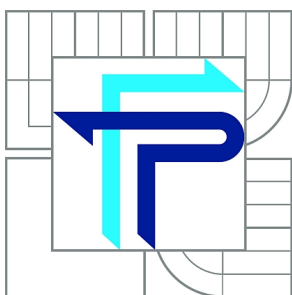


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV MANAGEMENTU

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF MANAGEMENT

NÁVRH OPTICKÉ SÍTĚ PRO SPOJENÍ BYTOVÝCH DOMŮ V KOJETÍNĚ

DESIGNING OF A FIBER OPTIC NETWORK FOR CONNECTING BLOCKS OF FLATS IN KOJETÍN

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN RUMPLÍK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. VIKTOR ONDRÁK, Ph.D.

BRNO 2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Rumplík Martin, Bc.

Řízení a ekonomika podniku (6208T097)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává diplomovou práci s názvem:

Návrh optické sítě pro spojení bytových domů v Kojetíně

v anglickém jazyce:

Designing of a Fiber Optic Network for Connecting Blocks of Flats in Kojetín

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Vymezení problému a cíle práce

Analýza současného stavu

Teoretická východiska řešení

Návrh řešení

Zhodnocení a závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

BERKA, M. Bezpečná počítačová síť: určeno pro IT manažery, IT security manažery, správce sítě. Praha: Dashöfer, 2007. ISBN 80-86229-79-3.

BIGELOW, S. J. Mistrovství v počítačových sítích. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0178-9.

DOSTÁLEK, L. Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS. Brno: Computer Press, 2008/. /ISBN 978-80-251-2236-5.

ODOM, Wendell. Počítačové sítě bez předchozích znalostí. 1.vyd. Brno: CP Books, a.s., 2005. ISBN 80-251-0538-5.

TRULOVE, J. Síť LAN - hardware, instalace a zapojení. Praha: Grada Publishing a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2098-1.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Viktor Ondrák, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

L.S.

PhDr. Martina Rašticová, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Anna Putnová, Ph.D., MBA
Děkan fakulty

V Brně, dne 17.05.2011

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je vytvoření návrhu optické sítě, která umožní domácnostem žijícím na sídlištích v Kojetíně přístup k vysokorychlostnímu internetu. Pro tento účel budou na základě analýz porovnány nejvhodnější technologie a bude navržena topologie nové sítě. Investorem je občanské sdružení Cyrilek.net, které v těchto lokalitách poskytuje bezdrátový internet. Výsledné řešení bude zvoleno na základě finančních a technických analýz a bude vyčíslena celková výše investice včetně její návratnosti. Tato inovace poskytne lidem nejen opravdu rychlý internet, ale i možnost dalších služeb jako je IPTV či VOIP.

KLÍČOVÁ SLOVA

internet, optické vlákno, investice, FTTx, Cyrilek.net, člen, sídliště, analýza, Wi-Fi, trasy, kabel

ABSTRACT

The subject of this diploma's thesis is to create a design of a fiber optic network, which will allow an access to broadband internet connection for households living in blocks of flats in Kojetín. For this purpose the best technologies will be compared by analysis and the new network topology will be designed. The investor is a civic association Cyrilek.net that provides a wireless internet at this area. The best solution will be selected on the basis of financial and technical analysis and the investment will be calculated including its return. This innovation not only give people a really fast internet connection, but also the possibility of other services such as IPTV or VoIP.

KEYWORDS

internet, optic fiber, investment, FTTx, Cyrilek.net, member, block of flats, analysis, Wi-Fi, route, cable

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RUMPLÍK, M. *Návrh optické sítě pro spojení bytových domů v Kojetíně*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2011. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Viktor Ondrák, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a neporušuje autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce Ing. Viktoru Ondrákovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Vymezení problému a cíle práce.....	10
3 Analýza současného stavu.....	12
3.1 Investor.....	12
3.1.1 Údaje o organizaci.....	12
3.1.2 Používané technologie.....	13
3.1.3 Organizační struktura.....	13
3.2 Lokality a budovy.....	14
3.2.1 Sídliště Sever.....	15
3.2.2 Sídliště Jih.....	17
3.2.3 Budovy a nainstalovaná kabeláž.....	20
3.3 Připojení domácností k internetu.....	23
3.3.1 Síť OS Cyrilek.net.....	24
3.3.2 SWOT analýza bezdrátových sítí Wi-Fi.....	26
4 Teoretická východiska řešení.....	27
4.1 Strukturovaná kabeláž.....	27
4.1.1 Metalická kabeláž.....	28
4.1.2 Optická kabeláž.....	32
4.2 Technologie FTTx (Fiber-to-the-X).....	35
4.2.1 FTTC (Fiber-To-The-Curb).....	36
4.2.2 FTTB (Fiber-To-The-Building)	37
4.2.3 FTTH (Fiber-To-The-Home).....	38
4.3 Varianty FTTH sítě.....	38
4.3.1 Optické přípojky bod-bod P2P (Point-to-point).....	38
4.3.2 Optické přípojky bod-multibod P2MP (Point-to-multipoint).....	39
4.3.3 Trendy v používání sítí FTTH.....	41
5 Návrh řešení.....	42
5.1 Obecný plán.....	42
5.2 Umístění ústředí.....	43
5.3 Vytyčení možných tras mezi budovami.....	44
5.3.1 Převěsy.....	45

5.3.2 Výkopové práce.....	46
5.3.3 Uložení do teplovodních kanálů.....	51
5.4 Kalkulace nákladů FTTx.....	56
5.4.1 FTTB.....	57
5.4.2 FTTH.....	60
5.4.3 Výběr FTTx.....	64
5.5 Propojení sídlišť mezi sebou.....	66
5.6 Značení přípojek.....	67
5.7 Ekonomické zhodnocení.....	68
5.7.1 Zhodnocení výběru trasy mezi objekty.....	68
5.7.2 Zhodnocení výběru technologie.....	69
5.7.3 Celkové náklady projektu.....	71
5.7.4 Zdroje financování a doba návratnosti investice.....	72
6 Závěr.....	74
Seznam použitých zdrojů.....	76
Seznam použitých zkratk.....	78
Seznam použitých obrázků.....	79
Seznam použitých tabulek.....	80
Seznam použitých grafů.....	80
Seznam příloh.....	80

1 Úvod

Přístup k internetu se za posledních několik let stal neodmyslitelnou součástí většiny domácností. Přitom není to tak dávno, kdy počítač připojený do sítě internet byl téměř vzácností a mnoho lidí po něm jen toužilo. Dnes je však situace díky rychlému vývoji v oblasti informačních technologií zcela opačná. Internet se stejně jako počítač stal naším dennodenním pomocníkem či zprostředkovatelem zábavy ve volném čase.

Většina z nás s internetem začínala na vytáčených připojeních přes pevné linky, kdy člověk měl co dělat, aby při pomalém načítání stránek neusnul. Monopolní telekomunikační operátor dlouhou dobu neprojevoval snahu s tímto stavem něco dělat, jelikož na daném trhu neměl konkurenci. Digitalizaci ústředí a budování ADSL přípojek urychlil až příchod bezdrátových technologií postavených na standardech IEEE 802.11(a,b,g). Na telekomunikační trh tak nastoupili poskytovatelé nabízející bezdrátové připojení k internetu a vytvořili tehdejšímu monopolistovi konkurenci. Lidé se tak konečně dočkali vysokorychlostního internetu na svých počítačích.

Nároky uživatelů internetu však dále rostou a přenosové kapacity těchto technologií začínají být nedostačující. Běžné prohlížení stránek, posílání mailů, chatování či volání, to už lidem dávno nestačí. Dnes chce každý sledovat streamovaná online videa, stahovat velké objemy dat a pryč jsou doby, kdy nám stačil pro komunikaci s druhou stranou pouze zvuk => nástup videohovorů.

Na řadu tak přichází budování metalických a především optických sítí, které jsou velkým příslibem do budoucna, jelikož pasivní prvky těchto sítí mají obrovskou propustnost dat. Optické sítě jsou v současné době jediným perspektivním řešením pro připojení koncových uživatelů k internetu do budoucna. Každý, kdo se pohybuje v oblasti informačních technologií, dobře ví, že technický pokrok se nedá zastavit a že je potřeba pravidelně podstupovat malé či velké investice k vylepšení služeb a udržení zákazníků.

Proto se tato práce bude zabývat návrhem a finančním zhodnocením investice výstavby moderní optické sítě v místě mého bydliště, a to ve městě Kojetín.

2 Vymezení problému a cíle práce

Tato diplomová práce má za úkol navrhnout komplexní řešení pro propojení velkých bytových jednotek ve městě Kojetín pomocí optické sítě, která umožní domácnostem přístup k opravdu vysokorychlostnímu internetu v řádu desítek/stovek megabitů (Mbps), případně jiným datovým službám jako je VOIP či IPTV.

Investorem tohoto projektu je občanské sdružení Cyrilek.net (OS Cyrilek.net), pro které v Kojetíně plní funkci místního správce bezdrátové sítě. OS Cyrilek.net je známé tím, že se snaží svým členům zajistit internetové připojení s co nejlepšími parametry. Dokazuje to i fakt, že se dlouhodobě drží na předních příčkách v naměřených rychlostech bezdrátových sítí po celé České republice. Jako sdružení, zabývající se převážně bezdrátovými technologiemi, jsme si však vědomi toho, že tento způsob připojení nemůže do budoucna pokrýt potřeby uživatelů a že je potřeba přejít na aplikaci novějších technologií, jako jsou např. optické sítě. Proto chceme optická vlákna použít pro připojení domácností, které žijí na sídlištích s hustou bytovou zástavbou, kde se tento typ investice vyplatí. Jedná se o investici, která má pokrýt potřeby uživatelů na několik let dopředu.

V Kojetíně, kde žije zhruba 5500 obyvatel, se nachází dvě velká sídliště, která jsou vzdušnou čarou od sebe vzdáleny asi 600m. Jediný kabelový poskytovatel internetu je zde O2 Telefonica, a.s. a její alternativní operátoři, nabízející připojení pomocí technologie ADSL. Zbýlí poskytovatelé nabízí bezdrátový internet přes Wi-Fi. Doposud žádný z těchto poskytovatelů neprojevil snahu vytvořit v Kojetíně síť postavenou na optických kabelech. Většinu z nich nejspíš odrážejí vysoké počáteční investice a především jednání s úřady pro vyřízení potřebných povolení k provedení této výstavby.

OS Cyrilek.net si od roku 2004 vytvořilo na Kroměřížsku kromě dobré pověsti i poměrně velké zázemí s více než 2000 členy. Vytvořila se tak organizace, která je schopná podstoupit tuto investici a umožnit tak některým svým členům přístup k internetu přes nejmodernější technologie současnosti.

Mým cílem bude pro tuto organizaci navrhnout co nejlepší řešení pro vybudování optické sítě pokrývajících bytové domy na dvou sídlištích v Kojetíně. Na

základě mé znalosti prostředí a dotčených objektů bude provedena analýza možných technologií FTTx, kalkulace nákladů na výstavbu pro jednotlivé varianty a výpočet návratnosti investice. Realizace této investice je jediným možným řešením, jak si do budoucna udržet stávající členy a zajistit tak financování dalšího rozvoje sítě díky jejich pravidelným členským příspěvkům.

3 Analýza současného stavu

V této kapitole bude podrobně rozebrána situace doposud poskytovaných služeb členům sdružení a bude analyzováno prostředí, kterého by se výstavba optické sítě týkala. Získané poznatky budou pak dále použity pro návrh možného řešení. Nejprve však bude potřeba vytyčit lokality s bytovými domy, u kterých se předpokládá, že budou napojeny na plánovanou optickou síť. Samotné budovy budou charakterizovány počtem vchodů, podlaží a bytů. Zároveň dojde k průzkumu existujících tras pro vedení kabeláže uvnitř i mimo objekty, přičemž budou zaznamenány již nainstalované kabelové rozvody. Při celkové analýze bude brán ohled i na výběr vhodných míst pro umístění rozvaděčů, RACKů nebo jiných distribučních boxů, potřebných pro rozbočení či napojení nové kabeláže. Veškeré tyto údaje budou stěžejní pro další rozhodování v oblasti implementace nových technologií FTTx.

Část textu bude věnována informacím o investorovi a jeho dosavadních úspěších na poli rozvoje telekomunikačních služeb.

3.1 *Investor*

3.1.1 Údaje o organizaci

Občanské sdružení Cyrilek.net vzniklo registrací u Ministerstva vnitra České republiky dne 4.8.2004. Sídlem organizace je: Spáčilova 3194, 767 01 Kroměříž. Sdružení je právnickou osobou ve smyslu zákona č. 83/1990 Sb., o sdružování občanů, evidovanou pod identifikačním číslem IČO: 266 71 875.

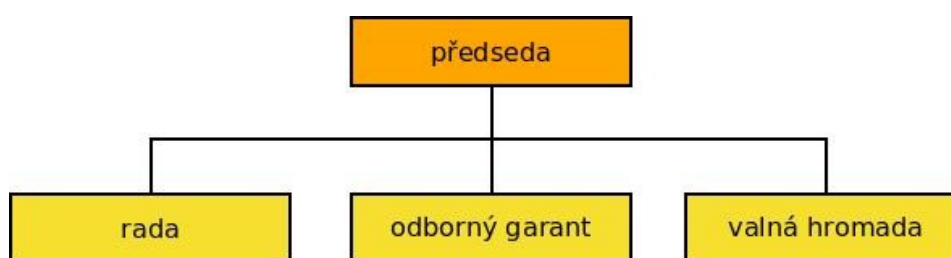
Jedná se o neziskovou organizaci, která sdružuje zájemce o výzkum, vývoj, testování produktů a aplikací v oblasti informačních a komunikačních technologií. Důraz je kladen především na jejich praktické využití, které napomáhá k šíření nových vědomostí, kultury a k odstraňování informačních bariér ve společnosti.

3.1.2 Používané technologie

K dosažení zmíněných činností slouží vybudovaná datová síť, která spojuje všechny členy sdružení. Síť je postavena převážně na bezdrátových aktivních prvcích pokrývajících svým dosahem území o rozloze 250km², a to ve frekvenčních pásmech 11 GHz, 10 GHz, 5,8 GHz a 2,4 GHz. K propojení některých částí sítě jsou u kratších vzdáleností použity optická pojítka (FSO). Drátová část je budována pomocí metalických kabelů UTP a FTP s tím, že venkovní spoje jsou realizovány optickými kabely. Celá datová síť je propojena se sítí internet a každý z členů sdružení tak může využívat přístup k internetu za daných podmínek, které stanovuje provozní řád sdružení. Všichni členové dohromady sdílí sdružením nakoupenou konektivitu, která je mezi členy dělena na základě vlastního systému dynamického řízení datového provozu.

3.1.3 Organizační struktura

Sdružení má dle příslušných ustanovení následující organizační strukturu [7]:



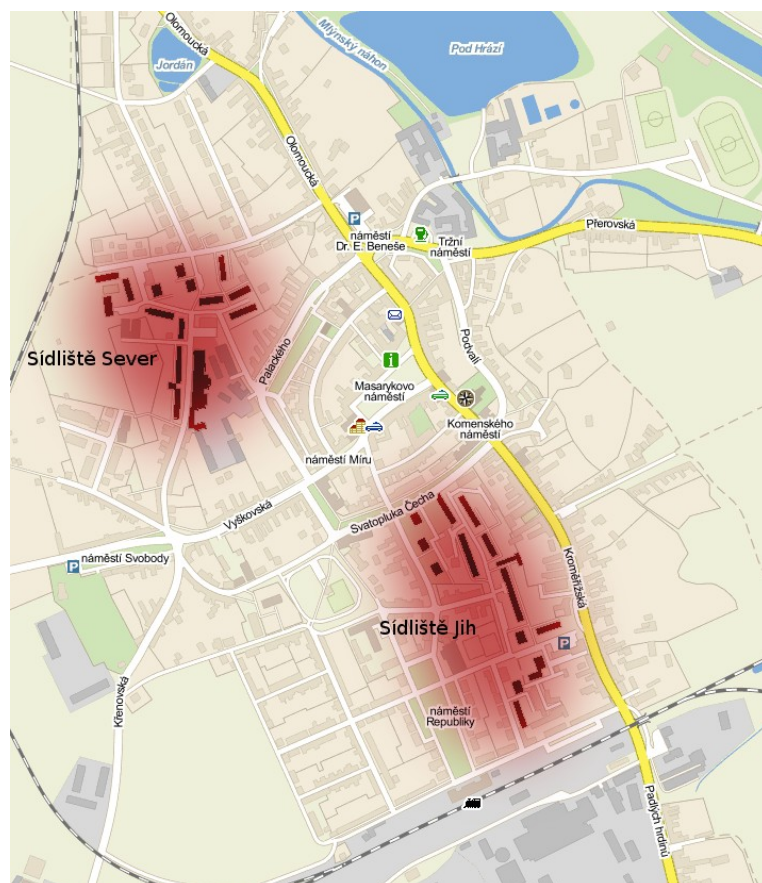
Předseda:	Ing. Dušan Vojáček
Rada:	Ing. Dušan Vojáček, Petr Gajdík, Bc. Petr Krč
Odborný garant:	Bc. Petr Krč
Valná hromada:	členové občanského sdružení (cca 2000 členů)

3.2 *Lokality a budovy*

Vybudování optické sítě má největší význam v místech s velkou hustotou populace, jelikož investice na výstavbu takovéto sítě jsou poměrně nákladné. Tomuto požadavku tak nejlépe odpovídají velká sídliště s desítkami bytových domů, jako jsou paneláky, činžovní domy, ubytovny, hotely, internáty a jiné nemovitosti, kde se dá očekávat vyšší počet potenciálních zákazníků, kteří budou naše služby využívat. Samozřejmě se technologie FTTx dají využít i pro připojení domácností v zástavbách rodinných domů, ale k tomuto kroku obvykle poskytovatelé telekomunikačních služeb přechází až v případě, kdy svými sítěmi pokryjí právě ty nejlukrativnější lokality, jako jsou např. již zmíněné sídliště.

Nejlepším předpokladem pro tento podnikatelský záměr je situace, kdy v dané lokalitě zatím podobné služby nejsou dostupné a my jsme tím prvním, kdo je bude schopen poskytnout. Respektive pokud nejsou konkurencí poskytovány služby daných parametrů a kvalit, které můžeme díky úspěšné realizaci projektu nabídnout pouze my. V takovém případě se dá počítat s mnohem vyšším počtem zákazníků, kteří budou využívat naše služby. Tím tak docílíme dřívější návratnosti investice a získáme finanční prostředky na další modernizaci sítě.

V Kojetíně se dají jako lukrativní místa pro vybudování optické sítě označit dvě oblasti, a to sídliště „Sever“ a sídliště „Jih“. Tyto sídliště jsou od sebe vzdáleny více než půl kilometru a jsou geograficky odděleny centrem města (náměstím). Co se týká rozlohy a počtu bytových domů, jsou tyto lokality velmi podobné.



Ilustrace 1: Mapa Kojetína s vyznačenými sídlišti

3.2.1 Sídliště Sever

Do této oblasti je začleněno 15 objektů. Ve všech případech se jedná o vícepodlažní domy, které slouží pro bydlení. Nejnižší domy jsou třípodlažní, naopak ty nejvyšší mají celkem 8 poschodí. Vlastníky těchto budov jsou:

- SBD Kojetín (Stavební bytové družstvo)
- společenství vlastníků jednotek
- město Kojetín



Ilustrace 2: Bytové domy na sídlišti Sever

Popis:

- budovy, plánované pro připojení k optické síti
- místo, kde má OS Cyrilek.net hlavní příjem konektivity pro Kojetín

Následující tabulka nám dává přehled v počtu bytů a jejich uspořádání v rámci jednotlivých budov:

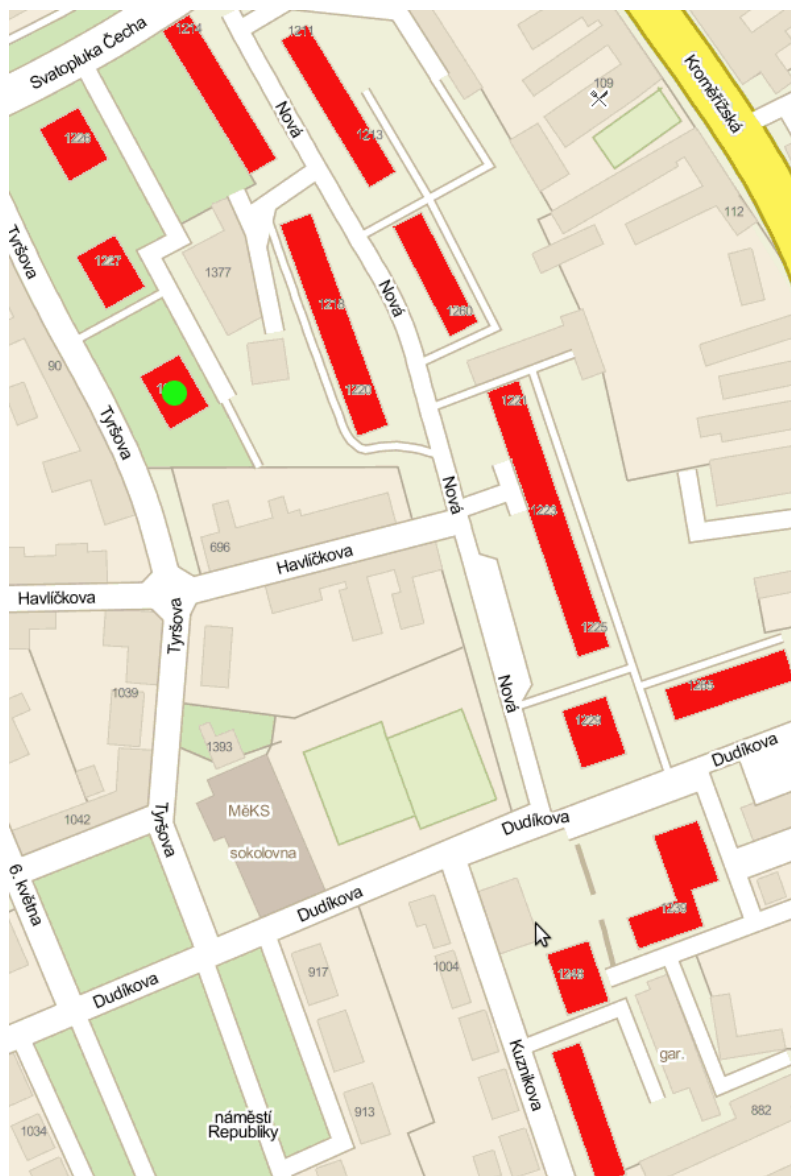
Adresa	počet poschodí	počet bytů na patře	počet bytů ve vchodu	spojené vchody
Družstevní 1305	6	3	18	jeden objekt
Družstevní 1306	6	3	18	
Družstevní 1303	6	3	18	jeden objekt
Družstevní 1304	6	3	18	
Družstevní 1301	6	3	18	jeden objekt
Družstevní 1302	6	3	18	
Polní 1299	6	3	18	jeden objekt
Polní 1300	6	3	18	
Sladovní 461	8	4	32	jeden objekt
Sladovní 339	8	4	32	jeden objekt
Sladovní 460	8	4	32	jeden objekt
Sladovní 1291	6	3	18	jeden objekt
Sladovní 1292	6	3	18	
Jana Peštuky 1320	4	3	12	jeden objekt
Jana Peštuky 1321	4	3	12	
Jana Peštuky 1323	8	3	24	jeden objekt
Jana Peštuky 1324	8	3	24	
Sladovní 1192 vchod 1	4	2	8	jeden objekt
Sladovní 1192 vchod 2	3	2	6	
Sladovní 1191 vchod 1	3	2	6	jeden objekt
Sladovní 1191 vchod 2	3	2	6	
Sladovní 1185 vchod 1	3	2	6	jeden objekt
Sladovní 1185 vchod 2	3	2	6	
Sladovní 1186 vchod 1	3	2	6	jeden objekt
Sladovní 1186 vchod 2	3	2	6	
Sladovní 1309 vchod 1	3	5	15	jeden objekt
Sladovní 1309 vchod 2	3	5	15	
Sladovní 1309 vchod 3	3	5	15	
Celkem bytů na sídlišti Sever			443	

Tabulka 1: Sídliště Sever - počet domácností

3.2.2 Sídliště Jih

V této lokalitě najdeme celkem 15 vícepodlažních objektů, které slouží pro bydlení. Nejnižší domy jsou stejně jako na sídlišti Sever třípodlažní a ty nejvyšší mají celkem 8 poschodí. Vlastníky těchto budov jsou:

- SBD Kojetín (Stavební bytové družstvo)
- společenství vlastníků jednotek



Ilustrace 3: Bytové domy na sídlišti Jih

Popis:

- budovy, plánované pro připojení k optické síti
- místo, kde má OS Cyrilek.net vysílací antény pro sídliště Jih

Následující tabulka nám dává přehled v počtu bytů a jejich uspořádání v rámci jednotlivých budov:

Adresa	počet poschodí	počet bytů na patře	počet bytů ve vchodě	spojené vchody
Tyršova 1228	8	4	32	jeden objekt
Tyršova 1227	8	4	32	jeden objekt
Tyršova 1226	8	4	32	jeden objekt
Nová 1217	4	3	12	jeden objekt
Nová 1218	4	3	12	
Nová 1219	4	3	12	
Nová 1220	4	3	12	
Nová 1214	3	3	9	jeden objekt
Nová 1215	3	3	9	
Nová 1216	3	3	9	
Nová 1211	3	3	9	jeden objekt
Nová 1212	3	3	9	
Nová 1213	3	3	9	
Nová 1259	6	3	18	jeden objekt
Nová 1260	6	3	18	
Sv. Čecha 1204	3	2	6	jeden objekt
Sv. Čecha 1205	3	2	6	
Nová 1221	4	3	12	jeden objekt
Nová 1222	4	3	12	
Nová 1223	4	3	12	
Nová 1224	4	3	12	
Nová 1225	4	3	12	
Budova: bývalé SBD	1	1	1	jeden objekt
Nová 1229	8	4	32	jeden objekt
Dudíkova 1265	6	3	18	jeden objekt
Dudíkova 1266	6	3	18	
Dudíkova 1247	8	4	32	jeden objekt
Dudíkova 1248	8	4	32	jeden objekt
Kuzníková 1174	3	2	6	jeden objekt
Kuzníková 1176	3	2	6	
Celkem bytů na sídlišti Jih			451	

Tabulka 2: Sídliště Jih - počet domácností

Při pohledu na obě sídliště jako na jeden celek zjišťujeme, že vybudování optické sítě se bude týkat 30 objektů s celkovým počtem 894 bytů. Pokud bychom čistě teoreticky uvažovali, že jedna domácnost je určena v průměru počtem 3 osob, tak v Kojetíně s 5500 obyvateli žije $3 \times 894 = 2682$ lidí na sídlištích (tzn. 49% populace Kojetína žije v bytě).

3.2.3 Budovy a nainstalovaná kabeláž

Vybudování sídlišť v rámci města Kojetín proběhlo během druhé poloviny minulého století, přičemž některé bytové domy byly postaveny podle stejných plánů. Na sídlištích proto najdeme převážně 4 typy budov. Jejich analýza bude spočívat především v popisu údajů potřebných k instalaci nové kabeláže do jednotlivých bytů.

→ Panelové domy

stavební materiál:	betonový panel
počet poschodí:	8
počet bytů na poschodí:	4
rozvodná skříň (RS) na chodbě:	ano
RS pouze pro rozvod elektřiny:	ne



Ilustrace 4: Panelový dům

Jedná se o budovu, která s jejími 8 poschodími patří mezi nejvyšší stavby na sídlišti. Budova se čtvercovou podstavou má pouze jediný vchod a není napojena na žádný jiný objekt. Stojí tak osamoceně na volném prostranství. Na každém poschodí jsou umístěny 2 rozvodné skříně, ze kterých je do jednotlivých bytů natažena elektřina, telefon (ADSL), kabelová televize, případně internet. V některých případech jsou touto cestou rozvedeny i společné anténní rozvody STA. V rozvodných skříních jsou umístěny husí krky pro snadnější vedení kabeláže. Dá se říci, že u těchto budov by neměl být s instalací nové kabeláže problém.

Dostupné sítě:	elektřina, telefon (ADSL), kabelová televize (analog), internet, STA
----------------	--

➔ Cihlové domy typ č. 1

stavební materiál:	cihla
počet poschodí:	7
počet bytů na poschodí:	3
rozvodná skříň (RS) na chodbě:	ano
RS pouze pro rozvod elektřiny:	ne



Ilustrace 5: Cihlový dům č.1

Pro tuto budovu je typické spojení dvou vchodů v jeden objekt. Jednotlivé vchody jsou uvnitř objektu propojeny chodbou ve sklepních prostorech. V rámci každého vchodu jsou na poschodí celkem 3 byty, do kterých je natažena veškerá kabeláž z rozvodné skříně. Kromě elektřiny, telefonu a zvonků je pro vedení kabeláže z rozvaděče do bytu nutné použít plastové lišty. V rozvodné skříni jsou umístěny husí krky pro snadnější vedení kabeláže.

Dostupné sítě: elektřina, telefon (ADSL), kabelová televize (analog), internet, STA

➔ Cihlové domy typ č. 2

stavební materiál:	cihla
počet poschodí:	4
počet bytů na poschodí:	3
rozvodná skříň (RS) na chodbě:	ano
RS pouze pro rozvod elektřiny:	ano



Ilustrace 6: Cihlový dům č.2

Tento objekt je typický tím, že má sice pouze 4 poschodí, ale na druhou stranu je poměrně dlouhý, jelikož spojuje minimálně 3 sousední vchody. Pod celým objektem vede ve sklepních prostorech chodba spojující všechny vchody. Velkou nevýhodou těchto objektů je problém s instalací nových kabeláží. Na chodbě je sice umístěn rozvaděč, ale je určen pouze pro rozvody elektriky. Pro vedení ostatních sítí musí být použity plastové lišty a žlaby. Rozvody STA jsou vedeny z půdy vertikálně umístěným husím krkem pod omítkou spojujícím všechny byty umístěné nad sebou. Anténní koax vyúsťuje v každém obývacím pokoji a je zakončen anténní zásuvkou.

Dostupné sítě: elektrika, telefon (ADSL), kabelová televize (analog), STA

→ Cihlové domy typ č. 3

stavební materiál:	cihla
počet poschodí:	3
počet bytů na poschodí:	2
rozvodná skříň (RS) na chodbě:	ano
RS pouze pro rozvod elektriky:	ano



Ilustrace 7: Cihlový dům č.3

Nejmenší bytový dům má pouze 3 poschodí, přičemž na patře jsou pouze 2 byty. Jeden objekt má vždy 2 vchody propojené sklepem. Veškerá ostatní kabeláž kromě elektriky musí být na chodbě stejně jako v případě cihlových domů typu č. 2 instalována do plastových lišt.

Dostupné sítě: elektrika, telefon (ADSL), kabelová televize (analog), STA

Ostatní bytové domy jsou stavěné podle individuálních stavebních plánů. Jako stavební materiál je ve všech případech použito zdivo z cihel. Počtem poschodí i bytů v jednotlivých patrech se samozřejmě od sebe tyto budovy liší. Pro vedení nové kabeláže lze v některých případech využít již natažených husích krků z chodby až do bytu, ale ve většině případů je nutné použít plastové lišty a žlaby.

Mezi dostupné sítě patří stejně jako v ostatních bytových domech: elektrika, telefon (ADSL), kabelová televize (analog), (internet), STA

3.3 *Připojení domácností k internetu*

Obyvatelé Kojetína žijící v bytových domech na sídlištích mají v současné době stejné možnosti pro připojení k internetu jako lidé žijící v rodinných domech. Jediným poskytovatelem internetu po kabelu je Telefónica O2 Czech Republic, a.s., která nabízí připojení využívající technologii ADSL. Přenosové rychlosti této technologie jsou však závislé především na vzdálenosti domácí přípojky od ústředny a na kvalitě kabeláže. Kromě poměrně vysoké ceny za měsíční využívání je další nevýhodou této asymetrické digitální účastnické linky rychlost odesílání dat (upload), který dosahuje pouze 512kbps. Pro časté odesílání většího objemu dat směrem do internetu (jako jsou fotky či jiné multimediální soubory) je tento typ připojení pro mnoho lidí nevyhovující. Druhou možností je využít služeb některého z poskytovatelů bezdrátového internetu, kteří mají v Kojetíně pokrytí. Připojení je obvykle nabízeno na frekvencích 2,4GHz a 5GHz.

Dostupní poskytovatelé bezdrátového internetu v Kojetíně:

- občanské sdružení Cyrilek.net
- NWT Computers, a.s.
- LAN servis s.r.o.

3.3.1 Sít' OS Cyrilek.net

→ Příjem hlavní internetové konektivity

Provoz sítě OS Cyrilek.net je založen především na bezdrátových telekomunikačních technologiích. Jedním z nejdůležitějších bodů sítě je dvacetimetrový stožár, který je postaven poblíž obce Vrbka na Kroměřížsku. Tato lokalita byla vybrána kvůli potřebné přímé viditelnosti do různých obcí. V současné době je konektivita přiváděna do datové sítě sdružení ve dvou geograficky nezávislých místech. V prvním případě je dodávána pomocí mikrovlnného spoje na frekvenci 11GHz, který pracuje v licenčním pásmu. V druhém případě je datová síť napojena přímo na optikou linku, která má v současné době přenosovou rychlost 1Gbps. Dodávka konektivity je tedy určitým způsobem zálohovaná.

→ Páteřní spoje

Z centrálních míst, které jsou připojeny přímo do internetu, je konektivita dále šířena do okolních i vzdálenějších obcí. K tomu jsou využity PtP spoje na frekvencích 11GHz (licenční pásmo), 10 GHz a 5,8 GHz (volná pásma) tvořící páteřní síť sdružení. Datová propustnost spojů se pohybuje v rozmezí 40 – 210Mbps FD. Na hlavním routeru běží služby jako DNS, SMTP, traffic shaping, monitorovací nástroje atd.

→ Hardwarové řešení v obci

Každá obec, ve které má sdružení pokrytí, má přidělený vlastní rozsah(y) privátních IP adres. Tyto rozsahy mají zajistit v síti přehlednost a zejména ochranu před šířícími se viry a jinými škodlivými prvky v dané broadcastové doméně. Lokální sítě jsou od sebe odděleny na L3 switchích, běžících na systému založeném na Cisco IOS, které jsou umístěny na hlavních uzlech datové sítě sdružení.

V rámci obcí jsou využívány především bezdrátové aktivní prvky komunikující

na frekvencích 5,8GHz a 2,4GHz. Většina těchto prvků běží na platformě RouterBoard, která je známá pro svou kvalitu a široké možnosti různých nastavení.

➔ Bytové domy

Při zapojování lidí z bytových domů je upřednostňována varianta, kdy je využito jedno bezdrátové zařízení a zájemci o internet jsou pak k němu připojeni pomocí metalické sítě. Tato varianta je výhodnější jak z technického, tak ekonomického hlediska, než kdyby musel mít každý své vlastní přijímací zařízení. Bytové domy či paneláky jsou připojovány výhradně na frekvenci 5GHz. Kabeláž je v objektech instalována do rozvodových skříní, kde jsou také umístěny switche. K pokrytí krátkodobých výpadků a zejména kvůli kolísání napětí v elektrické síti jsou obvykle použity zdroje UPS. Všem členům sdružení jsou v současné době poskytovány veřejné ip adresy, přičemž každé nově připojené zařízení je třeba zaevidovat do systému. Tomu lze zabránit použitím routeru s aktivním NATem (překladem adres), který odděluje domácí síť člena a síť sdružení. V tomto případě pak není nutné evidovat nově připojená zařízení.

➔ Rodinné domy

V případě rodinných domů je potřeba pro každou přípojku využít samostatné bezdrátové zařízení, které je nastaveno do režimu WISP (Wireless ISP). Při tomto nastavení je mezi wlan a ethernet rozhraním aktivní NAT, a na ethernetu je zaplý DHCP server. Záložní zdroj UPS se v tomto případě nepoužívá. Pro připojení se využívají pásma 2.4GHz a 5.8GHz.

3.3.2 SWOT analýza bezdrátových sítí Wi-Fi

SWOT analýza technologie Wi-Fi	
Silné stránky	Slabé stránky
- levná technologie - rychlá instalace - dostupnost připojení - bezlicenční pásmo	- omezená rychlost - obvykle nutná přímá viditelnost - vysoká latence při zátěži a rušení - omezený počet vysílacích kanálů
Příležitosti	Hrozby
- rychlé rozšíření pokrytí - očekávání nových standardů - rozvoj bezdrátových zařízení - zájem o mobilitu	- vzájemné rušení - bouřky - nebezpečí odposlechu - konkurence v podobě kabelových přípojek

Tabulka 3: SWOT analýza technologie Wi-Fi

Na základě provedené SWOT analýzy je zřejmé, že technologie Wi-Fi významně pomohly k rozvoji vysokorychlostního internetu v České republice, zejména díky nízkým nákladům na vybudování vysílačů a rychlému pokrytí území. Vysokorychlostní internet se tak stal přístupný i lidem na vesnicích či malých městech, kde se žádnému z kabelových poskytovatelů internetu nevyplatí budovat své sítě kvůli vysokým nákladům. Ve větších městech s vysokou penetrací bezdrátových vysílačů Wi-Fi se již ale projevují negativní jevy jako rušení, kdy je kvalita bezdrátového přenosu degradována. Když se k tomu připočítá větší zájem o internet ze strany uživatelů, je někdy problém pokrýt jejich požadavky na rychlost připojení. Proto je v těchto lokalitách s hustou bytovou zástavbou potřeba přejít na jiný typ připojení s perspektivou do budoucna. A tento požadavek splňují právě optické sítě.

4 Teoretická východiska řešení

Aby mohlo dojít k vytvoření modelu optické sítě, je potřeba se nejprve seznámit s dosud známými poznatky z oblasti optických sítí. Tyto poznatky budou stěžejním podkladem k vybudování nejvhodnější varianty projektu optické sítě, která bude zvolena na základě porovnání několika typů dostupných technologií zapojení včetně nákladů na jejich pořízení a vybudování. Na trhu je k dispozici několik typů optických kabelů, které budou sloužit jako přenosové médium. Topologie datové sítě je však dána nejen jejich rozmístěním a instalací do patřičných objektů, ale je především ovlivněna technologií jejich zapojení, která musí být dopředu promyšlena a navrhuta. Nevhodně navržená technologie pro optickou síť může být do jisté míry velkým problémem do budoucna, kdy její datová propustnost nebude dostávat potřebám koncových uživatelů a bude potřeba provést její modernizaci. Jelikož následný přechod na jinou technologii zapojení aktivních prvků optické sítě je ve většině případů dosti nákladný, je potřeba u budování optických sítí myslet na stav a parametry sítě na několik let dopředu. Jedině tohle pečlivé zvážení veškerých technických a přenosových parametrů budované sítě zajistí dlouhodobou ochranu investice. Přínosem pro rozhodování mohou být i celosvětové trendy v této oblasti informačních technologií či zkušenosti samotných poskytovatelů, kteří již danou technologii využívají.

4.1 *Strukturovaná kabeláž*

Základem všech datových sítí je pasivní přenosové médium umožňující komunikaci aktivních síťových prvků. Pokud vyloučíme vzduch, jako prostředí pro šíření elektromagnetických vln umožňující bezdrátovou komunikaci, dostáváme se ke kabelážím, které fyzicky propojují aktivní i pasivní síťová zařízení. Technické řešení kabeláže datových komunikačních systémů dnešní doby je nazýváno strukturovaná kabeláž nebo multimediální strukturovaná kabeláž. U první varianty se předpokládají datové aplikace a analogová i digitální telefonie. Druhá varianta podporuje svými lepšími parametry navíc další rozsáhlý okruh analogových i digitálních aplikací od audia, videa až po přenos televizního signálu. Pro správný návrh jakékoliv

strukturované kabeláže je potřeba znát a dodržovat pravidla určená normami a standardy pro kabelážní systémy.

Kabely pro datovou komunikaci se obecně dělí na metalické a optické, přičemž každý typ má své výhody a nevýhody. Mezi základní parametry, podle kterých porovnáváme kvalitu strukturované kabeláže patří například útlum signálu, odolnost vůči vnějšímu elektromagnetickému rušení, šířka pásma, maximální délka vedení, minimální poloměr ohybu, přeslech mezi vodiči atd. Lze však konstatovat, že doba, kdy se používali pouze metalické kabeláže je pryč a na řadu přichází kabely optické. Mezi jejich největší výhody patří šířka pásma, odolnost vůči rušení a také jejich možná délka [5].

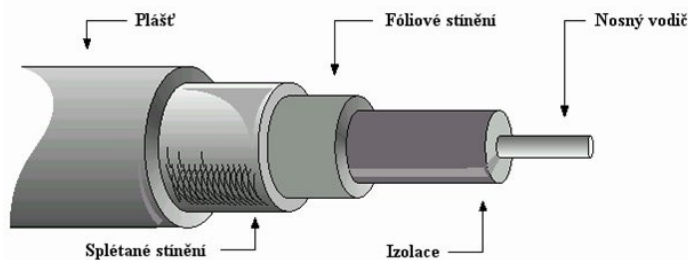
Z pohledu statistiky je prokázáno, že při realizaci komplexního komunikačního systému představuje kabeláž pouhých 3 až 5% nákladů z celkové investice. Přitom 70% všech selhání komunikační sítě je zapříčiněno právě kabeláží [6].

4.1.1 Metalická kabeláž

Datová komunikace pomocí strukturované kabeláže je od nepaměti spojena s metalickým vodičem. Pro účely přenosu většího množství dat (např. internet, IPTV) se v současné době používá zejména síťový UTP a STP kabel, případně kabel koaxiální.

➔ *Koaxiální kabel*

Koaxiální kabel je nejdéle používaným kabelem na propojení prvků sítě. Je tvořen dvěma vodiči v provedení, kdy vnější (stínění) obaluje vnitřní (nosný). Vodiče jsou od sebe odděleny izolačním materiálem a celý kabel je zaizolovaný v plastu [11].



Ilustrace 8: Koaxiální kabel [11]

Výhody (+)

- značná odolnost proti elektromagnetickému rušení
- možnost venkovního vedení

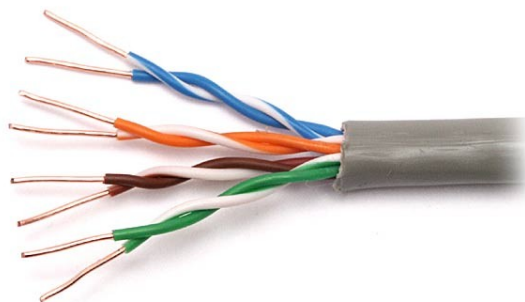
Nevýhody (-)

- dá se snadno poškodit
- má pouze dva vodiče

→ Kroucená dvojlinka (*Twisted Pair*)

Je univerzální kabeláž, umožňující přenos různých typů přenosů dat, obrazu, hlasu apod. Jedná se o speciální kabel vytvořený dvojicí izolovaných vodičů, z nichž jeden je uzemněný a druhý je určen pro přenos signálu. Oba kabely jsou zkrouceny vedle sebe v pravidelné spirále, což vede ke snížení rušivých vlivů ze strany ostatních zařízení. Jedná se o levný, široce využívaný typ kabelu, který se používá od počátku 90. let 20. století. Kabel je tvořen čtyřmi páry krouceného drátu. Každý pár má barevné kódování definované doporučením TIA/EIA-586-A, přičemž páry jsou odlišeny těmito barvami [4]:

- **modrá**
- **zelená**
- **oranžová**
- **hnědá**



Ilustrace 9: UTP kabel

V páru je vždy druhý drát bílý s doplňkovým potiskem odpovídající barvy. Důvodem barevného odlišení je usnadnění osazování zásuvek a panelů, neboť jejich konektory mají odpovídající barevné značení.

Kabely se vyrábějí v několika provedeních, které se odlišují stíněním a impedancí:

UTP nestíněná kroucená dvojlinka

FTP stíněná kroucená dvojlinka - stínění je až kolem všech párů kabelu

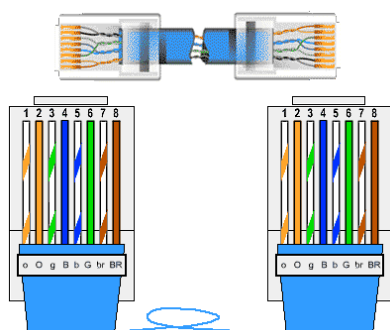
STP stíněná kroucená dvojlinka - každý pár kabelů je stíněný zvlášť



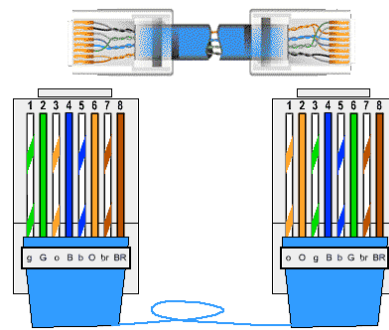
Ilustrace 10: Typy provedení kroucené dvojlinky [11]

Zapojení kabelu a konektorů

V případě UTP kabelů pro přenos 100Mb a 1Gb ethernetu je kabeláž zakončena pomocí konektoru RJ45 (plug nebo jack). K instalaci těchto konektorů na kabel jsou potřeba speciální krimpovací kleště, pomocí kterých dojde k proseknutí ochrany vodičů a uchycení kontaktů konektoru k jednotlivým vodičům. Na výběr máme dvě možnosti zapojení kabelu – přímý kabel nebo křížený kabel. Ve většině případů se používá přímý kabel, který má na obou svých koncích stejné pořadí vodičů v konektoru RJ45. Pokud je potřeba spojit pomocí síťového kabelu dva počítače, je potřeba použít kabel křížený.



Ilustrace 12: Přímý kabel



Ilustrace 11: Křížený kabel

Kategorie UTP kabelů

Kabeláž a její komponenty rozdělujeme do několika kategorií podle jejich přenosových parametrů. Mezi tyto parametry patří především frekvenční rozsah, na kterém může být vysílán pronikající signál. Čím je tedy kabeláž kvalitnější, tím vyšších kmitočtů lze na ní dosahovat a tím pádem i přenést větší množství dat (větší šířka pásma). Fyzikální jevy jako přeslechy mezi jednotlivými páry, odrazy signálu nebo rozdílové zpoždění mezi nejpomalejším a nejrychlejším párem degradují přenosové parametry kabeláže. Proto byly na základě definovaných standardů vytvořeny tyto kategorie pro rozdělení kabeláže dle její kvality a výkonu pro přenos dat:

Kategorie	Frekvenční rozsah	Maximální přenosová rychlost	Obvyklé použití
1	do 100kHz	1Mbps	hlas (analogový telefon)
2	do 1MHz	4Mbps	ISDN, 4Mbps Token Ring
3	do 16MHz	16Mbps	10BaseT Ethernet
4	do 20MHz	20Mbps	16Mbps Token Ring
5	do 100MHz	100Mbps (2 páry)	100BaseT Ethernet
		1000Mbps (4 páry)	1000BaseTX
5e	do 100MHz	1000Mbps (2 páry)	1000BaseT, ATM155
6	do 250MHz	1000Mbps (2 páry)	1000BaseT a rychlejší pátevní aplikace
6a	do 500MHz	10000Mbps (2 páry)	10Gbps Ethernet

Tabulka 4: Kategorie strukturované kabeláže [6]

Standard kategorie 5 je v současné době nahrazen standardem 5e. Pro datové rozvody se dnes používají kroucené dvojlinky s kategorií 5e a vyšší, které už umožňují aktivním prvkům komunikovat mezi sebou rychlostí 1Gbps (pokud tuto rychlost aktivní prvky podporují).

Výhody (+)

- datová propustnost
(až 10Gbps)
- jednoduchost montáže
- nízká cena za 1m
- široké využití

Nevýhody (-)

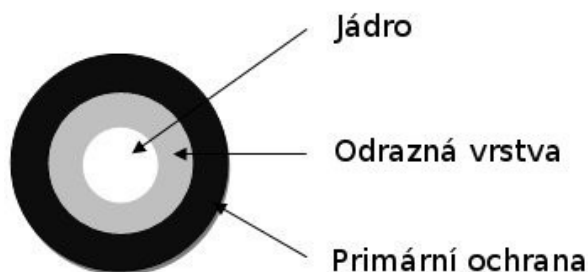
- maximální délka 100m
- možné rušení od okolních zařízení
- možný odposlech

4.1.2 Optická kabeláž

Tento typ kabeláže patří mezi nejmodernější způsoby přenosu dat. Samotný kabel již neobsahuje žádné kovové vodiče. Základním rozdílem mezi metalickými a optickými kabely je, že u metalických kabelů jsou data přenášena za využití elektrických signálů, zatímco v optických kabelech je signál přenášen světelnými impulzy. Pro přenos dat zde slouží skleněné nebo plastové vlákno, kterým se přenáší signál prostřednictvím procházejícího světla. Úkolem optického vlákna je tedy dovést světlo z bodu A do bodu B. Optická vlákna jsou ve velké míře používána zejména v komunikacích, kde umožňují přenos dat při vyšších přenosových rychlostech než jiné způsoby komunikace. Obrovská šířka pásma a imunita vůči elektromagnetickému rušení zaručují přenos dat na velké vzdálenosti, jelikož signály jsou oproti metalickému vedení přenášeny s menší ztrátou. Dodnes si nikdo netroufá odhadnout, jakých teoretických rychlostí lze na optických vláknech dosáhnout, jelikož tato technologie jde stále kupředu a možnosti se neustále zvyšují.

Přenos dat v optickém vlákne se děje šířením světla v optickém vlnovodu. Princip vedení světla je takový, že světelný paprsek dopadá na rozhraní dvou prostředí s rozdílnou optickou hustotou a tedy s rozdílným indexem lomu, kde se zčásti láme a prostupuje z jednoho prostředí do druhého, a z části se odráží a vrací se zpět do prostředí, ze kterého přichází. Nakolik se paprsek odrazí zpět do prostředí, ze kterého pochází, záleží na úhlu, ve kterém paprsek do vlnovodu přichází. Pro každé optické rozhraní však existuje mezní úhel odrazu. Pokud světlo dopadá pod tímto (nebo menším úhlem) dochází k tzv. totálnímu odrazu, kdy se 100% světla odráží a neopouští prostředí, ze kterého přichází. Právě tento princip "vnitřních odrazů" využívají optická vlákna.

Běžné optické vlákno se dělí na tyto tři části [13]:



Ilustrace 13: Struktura optického vlákna

Jádro (core)	Tato část je nejdůležitějším prvkem optického vlákna, jelikož slouží k samotnému přenosu dat. Index lomu je u tohoto materiálu nízký. Jeho průměr závisí na typu kabelu, přičemž základní průměry jádra jsou 9, 50 a 62,5 μm .
Odravná vrstva (cladding)	Střední vrstva s průměrem 125 μm má vyšší index lomu. Jako materiály jsou použity akrylát, polyamid, křemičité sklo s možnými příměsi jako fosfát či neodym. Tato vrstva je označována jako odravná.
Primární ochrana (buffer)	Jedná se o speciální vrstvu laku, která chrání vlákno před vlhkostí a chemickým vlivem okolního prostředí. Její vnější průměr je 250 μm . Zajišťuje stabilní mechanické připojení konektoru a díky vysoké odrazivosti slouží jako ochrana před únikem signálu.
Těsná a volná sekundární ochrana	Dle typu konstrukce kabelu může být na vlákno nanesena další vrstva, která chrání vlákno proti mechanickému namáhání. Jedná se o těsnou sekundární ochranu s vnějším průměrem 900 μm . Kabely s tímto typem ochrany jsou rovněž označovány jako suché kabely. Na vlákno s těsnou sekundární ochranou lze nalepit nebo nalisovat optický konektor. Druhým možným způsobem je uložení několika vláken chráněných pouze primární ochranou do trubičky s ochranným gelem. Tato konstrukce je nazývána jako volná sekundární ochrana a v případě kabelů je nazýváme gelové kabely. Na vlákna těchto typů kabelů se obvykle nedá nalisovat optický konektor, jelikož nemají pevnostní mechanickou ochranu. Pro tyto účely se proto navařují na jednotlivá vlákna pigtaily, které již mají těsnou sekundární ochranu a jsou na nich nalepeny konektory [6].

Při optických přenosech se používá několik druhů vláken. Jsou tři typy kabelů a to pro interiérové použití, pro venkovní použití a univerzální. Nejčastěji se používají univerzální optické kabely, které by ale ve venkovním prostředí měly být uloženy v

chráničkách. Venkovní a univerzální optické kabely mají ochranu pláště proti UV záření a jsou určeny pro širší rozsah teplot než interiérové optické kabely. V případě venkovního provedení kabelu, je nutno ještě zvažovat, jaký typ ochrany optického kabelu zvolit. Pro ochranu proti vlhkosti je nejvhodnější optický kabel s volnou sekundární ochranou, kde jsou optická vlákna uložena v trubičkách naplněných kluzkým gelem. Toto provedení je také nejvhodnější pro instalaci optických kabelů na převěsy, kde při pohybech kabelu nedochází ke tření optických vláken o sebe navzájem. Z hlediska vzdálenosti, na kterou je potřeba optický kabel instalovat, máme na výběr ze dvou variant – singlemódový a multimódový optický kabel [1]:

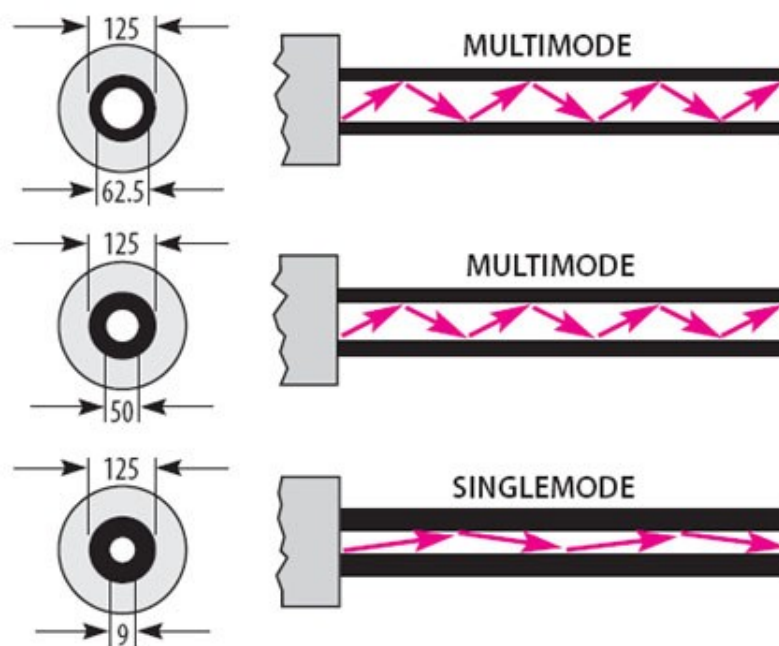
→ Single mode (jednovídné)

Jednovídná vlákna se používají pro větší vzdálenosti. Díky menšímu průměru jádra (8-9 μ m) a menšímu úhlu odrazu lze jako zdroj světelného paprsku použít laser s nižším výkonem. Na druhou stranu jsou zde vyšší nároky na přesnost a citlivost zdroje a detektoru. Používají se především v telekomunikacích a to v oboru vysokorychlostních a dálkových datových sítí.

→ Multi mode (mnohavidové)

Nejstarší konstrukcí mnohavidového vlákna je varianta Stepped Index, které se již dnes nepoužívá. Jádro vlákna má v tomto případě velký průměr 100 μ m, což má za důsledek vysoký počet odrazů. Tento typ vlákna se používal převážně v oboru průmyslové automatizace.

Novější variantou je Gradientní vlákno s průměrem jádra 50 nebo 62,5 μ m. V průřezu celého vlákna je odstupňován index lomu a proto se paprsek šíří nepatrně rychleji. Používají se u LAN sítí a pro propojení např. telefonních ústředěn na kratší vzdálenosti (max. do 2km) [6].



Ilustrace 14: Typy optických vláken [13]

Výhody (+)

- vysoká datová propustnost – závisí na aktivních prvcích
- nízké riziko odposlechu
- odolnost vůči elektromagnetickému rušení
- malý průměr vlákna a nízká hmotnost

Nevýhody (-)

- složitý výrobní proces
- nákladná oprava poškozeného vlákna
- citlivost na mechanické namáhání vlákna (ohyb)

4.2 Technologie FTTx (Fiber-to-the-X)

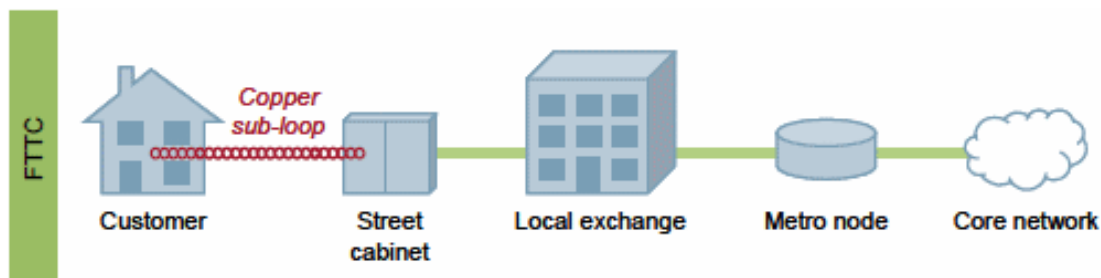
Připojení koncového uživatele v rámci datových sítí se v současné době realizuje kombinací metalických a optických kabelů. FTTx nám říká, pro který segment trasy mezi uživatelem a telekomunikační ústřednou je použita konkrétní kabeláž. Takovou trasu lze označit jako tzv. poslední míli komunikace. Každá z technologií má své výhody a nevýhody, ale obecně platí trend, kdy jsou metalické kabely na trase

nahrazovány optickými. Důvodem, proč jsou metalické kabely nahrazovány optickými, jsou cenová dostupnost optických vláken oproti minulosti a především potřeba navýšení přenosové šířky pásma. Růst optických přístupových sítí FTTx je výsledkem rozvoje oboru informačních a komunikačních technologií, a tak se dnes setkáváme s tím, že optické vlákno proniklo do datových sítí všech kategorií zákazníků, od firem či různých institucí až po domácnosti.

Ve zkratce FTTx nám písmeno X říká, o jakou technologii se jedná. Na výběr máme z těchto variant [5]:

- FTTC – fiber to the curb (vlákno k obrubníku)
- FTTN – fiber to the node (vlákno k uzlu)
- FTTP – fiber to the premises (vlákno k areálu)
- FTTB – fiber to the building (vlákno do budovy)
- FTTH – fiber to the home (vlákno do domu)

4.2.1 FTTC (Fiber-To-The-Curb)

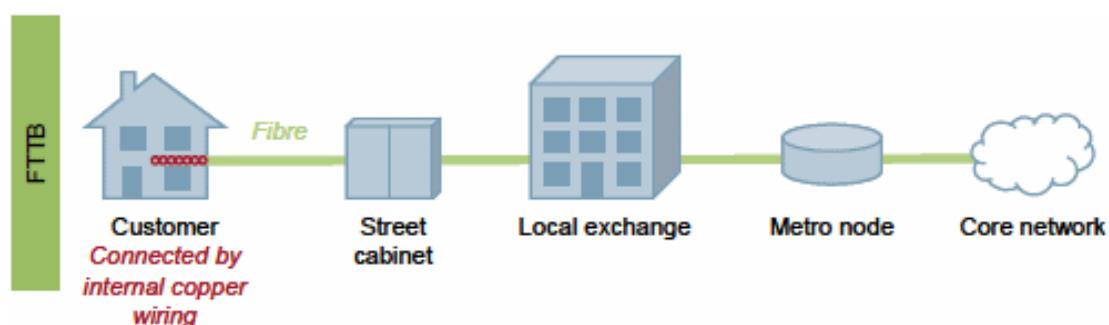


Ilustrace 15: Zapojení FTTC [4]

Optické vlákno v tomto případě nevede přímo do objektu s koncovými uživateli, ale je zakončeno obvykle ve venkovním rozvaděči (pouliční kabinet) umístěném mimo tento objekt. Z rozvaděče je pak ke koncovému uživateli vedena metalická kabeláž s maximální délkou do 300m (koaxiální kabel nebo kroucená dvojlinka). Jelikož je rozvaděč umístěn ve venkovním prostředí, je potřeba, aby splňoval požadavky na klimatickou odolnost. Rychlost přenosu dat závisí především na zvoleném protokolu a také na vzdálenosti koncového uživatele od rozvaděče. Tuto alternativu používají někteří telefonní operátoři, kteří mohou k přenosu dat použít stávající infrastrukturu

telefonních rozvodů. Například využitím technologie VDSL2, lze po metalickém telefonním páru u koncového uživatele dosáhnout rychlosti 25 až 100Mbit/s v závislosti na délce metalického vedení. U FTTN nebo FTTP je oproti FTTC odlišnost v umístění ústředny, kdy v prvním případě je ústředna vzdálena od zákazníka více než 300m a v druhém případě se nachází přímo v daném areálu [9].

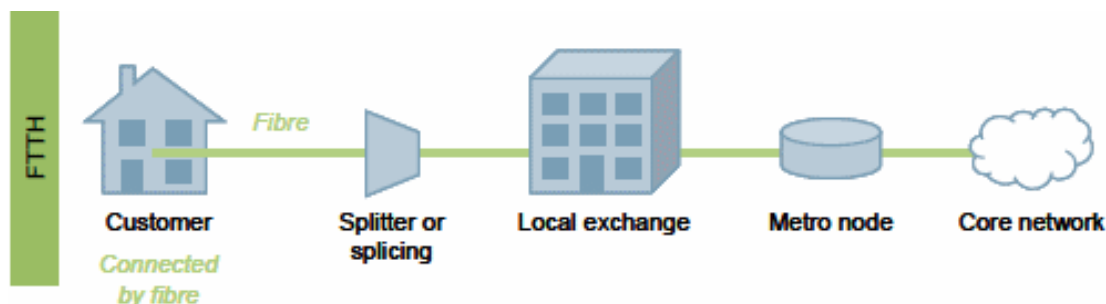
4.2.2 FTTB (Fiber-To-The-Building)



Ilustrace 16: Zapojení FTTB [4]

Tato alternativa připojení koncového uživatele je založena na přivedení optického vlákna do budovy (např. sklepních prostor), kde je umístěný aktivní síťový prvek, který se stará o převod světelných impulsů z optického vlákna na metalickou kabeláž. Tou může být koaxiální kabel nebo kroucená dvojlinka (UTP) vedoucí přímo do bytových prostor koncového uživatele. Výhodou zavedení této technologie může být využití již dříve nainstalované datové kabeláže rozvedené z jednoho centrálního místa do bytových prostor jednotlivých koncových uživatelů. Jako převodník se obvykle používá Fast nebo Gigabit Ethernet switch s potřebným počtem portů pro připojení metalické kabeláže a s minimálně jedním SFP slotem pro napojení optického kabelu. Ze switchu má tak každý koncový uživatel dovedenu přípojku s datovou propustností minimálně 100Mbit/s. Tato alternativa připojení je poměrně často využívána poskytovateli internetových služeb u napojení bytových domů k jejich datové síti. Navýšení šířky pásma lze provést výměnou switchu za „výkonnější“, přičemž metalická kabeláž musí splňovat potřebnou kategorii [4].

4.2.3 FTTH (Fiber-To-The-Home)



Ilustrace 17: Zapojení FTTH [4]

V současné době se jedná o nejmodernější alternativu připojení, kdy z centrální ústředny vede optické vlákno přímo do bytu koncového zákazníka. Zde je vlákno ukončeno v media konvertoru, což je převodník optické sítě na metalickou. Výhodou této datové trasy je, že neobsahuje žádný segment obsahující metalickou kabeláž. Může tak dojít k připojení zákazníků vzdálených i několik desítek kilometrů od centrální ústředny. Mezi další pozitiva tohoto řešení patří i absence aktivních síťových prvků na trase, které by mohly do jisté míry v případě poruchy ovlivňovat spolehlivost a dostupnost služeb. Rozvody po bytě jsou pak řešeny pomocí kroucené dvojlinky, která propojuje převodník s koncovými zařízeními. Varianta FTTH nabízí několik možností, jak danou síť vybudovat. Vše se odvíjí od toho, zda ke každému koncovému zákazníkovi povede vlastní optický kabel přímo z centrální ústředny, nebo zda více uživatelů bude sdílet jedno optické vlákno, které je pomocí splitterů rozbočené.

4.3 Varianty FTTH sítě

4.3.1 Optické přípojky bod-bod P2P (Point-to-point)

Každému účastníkovi je fyzicky vyhrazeno jedno optické vlákno. Z centrální ústředny musí tedy vést minimálně tolik vláken, kolik máme připojených účastníků, a to značně zvyšuje náklady na centrální ústřednu. Kromě těchto pořizovacích nákladů je potřeba brát v úvahu i provozní náklady, jelikož každé vlákno musí být napojeno na

aktivní prvek, který je potřeba napájet elektrickou energií. Navzdory tomuto navýšení nákladů je tento způsob zapojení doporučován pro FTTH síť o maximálním počtu 1000 účastníků napojených na jednu centrální ústřednu. U sítě s větším počtem účastníků se doporučuje provést rozdělení datové sítě pomocí více centrálních ústředen, jelikož náklady na pořízení a provoz pouze jednoho datového centra by s počtem dalších účastníků neúměrně vrůstaly, přičemž je potřeba brát ohled i na přehledné uspořádání optických vláken a orientaci mezi nimi. Proto se u těchto větších sítí začalo přecházet na pasivní optickou síť (PON), kdy díky obrovské šířce pásma jednoho vlákna může dojít k jeho sdílení více účastníky [9].



Ilustrace 18: FTTH P2P [9]

4.3.2 Optické přípojky bod-multibod P2MP (Point-to-multipoint)

V případě budování sítě FTTH je tato varianta běžnější. Optické vlákno vedoucí z centrální ústředny je vedeno co nejbližší koncovým zákazníkům a je rozděleno na několik dalších optických vláken. Tyto vlákna pak vedou přímo do bytů zákazníků. Rozbočit vlákno lze dvěma způsoby:

→ Aktivní optická síť (AON)

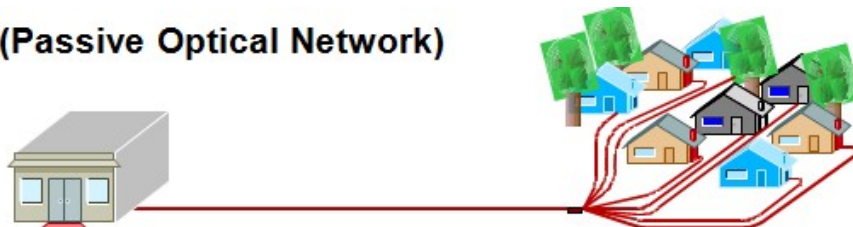
Optické vlákno je rozbočeno pomocí aktivního prvku, který musí být nepřetržitě napájen elektrickou energií. V případě výpadku elektrického proudu dojde k přerušení datového provozu.

→ Pasivní optická síť (PON)

Jak už název tohoto zapojení FTTH sítě napovídá, na trase mezi centrální ústřednou a koncovým zákazníkem se nevyskytují žádné aktivní síťové prvky, které by

mohli mít vliv na spolehlivost a dostupnost poskytovaných služeb. Vše je tedy řešeno pomocí pasivních optických prvků. K rozbočení světelného signálu z jednoho vlákna na více vláken se používá tzv. splitter, který dělí signál v potřebném poměru 1:X, kde X je počet účastníků (vláken). V současné době jsou dostupné splittery až pro 128 účastníků.

PON (Passive Optical Network)



Ilustrace 19: FTTH P2MP PON [9]

Existuje několik variant sítí PON, které se od sebe liší podporovaným standardem, vzestupnými a sestupnými rychlostmi, počtem uživatelů a fyzickým dosahem sítě [10]:

- APON/BPON
- GPON
- EPON
- 10GEPON

Všechny tyto varianty mají přitom společné základní prvky sítě [14]:

➔ OLT (Optical Line Termination)

Jednotka označovaná jako *Optické linkové zakončení* je umístěna v centrální ústředně (CO – central office). Je napojena pomocí optického nebo ethernetového rozhraní na páteřní datovou síť a vychází z ní optické vlákno, které je pak dále pomocí splitteru děleno.

➔ ONU (Optical Network Unit)

Tohle koncové zařízení (*Optická síťová jednotka*) je připojeno na opačném konci

sítě PON než je umístěna OLT jednotka. Jeho úkolem je převádět světelné signály od OLT na metalickou síť. Obvykle se nachází přímo v bytě u koncového zákazníka.

➔ ODN (Optical Distribution Network)

Do této části patří veškeré prvky nacházející se mezi OLT a jednotkami ONU. Jedná se především o optická vlákna a splittery.

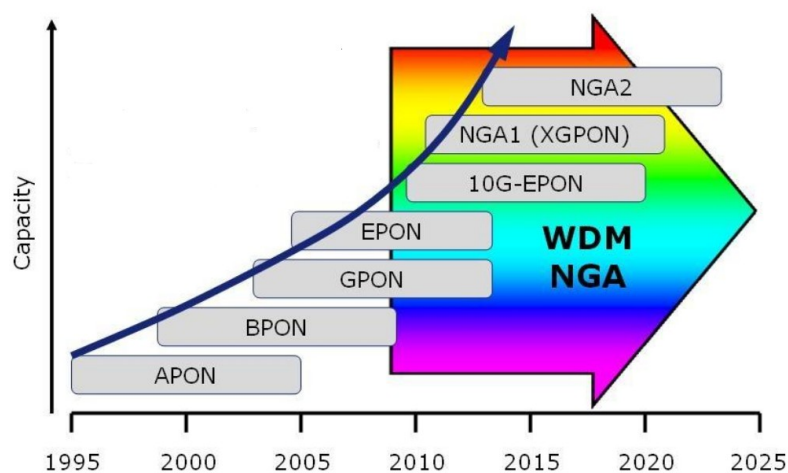
4.3.3 Trendy v používání sítí FTTH

Ve světě je obecně převaha PON sítí nad P2P řešením, přičemž varianta EPON je využívána převážně v Asii a GPON v Severní Americe a Evropě.

V České republice je v současné době odhadováno na 150000 přípojek FTTx, kde 3,5% z těchto přípojek využívá síť PON. Na Slovensku je v porovnání s naší zemí situace mnohem lepší. Naši sousedé mají vybudováno cca 250000 přípojek FTTx, z toho 40% je typu PON.

Do budoucna se očekává velký vývoj v oblasti PON sítí, kdy nároky koncových uživatelů budou růst a bude snaha budovat přípojky o kapacitách 1Gbit/s pro jednoho uživatele. Přes sdílené vlákno bude tedy potřeba přenést desítky až stovky Gbit/s, ale také bude snaha docílit u přípojek větších vzdáleností od OLT, a to až 100km [10].

Na následujícím grafu je možné vidět současný a předpokládaný trend v oblasti PON sítí:



Graf 1: Trendy v PON sítích [10]

5 Návrh řešení

Na základě analýzy současného stavu datové sítě a prostředí, kterého se má investice týkat, je potřeba navrhnout optimální řešení přechodu z bezdrátové sítě na optickou. Výše této investice se dá předem odhadovat na 1-2 milióny Kč. V samotné historii OS Cyrilek.net se bude jednat o zatím nejvyšší jednorázovou investici za dobu působení této organizace od roku 2004. Proto je potřeba navrhnout a vybrat nejlepší možné řešení, a to jak z pohledu finančního tak technického. Již předem je však zavržena alternativa spojení bytových domů pomocí převěsů, kdy je kabeláž vedena obvykle ze střechy jednoho domu na střechu domu druhého. Tento způsob propojení všech domů je sice reálný a plně funkční, ale zcela jistě kazí vzhled celého sídliště a může omezovat některé další subjekty (např. přistávání vrtulníku záchranné služby). Ve většině případů to ale dopadne stejně tak, že majitel těchto převěsů musí nakonec přejít k variantě umístění kabeláže do země, ať už ze své dobré vůle, nebo povinného nařízení. Z tohoto důvodu tedy připadá v úvahu pouze vedení optické kabeláže pod zemí, avšak v kalkulaci nákladů bude pro porovnání varianta převěsů zmíněna. V závěru budou veškeré náklady sečteny a na základě vybraného řešení bude vyčíslena návratnost investice.

5.1 Obecný plán

Plánovaná optická síť bude pokrývat dvě geograficky oddělená sídliště ve městě Kojetín. Každé sídliště bude mít svou centrální ústřednu (Central Office – CO), odkud do každého objektu povede optická kabeláž uložená v chráničkách HDPE. Tyto ústředny bude potřeba mezi sebou propojit, aby došlo ke spojení sídliště Sever a sídliště Jih. Pro tento účel by měla být vybrána prozatím některá z bezdrátových variant datového spojení, jelikož vzájemné propojení ústředen pomocí optické kabeláže není zatím v plánu a není součástí tohoto projektu. Do budoucna se však s touto variantou počítá a jistě dojde k její realizaci.

Z analýzy samotných sídlišť a dotčených objektů byly zjištěny tyto informace o

počtu domácností:

Lokalita	Počet objektů	Počet domácností	Počet domácností připojených bezdrátově do sítě OS cyrilek.net (nyní)	% domácností využívajících služeb OS cyrilek.net (nyní)
sídlíště SEVER	15	443	72	16%
sídlíště JIH	15	451	45	10%

Tabulka 5: Aktuální počet připojených domácností

Z celkového počtu 894 domácností žijících na sídlíštích je 13% připojených do sítě OS cyrilek.net, tzn. přibližně každá osmá domácnost. Ostatní domácnosti buď využívají služeb konkurenčních poskytovatelů, nebo o internet nemají zájem a nevyužívají ho (stačí jim např. připojení k internetu v práci).

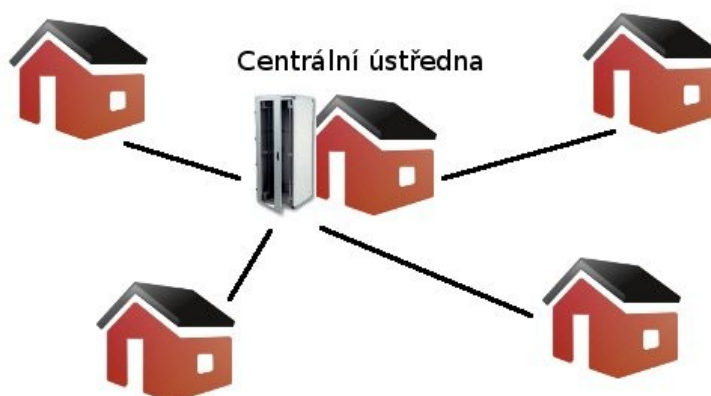
Předpokládá se, že zájem o služby OS cyrilek.net po vybudování optické sítě vzroste a že dojde k přechodu některých domácností od konkurence. Navíc zájem o připojení k internetu mezi lidmi stále je, a to i u starších generací. Internet pozvolna přitahuje lidi všech věkových kategorií.

5.2 Umístění ústředn

Propojení jednotlivých objektů v rámci sídlíšť bude realizováno pomocí hvězdicové topologie, kdy centrálním bodem bude ústředna. Ústředna bude obsahovat několik rozvodných skříní, ve kterých budou umístěny aktivní síťové prvky jako OLT jednotky pro PON síť, Gigabit Ethernet switch, patch panely, záložní zdroje UPS, zásobníky pro optické vlákna atd. Ideálním místem pro jejich instalaci by měly být sklepní neobyvatelné prostory kvůli chlazení a možnému hluku. Z pohledu fyzického zabezpečení je vhodné, aby tyto prostory byly uzamykatelné. Možným řešením zabezpečení je ještě použití kovových mříží.

Rozvodná skříň bude mít rozměry minimálně o rozměru 3x1x2m. Její umístění v některém z bytových objektů je sice reálné, avšak najít potřebné prostory bude obtížné. Důležité je také geografické umístění v rámci sídlíště. Ústředna by měla být v jejím centru, aby trasy do jednotlivých objektů byly co nejkratší. Sklepní prostory bytových

domů jsou mnohdy obsazené a sehnat vlastní místnost je komplikované. Jako vhodné místo pro umístění rozvodných skříní se tak jeví budovy kotelen na sídlištích, ze kterých vedou rozvody tepla do jednotlivých objektů. Samotná pozice kotelen v rámci sídliště je optimální, jelikož při jejich budování byl brán zřetel na napojení co nejkratšího potrubí z důvodu tepelných ztrát. Kotelny jsou poměrně velké objekty s několika oddělenými prostory, tudíž by s umístěním rozvodných skříní neměl být problém.



Ilustrace 20: Hvězdicová topologie sítě

5.3 Vytyčení možných tras mezi budovami

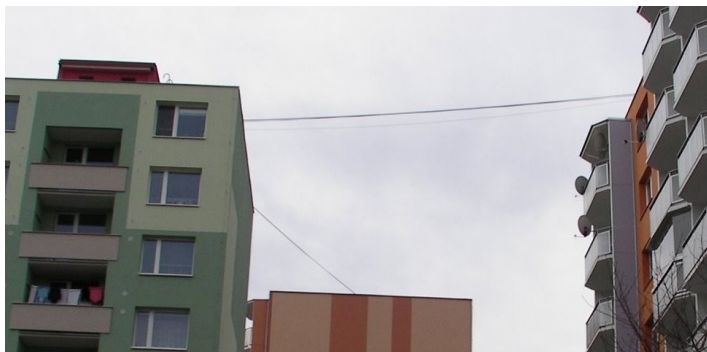
Jak již bylo zmíněno v předešlém textu, optické kabely budou uloženy do země. Tato varianta přitom patří mezi nejdražší realizace datového spojení, ale na druhou stranu se jedná o investici, která by měla sloužit a vyhovovat potřebám na několik desítek let dopředu. Výkopové práce pro uložení chrániček HDPE do země patří obvykle k nejdražším položkám na celém projektu. Jak z pohledu technického, tak i administrativního, kdy je potřeba žádat na úřadech o různá povolení, se jedná o nejsložitější krok při budování optické sítě. Touto výstavbou jsou dotčeny pozemky několika vlastníků a každý z nich musí s uložení chrániček do země souhlasit. To v mnoha případech dokáže celý projekt zbrzdit o několik měsíců.

Proto se před samotným zvolením a vytyčením tras pro výkopové práce obvykle hledají možnosti, zda-li by pro uložení kabeláže nešly využít již nějaké stávající průchody či trasy. Proto OS cyrilek.net oslovilo majitele tepelných rozvodů do

jednotlivých objektů, kterým je město Kojetín. Rozvody tepla jsou z centrálních kotelen na obou sídlištích dotaženy do většiny bytových domů na sídlišti. Dodávku tepla a servis těchto teplovodních kanálů poskytuje firma Technis Kojetín, s.r.o., jejímž zakladatelem je město Kojetín. Podle informací poskytnutých firmou Technis Kojetín, by uložení chrániček do jejich teplovodních kanálů mohlo být realizovatelné. Mohlo by tak dojít ke značné úspoře financí.

5.3.1 Převěsy

Pouze pro účely porovnání nákladů na spojení objektů na sídlištích pomocí optických kabelů je udělána kalkulace potřebného materiálu i pro použití převěsů. Tato varianta je jistě nejlevnější a na její realizaci je potřeba nejméně materiálu ze všech možných řešení. Pro spojení jsou použity samonosné optické kabely, které jsou na každé budově ukotveny nejčastěji na anténních stožárech na střeše pomocí mechanických kotev. Pro každý převěs jsou potřeba 2 tyto kotvy. Do každého objektu je potřeba přivést alespoň jedno vlákno.



Ilustrace 21: Ukázka optického převěsu

CENÍK MATERIÁLU:

Cena kotvy:	120Kč/ks s DPH
Samonosný kabel (24 vláken):	30Kč/m s DPH

➔ Sídliště SEVER

Počet objektů na sídlišti:	15
Počet převěsů na sídlišti:	14
Celková délka převěsů:	713m
Celková cena (Sever):	24750Kč

➔ Sídliště JIH

Počet objektů na sídlišti:	15
Počet převěsů na sídlišti:	13
Celková délka převěsů:	785m
Celková cena (Jih):	26670Kč

CENA CELKEM: 51420Kč

Vybudování převěsů na obou sídlištích by vyšlo celkem na 51420Kč.

5.3.2 Výkopové práce

Nejkomplikovanější možností vybudování tras mezi objekty by byly výkopové práce. Jelikož se jedná o zastavěné území, budované trasy by se křížily s veřejnými komunikacemi, chodníky a jinými inženýrskými sítěmi. Z tohoto důvodu by kromě techniky bylo nutné ve velké míře využít i ručních výkopů a protlaků pod komunikacemi. Hloubka výkopu by se pohybovala v rozmezí od 0,5m do 1,2m v závislosti na terénu:

- chodník 0,5m
- volný terén 0,7m
- komunikace 1,2m

Šířka výkopu by byla v rozmezí 0,3-0,5m. Do výkopů by poté byly uloženy chráničky HDPE, kdy do každého objektu by z centrální ústředny vedly dvě mikrotrubičky. Jedna mikrotrubička by sloužila pro zafouknutí vícevláknového optického kabelu a druhá by byla záložní pro budoucí potřeby. Počet optických vláken v kabelu by byl závislý na počtu domácností v daném objektu. Uložené chráničky ve výkopech by byly zahrnuty 15cm zeminy, na kterou by byla uložena výstražná fólie oranžové barvy podle normy ČSN 736006.



Ilustrace 22: Ukázka výkopu

CENÍK MATERIÁLU A SLUŽEB:

Chránička

Je vhodná pro přímou pokládku do země. Není proto potřeba ji zafukovat do jiné ochranné HDPE trubky a může být v zemi uložena samostatně. Pro snížení tření je použita vnitřní lubrikační vrstva SILICORE. Do této mikrotrubičky lze zafouknout kabel o průměru do 7mm (mikrokabel s max. 96 vlákeny). Povolený poloměr ohybu je 12cm.

Dura-Line HDPE silnostěnná mikrotrubička 12/8mm

Cena: 15Kč/m (www.ipmedia.cz)

Optický kabel

U varianty uložení optických kabelů do země je potřeba kabel chránit pomocí HDPE chráničky. Instalace kabelů probíhá zafukováním pomocí kompresoru. Pokud je už kabel jednou nainstalovaný, je sice možné jej v budoucnu vyměnit, ale taky může

nastat situace, že po delší době tento proces nebude realizovatelný kvůli špatné průchodnosti chráničky. Proto je vhodné instalovat kabel s více vlákny, který bude pokrývat budoucí potřeby. Na trhu jsou k dispozici kabely s počtem vláken: 12, 24, 36, 48, 72, 96 ale i více. Do každého objektu je v plánu natáhnout minimálně tolik optických vláken, kolik je zde bytů. Pro tento účel by ve všech případech vyhovoval kabel s počtem 48 vláken.

Optický kabel TKF LTMC, Multi Loose Tube SM 9/125, 48 vláken (4x12)

Cena: 40Kč/m (www.ipmedia.cz)

Výkop a položení chrániček

Cena výkopu (1m): 150Kč/m (Technis Kojetín s.r.o.)

Položení chráničky (m): 8Kč/m (Technis Kojetín s.r.o.)

Výstražná fólie: 2Kč/m (www.telco.subrt.cz)

Zafukování kabelů (m): 10Kč/m

➔ Sídliště SEVER

Počet objektů: 15

Počet mikrotrubiček na objekt: 2

Adresa	počet bytů	počet vláken	spojené vchody	označení objektu	označení vchodu	vzdálenost objektu od CO (m)
Družstevní 1305	18	48	jeden objekt	A	A1	120
Družstevní 1306	18				A2	
Družstevní 1303	18	48	jeden objekt	B	B1	115
Družstevní 1304	18				B2	
Družstevní 1301	18	48	jeden objekt	C	C1	115
Družstevní 1302	18				C2	
Polní 1299	18	48	jeden objekt	D	D1	155
Polní 1300	18				D2	
Sladovní 461	32	48	jeden objekt	J	J1	190
Sladovní 339	32	48	jeden objekt	K	K1	205
Sladovní 460	32	48	jeden objekt	L	L1	210
Sladovní 1291	18	48	jeden objekt	I	I1	180
Sladovní 1292	18				I2	
Jana Peštuky 1320	12	24	jeden objekt	N	N1	330
Jana Peštuky 1321	12				N2	
Jana Peštuky 1323	24	48	jeden objekt	M	M1	280
Jana Peštuky 1324	24				M2	
Sladovní 1192 vchod 1	8	24	jeden objekt	E	E1	135
Sladovní 1192 vchod 2	6				E2	
Sladovní 1191 vchod 1	6	24	jeden objekt	F	F1	190
Sladovní 1191 vchod 2	6				F2	
Sladovní 1185 vchod 1	6	24	jeden objekt	G	G1	245
Sladovní 1185 vchod 2	6				G2	
Sladovní 1186 vchod 1	6	24	jeden objekt	H	H1	275
Sladovní 1186 vchod 2	6				H2	
Sladovní 1309 vchod 1	15	48	jeden objekt	O	O1	45
Sladovní 1309 vchod 2	15				O2	
Sladovní 1309 vchod 3	15				O3	
Celkem bytů:	443	Celkem objektů:	15	Celková délka tras (m):		2790

Tabulka 6: Sídliště Sever - délky jednotlivých tras

Celková délka tras: 2790m

Délka výkopu: 595m

Chráničky + kabely: $2790 \times 2 \times 15 + 2790 \times 40 = 195300 \text{Kč}$

Výkop a uložení chrániček + fólie: $595 \times (150 + 2) + 2790 \times 2 \times 8 = 135080 \text{Kč}$

Zafouknutí kabelů: $2790 \times 10 = 27900 \text{Kč}$

Celková cena (SEVER): **358280Kč**

➔ Sídliště JIH

Počet objektů: 15

Počet mikrotrubiček na objekt: 2

Adresa	počet bytů	počet vláken	spojené vchody	označení objektu	označení vchodu	vzdálenost objektu od CO (m)
Tyršova 1228	32	48	jeden objekt	A	A1	265
Tyršova 1227	32	48	jeden objekt	B	B1	205
Tyršova 1226	32	48	jeden objekt	C	C1	215
Nová 1217	12	48	jeden objekt	E	E1	145
Nová 1218	12				E2	
Nová 1219	12				E3	
Nová 1220	12				E4	
Nová 1214	9	48	jeden objekt	D	D1	125
Nová 1215	9				D2	
Nová 1216	9				D3	
Nová 1211	9	48	jeden objekt	F	F1	100
Nová 1212	9				F2	
Nová 1213	9				F3	
Nová 1259	18	48	jeden objekt	G	G1	65
Nová 1260	18				G2	
Sv. Čecha 1204	6	24	jeden objekt	N	N1	180
Sv. Čecha 1205	6				N2	
Nová 1221	12	72	jeden objekt	H	H1	180
Nová 1222	12				H2	
Nová 1223	12				H3	
Nová 1224	12				H4	
Nová 1225	12				H5	
Budova: bývalé SBD	1	12	jeden objekt	O	O1	130
Nová 1229	32	48	jeden objekt	I	I1	265
Dudíkova 1265	18	48	jeden objekt	J	J1	315
Dudíkova 1266	18				J2	
Dudíkova 1247	32	48	jeden objekt	K	K1	370
Dudíkova 1248	32	48	jeden objekt	L	L1	460
Kuzníková 1174	6	24	jeden objekt	M	M1	500
Kuzníková 1176	6				M2	
Celkem bytů:	451	Celkem objektů:	15	Celková délka tras (m):		3520

Tabulka 7: Sídliště Jih - délky jednotlivých tras

Celková délka tras: 3520m

Délka výkopu: 794m

Chráničky + kabely: $3520 \times 2 \times 15 + 3520 \times 40 = 246400 \text{ Kč}$

Výkop a uložení chrániček + fólie: $794 \times (150 + 2) + 3520 \times 2 \times 8 = 177008 \text{Kč}$

Zafouknutí kabelů: $3520 \times 10 = 35200 \text{Kč}$

Celková cena (JIH): **458608Kč**

CENA CELKEM: 816888Kč

Náklady na vybudování optických tras a položení kabeláže mezi objekty prostřednictvím výkopů dosahují na obou sídlištích dohromady 816888Kč. Vybudované trasy by měly mít vysokou morální životnost. Jedinou reálnou hrozbou do budoucna je možné poškození tras překopnutím chrániček a tím pádem i kabeláže při jiných výkopových pracích. V celkové částce také není započítáno zřízení věcného břemene, které by omezovalo vlastníka pozemku ve prospěch žadatele o tento typ břemena, OS cyrilek.net. Výše částky za zřízení věcného břemene se odvíjí od požadavků majitele pozemku. Každopádně tento způsob uložení kabeláže mezi objekty je ze všech možných řešení nejdražší.

5.3.3 Uložení do teplovodních kanálů

Posledním způsobem, jak docílit propojení objektů pomocí optických kabelů, je využít nějakou stávající trasu mezi objekty. Jako jediné řešení tohoto typu se nabízí betonový kanál sloužící k uložení potrubí pro rozvod teplé vody. Každé sídliště má svou vlastní plynovou kotelnu, ze které vede potrubí do jednotlivých objektů. Betonové kanály jsou však úzké a obtížně prostupné, přesto existují firmy, které se na protahování HDPE chrániček těmito kanály specializují. Na rovných trasách by protažení chrániček mělo být jednodušší, než v místech, kde dochází ke zlomu či odbočení trasy. V případě lokálního problému by musel být kanál zpřístupněn pomocí výkopu. Potřebné výkopové práce v problematických místech by provedla firma Technis Kojetín s.r.o., která má na starost správu rozvodů tepla na sídlištích. V kalkulaci nákladů bude počítáno se situací, že výkopové práce nebudou třeba. Samotné protažení chrániček by zajistila firma, která je na tento typ úkonu specializovaná a má potřebné zkušenosti. Dle získaných informací

od firmy Technis by případná porucha na jejich vedení neměla způsobit poškození HDPE chrániček případně samotných optických kabelů.

Materiál potřebný pro vybudování datových tras mezi objekty je obdobný jako v případě řešení pomocí výkopů. Rozdíl je akorát v tom, že svazek mikrotrubiček by byl uložený v betonovém kanále a nebyl by zahrnut hlínou jako v předešlé variantě.

CENÍK MATERIÁLU A SLUŽEB:

Chránička

I v tomto případě je potřeba optický kabel chránit před vnějším okolím a mít možnost ho pomocí zafouknutí instalovat na potřebnou trasu. Pro tyto účely by vyhovovala silnostěnná mikrotrubička směřující z centrální ústředny do daného objektu. Počet těchto mikrotrubiček by byl dvojnásobný oproti potřebnému počtu a to z důvodu možného budoucího využití.

Dura-Line HDPE silnostěnná mikrotrubička 12/8mm

Cena: 15Kč/m (www.ipmedia.cz)

Optický kabel

Do každého objektu je v plánu natáhnout minimálně tolik optických vláken, kolik je zde bytů. Pro tento účel by ve všech případech vyhovoval kabel s počtem 48 vláken.

Optický kabel TKF LTMC, Multi Loose Tube SM 9/125, 48 vláken (4x12)

Cena: 40Kč/m (www.ipmedia.cz)

Protažení chrániček:

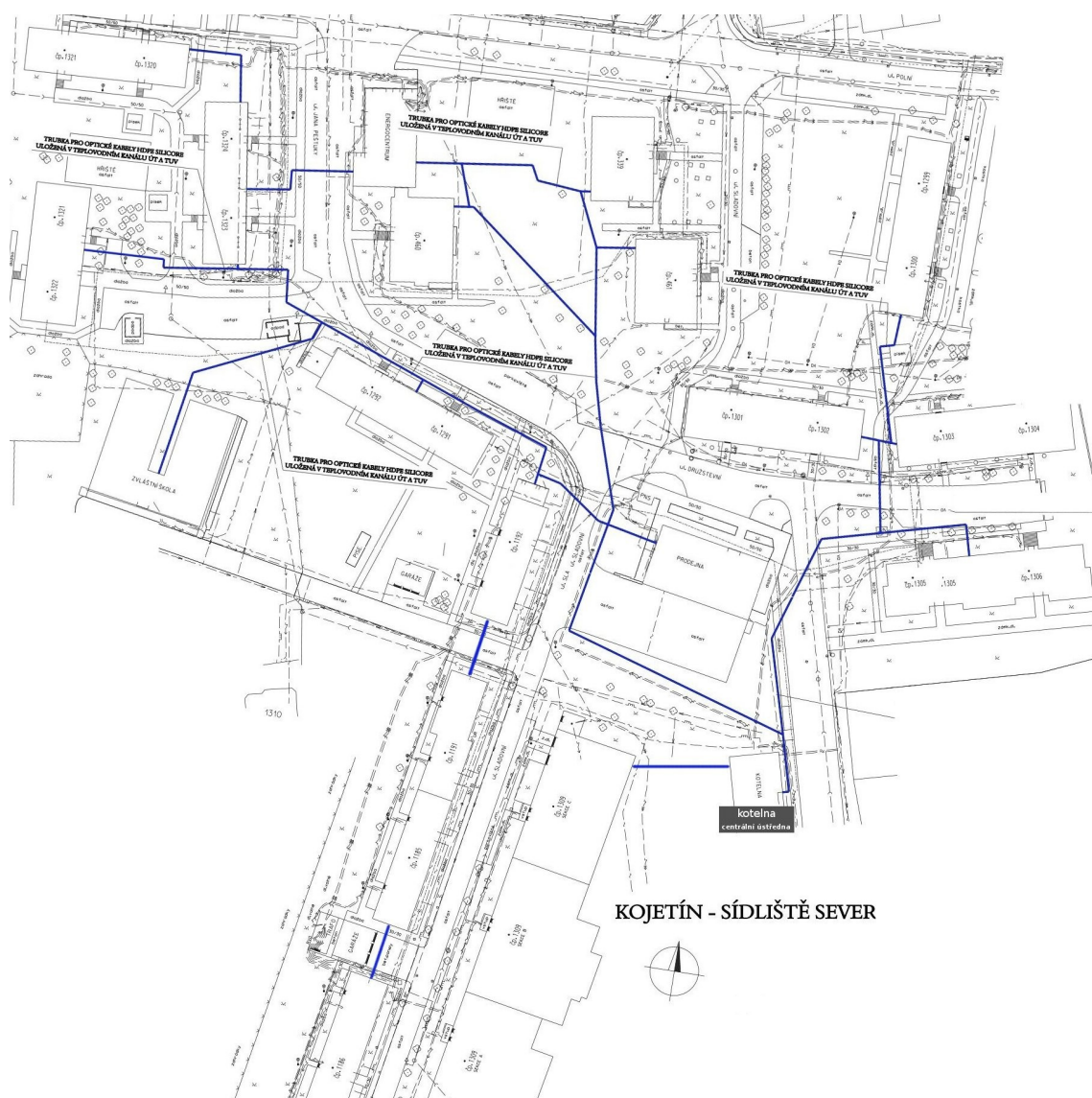
Protažení chráničky (m): 100Kč/m (specializovaná firma)

Zafukování kabelů (m): 10Kč/m

➔ Sídliště SEVER

Počet objektů: 15

Počet mikrotrubiček na objekt: 2



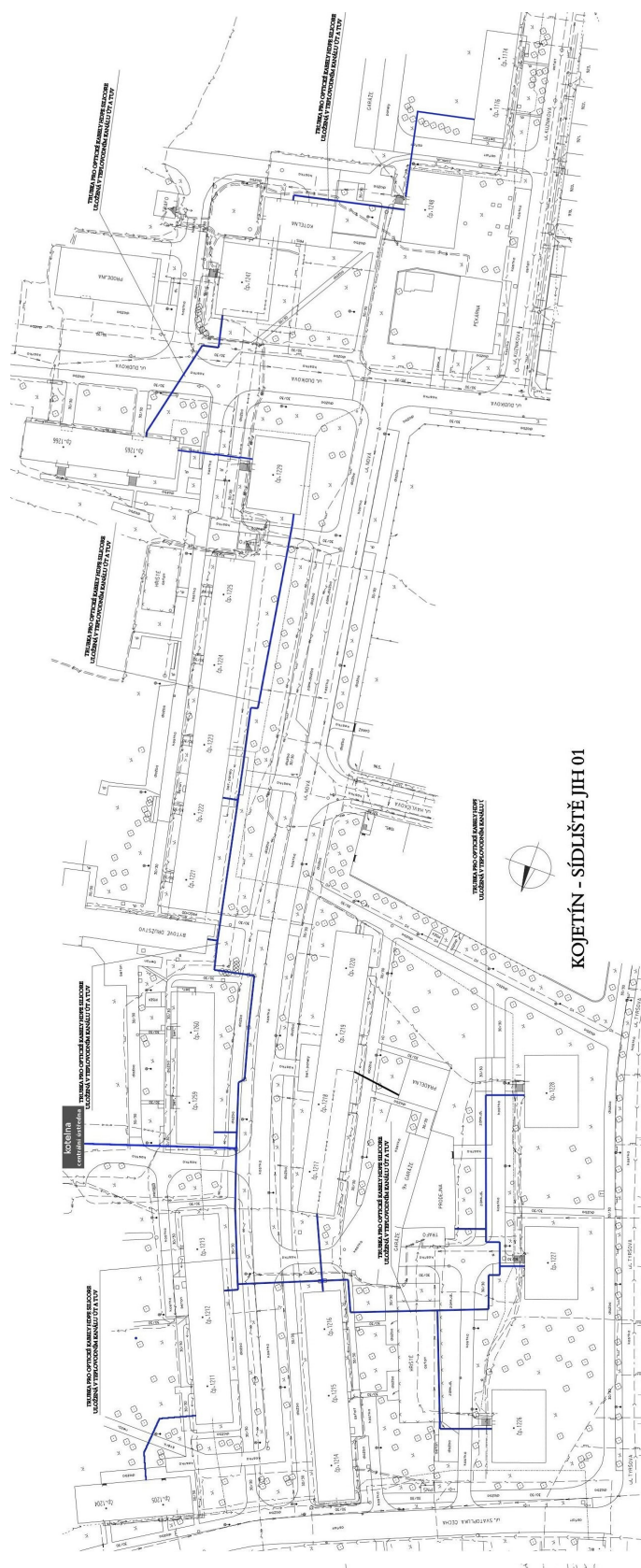
Ilustrace 23: Mapa teplovodních kanálů na sídlišti Sever

Trasy teplovodních kanálů mezi objekty jsou stejně jako v případě výkopů co nejkratší a dá se říci, že i stejně dlouhé. Proto jsou pro výpočet nákladů na materiál a služby použity délky tras zjištěných pro variantu výkopů.

Celková délka tras:	2790m
Celková délka kanálu:	595m
Chráničky + kabely:	$2790 \times 2 \times 15 + 2790 \times 40 = 195300 \text{Kč}$
Protažení chrániček:	$595 \times 100 = 59500 \text{Kč}$
Zafouknutí kabelů:	$2790 \times 10 = 27900 \text{Kč}$
Celková cena (SEVER):	282700Kč

➔ Sídliště JIH

Počet objektů:	15
Počet mikrotrubiček na objekt:	2



Ilustrace 24: Mapa teplovodních kanálů na sídlišti Jih

Celková délka tras:	3520m
Celková délka kanálu:	794m
Chráničky + kabely:	$3520 \times 2 \times 15 + 3520 \times 40 = 246400 \text{Kč}$
Protažení chrániček:	$794 \times 100 = 79400 \text{Kč}$
Zafouknutí kabelů:	$3520 \times 10 = 35200 \text{Kč}$
Celková cena (JIH):	361000Kč

CENA CELKEM: 643700Kč

Náklady na vybudování optických tras protažením chrániček teplovodními kanály dosahují na obou sídlištích dohromady 643700Kč. Kromě nižší celkové ceny oproti výkopu je výhoda i ve vyřizování potřebných povolení k realizaci projektu. To může průběh projektu značně zrychlit.

5.4 Kalkulace nákladů FTTx

Pro účely optické sítě OS cyrilek.net přicházejí v úvahu dvě technologie FTTx, a to FTTB (vlákno do budovy) a FTTH (vlákno do bytu). Ostatní technologie FTTx jsou v dnešní době již zastaralé z důvodu použití metalických kabelů mimo budovy. To by mohlo znamenat do budoucna problémy s nedostatečnou datovou propustností. Je tedy potřeba rozhodnout, zda je lepší dovést optické vlákno až do bytu koncového uživatele, nebo jen do budovy, kde je vlákno zakončeno ve Fast nebo Gigabit ethernetovém switchi. Z pohledu kabeláže už v dnešní době není výrazný rozdíl mezi optickým a metalickým kabelem. Rozhodujícím faktorem tak bude především cena za aktivní prvky a jejich datová propustnost.

5.4.1 FTTB

Optický kabel přicházející do objektu by byl ukončen ve sklepních prostorech, kde by byla umístěná malá uzamykatelná racková skříň. V ní by byl nainstalován Fast Ethernet Switch s 1 GB SFP portem pro napojení optiky. Do rackové skříně by musela být dovedena elektrika k napájení. Součástí rozvaděče by byl kromě switchu i potřebný patch panel. Koncoví uživatelé by byli připojeni pomocí UTP kabelu cat.6.

FIXNÍ NÁKLADY NA JEDNO SÍDLIŠTĚ

➔ *Náklady na vybavení Central Office:*

V centrální ústředně by byl instalován optický switch s dostatečným počtem SFP portů pro napojení optických kabelů vedoucích do jednotlivých objektů. Pro jeden objekt by bylo využito jedno vlákno. Požadavek na rychlost každé optické trasy je 1Gbps.

Optický switch:

Signamax enterprise L3 management switch 24xGB SFP + 4 GB SFP



Ilustrace 25: Optický switch [8]

cena: 39360Kč s DPH (www.intelek.cz)

Racková skříň:

V rozvaděči by byly umístěné aktivní prvky a i pasivní prvky optické sítě, jako jsou optické vany pro uložení a organizaci optických vláken.

ROF-15-60/60-B 19" stojanový rozvaděč Conteg 15U 600x600 OPTIMAL RAL 7035

cena: 13714Kč s DPH (www.intelek.cz)

➔ **Náklady na vybavení objektů na jednom sídlišti:**

Racková skříň:

Rozvaděč OEM nástěnný nýtovaný 9U 400mm RAL 7035, nedělený, plechové dveře

cena: 2200Kč s DPH (www.intelek.cz)

potřeba: 15ks

Patch panel:

Solarix 24 x RJ45 CAT6 UTP černý 1U SX24M-6-UTP-BK

cena: 2396Kč s DPH (www.intelek.cz)

potřeba: 15ks

FE switch:

065-7434 Signamax enterprise L3 management switch - 24x10/100BaseT/Tx + 4 GB SFP



Ilustrace 26: Fast ethernet switch [8]

cena: 14166Kč s DPH (www.intelek.cz)

potřeba: 15ks

Cena vybavení pro obě sídliště bude stejná, protože na obou sídlištích je stejný počet objektů a jedna centrální ústředna (central office).

Celkové fixní náklady za jedno sídliště: 334504Kč

CELKOVÉ FIXNÍ NÁKLADY ZA OBĚ SÍDLIŠTĚ:	669008Kč
--	-----------------

VARIABILNÍ NÁKLADY

Variabilní náklady budou závislé na počtu připojených účastníků. Pro připojení nového účastníka je potřeba natáhnout z rozvaděče ve sklepě metalický UTP kabel cat. 6 až do jeho bytu. Bude uvažována průměrná délka potřebné kabeláže 50m. Kabeláž bude zakončena v bytě zásuvkou.

UTP kabel:

Strukturovaná kabeláž UTP cat. 6:

cena (50m): 510Kč s DPH (www.intelek.cz)

Účastnická zásuvka:

ABB Tango zásuvka - 1x RJ45 Cat.6:

cena: 151Kč s DPH (www.penta.cz)

Variabilní náklady na jednoho účastníka:	661Kč/účastník
--	-----------------------

Nákladová funkce (FTTB):

$$CN = 669008 + 661 * Q$$

počet připojených uživatelů:	Q
omezení:	max. 720 připojených uživatelů při této výši FN (max. 24 v jednom objektu)

5.4.2 FTTH

Datová trasa mezi ústřednou a koncovým uživatelem by byla postavena pouze na pasivních optických prvcích. Oproti variantě FTTB by v objektech nemusela být instalována rozvodná skříň pro umístění aktivních prvků, které je potřeba napájet elektrickým proudem. Došlo by také ke snížení počtu problémových míst, kde by mohla vzniknout závada na aktivním zařízení. Jediné, co by bylo potřeba ve sklepních prostorech instalovat, je distribuční box, ve kterém by pomocí svařování došlo ke spojení příchozích optických vláken z ústředny a optických vláken rozvedených po objektu. Do každého objektu by byl přiveden optický kabel s dostatečným počtem vláken pro napojení jednotlivých domácností. Optická síť by tak byla připravená jak pro variantu P2P, tak i pro P2MP.

Jako nejvhodnější varianta FTTH sítě se jeví pasivní optická síť PON, která dostatečně pokryje dnešní i budoucí nároky koncových uživatelů. Oproti variantě P2P, kdy každý uživatel má vyhrazené vlákno s garantovanou maximální přenosovou rychlostí z ústředny až do svého bytu, uživatelé sdílí jedno společné vlákno, obvykle mezi ústřednou a objektem, kde je umístěn splitter (rozbočovač). V tomto případě rozvržení sítě by splitter byl umístěn přímo v ústředně. Do budoucna by tak byla zajištěna možnost přepojit náročné uživatele na P2P.

FIXNÍ NÁKLADY NA JEDNO SÍDLIŠTĚ

➔ *Náklady na vybavení Central Office:*

V ústředně by byly umístěné OLT terminály a jeden Gigabit Ethernet switch pro jejich propojení a napojení na internetovou konektivitu. Na jeden OLT terminál mohou být napojené 4 optické linky, přičemž kapacita linky je 1,25Gbit/s a může být sdílená až

32 účastníky. Každá optická linka je zakončena splitterem umístěným taktéž v ústředně. To umožňuje využít jeden OLT terminál i pro více objektů. Při růstu počtu koncových uživatelů pak stačí v ústředně přidat další OLT terminál se splitterem.

GE switch:

500-7612GE2GS Signamax rackmount managed switch 12x 1G + 2x 1G SFP



Ilustrace 27: Gigabit ethernet switch [8]

cena: 6926 s DPH (www.intelek.cz)

OLT terminál:

XDK-E8210T Terminál pro 4 optické linky (kapacita linky 1,25 Gbit/s je sdílená 32 účastníkům) včetně splitterů



Ilustrace 28: OLT terminál [14]

cena: 53708Kč s DPH (www.ofacom.cz)

max. počet ONU: 128

Racková skříň:

V tomto případě by byly potřeba dva velké rackové rozvaděče. V jednom z nich by byly umístěné aktivní síťové prvky a ve druhém pasivní prvky optické sítě včetně

splitterů.

ROF-15-60/60-B 19" stojanový rozvaděč Conteg 15U 600x600 OPTIMAL RAL 7035

cena: 13714Kč s DPH (www.intelek.cz)

potřeba: 2ks

➔ **Náklady na vybavení objektů na jednom sídlišti:**

Distribuční box:

Slouží k uschování spojů svařených vláken a jako zásobník optických vláken. V boxu jsou pro tyto účely použity speciální kazety pro určitý počet svárů. Tyto kazety jsou zavěšeny na pantech a v případě přidávání vláken jdou vyklopit. Boxy jsou uzamykatelné, přičemž pro účely této optické sítě stačí pro každý objekt varianta na uschování 48 vláken.

Optický rozvaděč nástěnný pro max. 48 vláken (4 kazety po 12 vláknech)

cena: 1786Kč s DPH (www.ofacom.cz)

potřeba: 15ks

Celkové fixní náklady za jedno sídliště: 114852Kč

CELKOVÉ FIXNÍ NÁKLADY ZA OBĚ SÍDLIŠTĚ:	229704Kč
---	-----------------

VARIABILNÍ NÁKLADY

Variabilní náklady budou závislé na počtu připojených účastníků. Pro připojení nového účastníka je potřeba natáhnout z distribučního boxu ve sklepě optický kabel až do jeho bytu. Bude uvažována průměrná délka potřebné kabeláže 50m. Kabeláž bude zakončena v bytě optickou zásuvkou, ke které bude pomocí patch cordu připojena klientská ONU jednotka.

Pigtail:

Optický pigtail SM 9/125um, konektor SC/PC, délka 2m, výroba EU

cena: 129Kč s DPH (www.ipmedia.cz)

Optický kabel:

SAMSUNG Kabel opt. samonosný DROP FTTx 3mm, 2 vlákna SM 9/125, G.657A, (FR), 500N

cena (50m): 425Kč s DPH (wifi.aspa.cz)

Optická zásuvka:

3M Optická zásuvka na zed' (4x SC nebo 8x LC) včetně spojky SC singlemode

cena: 206Kč s DPH (www.i4wifi.cz)

Patch cord:

WaveCon: Optický patch cord 5 m SC/SC 9/125 simplex

cena: 120Kč s DPH (www.i4wifi.cz)

Svaření vláken:

cena: 25Kč s DPH

potřeba: 2ks

Klientská ONU jednotka:

XDK-E8010U Síťová jednotka se 2 Ethernet klientskými porty (1xGE, 1xFE)



Ilustrace 29: ONU jednotka [14]

cena: 2655Kč s DPH (www.ofacom.cz)

Variabilní náklady na jednoho účastníka: **3585Kč/účastník**

Nákladová funkce (FTTH):

$$CN = 229704 + 3585 * Q$$

počet připojených uživatelů: Q

omezení: max. 256 připojených uživatelů při této výši FN

5.4.3 Výběr FTTx

Cílem OS cyrilek.net je díky nově vybudované optické síti pokrýt svými službami v budoucnu kolem 25% domácností, které bydlí na sídlištích. Tzn. každá čtvrtá domácnost by byla napojena na optickou síť cyrilek.net. Z celkových počtů domácností 443 (sídliště Sever) a 451 (sídliště Jih) se jedná o následné počty domácností:

sídliště Sever: 111 domácností

sídliště Jih: 113 domácností

Dohromady se jedná o 224 domácností, které je potřeba vzít v úvahu při kalkulaci celkových nákladů pro porovnání těchto dvou technologií.

$$\text{FTTB:} \quad \text{CN} = 669008 + 661 \cdot Q \quad (Q = 224)$$

$$\text{CN} = 817072 \text{Kč}$$

$$\text{FTTH:} \quad \text{CN} = 229804 + 3585 \cdot Q \quad (Q = 224)$$

$$\text{CN} = 1032744 \text{Kč}$$

Na základě porovnání nákladů na vybudování optické sítě pomocí technologie FTTB nebo FTTH bylo zjištěno, že levnější variantou se v tomto případě jeví vzájemné propojení objektů pomocí optické sítě s využitím metalických kabelů uvnitř budov (FTTB). Částka potřebná na vybudování optických tras mezi objekty není v tomto výpočtu započítána, jelikož je shodná pro obě varianty (do celkové výše investice bude započítána v Ekonomickém závěru). Z technického hlediska je ale výhodnější varianta FTTH, která má oproti FTTB tyto výhody:

- nižší provozní náklady (nižší spotřeba el. energie aktivních prvků)
- vyšší spolehlivost (méně aktivních prvků na trase)
- vyšší teoretická datová propustnost trasy
- perspektiva do budoucna
- variabilita zapojení v ústředně (možné navýšení rychlosti)

Proto i v případě, že je řešení pomocí FTTB levnější o 215672Kč než varianta FTTH, **bude pro vybudování optické sítě na sídlištích v Kojetíně použita technologie FTTH (PON).** Bude tak vybudována ryze optická síť bez použití metalických kabelů. Provoz FTTB technologie navíc vyžaduje poměrně vysoké náklady, zejména za spotřebovanou elektřinu potřebnou pro provoz aktivních síťových prvků. Proto po několika letech provozování pasivní optické sítě PON dojde k významné úspoře finančních prostředků a celkový rozdíl v investici oproti variantě FTTB bude mnohem nižší.

5.5 Propojení sídlišť mezi sebou

Po vybudování optických sítí na jednotlivých sídlištích bude potřeba tyto dvě sídliště propojit pomocí některé z dostupných bezdrátových technologií. Na sídlišti Sever se nachází objekt, kde má OS cyrilek.net přivedenou konektivitu do Kojetína pomocí mikrovlnného spoje na frekvenci 11GHz s datovou propustností 210Mbps full duplex. Jedná se o jedinou možnost, jak do tohoto města přivést konektivitu, jelikož přes město Kojetín doposud nevede pátevní optická trasa žádného z velkoobchodních poskytovatelů internetu.

Pro samotné propojení ústředěn proto bude v současné době postačovat bezdrátová technologie v pásmu 10GHz. Jedná se o volné pásmo a proto za jeho využívání není potřeba platit licenci. V úvahu by ještě přicházel laserový spoj (FSO pojítko) s vyšší datovou propustností, ale jeho velkou nevýhodou je nefunkčnost či omezenost provozu během mlhy a jiných klimatických podmínek narušujících přímou viditelnost. V budoucnu by pak bezdrátová varianta mohla být nahrazena přímým propojením pomocí optické kabeláže.

Na každém sídlišti proto musí být zvolena výšková budova, na kterou bude možné umístit anténu včetně přijímajícího zařízení, přičemž mezi anténami musí být přímá viditelnost. Pro tento účel vyhovují objekty, kde má OS cyrilek.net umístěny současné antény pro pokrytí okolí bezdrátovým internetem:

Sídliště Sever:	objekt Družstevní 1305-1306
Sídliště Jih:	objekt Tyršova 1228
vzdálenost:	600m

Z těchto budov by byla konektivita přivedena do ústředěn umístěných v kotelnách využitím jednoho z optických vláken propojujících vždy daný objekt s ústřednou. Tímto způsobem by tak došlo k vybudování rozlehlé optické sítě pokrývající všechny bytové domy v Kojetíně.

Bezdrátový spoj v pásmu 10GHz:

Mikrovlnný spoj Racom Ray, antény 38cm, 170Mbps Full-Duplex



Ilustrace 30: 10GHz spoj [15]

datová propustnost: 170Mbps FD

cena: 165000Kč s DPH (www.racom.eu)

5.6 Značení přípojek

Pro přehlednost a orientaci mezi optickými vlákny vedoucími z ústředny do bytu uživatelů je potřeba vymyslet systém značení jednotlivých přípojek. Ze splitteru v ústředně by vedlo vlákno přes distribuční box v objektu až do optické zásuvky v bytě. Je proto nutné označit vlákno identifikačními štítky na 3 místech:

- splitter (ústředna)
- distribuční box (objekt)
- optická zásuvka (byt koncového uživatele)

K označení by byly použity potištěné samolepící štítky s tímto způsobem značení:

S – **A1** – **23**

S označení sídliště (Sever – S; Jih - J)

-  označení objektu a vchodu
-  číslo podlaží v objektu
-  číslo bytu v rámci podlaží

5.7 Ekonomické zhodnocení

Po vyčíslení nákladů na výstavbu optické sítě v několika technických variantách je nyní možné porovnat jednotlivá řešení a vybrat to nejvhodnější pro potřeby OS cyrilek.net. Při výběru nelze brát ohled pouze na nejlevnější řešení, ale je potřeba vycházet i z technických parametrů sítě a budoucích potřeb koncových uživatelů. Výsledná investice by měla pokrýt potřeby a nároky uživatelů na mnoho let dopředu. Přesný odhad však nelze stanovit, jelikož vývoj informačních technologií je nevyzpytatelný a nikdo z nás není v současné době schopen říct, jaká bude situace za 10 let. Zcela jistě však porostou nároky na rychlost internetových přípojek a bude potřeba provést další technické inovace sítě.

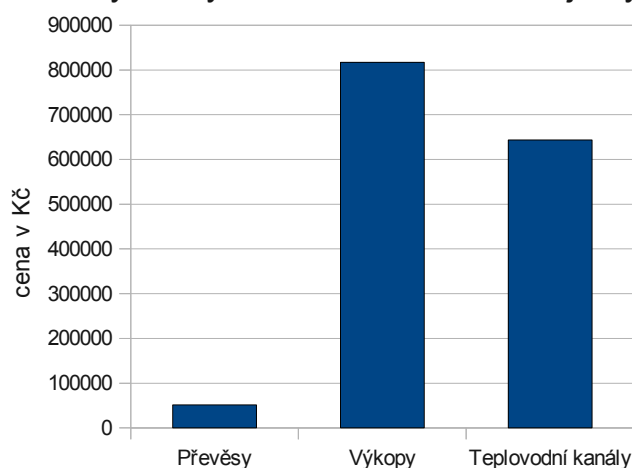
5.7.1 Zhodnocení výběru trasy mezi objekty

Co se týká tras mezi objekty, byly porovnány tři varianty propojení objektů. První varianta řešená pomocí převěsů byla zamítnuta již v počátku kvůli možným problémům s povoleními a především kvůli narušení vzhledu sídliště. Do výběru však byla zahrnuta z důvodu nákladového porovnání s ostatními variantami:

Varianta	Cena v Kč
Převěsy	51420
Výkopy	816888
Teplovodní kanály	643700

Tabulka 8: Zhodnocení tras

Náklady na vybudování tras mezi objekty



Graf 2: Náklady na vybudování tras

Vybraná varianta: **teplovodní kanály**

Po zavrhnutí možnosti převěsů zbyly na výběr dvě varianty: výkopy a teplovodní kanály. Obě řešení mají stejný efekt, jelikož umožní uložení chráničků a potřebné kabeláže do země. Ale jak z pohledu administrativy spočívající ve vyřizování potřebných povolení, tak i z hlediska nižších nákladů, se jeví jako lepší varianta teplovodních kanálů.

5.7.2 Zhodnocení výběru technologie

Uložená optická kabeláž mezi objekty by dovolovala použití dvou technologií: FTTB (vlákno do budovy) a FTTH (vlákno do bytu). Kalkulace nákladů na jejich instalaci je však závislá na počtu připojených koncových uživatelů a skládá se z nákladů na vybavení centrálních ústředen na obou sídlištích, na jejich spojení a na vybavení jednotlivých objektů pomocí aktivních a pasivních síťových prvků. K tomu, aby mohlo dojít k číselnému vyjádření nákladů, bylo potřeba stanovit cíl OS cyrilek.net v počtu připojených domácností k nově vybudované síti. Cílem této investice bylo stanovení připojení 25% dostupných domácností, přičemž v současné době je pomocí bezdrátových technologií připojeno 13% domácností. Přehled týkající se plánovaného počtu připojených domácností je uvedený v následující tabulce:

	Počet	%
Maximální počet domácností na obou sídlištích	894	100
Současný počet připojených domácností	117	13
Plánovaný počet připojených domácností	224	25

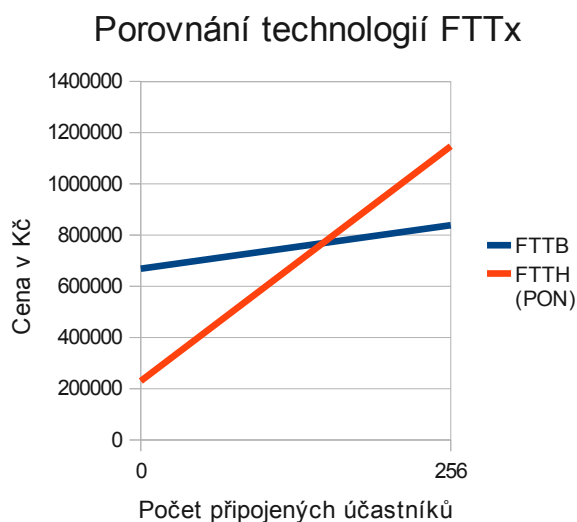
Tabulka 9: Počty domácností

Na základě předpokládaného počtu připojených domácností bylo možné stanovit výši fixních a variabilních nákladů pro jednotlivé technologie. Fixní náklady pokrývají kompletní vybavení ústředn a potřebné síťové prvky umístěné ve sklepních prostorech objektů, umožňující napojení koncových uživatelů. Do variabilních nákladů tak patří materiál a zařízení, pomocí kterých k tomuto napojení dojde. Lze tedy pro obě technologie stanovit nákladovou funkci:

Technologie	Funkce celkových nákladů (Kč)
FTTB	$TC = 669008 + 661 \cdot Q$
FTTH (PON)	$TC = 229704 + 3585 \cdot Q$

Tabulka 10: Funkce nákladů

Výše fixních nákladů v tomto případě pokrývá možnost připojit do sítě plánovaný počet domácností (224). U FTTB umožňuje výše fixních nákladů připojit až 720 domácností. U FTTH je to 256 domácností. Při překročení těchto limitů v počtu domácností by došlo ke skokovému navýšení fixních nákladů z důvodu potřeby dovybavit ústřednu či objekty dalšími aktivními síťovými prvky.



Graf 3: Porovnání FTTx

Tento graf nabízí možnost jednoduše porovnat náklady jednotlivých technologií pro připojení konkrétního počtu účastníků. Pro interval 0-150 účastníků připojených k optické síti vyjde levněji varianta FTTH (PON). Naopak při počtu účastníků vyšším jak 150 je levnější varianta FTTB. Plánovaný počet připojených účastníků byl stanoven na 224. Při tomto počtu vychází celkové ceny za technologii následovně:

Počet účastníků: 224	
Technologie	Cena v Kč
FTTB	817072
FTTH (PON)	1032744
Rozdíl	215672

Tabulka 11: Náklady FTTx

I přesto, že varianta FTTB je levnější o 215672Kč, je pro OS cyrilek.net výhodnější zvolit právě variantu FTTH kvůli důvodům zmíněným v předešlých kapitolách (vyšší potenciál do budoucna, jednodušší možnost upgradu, vyšší výkon, nižší provozní náklady).

Vybraná varianta: **FTTH (PON)**

Pro propojení obou sídlišť byl zvolen bezdrátový spoj v pásmu 10GHz.

Bezdrátový spoj	Cena v Kč
10GHz Racom Ray 170Mbps FD	165000

Tabulka 12: Bezdrátový spoj

5.7.3 Celkové náklady projektu

Pro vyčíslení celkových nákladů na vybudování optické sítě pro spojení bytových domů v Kojetíně stačí sečíst dílčí náklady. Počet připojených účastníků byl pro tento výpočet stanoven na 224 (plánovaný počet připojených účastníků).

Položka	Cena v Kč
vybudování tras mezi objekty včetně kabeláže	643700
technologie FTTH (PON)	1032744
bezdrátový spoj Severního a Jižního sídliště	165000
CELKOVÉ NÁKLADY PROJEKTU	1841444

Tabulka 13: Celkové náklady investice

Celková investice vyžaduje finanční prostředky ve výši 1841444Kč.

5.7.4 Zdroje financování a doba návratnosti investice

K pokrytí investice využije OS cyrilek.net finančních prostředků na svém termínovaném účtu, kde si ukládá finance právě pro účely inovací v rámci své datové sítě. Jelikož výše této investice nepřevyšuje ani 50% dostupných finančních prostředků na tomto účtu, nebude potřeba žádat bankovní instituce o úvěr a vše bude financováno z vlastních zdrojů.

Náklady na investici se budou splácet z pravidelných měsíčních členských příspěvků připojených členů k nově vybudované optické síti. Měsíční členský příspěvek je stanoven na 350Kč. Z této částky jde část peněz na pokrytí sdružením nakoupené konektivity a na servis sítě. Po odečtení těchto nákladů jde zbytek peněz (cca 150Kč) na rozvoj sítě (nákup nových technologií, navýšení konektivity atd.). Při plánovaném počtu alespoň 224 připojených domácností, lze na splacení investice použít měsíčně 33600Kč. Při počítání návratnosti investice budou použity finanční prostředky pouze těch členů, kteří budou připojeni k nově vybudované optické síti. Finanční prostředky ostatních členů sdružení se nebudou do tohoto výpočtu zahrnovat. Účelem je totiž zjistit dobu návratnosti investice, za kterou si na sebe nově vybudovaná optická síť vydělá.

Doba návratnosti investice:

$$T_n = \frac{I}{\Delta Z} [\text{roky}]$$

T_n doba návratnosti investice [roky]

I celková výše investice [Kč]

ΔZ roční výnos z investice [Kč]

$$T_n = \frac{1841444}{403200} = 4,57 \text{ let}$$

Celkové náklady na investici se OS cyrilek.net splatí za 4 roky a 7 měsíců. Musí být však dodržena podmínka připojení zhruba 220 domácností.

6 Závěr

Účelem této diplomové práce bylo navrhnout optickou síť, která by umožnila připojení bytových domů a jejich domácností k internetu pomocí nejnovějších technologií využívajících optických vláken. Nově vybudovaná síť by tak nahradila současnou bezdrátovou síť, jejíž parametry přestávají dostávat požadavkům uživatelů. Tomuto trendu dává za pravdu i provedená SWOT analýza bezdrátových technologií Wi-Fi. Jako správce této sítě v Kojetíně, kterou vybudovalo občanské sdružení Cyrilek.net, jsem navrhl kompletní řešení, které vychází z porovnání několika možných technických variant a umožňuje vyčíslit potřebné náklady na tuto investici. K rozhodnutí navrhnout tento typ investice přispěl i fakt, že žádný z konkurenčních poskytovatelů internetu se k podobné inovaci zatím neodhodlal.

Z analýzy současného stavu vyplynulo, že navrhovaný projekt se týká celkem 894 domácností, které žijí na dvou sídlištích, z nichž každé má 15 bytových domů. Jedná se tedy o přibližně stejně velká sídliště, která jsou od sebe vzdálena víc jak půl kilometru. Pro každou oblast je proto nutné vytvořit vlastní centrální ústřednu, kde budou uloženy aktivní síťové prvky a odkud bude vedena optická kabeláž do všech objektů na daném sídlišti. Vedení optické kabeláže do jednotlivých objektů by bylo řešeno uložení chrániček do teplovodních kanálů, prostřednictvím kterých dochází k dodávce tepla do budov. Následně bylo potřeba porovnat a vybrat správnou FTTx technologii, která by byla nejvhodnější pro připojení jednotlivých uživatelů k nové síti. V úvahu připadaly dvě varianty, a to FTTB (vlákno do budovy) a FTTH (vlákno do bytu). Pro obě tyto řešení jsem na základě kalkulací potřebného materiálu a zařízení stanovil nákladové funkce, které jsou závislé na počtu připojených členů. Mohlo tak dojít k vyčíslení nákladů při plánovaném počtu připojení alespoň 25% dostupných domácností. I když celkové náklady za technologii FTTB byly ve výsledku o 215672Kč nižší, rozhodl jsem se pro volbu FTTH díky lepším technickým parametrům a perspektivě do budoucna.

Celkově tak po sečtení veškerých nákladů vychází celková investice na 1841444Kč. Díky této investici budou mít dotčené domácnosti možnost v budoucnu využívat internet o rychlosti až 1Gbps. Navíc díky optické síti může dojít i k poskytování služeb jako je IPTV či VOIP. Byla by tak domácnostem zpřístupněna

nabídka služeb, která je známá pod názvem Triple play. Co se týká otázky financování, tak OS Cyrilek.net je schopné pokrýt výdaje za tuto investici z vlastních peněžních zdrojů, přičemž doba návratnosti investice byla vypočítána na 4 roky a 7 měsíců.

Seznam použitých zdrojů

Publikované písemné zdroje

- [1] BERKA, M. *Bezpečná počítačová síť: určeno pro IT manažery, IT security manažery, správce sítě*. Praha: Dashöfer, 2007. ISBN 80-86229-79-3.
- [2] BIGELOW, S. J. *Mistrovství v počítačových sítích*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0178-9.
- [3] DOSTÁLEK, L. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2236-5.
- [4] ODOM, Wendell. *Počítačové sítě bez předchozích znalostí*. 1.vyd. Brno: CP Books, a.s., 2005. ISBN 80-251-0538-5.
- [5] TRULOVE, J. *Sítě LAN - hardware, instalace a zapojení*. Praha: Grada Publishing a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2098-1.

Firemní materiály

- [6] *Jak na to?*. Opava: KASSEX s.r.o., 2006.
- [7] *Provozní řád*. Bařice: OS Cyrilek.net, 2004.

Internetové adresy

- [8] *Aktivní síťové prvky* [online]. 2011 [cit. 2011-04-27]. Dostupný z WWW:<http://www.intelek.cz/cat_tree.jsp?bpath=Aktivn%C3%AD+prvky>.

- [9] BROUČEK, J. DVOŘÁK, P. *FTTx - technologie pro poslední míli* [online]. 2010 [cit. 2011-04-18]. Dostupný z WWW:<<http://www.netguru.cz/odborne-clanky/fttx-technologie-pro-posledni-mili.html>>.
- [10] BROUČEK, J. *FTTH – že by už PON v České republice?* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Dostupný z WWW:<www.profiber.eu/files/A1_Broucek_FTTH-ze_by_uz_PON_v_CR.pdf>.
- [11] GLOS, Matěj. *Kabelová přenosová média*. [online]. 2007 [cit. 2011-04-15]. Dostupný z WWW:<<http://dmp.wosa.iglu.cz/?strana=kabely>>.
- [12] *Pasivní optické přístupové sítě – PON* [online]. 2009 [cit. 2011-04-21]. Dostupný z WWW:<www.comtel.cz/files/download.php?id=5446>.
- [13] PLEXO. *Technologie přenosu dat přes optická vlákna* [online]. 2008 [cit. 2011-04-12]. Dostupný z WWW:<http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/9994-technologie_prenosu_dat_pres_opticka_vlakna>.
- [14] PLODÍKOVÁ, V. *Řešení aktivní části sítě FTTx* [online]. 2009 [cit. 2011-04-27]. Dostupný z WWW:<www2.sloane.cz/konference/data/ofa_1.ppt>.
- [15] *Ray* [online]. 2011 [cit. 2011-04-28]. Dostupný z WWW:<<http://www.racom.eu/ray/>>.

Seznam použitých zkratk

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AON	Active Optical Network
CO	Central Office
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name System
FD	Full Duplex
FE	Fast Ethernet
FSO	Free Space Optics
FTP	Foiled Twisted Pair
FTTx	Fiber To The X
GE	Gigabit Ethernet
HDPE	High Density Polyethylene
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
ISDN	Integrated Services Digital Network
LAN	Local Area Network
MM	Multi mode
NAT	Network Address Translation
ODN	Optical Distribution Network
OLT	Optical Line Termination
ONU	Optical Network Unit
OS	Občanské sdružení
P2MP	Point To Multipoint
P2P	Point To Point
PON	Passive Optical Network
SBD	Stavební bytové družstvo
SM	Single Mode
SMTp	Simple Mail Transfer Protocol
STA	Společna televizní anténa
STP	Shielded Twisted Pair
TC	Total Cost
UPS	Uninterruptible Power Supply
UTP	Unshielded Twisted Pair
VOIP	Voice Over Internet Protocol
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WISP	Wireless Internet Service Provider

Seznam použitých obrázků

Ilustrace 1: Mapa Kojetína s vyznačenými sídlišti.....	15
Ilustrace 2: Bytové domy na sídlišti Sever.....	16
Ilustrace 3: Bytové domy na sídlišti Jih.....	18
Ilustrace 4: Panelový dům.....	20
Ilustrace 5: Cihlový dům č.1.....	21
Ilustrace 6: Cihlový dům č.2.....	21
Ilustrace 7: Cihlový dům č.3.....	22
Ilustrace 8: Koaxiální kabel [11].....	28
Ilustrace 9: UTP kabel.....	29
Ilustrace 10: Typy provedení kroucené dvojlinky [11].....	30
Ilustrace 11: Křížený kabel.....	30
Ilustrace 12: Přímý kabel.....	30
Ilustrace 13: Struktura optického vlákna.....	32
Ilustrace 14: Typy optických vláken [13].....	35
Ilustrace 15: Zapojení FTTC [4].....	36
Ilustrace 16: Zapojení FTTB [4].....	37
Ilustrace 17: Zapojení FTTH [4].....	38
Ilustrace 18: FTTH P2P [9].....	39
Ilustrace 19: FTTH P2MP PON [9].....	40
Ilustrace 20: Hvězdicová topologie sítě.....	44
Ilustrace 21: Ukázka optického převěsu.....	45
Ilustrace 22: Ukázka výkopu.....	47
Ilustrace 23: Mapa teplovodních kanálů na sídlišti Sever.....	53
Ilustrace 24: Mapa teplovodních kanálů na sídlišti Jih.....	55
Ilustrace 25: Optický switch [8].....	57
Ilustrace 26: Fast ethernet switch [8].....	58
Ilustrace 27: Gigabit ethernet switch [8].....	61
Ilustrace 28: OLT terminál [14].....	61
Ilustrace 29: ONU jednotka [14].....	64
Ilustrace 30: 10GHz spoj [15].....	67

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Sídliště Sever - počet domácností.....	17
Tabulka 2: Sídliště Jih - počet domácností.....	19
Tabulka 3: SWOT analýza technologie Wi-Fi.....	26
Tabulka 4: Kategorie strukturované kabeláže [6].....	31
Tabulka 5: Aktuální počet připojených domácností.....	43
Tabulka 6: Sídliště Sever - délky jednotlivých tras.....	49
Tabulka 7: Sídliště Jih - délky jednotlivých tras.....	50
Tabulka 8: Zhodnocení tras.....	68
Tabulka 9: Počty domácností.....	70
Tabulka 10: Funkce nákladů.....	70
Tabulka 11: Náklady FTTx.....	71
Tabulka 12: Bezdrátový spoj.....	71
Tabulka 13: Celkové náklady investice.....	72

Seznam použitých grafů

Graf 1: Trendy v PON sítích [10].....	41
Graf 2: Náklady na vybudování tras.....	69
Graf 3: Porovnání FTTx.....	70

Seznam příloh

- Příloha č. 1: Kalkulace vybudování datových tras mezi objekty
- Příloha č. 2: Kalkulace využití dvou různých technologií FTTx
- Příloha č. 3: Detailní nákres tras mezi objekty – sídliště Sever
- Příloha č. 4: Detailní nákres tras mezi objekty – sídliště Jih

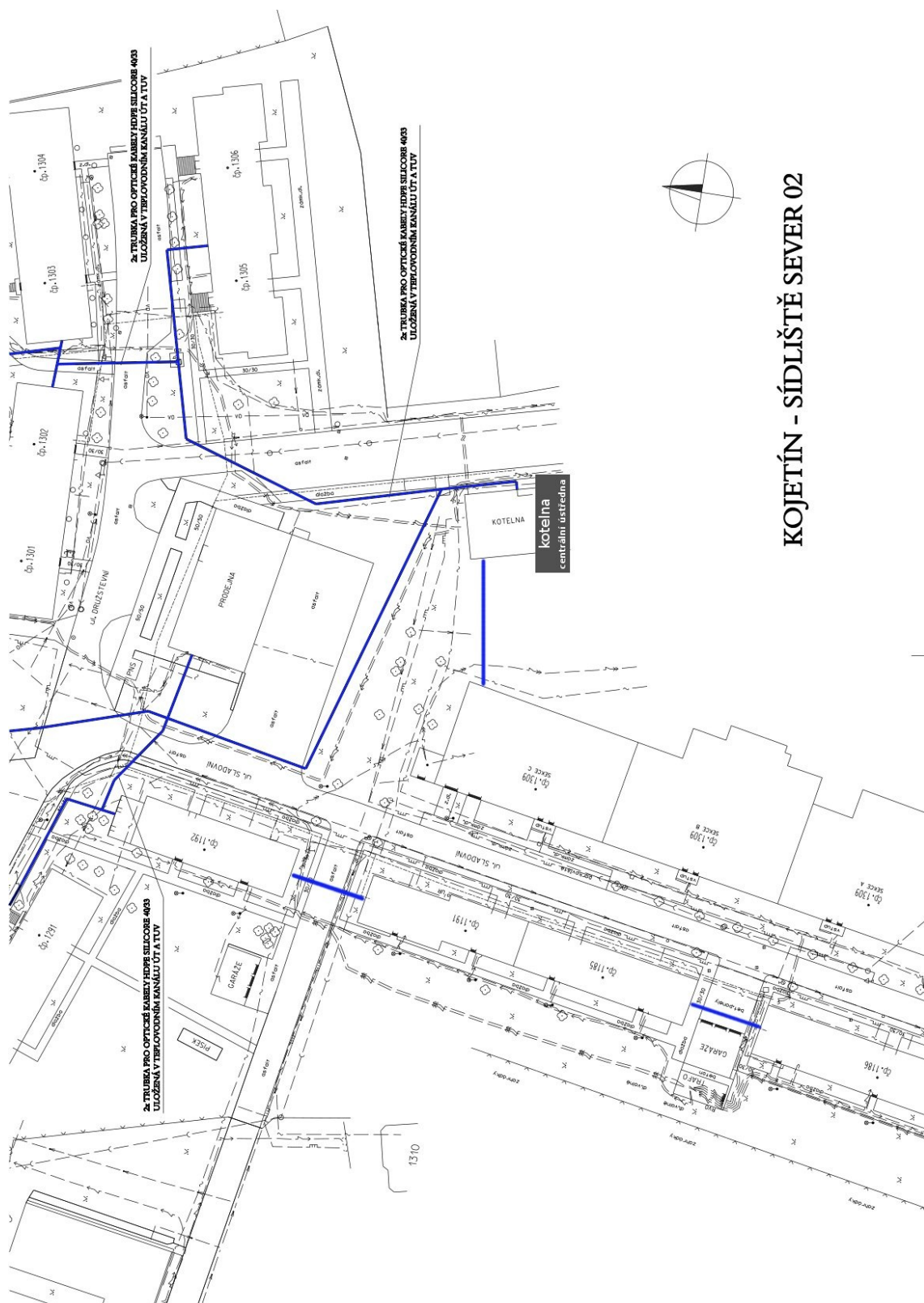
Příloha č. 1: Kalkulace vybudování datových tras mezi objekty

	Položka	Cena za ks	Počet (ks)	Cena (Kč)
Převěsy	sídlíště SEVER			
	kotva pro uchycení kabelu	120	28	3360
	samonosný opt. kabel (24 vl.)	30	713	21390
				24750
	sídlíště JIH			
	kotva pro uchycení kabelu	120	26	3120
	samonosný opt. kabel (24 vl.)	30	785	23550
				26670
	CENA CELKEM		51 420 Kč	
Výkopové práce	sídlíště SEVER			
	HDPE chránička 12/8mm	15	5580	83700
	Optický kabel SM 9/125 (48 vl.)	40	2790	111600
	výkop (1m)	150	595	89250
	položení chráničky (1m)	8	5580	44640
	výstražná fólie (1m)	2	595	1190
	zafouknutí kabeláže (1m)	10	2790	27900
				358280
	sídlíště JIH			
	HDPE chránička 12/8mm	15	7040	105600
	Optický kabel SM 9/125 (48 vl.)	40	3520	140800
	výkop (1m)	150	794	119100
	položení chráničky (1m)	8	7040	56320
	výstražná fólie (1m)	2	794	1588
	zafouknutí kabeláže (1m)	10	3520	35200
				458608
	CENA CELKEM		816 888 Kč	
Teplovodní kanály	sídlíště SEVER			
	HDPE chránička 12/8mm	15	5580	83700
	Optický kabel SM 9/125 (48 vl.)	40	2790	111600
	protážení chráničky (1m)	100	595	59500
	zafouknutí kabeláže (1m)	10	2790	27900
				282700
	sídlíště JIH			
	HDPE chránička 12/8mm	15	7040	105600
	Optický kabel SM 9/125 (48 vl.)	40	3520	140800
	protážení chráničky (1m)	100	794	79400
	zafouknutí kabeláže (1m)	10	3520	35200
				361000
	CENA CELKEM		643 700 Kč	

Příloha č. 2: Kalkulace využití dvou různých technologií FTTx

	Položka	Cena za ks	Počet (ks)	Cena (Kč)
FTTB	Vybavení Central Office			
	optický switch Signamax (24p)	39360	1	39360
	RACK (15U)	13714	1	13714
				53074
	Vybavení objektů			
	RACK (9U)	2200	15	33000
	patch panel (24xRJ45) CAT6	2396	15	35940
	FE switch Signamax (24p)	14166	15	212490
				281430
	Celkové fixní náklady na sídliště		334 504 Kč	
	Celkové fixní náklady za síť		669 008 Kč	
	Variabilní náklady			
	50m UTP kabelu (CAT6)	510	1	510
	ABB Tango zásuvka 1xRJ45	151	1	151
				661
	Variabilní náklady na účastníka		661 Kč	
	Nákladová funkce		CN = 669008 + 661*Q	
FTTH (PON)	Vybavení Central Office			
	GE switch Signamax (12p)	6926	1	6926
	OLT XDK (4x link) + splitters	53708	1	53708
	RACK (15U)	13714	2	27428
				88062
	Vybavení objektů			
	distribuční box (48 vláken)	1786	15	26790
				26790
	Celkové fixní náklady na sídliště		114 852 Kč	
	Celkové fixní náklady za síť		229 704 Kč	
	Variabilní náklady			
	optický kabel SAMSUNG (50m)	425	1	425
	3M optická zásuvka	206	1	206
	pigtail 2m SM 9/125	129	1	129
	patch cord 5m SM 9/125	120	1	120
	svažení vlákna	25	2	50
	ONU XDK klientská jednotka	2655	1	2655
				3585
	Variabilní náklady na účastníka		3 585 Kč	
	Nákladová funkce		CN = 229704 + 3585*Q	

[illegible]



KOJETÍN - SÍDLIŠTĚ JIH 01



