

PŘÍPADOVÁ STUDIE FTTX

aneb zkušenosti s měřením tras a kalibrací přístrojů

Anton Kuchar¹⁾, Miroslav Švrček²⁾, Ervin Wacník³⁾

Anotace

V rámci evropského projektu BReATH (BRoadband e-services and Access for The Home) autoři navrhovaného příspěvku provádějí technicko-ekonomickou analýzu projektu širokopásmové přístupové sítě založené na technologii FTTH. Ve vybraném modelovém případě již v části lokality existuje klasická síť kabelové televize s možností poskytovat koncovým uživatelům připojení k internetu. S cílem zvýšit tuto kapacitu, umožnit poskytování služeb triple play a současně síť rozšířit tak, aby pokryla i oblast s novou výstavbou, byl vypracován projekt překryvné sítě FTTx (FTTH – vlákno až do jednotlivých domácností, FTTB – vlákno do budov) Point-to-Point a Point-to-Multipoint. Analyzovaný případ by mohl sloužit i jako inspirace pro řešení dalších podobných situací.

Klíčová slova

Optické komunikace, optická přístupová síť, FTTx, FTTH, FTTB, PON.

1. Úvod

Cílem tohoto příspěvku je demonstrovat na konkrétním případě nutné náklady na výstavbu optické přístupové sítě v menší obci kombinací architektury FTTH (vlákno až ke každému jednotlivému koncovému uživateli) a FTTB (vlákno k patě domu s vícero bytovými jednotkami, které jsou k síti napojeny prostřednictvím klasické metalické lokální počítačové sítě LAN na bázi Ethernetu). Při návrhu byly brány v úvahu reálné ceny zařízení a náklady na práce a síť FTTx je navrhována pro konkrétní obec s údaji o stávající zástavbě i plánované výstavbě.

2. Popis situace

Uvažovaná obec se nachází v blízkosti okraje Prahy. Tato poloha obce do značné míry předurčuje její růst a rozvoj v současné době a blízké budoucnosti. Tomu napovídá i mohutná výstavba nových rodinných domů a bytových jednotek v obci (viz obr. č. 1 – v pravé části obrázku je stávající „stará“ zástavba, v levé části pak zástavba nově vybudovaná, popř. ve fázi projektu, který by měl být realizován v následujících letech).

Ačkoliv se cena za připojení účastníka k vysokorychlostní síti pomocí optického vlákna stále snižuje (zejména díky klesajícím cenám aktivních prvků), je cena takového připojení stále relativně vysoká (např. připojení 100/100 Mbit/s za 1600,- Kč měsíčně). Lze však předpokládat, stejně jako v dalších satelitních obcích nedaleko hlavního města, že se tyto byty a rodinné domky budou obsazovat převážně lidmi ze spíše vyšších sociálních vrstev. U nich je tedy více pravděpodobné, že budou ochotni zaplatit tuto o něco vyšší částku, ve světle skutečně vysokorychlostního připojení a s tím souvisejících nových služeb.



Obr. 1. Polohopisný plán obce

V dané obci již existuje klasická síť kabelové televize, vybudovaná pomocí standardu DOCSIS 2.0, s možností poskytovat koncovým uživatelům připojení k internetu s přenosovou rychlostí 2 Mbit/s. Pro řadu služeb je dnes však již tato kapacita omezující. S cílem zvýšit tuto přenosovou kapacitu (až na 50 Mbit/s, popř. i více) a umožnit tak poskytování kompletních služeb triple play a současně síť rozšířit tak, aby pokryla i oblast s novou výstavbou, byl vypracován pilotní projekt překryvné sítě FTTx (FTTH s vláknem až do jednotlivých domácností, FTTB s vláknem do budov) typu Point-to-Point (P2P) a také Point-to-Multipoint (P2MP). Konkrétně se zde budeme zabývat analýzou připojení celkem 100 domácností ve dvou lokalitách (viz obr. č. 1), přičemž v lokalitě označené na obrázku vlevo jde o 80 přípojek FTTB a v lokalitě na obrázku vpravo o 20 přípojek FTTH.

3. Návrh sítě FTTx

Připojení jednotlivých rodinných domů a bytových jednotek bylo navrženo pomocí jednoho jednovodičového optického vlákna. Uživatelé FTTH budou mít možnost kompletních služeb triple play poskytovaných na bázi protokolu IP. Pro uživatele FTTB bude uvedena kalkulace jak pro připojení pouze k internetu, tak i pro možnost triple play služeb.

3.1 Analyzované varianty sítě FTTx

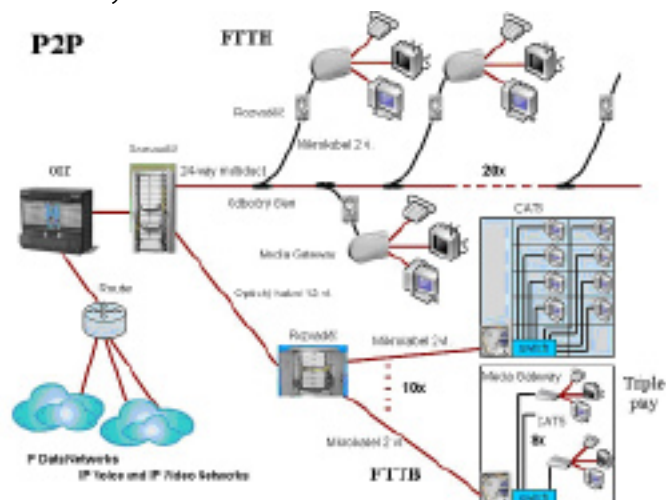
Předmětem analýzy budou následující varianty optické přístupové sítě:

- kombinace FTTH a FTTB (pouze pro připojení k internetu)
- kombinace FTTH a FTTB (s možností kompletních triple play služeb)
- plné FTTH

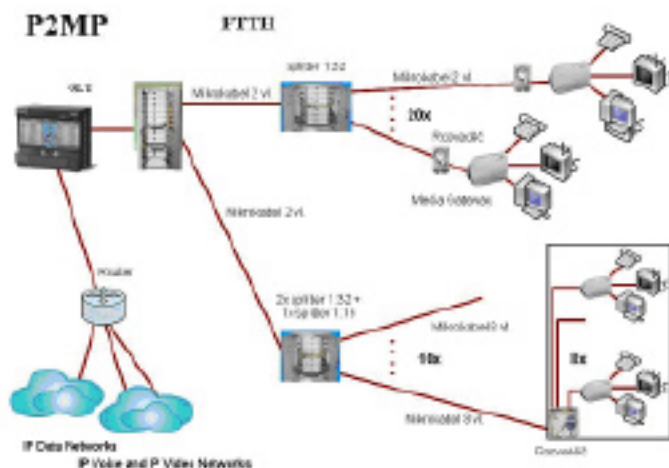
Všechny tři výše uvedené varianty budou porovnány také v provedení topologií P2P a P2MP řešených „klasickou“ technologií výstavby pasivní optické infrastruktury. Pro srovnání výstavby sítě „klasickou“ a mikrotrubičkovou technologií bude uvedena rovněž varianta kombinace sítě FTTH a FTTB, kde část FTTH bude řešena právě pomocí mikrotrubiček.

Na obrázku č. 2 je pro názornost uvedeno schéma topologie P2P, přičemž v jeho horní části jsou znázorněny přípojky FTTH realizované pomocí mikrotrubičkové technologie. V dolní části obrázku jsou pak přípojky FTTB, realizované klasickou instalací, a to jak varianta FTTB s media konvertorem pro připojení pouze k internetu (na obrázku výše), tak i FTTB s plnou podporou triple play (níže), kde je každá domácnost doplněna ještě o metalickou gateway.

Na obrázku č. 3 je znázorněno schéma topologie sítě P2MP pro všech 100 přípojek FTTH řešených klasickou technologií výstavby pasivní optické infrastruktury.



Obr. 2. Architektura pasivní optické přístupové sítě Point-To-Point



Obr. 3. Architektura pasivní optické přístupové sítě Point-To-Multipoint

3.1.1 Řešení FTTH + FTTB topologií P2P klasickou instalací

Na této variantě síť provedeme detailní rozpočet nákladů na její výstavbu jak z hlediska pasivní optické infrastruktury, tak i aktivních prvků.

V lokalitě nové výstavby označené na obrázku č. 1 vlevo se nacházejí obytné domy po 8 bytech. Zde je tedy výhodné realizovat přípojky FTTB. Celkem zde bude optickým vláknem připojeno 10 těchto obytných domů, tedy celkem 80 přípojek FTTB.

V oblasti staré zástavby (na obrázku č. 1 vpravo) rodinnými domky se budeme zabývat přípojkami FTTH.

Pasivní optická infrastruktura

V části sítě, kde bude realizována technologie FTTB a také na trase spoje z centrální stanice (CO) v obecním úřadě (úsek dlouhý 1560m) jsou již položeny HDPE chráničky. Cena výkopových prací a pokládky HDPE chrániček byla 750 tis. Kč. V současné době se pro realizaci tohoto spoje uvažuje o 12-ti vláknovém kabelu, což znamená, že zbylá dvě vlákna zůstanou zatím nevyužitá jako rezerva pro připojení dalších domácností v budoucnu. V případě potřeby připojení většího počtu dalších účastníků bude pak třeba zafouknout jiný kabel s větším počtem vláken. Důvod zafouknutí pouze 12-ti vláknového kabelu oproti kabelu např. s 300 vlákny, který by poskytoval již nyní dostatečnou rezervu v počtu vláken, je zřejmý, a to jeho cena. Rozdíl v ceně těchto optických kabelů při délce 1560m je cca 250 tis. Kč, což je v daném rozpočtu významná položka. Při použití kabelu s 12-ti vlákny bude celková cena na vybudování pasivní infrastruktury těchto 80 FTTB přípojek 950 tis. Kč. Tato cena zahrnuje veškeré pasivní komponenty trasy včetně práce (výkopové práce, pokládku HDPE, optický kabel, jeho zafouknutí, optické rozvaděče, okonektorování, svařování vláken a jejich měření, atd.). Z toho montážní práce činí přibližně 85 tis. Kč a optický kabel 30 tis. Kč. Nejvýznamnější položkou zde tvoří již výše zmíněné výkopové práce a pokládka HDPE chrániček za 750 tis. Kč.

Ve druhé části projektu (sítě) – připojení 20 rodinných domů FTTH, v oblasti označené na obr. 1 vpravo, vycházejí celkové náklady na pasivní infrastrukturu na 550 tis. Kč. Z toho výkopové práce a pokládka HDPE tvoří 200 tis. Kč, materiál také 200 tis. Kč a ostatní montážní práce 150 tis. Kč.

Celková cena pasivní optické infrastruktury pro připojení všech 100 účastníků (80xFTTB, 20xFTTH) je tedy 1 500 tis. Kč.

Aktivní prvky sítě

Aktivní zařízení pro 20 FTTH a 80 FTTB přípojek (varianta připojení pouze k internetu) vychází na 680 tis. Kč, z čehož 320 tis. Kč tvoří vybavení centrální stanice, 130 tis. Kč FTTB přípojky a 230 tis. Kč přípojky FTTH.

Výsledná cena pasivní i aktivní části sítě je tedy 2 190 tis. Kč, což je po přepočtu na jednoho účastníka 21,9 tis. Kč.

Alternativa kombinace FTTH a FTTB (triple play)

Jak již bylo uvedeno výše, je pro variantu FTTB přípojek, které by umožňovaly poskytování služeb triple play, nutné každou domácnost dovybavit oproti předeslému případu ještě o metalickou gateway, která zajistí prioritizaci jednotlivých signálů (QoS) a tím umožní poskytování služeb triple play. Cena těchto zařízení pro všech 80 domácností je 540 tis. Kč.

Cena aktivních prvků této varianty sítě tedy vzroste na 1 230 tis. Kč.

Celková cena na vybudování přístupové sítě pak bude 2 730 tis. Kč, resp. po přepočtu na jednoho účastníka 27,3 tis. Kč.

3.1.2 Řešení FTTH + FTTB topologií P2P mikrotrubičkovou technologií

Jak bylo uvedeno výše, provedeme zde srovnání řešení části FTTH pro topologii sítě P2P výstavby optické infrastruktury klasickou technologií a technologií mikrotrubičkovou.

Ve zvoleném případě, kdy mikrotrubičky vedou přímo z centrální stanice (CO) až k jednotlivým účastníkům, je vzhledem k poměrně vysokému počtu připojených domů (20) třeba použít mikrotrubičkový kabel (microduct). K dispozici je kabel se 24-ti trubičkami. Pro případ budoucího připojení dalších účastníků je zde tedy rezerva 4 trubiček. Topologie mikrotrubičkové technologie části sítě FTTH pro P2P je znázorněna na obrázku č. 4.

Ve prospěch mikrotrubičkové technologie z hlediska ceny hrají následující faktory:

- *úspora HDPE chrániček (45%)*
- *není potřeba rozvaděč a řešení jeho nadzemního umístění (nadzemní sloupky)*
- *méně svarů*
- *méně konektorů*

Naopak v její neprospěch hrají faktory:

- **nutné odbočné členy mikrotrubiček (Y, T)**
- **vysoká cena mikrotrubičkového kabelu**
- **velké množství mikrokabelů (resp. svazků vláken) v celé délce spoje – nárůst délky kabelů o 600%)**
- **s tím spojené zvýšené náklady na zafukování (o 600%)**

Z přehledu je vidět, že úspora HDPE chrániček, optického rozvaděče, pigtailů, svarů a úspora na měření vláken, jsou na druhé straně zaplacený navýšením cen za odbočné členy, mikrotrubičkový kabel, svazky vláken a jeho zafouknutí.

Původní varianta výstavby pasivní optické infrastruktury pro část FTTH P2P klasickou technologií vychází ve výsledku levněji o 50 tis. Kč než varianta mikrotrubičkové technologie, což je asi necelých 10% celkové ceny na pasivní infrastrukturu části FTTH P2P včetně výkopových prací. Je však třeba dodat, že mikrotrubičková technologie poskytuje oproti původní variantě podstatně vyšší flexibilitu sítě (snadné přifouknutí mikrokabelu či svazků vláken do rezervních trubiček nebo snadné odbočení a připojení nového uživatele) a vyšší spolehlivost díky absenci většího počtu svarů na trase.



Obr. 4. Schéma přípojek FTTH mikrotrubičkovou technologií

3.1.3 Řešení FTTH + FTTB topologií P2MP klasickou instalací

Topologie P2MP přináší úsporu v počtu vláken kabelu z místa centrální stanice. S topologií P2MP vystačíme i pouze s jedním vláknem. S tím souvisí kromě nižší ceny kabelu také úspora počtu optických konektorů, práce na jejich montáži a měření vláken. Na druhou stranu je však třeba do trasy zařadit optický splitter (případně více splitterů).

V této variantě optické přístupové sítě vychází cena pasivní optické infrastruktury na 1 480 tis. Kč.

Kalkulaci aktivních prvků sítě je třeba stejně jako v případě řešení P2P rozdělit na dvě alternativy:

- kombinace FTTH + FTTB (alternativa připojení pouze k internetu)
- kombinace FTTH + FTTB (s možností kompletních služeb triple play)

První uvedená alternativa vychází z hlediska aktivních prvků sítě na 1 110 tis. Kč. Ve druhé uvedené variantě je třeba opět doplnit každou domácnost o stejnou metalickou gateway jako v případě P2P, což znamená zvýšení ceny o 540 tis. Kč na částku 1 650 tis. Kč.

Celková cena na vybudování přístupové sítě bude tedy ve variantě FTTB s připojením pouze k internetu 2 590 tis. Kč, resp. 25,9 tis. Kč na jednoho účastníka. Ve variantě FTTB triple play pak 3 130 tis. Kč resp. 31,3 tis. Kč na účastníka.

3.1.4 Řešení celé sítě pouze pomocí FTTH přípojek

Realizace sítě se všemi přípojkami typu FTTH s sebou nese proti variantě s přípojkami FTTB výrazně vyšší požadavky na počet vláken v kabelech a tím narostou i jejich pořizovací náklady. S tím souvisí také podstatně vyšší náklady na okonektorování všech vláken a jejich měření.

V důsledku toho pak může být pasivní infrastruktura sítě topologie P2MP i přes nutnost optických splitterů cenově výhodnější než topologie P2P.

Topologie P2P

Cena pasivní infrastruktury sítě P2P pro všech 100 přípojek FTTH řešená klasickou technologií je 1970 tis. Kč. Aktivní prvky pro tuto variantu sítě vychází na cenu 2 130 tis. Kč.

Celková cena sítě je tedy 4 100 tis. Kč, resp. po přepočtu na jednoho účastníka 41 tis. Kč.

Topologie P2MP

V tomto případě je cena pasivní infrastruktury, opět řešené klasickou technologií, 1 790 tis. Kč.

Aktivní prvky této varianty sítě vychází na 3 260 tis. Kč.

Celková cena je tedy 5050 tis. Kč. Cena na jednoho účastníka je 50,5 tis. Kč.

4. Shrnutí cenové bilance jednotlivých variant sítí

4.1 Řešení FTTH + FTTB

Pasivní infrastruktura sítě

Cenovou bilanci jednotlivých variant shrnuje následující tabulka 1 (ceny za pasivní optickou infrastrukturu včetně výkopových a montážních prací – zafukování, svařování, atd.)

P2P – klasická technologie	1 500 tis. Kč
P2P – mikrotrubičková technologie*	1 550 tis. Kč
P2MP – klasická technologie	1 480 tis. Kč

Tab. 1. Ceny pasivní optické infrastruktury pro topologii sítě P2P a P2MP (* mikrotrubičkovou technologií byla řešena pouze část FTTH, viz oddíl 3.1.2)

Z tabulky je patrné, že ceny pasivní optické infrastruktury se v případě FTTH + FTTH sítě liší jen velmi málo pro všechny tři varianty P2P, P2P mikrotrubičkovou technologií a P2MP.

Aktivní prvky sítě

Ceny aktivní části (aktivních prvků na straně ústředny (CO) a jednotlivých účastníků) pro obě topologie sítě uvádí tabulky 2 a 3.

P2P

CO	320 tis. Kč
FTTB (FTTB triple play)	130 tis. (670 tis.) Kč
FTTH	230 tis. Kč
Celkem (FTTB triple play)	680 tis. (1 220 tis.) Kč

Tab. 2. Ceny aktivních prvků sítě pro topologii P2P

Z hlediska aktivních prvků vychází v daném případě poměrně malé sítě dle očekávání nejlevněji varianta FTTB (bez možnosti služeb triple play) + FTTH pro topologii P2P. Varianta FTTB s možností poskytování služeb triple play je pak dražší o téměř 80%.

P2MP

CO	230 tis. Kč
FTTB (FTTB triple play)	300 tis. (840 tis.) Kč
FTTH	580 tis. Kč
Celkem (FTTB triple play)	1 110 tis. (1 650 tis.) Kč

Tab. 3. Ceny aktivních prvků sítě pro topologii P2MP

Cena aktivních prvků pro topologii P2MP ve variantě sítě FTTB (bez triple play) + FTTH je vyšší o téměř 63% než cena aktivních prvků stejné varianty sítě řešené P2P. V případě kombinace FTTB triple play + FTTH je cenový rozdíl mezi P2MP a P2P 35%.

4.2. Řešení celé sítě pouze pomocí FTTH

Pokud bychom uvažovali připojení všech účastníků optickým vláknem, tedy všech 100 přípojek by bylo FTTH, zvýšily by se ceny pasivní a aktivní části sítě následovně (viz tabulky 4, 5 a 6):

Pasivní infrastruktura

	100 % FTTH	rozdíl oproti FTTB + FTTH
P2P – klasická technologie	1970 tis. Kč	+ 470 tis. Kč
P2MP – klasická technologie	1790 tis. Kč	+ 310 tis. Kč

Tab. 4. Ceny pasivní optické infrastruktury sítě P2P a P2MP pro 100% FTTH

Připojení všech účastníků pomocí FTTH znamená v daném případě zvýšení ceny pasivní infrastruktury pro P2P o 31% oproti kombinaci FTTH + FTTB. Je také vidět, že v daném případě plného FTTH vychází již pasivní infrastruktura topologie P2MP levněji o téměř 10% než pro P2P, a to z důvodu úspory ceny za kabely s menším počtem vláken, menšího počtu konektorů a měření vláken.

Aktivní prvky sítě

P2P

	100 % FTTH	rozdíl oproti FTTB + FTTH	rozdíl oproti FTTB (triple play) + FTTH
CO	970 tis. Kč	+ 650 tis. Kč	+ 650 tis. Kč
strana účastníka	1 160 tis. Kč	+ 800 tis. Kč	+ 260 tis. Kč
Celkem	2 130 tis. Kč	+ 1 450 tis. Kč	+ 910 tis. Kč

Tab. 5. Ceny aktivních prvků sítě P2P pro 100% FTTH

P2MP

	100 % FTTH	rozdíl oproti FTTB + FTTH	rozdíl oproti FTTB (triple play) + FTTH
CO	340 tis. Kč	+ 110 tis. Kč	+ 110 tis. Kč
strana účastníka	2 900 tis. Kč	+ 2 020 tis. Kč	+ 1 480 tis. Kč
Celkem	3 240 tis. Kč	+ 2 130 tis. Kč	+ 1 590 tis. Kč

Tab. 6. Ceny aktivních prvků sítě P2MP pro 100% FTTH

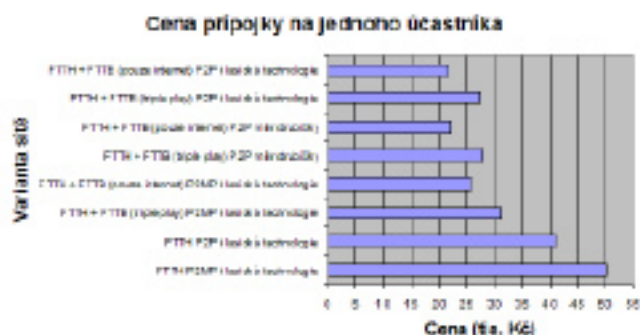
V případě sítě P2P se všemi přípojkami FTTH je pak cena aktivních prvků vyšší o téměř 74% než pro srovnatelnou variantu P2P FTTB (triple play) + FTTH. Pro topologii P2MP je tento cenový rozdíl ještě vyšší, a to téměř 96%.

5 Celkové shrnutí cenové bilance

Celkovou výslednou cenu optické sítě (součet cen pasivní infrastruktury a aktivních prvků) pro jednotlivé varianty P2P, P2MP a FTTB + FTTH, FTTB (triple play) + FTTH, resp. plné FTTH uvádí následující tabulka 7.

Ceny jsou uvedeny v Kč	P2P	P2P – mikrotrubičky	P2MP
FTTB + FTTH	2 180 tis.	2 230 tis.	2 590 tis.
na účastníka	21,8 tis.	22,3 tis.	25,9 tis.
FTTB (triple play) + FTTH	2 720 tis.	2 770 tis.	3 130 tis.
na účastníka	27,2 tis.	27,7 tis.	31,3 tis.
plné FTTH	4 100 tis.	-	5030 tis.
na účastníka	41,0 tis.	-	50,3 tis.

Tab. 7. Celkové ceny jednotlivých variant sítí



4. Závěr

Provedená analýza ukazuje, že náklady na jednoho koncového účastníka v našem případě lze udržet na přijatelné úrovni, je-li možné kombinovat architekturu sítě typu PON FTTH a FTTB. Výrazných úspor v nákladech lze samozřejmě dosáhnout, jsou-li trubky pro zafouknutí optických kabelů pokládány spolu s jinými rozvody (vody, kanalizace), nebo při úpravách chodníků, apod.

Ze závěrečné tabulky je vidět, že ceny jednotlivých variant na vybudování optické přístupové sítě se mohou lišit až více než dvojnásobně.

V případě této poměrně malé sítě se podle očekávání ukazuje nejlevnější varianta sítě topologie P2P kombinující FTTH a FTTB přípojky, jejíž celková cena na jednoho účastníka je 21 800,- Kč. Naopak nejdražší vychází plná FTTH síť P2MP s cenou 50 300,- Kč na účastníka.

¹⁾Anton Kuchar ÚŘE AV ČR Praha, Chaberská 57, 182 51 Praha 8
tel.: 266 773 408 / fax.: 284 680 222 / kuchar@ure.cas.cz

²⁾Miroslav Švrček MIKROKOM s.r.o., Pod Vinicí 622, 143 00 Praha 4
tel.: 241 760 100 / fax.: 241 764 822 / miroslav.svrcek@mikrokom.cz

³⁾Ervin Wacník GTT a.s., Horňávecká 1772/19, 182 00 Praha 8
tel.: 465539103 / fax.: 465539173 / ervin.wacnik@gtt-as.cz

Poděkování

Na závěr bych rád poděkoval společnosti GTT a.s., která poskytla informace o dané lokalitě výše popsaného projektu a společnosti OFA s.r.o., za pomoc při řešení pasivní optické infrastruktury sítě.

Provedená analýza a její výsledky ukazují jak nezbytné je předem u každého konkrétního projektu přístupové sítě provést podrobnou rozvahu jednak toho, pro koho a co má síť poskytovat (např. triple play vs. pouze internet), jednak jakými prostředky je vhodné síť realizovat (FTTH vs. FTTB či jejich kombinace, P2P vs. P2MP, různé technologie instalace) a také případné možnosti využití stávajících optických či metalických sítí. Analýza by samozřejmě měla vzít také do úvahy výhled do budoucna (např. flexibilita mikrotrubičkové technologie vs. klasická instalace). Praxe pak ukazuje, že výhodná může být kombinace různých přístupů a technologií.