejich prostřednictvím narůstají požadavky na přenosové rychlosti a další parametry přístupových sítí. Je tedy zřejmé, že na výkonnost přístupových sítí jsou kladeny neustále se zvyšující nároky a vývoj v oblasti přístupových technologií by měl tyto trendy reflektovat. Trend v posledních deseti letech představuje rychlý nárůst vysokorychlostních technologií v České republice, na kterém se podílí zejména zvyšující se zastoupení mobilních technologií. Podíl xDSL přípojek (zejména ADSL2 a VDSL2) a CATV přípojek zůstává zejména v posledních letech konstantní a omezený nárůst zaznamenávají bezdrátové technologie Wi-Fi, WiMAX či FWA (Fixed Wireless Access). Podíl optických přípojek FTTx (zahrnuje obecně všechny varianty FTTx) ve sledovaném období sice pozvolna narůstal, nicméně i tak se stále jedná o minoritní řešení v segmentu přístupových sítí v ČR. Celkové rozložení přístupových technologií a jejich zastoupení na trhu v České republice na konci roku 2015 dokládá Tabulka 2, která potvrzuje, že xDSL přípojky společně s bezdrátovými technologiemi (zejména Wi-Fi) stále dominují mezi přístupovými technologiemi v ČR v praxi, když dohromady jejich podíl představuje více než 56 % všech vysokorychlostních přípojek. Obecně strmý nárůst zaznamenávají mobilní sítě a mobilní datové přenosy, což bude v blízké budoucnosti dále umocněno nasazením nových systémů LTE. Diskuse se přitom vede o vzájemném vztahu pevného a mobilního internetu a o tom, do jaké míry jsou schopné mobilní technologie suplovat připojení v pevném bodě. Zastoupení optických přípojek FTTx a optických přístupových sítí v praxi je i přes jejich pozvolný nárůst stále jen okrajově. V souladu s dokumenty Evropské komise (Digitální Agenda) a především s národní strategií Digitální Česko lze předpokládat další snahu o rozvoj FTTx přípojek a optických přístupových sítí PON v následujících letech. V Digitální Česko 1.0 je například specifikován požadavek na garanci širokopásmového přístupu k internetu o rychlosti alespoň 2 Mbit/s pro všechny domácnosti ve venkovských oblastech do roku 2013. Aktualizovaná verze dokumentu Digitální Česko 2.0 z roku 2013 si klade za cíl, aby všichni obyvatelé České republiky v roce 2020 měli umožněn přístup k internetu rychlostí minimálně 30 Mbit/s, přitom polovina domácností rychlostí až 100 Mbit/s. [3]

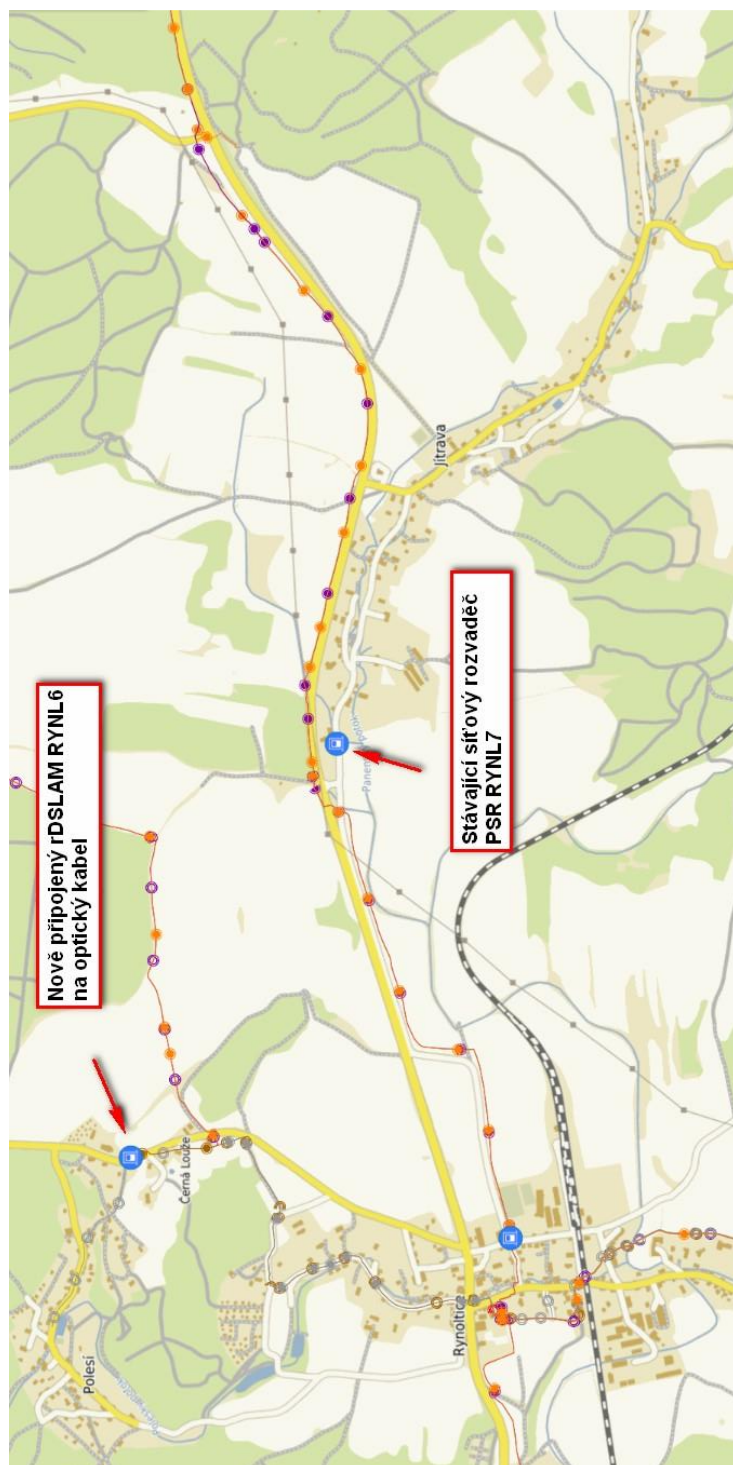
3 Popis vybraných lokalit

3.1 Popis aktuálního stavu ve vybraných lokalitách v ČR

Pro svou práci jsem zvolil dvě lokality (obce) v mém blízkém okolí. Jedná se o obce Jítrava a Polesí. Jsou částmi obce Rynoltice cca 25 km od Liberce směrem na Ústí nad Labem. Současný stav obou částí obce Rynoltice je však rozdílný.



Obrázek 7 Zvolená obec Jítrava a Polesí [18]



Obrázek 8 Stávající umístění rDSLAMů ve vybraných obcích [18]

V Jitřavě je síťový rozvaděč umístěn na samém začátku obce směrem od Rynoltic. Optická síť v současnosti neprochází kolem SR (síťového rozvaděče). Celou obcí od SR prochází nadzemní síť elektronických komunikací (sloupové vedení se samonosnými metalickými kabely). Délka sítě je 3 080 m. Vzhledem k rozlehlosti obce je zcela zřejmé, že připojení

koncového uživatele do vzdálenosti cca 500 m (možnost připojení vysokorychlostního internetu cca 200 Mbit/s) nebude investičně efektivní. Z RSU Rynoltice je veden do obce Jítrava přívodní kabel, který je ukončen v PSR RYNL7, následně jsou celou obcí kabely vedené přes UR (účastnické rozvaděče) – jde o tzv. dvoustupňovou pružnou síť.



Obrázek 9 Stávající skříň PSR RYNL7 v Jítravě [autor]

Tabulka 5 Stávající služby v Jítravě dle doporučení ITU-G [26]

DOPORUČENÍ ITU	AKT.DN (kBit/s)	AKT.UP (kBit/s)	DSL	TV	HLAS	DOPORUČENÍ ITU	AKT.DN (kBit/s)	AKT.UP (kBit/s)	DSL	TV	HLAS
G992.5-Annex B	6152	388	Y	N	Y	G992.5-Annex B	3079	263	Y	N	N
G992.5-Annex B	5127	387	Y	Y	Y	G992.1-Annex B	3072	256	Y	N	N
g992-5-b	11102	765	Y	N	N	G992.5-Annex B	2055	131	Y	N	N
G992.5-Annex B	2567	260	Y	N	N	g992-5-b	7846	765	Y	N	N
G992.5-Annex B	3589	259	Y	N	N	G992.5-Annex B	3587	263	Y	N	N
G992.5-Annex B	6152	388	Y	N	N	G992.5-Annex B	3591	263	Y	N	Y
g992-5-b	11615	765	Y	N	Y	G992.5-Annex B	3080	260	Y	N	N
g993-2-8b	16643	1465	Y	Y	N	G992.5-Annex B	6150	391	Y	N	N
g993-2-8b	18984	1366	Y	Y	N	G992.5-Annex B	6152	388	Y	N	N
G992.1-Annex B	3072	256	Y	N	N	G992.5-Annex B	6151	387	Y	Y	N
G992.5-Annex B	2056	131	Y	N	N	g993-2-8b	21640	1145	Y	N	N
G992.5-Annex B	3592	260	Y	N	N	g993-2-8b	14490	1141	Y	Y	N
G992.5-Annex B	2055	135	Y	N	Y						



Obrázek 10 Schéma tras SEK Jítrava [27]

V Polesí (včetně části Černá Louže) je v současnosti již nový rDSLAM s označením RYNL6, který je připojen na optickou síť z RSU Rynoltice 24vl. kabelem (připojen jedním vláknem) v délce 1 811 m. Pro napájení rDSLAMu bylo využito stávajícího kabelu TCEPKPFLE 50XNx0,4 rovněž z RSU Rynoltice. Síť elektronických komunikací je z převážné části vedena PSEK (zemními metalickými kabely) a až koncový uživatel je připojen většinou z NSEK samonosným kabelem ze sloupu. Síť je oproti Jítravě více rozvětvená. V trase od rDSLAMu RYNL6 vede směrem do obce Polesí rovněž rezervní chránička HDPE40 (končí mezi budovami s č.p.68 a 21) v délce 607 m.



Obrázek 11 Stávající rozvaděč rDSLAM RYNL6 v Polesí-Černá Louže [autor]

Tabulka 6 Původní služby bez DSL v Polesí a Černé Louži dle doporučení ITU-G [26]

Down Speed (kBit/s)	UP_Speed (kBit/s)	Profil	Hlas	IE	IPTV	Vzdálenost (m)	Útlum (dB)	Down Speed (kBit/s)	UP_Speed (kBit/s)	Profil	Hlas	IE	IPTV	Vzdálenost (m)	Útlum (dB)
3591	263	G992.5-Annex B		ANO		2940	35	5125	389	G992.5-Annex B	ANO	ANO	ANO	2250	
5127	391	G992.5-Annex B		ANO		2880	22,79	3080	260	G992.5-Annex B	ANO	ANO		2250	20,654
3592	260	G992.5-Annex B		ANO		2860		2055	135	G992.5-Annex B		ANO		2250	
2055	135	G992.5-Annex B		ANO		2850	22,404	6151	391	G992.5-Annex B		ANO		2190	
2055	135	G992.5-Annex B	ANO	ANO		2820	23,319	6151	391	G992.5-Annex B		ANO		2170	
2055	135	G992.5-Annex B		ANO		2760	36	8199	519	G992.5-Annex B	ANO	ANO		2140	16,659
6151	391	G992.5-Annex B		ANO		2760	21,716	8199	515	G992.5-Annex B		ANO		2060	
6150	391	G992.5-Annex B	ANO	ANO		2760	23,498	6151	391	G992.5-Annex B	ANO	ANO		2000	21,634
2055	135	G992.5-Annex B		ANO		2740	-99900	6150	391	G992.5-Annex B	ANO	ANO		1920	20,663
			ANO			2630	21,081					ANO	ANO	1910	
			ANO			2630	22,818	2055	135	G992.5-Annex B		ANO		1910	
3592	260	G992.5-Annex B	ANO	ANO		2580	27	5124	389	G992.5-Annex B	ANO	ANO	ANO	1890	
6150	387	G992.5-Annex B		ANO		2520	22,964	2055	131	G992.5-Annex B		ANO		1880	
3587	260	G992.5-Annex B	ANO	ANO		2470	34,015	17547	1562	g993-2-8b		ANO		1660	22
3592	260	G992.5-Annex B		ANO		2410		6152	388	G992.5-Annex B					
5127	387	G992.5-Annex B	ANO	ANO	ANO	2390	21,563	8198	515	G992.5-Annex B					
6148	387	G992.5-Annex B		ANO		2360	31	5126	391	G992.5-Annex B					
6535	513	G992.5-Annex B	ANO	ANO	ANO	2340	19,5	5125	391	G992.5-Annex B					
3591	263	G992.5-Annex B		ANO		2320	33	11376	1021	G992.5-Annex B					
4103	263	G992.5-Annex B	ANO	ANO		2310	31	3589	263	G992.5-Annex B					
			ANO			2270	21,484								

Tabulka 7 Nové služby přes DSL v Polesí a Černé Louži dle doporučení ITU-G [26]

DOPORUČENÍ ITU	AKT.DN (kBit/s)	AKT.UP (kBit/s)	DSL	TV	HLAS	DOPORUČENÍ ITU	AKT.DN (kBit/s)	AKT.UP (kBit/s)	DSL	TV	HLAS
g993-2-17a	55104	5119	Y	N	N	g992-5-b	10239	765	Y	N	N
g993-2-17a	55101	5119	Y	N	N	g992-5-b	10239	765	Y	N	N
g992-5-b	10239	765	Y	N	Y	g992-5-b	10239	765	Y	N	Y
g993-2-17a	24127	2239	Y	N	Y	g993-2-17a	24128	2240	Y	N	N
g992-5-b	10240	766	Y	Y	Y	g992-5-b	10237	766	Y	N	N
g992-5-b	10239	765	Y	N	N	g992-1-b	7616	768	Y	N	Y
g992-5-b	10240	766	Y	Y	N	g992-5-b	10239	765	Y	N	N
g993-2-17a	24128	2239	Y	N	N	g992-5-b	10237	765	Y	N	N
g992-5-b	10237	766	Y	N	N	g992-5-b	10239	765	Y	N	N
g993-2-17a	24128	2239	Y	N	N	g992-5-b	10239	765	Y	N	Y
g993-2-17a	55101	5119	Y	Y	Y	g992-5-b	10239	765	Y	N	N
g992-5-b	10237	766	Y	N	N	g992-5-b	10239	765	Y	N	Y
g992-5-b	10239	765	Y	N	Y	g992-5-b	10240	766	Y	Y	N
g992-5-b	2048	545	Y	N	Y	g992-5-b	10239	765	Y	N	N
g992-5-b	10239	765	Y	N	N	g992-5-b	10239	765	Y	N	N
g992-5-b	10239	765	Y	Y	N	g993-2-17a	24128	2239	Y	N	N
g992-5-b	10239	765	Y	N	N	g993-2-17a	55104	5119	Y	N	N
g993-2-8b	24127	2240	Y	N	N	g993-2-17a	24128	2240	Y	N	N



Obrázek 12 Schéma tras SEK Polesí – Černá Louže [27]

V Jítravě si napojení na optickou síť vyžádá investiční náklady. Jednalo by se o zemní výkopové práce v délce 247 m (případně nové sloupové nadzemní vedení) s pokládkou chráničky HDPE, uložení kabelové komory PKOR pro optickou spojku a kabelovou rezervu, zafouknutí OK a montáž nového rDSLAMu v místě, u kterého je již zřejmé, že je naprosto nevhodně umístěn pro nový typ technologie (v případě umístění jednoho rDSLAMu). Vzhledem k tomu, že dále od SR je celou obcí vedena NSEK, je možné síť využít pro dotažení optického kabelu na místa s vybranými kandidáty pro umístění nového (nových) rDSLAMů.

Tabulka 8 Data kabelizace RYNL7 [27]

Název sestavy:	Příchozí kapacita										
Název objektu:	(PSR) RYNL7 [PSR1-1]										
Roz.OD	Roz.DO	Kapacita	Blokováno	Obsazeno	PSTN	Celkem_DSL	Naked	Super	DSL	PCM	Vytížení
(SR)RYNL5 [SR1]	(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	30	0	29	1+0	27	21	1	5	1	96%

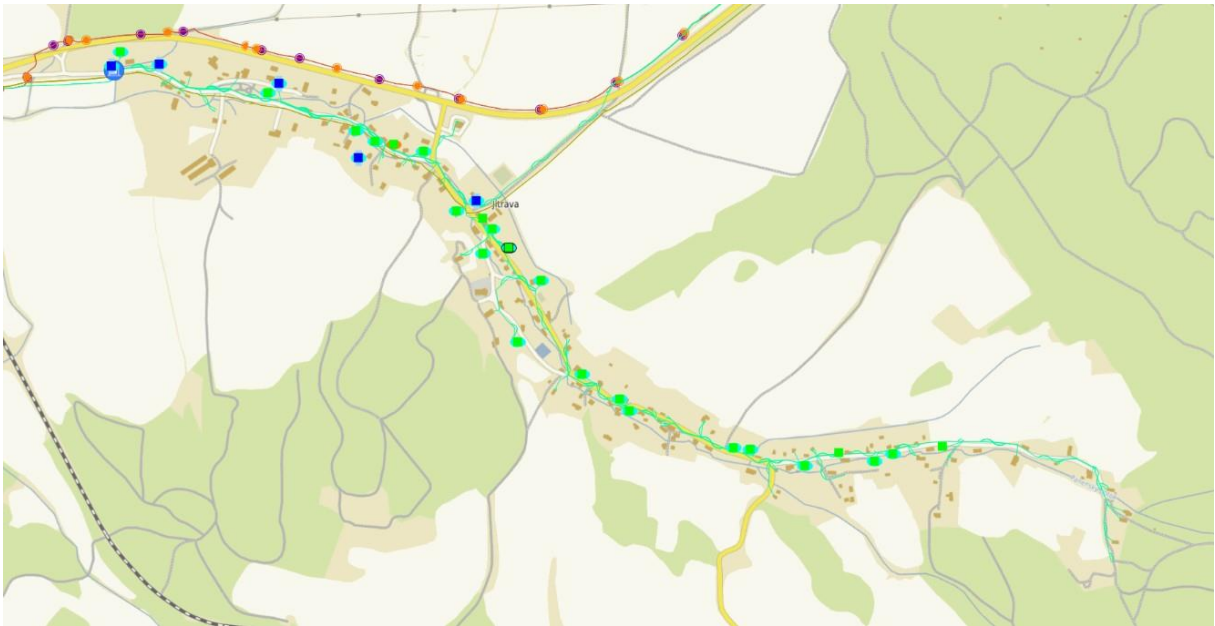
Název sestavy:	Odchozí kapacita										
Název objektu:	(PSR) RYNL7 [PSR1-1]										
Roz.OD	Roz.DO	Kapacita	Blokováno	Obsazeno	PSTN	Celkem_DSL	Naked	Super	DSL	Vytížení	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL22 [PSR1-1/1]	7	0	0	0	0	0	0	0	0%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL29 [PSR1-1/3]	10	0	1	1	0	0	0	0	10%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL30 [PSR1-1/4]	6	0	2	0	2	2	0	0	33%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL34 [PSR1-1/8]	5	0	1	0	1	1	0	0	20%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL35 [PSR1-1/9]	4	1	3	1	2	1	1	0	75%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(HSU)RYNL21 [HSUu99]	15	0	5	0	5	5	0	0	33%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(HSU)RYNL17 [HSU_u_čp_83]	10	0	0	0	0	0	0	0	0%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(HSU)RYNL13 [HSU_u_175]	10	2	7	1	6	4	0	2	70%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL33 [PSR1-1/7]	5	0	2	0	2	1	0	1	40%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL28 [PSR1-1/2]	5	0	0	0	0	0	0	0	0%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL24 [PSR1-1/11]	5	0	2	0	2	1	0	1	40%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL25 [PSR1-1/12]	2	0	0	0	0	0	0	0	0%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL26 [PSR1-1/13]	4	1	1	0	1	1	0	0	25%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(HSU)RYNL11 [HSU_u_čp_151]	5	0	2	0	2	2	0	0	40%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL32 [PSR1-1/6]	5	0	0	0	0	0	0	0	0%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL23 [PSR1-1/10]	7	0	1	0	1	1	0	0	14%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL27 [PSR1-1/14]	10	0	3	0	3	2	0	1	30%	
(PSR)RYNL7 [PSR1-1]	(UR)RYNL31 [PSR1-1/5]	5	0	1	1	0	0	0	0	20%	

Tabulka 9 Data kabelizace RYNL6 [27]

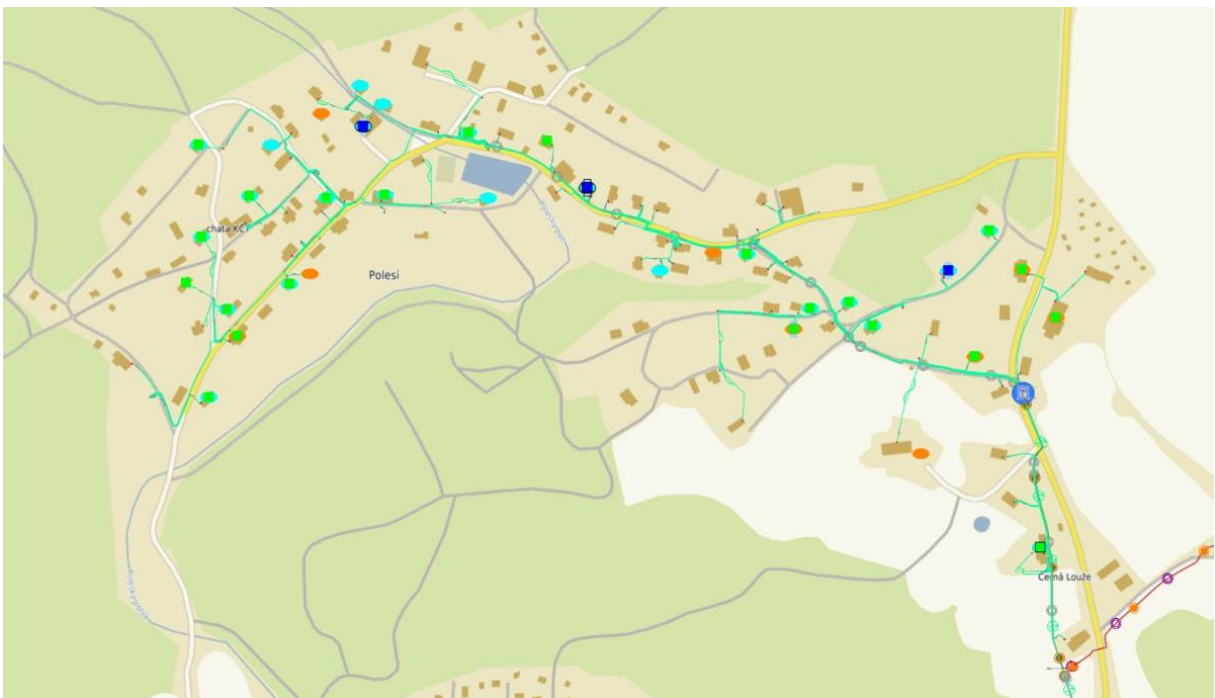
Název sestavy:	Příchozí kapacita										
Název objektu:	(SR) RYNL6 [D_NAP_SR2]										
Roz.OD	Roz.DO	Kapacita	Blokováno	Obsazeno	PSTN	Celkem_DSL	Naked	Super	DSL	Vytížení	
(HR)RYNL1HR(Rynoltic)	(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	100	15	32	19+0	0	0	0	0	32%	

Název sestavy:	Odchozí kapacita										
Název objektu:	(SR) RYNL6 [D_NAP_SR2]										
Roz.OD	Roz.DO	Kapacita	Blokováno	Obsazeno	PSTN	Celkem_DSL	Naked	Super	DSL	Vytížení	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL233 [SR2/17]	2	0	1	0	1	1	0	0	50%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL46 [SR2/4]	10	0	2	0	2	1	1	0	20%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL42 [SR2/15]	6	0	1	0	1	1	0	0	16%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL48 [SR2/6]	10	0	2	0	2	0	1	1	20%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL36 [SR2/1]	10	0	1	0	1	1	0	0	10%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL37 [SR2/10]	13	0	3	1	2	0	1	1	23%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL40 [SR2/13]	20	0	2	0	2	1	1	0	10%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL47 [SR2/5]	20	2	4	0	4	2	1	1	20%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL45 [SR2/3]	5	0	2	0	2	0	1	1	40%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL51 [SR2/9]	20	0	3	0	3	3	0	0	15%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL44 [SR2/2]	15	1	3	0	3	3	0	0	20%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL39 [SR2/12]	20	0	2	0	2	0	0	2	10%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL41 [SR2/14]	10	0	2	0	2	1	1	0	20%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL50 [SR2/8]	20	0	4	0	4	0	3	1	20%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL43 [SR2/16]	6	0	0	0	0	0	0	0	0%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL49 [SR2/7]	30	0	9	2	7	3	3	1	30%	
(SR)RYNL6 [D_NAP_SR2]	(UR)RYNL38 [SR2/11]	15	0	4	0	4	2	0	2	26%	

Tabulky 8 a 9 zobrazují export dat ze systému GWS společnosti. Veškerou odchozí a příchozí kabelizaci rozvaděče v Jítravě a Polesí (Černé Louži) – kapacitu, obsazení a vytížení jednotlivých kabelů.



Obrázek 13 Mapa se službami Jítrava: zelená – POTS, modrá – TV, tyrkysová – ADSL, oranžová VDSL [27]



Obrázek 14 Mapa se službami Polesí: zelená – POTS, modrá – TV, tyrkysová – ADSL, oranžová VDSL [27]

Obrázky 13 a 14 zobrazují mapy obou obcí s jednotlivými typy služeb.

3.2 Stávající parametry výběru rDSLAMů u společnosti CETIN

Prvotní požadavek je plnění bonity služeb: zásadním problémem je, že při výběru se nesmyslně přeskakují nadřízené rozvaděče. Nevadilo by, kdyby pod TR byly zařazeny všechny SR, ale to tak nedopadlo. Chyběly tak nejsilnější rozvaděče. Proto se vyloučily všechny rozvaděče do 500 m od HR.

Podmínky, které musí být splněny:

Dosah služeb od DSLAM do 5,5 dB (na průměru žil 0,4 mm s útlumem 12 dB/km se jedná do 460 m smyčku) = bonitní DSLAMy, kde nyní nabízíme 80 Mbit/s (s vectoringem dosáhneme na 250 Mbit/s až 300 Mbit/s. Dosah služeb od DSLAM do 9,5 dB (na průměru žil 0,4 mm se jedná do 790 m smyčku) = nebonitní DSLAMy, kde nabízíme více jak 30 Mbit/s. Pak se sledují ještě počty DSL do 19 dB. Sledují se dosahy útlumu pro každý objekt (ROP ID) a v rámci DSLAMIZACE jsou prováděny výpočty útlumu po realizaci rDSLAM s počty objektů a služeb, které splňují útlumy níže uvedenou škálu, která začíná od 3 dB. Hranice končí na 51 dB. Nad touto hodnotou se již služby nezřizovaly. Podnětná byla myšlenka sumarizace ROP ID (koncového účastníka) přes rozvaděče splňující vzdálenost za předpokladu 80 % do 9,6 dB (útlum pro vzdálenost 800 m v průměru žil 0,4 mm a v případě průměru žil 0,8 mm je vzdálenost 1 600 m). Vycházíme z útlumu fyzické sítě, tzn., že zohledňujeme skutečné průběhy žil 0,4 mm, 0,6 mm a 0,8 mm. Dalším parametrem sledování je 90 % s útlumem menším než 19 dB. Dalším důležitým požadavkem je 9 stávajících (existujících) služeb. [12]

4 Prognóza vývoje počtu účastníků a územního uspořádání

Jítrava, Polesí a Černá Louže jsou místní části spadající do katastru obce Rynoltice, která leží v okrese Liberec mezi Ještědským hřbetem a Lužickými horami. V Jítravě pramení Panenský potok, který se vlévá v Mimoni do Ploučnice. V Polesí pramení potok, který směřuje na pomezí Rynoltic a napájí vodou několik rybníků, které jsou využívány jako požární nádrže a ke koupání. [19]

Jítrava je protáhlá obec, ležící na horním toku Panenského potoka, asi 2,5 km východně od Rynoltic. O jejím založení není nic známo, ale poprvé se uvádí roku 1370 jako Ditherivilla, později jako Dittersdorf nebo Dittrichsdorf. Za husitských válek byla zcela vypálena a později nově založena a pojmenována Pankratz. Do roku 1878 v obci žilo mnoho kameníků, kteří pracovali v pískovcových lomech na Vysoké a ve vápencových lomech na Ještědském hřbetu. Na návrší uprostřed obce stojí barokní kostel sv. Pankráce z roku 1710 s polygonální kaplí z roku 1737. Po zásahu bleskem 8. dubna 1868 kostel zcela vyhořel, ale vzápětí byl znovu postaven. Stavba s křížově klenutým presbytářem má na západní straně hranolovou věž, vnitřní zařízení je pseudobarokní, z doby po roce 1868.

Kostel je obklopen hřbitovem a vedle něj stojí budova bývalé fary. V obci je také několik lidových roubených domů, z nichž některé mají zdobené kamenné vstupní portály a břidlicí vykládané štíty.

Nad obcí se vypíná výrazný zalesněný Kostelní vrch, severně odtud je na úpatí Vysoké zajímavá skupina skal, zvaná Bílé kameny. Za silnicí na severním okraji obce je zarostlá pískovna s pozoruhodným výskytem šterkopísků, které sem v druhé (Elsterské) době ledové přinesl pevninský ledovec ze severní Evropy. [20]

Tabulka 10 Vybrané základní sídelní jednotky [21]

ZSJ (kód ZSJ):	Polesí (144703)	Jítrava (144681)
Obec (kód obce):	Rynoltice (564397)	Rynoltice (564397)
Okres (kód okresu):	Liberec (CZ0513)	Liberec (CZ0513)
ORP (kód ORP):	Liberec (5105)	Liberec (5105)
POU (kód POU):	Hrádek nad Nisou (51053)	Hrádek nad Nisou (51053)
Kraj (kód kraje):	Liberecký kraj (CZ051)	Liberecký kraj (CZ051)
Výměra [ha]:	196	863
Počet obyvatel 1991:	64	150
Počet obyvatel 2001:	86	137
Počet obyvatel 2011:	85	164

Polesí je malebné letovisko ležící severně od Rynoltic v romantickém údolí obklopeném zalesněnými vrchy. Jedná se o rázovitou vesničku s lidovou roubenou architekturou, rozprostírající se při malém potoce pod vyhlídkovou skálou Havran. Do konce 2. svět. války se nazývalo Finkendorf podle prvního osadníka Sebastiana Finkeho, který se zde usadil roku 1683. Černá Louže ležící při silnici z Rynoltic do Horního Sedla vznikla kolem selského dvora, založeného zde po roce 1550. U silnice ve středu osady je kaplička z roku 1724. Obec má v porovnání s rokem 1843 poměrně stabilní katastr. Pár chalup zmizelo, ve 30. letech bylo postaveno pár zděných vil, o čtyřicet let později několik chat, ale charakter zástavby zůstal nezměněn. [22]

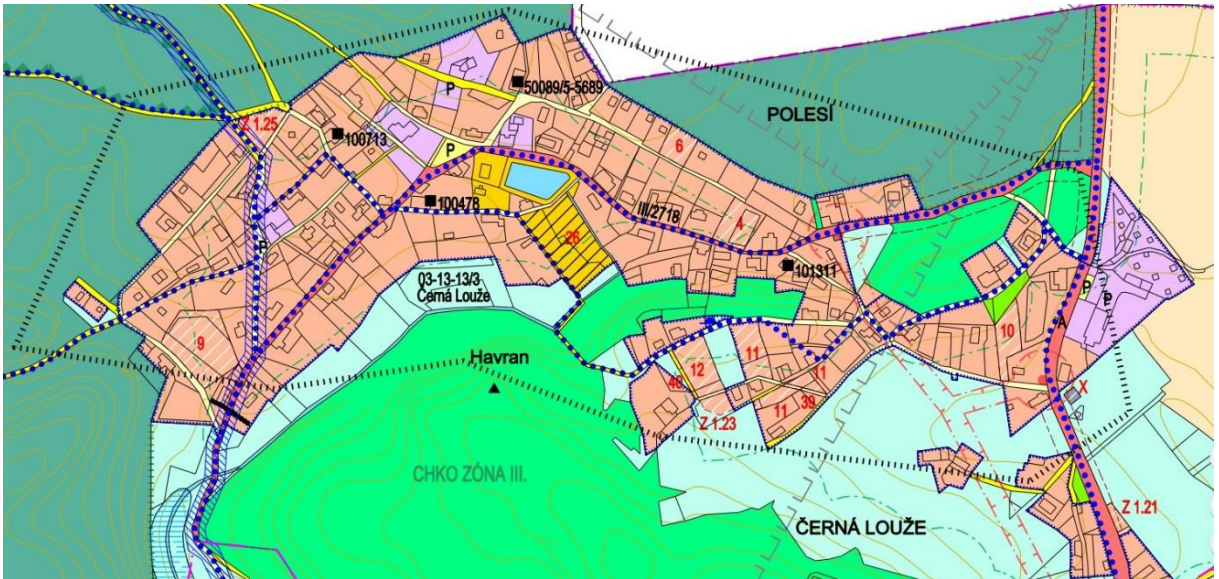
Jedná se o turisticky atraktivní území, což má za následek, že se v letní sezóně zvyšuje počet obyvatel až na čtyřnásobek (chataři, turisté). Probíhající rozsáhlé investice a s tím související nárůst ubytovacích kapacit v obci Jítrava mají za následek zvýšenou poptávku po vysokorychlostním internetu.

Tabulka 11 Počet obyvatel dle ZSJ [21]

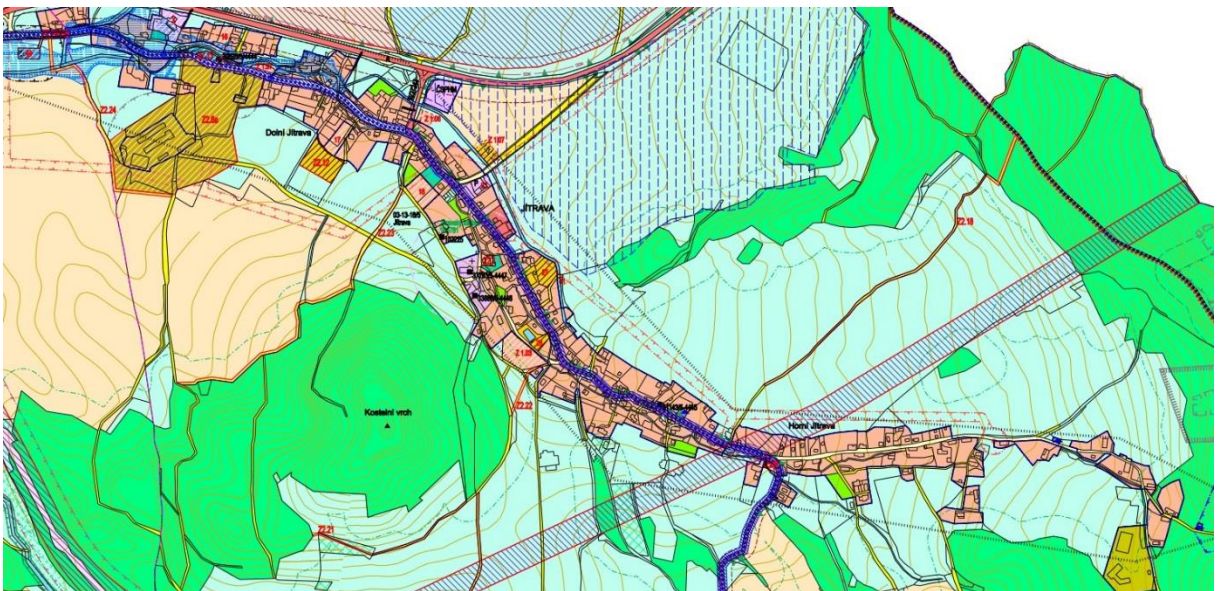
Okres, obec, část obce (díl), historická osada / lokalita	Kód ZSJ	KOD_KU	Katastrální území	Výměra v ha	Počet obyvatel													
					1869	1880	1890	1900	1910	1921	1930	1950	1961	1970	1980	1991	2001	2011
Černá Louže	408476	744701	Polesí u Rynoltic		182	168	125	111	95	82	96	33	14	10	3	6	9	16
Jítrava	144681	744689	Jítrava	863	1 071	993	945	916	852	739	734	368	314	248	184	150	137	164
Polesí	144703	744701	Polesí u Rynoltic	196	420	404	353	319	279	241	251	131	146	103	70	58	77	69

Tabulka 12 Počet domů dle ZSJ [21]

Okres, obec, část obce (díl), historická osada / lokalita	Kód ZSJ	KOD_KU	Katastrální území	Výměra v ha	Počet domů													
					1869	1880	1890	1900	1910	1921	1930	1950	1961	1970	1980	1991	2001	2011
Černá Louže	408476	744701	Polesí u Rynoltic		26	26	24	26	26	26	26	24	.	7	1	5	7	7
Jítrava	144681	744689	Jítrava	863	163	167	177	185	182	179	178	161	80	70	54	70	82	91
Polesí	144703	744701	Polesí u Rynoltic	196	65	65	64	64	65	65	71	73	.	30	28	31	30	31



Obrázek 15 Územní plán Polesí a Černá Louže [23]



Obrázek 16 Územní plán obce Jitřava [24]

FUNKČNÍ PLOCHY	
funkční plochy zastavěné a zastavitelné	
PLOCHY BYDLENÍ	stav návrh
BYTOVÉ DOMY	
RODINNÉ A REKREAČNÍ DOMY	
PLOCHY OBČANSKÉHO VYBAVENÍ	stav návrh
OBČANSKÉ VYBAVENÍ	
HŘBITOV	
PLOCHY SPORTU A REKREACE	stav návrh
SPORT A REKREACE	
ZAHŘÁDKY	
CHATOVÁ KOLONIE	
PLOCHY VÝROBY A SLUŽBY	stav návrh
VÝROBA, SLUŽBY A SKLADY	
ZEMĚDĚLSKÁ VÝROBA	
AGROTURISTIKA	
PLOCHY DOPRAVY	stav návrh
POZEMNÍ KOMUNIKACE	
SILNICE I. A III. TŘÍDY	
MÍSTNÍ KOMUNIKACE	
ÚČELOVÉ KOMUNIKACE	

DRÁHY ČD		stav	návrh
ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA			
ŽELEZNIČNÍ KORIDOR			
ŽELEZNIČNÍ KORIDOR - REZERVA			
DOPRAVNÍ VYBAVENÍ			
PARKOVIŠTĚ			
ŘADOVÉ GARÁŽE			
AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			
ČERPAČÍ STANICE PHM			
CYKLISTICKÁ DOPRAVA			
MTK NOVÁ HŘEBENOVKA			
CYKLISTICKÉ A PĚŠÍ TRASY			
DÁLKOVÁ TURISTICKÁ STEZKA E3			
PLOCHY TECHNICKÉHO VYBAVENÍ			
VODOVOD			
OBJEKTY NA VODOVODNÍ SÍTI			
ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD			
ČIŠTÍRNA ODPADNÍCH VOD			
ZÁSOBOVÁNÍ ELEKTRICKOU ENERGIÍ			
TRAFOSTANICE			
ZÁSOBOVÁNÍ PLYNEM			
REGULAČNÍ STANICE PLYNU			
funkční plochy nezastavěné a nezastavitelné			
VODNÍ PLOCHY A TOKY			
VODNÍ TOKY A NÁDRŽE			
ZEMĚDĚLSKÝ PŮDNÍ FOND			
ORNÁ PŮDA			
TRVALÉ TRAVNÍ POROSTY			
ZAHŘADY A SADY			
LESY A ZELEŇ			
PUPFL			
MIMOLESNÍ ZELEŇ			
LESY MIMO PUPFL			
PLOCHY SÍDELNÍ ZELENE			
PLOCHY PŘÍRODNÍ			
LESNÍ		stav	návrh
NELESNÍ			
OSTATNÍ PLOCHY A LINOVÉ PRVKY			
CHRÁNĚNÉ LOŽISKOVÉ ÚZEMÍ			
DOBYVACÍ PROSTOR			
LOŽISKA NEROSTNÝCH SUROVIN			
ŠTĚRKOPÍSKOVÝ ZEMNÍK			
PODDOLOVANÁ ÚZEMÍ			
SESUVNÁ ÚZEMÍ			
POZEMKY ODVODNĚNÉ DRENÁŽÍ			
RETENČNÍ NÁDRŽ			
ÚPRAVA TOKU			
ELEKTRICKÉ VRCHNÍ VEDENÍ VVN 110 kV			
ELEKTRICKÉ VRCHNÍ VEDENÍ VN 22 kV			
DÁLKOVÝ PLYNOVOD			
DÁLKOVÝ KABEL			
DÁLKOVÝ OPTICKÝ KABEL			
LIMITY VYUŽITÍ ÚZEMÍ			
vybrané limity graficky zobrazené			
OCHRANA PŘÍRODY A KRAJINY			
CHKO LUŽICKÉ HORY			
HRANICE CHKO			
HRANICE ZÓN CHKO			
PŘÍRODNÍ PAMÁTKA BÍLÉ KAMENY			
NATURA 2000 - EVL			
LOKALITY ZCHD			
PŘÍRODNÍ PARK JEŠTĚD			
HRANICE PŘÍRODNÍHO PARKU			
PŘÍRODNÍ REZERVACE VELKÝ VÁPENNÝ			
ÚZEMNÍ SYSTÉM EKOLOGICKÉ STABILITY			
BIOKORIDOR NADREGIONÁLNÍ			
BIOCENTRUM REGIONÁLNÍ			
BIOKORIDOR REGIONÁLNÍ			
BIOCENTRUM LOKÁLNÍ			
BIOKORIDOR LOKÁLNÍ			
HYDROLOGIE A KLIMATOLOGIE			
STANOVENÉ ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ			
AKTIVNÍ ZÓNA ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ			
CELÉ ŘŮ LEŽÍ V CHOPAV SEVEROČESKÁ KŘÍDA			
PAMÁTKOVÁ OCHRANA			
ÚZEMÍ S ARCHEOLOGICKÝMI NÁLEZY			
OBJEKTY PAMÁTKOVÉ CHRÁNĚNÉ			

5 Popis výstavby a výběr vhodné metody

5.1 Optimalizace SEK

Správný návrh uspořádání SEK musí zaručit takové umístění rDSLAMů, jejich kapacitu a hranice jejich atrakčních obvodů, aby si jejich vybudování vyžádalo minimální náklady. Obvody volíme tak, aby pokud možno zahrnovaly ucelený stavební úsek, případně území oddělené přírodními překážkami, hlavními ulicemi atd.



Obrázek 17 Skříň SIS 900-B HD180 [autor]



Obrázek 18 mDSLAM 450 HD180 [autor]



Obrázek 19 skříň MA5616 s nástavbou rDSLAM HD180 [autor]

Výstavbu rDSLAMů provází tři etapy. Po výběru vhodného umístění je zpracován projekt. Pokud se jedná o výměnu stávajícího síťového rozvaděče, převážně postačí oznámení na příslušném úřadě, obci. Pokud se jedná o nový rozvaděč, musí být zpracována projektová dokumentace se všemi náležitostmi včetně vyjádření všech dotčených orgánů, podání žádostí o vyjádření k existenci inženýrských sítí a na základě všech těchto podkladů a stanovisek je vydán územní souhlas (zkrácené územní rozhodnutí).

I.etapa: Obnáší výstavbu samotné skříně (případně obkopání stávající), dohledání trasy a očištění metalických kabelů a přípravou na samotné přepojení. V některých případech při výměně skříně je zapotřebí z důvodu krátkých kabelů jejich naspojování. Do nové skříně se

tyto metalické kabely vyšijí na svorkovnice typu LSA a služby se z příchozího kabelu opět propojí na odchozí k zákazníkovi (Obrázek 20).

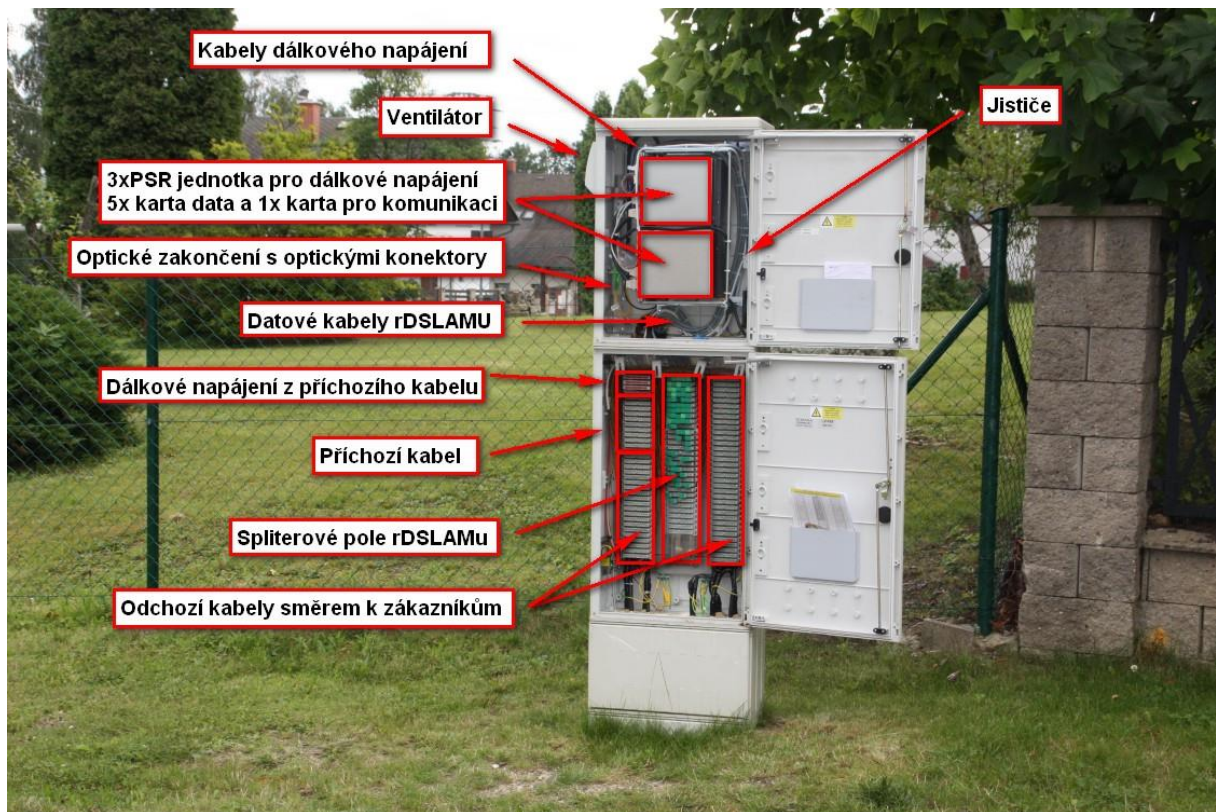


Obrázek 20 I. etapa metalická část-výměna rozvaděče [autor]

Podle kapacity se na příchozím kabelu musí „vyčistit“ od služeb prvních deset až třicet párů a dojde k přepojení služeb do zbytku kapacity kabelu. Důvodem je příprava kabelu pro budoucí dálkové napájení rDSLAMu. Toto je zapotřebí provést pouze v případě, že nebude řešena v místě rDSLAMu samostatná přípojka NN. V tento moment jsou služby v provozu stále od nejbližší ústředny.

II. etapa: Následně je možné zahájit práce na optické části. Nejčastěji se jedná o odkrytí optické části, na procházející trase optického vedení se uloží zemní kabelová komora, provede se pofouknutí kabelu v HDPE chrániče z nejbližší možné rezervy (TR, kabelová komora, atd.) do této kabelové komory s uložením optické spojky. V ní se provede naspojkování na nový kabel ukončený v rozvaděči většinou čtyřmi optickými vlákny oboustranně vyvedenými. Provede se měření přímou metodou a pomocí OTDR.

III etapa: Zajišťuje finální montáž technologie do rozvaděče, práce spojené s propojením dálkového napájení, montáží jističů, propojením optické karty s SDF modulem patchcordem, vyšití datových kabelů z karet do splitterového pole (jedna karta 32 služeb). Do typového rozvaděče (Obrázek 21) je možné umístit 6 karet (196 služeb). Po konfiguraci karet a kontrole funkčnosti dálkového napájení se akceptuje rDSLAM a začlenění do sítě. Následně je možné v případě oslovení zákazníkem přepojit službu na novou technologii VDSL2 a výše. Přenosová rychlost následně závisí na fyzické vzdálenosti kabelového vedení ke konečnému zákazníkovi.



Obrázek 21 Popis stávajícího plně funkčního rDSLAMu [autor]

5.2 Výběr úloh (metod) pro nalezení optimálního umístění rDSLAMů na SEK

Síť může být modelována hranově ohodnoceným grafem daným množinou uzlů (vrcholů) a úseků (hran). Některé z vrcholů (uzlů) mohou mít význam pro umístění středisek obsluhy (umístění rDSLAMů). Vzdálenost d_{ij} je definována jako délka nejkratší cesty SEK, která je v grafu spojuje.

V mnoha lokačních úlohách servis zákazníků ze zařízení (středisek obsluhy), která mají být rozmístěna, závisí na vzdálenosti mezi zákazníkem a střediskem, ke kterému je zákazník přiřazen. Zákazník je obvykle (ne vždy) přiřazen k nejbližšímu středisku. Modely vycházejí z předpokladu tzv. „věrného zákazníka“, to znamená, že zákazník využívá služeb toho střediska atrakčního obvodu, ke kterému je přiřazen. Servis je považován za adekvátní, pokud se zákazník nachází v zadané/požadované vzdálenosti od střediska a je považován za neadekvátní, pokud vzdálenost překročí jistou kritickou hodnotu. [4]

Následující terminologie a modely jsou čerpány z odborné literatury Teorie grafů – aplikace v dopravě a veřejné správě a studijní materiály opory-Optimalizace technologických procesů. Pro nalezení optimálního umístění rDSLAMů jsem využil úlohu o nalezení centra sítě k nalezení jednoho a více středisek (dep) na síti, diskrétní umístovací úlohy k nalezení jednoho

a více středisek (dep) na síti – $1,p$ -median a $1,p$ -centra, metody D_{max} a samotné logické úvahy. Jedná se o rozhodovací úlohy z oblasti „Operační výzkum“.

I. Úloha o vyhledání mediánu sítě

Úloha o umístění objektu ve vrcholu sítě s minimálním součtem vzdáleností ke všem ostatním vrcholům (Úloha o vyhledání mediánu sítě). Je dána síť obsahující množinu vrcholů V . Dále je k dispozici matice D , jejíž prvky D_{ij} reprezentují vzdálenosti z vrcholu $i \in V$ do vrcholu $j \in V$. Úkolem je najít takový vrchol sítě, ze kterého je součet vzdáleností ke všem ostatním vrcholům sítě minimální – tzv. medián sítě. Optimalizačním kritériem je tedy součet vzdáleností z vrcholu, který má být mediánem, ke všem zbývajícím vrcholům. Nebude-li stanoveno jinak, prohledáváme při vyhledání mediánu sítě všechny vrcholy dané sítě. Do úlohy zavedeme skupinu bivalentních proměnných y_i , které budou modelovat rozhodnutí, zda vrchol sítě bude ($y_i = 1$) nebo nebude ($y_i = 0$) mediánem sítě (obecně splňovat definovanou vlastnost). Soustava omezujících podmínek musí zajistit, že bude vybrán právě jeden vrchol (bez tohoto omezení by nastala situace, kdy by všechny proměnné nabyly nulových hodnot a účelová funkce by měla rovněž nulovou hodnotu – absolutní minimum). Nejdříve zrekapitulujme vstupní údaje (matici v modelu povahu konstant): d_{ij} ...vzdálenost z vrcholu $i \in V$ do vrcholu $j \in V$. Za účelem rozhodnutí realizovaných v modelu budou v modelu figurovat následující proměnné: y_i ...bezrozměrná bivalentní proměnná modelující rozhodnutí o výběru vrcholu $i \in V$ jako vrcholu s požadovanými vlastnostmi. Matematický model bude mít tvar:

$$\min f(y) = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} d_{ij} y_i \quad (1.1)$$

za podmínek

$$\sum_{i \in V} y_i = 1 \quad (1.2)$$

$$y_i \in \{0; 1\} \quad \text{pro } i \in V \quad (1.3)$$

Výraz (1.1) reprezentuje účelovou funkci – součet vzdáleností z daného vrcholu ke všem ostatním vrcholům. Skupina omezujících podmínek (1.2) zajišťuje, že z vrcholů sítě bude vybrán právě jeden. Skupina podmínek (1.3) vymezuje definiční obory použitých proměnných. [4]

II. Úloha o vyhledání centra sítě

Úloha o umístění objektu ve vrcholu sítě s minimální vzdáleností k nejvzdálenějšímu vrcholu (Úloha o vyhledávání centra sítě). Je dána síť obsahující množinu vrcholů V . Dále je k dispozici matice D , jejíž prvky D_{ij} reprezentují vzdálenosti z vrcholu $i \in V$ do vrcholu $j \in V$. Úkolem je najít takový vrchol sítě, ze kterého je vzdálenost k nejvzdálenějšímu vrcholu minimální – tzv.

centrum sítě. Optimalizačním kritériem je tedy excentricita vrcholu, její hodnotu minimalizujeme. Není-li stanoveno jinak, prohledáváme při vyhledání centra sítě všechny vrcholy dané sítě. Do úlohy opět zavedeme skupinu bivalentních proměnných y_i , které budou modelovat rozhodnutí, zda vrchol sítě bude ($y_i = 1$) nebo nebude ($y_i = 0$) centrem sítě. Soustava omezujících podmínek musí zajistit, že bude vybrán právě jeden vrchol (bez tohoto omezení by nastala situace, kdy by všechny proměnné nabyly nulových hodnot a účelová funkce by měla rovněž nulovou hodnotu – absolutní minimum). Nejdříve zrekapitulujme vstupní údaje (matici v modelu povahu konstant): d_{ij} ...vzdálenost z vrcholu $i \in V$ do vrcholu $j \in V$. Za účelem rozhodnutí realizovaných v modelu budou v modelu figurovat následující proměnné: y_i ...bezrozměrná bivalentní proměnná modelující rozhodnutí o výběru vrcholu $i \in V$ jako vrcholu s požadovanými vlastnostmi. Matematický model bude mít tvar:

$$\min f(y) = \sum_{i \in V} \max_{j \in V} \{d_{ij}\} y_i \quad (2.1)$$

za podmínek

$$\sum_{i \in V} y_i = 1 \quad (2.2)$$

$$y_i \in \{0; 1\} \quad \text{pro } i \in V \quad (2.3)$$

Výraz (2.1) reprezentuje účelovou funkci – vzdálenost daného vrcholu k vrcholu, který je od něj nejvzdálenější. Omezující podmínka (2.2) zajišťuje, že z vrcholů sítě bude vybrán právě jeden. Skupina podmínek (2.3) vymezuje definiční obory použitých proměnných. Navržený model má však jednu zásadní nevýhodu – je nelineární (v účelové funkci je vztahmo k proměnným použit operátor maxima, což není přípustný lineární operátor). Chceme-li využít základní výhody lineárního programování a dosáhnout optima (s výjimkami, viz. komentář výše), musíme model linearizovat. Linearizaci provedeme pomocí nově zvolené proměnné h s definičním oborem – množina nezáporných čísel. Jejím úkolem je omezit vzdálenosti mezi vrcholy shora. Nejdříve zrekapitulujme vstupní údaje (maticí v modelu povahu konstant): d_{ij} ... vzdálenost z vrcholu $i \in V$ do vrcholu $j \in V$. Za účelem rozhodnutí realizovaných v modelu budou v modelu figurovat následující proměnné: y_i ...bezrozměrná bivalentní proměnná modelující rozhodnutí o výběru vrcholu $i \in V$ jako vrcholu s požadovanými vlastnostmi, h ...nezáporná proměnná omezující vzdálenost d_{ij} shora. Původní nelineární matematický model potom přejde do tvaru:

$$\min f(y, h) = h \quad (2.5)$$

za podmínek

$$\sum_{i \in V} y_i = 1 \quad (2.6)$$

$$d_{ij}y_i \leq h \quad \text{pro } i \in V \text{ a } j \in V \quad (2.7)$$

$$y_i \in \{0; 1\} \quad \text{pro } i \in V \quad (2.8)$$

$$h \geq 0$$

Výraz (2.4) reprezentuje účelovou funkci – vzdálenost daného vrcholu k vrcholu, který je od něj nejvzdálenější. Omezující podmínka (2.5) zajišťuje, že z vrcholů sítě bude vybrán právě jeden, skupina podmínek (2.6) potom vytváří vazby mezi skupinou proměnných y_i a proměnnou h . Skupiny podmínek (2.7) a (2.8) vymezují definiční obory použitých proměnných. Navržený model je již lineární, cenou za linearizaci je však zvýšení počtu proměnných a omezujících podmínek (v tomto případě však není zvýšení počtu proměnných a podmínek dramatické). [4]

III. D_{max} pokrývací úloha

Úloha o zajištění obsluhy vrcholů při definované úrovni dostupnosti (D_{max} pokrývací úloha). V zadané síti je definována množina vrcholů I , ve kterých se uvažuje o provozování obslužných středisek a množina vrcholů J , které mají být obsluhovány. Dále je k dispozici matice vzdálenosti D , ve které je na pozici prvku d_{ij} uvedena vzdálenost z vrcholu $i \in I$, ve které se uvažuje o provozování střediska, do vrcholu $j \in J$, který má být obsluhován a vzdálenost D_{max} , která omezuje dostupnost obsluhovaných vrcholů z vrcholů, ve kterých se uvažuje o provozování obslužných středisek. Určíme, ve kterých vrcholech mají být provozována obslužná střediska tak, aby každý vrchol byl pokryt minimálně z jednoho střediska, a aby celkový počet provozovaných obslužných středisek byl minimální. Nutnou podmínkou řešitelnosti úlohy je, aby každý z obsluhovaných vrcholů $j \in J$ byl dostupný alespoň z jednoho místa, ve kterém se uvažuje o provozování obslužného střediska. Obsluhovaný vrchol $j \in J$ je dostupný z vrcholů $i \in I$, ve kterém se uvažuje o provozování střediska tehdy, platí-li nerovnost $d_{ij} \leq D_{max}$. Není-li příslušná nerovnost splněna, musíme učinit závěr, že obsluhovaný vrchol $j \in J$ není z vrcholu $i \in I$, ve kterém se uvažuje o provozování střediska, dostupný. Protože modelové rozhodnutí o umístění obslužného střediska do vrcholu $i \in I$ je opět rozhodnutí typu ANO – NE, zavede se do úlohy skupina bivalentních proměnných označená např. y_i . Definujeme, že bude-li $y_i = 1$, potom sklad v lokalitě $i \in I$ bude provozován, bude-li $y_i = 0$, potom sklad v lokalitě provozován nebude. Přiřazovací proměnné v tomto případě není třeba zavádět, protože dostupnost obsluhovaných vrcholů z potencionálních obslužných středisek je předem známa. Je tedy zřejmé, že v případě kladného rozhodnutí o umístění obslužného střediska do některého z možných míst budou do jeho přiřazeného atrakčního obvodu $A^+(v_i)$ spadat všechny obsluhované vrcholy nacházející se v „okruhu“ vymezeném hodnotou D_{max} . Poznamenejme ještě, že v tomto typu úlohy není vyžadováno, aby každý obsluhovaný vrchol

byl dostupný pouze z jednoho obslužného střediska. Za účelem rozhodnutí realizovaných v modelu budou v modelu fungovat následující proměnné: y_i ... bezrozměrná bivalentní proměnná modelující rozhodnutí o provozu zdroje v lokalitě $i \in I$. Konstanty d_{ij} a d_{max} v tomto modelu vstupují nepřímě. Na základě porovnání hodnot d_{ij} a d_{max} se totiž vytvoří množiny I_i . Vlastní model pak bude mít tvar:

$$\min f(y) = \sum_{i \in I} y_i \quad (3.1)$$

za podmínek

$$\sum_{i \in I_i} y_i \geq 1 \quad (3.2)$$

$$y_i \in \{0; 1\} \quad \text{pro } i \in I \quad (3.3)$$

Výraz (3.1) reprezentuje účelovou funkci – její hodnota určuje celkový počet provozovaných středisek. Skupina podmínek (3.2) zajišťuje, že každý obsluhovaný vrchol bude přiřazen minimálně jednomu provozovanému středisku, skupina omezujících podmínek (3.3) vymezuje definiční obory proměnných. Symbol I_i reprezentuje množinu vrcholů, v nichž se uvažuje provoz obsluhovaných středisek, ze kterých je dostupný obsluhovaný vrchol $j \in J$. [4]

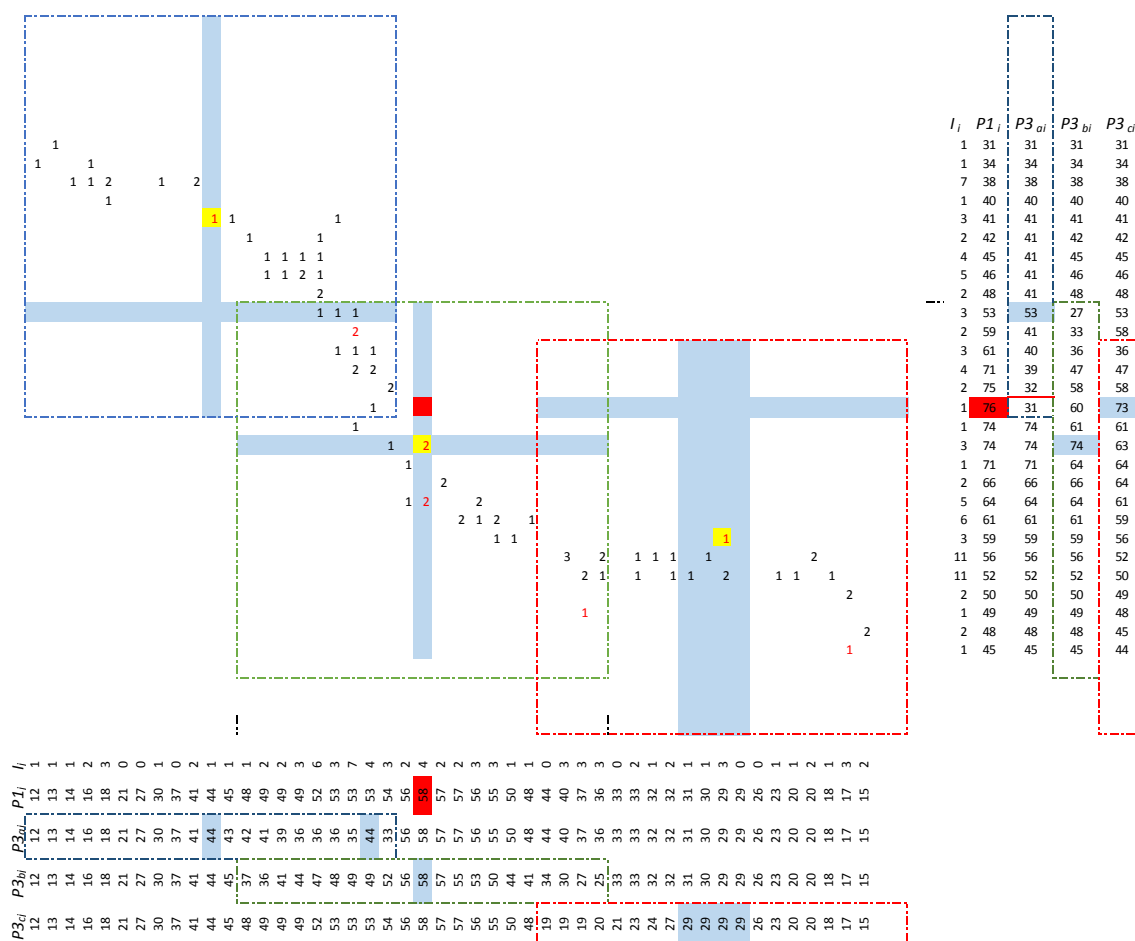
6 Návrh řešení vybranými metodami, návrh implementace řešení

6.1 Návrh řešení vybranými metodami rDSLAM RYNL7 – Jítrava

Před samotným započítáním jakékoliv práce bylo nutné důkladně prostudovat stávající stav sítě – možnosti napojení na optickou síť, - morfologie terénu, - stav metalických kabelů, - počet budov a obyvatel v obci, počet připojených stávajících uživatelů (koncových účastníků), - jaké jsou možnosti územního plánování a rozvoje obce.

Vlastní řešení

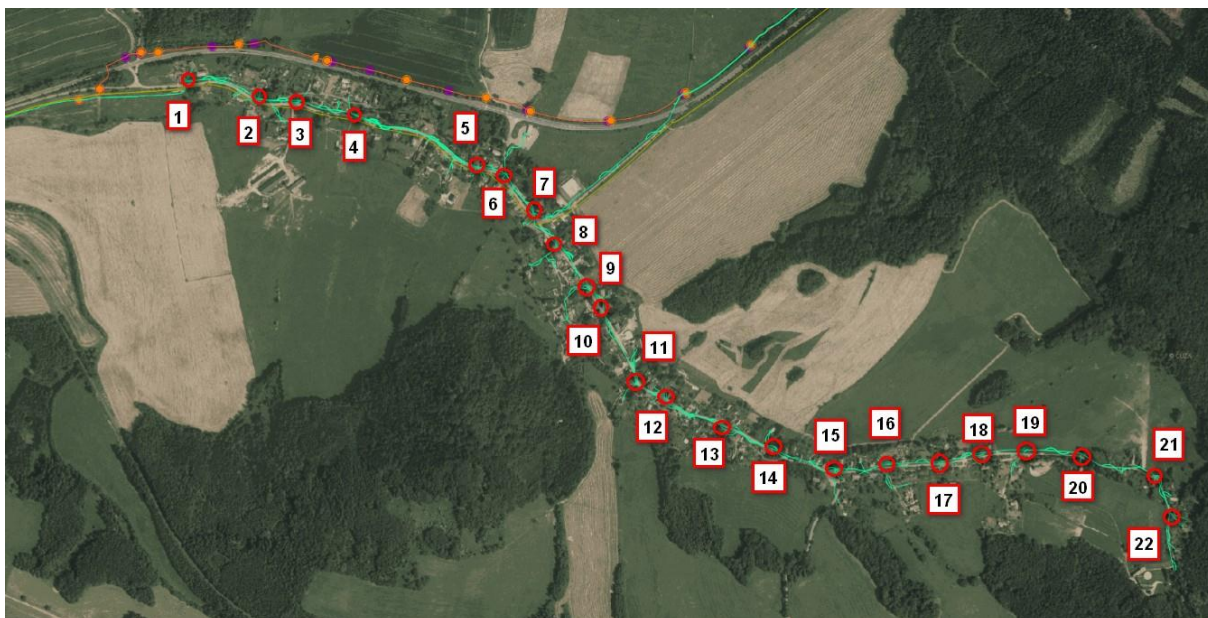
Z dat Geografického Web Systému společnosti CETIN a.s., celou síť obce překreslil na milimetrový papír s vyjádřením čísel s počty koncových účastníků do jednotlivých čtverců – byla vytvořena tzv. účastnická matice. Poté jsem od prvního účastníka (vrcholu) na začátku obce vzdálenosti sítě (hrany) po cca 500 m směrem k poslednímu (nejvzdálenějšímu) vrcholu – na obrázku červeným písmenem zvýrazněné vrcholy. Provedl řádkové a sloupcové součty I_i a J_j .



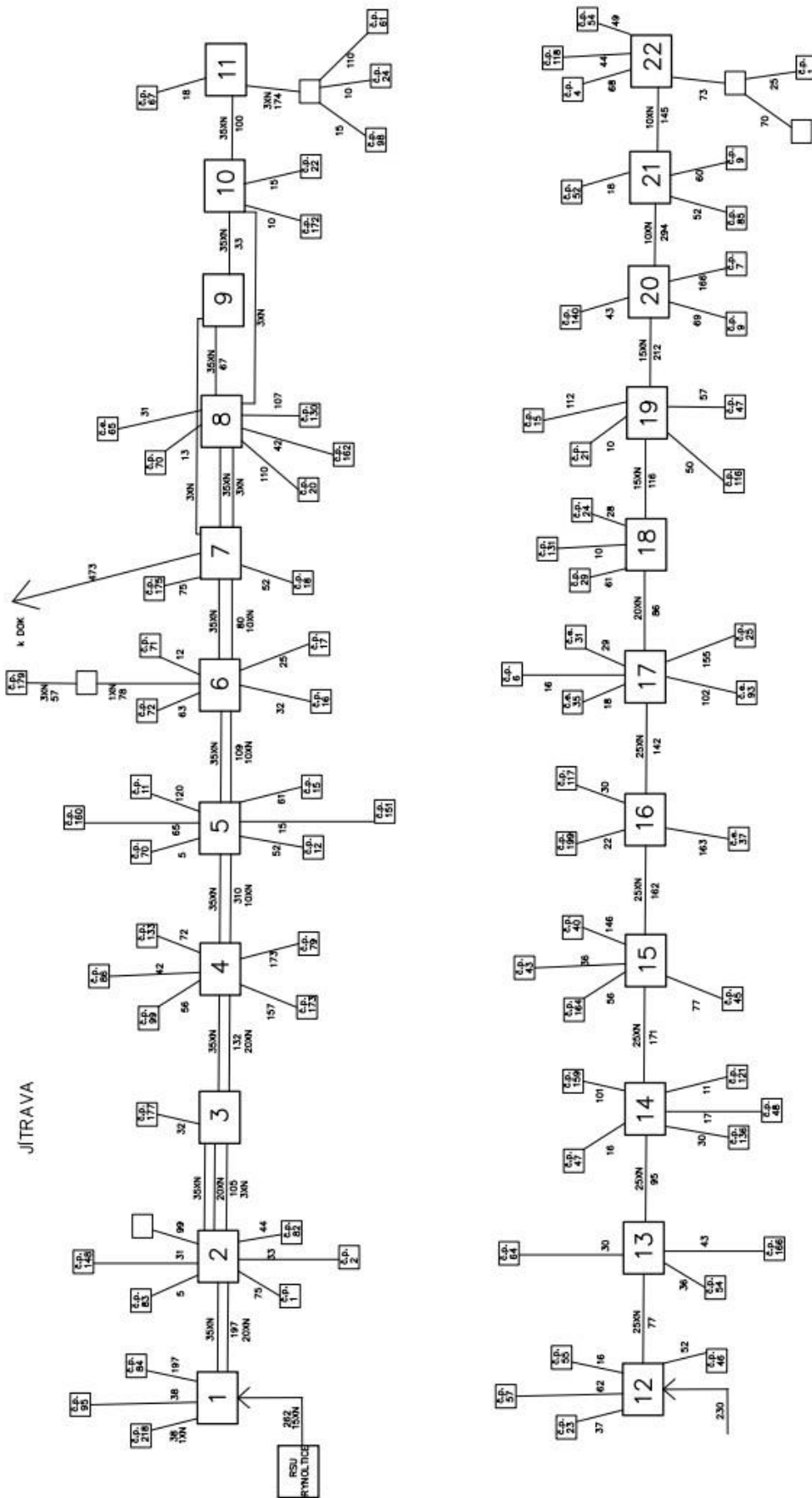
Obrázek 22 Základní model Jítravy [autor]

Ve vzniklých čtvercích jsem označil sloupcová a řádková maxima – modře zvýrazněné. K nim jsem vybral nejvhodnějšího (nejbližšího) kandidáta na možné umístění rDSLAMů (žlutě vyznačené vrcholy). V případě pouze jednoho rDSLAMu by pak umístění vycházelo do červeného vrcholu – tudíž nejbližší možný kandidát na síti by pak byl stejný, jako prostřední vrchol (žlutě vyznačen) na síti.

Pro ostatní typy úloh, mezi které patří úloha o nalezení $1, p$ -mediánu sítě, $1, p$ -centra sítě a úloha D_{max} jsem nejprve musel celou síť překreslit z Geografického Web systému do Obrázku 24 (rovněž ve formátu A3 – Příloha 1). V celé Jítravě se nachází NSEK v celkové délce 3 307 m s možným připojením 81 koncových zákazníků (účastníků) bez nutnosti rozšíření (rekonfigurace sítě) a 25 aktivních účastníků. Do vrcholu sítě č.1 vede příchozí kabel typu TCEPKPFLE 15XN (30 služeb) ze směru z Rynoltic. Celou obcí vede nadzemní sloupové vedení od vrcholu č.1 po vrchol č. 22. V této trase vede od vrcholu č.1 do vrcholu č.9 kabel 35XNx0,4 (70 služeb) bez přerušení. Tudíž zbytek obce směrem k vrcholu č. 22 je kapacitně s rezervou pokryt. Vzhledem k nadzemní síti jsem se rozhodl zvolit jako možné kandidáty na umístění všech 22 vrcholů. Celková kabelová vzdálenost od vrcholu č.1 do vrcholu č. 22 je 2 963 m. Vytvořil jsem matici vzdáleností mezi jednotlivými vrcholy 1 až 22 a poté jsem do matice doplnil všechny připojené zákazníky s určením vzdáleností do všech nových dep. Vzhledem k počtu možných kandidátů na umístění depa (rDSLAMu) není možné zde prezentovat celou matici (tabulku), a proto jsem nucen zde uvést pouze výsledná data. Matice je zpracována samostatně v příloze diplomové práce.



Obrázek 23 Vrcholy vhodné pro umístění rDSLAMů Jítrava [19]



JITRAVA

Obrázek 24 Schéma nadzemní sítě elektronických komunikací v obci Jitraava [autor]

I. Úloha o vyhledání mediánu sítě

Nejprve jsem vyjádřil v matici v Tabulce 13 jednotlivé vzdálenosti mezi všemi možnými vrcholy (depa), která budou obsluhovat všechny koncové zákazníky. V případě umístění jednoho depa na síti jsem provedl řádkové součty a z nich vybral minimum. Z Tabulky 14 je zřejmé, že nejvhodnější je umístit rDSLAM do vrcholu 12 se součtem 78 725 m případně pak do vrcholu 13 se součtem 79 264 m. V případě variant umístění dvou rDSLAMů (1; 2) až (21; 22) na síti, kdy jsem oproti variantě s umístěním jednoho rDSLAMu musel navíc hledat sloupcové minimum těchto variant pro určení jak dvou nebo tří mediánů. Zde vyšly nejlépe rDSLAMy ve vrcholech (5; 17) s celkovým součtem vzdáleností 43 236 m, případně pak ve vrcholech (6; 17) se součtem 43 269 m (Tabulka 14). Do celkové vzdálenosti cca 44 km je možné vybrat rDSLAM 8 kombinací z 231 možných. S minimálním rozdílem v celkové délce kabelizace. V případě umístění tří rDSLAMů vyšlo nejlépe umístění do vrcholů (2; 8; 18) se součtem 32 445 m z 1 540 možných kombinací. Do 33 km je možných cca 10 variant. Převážně pak v kombinacích vrcholů (2, 3; 9, 10; 17, 18, 19). Jedná se o umístění rDSLAMu ve vrcholu sítě s minimálním součtem vzdáleností ke všem ostatním vrcholům. V případě pokládky a realizace nových tras je vhodné přihlídnout k této metodě.

Tabulka 13 Matice vzdáleností mezi vybranými vrcholy možných rDSLAMů Jitrava [autor]

Vrcholy (depa)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0	197	302	434	744	853	933	1033	1100	1133	1233	1463	1540	1635	1806	1968	2110	2196	2312	2524	2818	2963
2	197	0	105	237	547	656	736	836	903	936	1036	1266	1343	1438	1609	1771	1913	1999	2115	2327	2621	2766
3	302	105	0	132	442	551	651	751	818	851	951	1181	1258	1353	1524	1686	1828	1914	2030	2242	2536	2681
4	434	237	132	0	310	419	499	599	666	699	799	1029	1106	1201	1372	1534	1676	1762	1878	2090	2384	2529
5	744	547	442	310	0	109	189	289	356	389	489	719	796	891	1062	1224	1366	1452	1568	1780	2074	2219
6	853	656	551	419	109	0	80	180	247	280	380	610	687	782	953	1115	1257	1343	1459	1671	1965	2110
7	933	736	631	499	189	80	0	100	167	200	300	530	607	702	873	1035	1177	1263	1379	1591	1885	2030
8	1033	836	731	599	289	180	100	0	67	100	200	430	507	602	773	935	1077	1163	1279	1491	1785	1930
9	1100	903	798	666	356	247	167	67	0	33	133	363	440	535	706	868	1010	1096	1212	1424	1718	1863
10	1133	936	831	699	389	280	200	100	33	0	100	330	407	502	673	835	977	1063	1179	1391	1685	1830
11	1233	1036	931	799	489	380	300	200	133	100	0	230	307	402	573	735	877	963	1079	1291	1585	1730
12	1463	1266	1161	1029	719	610	530	430	363	330	230	0	77	172	343	505	647	733	849	1061	1355	1500
13	1540	1343	1238	1106	796	687	607	507	440	407	307	77	0	95	266	428	570	656	772	984	1278	1423
14	1635	1438	1333	1201	891	782	702	602	535	502	402	172	95	0	171	333	475	561	677	889	1183	1328
15	1806	1609	1504	1372	1062	953	873	773	706	673	573	343	266	171	0	162	304	390	506	718	1012	1157
16	1968	1771	1666	1534	1224	1115	1035	935	868	835	735	505	428	333	162	0	142	228	344	556	850	995
17	2110	1913	1808	1676	1366	1257	1177	1077	1010	977	877	647	570	475	304	142	0	86	202	414	708	853
18	2196	1999	1894	1762	1452	1343	1263	1163	1096	1063	963	733	656	561	390	228	86	0	116	328	622	767
19	2312	2115	2010	1878	1568	1459	1379	1279	1212	1179	1079	849	772	677	506	344	202	116	0	212	506	651
20	2524	2327	2222	2090	1780	1671	1591	1491	1424	1391	1291	1061	984	889	718	556	414	328	212	0	294	439
21	2818	2621	2516	2384	2074	1965	1885	1785	1718	1685	1585	1355	1278	1183	1012	850	708	622	506	294	0	145
22	2963	2766	2661	2529	2219	2110	2030	1930	1863	1830	1730	1500	1423	1328	1157	995	853	767	651	439	145	0

II. Úloha o vyhledání centra sítě

Nicméně mnohem zajímavější bylo využití úlohy o umístění (určení) centra sítě a p -center. V případě určení jednoho centra jsem vycházel ze stejné matice jako pro určení p -mediánu s tím rozdílem, že místo řádkových součtů jsem hledal řádkové maximum. Z těchto maxim jsem následně z 22 možných umístění vybral jejich minimum.

Nejlepším umístěním jednoho rDSLAMu byl rovněž vrchol 12 se vzdáleností k nejbližšímu zákazníkovi 1 660 m. V případě dvou dep vrcholy (5; 18) a (5; 19) se vzdáleností 941 m a tři dep (4; 13; 20) se vzdáleností 631 m.

III. D_{max} pokrývací úloha

Jako poslední jsem využil úlohu o zajištění obsluhy vrcholů při definované úrovni dostupnosti D_{max} pokrývací úlohu. Z řešených tabulek 18 až 21 je zřejmé kolik je do námi zvolené vzdálenosti možné připojit koncových zákazníků z celkového počtu. Tuto matici jsem dále vylepšil o počet aktivních stávajících zákazníků. Dle podkapitoly 3.2, kdy dosah služeb od DSLAM do 5,5 dB (na průměru žil 0,4 mm s útlumem 12 dB/1 km se jedná do 460 m smyčku) = bonitní rDSLAMy, kde nyní nabízíme 80 Mbit/s (s vectoringem dosáhneme na 250 Mbit/s až 300 Mbit/s. Dosah služeb od DSLAM do 9,5 dB (na průměru žil 0,4 mm se jedná do 790 m smyčku) = nebonitní rDSLAMy, kde nabízíme více jak 30 Mbit/s. Tyto hodnoty jsem zadal jako hodnotu D_{max} . Do vzdálenosti 460 m je nejvíce připojeno jako bonitních z vrcholu 10 z celkového počtu 81 zákazníků pouhých 37 % a 40 % aktivních z 25 možných (maximum připojených aktivních je z vrcholu 11 (44%). V případě nebonitního rDSLAMu (790 m) z vrcholu 12 obsloužíme cca 59,2 % možných a 64 % možných aktivních zákazníků. Ve variantě umístění dvou rDSLAMů do 460 m je nejvhodnější umístit do vrcholů (10, 16) s 68 % zákazníků a 76 % aktivních zákazníků. V případě nebonitního rDSLAMu by se jednalo o vrcholy (6, 19) s 95 % zákazníků, ale pouze s 88 % aktivních. Je otázka, které vrcholy jsou zajímavější. Ty, které obslouží více celkových či aktivních zákazníků nebo bonitní či nebonitní? V případě umístění tří bonitních rDSLAMů je maximum připojených zákazníků ve vrcholech (2, 10, 16) s 85,2 %. V případě nebonitních rDSLAMů je již obslouženo všech 100 % s 19 - ti možnými variantami umístění rDSLAMů. Z tohoto důvodu již nebyl důvod zpracovávat řešení pro aktivní zákazníky.

Tabuľka 14 Úloha o 1-mediánu Jítrava [autor]

Vrcholy (depa)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	1A1	.....	SUMA [m]	Vrcholy (depa)
1	0	197	302	434	744	853	933	1033	1100	1133	1233	1463	1540	1635	1806	1968	2110	2196	2312	2524	2818	2963	197	...	152262	1
2	197	0	105	237	547	656	736	836	903	936	1036	1266	1343	1438	1609	1771	1913	1999	2115	2327	2621	2766	394	...	133547	2
3	302	105	0	132	442	551	651	751	818	851	951	1181	1258	1353	1524	1686	1828	1914	2030	2242	2536	2681	499	...	126462	3
4	434	237	132	0	310	419	499	599	666	699	799	1029	1106	1201	1372	1534	1676	1762	1878	2090	2384	2529	631	...	114878	4
5	744	547	442	310	0	109	189	289	356	389	489	719	796	891	1062	1224	1366	1452	1568	1780	2074	2219	941	...	94728	5
6	853	656	551	419	109	0	80	180	247	280	380	610	687	782	953	1115	1257	1343	1459	1671	1965	2110	1050	...	89169	6
7	933	736	631	499	189	80	0	100	167	200	300	530	607	702	873	1035	1177	1263	1379	1591	1885	2030	1130	...	86049	7
8	1033	836	731	599	289	180	100	0	67	100	200	430	507	602	773	935	1077	1163	1279	1491	1785	1930	1230	...	82749	8
9	1100	903	798	666	356	247	167	67	0	33	133	363	440	535	706	868	1010	1096	1212	1424	1718	1863	1297	...	81342	9
10	1133	936	831	699	389	280	200	100	33	0	100	330	407	502	673	835	977	1063	1179	1391	1685	1830	1330	...	80715	10
11	1233	1036	931	799	489	380	300	200	133	100	0	230	307	402	573	735	877	963	1079	1291	1585	1730	1430	...	79415	11
12	1463	1266	1161	1029	719	610	530	430	440	407	307	77	0	77	172	343	505	647	733	849	1061	1355	1660	...	78725	12
13	1540	1343	1238	1106	796	687	607	507	440	407	307	0	0	95	266	428	570	656	772	984	1278	1423	1737	...	79264	13
14	1635	1438	1333	1201	891	782	702	602	535	502	402	172	95	0	171	333	475	561	677	889	1183	1328	1832	...	80689	14
15	1806	1609	1504	1372	1062	953	873	773	706	673	573	343	266	171	0	162	304	390	506	718	1012	1157	2003	...	85306	15
16	1968	1771	1666	1534	1224	1115	1035	935	868	835	735	505	428	333	162	0	142	228	344	556	850	995	2165	...	91300	16
17	2110	1913	1808	1676	1366	1257	1177	1077	1010	977	877	647	570	475	304	142	0	86	202	414	708	853	2307	...	97690	17
18	2196	1999	1894	1762	1452	1343	1263	1163	1096	1063	963	733	656	561	390	228	86	0	116	328	622	767	2393	...	102592	18
19	2312	2115	2010	1878	1568	1459	1379	1279	1212	1179	1079	849	772	677	506	344	202	116	0	212	506	651	2509	...	110132	19
20	2524	2327	2222	2090	1780	1671	1591	1491	1424	1391	1291	1061	984	889	718	556	414	328	212	0	294	439	2721	...	126032	20
21	2818	2621	2516	2384	2074	1965	1885	1785	1718	1685	1585	1355	1278	1183	1012	850	708	622	506	294	0	145	3015	...	150434	21
22	2963	2766	2661	2529	2219	2110	2030	1930	1863	1830	1730	1500	1423	1328	1157	995	853	767	651	439	145	0	3160	...	163629	22

Tabulka 15 Úloha o p -mediánu Jítrava [autor]

p -medián									
Vrcholy (depa)	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	SUMA [m]
(1;2)	132759	(3;9)	67764	(5;20)	48416	(8;21)	51528	(12;21)	59948
(1;3)	125254	(3;10)	66510	(5;21)	53720	(8;22)	54333	(12;22)	61407
(1;4)	112862	(3;11)	62981	(5;22)	57015	(9;10)	79329	(13;14)	75084
(1;5)	89022	(3;12)	55957	(6;7)	83489	(9;11)	73628	(13;15)	69156
(1;6)	82046	(3;13)	54032	(6;8)	76929	(9;12)	62103	(13;16)	64620
(1;7)	77496	(3;14)	52264	(6;9)	73177	(9;13)	58792	(13;17)	61590
(1;8)	72296	(3;15)	50764	(6;10)	71395	(9;14)	55467	(13;18)	60472
(1;9)	69616	(3;16)	50066	(6;11)	66475	(9;15)	51534	(13;19)	59892
(1;10)	68362	(3;17)	50114	(6;12)	56089	(9;16)	48718	(13;20)	60440
(1;11)	65162	(3;18)	51086	(6;13)	53163	(9;17)	46778	(13;21)	62258
(1;12)	60102	(3;19)	52826	(6;14)	50203	(9;18)	46450	(13;22)	63409
(1;13)	58814	(3;20)	58126	(6;15)	46270	(9;19)	46450	(14;15)	74191
(1;14)	57769	(3;21)	66878	(6;16)	44164	(9;20)	48510	(14;16)	69655
(1;15)	57340	(3;22)	71518	(6;17)	43269	(9;21)	52332	(14;17)	66150
(1;16)	57844	(4;5)	88838	(6;18)	43441	(9;22)	54869	(14;18)	65032
(1;17)	59000	(4;6)	81208	(6;19)	44261	(10;11)	74915	(14;19)	64408
(1;18)	60376	(4;7)	76568	(6;20)	47011	(10;12)	63225	(14;20)	64620
(1;19)	62910	(4;8)	71368	(6;21)	52008	(10;13)	59914	(14;21)	65624
(1;20)	68980	(4;9)	68366	(6;22)	55053	(10;14)	56589	(14;22)	66639
(1;21)	78682	(4;10)	66881	(7;8)	79249	(10;15)	52591	(15;16)	79960
(1;22)	84442	(4;11)	62981	(7;9)	75497	(10;16)	49591	(15;17)	76410
(2;3)	125307	(4;12)	55072	(7;10)	73715	(10;17)	47603	(15;18)	75028
(2;4)	112217	(4;13)	52916	(7;11)	68315	(10;18)	47077	(15;19)	73984
(2;5)	87599	(4;14)	50998	(7;12)	57609	(10;19)	47077	(15;20)	73536
(2;6)	79969	(4;15)	48564	(7;13)	54648	(10;20)	48972	(15;21)	73490
(2;7)	75329	(4;16)	47346	(7;14)	51323	(10;21)	52734	(15;22)	73780
(2;8)	70129	(4;17)	46956	(7;15)	47390	(10;22)	55199	(16;17)	87182
(2;9)	67449	(4;18)	47558	(7;16)	45284	(11;12)	67225	(16;18)	85720
(2;10)	66195	(4;19)	49298	(7;17)	43989	(11;13)	63914	(16;19)	84316
(2;11)	62995	(4;20)	54438	(7;18)	43965	(11;14)	60589	(16;20)	82856
(2;12)	56731	(4;21)	61982	(7;19)	44661	(11;15)	56091	(16;21)	81752
(2;13)	55082	(4;22)	65860	(7;20)	46931	(11;16)	52691	(16;22)	82042
(2;14)	53467	(5;6)	86335	(7;21)	51528	(11;17)	50265	(17;18)	95712
(2;15)	52201	(5;7)	81135	(7;22)	54573	(11;18)	49577	(17;19)	93852
(2;16)	51931	(5;8)	74809	(8;9)	78595	(11;19)	49577	(17;20)	91894
(2;17)	52269	(5;9)	71258	(8;10)	76615	(11;20)	50972	(17;21)	90130
(2;18)	53301	(5;10)	69542	(8;11)	71149	(11;21)	54334	(17;22)	90320
(2;19)	55406	(5;11)	64742	(8;12)	59959	(11;22)	56799	(18;19)	100388
(2;20)	60706	(5;12)	55149	(8;13)	56648	(12;13)	75029	(18;20)	98000
(2;21)	69963	(5;13)	52400	(8;14)	53323	(12;14)	71157	(18;21)	96236
(2;22)	74863	(5;14)	49550	(8;15)	49390	(12;15)	65685	(18;22)	96082
(3;4)	113162	(5;15)	46052	(8;16)	46909	(12;16)	61155	(19;20)	107164
(3;5)	87914	(5;16)	43946	(8;17)	45237	(12;17)	58315	(19;21)	105072
(3;6)	80284	(5;17)	43236	(8;18)	45065	(12;18)	57392	(19;22)	104782
(3;7)	75644	(5;18)	43768	(8;19)	45311	(12;19)	56812	(20;21)	123092
(3;8)	70444	(5;19)	44928	(8;20)	47431	(12;20)	57668	(20;22)	122802
								(21;22)	149564

Tabulka 16 Úloha o 1-centru Jítrava [autor]

Vrcholy (depa)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	1A1	.....	MAX [m]	Vrcholy (depa)
1	0	197	302	434	744	853	933	1033	1100	1133	1233	1463	1540	1635	1806	1968	2110	2196	2312	2524	2818	2963	197	...	3106	1
2	197	0	105	237	547	656	736	836	903	936	1036	1266	1343	1438	1609	1771	1913	1999	2115	2327	2621	2766	394	...	2909	2
3	302	105	0	132	442	551	651	751	818	851	951	1181	1258	1353	1524	1686	1828	1914	2030	2242	2536	2681	499	...	2824	3
4	434	237	132	0	310	419	499	599	666	699	799	1029	1106	1201	1372	1534	1676	1762	1878	2090	2384	2529	631	...	2672	4
5	744	547	442	310	0	109	189	289	356	389	489	719	796	891	1062	1224	1366	1452	1568	1780	2074	2219	941	...	2362	5
6	853	656	551	419	109	0	80	180	247	280	380	610	687	782	953	1115	1257	1343	1459	1671	1965	2110	1050	...	2253	6
7	933	736	631	499	189	80	0	100	167	200	300	530	607	702	873	1035	1177	1263	1379	1591	1885	2030	1130	...	2173	7
8	1033	836	731	599	289	180	100	0	67	100	200	430	507	602	773	935	1077	1163	1279	1491	1785	1930	1230	...	2073	8
9	1100	903	798	666	356	247	167	67	0	33	133	363	440	535	706	868	1010	1096	1212	1424	1718	1863	1297	...	2006	9
10	1133	936	831	699	389	280	200	100	33	0	100	330	407	502	673	835	977	1063	1179	1391	1685	1830	1330	...	1973	10
11	1233	1036	931	799	489	380	300	200	133	100	0	230	307	402	573	735	877	963	1079	1291	1585	1730	1430	...	1873	11
12	1463	1266	1161	1029	719	610	530	430	363	330	230	0	77	172	343	505	647	733	849	1061	1355	1500	1660	...	1660	12
13	1540	1343	1238	1106	796	687	607	507	440	407	307	77	0	95	266	428	570	656	772	984	1278	1423	1737	...	1737	13
14	1635	1438	1333	1201	891	782	702	602	535	502	402	172	95	0	171	333	475	561	677	889	1183	1328	1832	...	1832	14
15	1806	1609	1504	1372	1062	953	873	773	706	673	573	343	266	171	0	162	304	390	506	718	1012	1157	2003	...	2003	15
16	1968	1771	1666	1534	1224	1115	1035	935	868	835	735	505	428	333	162	0	142	228	344	556	850	995	2165	...	2165	16
17	2110	1913	1808	1676	1366	1257	1177	1077	1010	977	877	647	570	475	304	142	0	86	202	414	708	853	2307	...	2307	17
18	2196	1999	1894	1762	1452	1343	1263	1163	1096	1063	963	733	656	561	390	228	86	0	116	328	622	767	2393	...	2393	18
19	2312	2115	2010	1878	1568	1459	1379	1279	1212	1179	1079	849	772	677	506	344	202	116	0	212	506	651	2509	...	2509	19
20	2524	2327	2222	2090	1780	1671	1591	1491	1424	1391	1291	1061	984	889	718	556	414	328	212	0	294	439	2721	...	2721	20
21	2818	2621	2516	2384	2074	1965	1885	1785	1718	1685	1585	1355	1278	1183	1012	850	708	622	506	294	0	145	3015	...	3015	21
22	2963	2766	2661	2529	2219	2110	2030	1930	1863	1830	1730	1500	1423	1328	1157	995	853	767	651	439	145	0	3160	...	3160	22

Tabuľka 17 Úloha o p -centru Jítrava [autor]

p -centrum									
Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]
(1;2)	2909	(3;9)	2006	(5;20)	990	(8;21)	1230	(12;21)	1660
(1;3)	2824	(3;10)	1973	(5;21)	1158	(8;22)	1230	(12;22)	1660
(1;4)	2672	(3;11)	1873	(5;22)	1208	(9;10)	1973	(13;14)	1737
(1;5)	2362	(3;12)	1643	(6;7)	2173	(9;11)	1873	(13;15)	1737
(1;6)	2253	(3;13)	1566	(6;8)	2073	(9;12)	1643	(13;16)	1737
(1;7)	2173	(3;14)	1471	(6;9)	2006	(9;13)	1566	(13;17)	1737
(1;8)	2073	(3;15)	1300	(6;10)	1973	(9;14)	1471	(13;18)	1737
(1;9)	2006	(3;16)	1138	(6;11)	1873	(9;15)	1300	(13;19)	1737
(1;10)	1973	(3;17)	1161	(6;12)	1643	(9;16)	1297	(13;20)	1737
(1;11)	1873	(3;18)	1235	(6;13)	1566	(9;17)	1297	(13;21)	1737
(1;12)	1643	(3;19)	1235	(6;14)	1471	(9;18)	1297	(13;22)	1737
(1;13)	1566	(3;20)	1235	(6;15)	1300	(9;19)	1297	(14;15)	1832
(1;14)	1471	(3;21)	1301	(6;16)	1138	(9;20)	1297	(14;16)	1832
(1;15)	1300	(3;22)	1429	(6;17)	1050	(9;21)	1297	(14;17)	1832
(1;16)	1138	(4;5)	2362	(6;18)	1050	(9;22)	1297	(14;18)	1832
(1;17)	1161	(4;6)	2253	(6;19)	1050	(10;11)	1873	(14;19)	1832
(1;18)	1247	(4;7)	2173	(6;20)	1050	(10;12)	1643	(14;20)	1832
(1;19)	1363	(4;8)	2073	(6;21)	1099	(10;13)	1566	(14;21)	1832
(1;20)	1517	(4;9)	2006	(6;22)	1158	(10;14)	1471	(14;22)	1832
(1;21)	1517	(4;10)	1973	(7;8)	2073	(10;15)	1330	(15;16)	2003
(1;22)	1550	(4;11)	1873	(7;9)	2006	(10;16)	1330	(15;17)	2003
(2;3)	2824	(4;12)	1643	(7;10)	1973	(10;17)	1330	(15;18)	2003
(2;4)	2672	(4;13)	1566	(7;11)	1873	(10;18)	1330	(15;19)	2003
(2;5)	2362	(4;14)	1471	(7;12)	1643	(10;19)	1330	(15;20)	2003
(2;6)	2253	(4;15)	1300	(7;13)	1566	(10;20)	1330	(15;21)	2003
(2;7)	2173	(4;16)	1138	(7;14)	1471	(10;21)	1330	(15;22)	2003
(2;8)	2073	(4;17)	1083	(7;15)	1300	(10;22)	1330	(16;17)	2165
(2;9)	2006	(4;18)	1083	(7;16)	1138	(11;12)	1643	(16;18)	2165
(2;10)	1973	(4;19)	1083	(7;17)	1130	(11;13)	1566	(16;19)	2165
(2;11)	1873	(4;20)	1116	(7;18)	1130	(11;14)	1471	(16;20)	2165
(2;12)	1643	(4;21)	1284	(7;19)	1130	(11;15)	1430	(16;21)	2165
(2;13)	1566	(4;22)	1303	(7;20)	1130	(11;16)	1430	(16;22)	2165
(2;14)	1471	(5;6)	2253	(7;21)	1130	(11;17)	1430	(17;18)	2307
(2;15)	1300	(5;7)	2173	(7;22)	1158	(11;18)	1430	(17;19)	2307
(2;16)	1138	(5;8)	2073	(8;9)	2006	(11;19)	1430	(17;20)	2307
(2;17)	1161	(5;9)	2006	(8;10)	1973	(11;20)	1430	(17;21)	2307
(2;18)	1247	(5;10)	1973	(8;11)	1873	(11;21)	1430	(17;22)	2307
(2;19)	1320	(5;11)	1873	(8;12)	1643	(11;22)	1430	(18;19)	2393
(2;20)	1320	(5;12)	1643	(8;13)	1566	(12;13)	1660	(18;20)	2393
(2;21)	1353	(5;13)	1566	(8;14)	1471	(12;14)	1660	(18;21)	2393
(2;22)	1429	(5;14)	1471	(8;15)	1300	(12;15)	1660	(18;22)	2393
(3;4)	2672	(5;15)	1300	(8;16)	1230	(12;16)	1660	(19;20)	2509
(3;5)	2362	(5;16)	1138	(8;17)	1230	(12;17)	1660	(19;21)	2509
(3;6)	2253	(5;17)	996	(8;18)	1230	(12;18)	1660	(19;22)	2509
(3;7)	2173	(5;18)	941	(8;19)	1230	(12;19)	1660	(20;21)	2721
(3;8)	2073	(5;19)	941	(8;20)	1230	(12;20)	1660	(20;22)	2721
								(21;22)	3015

Tabulka 18 D_{max} umístění 1 bonitního/nebonitní rDSLAMu – Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	Celkem účastníků [%]	Celkem aktivních účastníků	Celkem aktivních účastníků [%]	D_{max} [m]	Celkem účastníků	Celkem účastníků [%]	Celkem aktivních účastníků	Celkem aktivních účastníků [%]
460	81		25		790	81		25	
12	21	25,93%	5	20,00%	12	48	59,26%	16	64,00%
13	21	25,93%	6	24,00%	13	45	55,56%	15	60,00%
7	21	25,93%	9	36,00%	7	45	55,56%	15	60,00%
6	21	25,93%	9	36,00%	6	43	53,09%	13	52,00%
11	28	34,57%	11	44,00%	11	42	51,85%	15	60,00%
10	30	37,04%	10	40,00%	10	42	51,85%	15	60,00%
14	19	23,46%	6	24,00%	14	44	54,32%	16	64,00%
8	24	29,63%	9	36,00%	8	42	51,85%	15	60,00%
9	27	33,33%	9	36,00%	9	41	50,62%	15	60,00%
5	23	28,40%	10	40,00%	5	41	50,62%	14	56,00%
15	27	33,33%	7	28,00%	15	39	48,15%	12	48,00%
17	20	24,69%	7	28,00%	17	37	45,68%	10	40,00%
16	25	30,86%	9	36,00%	16	35	43,21%	11	44,00%
4	21	25,93%	4	16,00%	4	35	43,21%	13	52,00%
18	18	22,22%	6	24,00%	18	35	43,21%	10	40,00%
19	17	20,99%	6	24,00%	19	34	41,98%	9	36,00%
3	16	19,75%	5	20,00%	3	30	37,04%	12	48,00%
20	16	19,75%	5	20,00%	20	27	33,33%	6	24,00%
2	15	18,52%	5	20,00%	2	26	32,10%	9	36,00%
21	11	13,58%	1	4,00%	21	21	25,93%	5	20,00%
1	10	12,35%	3	12,00%	1	17	20,99%	6	24,00%
22	8	9,88%	0	0,00%	22	16	19,75%	4	16,00%

Pomocí rozevřacího seznamu je možné ve vložené příloze „Matice vzdáleností D_{max} “ měnit vzdálenost D_{max} např. po 25 m. Automaticky následně proběhne přepočítání celkových a aktivních účastníků pro 1, 2 nebo 3 rDSLAMy (Obrázek 25).

D_{max} [m]	Celkem účastníků
525	81
550	25
575	24
600	23
625	24
650	24
675	32
700	

Obrázek 25 Volba vzdálenosti D_{max} s automatickým přepočtem účastníků [autor]

Tabulka 19 D_{max} umístění 2 bonitních rDSLAMů – Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	Celkem účastníků [%]	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků	Celkem aktivních účastníků [%]
460	81		460	25	
(10;16)	54	66,67%	(5;16)	19	76,00%
(9;16)	52	64,20%	(6;16)	18	72,00%
(5;15)	50	61,73%	(7;16)	18	72,00%
(10;17)	50	61,73%	(8;16)	18	72,00%
(8;15)	50	61,73%	(9;16)	18	72,00%
(9;15)	50	61,73%	(10;16)	18	72,00%
(10;15)	50	61,73%	(11;17)	18	72,00%
(8;16)	49	60,49%	(5;15)	17	68,00%
(5;16)	48	59,26%	(5;17)	17	68,00%
(4;15)	48	59,26%	(10;17)	17	68,00%
(6;15)	48	59,26%	(11;16)	17	68,00%
(7;15)	48	59,26%	(11;18)	17	68,00%
(10;18)	48	59,26%	(11;19)	17	68,00%
(11;17)	48	59,26%	(5;18)	16	64,00%
(11;16)	48	59,26%	(5;14)	16	64,00%
(10;19)	47	58,02%	(5;19)	16	64,00%
(9;17)	47	58,02%	(6;15)	16	64,00%
(4;16)	46	56,79%	(6;17)	16	64,00%
(6;16)	46	56,79%	(7;15)	16	64,00%
(7;16)	46	56,79%	(7;17)	16	64,00%
(10;20)	46	56,79%	(8;15)	16	64,00%
(11;18)	46	56,79%	(8;17)	16	64,00%
(4;11)	46	56,79%	(9;15)	16	64,00%
(11;19)	45	55,56%	(9;17)	16	64,00%
(9;18)	45	55,56%	(10;15)	16	64,00%

Tabulka 20 D_{max} umístění 2 nebonitních rDSLAMů – Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	Celkem účastníků [%]	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků	Celkem aktivních účastníků [%]
790	81		790	25	
(6;19)	77	95,06%	(5;16)	24	96,00%
(5;17)	75	92,59%	(5;15)	24	96,00%
(5;19)	75	92,59%	(5;17)	24	96,00%
(7;19)	75	92,59%	(5;18)	24	96,00%
(5;18)	74	91,36%	(4;16)	24	96,00%
(6;17)	73	90,12%	(3;14)	24	96,00%
(6;18)	73	90,12%	(4;15)	24	96,00%
(5;16)	72	88,89%	(2;14)	24	96,00%
(4;17)	72	88,89%	(4;14)	24	96,00%
(7;20)	72	88,89%	(5;14)	23	92,00%
(5;15)	71	87,65%	(5;19)	23	92,00%
(4;15)	71	87,65%	(3;16)	23	92,00%
(7;17)	71	87,65%	(3;15)	23	92,00%
(8;19)	71	87,65%	(4;17)	23	92,00%
(7;18)	71	87,65%	(4;18)	23	92,00%
(4;16)	70	86,42%	(6;16)	22	88,00%
(6;16)	70	86,42%	(7;16)	22	88,00%
(4;14)	70	86,42%	(8;16)	22	88,00%
(4;18)	70	86,42%	(9;16)	22	88,00%
(6;20)	70	86,42%	(10;16)	22	88,00%
(3;14)	70	86,42%	(10;17)	22	88,00%
(2;14)	69	85,19%	(6;19)	22	88,00%
(5;14)	69	85,19%	(6;17)	22	88,00%
(8;20)	69	85,19%	(6;18)	22	88,00%
(4;19)	69	85,19%	(7;19)	22	88,00%

Tabulka 21 D_{max} umístění 3 bonitních/nebonitních rDSLAMů – Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	Celkem účastníků [%]	D_{max} [m]	Celkem účastníků	Celkem účastníků [%]
460	81		790	81	
2, 10, 16	69	85,19%	4, 11, 20	81	100,00%
3, 10, 16	68	83,95%	3, 11, 20	81	100,00%
2, 9, 16	67	82,72%	2, 11, 20	81	100,00%
4,10,16	67	82,72%	4, 12, 20	81	100,00%
4,11,17	66	81,48%	4, 13, 20	81	100,00%
3, 9, 16	66	81,48%	4, 14, 20	81	100,00%
4, 11, 16	66	81,48%	1, 11, 20	81	100,00%
2, 10, 17	65	80,25%	3, 12, 20	81	100,00%
4, 9, 16	65	80,25%	3, 13, 20	81	100,00%
2, 8, 15	65	80,25%	4, 13, 21	81	100,00%
2, 9, 15	65	80,25%	2, 12, 20	81	100,00%
2, 10, 15	65	80,25%	4, 14, 21	81	100,00%
10,16,21	65	80,25%	3, 14, 20	81	100,00%
4, 11, 20	62	76,54%	4, 13, 22	81	100,00%
3, 11, 20	60	74,07%	3, 13, 21	81	100,00%
2, 11, 20	59	72,84%	4, 14, 22	81	100,00%
4, 12, 20	58	71,60%	3, 14, 21	81	100,00%
4, 13, 20	58	71,60%	3, 13, 22	81	100,00%
4, 14, 20	56	69,14%	3, 14, 22	81	100,00%
4,11,20	54	66,67%	2, 10, 17	76	93,83%
1, 11, 20	53	65,43%	4, 11, 17	76	93,83%
3, 13, 20	53	65,43%	2, 10, 16	73	90,12%
4, 13, 21	53	65,43%	3, 10, 16	73	90,12%
2, 12, 20	52	64,20%	2, 9, 16	73	90,12%
4, 14, 21	51	62,96%	4, 10, 16	73	90,12%
3, 14, 20	51	62,96%	3, 9, 16	73	90,12%
4, 13, 22	50	61,73%	4, 11, 16	73	90,12%
3, 13, 21	48	59,26%	4, 9, 16	73	90,12%
4, 14, 22	48	59,26%	2, 8, 15	72	88,89%
3, 13, 22	45	55,56%	2, 9, 15	72	88,89%
3, 14, 22	43	53,09%	2, 10, 15	72	88,89%
3, 14, 22	43	53,09%	10, 16, 21	69	85,19%

Souhrnné tabulky řešení a výsledků Jítrava

Tabulka 22 Souhrnné výsledky 1, p-median a 1, p-centra Jítrava [autor]

1-medián		1-centra		2-medián		2-centra		3-medián		3-centra	
SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)	Vrcholy (depa)	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)
78725	12	1660	12	(5;17)	43236	(5;18)	941	32617	(2; 8; 17)	686	(3; 12; 20)
79264	13	1737	13	(6;17)	43269	(5;19)	941	32445	(2; 8; 18)	686	(3; 13; 20)
79415	11	1832	14	(6;18)	43441	(5;20)	990	32557	(2; 9; 18)	668	(4;12;20)
80689	14	1873	11	(5;18)	43768	(5;17)	996	32557	(2; 9; 19)	631	(4;13;20)
80715	10	1973	10	(5;16)	43946	(6;17)	1050	32557	(2; 10; 18)	709	(4;14;20)
81342	9	2003	15	(7;18)	43965	(6;18)	1050	32557	(2; 10; 19)	709	(4;14;21)

Tabulka 23 Souhrnné výsledky D_{max} 1- rDSLAM Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků	D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
460	81	460	25	790	81	790	25
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků	Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
10	30	11	11	12	48	12	16
11	28	10	10	13	45	13	15
		5	10	7	45	7	15

Tabulka 24 Souhrnné výsledky D_{max} 2- rDSLAM Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
460	81	460	25
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
(10; 16)	54	(5; 16)	19
(9; 16)	52	(6; 16), (7; 16), (8; 16), (9; 16), (10; 16), (11; 17)	18
D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
790	81	790	25
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
(6; 19)	78	(5; 16), (5; 15), (5; 17), (5; 18), (4; 16),	24
(5; 17), (5; 19), (7; 19)	75	(3; 14), (4; 18), (2; 14), (4; 14)	

Tabulka 25 Souhrnné výsledky D_{max} 3- rDSLAM Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků
460	81
Vrcholy	Účastníků
(2; 10; 16)	69
(3; 10; 16)	68
(2; 9; 16), (4; 10; 16)	67
D_{max} [m]	Celkem účastníků
790	81
Vrcholy	Účastníků
(1; 11; 20), (2; 11; 20), (3; 11; 20), (4; 11; 20), (4; 12; 20), (4; 13; 20), (4; 14; 20), (3; 12; 20), (3; 13; 20), (4; 13; 21), (2; 12; 20), (4; 14; 21), (3; 14; 20), (4; 13; 22), (3; 13; 21), (4; 14; 22), (3; 14; 21), (3; 13; 22), (3; 14; 22)	81

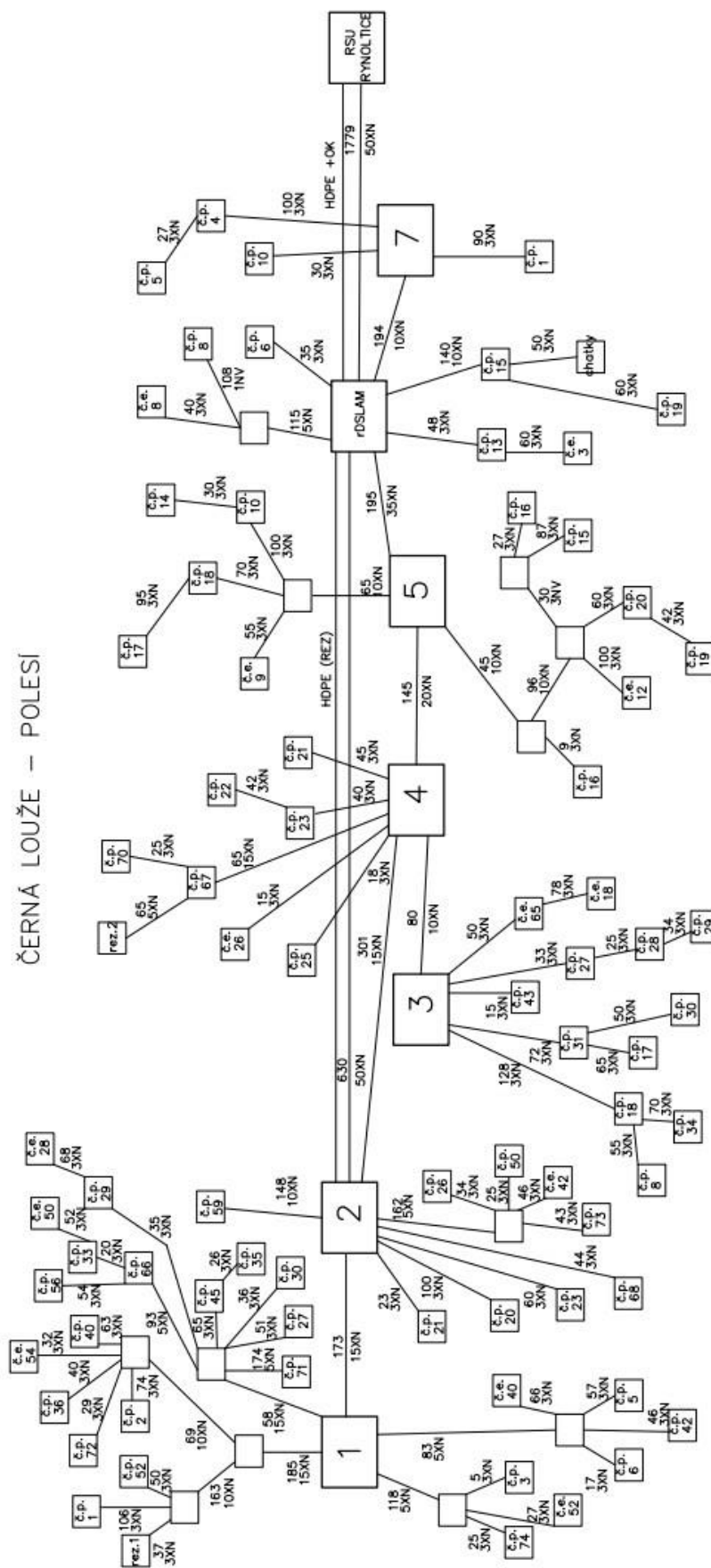
6.2 Návrh řešení vybranými metodami rDSLAM RYNL6 – Polesí

Rovněž i zde bylo zapotřebí analyzovat stávající stav sítě. Zde již byl v roce 2016 postaven rDSLAM. Jde o vrchol šest (Obrázek 26 a 27). Už pouhým okem je zřejmé, že nebyl vhodně umístěn. Na stávajícím místě se nacházel původní SR (síťový rozvaděč), který byl dle interního výběru nahrazen novým rDSLAMem. Do stávající trasy HDPE chrániček byl zafouknut nový OK ze směru od Rynoltic (je znázorněno na Obrázku 26 pod vrcholem sedm, kde část trasy vybočuje do jiného směru oranžová a fialová trasa HDPE). Příchozí kabel typu TCEPKPFLE 50x4x0,4 směrem od RSU Rynoltice svými parametry je plně dostačující pro dálkové napájení po třiceti párech a případného backhaulingu. V celém Polesí a Černé Louži se nachází oproti Jítravě převážně PSEK v celkové délce tras 1589 m s možným připojením 78 koncových zákazníků (účastníků) bez nutnosti rozšíření (rekonfigurace sítě) a 34 aktivních účastníků. Zvolil jsem sedm možných variant pro umístění nového rDSLAMu (případně rDSLAMů). Z vrcholu stávajícího rDSLAMU (6) směrem do vrcholu 2 vede bez přerušení kabel TCEPKPFLE 50 x 4 x 0,4 (100 možných služeb), což je plně dostačující pro řešení jakékoli varianty umístění mezi vrcholem 2 - 7. Otázku finálního umístění možného rDSLAMu však budu řešit v dalších kapitolách.



Obrázek 26 Vrcholy vhodné pro umístění rDSLAMů Polesí [19]

ČERNÁ LOUŽE – POLEŠÍ



Obrázek 27 Schéma sítě elektronických komunikací v obci Polesí - Černá Louže [autor]

Nyní budu řešit úlohu o nalezení 1, p -mediánu sítě, 1, p -centra sítě a úlohu D_{max} . Nejprve jsem musel celou síť překreslit z Geografického Web systému dle Obrázku 26 a vytvořil vlastní schéma na Obrázku 27 (rovněž ve formátu A3 – Příloha 2). Následně jsem vyjádřil v matici v Tabulce 26 jednotlivé vzdálenosti mezi všemi možnými vrcholy (depa), která budou obsluhovat všechny koncové zákazníky.

Tabulka 26 Matice vzdáleností mezi vybranými vrcholy možných rDSLAMů Polesí [autor]

Vrcholy (depa)	1	2	3	4	5	rDSLAM (6)	7
1	0	173	394	474	619	814	1008
2	173	0	221	301	446	641	835
3	394	221	0	80	225	420	420
4	474	301	80	0	145	340	534
5	619	446	225	145	0	195	389
rDSLAM (6)	814	641	420	340	195	0	194
7	1008	835	614	534	389	194	0

I. Úloha o vyhledání mediánu sítě

V případě umístění jednoho depa na síti jsem provedl řádkové součty ze všech vzdáleností od koncových zákazníků vztážené k jednotlivým vybraným vrcholům. Z nich jsem vybral minimum. Z Tabulky 27 je zřejmé, že nejvhodnější je umístit rDSLAM do vrcholu 3 se součtem 33 891 m. V případě variant umístění dvou rDSLAMů (1; 2) až (rDSLAM; 7) na síti, kdy jsem oproti variantě s umístěním jednoho rDSLAMu musel navíc hledat sloupcové minimum těchto variant pro určení dvou mediánů. Zde vyšly nejlépe rDSLAMy ve vrcholech (1; 5) s celkovým součtem vzdáleností 21 403 m. Jedná se o umístění rDSLAMu ve vrcholu sítě s minimálním součtem vzdáleností ke všem ostatním vrcholům. V případě pokládky a realizace nových tras je vhodné přihlídnout k této metodě.

Tabulka 27 Úloha o 1, p -mediánu Polesí [autor]

Vrcholy (depa)	1	2	3	4	5	6	7	1A	.....	SUMA [m]	Vrcholy (depa)
1	0	173	394	474	619	814	1008	454	...	42655	1
2	173	0	221	301	446	641	835	627	...	37292	2
3	394	221	0	80	225	420	420	848	...	33891	3
4	474	301	80	0	145	340	534	928	...	36061	4
5	619	446	225	145	0	195	389	1073	...	40846	5
rDSLAM	814	641	420	340	195	0	194	1268	...	51961	rDSLAM
7	1008	835	614	534	389	194	0	1462	...	66511	7
(1; 2)	0	0	221	301	446	641	835	454	...	32621	(1; 2)
(1; 3)	0	173	0	80	225	420	420	454	...	22773	(1; 3)
(1; 4)	0	173	80	0	145	340	534	454	...	21983	(1; 4)
(1; 5)	0	173	225	145	0	195	389	454	...	21403	(1; 5)
(1; rDSLAM)	0	173	394	340	195	0	194	454	...	24965	(1; rDSLAM)
(1; 7)	0	173	394	474	389	194	0	454	...	29275	(1; 7)
(2; 3)	173	0	0	80	225	420	420	627	...	25714	(2; 3)
(2; 4)	173	0	80	0	145	340	534	627	...	24924	(2; 4)
(2; 5)	173	0	221	145	0	195	389	627	...	24292	(2; 5)
(2; rDSLAM)	173	0	221	301	195	0	194	627	...	25306	(2; rDSLAM)
(2; 7)	173	0	221	301	389	194	0	627	...	28410	(2; 7)
(3; 4)	394	221	0	0	145	340	420	848	...	31491	(3; 4)
(3; 5)	394	221	0	80	0	195	389	848	...	29011	(3; 5)
(3; rDSLAM)	394	221	0	80	195	0	194	848	...	28621	(3; rDSLAM)
(3; 7)	394	221	0	80	225	194	0	848	...	29757	(3; 7)
(4; 5)	474	301	80	0	0	195	389	928	...	32291	(4; 5)
(4; rDSLAM)	474	301	80	0	145	0	194	928	...	31301	(4; rDSLAM)
(4; 7)	474	301	80	0	145	194	0	928	...	32077	(4; 7)
(5; rDSLAM)	619	446	225	145	0	0	194	1073	...	38116	(5; rDSLAM)
(5; 7)	619	446	225	145	0	194	0	1073	...	38892	(5; 7)
(rDSLAM; 7)	814	641	420	340	195	0	0	1268	...	50991	(rDSLAM; 7)

II. Úloha o vyhledání centra sítě

Mnohem zajímavější bylo využití úlohy o umístění (určení) 1-centra sítě a p -center sítě (Tabulka 28). V případě určení jednoho centra jsem vycházel ze stejné matice jako pro určení p -mediánu s tím rozdílem, že místo řádkových součtů jsem hledal řádkové maximum. Z těchto maxim jsem následně z 22 možných umístění vybral jejich minimum. Nejlepším umístěním jednoho rDSLAMu byl rovněž vrchol 3 se vzdáleností k nejvzdálenějšímu zákazníkovi 848 m. Vzdálenost k nejvzdálenějšímu zákazníkovi ze stávajícího rDSLAMu je 1 268 m. Samotnou změnou umístění by se tedy zkrátila o 420 m. Pokud by tedy byl vybrán pro realizaci tento vrchol, bylo by připojeno o více než 20 % celkových, tak i aktivních zákazníků (bonitních). V případě nebonitního rDSLAMu by pak toto procento ještě vzrostlo na 28 % celkových a o 41,2 % aktivních zákazníků. Rychlostí vyšší než 30 Mbit/s by bylo připojeno cca 90 % zákazníků. Při volbě dvou rDSLAMů se jako nejvhodnější jeví vrcholy (1; 5) s 516 m k nejvzdálenějšímu zákazníkovi.

Tabulka 28 Úloha o 1, p-centru Polesí [autor]

Vrcholy (depa)	1	2	3	4	5	6	7	1A	.....	MAX [m]	Vrcholy (depa)
1	0	173	394	474	619	814	1008	454	...	1135	1
2	173	0	221	301	446	641	835	627	...	962	2
3	394	221	0	80	225	420	420	848	...	848	3
4	474	301	80	0	145	340	534	928	...	928	4
5	619	446	225	145	0	195	389	1073	...	1073	5
rDSLAM	814	641	420	340	195	0	194	1268	...	1268	rDSLAM
7	1008	835	614	534	389	194	0	1462	...	1462	7
(1; 2)	0	0	221	301	446	641	835	454	...	962	(1; 2)
(1; 3)	0	173	0	80	225	420	420	454	...	643	(1; 3)
(1; 4)	0	173	80	0	145	340	534	454	...	661	(1; 4)
(1; 5)	0	173	225	145	0	195	389	454	...	516	(1; 5)
(1; rDSLAM)	0	173	394	340	195	0	194	454	...	592	(1; rDSLAM)
(1; 7)	0	173	394	474	389	194	0	454	...	647	(1; 7)
(2; 3)	173	0	0	80	225	420	420	627	...	643	(2; 3)
(2; 4)	173	0	80	0	145	340	534	627	...	661	(2; 4)
(2; 5)	173	0	221	145	0	195	389	627	...	627	(2; 5)
(2; rDSLAM)	173	0	221	301	195	0	194	627	...	627	(2; rDSLAM)
(2; 7)	173	0	221	301	389	194	0	627	...	647	(2; 7)
(3; 4)	394	221	0	0	145	340	420	848	...	848	(3; 4)
(3; 5)	394	221	0	80	0	195	389	848	...	848	(3; 5)
(3; rDSLAM)	394	221	0	80	195	0	194	848	...	848	(3; rDSLAM)
(3; 7)	394	221	0	80	225	194	0	848	...	848	(3; 7)
(4; 5)	474	301	80	0	0	195	389	928	...	928	(4; 5)
(4; rDSLAM)	474	301	80	0	145	0	194	928	...	928	(4; rDSLAM)
(4; 7)	474	301	80	0	145	194	0	928	...	928	(4; 7)
(5; rDSLAM)	619	446	225	145	0	0	194	1073	...	1073	(5; rDSLAM)
(5; 7)	619	446	225	145	0	194	0	1073	...	1073	(5; 7)
(rDSLAM; 7)	814	641	420	340	195	0	0	1268	...	1268	(rDSLAM; 7)

III. D_{max} pokrývací úloha

Jako poslední jsem využil úlohu o zajištění obsluhy vrcholů při definované úrovni dostupnosti D_{max} pokrývací úlohu. Z řešené Tabulky 29 a 30 je zřejmé kolik je do námi zvolené vzdálenosti možné připojit koncových zákazníků z celkového počtu. Tuto matici jsem dále vylepšil o počet aktivních stávajících zákazníků. Dle podkapitoly 3.2, kdy je dosah služeb od rDSLAMu do 5,5 dB (na průměru žil 0,4 mm s útlumem 12 dB/1 km se jedná o smyčku ve vzdálenosti 460 m) = bonitní rDSLAMy, na kterých je nyní funkční přenosová 80 Mbit/s (s vectoringem dosáhne na 250 Mbit/s až 300 Mbit/s). Dosah služeb od rDSLAMu do 9,5 dB (na průměru žil 0,4 mm se jedná o smyčku ve vzdálenosti 790 m) = nebonitní rDSLAMy, kde se nyní nabízí přenosová rychlost více než 30 Mbit/s. Tyto vzdálenosti jsem zadal jako hodnotu D_{max} . Do vzdálenosti 460 m (bonitních) je nejvíce zákazníků připojeno z vrcholu 2. Z celkového počtu 78 zákazníků je v dosahu 62,82 % (49 zákazníků) a 61,76 % (21 aktivních zákazníků) z 34 možných. Pokud budu hodnotit stávající rDSLAM jeho hodnoty jsou 41,03 % celkem a 35,29 % aktivních zákazníků. V případě nebonitního rDSLAMu (790 m) z vrcholu 3 obslužíme cca 97,44 % z možných a 97,06 % aktivních zákazníků. Ve variantě umístění dvou rDSLAMů do 460 m je nejvhodnější je umístit do vrcholů (1; 5) s 96,15 % možných zákazníků a 100 % aktivních zákazníků. Pokud ovšem přihlednu k variantě, že již ve vrcholu šest je rDSLAM funkční, nabízí

se varianty (1; rDSLAM) a (2; rDSLAM), kde je připojeno v případě nebonitních rDSLAMů všech 100 % (i aktivních zákazníků) a v případě bonitních, kdy bych řešil všechny zákazníky, vychází lépe varianta (2; rDSLAM) s 92,3 % a u aktivních, varianta (1; rDSLAM) s 97 %. Je otázka, které vrcholy jsou zajímavější. Ty, které obslouží více celkových či aktivních zákazníků nebo bonitní či nebonitní. V případě umístění tří bonitních rDSLAMů je maximum připojených zákazníků ve vrcholech (2; 10; 16) s 85,2 %. V případě nebonitních rDSLAMů je již obslouženo všech 100 % s devatenácti možnými variantami umístění rDSLAMů. Z tohoto důvodu již nebyl důvod zpracovávat řešení pro aktivní zákazníky.

Tabulka 29 D_{max} umístění 1 a 2 bonitních rDSLAMů – Polesí [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	Celkem účastníků [%]	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků	Celkem aktivních účastníků [%]
460	78		460	34	
(1;5)	75	96,15%	(1; 5)	34	100,00%
(2; rDSLAM)	72	92,31%	(1; rDSLAM)	33	97,06%
(1;rDSLAM)	69	88,46%	(1; 4)	30	88,24%
(2; 5)	69	88,46%	(1; 3)	30	88,24%
(1; 4)	69	88,46%	(2; 5)	30	88,24%
(1; 3)	65	83,33%	(2; rDSLAM)	30	88,24%
(2; 4)	63	80,77%	(2; 4)	26	76,47%
(2; 7)	62	79,49%	(2; 3)	26	76,47%
(2; 3)	59	75,64%	(1; 7)	25	73,53%
(1; 7)	52	66,67%	(2; 7)	25	73,53%
(3; rDSLAM)	52	66,67%	(1; 2)	25	73,53%
(3; 5)	49	62,82%	2	21	61,76%
(3; 7)	49	62,82%	1	21	61,76%
(3; 4)	44	56,41%	(3; 5)	20	58,82%
3	39	50,00%	(3; rDSLAM)	20	58,82%
(4; rDSLAM)	48	61,54%	(3; 7)	19	55,88%
(4; 7)	48	61,54%	(3; 4)	17	50,00%
(4; 5)	45	57,69%	(4; 5)	17	50,00%
4	39	50,00%	(4; rDSLAM)	17	50,00%
(1; 2)	55	70,51%	(4; 7)	17	50,00%
2	49	62,82%	3	16	47,06%
(5; rDSLAM)	43	55,13%	5	15	44,12%
(5; 7)	43	55,13%	(5; rDSLAM)	15	44,12%
5	40	51,28%	(5; 7)	15	44,12%
1	39	50,00%	4	13	38,24%
rDSLAM	32	41,03%	rDSLAM	12	35,29%
(rDSLAM; 7)	32	41,03%	(rDSLAM; 7)	12	35,29%
7	13	16,67%	7	4	11,76%

Tabulka 30 D_{max} umístění 1 a 2 nebonitních rDSLAMů – Polesí [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	Celkem účastníků [%]	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků	Celkem aktivních účastníků [%]
790	78		790	34	
(1;5)	78	100,00%	(1; 5)	34	100,00%
(2; rDSLAM)	78	100,00%	(1; rDSLAM)	34	100,00%
(1;rDSLAM)	78	100,00%	(1; 4)	34	100,00%
(2; 5)	78	100,00%	(1; 3)	34	100,00%
(1; 4)	78	100,00%	(2; 5)	34	100,00%
(1; 3)	78	100,00%	(2; rDSLAM)	34	100,00%
(2; 4)	78	100,00%	(2; 4)	34	100,00%
(2; 7)	78	100,00%	(2; 3)	34	100,00%
(2; 3)	78	100,00%	(1; 7)	34	100,00%
(1; 7)	78	100,00%	(2; 7)	34	100,00%
(3; rDSLAM)	76	97,44%	(3; 5)	33	97,06%
(3; 5)	76	97,44%	(3; rDSLAM)	33	97,06%
(3; 7)	76	97,44%	(3; 7)	33	97,06%
(3; 4)	76	97,44%	(3; 4)	33	97,06%
3	76	97,44%	3	33	97,06%
(4; rDSLAM)	73	93,59%	(1; 2)	31	91,18%
(4; 7)	73	93,59%	2	31	91,18%
(4; 5)	73	93,59%	(4; 5)	31	91,18%
4	73	93,59%	(4; rDSLAM)	31	91,18%
(1; 2)	70	89,74%	(4; 7)	31	91,18%
2	70	89,74%	4	31	91,18%
(5; rDSLAM)	66	84,62%	5	27	79,41%
(5; 7)	66	84,62%	(5; rDSLAM)	27	79,41%
5	66	84,62%	(5; 7)	27	79,41%
1	59	75,64%	1	26	76,47%
rDSLAM	48	61,54%	rDSLAM	17	50,00%
(rDSLAM; 7)	48	61,54%	(rDSLAM; 7)	17	50,00%
7	41	52,56%	7	15	44,12%

Souhrnné tabulky řešení a výsledků Polesí

Tabulka 31 Souhrnné výsledky 1, p-medián a 1, p-centra Polesí [autor]

1-medián		1-centra		2-medián		2-centra	
SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)
33891	3	848	3	21403	(1; 5)	516	(1; 5)
36061	4	928	4	21983	(1; 4)	592	(1; rDSLAM)
37292	2	962	2	22773	(1; 3)	627	(2; rDSLAM)
40846	5	1073	5	24292	(2; 5)	592	(1; rDSLAM)
42655	1	1135	1	24924	(2; 4)	643	(1; 3)
51961	rDSLAM	1268	rDSLAM	24965	(1; rDSLAM)	643	(2; 3)
66511	7	1462	7	25306	(2; rDSLAM)	647	(1; 7)

Tabulka 32 Souhrnné výsledky D_{max} 1- rDSLAM Polesí [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků	D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
460	78	460	34	790	78	790	34
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků	Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
2	49	2	21	3	76	3	33
5	40	1	21	4	73	2	31
3	39	3	16	2	70	4	31
4	39	5	15	5	66	5	27
1	39	4	13	1	59	1	26
rDSLAM	32	rDSLAM	12	rDSLAM	48	rDSLAM	17
7	13	7	4	7	41	7	15

Tabulka 33 Souhrnné výsledky D_{max} 2- rDSLAMy Polesí [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
460	78	460	34
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
(1;5)	75	(1; 5)	34
(2; rDSLAM)	72	(1; rDSLAM)	33
(1;rDSLAM), (1; 4), (1; 3), (2; 5)	69	(2; rDSLAM), (1; 4), (1; 3), (2; 5)	30
D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
790	78	790	34
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
(1;5), (1; 7), (2; rDSLAM), (1;rDSLAM), (2; 5), (1; 4), (1; 3), (2; 4), (2; 7), (2; 3)	78	(1;5), (1; 7), (2; rDSLAM), (1;rDSLAM), (2; 5), (1; 4), (1; 3), (2; 4), (2; 7), (2; 3)	34

6.3 Návrh implementace řešení

Data ze systémů společnosti CETIN a.s., jako je Geografický Web Systém, by bylo možné za určitých podmínek, opatření, úprav a případného doplnění exportovat do připravených vzorců, do excelovské tabulky. Vždy by bylo nutné nejprve zkontrolovat úplnost dat a informací ze systému GWS, pověřená osoba by musela vybrat lokální kandidáty na umístění rDSLAMů do vrcholů, z nich provést pomocí trasovací funkce – trasování konektivity, vždy od vybraného vrcholu. Exportované hodnoty ze systému by ještě bylo možné pomocí koeficientů útlumu kabelových žil (párů) 0,4 mm, 0,6 mm a 0,8 mm upravit a tím by byly hodnoty ještě přesnější. Z Tabulky 6 je zřejmé, že i při stejných průměrech žil jsou z nějakého důvodu i při mnohem menších vzdálenostech vyšší útlumy. To může být zapříčiněno např. špatnou (porušenou) izolací, kabelovými spojkami na trase, špatným ukončením (zaříznutím žil na svorkovnici) v rozvaděči rDSLAMu. Ve zmíněných propočtech jsem použil hodnoty vzdáleností pro průměry žil 0,4 mm. Výsledné hodnoty v případě vyšších průměrů žil mohou být pouze lepší. Vzhledem k omezeným možnostem tabulek v excelu bude rovněž vhodnější exportovat hodnoty a s těmito hodnotami pracovat v databázových systémech. Další úpravou, vymezením pravidel a následného exportu ze systémů společnosti CETIN bude nutné uvést u aktivních zákazníků přiřazením hodnoty „1“ nebo parametru „ANO“. V databázových systémech bude následně možné volit v závislosti na metrech nebo útlumech jednotlivé varianty umístěných rDSLAMů. V poslední fázi výběru bude nutné technikem a rozpočtářem zpracovat finanční analýzu a zhodnocení konečného výběru. Je tedy reálné, že při optimálním umístění rDSLAMů ve vrcholech, budou vybrány z důvodu finančního jiné finančně výhodné. Finanční kritérium vybraných lokalit budu řešit v další kapitole.

7 Vyhodnocení navrženého řešení

V obci Polesí jsem vycházel ze skutečnosti, že rDSLAM je již zrealizován a funkční. V případě umístění jednoho rDSLAMu vyšly hodnoty počtu připojených zákazníků pro bonitní, tak i nebonitní rDSLAM na předposledním místě (6 ze 7 možných). rDSLAM s největším pokrytím bonitních služeb vyšel nejlépe vrchol 2 s cca 63 % všech zákazníků a 62 % aktivních zákazníků. V případě finančního porovnání mezi stávajícím rDSLAMem a vrcholem 2 by v případě realizace umístění pouze jednoho rDSLAMu došlo k navýšení pouze u 2. etapy s optickou částí, ve které by se muselo zafouknutí optického kabelu prodloužit o cca 670 m. Všechny ostatní etapy jak, 1. metalické etapy, tak i 3. technologické etapy, by cena za realizaci zůstala stejná jako u stávajícího rDSLAMu ve vrcholu 6. Fyzicky by došlo k výměně za stávající síťový rozvaděč, tudíž by nebylo nutné zpracovat projektovou část za účelem územního rozhodnutí (příp. územního souhlasu). Zmíněné navýšení realizace rDSLAMu ve vrcholu 2 o necelých 21 000,- Kč by ve výsledku přineslo možnost připojení k bonitnímu rDSLAMu 62,82 % celkových zákazníků (což je o 21,79 % více celkových zákazníků než ve stávajícím rDSLAMu a o 12,82 % více než ve vrcholu 3). Připojeno by bylo 61,76 % stávajících aktivních zákazníků (což je o 26,47 % stávajících aktivních zákazníků oproti stávajícímu rDSLAMu ve vrcholu 6 a o 14,7 % více zákazníků oproti vrcholu 3). V případě možnosti umístění nebonitního rDSLAMu by měl nejlepší hodnoty vrchol 3. U něj by v případě realizace byly o něco nižší náklady u optické etapy o cca 200 m kratší vzdálenost od RSU Rynoltice než u vrcholu 2. Nicméně by naopak vzrostly náklady na realizaci metalické etapy, kde by muselo dojít ke složitějšímu zásahu do stávající infrastruktury. Jednalo by se o přespojování některých metalických TCEPKPFLE kabelů. Tyto práce by si rovněž vyžádali vyšší náklady na zemní práce oproti vrcholu 2. Oproti stávajícímu rDSLAMu ve vrcholu 6 by práce byly navýšeny o cca 54 000,- Kč, nicméně by došlo k připojení 97,44 % celkových zákazníků (což je o 7,7 % více než ve vrcholu 2 a o 35,9 % více než ve stávajícím rDSLAMu ve vrcholu 6) a 97,06 % stávajících aktivních zákazníků (což je o 5,88 % více než ve vrcholu 2 a o 47,06 % více než ve stávajícím rDSLAMu ve vrcholu 6).

Tabulka 34 Odhad finančních nákladů na realizaci vybraných vrcholů v Polesí [autor]

RYNL6	rDSLAM	vrchol 2	vrchol 3	vrchol 2, rDSLAM	vrchol 1, 5
RYNL6_OK	93 793,00 Kč	114 769,00 Kč	107 570,00 Kč	123 077,00 Kč	258 713,00 Kč
RYNL6_MET	66 420,00 Kč	66 420,00 Kč	86 420,00 Kč	132 840,00 Kč	132 840,00 Kč
RYNL6_VDSL	86 000,00 Kč	86 000,00 Kč	106 000,00 Kč	172 000,00 Kč	172 000,00 Kč
Celkem RYNL6	246 213,00 Kč	267 189,00 Kč	299 990,00 Kč	427 917,00 Kč	563 553,00 Kč
Rozdíl		20 976,00 Kč	53 777,00 Kč	181 704,00 Kč	317 340,00 Kč

Pokud bychom uvažovali o realizaci dvou rDSLAMů z vypočtených hodnot vyšla nejlépe kombinace vrcholů 1 a 5, jak pro bonitní, tak i nebonitní rDSLAMy. V případě nebonitních pokryto 100 % zákazníků a v případě bonitních by bylo připojeno 96,15 % ze všech možných

zákazníků a 100 % všech aktivních. Oproti realizaci jednoho rDSLAMu by tak došlo k připojení všech zákazníků o 33,33 % více než u realizace rDSLAMu ve vrcholu 2 (o 55,12 % více než u stávajícího rDSLAMu ve vrcholu 6). Náklady na výstavbu obou těchto rDSLAMů by však byly vyšší z důvodu chybějící části optické trasy mezi vrcholy 1 a 2. To by znamenalo náklady spojené s projektovou dokumentací, vydáním územního rozhodnutí, zemními pracemi v délce cca 173 m včetně realizace podvrtů, pokládky chráničky, kalibrace a zafouknutí optického kabelu, následné zavaření, ukončení, změření optických vláken a zpracování geodetické zaměření nové trasy a geometrického plánu, podepsání smluv o věcných břemenech a následného vkladu na katastr nemovitostí a kolaudaci. Náklady na výstavbu této varianty jsou oproti výstavbě ve vrcholu 2 a stávajícího rDSLAMu vyšší o 135 636,- Kč. Musíme však zároveň vzít v úvahu, že samotný rDSLAM ve vrcholu 6 je již funkční a jeho nejlepší varianta v kombinaci s tímto rDSLAMem je právě již zmíněný vrchol 2. V případě, že bychom uvažovali o nebonitních rDSLAMech, tak pokryje všech 100 % zákazníků stejně jako varianta ve vrcholech 1 a 5. U bonitních rDSLAMů je horší o 3,84 % ke všem zákazníkům a o 11,76 % u aktivních zákazníků.

V Jítravě je situace rozdílná. Nový rDSLAM ještě nebyl realizován. Pro jakékoli připojení (umístění nového rDSLAMu) bude nutné provést nákladnější zemní práce v délce cca 250 m spojené s optickou etapou. Prvním možným vrcholem se pak samozřejmě nabízí vrchol 1. Veškeré další možné varianty umístění rDSLAMu jsou sice dražší, ale oproti základním nákladům jsou minimální. Nabízí se totiž možnost využít stávající nadzemní síť pro dotažení OK do jakéhokoli vybraného vrcholu v obci. Zároveň kvůli nízké „příchozí metalické kapacitě“ směrem od Rynoltic (pouhých 30 párů), kdy by buď muselo dojít k výstavbě nové, samostatné NN přípojky do jednotlivých vrcholů, ve kterých uvažujeme o umístění rDSLAMů. Cena za realizaci přípojky cca 75 000,- Kč podle vzdálenosti od nejbližšího možného připojovacího bodu. Tuto cenu v Tabulce 35 neeviduji. Je konstantní pro všechny varianty. Společností CETIN by byl s největší pravděpodobností zvolen pro umístění rDSLAMu stávající rozvaděč ve vrcholu 1 na samém začátku obce. Jeho hodnoty v případě bonitního rDSLAMU se pohybují kolem 12 % a nebonitního kolem 21 %. Vzhledem ke skutečnosti, že se v celé obci nachází NSEK, vybral jsem 22 možných kandidátů na umístění rDSLAMu ve vrcholech. Pokud bychom uvažovali o bonitním rDSLAMu vyšel by nejlépe vrchol 10 (připojeno 37,06 % celkových zákazníků) a vrchol 11 (44 %, pokud bychom uvažovali o maximalizaci připojení aktivních zákazníků). Oproti nebonitnímu umístění rDSLAMu ve vrcholu 12 by bylo připojeno 59,26 % ze všech zákazníků a 64 % aktivních zákazníků. Cena za umístění rDSLAMU by byla nižší o cca 10 000,- Kč až 15 000,- Kč nižší než u vrcholu 12. Pokud bychom uvažovali o umístění dvou rDSLAMů vyšel ve všech čtyřech případech vždy jiný vrchol. V Tabulce 35 porovnávám všechny ostatní vrcholy s umístěním rDSLAMů ve vrcholech 5 a 17.

Tabulka 35 Odhad finančních nákladů na realizaci vybraných vrcholů v Jítravě [autor]

RYNL7	vrchol 1	vrchol 12	vrchol 5 a 17	vrchol 2, 12, 20
RYNL7_OK	249 232,00 Kč	311 322,00 Kč	342 744,00 Kč	362 302,00 Kč
RYNL7_MET	66 420,00 Kč	66 420,00 Kč	132 840,00 Kč	199 260,00 Kč
RYNL7_VDSL	86 000,00 Kč	86 000,00 Kč	172 000,00 Kč	258 000,00 Kč
Celkem RYNL7	401 652,00 Kč	463 742,00 Kč	647 584,00 Kč	819 562,00 Kč
Rozdíl		62 090,00 Kč	245 932,00 Kč	417 910,00 Kč

Pokud budu řešit nebonitní rDSLAMY, tak u aktivních zákazníků vyšel nejlépe s 96 % a u celkových s 92,59 % hned za vrcholy 6 a 19 s 95,06 %. V případě bonitních rDSLAMů není v případě celkových zákazníků v nejlepších 22 variantách s 53,09 % (o 13,58 % méně než varianta ve vrcholech 10 a 16) a u aktivních zákazníků s 68 % (o 8 % méně než nejlepší varianta ve vrcholech 5 a 16). U varianty s třemi možnými vrcholy jsem vybral vrcholy 2, 12, 20. Ty mají v případě nebonitního rDSLAMu pokryto 100 % všech zákazníků a u bonitních vrcholy 2,10,16 s 69 % připojených všech zákazníků. Náklady by byly o cca 10 000,- Kč u optické etapy z důvodů kratší vzdálenosti o 556 m oproti variantě ve vrcholech 2, 12, 20. Vyčíslené náklady jsou pouze orientační a mohou se lišit od nákladů samotné realizace (například vzdálenost na výstavbu NN přípojky, ceny za věcná břemena s vlastníky pozemků, atd.).

Závěr

Cílem diplomové práce bylo optimalizovat umístění vysunutých DSLAMů v síti elektronických komunikací ve stávající infrastruktuře společnosti Česká telekomunikační infrastruktura a.s. Hlavní prioritou bylo pokrytí jedním a více rDSLAMy co největší počet zákazníků (celkových - kabelizovaných, tak i aktivních s provozovanou službou). V dokumentu „Digitální Česko 2.0“ je za vysokorychlostní připojení považováno připojení účastníka k internetu s reálnou rychlostí minimálně 30 Mbit/s ve směru k účastníkovi.

Mezi nejdůležitější parametr, který ovlivňuje přenosovou rychlost je útlum vedení a přeslechy. Díky přiblížení optické sítě (optických vláken) a umístění technologie (rDSLAMu) blíže k zákazníkovi byly do značné míry tyto parametry potlačeny. Což vede ke zkracování tzv. „poslední míle“ ke koncovému účastníkovi (zákazníkovi) po metalické síti. Dále tuto architekturu popisují pod známou zkratkou FTTx (Fiber to The...), jedná se o síťovou architekturu, která nahrazuje metalická vedení optickými. V Podkapitole 3.1 zmiňují podmínky, na základě kterých jsou nové rDSLAMy vybírány. Při průměru žil 0,4 mm je útlum 12 dB/km. Z této hodnoty se dále určují kritéria pro určení vzdálenosti. Jako bonitní DSLAMy uvažujeme dosah služeb do 5,5 dB (460 m), kde s vectoringem dosáhneme na 250 Mbit/s až 300 Mbit/s a 9,5 dB nebonitní DSLAMy se smyčkou do 790 m, kde bude možné využívat přenosových rychlostí vyšších než 30 Mbit/s.

Dalšími sledovanými parametry je 90 % služeb s útlumem menším než 19 dB a minimálně 9 stávajících (existujících) služeb. Tyto podmínky splnily obě řešené obce.

V Kapitole 5 se zabývám samotnou optimalizací SEK ve vybraných lokalitách. Nejprve jsem jednu z obcí řešil vlastní metodou (Obrázek 22). Ta ovšem řešila pouze variantu umístění jednoho nebo takového počtu rDSLAMů, které pokryjí 100 % celé obce. Nevýhodou tohoto řešení bylo, že výsledný vrchol nebylo možné použít pro umístění rDSLAMu například z kapacitních důvodů. V obci Jítrava jsem vybral 22 možných kandidátů na umístění rDSLAMu. Tím jsem chtěl docílit co nejpřesnějších výsledků. Výsledný počet kombinací při umístění rDSLAMů do třech vrcholů je 1 540. Z tohoto důvodu jsem musel vše řešit pomocí vzorců v excelu a nebylo možné prezentovat tabulky přímo v diplomové práci. Proto uvádím vždy jen sumarizace výsledků. Kompletní řešení je v příloze. Prvotně jsem zpracoval schéma celé sítě (Příloha 1 a 2). Následně jsem řešil úlohu pomocí vyhledání mediánu sítě, centra sítě a metodou D_{max} . Metoda o vyhledání mediánu sítě řeší vhodné umístění rDSLAMu s určením minimálního součtu vzdáleností ke všem ostatním vrcholům. Tuto metodu by bylo vhodné využít v případě potřeby snížení nákladů při výstavbě nové SEK. Poté jsem řešil úlohu o vyhledání centra sítě. Vycházel jsem ze stejné matice s tím rozdílem, že jsem následně hledal minimální hodnotu vzdálenosti k nejvzdálenějšímu vrcholu. Tím, že tato metoda využívá

pouze hodnot nejvzdálenějších vrcholů, bylo by možné matici minimalizovat na menší počet sloupců. Plně by vždy postačilo vybrat z každého vrcholu střediska (rDSLAMu) pouze jeden nejvzdálenější vrchol. Jako nejlepší možná metoda pro řešení práce je úloha o zajištění obsluhy při definované úrovni dostupnosti D_{max} pokrývací úloha.

Souhrnné tabulky řešení a výsledků Jítrava

Tabulka 36 Souhrnné výsledky 1, p-median a 1, p-centra Jítrava [autor]

1-medián		1-centra		2-medián		2-centra		3-medián		3-centra	
SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)	Vrcholy (depa)	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)
78725	12	1660	12	(5;17)	43236	(5;18)	941	32617	(2; 8; 17)	686	(3; 12; 20)
79264	13	1737	13	(6;17)	43269	(5;19)	941	32445	(2; 8; 18)	686	(3; 13; 20)
79415	11	1832	14	(6;18)	43441	(5;20)	990	32557	(2; 9; 18)	668	(4;12;20)
80689	14	1873	11	(5;18)	43768	(5;17)	996	32557	(2; 9; 19)	631	(4;13;20)
80715	10	1973	10	(5;16)	43946	(6;17)	1050	32557	(2; 10; 18)	709	(4;14;20)
81342	9	2003	15	(7;18)	43965	(6;18)	1050	32557	(2; 10; 19)	709	(4;14;21)

Tabulka 37 Souhrnné výsledky D_{max} 1- rDSLAM Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků	D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
460	81	460	25	790	81	790	25
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků	Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
10	30	11	11	12	48	12	16
11	28	10	10	13	45	13	15
		5	10	7	45	7	15

Tabulka 38 Souhrnné výsledky D_{max} 2- rDSLAM Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
460	81	460	25
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
(10; 16)	54	(5; 16)	19
(9; 16)	52	(6; 16), (7; 16), (8; 16), (9; 16), (10; 16), (11; 17)	18
D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
790	81	790	25
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
(6; 19)	78	(5; 16), (5; 15), (5; 17), (5; 18), (4; 16),	24
(5; 17), (5; 19), (7; 19)	75	(3; 14), (4; 18), (2; 14), (4; 14)	

Tabulka 39 Souhrnné výsledky D_{max} 3- rDSLAM Jítrava [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků
460	81
Vrcholy	Účastníků
(2; 10; 16)	69
(3; 10; 16)	68
(2; 9; 16), (4; 10; 16)	67
D_{max} [m]	Celkem účastníků
790	81
Vrcholy	Účastníků
(1; 11; 20), (2; 11; 20), (3; 11; 20), (4; 11; 20), (4; 12; 20), (4; 13; 20), (4; 14; 20), (3; 12; 20), (3; 13; 20), (4; 13; 21), (2; 12; 20), (4; 14; 21), (3; 14; 20), (4; 13; 22), (3; 13; 21), (4; 14; 22), (3; 14; 21), (3; 13; 22), (3; 14; 22)	81

Souhrnné tabulky řešení a výsledků Polesí

Tabulka 40 Souhrnné výsledky 1, p-median a 1, p-centra Polesí [autor]

1-medián		1-centra		2-medián		2-centra	
SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)	SUMA [m]	Vrcholy (depa)	MAX [m]	Vrcholy (depa)
33891	3	848	3	21403	(1; 5)	516	(1; 5)
36061	4	928	4	21983	(1; 4)	592	(1; rDSLAM)
37292	2	962	2	22773	(1; 3)	627	(2; rDSLAM)
40846	5	1073	5	24292	(2; 5)	592	(1; rDSLAM)
42655	1	1135	1	24924	(2; 4)	643	(1; 3)
51961	rDSLAM	1268	rDSLAM	24965	(1; rDSLAM)	643	(2; 3)
66511	7	1462	7	25306	(2; rDSLAM)	647	(1; 7)

Tabulka 41 Souhrnné výsledky D_{max} 1- rDSLAM Polesí [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků	D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
460	78	460	34	790	78	790	34
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků	Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
2	49	2	21	3	76	3	33
5	40	1	21	4	73	2	31
3	39	3	16	2	70	4	31
4	39	5	15	5	66	5	27
1	39	4	13	1	59	1	26
rDSLAM	32	rDSLAM	12	rDSLAM	48	rDSLAM	17
7	13	7	4	7	41	7	15

Tabulka 42 Souhrnné výsledky D_{max} 2- rDSLAMY Polesí [autor]

D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
460	78	460	34
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
(1;5)	75	(1; 5)	34
(2; rDSLAM)	72	(1; rDSLAM)	33
(1;rDSLAM), (1; 4), (1; 3), (2; 5)	69	(2; rDSLAM), (1; 4), (1; 3), (2; 5)	30
D_{max} [m]	Celkem účastníků	D_{max} [m]	Celkem aktivních účastníků
790	78	790	34
Vrcholy	Účastníků	Vrcholy	Aktivních účastníků
(1;5), (1; 7), (2; rDSLAM), (1;rDSLAM), (2; 5), (1; 4), (1; 3), (2; 4), (2; 7), (2; 3)	78	(1;5), (1; 7), (2; rDSLAM), (1;rDSLAM), (2; 5), (1; 4), (1; 3), (2; 4), (2; 7), (2; 3)	34

Finanční náklady řešené v Kapitole 7 na realizaci rDSLAMu ve vrcholu 3 jsou o 54 000,- Kč vyšší než ve stávajícím rDSLAMu ve vrcholu 6. Pokud bych chtěl současný stav rozšířit, zvolím variantu se stávajícím rDSLAMem a vrcholu 2. Ty pak pokryjí 100 % v případě nebonitních rDSLAMů všech i aktivních zákazníků. U bonitních rDSLAMů se na základě finančních nákladů na úpravu sítě bude nutné rozhodnout mezi vrcholy (2; rDSLAM) nejlepší při kritériu připojení všech zákazníků a (1; rDSLAM) při kritériu aktivních připojených zákazníků. Nižší finanční náklady jednoznačně vycházejí pro variantu (2; rDSLAM), protože jsou o 135 000,- Kč nižší než u varianty (1; rDSLAM). U varianty (1; rDSLAM) jsou náklady totožné s variantou (1; 5) z Tabulky 34. Jedná se o náklady spojené se zemními pracemi mezi vrcholy 1 a 2 z důvodu dotažení HDPE chráničky pro následné zafouknutí optického kabelu do vrcholu 1.

V Jítravě bych na základě finančních nákladů zvolil metodu umístění jednoho rDSLAMu ve vrcholech 10-12 dle volby připojených zákazníků. Oproti variantě ve vrcholu 1 budou náklady o 62 000,- Kč vyšší, ale pokryjí o 25 % až 40 % více zákazníků (podle volby bonitní/nebonitní a všechny/aktivní). V následující fázi vývoje technologie i z důvodů neustálého zkracování tzv. poslední míle bude důležité snížit její výrobní náklady a řešit situaci například miniDSLAMY (mDSLAMY) a následně pokrýt zbytek obce například variantou (2; 12; 20). Pokud bych se rozhodl pro variantu se dvěma rDSLAMY umístil bych je ve vrcholech (5; 17), (10; 16) nebo (5; 16) dle volby koncového zákazníka (bonitní/nebonitní a všechny/aktivní). Cena za realizaci těchto rDSLAMů by byla vyšší o 246 000,- Kč než u nejlevnější varianty s umístěním jednoho rDSLAMu ve vrcholu 1 (dle Tabulky 35). Spočítané náklady jsou pouze orientační a mohou se lišit od nákladů samotné realizace (zábory, věcná břemena, atd.). U varianty s umístěním dvou rDSLAMů již neuvažuji s následným rozšířením sítě.

Pokud se podaří provázat vytvořené matice s interním systémem společnosti Česká telekomunikační infrastruktura a.s., tak bude možné k výsledným hodnotám přihlídnout při dalších výběrech, ať se už bude jednat o jakoukoli vzdálenost. Dnes se jedná o vzdálenosti 460 m a 790 m. Jaké vzdálenosti budeme řešit zítra?

Jaké bude další využití metalických kabelů? Bude vyvíjený G.Fast tím posledním? Bude 1 Gbit/s konečnou „rozumovou“ hranicí?

Věřím, že veškeré poznatky získané při tvorbě diplomové práce a navržená řešení využiji i v budoucnosti ve své další práci.

Seznam použité literatury

Literatura

- [1] SVOBODA, J. et al. *Telekomunikační technika, 1. díl – Zprávy, signály, přenosová prostředí*. Sdělovací technika, 2002. ISBN 80-901936-3-3
- [2] JANSEN, H., RÖTTER H. et al. *Informační a telekomunikační technika*. Europa – Sobotáles, 2004. ISBN 80-86706-08-7
- [3] LAFATA, P., VODRÁŽKA J. *Optické přístupové sítě a přípojky FTTx*. Praha: Česká technika – Nakladatelství ČVUT, 2014. ISBN 978-80-01-05463-5
- [4] TEICHMANN, D. *Optimalizace technologických procesů*. Ostrava: 2012. ISBN 978-80-248-3269-2
- [5] VOLEK, J., LINDA, B. *Teorie grafů – aplikace v dopravě a veřejné správě*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-225-9.
- [6] DREZNER, Z., HAMACHER, H. W. *Facility Location – Applications and Theory*, Berlin: Springer, 2004. ISBN 3-540-21345-7.
- [7] LAGOVÁ, M., JABLONSKÝ, J. *Lineární modely*. Praha: Oeconomica, 2009. ISBN 978-80-245-1511-3.
- [8] JORDÁN, V., ONDRÁK, V. *Infrastruktura komunikačních systémů I – Univerzální kabelážní systémy*. Brno: CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5115-5.
- [9] MOOS, P., ZELINKA, T., MALINOVSKÝ, V. *Telekomunikační služby*. Praha: ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03598-6.

Internetové zdroje

- [10] Katalogový list – sdělovací kabely – TCEPKPFLE [online] [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: http://www.prakab.cz/upload/bilder/Produkte/images-pdfs-EN/telecommunication-cables/TCEPKPFLE_CZ.pdf
- [11] Produktový katalog – optické kabely – MiDia ® Dry Core [online] [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: http://www.ofacom.cz/catalogs/234_1_2_12-o-14-midia-dry-core.pdf
- [12] Česká telekomunikační infrastruktura a.s. O společnosti[online] [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <https://www.cetin.cz/o-spolecnosti>

- [13] Pevný vysokorychlostní internet. Český statistický úřad. [online] 2015 [cit. 2017-08-23]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/46014808/061004-17_A.pdf/92444c2e-a574-4ada-8f1a-aa6d3e4be5e8?version=1.1
- [14] Národní plán rozvoje sítí nové generace. [online] [cit. 2017-07-09]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/2016/11/NPRSNG-27-9-2016.pdf>
- [15] Eurostat, Statistics Explained, Archive: *Statistika informační společnosti*. [online] [cit. 2017-07-09]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Information_society_statistics/cs#Dom.C3.A1cnosti_a_jednotlivci
- [16] ITU-T.G.993.2 – *Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)* 2012 [online] [cit. 2017-07-09]. Dostupné z: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/en>
- [17] Portál veřejné správy – zákony. [online] [cit. 2017-07-20]. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=127~2F2005&rpp=15#seznam>, EUR-Lex-Přístup k právu evropské unie. [online] [cit. 2017-07-20]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=cs>
- [18] Základní mapa ČR. [online] [cit. 2017-06-11]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [19] Obec Rynoltice. [online] [cit. 2017-09-05]. Dostupné z: <http://www.rynoltice.cz/>
- [20] Lužické hory. [online] [cit. 2017-09-05]. Dostupné z: <http://www.luzicke-hory.cz/mista/index.php?pg=objitrc>
- [21] Základní sídelní jednotky. [online] [cit. 2017-07-09]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/>
- [22] Občanský spolek Černá Louže – Polesí. [online] [cit. 2017-09-05]. Dostupné z www.polesi.eu
- [23] Územní plán – Polesí a Černá Louže. [online] [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: http://docs.liberec.cz/Odb_HA/1_UP/VYDANE/Rynoltice/2.zmena/Rynoltice_ZUP2_V_P_KOORDINACNI.pdf
- [24] Územní plán – Jítrava. [online] [cit. 2017-05-09]. Dostupné z <http://www.liberec.cz/obec-rynoltice/2.zmena-uzemniho-planu/>

Interní materiály

- [25] ČESKO. Měření a údržba sdělovacích kabelů XLVIII. KŘEPELKA, Václav. *Vysokorychlostní přenosy po metalických kabelech včera, dnes a zítra*. [CD] Tábor, 2017

- [26] Interní materiály, Česká telekomunikační infrastruktura a.s.

- [27] Geografický Web Systém CETIN a.s.

- [28] Směrnice pro plánování místních telefonních sítí. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1976.

Seznam obrázků

- Obrázek 1 V současnosti nejčastěji používaný typ kabelu v přístupové síti ke koncovému účastníkovi [10]
- Obrázek 2 Optický kabel [11]
- Obrázek 3 Mapa pokrytí území ČR sítěmi elektronických komunikací pro služby přístupu k internetu ke dni 25. května 2016 (současnost) [14]
- Obrázek 4 Mapa pokrytí území ČR sítěmi elektronických komunikací pro služby přístupu k internetu ke dni 25. května 2016 (současnost s plánem operátorů na 3 - leté období) [14]
- Obrázek 5 Rozdíly přenosových rychlostí v závislosti na vzdálenosti a technologii [14]
- Obrázek 6 Struktura sítě FTTN [14]
- Obrázek 7 Zvolená obec Jítrava a Polesí [18]
- Obrázek 8 Stávající umístění rDSLAMů ve vybraných obcích [18]
- Obrázek 9 Stávající skříň PSR RYNL7 v Jítravě [autor]
- Obrázek 10 Schéma tras SEK Jítrava [27]
- Obrázek 11 Stávající rozvaděč rDSLAM RYNL6 v Polesí - Černá Louže [autor]
- Obrázek 12 Schéma tras SEK Polesí – Černá Louže [27]
- Obrázek 13 Mapa se službami Jítrava zelená –POTS, modrá – TV, tyrkysová – ADSL, oranžová VDSL [27]
- Obrázek 14 Mapa se službami Polesí – Černá Louže zelená –POTS, modrá – TV, tyrkysová – ADSL, oranžová VDSL [27]
- Obrázek 15 Územní plán Polesí a Černá Louže [23]
- Obrázek 16 Územní plán obce Jítravy [24]
- Obrázek 17 Skříň SIS 900-B HD180 [autor]
- Obrázek 18 mDSLAM 450 HD180 [autor]
- Obrázek 19 skříň MA5616 s nástavbou rDSLAM HD180 [autor]

- Obrázek 20 I. etapa metalická část - výměna rozvaděče [autor]
- Obrázek 21 Popis stávajícího plně funkčního rDSLAMu [autor]
- Obrázek 22 Základní model Jítravy [autor]
- Obrázek 23 Vrcholy vhodné pro umístění rDSLAMů Jítrava [27]
- Obrázek 24 Schéma nadzemní sítě elektronických komunikací v obci Jítrava [autor]
- Obrázek 25 Volba vzdálenosti D_{max} s automatickým přepočtem účastníků [autor]
- Obrázek 26 Vrcholy vhodné pro umístění rDSLAMů Polesí [27]
- Obrázek 27 Schéma sítě elektronických komunikací v obci Polesí - Černá Louže [autor]

Seznam tabulek

- Tabulka 1 Podíl domácností s internetem v zemích EU v letech 2006 až 2015 [15]
- Tabulka 2 Vysokorychlostní internetová síť v ČR [13]
- Tabulka 3 VDSL2 dle doporučení ITU G.993.2 [16]
- Tabulka 4 Jednotlivé typy xDSL přípojek dle doporučení ITU-T a přenosovými rychlostmi [16]
- Tabulka 5 Stávající služby v Jítravě dle doporučení ITU-G [26]
- Tabulka 6 Původní služby bez DSL v Polesí a Černé Louži dle doporučení ITU-G [26]
- Tabulka 7 Nové služby přes DSL v Polesí a Černé Louži dle doporučení ITU-G [26]
- Tabulka 8 Data kabelizace RYNL7 [27]
- Tabulka 9 Data kabelizace RYNL6 [27]
- Tabulka 10 Vybrané základní sídelní jednotky [21]
- Tabulka 11 Počet obyvatel dle ZSJ [21]
- Tabulka 12 Počet domů dle ZSJ [21]
- Tabulka 13 Matice vzdáleností mezi vybranými vrcholy možných rDSLAMů Jítrava [autor]
- Tabulka 14 Úloha o 1-mediánu Jítrava [autor]
- Tabulka 15 Úloha o p -mediánu Jítrava [autor]
- Tabulka 16 Úloha o 1-centru Jítrava [autor]
- Tabulka 17 Úloha o p -centru Jítrava [autor]
- Tabulka 18 D_{max} umístění 1 bonitního/nebonitní rDSLAMu – Jítrava [autor]
- Tabulka 19 D_{max} umístění 2 bonitních rDSLAMů – Jítrava [autor]
- Tabulka 20 D_{max} umístění 2 nebonitních rDSLAMů – Jítrava [autor]
- Tabulka 21 D_{max} umístění 3 bonitních/nebonitních rDSLAMů – Jítrava [autor]
- Tabulka 22 Úloha o 1, p -mediánu Polesí [autor]
- Tabulka 23 Souhrnné výsledky 1, p -median a 1, p -centra Jítrava [autor]

- Tabulka 23 Souhrnné výsledky D_{max} 1- rDSLAM Jítrava [autor]
- Tabulka 24 Souhrnné výsledky D_{max} 2- rDSLAM Jítrava [autor]
- Tabulka 25 Souhrnné výsledky D_{max} 3- rDSLAM Jítrava [autor]
- Tabulka 26 Matice vzdáleností mezi vybranými vrcholy možných rDSLAMů Polesí [autor]
- Tabulka 27 Úloha o $1, p$ -mediánu Polesí [autor]
- Tabulka 28 Úloha o $1, p$ -centra Polesí [autor]
- Tabulka 29 D_{max} umístění 1 a 2 bonitních rDSLAMů – Polesí [autor]
- Tabulka 30 D_{max} umístění 1 a 2 nebonitních rDSLAMů – Polesí [autor]
- Tabulka 31 Souhrnné výsledky $1, p$ -median a $1, p$ -centra Polesí [autor]
- Tabulka 32 Souhrnné výsledky D_{max} 1- rDSLAM Polesí [autor]
- Tabulka 33 Souhrnné výsledky D_{max} 2- rDSLAMy Polesí [autor]
- Tabulka 34 Odhad finančních nákladů na realizaci vybraných vrcholů v Polesí [autor]
- Tabulka 35 Odhad finančních nákladů na realizaci vybraných vrcholů v Jítravě [autor]
- Tabulka 36 Souhrnné výsledky $1, p$ -median a $1, p$ -centra Jítrava [autor]
- Tabulka 37 Souhrnné výsledky D_{max} 1- rDSLAM Jítrava [autor]
- Tabulka 38 Souhrnné výsledky D_{max} 2- rDSLAM Jítrava [autor]
- Tabulka 39 Souhrnné výsledky D_{max} 3- rDSLAM Jítrava [autor]
- Tabulka 40 Souhrnné výsledky $1, p$ -median a $1, p$ -centra Polesí [autor]
- Tabulka 41 Souhrnné výsledky D_{max} 1- rDSLAM Polesí [autor]
- Tabulka 42 Souhrnné výsledky D_{max} 2- rDSLAMy Polesí [autor]

Seznam grafů

- Graf 1 Pevný vysokorychlostní internet v zemích EU [13]
- Graf 2 Pevný vysokorychlostní internet celkem [13]
- Graf 3 Pevný vysokorychlostní internet podle rychlosti [13]

Seznam příloh

Přílohy jsou uloženy na CD ROM, který je přidán k tištěné verzi diplomové práce. Přílohy 3 a 4 tvoří řešení jednotlivých úloh v programu Excel.

Příloha 1 Schéma nadzemní sítě elektronických komunikací v obci Jítrava [autor]

Příloha 2 Schéma sítě elektronických komunikací v obci Polesí - Černá Louže [autor]

Příloha 3 Matice vzdáleností_1, p -median_a_1, p -centrum.xlsx

Příloha 4 Matice vzdáleností D_{max} .xlsx